



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y CÁLCULO DE INFILTRACIÓN DE UN DIQUE DE DESVÍO PARA UNA COMPAÑÍA MINERA EN LA CIUDAD DE HUARI, ANCASH

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Salvetty Saez, Steed Erardo

Asesor:

Bedía Guillén, Ciro Sergio
(ORCID: 0000-0001-1990-2722)

Jurado:

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

Romero Ríos, David

Arévalo Vidal, Samir

Lima - Perú

2023



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y CÁLCULO DE INFILTRACIÓN DE UN DIQUE DE DESVÍO PARA UNA COMPAÑÍA MINERA EN LA CIUDAD DE HUARI, ANCASH

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	TECNOLOGIA XXI S A. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Fosfatos-IGA0010571", R.D. N° 019-2018-MEM-DGAAM, 2020 Publicación	1%
2	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.. "Segundo ITS de la Unidad Minera Constancia-IGA0000897", R.D. N° 063-2016-SENACE/DCA, 2020 Publicación	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y CÁLCULO DE INFILTRACIÓN DE UN
DIQUE DE DESVÍO PARA UNA COMPAÑÍA MINERA EN LA CIUDAD DE HUARI,
ANCASH**

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotécnica

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor(a):

Salvetty Saez, Steed Erardo

Asesor(a):

Bedía Guillén, Ciro Sergio

(ORCID: 0000-0001-1990-2722)

Jurado:

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

Romero Ríos, David

Arévalo Vidal, Samir

Lima – Perú

2023

Índice de contenido

Índice de contenido	2
Índice de tabla	4
Índice de figura	5
Resumen	6
Abstract	7
I. Introducción.....	8
1.1. Descripción y formulación del problema	9
1.2. Antecedentes	11
1.2.1. Antecedentes nacionales	11
1.2.2. Antecedentes internacionales.....	13
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo General	15
1.3.2. Objetivo Específicos	16
1.4. Justificación.....	16
II. Marco Teórico.....	18
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	18
2.2. Talud	18
2.2.1. Mecanismo de falla de un talud	19
2.2.2. Factor de seguridad.....	19
2.2.3. Deslizamiento.....	20
2.2.4. Factores que condicionan la estabilidad	20
2.3. Presas de relave	20
2.3.1. Tipos de presas de relave	21
2.3.2. Presa de relave construido con el método constructivo aguas arriba (Upstream).....	22
2.3.3. Presa de relave construido con el método constructivo aguas abajo (Downstream)..	22
2.3.4. Presa de relave construido con el método constructivo línea central (Center line).....	23
2.3.5. Presa de relave construido con el método constructivo línea central desplazada (Modified Centerline).....	23
III. Método	24
3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Ámbito temporal y espacial	24
3.3. Variables	24
3.3.1. Variable causa:	24

3.3.2.	Variable efecto:	24
3.4.	Población y muestra	24
3.4.1.	Población.....	24
3.4.2.	Muestra.....	25
3.5.	Instrumentos.....	25
3.6.	Procedimientos	25
3.7.	Análisis de datos	25
3.8.	Consideraciones éticas	26
IV.	Resultados.....	28
4.1.	Generalidades	28
4.1.1.	Ubicación.....	28
4.1.2.	Sismicidad	28
4.1.3.	Coeficiente Sísmico	29
4.1.4.	Aceleración de diseño	29
4.2.	Investigaciones Geotécnicas	29
4.2.1.	Ejecución de calicatas y trincheras	29
4.2.2.	Ensayos de densidad in situ.....	31
4.2.3.	Ensayos de laboratorio	32
4.3.	Caracterización geotécnica	39
4.3.1.	Unidades Geotécnicas	39
4.4.	Diseño geotécnico.....	44
4.4.1.	Análisis de Infiltración	44
4.4.2.	Análisis de Estabilidad de Taludes	46
1.1.1	Parámetros del modelo geotécnico	49
V.	Discusión de resultados	51
VI.	Conclusiones	56
VII.	Recomendaciones	59
VIII.	Referencias	60
IX.	Anexos	64

Índice de tabla

Tabla 1 Resumen de calicatas realizadas	30
Tabla 2 Resumen de calicatas realizadas por Golder.....	31
Tabla 3 Resumen de densidad in situ.....	32
Tabla 4 Resumen de ensayos de clasificación	33
Tabla 5 Resumen de ensayo Proctor Estándar y Modificado	34
Tabla 6 Resumen de ensayo de permeabilidad de pared flexible	35
Tabla 7 Resumen de ensayo triaxial CU.....	36
Tabla 8 Resumen de ensayo corte directo.....	37
Tabla 9 Resumen de ensayo.....	38
Tabla 10 Parámetros hidráulicos de los materiales	46
Tabla 11 Criterios de Estabiidad.....	47
Tabla 12 Parámetros geotécnicos de los materiales.....	50
Tabla 13 Resultados de análisis de estabilidad	51

Índice de figura

Figura 1	Configuración típica del dique de desvío	39
Figura 2	Condiciones de contorno y malla de MEF	45
Figura 3	Sección para análisis de estabilidad – Etapa de construcción	49
Figura 4	Sección para análisis de estabilidad – Etapa de operación.....	49

Resumen

El propósito de esta investigación se centró en evaluar la estabilidad de los taludes y estimar la cantidad de infiltración en un proyecto de construcción de un dique de desviación previsto para su implementación en una empresa minera en Huari, Ancash. Este estudio se enmarcó en un enfoque aplicado con un énfasis cuantitativo y un nivel de análisis descriptivo-explicativo. El diseño de investigación adoptado fue de carácter no experimental de corte transversal. La población de estudio estuvo representada por la estructura del dique de desviación de la compañía minera. Para llevar a cabo esta investigación, se utilizaron fichas de registro de datos tanto de campo como bibliográficas como principales herramientas de recopilación de información. Además, se realizaron pruebas de laboratorio en muestras de suelo obtenidas en el lugar de estudio. La investigación arrojó que los taludes ubicados tanto en la parte superior como en la inferior de los lados del dique de desvío se edificarán utilizando material de desmonte de mina categoría C y se diseñarán con una pendiente de 1.75H:1V. El núcleo central del dique se construirá empleando material de baja permeabilidad con una inclinación de 1.6H:1V. Respecto al material del filtro, se seleccionará entre material de grano fino intrusivo o material tipo 2B, dependiendo de la disponibilidad de existencias en la mina. En el marco de los estudios geotécnicos, se tomó en cuenta el nivel del agua a una altitud de 4124 metros sobre el nivel del mar durante la fase de construcción. Para la fase operativa, se estableció un nivel de agua de 4140 metros sobre el nivel del mar, basado en el análisis de la infiltración. Por último, se recomienda que en caso de que se presenten hundimientos en un plazo breve, se debe continuar añadiendo material de relleno hasta alcanzar la elevación de diseño prevista o hasta que el contratista finalice la construcción del dique hasta su elevación definitiva.

Palabras claves: Estabilidad, talud, infiltración, dique de desvío.

Abstract

The purpose of this research focused on evaluating the stability of the slopes and estimating the amount of infiltration in a diversion dam construction project planned for implementation in a mining company in Huari, Ancash. This study was framed in an applied approach with a quantitative emphasis and a descriptive-explanatory level of analysis. The research design adopted was non-experimental and cross-sectional. The study population was represented by the structure of the mining company's diversion dam. To carry out this research, both field and bibliographic data recording sheets were used as the main information collection tools. In addition, laboratory tests were carried out on soil samples obtained at the study site. The investigation showed that the slopes located on both the upper and lower sides of the diversion dike will be built using category C mine waste material and will be designed with a slope of 1.75H:1V. The central core of the dam will be built using low permeability material with an inclination of 1.6H:1V. Regarding the filter material, intrusive fine grain material or type 2B material will be selected, depending on the availability of stocks at the mine. As part of the geotechnical studies, the water level at an altitude of 4124 meters above sea level was taken into account during the construction phase. For the operational phase, a water level of 4140 meters above sea level was developed, based on infiltration analysis. Finally, it is recommended that in the event of subsidence occurring within a short period of time, fill material should continue to be added until the planned design elevation is reached or until the contractor completes the construction of the dam to its final elevation.

Keywords: Stability, slope, infiltration, diversion dam.

I. Introducción

A lo largo de los anales de la historia, los ingenieros egipcios emplearon un dispositivo conocido como "nilómetro", el cual consistía en estructuras escalonadas o pozos destinados a la medición del nivel del Río Nilo. Cuando las mediciones evidenciaban un peligro significativo, se movilizaban grupos de remeros río abajo con el fin de notificar a los residentes que debían desalojar las áreas situadas a una altitud inferior al nivel del Río Nilo.

A lo largo de la historia, se ha constatado el empleo de presas de tierra con la finalidad de almacenar agua para riego, tal como lo confirman registros históricos y los vestigios que perduran de las construcciones antiguas. Las presas y diques, con alta probabilidad, figuran entre las estructuras más ancestrales erigidas por la humanidad.

En la actualidad, al igual que en épocas anteriores, las presas y diques de tierra siguen siendo la variedad más prevalente de presas de pequeño tamaño, primordialmente debido a que se emplean materiales en su estado natural con un tratamiento mínimo durante su construcción.

Hasta hace unos años todavía se proyectaban presas y diques de tierra por procedimientos empíricos y a su vez se llevaba a cabo una recopilación de las fallas que ocurrían con estas construcciones. Estos fallos hicieron evidente la necesidad de sustituir los enfoques basados en la experiencia por métodos de ingeniería más lógicos, tanto en la fase de diseño como en la etapa de construcción.

A partir de los años treinta del siglo pasado, el significativo progreso en el campo de la mecánica de suelos condujo al perfeccionamiento sustancial de las técnicas de diseño aplicadas a las presas y diques de tierra. Este avance se evidenció, por ejemplo, en el análisis de la estabilidad de los taludes que componen dichas estructuras.

En el pasado, realizar los cálculos de estabilidad de los taludes era una tarea extremadamente laboriosa, pero este proceso se ha simplificado significativamente gracias a la amplia utilización de computadoras y la adopción de programas informáticos especializados

en geotecnia, que agilizan el proceso de cálculo.

En Perú, se emplean diversas aplicaciones informáticas para calcular el factor de seguridad de los taludes, siendo el software Slide el más destacado y ampliamente utilizado. La singularidad de este software radica en su capacidad integral, ya que no solo permite realizar el análisis de la estabilidad de taludes, sino que también posibilita la ejecución de un análisis de infiltración mediante la aplicación del método de elementos finitos.

En el marco de esta investigación, se propone evaluar la estabilidad de un dique de desvío planificado para su construcción en una empresa minera ubicada en la ciudad de Huari, Ancash. El objetivo primordial es determinar el nivel de seguridad adecuado para los taludes en los costados del dique, así como calcular el caudal de infiltración asociado al mencionado proyecto de construcción del dique de desvío.

1.1.Descripción y formulación del problema

A escala global, la evaluación de la estabilidad de un dique de desvío o presa se centra en la integridad de los taludes que lo componen, la cual depende en gran medida de las características mecánicas de los materiales utilizados en su construcción. No obstante, aspectos fundamentales a considerar abarcan la inclinación de los taludes y la detección de filtraciones en la infraestructura. Es igualmente esencial tomar en consideración las alteraciones en las fuerzas aplicadas al dique con el transcurso del tiempo.

A partir de lo mencionado, la filtración que tiene lugar en la estructura principal del dique de desvío y en su cimentación desempeña un rol crucial en la planificación de las instalaciones de drenaje que se incorporan al diseño del dique. Por esta razón, resulta imperativo determinar el caudal de infiltración correspondiente.

Perú se destaca como una nación con una riqueza minera considerable, en gran parte gracias a su vasto potencial geológico facilitado por la presencia de la Cordillera de los Andes que atraviesa su territorio. Esta ubicación geográfica sitúa al país en una posición destacada

como uno de los principales productores a nivel global y latinoamericano de diversos metales, tales como el oro, la plata, el cobre, el plomo, el zinc, el hierro, el estaño y el molibdeno, entre otros. Los residuos provocados por esta actividad se depositan en las presas de relaves, las mismas que a lo largo de toda la etapa del proyecto deben acatar con su estabilidad física, química y específicamente en la estabilidad de sus taludes. Por lo tanto, el desarrollo de la industria minera requirió la construcción de presas de relaves, las cuales tienen como propósito principal la retención de los residuos sólidos generados en el proceso minero-metalúrgico.

Las presas de relaves o de cola se asemejan con las presas de agua, pues su principal propósito es almacenar, pero se diferencia debido a que se construyen poco a poco, durante todo el lapso de explotación minera. Estas presas de relaves tienen que crecer progresivamente en altura, con los mismos desechos o con otro material de préstamo, siguiendo el ritmo de producción de desechos de una unidad minera.

Esta situación plantea un desafío importante para una empresa minera, ya que debido al constante aumento del nivel del agua en el depósito de relaves (TMF, por sus siglas en inglés), se prevé que en los próximos años será necesario elevar la cresta de la presa de relaves, los diques circundantes al TMF y la estructura de decantación. Todas estas acciones se llevarán a cabo conforme a directrices que aseguren la retención adecuada tanto de los desechos sólidos como del agua de proceso, con la premisa de mantener un margen mínimo de 2.0 metros de altura, además de garantizar la funcionalidad de acuerdo con los parámetros de diseño preestablecidos.

En el año 2018, la compañía realizó el estudio de factibilidad de un dique cuya función es prevenir la inundación de obras civiles desarrolladas aledañosamente a un embalse de relaves mineros, este dique serviría también como desvío público temporal para las obras conexas. En el estudio de viabilidad efectuado en ese período, se llevaron a cabo investigaciones geotécnicas in situ con el propósito de adquirir información acerca de las propiedades del suelo

de cimentación, al mismo tiempo que se identificaron otras condiciones tales como el nivel freático y el nivel de los residuos sólidos.

En el año 2019, antes de iniciar la construcción, se observaron cambios en las condiciones iniciales de la zona de estudio debido al aumento de los residuos sólidos y el nivel freático. Por este motivo, la empresa minera solicitó una evaluación de la estabilidad del dique de desvío, teniendo en consideración las modificaciones en las características del terreno de cimentación y las condiciones actuales mencionadas.

Dada esta circunstancia, surgen las siguientes interrogantes de investigación: ¿De qué manera se podrá determinar la estabilidad y el cálculo de infiltración de un dique de desvío proyectado para construcción en una compañía minera de la ciudad de Huari, Ancash?, ¿De qué manera se podrá obtener las características de la estratigrafía y parámetros geotécnicos del terreno de fundación en el cual se emplazará el dique de desvío proyectado para construcción en una compañía minera en la ciudad de Huari, Ancash?, ¿De qué manera se podrá comparar los coeficientes de seguridad al deslizamiento que puede ocurrir en los espaldones del dique de desvío con los coeficientes de seguridad mínimos descritos como criterio de aceptabilidad en una compañía minera en la ciudad de Huari, Ancash? y ¿De qué manera se podrá estimar los caudales de infiltración por metro del dique de desvío proyectado para construcción en una compañía minera de la ciudad de Huari, Ancash?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Huamán y Huamanlazo (2019) identificaron los factores geotécnicos y geomecánicos que ejercen influencia en la estabilidad de los taludes de la mina Rosarina. Este estudio se encuadró en una investigación de carácter aplicado, con un enfoque descriptivo y un diseño cuasiexperimental. La población objeto de análisis abarcó 100 hectáreas de la Mina Rosarina, situada en Santa Rosa de Sacco, distrito de Yauli, en la región de Junín. El alcance de la

investigación se centró en el análisis de una sección específica del tajo. Los instrumentos empleados incluyeron hojas de registro de campo para llevar a cabo la topografía, además de la recolección de muestras de roca en diversas zonas del talud, con la finalidad de someterlas a análisis en laboratorio. En conclusión, destacaron que la planificación de taludes en operaciones mineras, tanto a cielo abierto como subterráneas, requiere de una aproximación multidisciplinaria. Los profesionales involucrados deben tener competencias en estructuras geológicas, el comportamiento del macizo rocoso, hidrogeología y, por supuesto, una sólida comprensión de la estabilidad de taludes.

Aguirre (2017) evaluó la repercusión de las modificaciones realizadas en el proyecto de ingeniería original, tanto en el sistema de disposición de relaves como en los parámetros de construcción, en lo que respecta a la estabilidad física de la presa de relaves N° 5 en la concesión de beneficio Belén. El enfoque de investigación adoptado se caracterizó por ser descriptivo y correlacional. La población de estudio consistió en la evaluación de la estabilidad física del depósito de relaves N° 5, que actualmente se encuentra en funcionamiento en la planta Belén. En el proceso de llevar a cabo el análisis de estabilidad de los taludes, se utilizó el software SLIDE en su versión 6.0. Los factores de seguridad se calcularon utilizando el enfoque simplificado de Janbu. Además, se empleó el software AUTOCAD para la creación de dibujos de ingeniería. En conclusión, puedo afirmar que la seguridad física del depósito puede garantizarse al llevar a cabo la propuesta de mejora, que incluye la construcción de una berma con material de préstamo en la parte inferior del talud aguas abajo y la creación de una zona de acumulación de relaves en contacto con el talud aguas arriba. Esto ayudará a evitar la generación de cuerpos de agua en proximidad al talud aguas arriba.

Nina (2017) examinó las propiedades geotécnicas del terreno en el sitio de ubicación y del material de préstamo destinado a la construcción de la presa de tierra Huanzo, con el propósito de desarrollar el estudio necesario para el proceso constructivo. Se siguió un enfoque

de investigación de naturaleza cuantitativa, con un nivel descriptivo. Las metodologías empleadas incluyeron labores de análisis de datos en el escritorio, investigaciones en terreno y experimentos de laboratorio. Desde una perspectiva geológica, la zona exhibe formaciones morrénicas, caracterizadas por la presencia de arenas limosas acompañadas de bloques y material aluvial. En términos geomorfológicos, la región se caracteriza por sus relieves, que van desde suaves pendientes hasta ligeras inclinaciones. En conclusión, mediante el análisis de la infiltración, se obtuvieron los siguientes resultados: en la sección de cierre, la tasa de infiltración fue de 0.38 m³/h sin geomembrana, 0.17 m³/h con geomembrana y 0.11 m³/h con inyecciones. En la zona del pie del talud aguas arriba, la tasa de infiltración fue de 0.43 m³/h sin geomembrana, 0.23 m³/h con geomembrana y se redujo a 0.15 m³/h con inyecciones.

Cabellos y Samamé (2021) llevaron a cabo una investigación geotécnica con el propósito de evaluar la estabilidad de los taludes en la mina de hierro Olmos 8 HPM. El enfoque de la investigación se centró en un enfoque cuantitativo y tenía un alcance explicativo. La selección de la muestra se basó en el Tajo 1, que corresponde a la zona de explotación en el depósito de hierro Olmos 8 HPM. Para llevar a cabo la investigación, se utilizaron instrumentos como guías de observación de campo, tablas geomecánicas y la guía del método ROFRAG. En conclusión, el logro de la estabilidad de los taludes se alcanzará a través del estudio geotécnico y la aplicación del método ROFRAQ. El conocimiento detallado de la geología, incluyendo aspectos como la litología, la descripción de las discontinuidades y la clasificación del macizo rocoso, resultó fundamental en este proceso de modelado.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Flores et al. (2020) llevaron a cabo una evaluación de la estabilidad del talud en la parte superior de una presa de tierra sin berma, que tiene una altura de cortina de 22 metros. Este análisis se enfocó en el escenario de un desembalse rápido como resultado de un período de sequía de 90 días, teniendo en cuenta las condiciones del suelo de la cortina tanto en su estado

saturado como parcialmente saturado. Con este propósito, utilizaron las aplicaciones SEEP/W y SLOPE/W, integradas en el software GeoStudio 2012. En su análisis, consideraron tres escenarios diferentes, cada uno con tipos de suelos arcillosos distintos en la cortina, incluyendo la curva característica de estos, una base compuesta por suelo arenoso y un prisma de drenaje conformado por grava altamente permeable. Examinaron la evolución del factor de seguridad en el talud aguas arriba conforme disminuye el nivel del agua en la presa, y también evaluaron la influencia de los principios de la mecánica de suelos parcialmente saturados en el desarrollo de este evento. En conclusión, destacaron que, durante el período prolongado de sequía, se observa una notable disminución en el nivel de agua en las presas de tierra, lo que, a su vez, conlleva una disminución del factor de seguridad en el talud aguas arriba.

Ocando (2020) desarrolló y configuró un enfoque tridimensional para evaluar la estabilidad de taludes. En esta metodología, se basó en el enfoque simplificado de Janbu, y se diferencia del método generalizado en que no considera los esfuerzos cortantes en las paredes de las excavaciones. Este enfoque se aplicó con el propósito de realizar evaluaciones en tres dimensiones en una superficie de falla de naturaleza esférica. Además, se consideraron factores como la presencia de agua y un coeficiente sísmico en un contexto pseudoestático. En conclusión, destaco que, aunque los métodos en dos dimensiones (2D) han sido de utilidad en la ingeniería para la realización de proyectos significativos, es imperativo reconocer la creciente necesidad de precisión y las oportunidades que la tecnología ofrece. Por lo tanto, es esencial incrementar las investigaciones en enfoques tridimensionales (3D) y progresar en la solución de los retos vinculados a la estabilidad de taludes mediante la utilización de métodos en tres dimensiones.

Promotor y López (2018) evidenciaron las disparidades en el factor de seguridad de taludes que presentan una región no saturada. Para este análisis, hicieron uso del software SVSlope, que incorpora el método general del equilibrio límite. En su estudio, consideraron un

talud bidimensional con una sección representativa que mantenía un nivel freático constante, además de la presencia de la zona no saturada en el talud. Aplicaron el clásico criterio de Mohr-Coulomb para suelos saturados. Los hallazgos revelaron que existe una subestimación del factor de seguridad cuando se excluye la consideración de la zona no saturada del suelo. Por el contrario, los análisis que incorporan esta zona arrojan factores de seguridad más altos, atribuibles a la influencia de la succión en la resistencia al corte del suelo. En conclusión, señalaron que uno de los desafíos más notables relacionados con suelos no saturados es su tendencia a comportarse de manera expansiva y colapsable, una característica que generalmente no se aborda en los análisis típicos de equilibrio límite. En consecuencia, se hace necesario llevar a cabo análisis que incorporen consideraciones adicionales para abordar este comportamiento específico.

Vemba et al. (2020) efectuaron evaluaciones del nivel de seguridad en tres escenarios diversos, los cuales se identifican como los frentes I, II y III. Estas evaluaciones se llevaron a cabo bajo dos condiciones distintas: una en la que se consideraba el coeficiente sísmico de la región en los cálculos, y otra en la que se excluía dicho factor. Para realizar estos análisis y cálculos, emplearon el software Slide v.6.0. Según los resultados alcanzados, se determina que los tres escenarios estudiados en el yacimiento Castellano exhiben falta de estabilidad en ambas circunstancias de sismicidad que se analizaron. Los valores del factor de seguridad oscilan entre 0.281 y 0.444, quedando por debajo del límite de estabilidad establecido en 1.3. Esta circunstancia resalta la imperativa exigencia de adoptar medidas con el fin de fortalecer la estabilidad, que pueden incluir la introducción de sistemas de drenaje. Es relevante notar que nos referimos a taludes que en la actualidad no se utilizan en actividades mineras.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la estabilidad de taludes y el cálculo de infiltración de un dique de desvío

proyectado para construcción en una compañía minera de la ciudad de Huari, Ancash.

1.3.2. Objetivo Específicos

- Obtener los parámetros geotécnicos del terreno de fundación en el cual se emplazará el dique de desvío proyectado para construcción en una compañía minera en la ciudad de Huari, Ancash.
- Comparar los coeficientes de seguridad al deslizamiento que puede ocurrir en los espaldones del dique de desvío con los coeficientes de seguridad mínimos descritos como criterio de aceptabilidad en una compañía minera en la ciudad de Huari, Ancash.
- Estimar los caudales de infiltración por metro del dique de desvío proyectado para construcción en una compañía minera de la ciudad de Huari, Ancash.

1.4. Justificación

Los deslizamientos representan una de las causas habituales de fallos en presas de tierra. Estos eventos son impactantes y peligrosos, pero también se prestan para un análisis minucioso y detallado. Por consiguiente, han captado un alto nivel de interés por parte de los ingenieros encargados de diseñar presas. Los métodos de evaluación que se emplean en la actualidad han considerado como referencia fundamental los deslizamientos que han acontecido en presas y diques.

En la actualidad, la investigación y el diseño apropiado de taludes ocupan un lugar central en la importancia, especialmente en el contexto del desarrollo de obras civiles modernas, que abarcan desde canales y carreteras hasta excavaciones y presas de tierra.

Esta investigación se origina debido a la necesidad de determinar la inclinación óptima de los taludes de los espaldones de un dique de desvío, utilizando un enfoque basado en el análisis de estabilidad por medio del método de equilibrio límite. Además, busca calcular el volumen de agua que se filtra a través del cuerpo del dique y su base. Este estudio tiene como objetivo proporcionar información sobre las propiedades geotécnicas del área donde se

instalará el dique, con la posibilidad de que esta información pueda ser útil en la planificación y desarrollo de futuras estructuras cercanas.

II. Marco Teórico

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

Juliantina (2018) sugiere que la firmeza de los taludes puede ser influida por una variedad de elementos, tales como la influencia de la formación geológica, la característica de la tierra o roca, el componente hídrico, las intervenciones humanas, las alteraciones en su forma, y demás aspectos relacionados.

Bartakke et al. (2017) señalan que se efectúa un estudio sobre la estabilidad de laderas con el fin de examinar la configuración segura de pendientes, ya sean de origen artificial o natural, y las circunstancias de equilibrio asociadas.

2.2. Talud

Conforme a lo expuesto por Montoya (2009), se describe un talud como una extensión de tierra con una superficie externa que exhibe una inclinación en relación con la horizontal. En situaciones donde el talud emerge de manera espontánea, sin la intervención humana, es comúnmente denominado como una ladera natural o simplemente ladera. Cuando la inclinación en el terreno es el resultado de la intervención humana, como excavaciones o rellenos, se conoce como talud. Asimismo, se define como cualquier superficie con inclinación respecto a la horizontal que las estructuras de suelo deben mantener de manera permanente. No obstante, resulta crucial resaltar que subestimar su nivel de complejidad sería un error, dado que los taludes se ven sometidos a una amplia variedad de fuerzas. Esto conlleva a la imperiosa necesidad de realizar investigaciones en el campo de la mecánica de suelos, análisis de los flujos de agua, estudio de la mecánica de rocas y la valoración del impacto de la vegetación. Dentro del marco de su designación, la clasificación se deriva del proceso erosivo de formación. En caso de que el talud emerja de manera espontánea en la naturaleza, es catalogado como una ladera. Por otro lado, cuando su génesis se relaciona con la acción humana,

específicamente mediante excavación, se configuran taludes artificiales que representan los flancos inclinados de terraplenes.

También, según lo mencionado por Rico y Del Castillo (1974), y posteriormente citado por Duque y Escobar en 2017, se hace referencia a las estructuras de tierra que se originan a partir de operaciones de corte o excavación, una práctica común en proyectos de ingeniería. Contrariamente a las pendientes naturales, en la construcción de estos taludes se hace necesario el uso de una gama de materiales que dependen de las propiedades del suelo, el origen de los materiales, las condiciones de creación, el clima y, de manera significativa, la intervención humana.

2.2.1. Mecanismo de falla de un talud

El colapso de una pendiente puede tener como resultado la pérdida de vidas y bienes materiales. Por lo tanto, es imperativo verificar la estabilidad de las pendientes planificadas. Gracias al avance en las técnicas modernas de ensayo de suelos y análisis de estabilidad, es viable lograr un diseño de taludes que sea tanto seguro como económicamente eficiente. El experto en geotecnia necesita adquirir un entendimiento exhaustivo de las múltiples técnicas para evaluar la estabilidad de laderas, incluyendo una comprensión de sus restricciones (Bartakke et al., 2017).

2.2.2. Factor de seguridad

De acuerdo a la aportación de Bishop (1955), citado en Duque y Escobar (2017), se plantea que el factor de seguridad contra el deslizamiento en un talud se puede describir como el resultado de dividir la resistencia al corte disponible del suelo en una superficie de deslizamiento crítica, entre la resistencia al corte necesaria para mantener el equilibrio. Adicionalmente, la responsabilidad del ingeniero a cargo de la evaluación de la estabilidad de un talud implica calcular el factor de seguridad. En términos generales, el factor de seguridad se describe como:

$$FS_s = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Donde:

FSS= Factor de seguridad con respecto a la resistencia

τ_f = Resistencia cortante promedio del suelo

τ_d = Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.

2.2.3. Deslizamiento

Los movimientos de tierra tienden a agruparse en regiones que cuentan con geologías particulares o formaciones geológicas específicas, como las lodolitas del Terciario, las áreas tufáceas o las zonas con rocas metamórficas del Mesozoico o Paleozoico. Estas áreas a menudo presentan rasgos topográficos distintivos como consecuencia de incidentes de desplazamientos anteriores (Onouchi, 1984).

2.2.4. Factores que condicionan la estabilidad

Numerosos elementos inciden en la estabilidad del suelo que conforma un talud, y entre estos elementos se encuentran los terremotos de alta magnitud, que debido a sus fuerzas dinámicas, desempeñan un papel significativo en el eventual desplazamiento de la masa del talud o la pendiente (Morales, 2000).

2.3.Presas de relave

Las estructuras de relaves mineros, como las presas, presentan una complejidad geotécnica innegable. En términos de su construcción y funcionamiento, comparten similitudes esenciales con las presas de agua, aunque también exhiben diferencias significativas.

La mayoría de estas construcciones, entre las que se encuentra el enfoque de nuestro estudio, han sido levantadas utilizando la técnica de relleno hidráulico. Su aumento en altura progresa de manera gradual y está en sintonía con la producción de desechos por parte de la planta. Los subproductos que surgen del proceso de extracción se hallan en una mezcla acuosa con una textura similar a la de un lodo, y son canalizados a través de tuberías hacia el depósito correspondiente (Guardado & Hernández, 2010).

2.3.1. Tipos de presas de relave

La disposición de relaves en la superficie requiere la implementación de diversas estructuras para crear el depósito que albergará tanto los relaves como el agua derivada del proceso de concentración del mineral. Se emplean principalmente dos tipos de estructuras de contención: a) presas construidas con tierra y/o rocas, y b) presas diseñadas especialmente para gestionar relaves. Las presas hechas de tierra y/o rocas se planifican y construyen siguiendo los estándares convencionales que se utilizan en la edificación de presas para almacenamiento de agua. Sin embargo, es importante notar que los taludes superiores no se configuran para permitir un vaciado rápido. Las presas de esta naturaleza se erigen hasta alcanzar su altura definitiva antes de que comience la descarga de los relaves en el depósito. En contraste con las presas tradicionales de tierra y/o rocas, las presas de relaves se caracterizan por ser construidas gradualmente en fases a lo largo de la existencia del depósito. Por lo general, la construcción de la presa comienza con un dique de partida que se construye utilizando materiales naturales tomados de préstamos. Este dique inicial debe ser lo suficientemente grande como para acomodar un volumen de relaves equivalente a dos o tres años de producción, y también debe tener capacidad para contener flujos de avenida, en caso de que ocurran. Estas designaciones se refieren a la dirección en la que se desplaza la cresta de la presa en relación con la ubicación inicial del dique de partida, a medida que se incrementa su altura (Quispe & Zuñiga, 2019).

2.3.2. Presa de relave construido con el método constructivo aguas arriba

(Upstream)

Este es el método más antiguo en uso. Cada extensión de altura adicional se basa en la cima de la anterior y en la acumulación de relaves existentes. Aunque este sistema es altamente eficiente en términos de economizar espacio en la presa, su desventaja radica en que la estabilidad de la estructura es muy sensible a la posición del nivel freático. No obstante, esta limitación, este enfoque sigue siendo empleado en áreas especialmente áridas del planeta, donde se pueden mantener los niveles de agua en el interior de la presa en niveles extremadamente bajos (Rodríguez & García, 2006).

2.3.3. Presa de relave construido con el método constructivo aguas abajo

(Downstream)

El enfoque de construcción aguas abajo es sumamente versátil y se adapta a diversas categorías de residuos. De hecho, tiene la capacidad de albergar agua si se construye con la misma solidez que las presas destinadas a retener agua. En consecuencia, se considera la estructura más sólida entre las tres modalidades de depósito de residuos.

Por otra parte, se demanda una cantidad significativa de material para elevar progresivamente la presa, particularmente al aproximarse al final de la operación minera, y a menudo este método resulta ser el más costoso. Sin embargo, una ventaja del diseño de construcción aguas abajo es que las secciones elevadas pueden ser diseñadas con niveles de permeabilidad variables, lo que permite un mayor control de la superficie freática en el depósito de relaves. De esta manera, la técnica de construcción aguas abajo se presenta como una elección especialmente idónea para regiones propensas a actividad sísmica significativa. La incorporación de núcleos impermeables y sistemas de drenaje posibilita que la estructura retenga una cantidad significativa de agua en proximidad a la pared interna del depósito (Carrillo, 2016).

2.3.4. Presa de relave construido con el método constructivo línea central (Center line)

Reúne ciertas ventajas presentes en los otros métodos, ya que ofrece una mayor estabilidad frente a movimientos sísmicos en comparación con el enfoque aguas arriba ("upstream") y demanda menos material para las expansiones que el sistema aguas abajo ("downstream"). No obstante, su aptitud para retener agua no alcanza el nivel del Método aguas abajo. En esta perspectiva, algunos expertos señalan que "el nivel freático tiende a ser generalmente bajo, dependiendo de los materiales, por lo que es esencial ejercer un control minucioso". La estructura del terraplén exhibe una sólida resistencia sísmica y demanda una menor cantidad de material en comparación con la técnica de construcción aguas abajo (Cruz, 2017).

2.3.5. Presa de relave construido con el método constructivo línea central desplazada (Modified Centerline)

Dentro de este enfoque, se efectúa una extensión de altura del muro de retención de la presa de manera similar al Método de Línea Central, pero con una prolongación adicional de la longitud del muro en dirección aguas abajo. El ángulo de expansión de la cresta aguas arriba sobre los relaves es determinado durante la etapa de diseño en base a evaluaciones de estabilidad y prevención de filtraciones. La ubicación de los diques se encuentra fuertemente influenciada por la configuración natural del terreno y la composición de las formaciones rocosas subyacentes, teniendo en cuenta aspectos como la permeabilidad. En esta estrategia, suele emplearse la escollera para lograr una pendiente más pronunciada en lugar de utilizar la fracción de relaves gruesos, con el objetivo de minimizar el riesgo de inestabilidad (Rodríguez & García, 2006).

III. Método

3.1. Tipo de investigación

La naturaleza de la investigación en este estudio se clasificó como aplicada. Según lo indicado por Cabezas et al. (2018), las creaciones de nuevos conocimientos pueden resultar directamente útil para abordar desafíos particulares de manera inmediata.

Por otra parte, la estructura de la investigación en este caso se enmarca como no experimental y sigue un enfoque transversal. Siguiendo la perspectiva de Hernández et al. (2014), este tipo de investigaciones se distingue por su enfoque de observación de los fenómenos en su contexto natural, sin realizar manipulación alguna de las variables. Adicionalmente, los estudios transversales se destacan por la recopilación de información en un único momento en el tiempo (Hernández et al., 2014).

3.2. Ámbito temporal y espacial

- **Ámbito espacial:** El desarrollo de este estudio tuvo lugar en una empresa minera localizada en el distrito de San Marcos, en la provincia de Huari, dentro del departamento de Ancash.
- **Ámbito temporal:** Este estudio tuvo lugar en el lapso que se extiende desde enero hasta julio del año 2019.

3.3. Variables

3.3.1. Variable causa:

- Condiciones y parámetros de diseño del dique de tierra.

3.3.2. Variable efecto:

- Estabilidad del dique de tierra.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

En el contexto de este estudio, la población de interés estará constituida por los taludes y las

propiedades de los materiales que constituyen una represa de tierra en la industria minera.

3.4.2. Muestra

La muestra utilizada para la investigación incluirá los taludes y las propiedades de los materiales que forman parte del diseño de una represa de tierra planificada para la construcción de una concesión minera en la localidad de Huari, en el departamento de Ancash.

3.5. Instrumentos

Siguiendo las palabras de Arias (2012) se refiere a cualquier tipo de formato, recurso o dispositivo, tanto en forma física como digital, que se utiliza con el propósito de obtener, almacenar o registrar información a lo largo del proceso de indagación.

En esta tesis, se utilizaron dos tipos de herramientas: fichas de registro, tanto para la recopilación de datos de campo como para información bibliográfica. Además, se llevaron a cabo pruebas de suelos, cuyos resultados fueron enviados a un laboratorio con el fin de obtener detalles sobre la estratigrafía y parámetros geotécnicos del terreno de cimentación destinado a la construcción del dique de desvío proyectado.

3.6. Procedimientos

Una vez que se obtuvieron los datos a partir de las investigaciones geotécnicas, que incluyeron la realización de calicatas con registro geotécnico, ensayos de densidad in situ mediante el método del cono de arena en el área de cimentación del dique de desvío Sidehill y relaves, además de la recolección de muestras representativas de materiales y pruebas de laboratorio, se emplearon para llevar a cabo la modelación, el análisis y la evaluación del dique de desvío a través del uso del software Slide. Este programa se encarga de realizar una representación matemática a través del método de elementos finitos, haciendo uso de elementos triangulares y rectangulares en el proceso.

3.7. Análisis de datos

En el análisis de la estabilidad de los taludes, se utilizó la versión 8 del software Slide,

ya que este programa ofrece la capacidad de modelar configuraciones complejas y establecer modelos para suelos y rocas utilizando diferentes criterios, como el de Mohr-Coulomb, Hoek-Brown anisotrópico, Hoek-Brown generalizado, Barton-Bandis, función esfuerzo normal-corte, entre otros. Adicionalmente, se empleó el método de Morgenstern-Price para la determinación del factor de seguridad. Este método es preferido debido a su capacidad para satisfacer de manera simultánea todas las ecuaciones de equilibrio estático, incluyendo fuerzas y momentos, y es ampliamente reconocido por su estabilidad numérica.

Por otro lado, teniendo en cuenta las características de los materiales y su disposición geométrica, se realizó una evaluación de la infiltración en la sección más crítica utilizando el software Slide/Steady State Groundwater versión 8. Este proceso de evaluación se ejecutó utilizando el enfoque de elementos finitos (MEF) con el propósito de calcular el flujo de infiltración que atraviesa tanto la estructura del dique como su cimentación, tomando en consideración la condición de análisis particular.

3.8.Consideraciones éticas

- Significado en la comunidad: El propósito fundamental de esta investigación radica en proporcionar mejoras significativas para la empresa bajo examen, al mismo tiempo que se establece como una fuente de información relevante para otras compañías en diversos sectores.
- Aprobación de los participantes: Este proceso se inicia en el momento en que se inicia la recopilación de datos de los sujetos involucrados en la investigación y mantiene el compromiso ético de garantizar que los participantes estén en condiciones de otorgar su consentimiento de manera voluntaria, sin ninguna forma de presión.
- Cumplimiento normativo: La información proporcionada se empleará de manera ética y acorde a la legislación vigente, con el propósito de alcanzar los objetivos de

la investigación de manera apropiada.

- Innovación: Se describirán tanto las demandas internas como externas del proyecto, abordando cuestiones relacionadas con la calidad y la transparencia. Además, se mencionarán las fuentes de referencia para respaldar la confiabilidad de la investigación.

IV. Resultados

4.1. Generalidades

4.1.1. Ubicación

La empresa minera se localiza en una distancia de 118 kilómetros al este de Huaraz, específicamente en el distrito de San Marcos, en la provincia de Huari, en la cuenca del Río Mosna, dentro de la región geográfica conocida como el Callejón de Conchucos. Esta ubicación se encuentra a una distancia de aproximadamente 420 kilómetros al noreste de Lima, en la región andina de Perú. El acceso se realiza por vía pavimentada desde Lima a Pativilca y continuando por el valle Fortaleza desde Pativilca a Conococha; desde Conococha a la mina se recorren 120 km por la carretera pavimentada. Presenta una altitud que varía entre 4200 a 4800 msnm, presenta una temperatura que oscila de -8 a 20 °C y humedad relativa promedio de 55%.

4.1.2. Sismicidad

Según lo indicado en el Mapa de Zonificación Sísmica establecido en la Norma de Diseño Sísmico E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la región de investigación se encuentra ubicada en la Zona 3, lo que implica que está sujeta a niveles de actividad sísmica que varían de moderados a elevados.

La región central de Perú ha sido históricamente propensa a la actividad sísmica, principalmente debido a la interacción entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana a lo largo de la fosa Perú-Chile. En este lugar específico, la placa de Nazca se encuentra en un proceso de subducción hacia el este, debajo de la placa Sudamericana, con una velocidad relativa de desplazamiento que varía aproximadamente entre 60 y 75 mm por año. Esta interacción y los desplazamientos a lo largo de la frontera entre estas placas han sido responsables de la aparición de terremotos de gran magnitud, algunos de los cuales han alcanzado magnitudes de entre 8.0 y 9.0 Mw en los últimos cincuenta años.

4.1.3. Coeficiente Sísmico

Se sugiere considerar aceleraciones horizontales máximas o picos (PGA) con un valor de 0.278 g, el cual se relaciona con un período de retorno de 475 años y está asociado con un 10% de probabilidad de superación durante un período de exposición o vida útil de 50 años.

4.1.4. Aceleración de diseño

Se plantea la posibilidad de utilizar un coeficiente sísmico en el análisis de estabilidad de taludes bajo condiciones pseudoestáticas, el cual puede oscilar entre 1/3 y 1/2 del valor de PGA. Esta sugerencia se encuentra en consonancia con las pautas presentadas por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, USACE) y otras fuentes, como el trabajo de Hynes y Franklin de 1984 y las recomendaciones de la Administración Federal de Carreteras en 1997. Estas fuentes recomiendan la utilización de un coeficiente sísmico que sea la mitad del valor de PGA. En este contexto, el valor recomendado del coeficiente sísmico para el área de estudio podría situarse en torno a 0.139. No obstante, por precaución, se ha optado por considerar un valor ligeramente superior de 0.15 g.

4.2. Investigaciones Geotécnicas

Para la elaboración de este informe, se llevó a cabo un programa de investigaciones geotécnicas en los meses de febrero a abril de 2019. Estas investigaciones abarcaron la realización de calicatas con registro geotécnico, ensayos de densidad in situ mediante el uso del método del cono de arena en la zona de cimentación del dique de desvío de Sidehill y los depósitos de relaves. También se realizó la obtención de muestras representativas de materiales y posteriormente se llevaron a cabo ensayos de laboratorio.

A continuación, se proporciona una descripción detallada de las investigaciones geotécnicas que se llevaron a cabo.

4.2.1. Ejecución de calicatas y trincheras

Se realizaron un total de 10 calicatas y 3 trincheras. La excavación de las calicatas fue

coordinada con la compañía minera para contar con una empresa Contratista que proporcione la excavadora para la ejecución de calicatas. Se realizó una minuciosa descripción de las capas identificadas siguiendo las pautas establecidas por la norma ASTM D2488. Después, se recolectaron muestras perturbadas que representaban con precisión las características de los estratos. Estas muestras se etiquetaron y preservaron en bolsas de polietileno para mantener su estado original. A continuación, se procedió a llevar a cabo pruebas de caracterización tanto en términos físicos como mecánicos en el entorno del laboratorio.

La Tabla 1 proporciona una visión general exhaustiva de las excavaciones realizadas, todas las cuales alcanzaron una profundidad máxima de 5.50 metros.

El Anexo 1 contiene los informes detallados de las excavaciones llevadas a cabo, mientras que el Anexo 2 incluye una colección de fotografías que documentan las excavaciones. Los planos 464-R-10009 y 464-R-10010 proporcionan información sobre la ubicación de las investigaciones geotécnicas realizadas.

Tabla 1

Resumen de calicatas realizadas

Calicata/ Trinchera	Coordenadas UTM		Profundidad (m)
	Norte	Este	
TP-SH-01	8'943,523	277,869	3.2
TP-SH-02	8'943,491	277,908	3.8
TP-SH-03	8'943,463	277,949	3.8
TP-SH-04	8'943,437	277,992	3.6
TP-SH-05	8'943,431	278,042	3.5
TP-SH-06	8'943,414	278,089	3.5
TP-SH-07	8'943,417	278,139	0.8
TP-SH-08	8'943,417	278,139	5.5
TP-SH-09	8'943,460	277,997	3
TP-SH-10	8'943,448	278,071	3.8
TR-SH-01	8943620	278086	-
TR-SH-02	8943625	278075	-
TR-SH-03	8943608	278115	-

Nota: Elaboración propia.

Para obtener información adicional sobre la zona de estudio, se ha incluido en la Tabla 2 un registro de las excavaciones y perforaciones realizadas por la empresa Golder en su estudio titulado "Ingeniería de factibilidad para el nuevo Sidehill hasta 4165," llevado a cabo en 2018.

Tabla 2

Resumen de calicatas realizadas por Golder

Calicata	Coordenadas UTM		Profundidad (m)
	Norte	Este	
TP17-22	8'943,533	277,980	1.7
TP17-23	8'943,429	278,027	3
TP17-24	8'943,560	278,065	1.7
TP17-25	8'943,502	278,072	1.75
TP17-26	8'943,449	278,180	1.7
BH17-TA-04	8'943,465	278,022	400

Nota: Golder, 2018.

4.2.2. Ensayos de densidad in situ

El propósito de este ensayo fue calcular la densidad natural en el lugar mediante el método del cono de arena. Las calicatas TP-SH-08 y TP-SH-09, ubicadas a una profundidad de aproximadamente 1.00 metro, se seleccionaron para llevar a cabo este ensayo, ya que representan la profundidad aproximada de la fundación. También se llevó a cabo una prueba de densidad en el material de relave cuando estaba saturado. Es relevante mencionar que este proceso cumplió con los estándares especificados en la normativa ASTM D1556.

En el Anexo 3, se encuentran los cálculos de densidad in situ realizados mediante el método de cono de arena, y en la Tabla 3 se proporciona un resumen de los resultados de estos ensayos de densidad in situ.

Tabla 3
Resumen de densidad in situ

Año	Calicata	Profundidad (m)	Clasificación SUCS	W (%)	Densidad húmeda (g/cm ³)	Densidad seca (g/cm ³)
2019	TP-SH-08	1	GC	11.06	2.06	1.86
	TP-SH-09	1	GC	10.68	1.94	1.75
	Vaso de relaves	Superficial	CL	30	2.27	1.74
2017	TP17-22	1	CH	17.54	2.25	1.91
	TP17-26	1	GC	6.28	1.97	1.86

Nota: Elaboración propia.

4.2.3. Ensayos de laboratorio

Se realizaron pruebas de laboratorio en las muestras de suelo extraídas de las excavaciones subterráneas con el objetivo de analizar y establecer las propiedades de resistencia del suelo de cimentación y los materiales residuales. A continuación, se detallan los experimentos llevados a cabo en el marco de esta investigación.

4.2.3.1. Ensayo Estándar

Se llevaron a cabo pruebas convencionales en las muestras de suelo modificadas, denominadas como tales debido a su función principal de identificar y categorizar los tipos de suelo de acuerdo con el SUCS. Las evaluaciones realizadas comprendieron los siguientes procedimientos:

- Granulometría por tamizado – ASTM D422
- Límites de Atterberg – ASTM D4318
- Contenido de humedad – ASTM D2216
- Clasificación SUCS – ASTM D2487

En el Anexo 4, se pueden encontrar los certificados de los resultados de los ensayos, mientras que la Tabla 4 proporciona un resumen de los resultados de los ensayos estándar realizados en el área de cimentación.

Tabla 4
Resumen de ensayos de clasificación

Año	Calicata/	Prof.	Muestra	SUC S	Granulometría			Límites de consistencia			W (%)
	Trinchera/	(m)									
	Punto										
2019*	TP-SH-08	0.70 – 5.50	M1	GC-GM	49.9	27.6	22.5	22	18	4	5.8
	TP-SH-10	0.80 – 3.80	M1	GC	49.1	25.7	25.2	27	14	13	9.5
	TR-SH-01	3	M1	GM	49.5	24.8	25.7	17	14	3	5.4
	TR-SH-02	3	M1	GC	62.9	19.4	17.7	31	17	14	6.5
	TR-SH-03	3	M1	GC	45.8	28.4	25.8	21	13	8	3.9
	Relave***	Superficie	M1	CL	0	32.8	67.2	23	N P	N P	23.8
2017**	TP17-22	0.50 - 1.70	M-1	CH	0	1.9	98.1	64	30	34	-
	TP17-22	0.50 - 1.75	M-1	GC	37.2	32.2	30.6	26	14	12	-
	TP17-26	0.50 - 1.70	M-1	GC	51.5	18.7	29.8	40	19	21	-

Nota: Elaboración propia.

Nota:

* Calicata ejecutada por SNC-L

** Calicata ejecutada por Golder

***Muestra tomada de la playa de relaves

NP: No presenta

4.2.3.2. Ensayo de Proctor Estándar y Modificado

Se llevaron a cabo tres ensayos de Proctor Estándar y un ensayo de Proctor Modificado en muestras alteradas con el objetivo de determinar la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad. Estos ensayos se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos descritos en las normas ASTM D698 y ASTM D1557.

Los resultados de estos ensayos se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5
Resumen de ensayo Proctor Estándar y Modificado

Calicata	Profundidad (m)	Clasificación SUCS	M.D.S (gr/cm ³)	O.C.H (%)
TP-SH-08	0.70 – 5.50	GC-GM	2.019	7.9
TP-SH-10	0.80 – 3.8	GC	1.958	10.6
TP-SH-02	-	GC	2.181	5.6
TP-SH-03	-	GC	2.212	5.2

Nota: Elaboración propia.

4.2.3.3. Ensayo de Permeabilidad

Con la finalidad obtener la permeabilidad del material de fundación y de los materiales de préstamo, se realizó tres ensayos de permeabilidad de pared flexible en muestras alteradas, siguiendo los procedimientos descritos en la norma ASTM D5084.

- El primer ensayo se realizó en muestras de material de la cimentación, conformado por grava arcillosa con arena (GC-GM) que fue extraída de la calicata TP-SH-08. Esta muestra fue remoldeada con una densidad seca de 1.87 g/cm³ y contenido de humedad de 11.7 %. El ensayo se realizó con una presión de confinamiento efectivo de 200 kPa.
- El segundo ensayo se realizó en muestra de material del corte de los taludes del Portal del Túnel Sidehill, conformado por grava arcillosa con arena (GC) que fue extraída de la trinchera TR-SH-02. Esta muestra fue remoldeada al 98% MDS del Proctor Modificado (densidad seca = 2.11 g/cm³) y en el óptimo contenido de humedad (OCH = 9.2%). El ensayo se realizó con una presión de confinamiento efectivo de 200 kPa.
- El tercer ensayo se realizó en muestra de material del corte de los taludes del Portal del Túnel Sidehill, conformado por grava arcillosa con arena (GC) que fue extraída de la trinchera TR-SH-03. Esta muestra fue remoldeada al 98% MDS del Proctor Modificado (densidad seca = 2.15 g/cm³) y en el óptimo contenido de humedad (OCH = 8.5%). El ensayo se realizó con una presión de confinamiento efectivo de 200 kPa.

En la Tabla 6 se muestra en resumen los resultados de este ensayo. En el Anexo 4 se

muestran los certificados de los ensayos de permeabilidad de pared flexible.

Tabla 6

Resumen de ensayo de permeabilidad de pared flexible

Calicata	Profundidad	Clasificación	Permeabilidad
	(m)	SUCS	(m/s)
TP-SH-08	0.70 – 5.50	GC-GM	1.4×10^{-9}
TR-SH-02	-	GC	2.0×10^{-9}
TR-SH-03	-	GC	1.9×10^{-10}

Nota: Elaboración propia.

Los resultados de permeabilidad en el sector de cimentación del dique se encuentran dentro del rango esperado para este tipo de materiales (GC-GM); el material que será usado como material de baja permeabilidad cumple con tener una permeabilidad menor a 1.0×10^{-8} m/s.

4.2.3.4. Ensayo Triaxial CU y Corte Directo

Se realizó tres ensayos de corte triaxial (CU), consolidado no drenado, con medición de poros y en condición saturada, con la finalidad de obtener parámetros de resistencia en esfuerzos totales y en esfuerzos efectivos. Este ensayo se realizó en muestras remoldeadas, en especímenes de 4" de diámetro. Las muestras fueron confinadas bajo tres presiones de confinamiento (100 kPa, 200 kPa y 400 kPa), obteniéndose distintas envolventes de esfuerzos. Este ensayo se ejecutó según el procedimiento indicado en la norma ASTM D4767.

- El primer ensayo se realizó en muestras de material del corte de los taludes del Portal del Túnel Sidehill, conformado por grava arcillosa con arena (GC-GM) que fue extraída de la calicata TR-SH-03. Esta muestra fue remoldeada con una densidad seca de 21.6 g/cm^3 y contenido de humedad de 8.4 %.
- El segundo ensayo se realizó en muestras de material de la cimentación, conformado por grava arcillosa con arena (GC-GM) que fue extraída de la calicata TR-SH-08. Esta muestra fue remoldeada con una densidad seca de 18.8 g/cm^3 y contenido de humedad

de 14.2%.

En la Tabla 7, se presenta en resumen los parámetros de resistencia en esfuerzos totales y esfuerzos efectivos, obtenidos de este ensayo.

En el Anexo 4 Triaxial consolidado no drenado (CU) se muestran los certificados de los ensayos triaxiales.

Tabla 7
Resumen de ensayo triaxial CU

Área	Calicata	Muestra	Prof.	Clasif. SUCS	Densidad Seca (g/cm ³)	Esfuerzos Efectivos		Esfuerzos Totales	
						c' (kPa)	φ' (°)	c (kPa)	φ (°)
Corte de Talud	TR-SH-03	M-1	3	GC	21.68	18.3	40	2.28	28.8
Cimentación	TP-SH-08	M-1	0.70 – 5.50	GC-GM	18.8	0	34.7	17.85	17.8

Nota: Elaboración propia.

Nota:

Abreviatura:

Prof.: profundidad, Clasif: Clasificación, SUCS: sistema unificado de clasificación de suelos,

C: cohesión, φ: ángulo de fricción

TP: Código de calicata

TR: Código de trinchera

De los resultados se observa que los parámetros de esfuerzos efectivos para los tres sectores analizados se presentan altos respecto al tipo de material (grava arcillosa), por lo que de forma conservadora se emplearán en los análisis geotécnicos parámetros menores; en especial para el material de la TR-SH-03 que será utilizado como material de baja permeabilidad.

En la Tabla 8, se presenta el ensayo de corte directo a la muestra de relave obtenida del vaso del depósito de relaves; en el Anexo 4 se muestran los resultados del ensayo de corte directo.

Tabla 8*Resumen de ensayo corte directo*

	Profundidad	Clasificación	Parámetros de resistencia	
	(m)	SUCS	C'	Φ'
			(kPa)	(°)
Playa de relaves	Superficie	ML	5.4	28.9

Nota: Elaboración propia.**4.2.3.5. Áreas de Préstamo**

A fin de tener información que será de utilidad en la caracterización geotécnica del dique, se presenta en la Tabla 9, los ensayos de laboratorio del Punto F y Plataforma punto E, como alternativa de uso del material de suelo de baja permeabilidad.

Tabla 9
Resumen de ensayo

Año	Calicata	SUCS	Granulometría			Límites de consistencia			Permeabilidad K (cm/s)	Proctor Estándar	
			Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP		OCH (%)	MDS (gr/cm ³)
2018 (punto F)	C-1	GC-GM	41.8	33.8	24.4	22	16	6	-	-	-
	C-2	GC	49.1	24.2	26.7	30	19	11	-	-	-
2017 (punto E)	Muestra 1 /MBP-C08	GC	33.4	19.7	46.9	29	17	12	8.6x10 ⁻⁸	10.4	2.02
	Mezcla 1 /MBP-C03, 07, 09 y 19	GC	35	17.9	47.1	31	19	12	1.2x10 ⁻⁷	10.3	2.08
	Mezcla 2 /MBP-C14, 15, 16, 17 y 18	GC	41	22.9	36.1	23	14	9	3.4x10 ⁻⁸	8.6	2.13
	Mezcla 3 /MBP-C10, 11, 12 y 13	GC	28.4	23.8	47.8	30	17	13	2.7x10 ⁻⁸	11.7	2.08

Nota: Elaboración propia.

4.3. Caracterización geotécnica

En esta sección se presenta la caracterización geotécnica de los materiales que conforman el modelo geotécnico del dique de desvío Sidehill. A continuación, se realiza una breve descripción de las unidades geotécnicas definidas, con parámetros geotécnicos e hidráulicos presentes en cada material definido en el modelo a ser analizado, para cada alternativa de diseño.

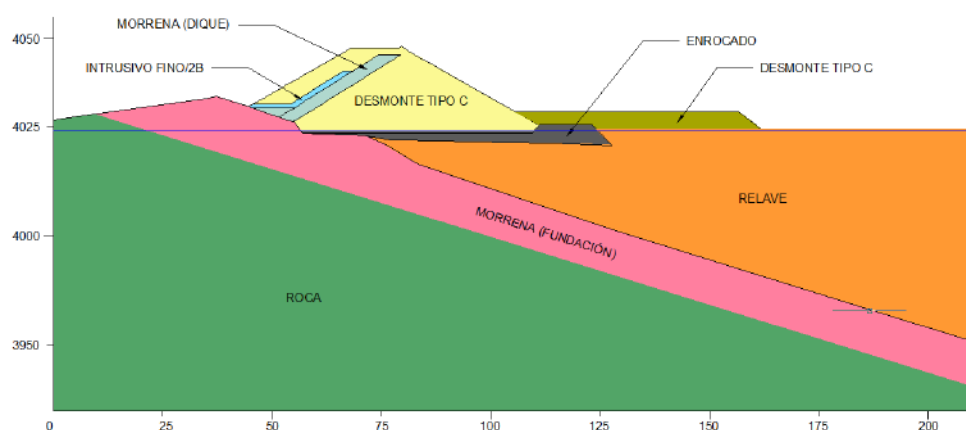
4.3.1. Unidades Geotécnicas

Las unidades geotécnicas definidas para el análisis de estabilidad e infiltraciones del dique corresponden a siete (7) unidades geotécnicas:

- Unidad Geotécnica I (Material Desmonte tipo C – Dique)
- Unidad Geotécnica II (Suelo de baja permeabilidad – Dique)
- Unidad Geotécnica III (Material Intrusivo fino)
- Unidad Geotécnica IV (Enrocado)
- Unidad Geotécnica V (Relave)
- Unidad Geotécnica VI (Morrena – Fundación)
- Unidad Geotécnica VII (Basamento Rocoso)

Estas unidades son descritas a continuación en sentido de arriba hacia abajo (ver Figura 1).

Figura 1
Configuración típica del dique de desvío



Nota: Elaboración propia.

4.3.1.1. Unidad Geotécnica I: Material de desmonte tipo C

Los espaldones del dique aguas arriba y aguas abajo estará conformado por material de desmonte tipo C (material disponible por la compañía minera de operaciones mina, empleado para la construcción de plataformas, terraplenes, diques y en el recrecimiento de la presa de relaves). Este material es de granulometría heterogénea, conformado por gravas angulosas y bloques angulosos de hasta 1.0 m de diámetro en promedio.

4.3.1.1.1. Parámetros Geotécnicos

Para modelar el comportamiento mecánico de este material se utilizó el modelo constitutivo de Leps (1970). Los parámetros geotécnicos de este modelo fueron obtenidos del reporte de Golder Associates (2012) denominado “Summary of Results from Laboratory Testing Program for Black Marble Rockfill from Antamina”.

4.3.1.1.2. Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos de este material fueron estimados en base a su granulometría y experiencia del consultor con materiales de similares características por tanto se estiman un coeficiente de permeabilidad saturado de 1.0×10^{-3} m/s.

4.3.1.2. Unidad Geotécnica II: Suelo de baja permeabilidad

La zona impermeable del dique estará conformada por material morrénico (GC) compactado, procedente del corte del talud del Sidehill y/o de la cantera de la Plataforma Punto E. Este material es de granulometría homogénea, conformado por grava arcillosa con arena (GC).

4.3.1.2.1. Parámetros geotécnicos

Para modelar el comportamiento mecánico de este material se utilizó el modelo constitutivo de Mohr-Coulomb. De acuerdo con los resultados del ensayo triaxial CU, remoldeado al 98% del Proctor Estándar, se tiene que los parámetros geotécnicos en términos

de esfuerzos efectivos y totales alcanzan valores de 40° y 28.8° para el ángulo de fricción respectivamente, 18.2 kPa y 0 kPa para la cohesión, para una densidad de 21.8 kN/m^3 .

Por tanto, de acuerdo con el tipo de material y su granulometría, se considera los siguientes parámetros efectivos para el análisis de estabilidad: cohesión de 10 kPa y ángulo de fricción de 36° .

4.3.1.2.2. Parámetros hidráulicos

De acuerdo a los resultados del ensayo de permeabilidad de pared flexible, del “Estudio de cantera morrena para la plataforma E” (104-16062-MTE2915-IFF-430-G-0003) elaborado por Golder Associates (2017), se tiene que la permeabilidad de la morrena, conformado por grava arcillosa con arena (GC) es de $1.2 \times 10^{-8} \text{ m/s}$, la muestra fue remoldeado al 98% del Proctor Estándar, con el óptimo contenido de humedad.

4.3.1.3. Unidad Geotécnica III: Material Intrusivo fino / Material 2B

El material intrusivo fino considerado como uso de protección del suelo de baja permeabilidad que forma parte del dique estará conformado por material intrusivo fino proveniente del tajo. El material intrusivo fino tendrá una ampliación de banda de uso granulométrico (% finos de 10%) y tamaño máximo de 6”. El material 2B, será producido por la chancadora con tamaño máximo de 2 ½” y % finos de 3%.

4.3.1.3.1. Parámetros geotécnicos

Para modelar el comportamiento mecánico de este material se utilizó el modelo constitutivo de Mohr-Coulomb. De acuerdo con el tipo de material y a su granulometría, se tiene que los parámetros geotécnicos efectivos de material de filtro 2B alcanzan valores de 0 kPa y 38° para la cohesión y ángulo de fricción respectivamente, para una densidad de 19 kN/m^3 .

4.3.1.3.2. Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos de este material fueron estimados en base a su

granulometría y experiencia del consultor con materiales de similares características por tanto se estima un coeficiente de permeabilidad saturado de 1.0×10^{-4} m/s.

4.3.1.4. Unidad Geotécnica IV: Enrocado

Material proveniente de operaciones mina (tajo) y de la cantera 114 estará compuesto por bloques de roca con diámetro de 6” - 50”, este material será colocado al volteo sobre el relave, con la finalidad de mejorar la fundación del dique, en los sectores donde el agua y el relave hayan inundado la fundación del dique.

Para modelar el comportamiento mecánico de este material se utilizó el modelo constitutivo de Leps (1970). Los parámetros geotécnicos de este modelo fueron obtenidos del reporte de Golder Associates (2012) denominado “Summary of Results from Laboratory Testing Program for Black Marble Rockfill from Antamina”.

4.3.1.4.1. Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos de este material fueron estimados en base a su granulometría y experiencia del consultor con materiales de similares características por tanto se estima un coeficiente de permeabilidad saturado de 1.0×10^{-3} m/s.

4.3.1.5. Unidad Geotécnica V: Relave

Esta unidad está conformada por los relaves de la presa de relaves de la compañía minera, que son depositados gradualmente de acuerdo a operaciones mina, es un material con potencial de licuación debido a su baja compacidad y por estar saturado.

4.3.1.6. Parámetros geotécnicos

Para modelar el comportamiento mecánico de este material se utilizó el modelo constitutivo de Mohr-Coulomb. De acuerdo con el tipo de material y a su granulometría, se tiene que los parámetros geotécnicos efectivos del relave alcanzan valores de 5.4 kPa y 28.9° para la cohesión y ángulo de fricción respectivamente, para una densidad de 17.4 kN/m^3 .

4.3.1.7. Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos de este material fueron estimados en base a su granulometría y experiencia del consultor con materiales de similares características por tanto estimamos un coeficiente de permeabilidad saturado de 1.0×10^{-7} m/s.

Se distribuye ampliamente en la zona de estudio. Esta unidad está conformada por gravas arcillosas con arena (GC), de partículas angulosas a sub redondeadas, ligeramente húmedas, de color marrón amarillento, de plasticidad media, de compacidad medianamente densa a densa, con presencia de bolonería y bloques de tamaño máximo nominal de 12" en 10% del volumen total. La potencia de este depósito varía entre 10 a 15 m en promedio. Esta unidad geotécnica es adecuada para la fundación del dique dependiendo de la compacidad en el que se encuentre en el nivel de fundación.

4.3.1.8. Parámetros geotécnicos

Material morrénico, para modelar el comportamiento mecánico de este material se usó el modelo constitutivo de Mohr-Coulomb. De acuerdo con los resultados del ensayo triaxial CU, remoldeado a una densidad seca de 1.8 g/cm^3 y contenido de humedad de 14.2%, se tiene que los parámetros geotécnicos en términos de esfuerzos efectivos y totales alcanzan valores de 34.7° y 17.8° para el ángulo de fricción respectivamente, y 0 kPa y 17.85 kPa para la cohesión. Por tanto, de acuerdo con el material y a su granulometría, se considera los siguientes parámetros efectivos para el análisis de estabilidad: cohesión de 0 kPa y ángulo de fricción de 34.7° .

4.3.1.9. Parámetros hidráulicos

Material morrénico, de acuerdo con los resultados del ensayo de permeabilidad de pared flexible remoldeado a la densidad natural del terreno, se tiene que el coeficiente de permeabilidad de la morrena, conformado por grava arcillosa con arena (GC), es de 1.0×10^{-8} m/s.

4.3.1.10. Unidad Geotécnica VI: Basamento rocoso

Esta unidad está compuesta principalmente de 80 a 90% de lodolitas calcáreas y lodolitas lutáceas, con esporádicas intercalaciones de caliza micrítica argilácea, en estratos medios a gruesos. El contacto entre las unidades inferior y superior de la formación Celendín no es observable en afloramientos, debido a la cobertura de suelo, pero se ha encontrado un contacto en la perforación BH17-TA-04.

4.4. Diseño geotécnico

4.4.1. Análisis de Infiltración

Se implementó un modelo numérico mediante el método elementos finitos (MEF) para evaluar la infiltración del agua contenida en los relaves que pueda producirse a través del dique de desvío. Así, se deberá tener un nivel freático adecuado que evite que el agua contenida en los relaves; almacenados en el vaso; infiltre a tasas mayores que las permisibles a través del dique, de manera de facilitar el colapso de la estructura por migración de partículas finas (piping) o por reducción de sus parámetros geotécnicos por saturación de sus materiales componentes.

4.4.1.1. Método de análisis

Basados en las propiedades de los materiales y su configuración geométrica, se procedió a realizar el análisis de infiltración en la sección más crítica. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó el software Slide/Steady State Groundwater en su versión 8. Este programa se emplea para evaluar el caudal de infiltración que atraviesa tanto el dique como su cimentación, según las condiciones específicas de análisis. Slide es un programa informático ampliamente accesible en el mercado que se emplea para calcular los flujos por metro en modelos bidimensionales de infiltración mediante el uso del Método de Elementos Finitos (MEF). El programa Slide se encarga de realizar la representación matemática utilizando tanto elementos finitos triangulares como rectangulares.

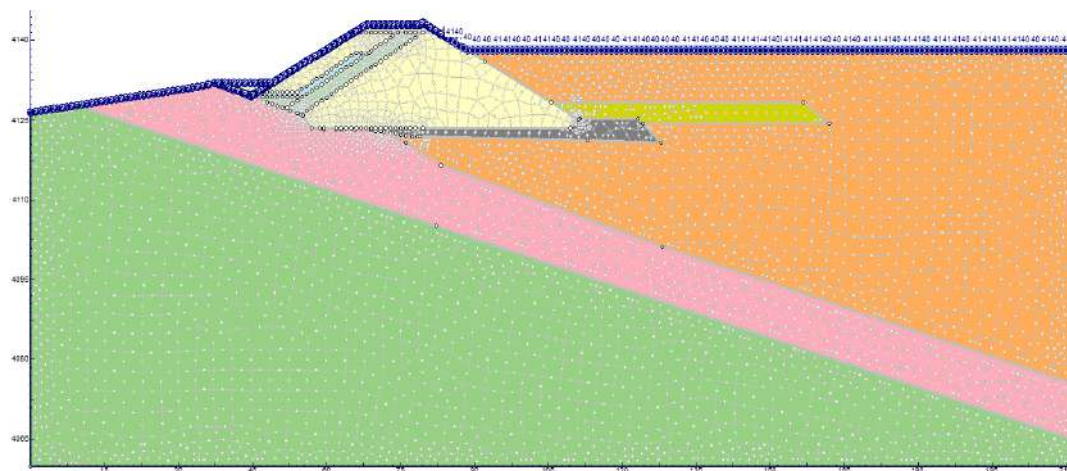
4.4.1.2. Sección de análisis

La sección analizada corresponde a la sección C-C', la misma que se presenta en planta y en perfil en el Plano 464-R-10011 y 464-R-10012. Esta sección es considerada como crítica ya que representa la mayor altura del dique y cimentación sobre relleno. Las condiciones de contorno e hipótesis asumidas para el análisis de infiltración se detallan a continuación.

- Para el análisis se utilizó elementos triangulares con seis puntos de integración, empleándose en total 2500 elementos y 7,475 nodos de integración (ver Figura 2).
- Para el caso analizado se consideró que la relación de anisotropía es constante e igual a la unidad.
- Se consideró una línea equipotencial aguas arriba del dique con cota de 4,140 msnm y se consideró una superficie de descarga libre aguas abajo del dique (ver Figura 3).
- Se estimaron las propiedades hidráulicas del: Material de Desmonte tipo C en 1.0×10^{-3} m/s, morrena (dique) 1.2×10^{-8} m/s Filtro (intrusivo fino/2B) en 1.0×10^{-4} m/s, Enrocado en 1.0×10^{-3} m/s, relave en 1.0×10^{-7} m/s, morrena (fundación) 1.0×10^{-8} m/s y roca (fundación) en 1.0×10^{-9} m/s.

Figura 2

Condiciones de contorno y malla de MEF



Nota: Elaboración propia.

4.4.1.3. Propiedades hidráulicas de los materiales

En la Tabla 10, se presenta una síntesis de las características hidráulicas identificadas para los elementos constituyentes del modelo de evaluación del dique de desvío, en consonancia con la disposición geométrica descrita en la Figura 2.

Tabla 10

Parámetros hidráulicos de los materiales

Material	Permeabilidad
	k (m/s)
Material 3B (Dique)	1.0×10^{-3}
Morrena (Dique)	1.2×10^{-8}
Filtro (intrusivo fino/2B)	1.0×10^{-4}
Enrocado	1.0×10^{-3}
Relave	1.0×10^{-7}
Morrena (Fundación)	1.0×10^{-8}
Roca (Fundación)	1.0×10^{-9}

Nota: Elaboración propia.

4.4.1.4. Resultados

Los resultados obtenidos muestran un gasto de infiltración por metro de 8.3793×10^{-7} m³/s ubicado en el pie de talud aguas abajo del dique. Dicho valor se considera menor y razonable dada las dimensiones de la estructura y la magnitud de los distintos coeficientes de permeabilidad; considerando una longitud de dique de 300 m se tiene un caudal promedio de 0.19 lt/s.

El detalle del modelo de infiltración utilizado y sus resultados se muestran en el Anexo 5 “Análisis de Filtraciones”.

4.4.2. Análisis de Estabilidad de Taludes

4.4.2.1. Criterios de análisis

Los factores de seguridad en situaciones estáticas y pseudoestáticas utilizados para la valoración de la estabilidad de los taludes se fundamentaron en el informe denominado "Criterios de Diseño" (104-17010-O95282-CDD-440-G-0001), preparado por SNC-Lavalin en 2019. La Tabla 11 especifica los valores mínimos de factores de seguridad aceptables para el

análisis de la estabilidad física de los taludes.

Tabla 11
Criterios de Estabilidad

Condición de Análisis	Factor de Seguridad
	(FS)
Estático a largo plazo	1.5
Estático a corto plazo	1.3
Pseudo estática	1
Post Sismo	1

Nota: Elaboración propia.

Un factor de seguridad pseudoestático superior a 1.0 no implica que el talud permanecerá inmóvil durante un evento sísmico. En cambio, es más probable que se produzcan desplazamientos mínimos y que no se generen daños permanentes en la estructura en relación al sismo de diseño.

4.4.2.2. Metodología de análisis

Empleando el software Slide versión 8, se logra la capacidad de modelar configuraciones de alta complejidad. Esto incluye la capacidad de definir diversos modelos de suelos y rocas, tales como el modelo de Mohr-Coulomb, Hoek-Brown anisotrópico, Hoek-Brown generalizado, Barton-Bandis, así como funciones relacionadas con el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante, entre otros.

Slide es una herramienta de software que se encuentra disponible en el mercado y que se utiliza para calcular los factores de seguridad a través del método de equilibrio límite. Este programa tiene la versatilidad de evaluar una amplia variedad de tipos de fallas, ya sea superficies circulares de deslizamiento u otros tipos de falla especificados, haciendo uso de distintos métodos de análisis, que incluyen los enfoques de Bishop, Janbu, Spencer y Morgenstern-Price.

El enfoque utilizado para calcular el factor de seguridad en este estudio es el método de

Morgenstern-Price, un enfoque riguroso. La elección de este método se basa en su capacidad para satisfacer de manera simultánea todas las ecuaciones de equilibrio estático, abarcando tanto las fuerzas como los momentos. Además, se reconoce por su robustez numérica y estabilidad en el proceso de cálculo.

Dentro de las suposiciones fundamentales para este análisis, se asume que las propiedades de los materiales que componen la estructura son consistentes, uniformes, muestran isotropía y siguen un comportamiento elástico lineal. En esta perspectiva, el colapso se originaría debido a fallas simultáneas en bloques a lo largo de la superficie de deslizamiento.

En el análisis pseudoestático, se parte del supuesto de que el bloque implicado en el deslizamiento se encuentra bajo la influencia de una fuerza horizontal equivalente al producto de un coeficiente sísmico y el peso del bloque deslizante. Esta aproximación simplificada permite considerar de manera general el impacto de las fuerzas inerciales generadas por un sismo de diseño. Para este estudio en particular, se emplea un coeficiente sísmico horizontal de 0.15.

4.4.2.3. Etapa de análisis

Con el propósito de asegurar la integridad estructural del dique en todo el proceso de construcción y posterior operación, se establecieron dos fases de evaluación: la primera al concluir la construcción (corto plazo) y la segunda durante la etapa operativa (largo plazo). Las evaluaciones de estabilidad se han efectuado considerando tanto los esfuerzos totales como los esfuerzos efectivos como referencia.

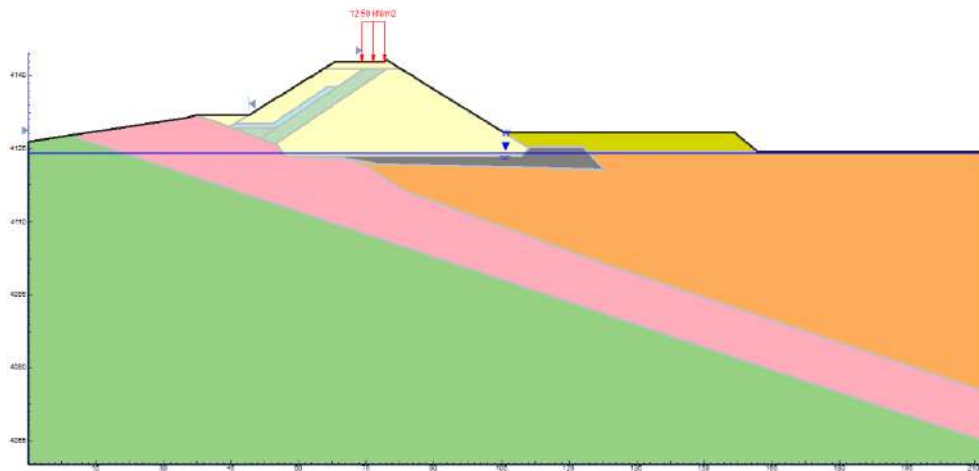
4.4.2.4. Sección de análisis

La sección analizada corresponde a la sección C-C, la misma que se presenta en planta y perfil en los planos Plano 464-R-10011 y 464-R-10012. Esta sección es considerada como crítica y desfavorable ya que representa la mayor altura del dique y la cimentación del dique será sobre relleno. Las Figura 3 y Figura 4, representan las secciones en la construcción y

operación respectivamente.

Figura 3

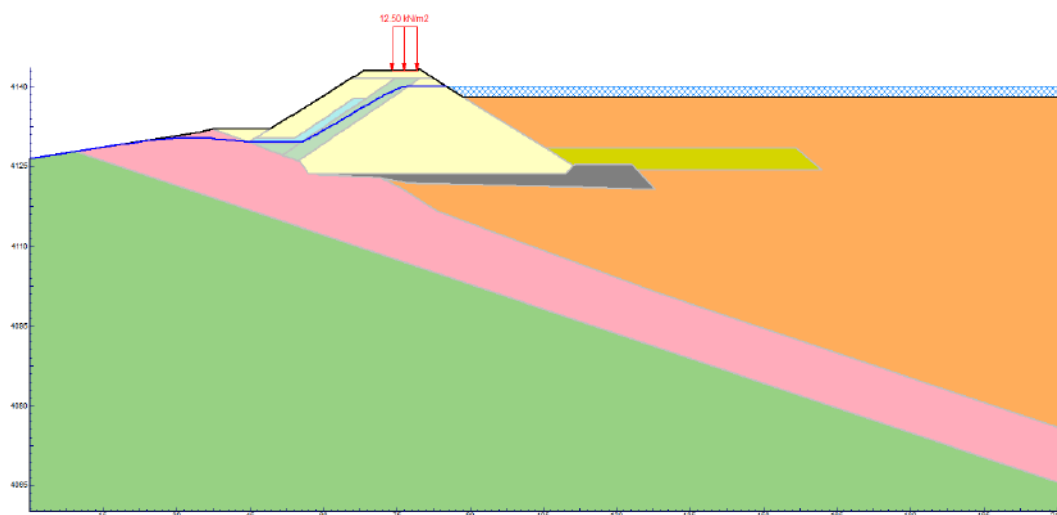
Sección para análisis de estabilidad – Etapa de construcción



Nota: Elaboración propia.

Figura 4

Sección para análisis de estabilidad – Etapa de operación



Nota: Elaboración propia.

1.1.1 Parámetros del modelo geotécnico

En la Tabla 12 se presenta un resumen de los parámetros geotécnicos de los materiales

utilizados en los análisis de estabilidad, con sus respectivos modelos constitutivos.

Tabla 12

Parámetros geotécnicos de los materiales

Material	Modelo	γ	c'	ϕ'
	Constitutivo	(kN/m ³)	(kPa)	(°)
Material 3B	Leps (1970)	22	-	-
Morrena	Mohr-Coulomb	19.6	10	36
Filtro (Intrusivo fino/2B)	Mohr-Coulomb	19	0	38
Enrocado	Leps (1970)	19	-	-
Relave	Mohr-Coulomb	17.4	5.4	28.9
Fundación-Morrena	Mohr-Coulomb	20	0	34.7
Fundación-Basamento Rocoso	Mohr-Coulomb	25.6	60	35.1

Nota: Elaboración propia.

Nota:

Abreviatura:

γ : Densidad, c' : cohesión, ϕ' : Angulo de fricción, UCS: resistencia a la compresión uniaxial, m: parámetro relacionado con la naturaleza friccionante del macizo rocoso, s y a son constantes que depende de la naturaleza del macizo rocoso.

4.4.2.5. Resultados obtenidos

En la Tabla 13 se muestra los resultados de análisis de estabilidad a corto y largo plazo, los resultados incluyen superficies de fallas potenciales del tipo circular tanto para sollicitaciones estáticas como pseudo estáticas.

También los resultados obtenidos en la sección analizadas, los factores de seguridad al final de la construcción son mayores de 1,3 y en operación son mayores que 1,5 en el caso estático, que son los valores mínimos recomendados en los criterios de diseño. Asimismo, en todos los casos los factores de seguridad de los análisis pseudo-estático son mayores que 1,0,

valor mínimo recomendado en este estudio que asegura que los desplazamientos inducidos por sismo sean despreciables. En el Anexo 5 Estabilidad de Taludes, se presentan las salidas gráficas de los análisis en términos de geometría, materiales usados y superficies de falla crítica, para las dos etapas de análisis (final de construcción y operación) tanto aguas arriba como aguas abajo de la sección más crítica del dique (Sección C-C).

Tabla 13
Resultados de análisis de estabilidad

Etapas	Sección	Factor de seguridad					
		Análisis	Aguas Abajo		Aguas Arriba		
			Estático	Pseudo estático	Estático	Pseudo estático	Post Sismo
Final de construcción	C-C'	1.932	1.396	1.857	1.36	1.025	
Operación	C-C'	1.626	1.064	-	-	-	

Nota: Elaboración propia.

V. Discusión de resultados

Este estudio ha subrayado la importancia de evaluar la estabilidad del dique de desvío de la empresa minera, dado que las condiciones iniciales han experimentado modificaciones debido al incremento de los relaves y los niveles freáticos. Es importante destacar que con el paso del tiempo, las medidas de protección y el rendimiento de los taludes tienden a disminuir gradualmente. Además, las fuerzas externas que no se tuvieron en cuenta durante la construcción inicial de la estructura pueden ejercer su influencia, lo que puede resultar en deformaciones en el talud. En consecuencia, es esencial identificar cualquier modificación que pudiera provocar fallos y aplicar las medidas de protección pertinentes para asegurar el mantenimiento continuo de los taludes.

Según el objetivo general, se llevará a cabo la construcción de los taludes aguas arriba y aguas abajo de los espaldones del Dique utilizando material de desmonte de mina tipo C, con

una relación de talud de 1.75H:1V. El núcleo estará compuesto de material de suelo de baja permeabilidad (morrena), con una relación de talud de 1.6H:1V. El material de filtro se conformará a partir de material intrusivo fino o material 2B, dependiendo de la disponibilidad de existencias en la compañía minera. En los análisis geotécnicos, se ha tenido en cuenta la fase de construcción con el nivel de agua a una altitud de 4124 metros sobre el nivel del mar. Para la etapa de operación, se ha considerado una altitud de agua de 4140 metros sobre el nivel del mar según el análisis de la infiltración. Los resultados de este estudio son similares a los encontrados por Nina en su investigación de 2017. En el análisis de la estabilidad de los taludes con una configuración de 1V/2H en la parte superior y 1V/1.8H en la parte inferior, se obtuvieron valores de FS de 2.181 y 1.713 respectivamente. También se realizó un análisis para evaluar la estabilidad en caso de una liberación rápida, obteniendo un FS de 1.416. En resumen, estos resultados sugieren que investigaciones anteriores respaldan los hallazgos de este estudio actual.

En relación al primer objetivo específico, se llevaron a cabo investigaciones para determinar los parámetros geotécnicos del suelo de cimentación. Esto involucró la realización de 10 calicatas, con la máxima profundidad alcanzando los 5.50 metros, así como la excavación de 3 trincheras. Además, se utilizó el método del cono de arena para calcular la densidad natural in situ. Este método se aplicó en las calicatas TP-SH-08 y TP-SH-09, a una profundidad de 1 metro, donde se determinó una densidad seca de 1.86 g/cm³ y 1.75 g/cm³, respectivamente. También se evaluó el contenido de humedad del suelo, que se registró en un 11.06% y 10.68% respectivamente. Luego de la recolección de las muestras, se procedió a enviar tanto las muestras estándar como las especiales al laboratorio. En el caso de las muestras estándar, se llevaron a cabo análisis de granulometría mediante el método de tamizado, pruebas para determinar los límites de Atterberg, evaluación del contenido de humedad y clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Por ejemplo, al analizar las muestras

de la calicata TP-SH-08 y TP-SH-10, se obtuvieron clasificaciones de "grava arcillosa con arena" (GC-GM) y "grava arcillosa" (GC), con porcentajes de humedad correspondientes de 5.8% y 9.5%, respectivamente. También se realizaron evaluaciones de la máxima densidad seca y del contenido de humedad óptimo mediante los ensayos Proctor Estándar y Proctor Modificado. En el caso de las calicatas TP-SH-08 y TP-SH-10, se obtuvieron valores de máxima densidad seca de 2.019 gr/cm³ y 1.958 gr/cm³, y porcentajes de contenido de humedad óptimo de 7.90% y 10.60%, respectivamente. Además, se llevaron a cabo pruebas de permeabilidad en muestras alteradas para la calicata TP-SH-08 (que corresponde al material de la cimentación) y para las dos trincheras TR-SH-02 y TR-SH-03 (material de los taludes cortados). En estos análisis, se determinó una permeabilidad de 1.4×10^{-9} , 2.0×10^{-9} y 1.9×10^{-10} , respectivamente. Para concluir, se llevaron a cabo dos ensayos de corte triaxial (CU) en condiciones consolidadas y no drenadas, con medición de la porosidad y bajo saturación. El primer ensayo se efectuó utilizando muestras de material proveniente de los taludes del Portal del Túnel Sidehill, compuestas por grava arcillosa con arena (GC-GM), las cuales se extrajeron de la trinchera TR-SH-03. Se procedió a ajustar la densidad seca de estas muestras hasta alcanzar 21.6 g/cm³, y se mantuvo un contenido de humedad del 8.4%. En el transcurso de este ensayo, los valores de los esfuerzos efectivos se establecieron en 18.3 kPa (c') y un ángulo de fricción de 40° (ϕ'), mientras que los esfuerzos totales se registraron en 2.28 kPa (c') y un ángulo de 28.8° (ϕ'). Además, en cuanto al segundo ensayo, se realizó utilizando muestras del material de cimentación, que está compuesto por grava arcillosa con arena (GC-GM) y se extrajo de la calicata TR-SH-08. En este caso, se ajustó la densidad seca de la muestra a 18.8 g/cm³, y se mantuvo un contenido de humedad del 14.2%. Durante este ensayo, los valores de los esfuerzos efectivos se establecieron en 0 Pa (c') y un ángulo de fricción de 34.7° (ϕ'), mientras que los esfuerzos totales se registraron en 17.85 kPa (c') y un ángulo de 17.8° (ϕ'). Estos resultados guardan semejanza con la investigación llevada a cabo por Nina en 2017,

dado que se obtuvieron parámetros geotécnicos favorables que influyen en la construcción de la presa Huanzo. En el caso de la presa Huanzo, el material que constituye su estructura es una mezcla de arena limosa con gravas (SM-GM). Los valores registrados para el peso unitario son de 19.32 kN/m³, la cohesión es de 0.36 Kg/cm², el ángulo de fricción es de 42.4° y la permeabilidad es de 4.44E-05 cm/s. Adicionalmente, se utilizó arena limosa (SM) para la cimentación de la presa, con un peso unitario de 14.81 kN/m³, una cohesión de 0.34 Kg/cm², un ángulo de fricción de 33.7°, una capacidad portante de 11.30 Kg/cm² y una permeabilidad de 7.96E-05 cm/s. Este hecho respalda la idea de que existen investigaciones previas relacionadas con los resultados obtenidos en el estudio actual.

En cuanto al segundo objetivo específico, los factores de seguridad resultantes de los análisis de estabilidad de los taludes al final de la fase de construcción superan el umbral de 1.3, mientras que, en la etapa de operación, estos factores son mayores de 1.5 en condiciones estáticas, lo que cumple con los valores mínimos recomendados en los criterios de diseño. Por otra parte, en todos los casos analizados, los factores de seguridad en los análisis pseudoestáticos (teniendo en cuenta un coeficiente sísmico horizontal de 0.15 g) y tras un evento sísmico superan el umbral de 1.0, un valor mínimo definido en esta investigación para asegurar que los desplazamientos generados por el sismo sean de poca relevancia. Estos hallazgos se asemejan a los obtenidos en el estudio realizado por Aguirre en 2017. En su investigación, se calcularon los factores de seguridad en la sección más propensa al deslizamiento (sección A-A') al implementar la nueva configuración. En este escenario, los factores de seguridad alcanzaron 1.483 bajo condiciones estáticas y 1.076 en situaciones pseudoestáticas, teniendo en cuenta un coeficiente sísmico de 0.17 g y utilizando el método simplificado de análisis propuesto por Janbu. Estos resultados excedieron los estándares mínimos requeridos, lo que garantiza la integridad estructural del dique en el depósito de relaves. Este antecedente resalta la existencia de investigaciones previas relacionadas con los

hallazgos del presente estudio.

Por último, en relación con el tercer objetivo específico, se llevó a cabo un análisis de infiltración que arrojó un flujo de infiltración por metro de 8.3793×10^{-7} m³/s en la base del talud, aguas abajo del dique. Además, al considerar una longitud total del dique de 300 metros, se obtuvo un caudal promedio de salida de 0.19 litros por segundo. Estos resultados muestran concordancias con la investigación realizada por Nina en 2017, donde, al llevar a cabo el análisis de infiltración, se obtuvieron tasas de infiltración en la sección sin geomembrana de 0.38 m³/hora, mientras que con geomembrana se redujo a 0.17 m³/hora, y con la aplicación de inyecciones, la tasa de infiltración disminuyó a 0.11 m³/hora. De manera similar, en la región de la base del talud aguas arriba, se registraron tasas de infiltración de 0.43 m³/hora sin geomembrana, que disminuyeron a 0.23 m³/hora con la presencia de geomembrana y se redujeron aún más a 0.15 m³/hora tras la aplicación de inyecciones. Este precedente ilustra la presencia de investigaciones anteriores que tienen relación con los resultados obtenidos en el presente estudio.

VI. Conclusiones

A continuación, se presentan las siguientes conclusiones:

- Los taludes ubicados en la parte superior e inferior de los espaldones del dique de desvío se edificarán utilizando material de desmonte de mina de la categoría C, con una relación de inclinación de 1.75H:1V. El núcleo será construido con material de suelo de baja permeabilidad (morrena), con talud 1.6H: 1V. El material de filtro será construido por material de intrusivo fino o con material 2B (según los acopios con que cuente la compañía minera). En los estudios geotécnicos, se ha tomado en cuenta el nivel de agua a una altitud de 4124 metros sobre el nivel del mar durante la fase de construcción, y se consideró una altitud de agua de 4140 metros sobre el nivel del mar para la fase operativa, según el análisis de infiltración realizado.
- Se llevaron a cabo 10 calicatas, con la mayor de ellas alcanzando una profundidad de 5.50 metros, además de 3 trincheras, con el propósito de obtener los parámetros geotécnicos del terreno de fundación. También se realizó la determinación de la densidad natural in situ a una profundidad de 1 metro en las calicatas TP-SH-08 y TP-SH-09 utilizando el método de cono de arena, donde se obtuvo una densidad seca de 1.86 g/cm^3 y 1.75 g/cm^3 y el contenido de humedad del suelo siendo el 11.06% y 10.68% respectivamente. Una vez, recolectado se enviaron al laboratorio tanto estándares como especiales, para los estándares se ejecutó la granulometría por tamizado, límites de Atterberg, contenido de humedad y clasificación SUCS, por ejemplo, para la calicata TP –SH – 08 y TP – SH – 10, se obtuvieron una clasificación de GC – GM y GC y un % W de 5.8% y 9.5% correspondientemente.
- También se llevó a cabo la determinación de la máxima densidad seca y el contenido de humedad óptimo mediante ensayos Proctor Estándar y Modificado. Los resultados indicaron que para las calicatas TP – SH – 08 y TP – SH – 10, la máxima densidad seca

fue de 2.019 gr/cm^3 y 1.958 gr/cm^3 , mientras que el contenido de humedad óptimo fue de 7.90% y 10.60%, respectivamente. Además, se realizaron ensayos de permeabilidad de pared flexible en muestras alteradas, específicamente en la calicata TP – SH – 08 (material de la cimentación), así como en las trincheras TR – SH – 02 y TR – SH – 03 (material de corte de los taludes). Estos ensayos arrojaron valores de permeabilidad de 1.4×10^{-9} , 2.0×10^{-9} y 1.9×10^{-10} , respectivamente. se llevaron a cabo 2 ensayos de corte triaxial (CU) en condiciones de consolidación no drenada y saturación, con medición de poros. El primer ensayo se realizó en muestras de material proveniente del corte de los taludes del Portal del Túnel Sidehill, compuestas principalmente por grava arcillosa con arena (GC-GM) y extraídas de la trinchera TR – SH – 03. Esta muestra fue remoldeada con una densidad seca de 21.6 g/cm^3 y contenido de humedad de 8.4 %, los esfuerzos efectivos fueron 18.3 kPa (c') y 40° (ϕ'); mientras que para los esfuerzos totales fueron 2.28 kPa (c') y 28.8° (ϕ'). Por otra parte, para el segundo ensayo se llevó a cabo en muestras de material de la cimentación, conformado por grava arcillosa con arena (GC-GM) que fue extraída de la calicata TR-SH-08. Esta muestra fue remoldeada con una densidad seca de 18.8 g/cm^3 y contenido de humedad de 14.2%, los esfuerzos efectivos fueron 0 Pa (c') y 34.7° (ϕ'); mientras que para los esfuerzos totales fueron 17.85 kPa (c') y 17.8° (ϕ'). Estos resultados son coherentes con la investigación llevada a cabo por Nina (2017), que reportó parámetros geotécnicos favorables para la construcción de la presa Huanzo. En ese estudio, el material que constituía el cuerpo de la presa consistía en arena limosa con gravas (SM – GM), con un peso unitario de 19.32 kN/m^3 , cohesión de 0.36 Kg/cm^2 , ángulo de fricción de 42.4° y una permeabilidad de $4.44 \text{ E-}05 \text{ cm/s}$. Asimismo, a partir de los registros de las excavaciones realizadas en las calicatas, se estableció que la profundidad de la cimentación en el área designada para la construcción del dique de desvío sería de, al menos, 1.50 metros. Los resultados del

análisis de estabilidad de los taludes al final de la construcción arrojan factores de seguridad que superan 1.3, mientras que, en la etapa de operación, estos valores son mayores a 1.5 en el análisis estático. Estos valores cumplen con los criterios de diseño recomendados como mínimo. En todos los escenarios analizados, los factores de seguridad en los estudios pseudo-estáticos (que consideran un coeficiente sísmico horizontal de 0.15 g) y las condiciones posteriores al sismo superan el umbral de 1.0. Este valor mínimo, recomendado en este estudio, asegura que los desplazamientos causados por el sismo sean despreciables.

- A partir del análisis de infiltración se determinó un caudal de infiltración por metro de $8.3793 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$ en la base del talud, aguas abajo del dique. Dado que la longitud del dique es de 300 metros, esto resulta en un caudal promedio de salida de 0.19 litros por segundo.

VII. Recomendaciones

- Es necesario llevar un control continuo de monitoreo en la fundación de la playa de relaves.
- De generarse asentamientos a periodos cortos se tendrá que seguir rellenado hasta la cota de diseño o hasta que el Contratista culmine la construcción del dique hasta la cota final y/o hasta que el nivel freático supere la cota de diseño.
- Se recomienda tener un control riguroso de compactación en el desarrollo del dique, porque este proceso se debe llevar a cabo por capas.
- Recomendamos la realización de perfiles sísmicos utilizando la técnica MASW, ya que permite evaluar las propiedades del subsuelo y obtener datos fundamentales, como el módulo de elasticidad (E) y el coeficiente de Poisson (ν), que son esenciales para llevar a cabo análisis de esfuerzos.
- Es esencial llevar a cabo un monitoreo geotécnico en las operaciones de minería a cielo abierto utilizando las técnicas más avanzadas de Ingeniería Geotécnica. Esto tiene como finalidad mejorar la seguridad tanto del personal como de los equipos y herramientas, además de garantizar la continuidad de las operaciones y el cumplimiento de los programas de producción.

VIII. Referencias

- Aguirre, R. (2017). *Análisis de la estabilidad física del depósito de relaves n° 5 de la concesión de beneficio Belén de minera Titán de Perú S.R.L.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2538/Glagrare.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica.* Caracas: EPISTEME, C.A. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/27298565_El_Proyecto_de_la_Investigacion_Introduccion_a_la_Metodologia_Cientifica
- Bartakke, Chvan, Kothavale, & Salunkhe. (2017). An Overview on Methods for Slope Stability Analysis. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 6(3), 528-535. Obtenido de <https://www.ijert.org/research/an-overview-on-methods-for-slope-stability-analysis-IJERTV6IS030496.pdf>
- Cabellos, J., & Samamé, A. (2021). *Estudio Geotécnico para la Estabilidad de Taludes en la Mina de Hierro Olmos 8 HPM.* Universidad César Vallejo, Chiclayo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60503>
- Cabezas, E., Naranjo, D., & Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica.* Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15424/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Carrillo. (2016). *Accidentes y fallas en presas de relave*. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-ingenieria/geologia/articulo-03-parte-03tabla-de-fallas/8721290>
- Cruz, D. I. (2017). *Evaluación del fallo de presas de relaves con el método del árbol de fallos*. Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de https://oa.upm.es/46944/1/TFM_Sonny_Cruz_Fernandez.pdf
- Duque, & Escobar. (2017). *Geotecnia para el trópico andino*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57334/analisisdeestabilidaddetaludes.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- Flores , I., García, J., & González, Y. (2020). Estabilidad de taludes durante un desembalse rápido en presas de tierra con suelos parcialmente saturados. *Ingeniería y desarrollo*, 38(1), 14-31. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v38n1/2145-9371-inde-38-01-13.pdf>
- Guardado, & Hernández. (2010). Funcionamiento y mecanismos de rotura en presas de relaves mineros: estudio de caso la presa de colas de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba de Moa. *Sociedad Geológica Del Perú*, 9, 1029-1032.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición ed.). Mc Graw Hill Education . Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Huamán, J., & Huamanlazo, Y. (2019). *Mejoramiento del proceso constructivo para corte de taludes en tajo abierto, Mina Rosarina, Yauli - Junín*. Universidad Ricardo Palma, Lima. Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2595/T030_43957158_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Juliantina, I., Sutejo, Y., Adhitya, B., & Rustam, K. (2018). Identification of Slope Stability Analysis. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(3). doi:<https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.3.2685>
- Montoya. (2009). *Confiabilidad en estabilidad de taludes*. Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/3476/1/montoya_orozco.pdf
- Morales. (2000). *Análisis y Diseño de Taludes mediante Métodos Computacionales*. Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <https://docplayer.es/45407562-Analisis-y-diseno-de-taludes-mediante-metodos-computacionales.html>
- Nina, M. (2017). *Evaluación geotécnica para la construcción de la presa Huanzo*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4731/Nina_Barrazueta_Marcia_L_Alberto.pdf?sequence=1
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
- Ocando, D. (2020). *Análisis tridimensional de estabilidad de taludes y comparación con el análisis bidimensional*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77750/1.065.592.649.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Onouchi. (1984). *Manual de protección de taludes*. Obtenido de <http://www.jorgealvahurtado.com/files/Manual de Proteccion de Taludes.pdf>








Promotor, J., & López, N. (2018). *Una comparación del factor de seguridad en taludes considerando la zona no saturada del suelo*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jose-Promotor/publication/331317994_Una_comparacion_del_factor_de_seguridad_en_taludes_considerando_la_zona_no_saturada_del_suelo/links/5c734c9da6fdcc471599084a/Una-comparacion-del-factor-de-seguridad-en-taludes-consid

Rodríguez, & García. (2006). *Los residuos de la industria extractiva en España. Distribución geográfica y problemática ambiental asociada*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/351579135_Los_residuos_de_la_industria_extractiva_en_Espana_Distribucion_geografica_y_problematICA_ambiental_asociada

Vemba, H., Cartaya, M., & Watson, R. (2020). Evaluación de estabilidad en taludes del yacimiento Castellano mediante el cálculo del factor de seguridad. *Minería y Geología*, 36(4), 441-450. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000400441

IX. Anexos

Anexo 1. Registro de calicatas

 SNC-LAVALIN		UBICACION: SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACIÓN: 11/02/2019 FECHA DE REGISTRO: 11/02/2019 METODO DE EXCAVACIÓN: Excavadora TIPO DE EQUIPO: - OPERADOR DE EQUIPO: - DIMENSIONES DE CALICATA: 2.1 m x 2.3 m REGISTRADO POR: J.G.S CONDICION SUPERFICIAL: Horizontal		<h2 style="margin: 0;">CALICATA TP-SH-01</h2>		
Investigaciones Geotécnicas - Dique de Desvío				SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD 56 NORTE: 8943523.3 ESTE: 277,889.9 ELEVACIÓN (msnm): 4122.5 PROFUNDIDAD: 3.2 m NIVEL FREÁTICO: -		
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada		Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas	
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO		Nivel de agua (m)	Tipo de muestra
0.0	1.0	2.0	3.0	(0.00 a 3.20) Grava arcillosa (morrena), material angular, matriz plástica a medianamente plástica, color marrón amarillento, ligeramente húmedo a húmedo, Finos: 30%, arena: 20%, grava: 50%		DF=0.5 m
4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.








⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, tajado (slicken-sided), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático









 SNC • LAVALIN		UBICACIÓN: SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACIÓN: 11/02/2019 FECHA DE REGISTRO: 11/02/2019 MÉTODO DE EXCAVACIÓN: Excavadora TIPO DE EQUIPO: - OPERADOR DE EQUIPO: - DIMENSIONES DE CALICATA: 2.1 m x 2.3 m REGISTRADO POR: J.G.S CONDICION SUPERFICIAL: Horizontal		CALICATA TP-SH-02 SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD 56 NORTE: 8943491.1 ESTE: 277,908.2 ELEVACIÓN (msnm): 4123.0 PROFUNDIDAD: 3.8 m NIVEL FREÁTICO: -				
		Investigaciones Geotécnicas - Dique de Desvío						
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada	Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas	Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO					
0.0			(0.00 a 3.80) Grava arcillosa (morrena), material angular, matriz plástica a medianamente plástica, color marrón amarillento, ligeramente húmedo a húmedo, Finos: 30%, arena: 20%, grava: 50%				DF=0.5 m	
1.0								
2.0								
3.0								
4.0								
5.0								
6.0								
7.0								
8.0								
9.0								
10.0								

Notas:

- ¹ Porcentaje > 3 pulgadas.
- ² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%
- ³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.

- ⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso
- ⁵ Débil, fuerte
- ⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.
- ⁷ Estratificado, laminado, fisurado, tajado (stickensided), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

 SNC-LAVALIN		UBICACIÓN: SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACIÓN: 11/02/2019 FECHA DE REGISTRO: 11/02/2019 METODO DE EXCAVACIÓN: Excavadora TIPO DE EQUIPO: - OPERADOR DE EQUIPO: - DIMENSIONES DE CALICATA: 2.1 m x 2.3 m REGISTRADO POR: J.G.S CONDICION SUPERFICIAL: Horizontal		CALICATA TP-SH-03					
		Investigaciones Geotécnicas - Dique de Desvío		SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD 56 NORTE: 8943463.0 ESTE: 277,949.0 ELEVACIÓN (msnm): 4123.0 PROFUNDIDAD: 3.8 m NIVEL FREÁTICO: -					
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada	Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas	Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones	
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO						
0.0			(0.00 a 3.80) Grava arcillosa (morrena), material angular, matriz plástica a medianamente plástica, color marrón amarillento, ligeramente húmedo a húmedo, Finos: 30%, arena: 20%, grava: 50%						DF=0.5 m
1.0									
2.0									
3.0									
4.0									
5.0									
6.0									
7.0									
8.0									
9.0									
10.0									

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.









⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, tajado (stickensided), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

 SNC • LAVALIN		UBICACIÓN: SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACIÓN: 11/02/2019 FECHA DE REGISTRO: 11/02/2019 METODO DE EXCAVACIÓN: Excavadora TIPO DE EQUIPO: - OPERADOR DE EQUIPO: - DIMENSIONES DE CALICATA: 2.1 m x 2.3 m REGISTRADO POR: J.G.S CONDICION SUPERFICIAL: Horizontal		CALICATA TP-SH-04 SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD 56 NORTE: 8943437.2 ESTE: 277,992.5 ELEVACIÓN (msnm): 4123.5 PROFUNDIDAD: 3.6 m NIVEL FREÁTICO: -			
		Investigaciones Geotécnicas - Dique de Desvío					
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada		Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas		
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO		Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra
0.0			(0.00 a 3.60) Grava arcillosa (morrena), material angular, matriz plástica a medianamente plástica, color marrón amarillento, ligeramente húmedo a húmedo, Finos: 30%, arena: 20%, grava: 50%				DF=1.0 m
1.0							
2.0							
3.0							
4.0							
5.0							
6.0							
7.0							
8.0							
9.0							
10.0							

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.









⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, tajado (silckensided), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

 SNC · LAVALIN		UBICACION: SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACIÓN: 10/02/2019 FECHA DE REGISTRO: 10/02/2019 MÉTODO DE EXCAVACIÓN: Excavadora TIPO DE EQUIPO: - OPERADOR DE EQUIPO: - DIMENSIONES DE CALICATA: 2.1 m x 2.3 m REGISTRADO POR: J.G.S CONDICION SUPERFICIAL: Horizontal		CALICATA TP-SH-05				
		SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD 58 NORTE: 8943431.2 ESTE: 278,042.7 ELEVACIÓN (msnm): 4123.5 PROFUNDIDAD: 3.5 m NIVEL FREÁTICO: -						
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condicion de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada	Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas	Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO					
0.0			(0.00 a 3.50) Grava arcillosa (morrena), material angular, matriz plástica a medianamente plástica, color marrón amarillento, ligeramente húmedo a húmedo, Finos: 30%, arena: 20%, grava: 50%					
1.0								
2.0								
3.0								
4.0								
5.0								
6.0								
7.0								
8.0								
9.0								
10.0								

Notas:

¹ Forcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.










⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, lajado (slickensided), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

 SNC-LAVALIN		UBICACIÓN: SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACIÓN: 10/02/2019 FECHA DE REGISTRO: 10/02/2019 MÉTODO DE EXCAVACIÓN: Excavadora TIPO DE EQUIPO: - OPERADOR DE EQUIPO: - DIMENSIONES DE CALICATA: 2.1 m x 2.3 m REGISTRADO POR: J.G.S CONDICION SUPERFICIAL: Horizontal		CALICATA TP-SH-06 SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD 56 NORTE: 8943414.100 ESTE: 278.089.300 ELEVACIÓN (msnm): 4123.5 PROFUNDIDAD: 3.5 m NIVEL FREÁTICO: -				
		Investigaciones Geotécnicas - Dique de Desvío						
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra	Niveles de Agua	Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones
			 Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada	 Nivel de agua presente  Nivel después de horas				
DESCRIPCIÓN DE CAMPO								
0.0			(0.00 a 2.80) Grava arcillosa (morrena), material angular, matriz plástica a medianamente plástica, color marrón amarillento, ligeramente húmedo a húmedo, Finos: 30%, arena: 20%, grava: 50%					DFU: 5 m
3.0			(2.80 a 3.50) Arcilla (morrena fina), medianamente rígido, plástico, medianamente húmedo, color marrón amarillento, Finos: 90%, arena: 0%, grava: 10%					Presenta intercalaciones con morrena gruesa
4.0								
5.0								
6.0								
7.0								
8.0								
9.0								
10.0								

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.









⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, tajado (stickensided), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

 SNC-LAVALIN		UBICACIÓN : SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACIÓN : 10/02/2019 FECHA DE REGISTRO : 10/02/2019 METODO DE EXCAVACIÓN : Excavadora TIPO DE EQUIPO : - OPERADOR DE EQUIPO : - DIMENSIONES DE CALICATA : 2.1 m x 2.3 m REGISTRADO POR : J.G.S CONDICION SUPERFICIAL : Horizontal		CALICATA TP-SH-07						
		Investigaciones Geotécnicas - Dique de Desvío		SISTEMA DE COORDENADAS : PSAD 56 NORTE : 8943417.8 ESTE : 278,139.9 ELEVACIÓN (msnm) : 4123.5 PROFUNDIDAD : 0.8 m NIVEL FREÁTICO : -						
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada		Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas		Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO							
0.0			(0.00 a 0.80) Grava arcillosa (morrena), material angular, matriz plástica a medianamente plástica, color marrón amarillento, ligeramente húmedo a húmedo, Finos: 30%, arena: 20%, grava: 50%							
1.0			Roca							
2.0										
3.0										
4.0										
5.0										
6.0										
7.0										
8.0										
9.0										
10.0										

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.









⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, lajado (sickersided), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

 SNC • LAVALIN		UBICACION : SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACIÓN : 10/02/2019 FECHA DE REGISTRO : 10/02/2019 METODO DE EXCAVACIÓN : Excavadora TIPO DE EQUIPO : - OPERADOR DE EQUIPO : - DIMENSIONES DE CALICATA : 2.1 m x 2.3 m REGISTRADO POR : J.G.S CONDICION SUPERFICIAL : Horizontal		CALICATA TP-SH-08 SISTEMA DE COORDENADAS : PSAD 56 NORTE : 8943417.8 ESTE : 278,139.9 ELEVACIÓN (msnm) : 4123.5 PROFUNDIDAD : 5.5 m NIVEL FREÁTICO : -						
		Investigaciones Geotécnicas - Dique de Desvío								
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada		Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas		Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO							
0.0			(0.00 a 0.70) Top Soil						DFU: 8 m	
1.0			(0.70 a 5.50) Grava arcillosa (morrena), material angular, matriz plástica a medianamente plástica, color marrón amarillento, ligeramente húmedo a húmedo, Finos: 30%, arena: 20%, grava: 50%							
2.0										
3.0										
4.0										
5.0										
6.0										
7.0										
8.0										
9.0										
10.0										

Notas:

¹ Forcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.











⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, tajado (silckensided), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

 SNC-LAVALIN		UBICACION : SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACION : 14/02/2019 FECHA DE REGISTRO : 14/02/2019 METODO DE EXCAVACION : Excavadora TIPO DE EQUIPO : - OPERADOR DE EQUIPO : - DIMENSIONES DE CALICATA : 2.1 m x 4.3 m REGISTRADO POR : R.S.C. CONDICION SUPERFICIAL : 35° / Horizontal		CALICATA TP-SH-09 SISTEMA DE COORDENADAS : PSAD 56 NORTE : 8943480.540 ESTE : 277,997.100 ELEVACION (msnm) : PROFUNDIDAD : 3 m NIVEL FREATICO : -				
		Investigaciones Geotécnicas - Dique de Desvío						
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada	Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas	Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO					
0.0			(0.00 a 0.50m) Top Soil.					
1.0			(0.50 a 2.50m) Material Morrenico grueso con boloneria angulosa, color marrón claro, húmedo, plasticidad de media a baja, medianamente compacto. Matriz GC con arenas, pocos finos. % Boloneria de 30%. Tmáx de 0.50m.					
2.0								
3.0			(2.50 a 3.00m) CL, arcilla plástica color gris verduzco, húmedo.					
4.0			Roca Caliza.					
5.0								
6.0								
7.0								
8.0								
9.0								
10.0								

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.









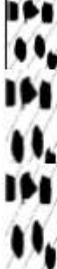
⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, tajado (slickensted), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

		UBICACION: SIDEHILL ETAPA III FECHA DE EXCAVACIÓN: 14/02/2019 FECHA DE REGISTRO: 14/02/2019 METODO DE EXCAVACIÓN: Excavadora TIPO DE EQUIPO: - OPERADOR DE EQUIPO: - DIMENSIONES DE CALICATA: 2.1 m x 4.3 m REGISTRADO POR: R.S.C. CONDICION SUPERFICIAL: 35° / Horizontal		CALICATA TP-SH-10				
		SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD 58 NORTE: 8943480.540 ESTE: 277,997.100 ELEVACIÓN (msnm): PROFUNDIDAD: 3.8 m NIVEL FREÁTICO: -						
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada		Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas			
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO		Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones
0.0			(0.00 a 0.80m) Top Soil.					
1.0			(0.80 a 3.80m) Material Morrénico grueso con bolonería angulosa, color marrón claro, húmedo, plasticidad de media a baja, medianamente compacto. Matriz GC con arenas, pocos finos. % Bolonería de 30%. Tmáx de 0.50m.					
2.0								
3.0								
4.0								
5.0								
6.0								
7.0								
8.0								
9.0								
10.0								

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.










⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad *in situ*.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, tajado (silckensided), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

 SNC-LAVALIN		UBICACION: SIDEHILL FECHA DE EXCAVACIÓN: 12/05/2019 FECHA DE REGISTRO: 12/05/2019 METODO DE EXCAVACIÓN: Excavadora TIPO DE EQUIPO: - OPERADOR DE EQUIPO: - DIMENSIONES DE TRINCHERA: 2.0 m x 3.0 m REGISTRADO POR: R.S.C. CONDICION SUPERFICIAL: TALUD DE CORTE (70°/H)		CALICATA TR-SH-01					
		SISTEMAS DE COORDENADAS: WGS 84 NORTE: 8,943,637.509 ESTE: 278,049.799 ELEVACIÓN (msnm): 4104.431 PROFUNDIDAD (n): - NIVEL FREÁTICO: -							
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoideada	Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas	Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones	
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO						
0.0			(0.0 a 1.00m) GRAVA ARCILLOSA (GC), marrón claro, compacta, ligeramente húmeda, plasticidad media, bolonería angulares a subangulares, T _{máx.} = 40cm., 5% G, 60% F, 40%.						
1.0									
2.0									
3.0									
4.0									
5.0									
6.0									
7.0									
8.0									
9.0									
10.0									

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.









⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, rajado (sickensidad), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

Profundidad (m)		Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra	Niveles de Agua	Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones		
				 Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada	 Nivel de agua presente  Nivel después de horas						
DESCRIPCIÓN DE CAMPO											
0.0				(0.0 a 1.00m) GRAVA ARCILLOSA (GC), marrón claro, compacta, ligeramente húmeda, plasticidad media, bolonería angulares a subangulares, T _{máx.} = 40cm., 5%. G: 60%, F: 40%.							
1.0											
2.0											
3.0											
4.0											
5.0											
6.0											
7.0											
8.0											
9.0											
10.0											

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.









⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad *in situ*.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, lajado (silicindesidad), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

 SNC • LAVALIN		UBICACIÓN: SIDEHILL FECHA DE EXCAVACIÓN: 12/05/2019 FECHA DE REGISTRO: 12/05/2019 MÉTODO DE EXCAVACIÓN: Excavadora TIPO DE EQUIPO: - OPERADOR DE EQUIPO: - DIMENSIONES DE TRINCHERA: 1.20 m x 2.0 m REGISTRADO POR: R.S.C. CONDICIÓN SUPERFICIAL: TALUD DE CORTE (70°/H)		CALICATA TR- SH-03 SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84 NORTE: 8,843,586.811 ESTE: 278,125.724 ELEVACIÓN (msnm): 4187.507 PROFUNDIDAD (m): - NIVEL FREÁTICO: -				
		Investigaciones Geotécnicas - Dique de Desvío						
Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Condición de muestra  Disturbada  No Disturbada  Perdida  Remoldeada	Niveles de Agua  Nivel de agua presente  Nivel después de horas	Nivel de agua (m)	Tipo de muestra	Código de muestra	Observaciones
			DESCRIPCIÓN DE CAMPO					
0.0			(0.0 a 0.80m) GRAVA ARCILLOSA (GC), marrón claro, semicompacta, ligeramente húmeda, plasticidad baja a media, bolonería angulares a subangulares, T _{máx} = 40cm., 40%. G: 60%, F: 40%. Presencia de arenas.					
1.0								
2.0								
3.0								
4.0								
5.0								
6.0								
7.0								
8.0								
9.0								
10.0								

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.

⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): muy suelto, suelto, compacto, denso, muy denso

⁵ Débil, fuerte

⁶ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁷ Estratificado, laminado, fisurado, tajado (silicteñidad), en bloques, lenticular, homogéneo.

N.P.: No presenta Nivel freático

Anexo 2. Álbum fotográfico



Imagen 01: Calicata TP-SH-01



Imagen 02: Calicata TP-SH-02



Imagen 03: Calicata TP-SH-03



Imagen 04: Calicata TP-SH-04



Imagen 05: Calicata TP-SH-05



Imagen 06: Calicata TP-SH-06



Imagen 07: Calicata TP-SH-07



Imagen 08: Calicata TP-SH-08



Imagen 09: Calicata TP-SH-09



Imagen 10: Calicata TP-SH-10



Imagen 11: Ensayo de densidad in situ Calicata TP-SH-09



Imagen 12: Ensayo de densidad in situ Trinchera TR-SH-01



Imagen 13: Ensayo de densidad in situ Trinchera TR-SH-02



Imagen 14: Ensayo de densidad in situ Trinchera TR-SH-03

Anexo 3. Densidad in situ

**ENSAYO DE DENSIDAD IN-SITU METODO DE CONO DE ARENA
(ASTM D 1556)**

Proyecto: INGENIERIA DE DETALLE PARA LA CONSTRUCCION DEL DIQUE DE DESVIO SIDEHILL
 Ubicación: Yanacancha - San Marcos - Ancash
 Fecha: Marzo de 2019

Proyecto N°:
 Ensayado : JGS
 Revisado: JPM

CALICATA	TP-SH-08	TP-SH-09		
PROFUNDIDAD (m)	0.30	0.30		

DENSIDAD DE CAMPO (ASTM - D1556)		TP-SH-08	TP-SH-09		
1	Peso Equipo + arena inicial (g)	7053.00	6922.00		
2	Peso Equipo + arena sobrante (g)	2191.00	1865		
3	Peso arena empleada (1)-(2) (g)	4862.00	5057		
4	Peso arena en punta cono (g)	1677.00	1677.00		
5	Peso arena del hoyo (3)-(4) (g)	3185	3380		
6	Densidad arena seca (g/cm ³)	1.477	1.477		
7	Volumen hoyo, (5)/(6) (cm ³)	2156	2288		
8	Peso recipiente + suelo (g)	4472	4480		
9	Peso recipiente (g)	20	20		
10	Peso suelo (8)-(9) (g)	4452	4460		
11	Densidad suelo húmedo (10/7) (g/cm ³)	2.065	1.949		

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216) (%)		TP-SH-08	TP-SH-09		
		10.68	11.06		

GRADO DE COMPACTACIÓN		TP-SH-08	TP-SH-09		
12	Densidad de suelo seco (g/cm ³)	1.866	1.755		

Observaciones

Anexo 4. Ensayo de laboratorio



REPORTE DE ENSAYO

Reporte nro.: 038-05-LG19-066
 Página: 1/1

Fecha de Recepción : 20/05/2019
 Fecha de Emisión : 31/05/2019

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recreimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
 Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
Sondeo : Arena de Relaves
Muestra : Playa de relaves – sector Blanket -Estribo Derecho
Prof. (m) : ---
Fecha de Ejecución : 30/05/2019

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D6913)		
Nro. Malla	Abertura (mm)	% Acum. que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
3/4"	19.100	100.0
3/8"	9.520	100.0
Nº 4	4.760	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.840	99.7
Nº 40	0.425	99.2
Nº 60	0.250	98.3
Nº 140	0.106	87.4
Nº 200	0.075	67.2

Contenido de humedad (ASTM D2216)		Método utilizado
Humedad	23.8 %	Secado al horno

Límites de consistencia (ASTM D4318)		Equipo de ensayo utilizado	
Límite líquido (LL)	23	Límite plástico	-
Límite plástico (LP)	NP	Límite líquido	Mecánico
Índice plástico (IP)	NP	Espátula Casagrande	Plástica

NP: no plástico

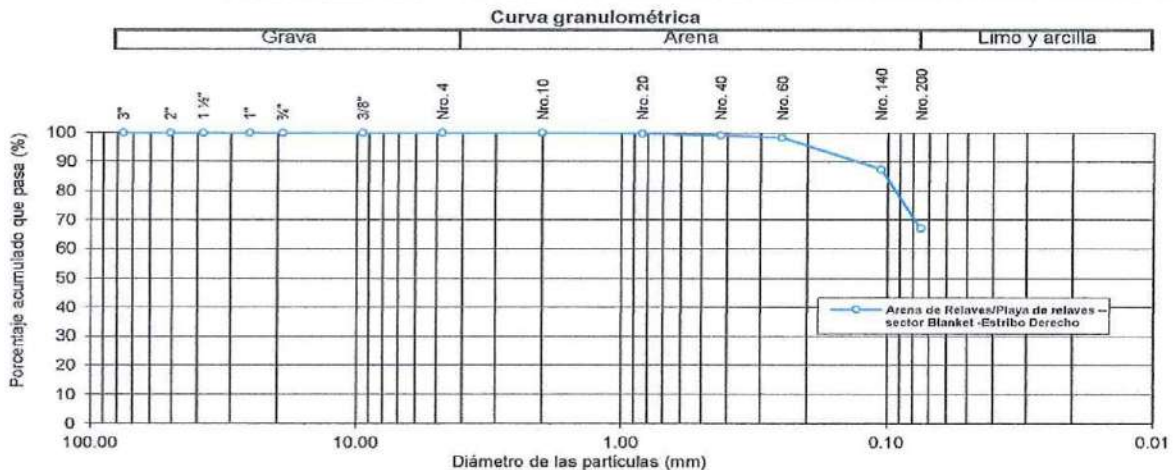


Grava %	0.0
Arena %	32.8
Finos %	67.2

D10 mm	---
D30 mm	---
D60 mm	---
Cu	---
Cc	---

Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	
Grupo de clasificación	A-4
Índice de grupo	4

Clasificación SUCS (ASTM D2487)	
Símbolo de grupo	ML
Nombre de grupo	Limo arenoso



Observaciones:

- El muestreo es responsabilidad del solicitante
- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la norma

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	 Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	 Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este Informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

 Solicitante : SNC-Lavalin
 Proyecto : Dique de protección - Side Hill
 Ubicación : ---

Fecha de Ejecución : 21/03/2019

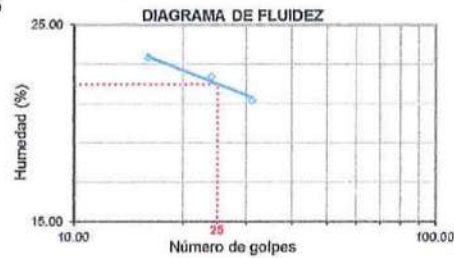
 Sondeo : TP-SH-08
 Muestra : M1, M2, M3
 Prof. (m) : ---

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D6913)		
Nro. Malla	Abertura (mm)	% Acum. que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	90.5
1 1/2"	38.100	85.4
1"	25.400	76.0
3/4"	19.100	72.2
3/8"	9.520	59.9
Nº 4	4.760	50.1
Nº 10	2.000	40.9
Nº 20	0.840	34.8
Nº 40	0.425	30.5
Nº 60	0.250	28.0
Nº 140	0.106	23.8
Nº 200	0.075	22.5

Contenido de humedad (ASTM D2216)		Método utilizado
Humedad	5.8 %	Secado al horno

Límites de consistencia (ASTM D4318)		Equipo de ensayo utilizado	
Límite líquido (LL)	22	Límite plástico	Manual
Límite plástico (LP)	18	Límite líquido	Mecánico
Índice plástico (IP)	4	Espátula Casagrande	Plástica

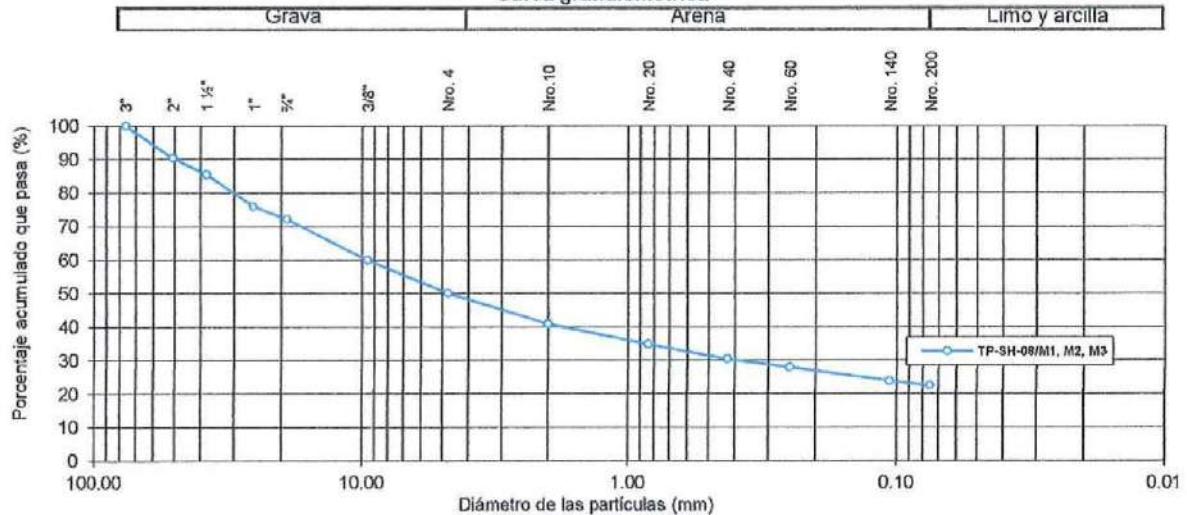
NP: no plástico



Grava %	49.9
Arena %	27.6
Finos %	22.5

D10 mm	---
D30 mm	0.381
D60 mm	9.551
Cu	---
Cc	---

Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	
Grupo de clasificación	A-1-b
Índice de grupo	0
Clasificación SUCS (ASTM D2487)	
Símbolo de grupo	GC - GM
Nombre de grupo	Grava limo arcillosa con arena

Curva granulométrica

Observaciones:

- El muestreo es responsabilidad del solicitante
- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la norma

Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo

Revisado por

Ing. Juan Sánchez

Aprobado por

 Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General


Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

 Solicitante : SNC-Lavalin
 Proyecto : Dique de protección - Side Hill
 Ubicación : ---

Fecha de Ejecución : 21/03/2019

 Sondeo : TP-SH-10
 Muestra : M1
 Prof. (m) : ---

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D6913)		
Nro. Malla	Abertura (mm)	% Acum. que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	94.5
1"	25.400	85.2
3/4"	19.100	78.2
3/8"	9.520	63.1
Nº 4	4.760	50.9
Nº 10	2.000	41.3
Nº 20	0.840	35.2
Nº 40	0.425	31.3
Nº 60	0.250	29.1
Nº 140	0.106	26.2
Nº 200	0.075	25.2

Contenido de humedad (ASTM D2216)		Método utilizado
Humedad	9.5 %	Secado al horno

Límites de consistencia (ASTM D4318)		Equipo de ensayo utilizado	
Límite líquido (LL)	27	Límite plástico	Manual
Límite plástico (LP)	14	Límite líquido	Mecánico
Índice plástico (IP)	13	Espátula Casagrande	Plástica

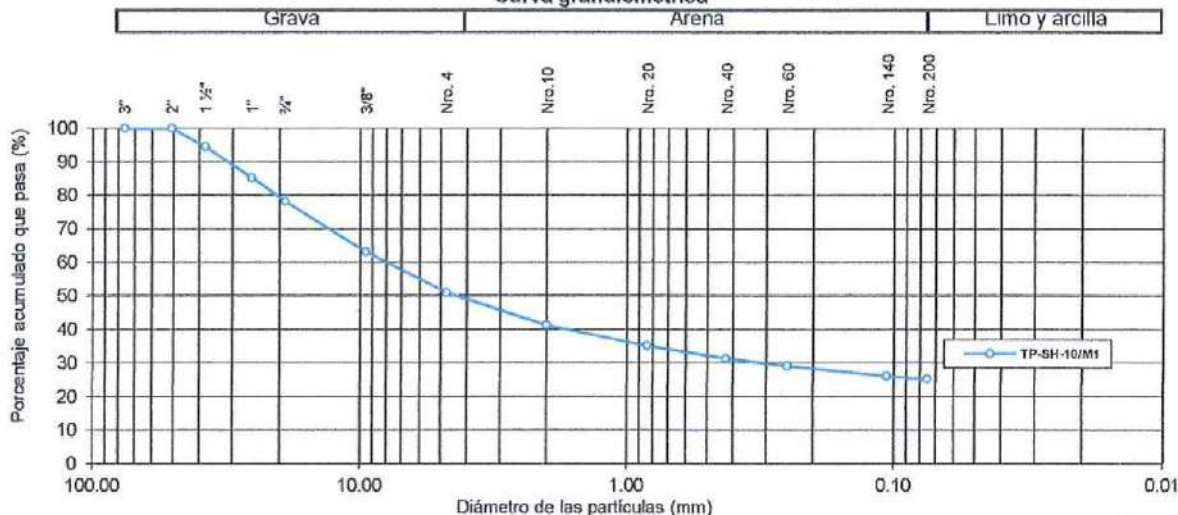
NP: no plástico



Grava %	49.1
Arena %	25.7
Finos %	25.2

D10 mm	---
D30 mm	0.310
D60 mm	7.983
Cu	---
Cc	---

Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	
Grupo de clasificación	A-2-6
Índice de grupo	0
Clasificación SUCS (ASTM D2487)	
Símbolo de grupo	GC
Nombre de grupo	Grava arcillosa con arena

Curva granulométrica

Observaciones:

- El muestreo es responsabilidad del solicitante
- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la norma

Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo

Revisado por

Ing. Juan Sánchez

Aprobado por

 Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General


Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA - PARED FLEXIBLE

ASTM D5084

 Solicitante : SNC-Lavalin
 Proyecto : Dique de protección - Side Hill
 Ubicación : ---

Fecha de Ejecución : 26/03/2019

 Sondeo : TP-SH-08
 Muestra : M1, M2, M3
 Prof. (m) : ---

 Clasificación S.U.C.S. matriz : SC-SM
 Estado de la muestra : Remoldeada
 Método : A

Presión de Poros (kPa)	184.30	366.50	Parámetro B	0.95
Presión de Celda (kPa)	196.70	387.70		
Confinamiento efectivo (kPa)	200			

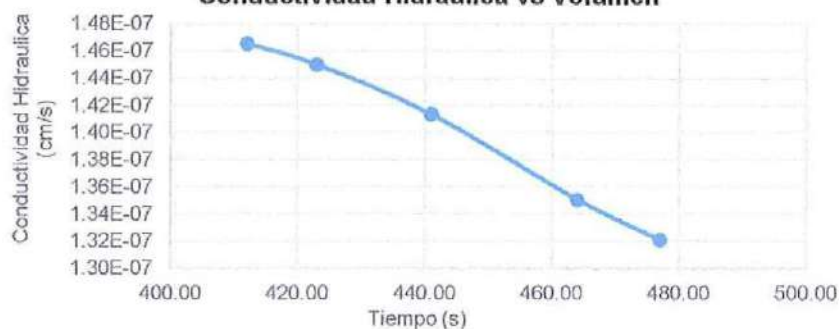
Gravedad Específica de Sólidos	2.71
--------------------------------	------

Características iniciales		Características finales	
Diámetro (cm)	10.04	Diámetro (cm)	9.76
Altura (cm)	11.00	Altura (cm)	10.64
Densidad seca (g/cm ³)	1.87	Densidad seca (g/cm ³)	2.04
Humedad (%)	7.6	Humedad (%)	11.7
Saturación (%)	46	Saturación (%)	97

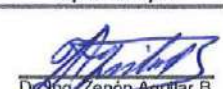
Medición del coeficiente de permeabilidad

	1	2	3	4	5
Gradiente (Δh/l)	34.79	34.25	33.70	33.52	33.340
Tiempo (s)	412.00	423.00	441.00	464.00	477.00
Vol (V) (cm ³)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Caudal (Q) (cm ³ /s)	4.9E-04	4.7E-04	4.5E-04	4.3E-04	4.2E-04
Perm (KT) (cm/s)	1.5E-07	1.5E-07	1.4E-07	1.4E-07	1.3E-07
Temperatura (°C)	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
KT 20 °C (cm/s)	1.5E-07	1.5E-07	1.4E-07	1.4E-07	1.3E-07

Promedio KT 20 °C (cm/s)	1.4E-07
--------------------------	---------

Conductividad Hidráulica vs Volumen

Observaciones :

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Cliente
- El ensayo fue realizado a carga constante
- La matriz ensayada corresponde a una arena limo arcillosa con grava

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	Ing. Juan Sánchez	 Dr. Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
 Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Fecha de Ejecución : 30/05/2019

Sondeo : TR-SH-02

Norte (m) : 8 943 625.048

Muestra : M-01

Este (m) : 278 075.709

Prof. (m) : ---

Cota (m.s.n.m.) : 4 192.389

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D6913)		
Nro. Malla	Abertura (mm)	% Acum. que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	92.8
1 1/2"	38.100	77.2
1"	25.400	64.1
3/4"	19.100	59.3
3/8"	9.520	46.5
Nº 4	4.760	37.1
Nº 10	2.000	29.8
Nº 20	0.840	24.8
Nº 40	0.425	22.1
Nº 60	0.250	20.5
Nº 140	0.106	18.5
Nº 200	0.075	17.7

Contenido de humedad (ASTM D2216)		Método utilizado
Humedad	6.5 %	Secado al horno

Límites de consistencia (ASTM D4318)		Equipo de ensayo utilizado	
Límite líquido (LL)	31	Límite plástico	Manual
Límite plástico (LP)	17	Límite líquido	Mecánico
Índice plástico (IP)	14	Espátula Casagrande	Plástica

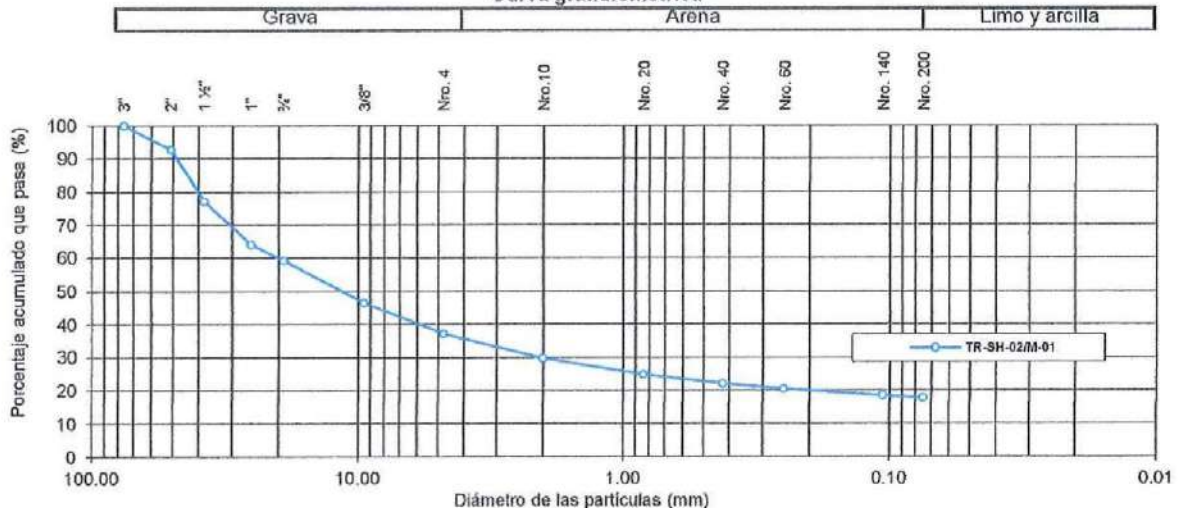
NP: no plástico



Grava %	62.9
Arena %	19.4
Finos %	17.7

D10 mm	---
D30 mm	2.050
D60 mm	19.931
Cu	---
Cc	---

Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	
Grupo de clasificación	A-2-6
Índice de grupo	0
Clasificación SUCS (ASTM D2487)	
Símbolo de grupo	GC
Nombre de grupo	Grava arcillosa con arena

Curva granulométrica

Observaciones:

- El muestreo es responsabilidad del solicitante
- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la norma
- ---

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recreimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
 Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Fecha de Ejecución : 30/05/2019

Sondeo : TR-SH-03
Muestra : M-01
Prof. (m) : ---

Norte (m) : 8 943 608.098
Este (m) : 278 115.909
Cota (m.s.n.m.) : 4 188.866

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D6913)		
Nro. Malla	Abertura (mm)	% Acum. que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	92.9
1 1/2"	38.100	88.5
1"	25.400	80.6
3/4"	19.100	75.2
3/8"	9.520	64.1
Nº 4	4.760	54.2
Nº 10	2.000	45.4
Nº 20	0.840	38.8
Nº 40	0.425	34.2
Nº 60	0.250	31.2
Nº 140	0.106	27.0
Nº 200	0.075	25.8

Contenido de humedad (ASTM D2216)		Método utilizado
Humedad	3.9 %	Secado al horno

Límites de consistencia (ASTM D4318)		Equipo de ensayo utilizado	
Límite líquido (LL)	21	Límite plástico	Manual
Límite plástico (LP)	13	Límite líquido	Mecánico
Índice plástico (IP)	8	Espátula Casagrande	Plástica

NP: no plástico

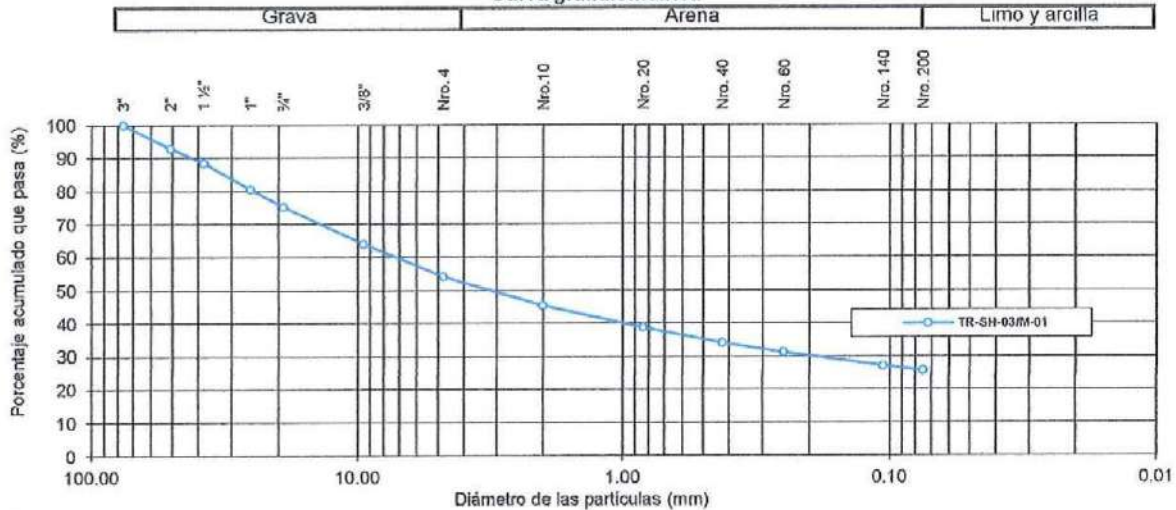


Grava %	45.8
Arena %	28.4
Finos %	25.8

D10	mm	---
D30	mm	0.194
D60	mm	7.160
Cu		---
Cc		---

Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	
Grupo de clasificación	A-2-4
Índice de grupo	0

Clasificación SUCS (ASTM D2487)	
Símbolo de grupo	GC
Nombre de grupo	Grava arcillosa con arena

Curva granulométrica

Observaciones:

- El muestreo es responsabilidad del solicitante
- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la norma
-

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	 Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	 Sr. Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO
ASTM D1557

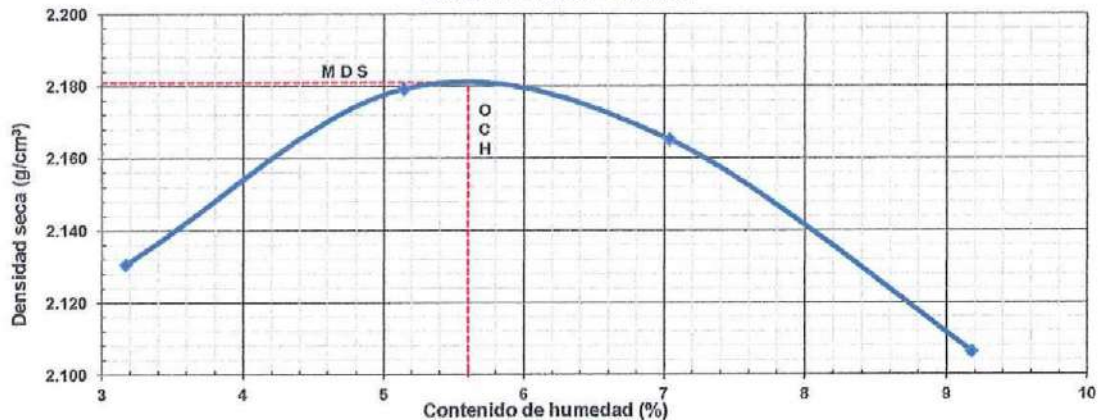
Solicitante : Compañía Minera Antamina
Fecha de Ejecución : 30/05/2019
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Sondeo : TR-SH-02
Muestra : M-1
Profundidad (m) : ---
Clasificación SUCS : GC
Clasificación AASHTO : A-2-6(0)
Método de Compactación : C
Método de preparación : Húmedo
Retenidos 3/4" : 41 %
Contenido de Humedad recibido : 7 %
Descripción del pisón : Manual
Retenidos 3/8" : 54 %
Nro. 4 : 63 %

Peso suelo compactado + molde	(g)	10844.00	11043.00	11099.00	11061.00
Peso molde	(g)	6147.00	6147.00	6147.00	6147.00
Peso suelo húmedo compactado	(g)	4697.00	4896.00	4952.00	4914.00
Volumen del molde	(cm ³)	2136.80	2136.80	2136.80	2136.80
Densidad húmeda	(g/cm ³)	2.20	2.29	2.32	2.30
Recipiente N°		TX-010	T-63	Z-309	T-05
Peso muestra húmeda + tara	(g)	784.30	742.20	650.20	742.20
Peso muestra seca + tara	(g)	763.00	710.00	613.50	687.00
Peso de tara	(g)	90.50	83.60	91.70	85.50
Peso de agua	(g)	21.30	32.20	36.70	55.20
Peso de la muestra seca	(g)	672.50	626.40	521.80	601.50
Contenido de humedad	(%)	3.17	5.14	7.03	9.18
Densidad seca	(g/cm ³)	2.13	2.18	2.17	2.11

Máxima Densidad Seca	M.D.S.	2.181	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	O.C.H.	5.60	%

Relación humedad - densidad



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el cliente

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	Dr. Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras designadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA - PARED FLEXIBLE

ASTM D5084

Solicitante :	Compañía Minera Antamina	Fecha de Ejecución :	05/06/2019
Proyecto :	Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond Dique de desvío SideHill – Etapa III		
Ubicación :	Yanacancha/San Marcos/Ancash		
Sondeo :	TR-SH-02	Clasificación S.U.C.S. matriz :	GC
Muestra :	M-01	Estado de la muestra :	Remoldeada
Prof. (m) :	—	Método :	A

Presión de Poros (kPa)	184.10	379.20	Parámetro B	0.97
Presión de Celda (kPa)	200.50	402.50		
Confinamiento efectivo (kPa)	200			

Gravedad Específica de Sólidos	2.70
--------------------------------	------

Características Iniciales		Características finales	
Diámetro (cm)	10.04	Diámetro (cm)	10.01
Altura (cm)	11.00	Altura (cm)	10.84
Densidad seca (g/cm ³)	2.11	Densidad seca (g/cm ³)	2.14
Humedad (%)	5.5	Humedad (%)	9.2
Saturación (%)	53	Saturación (%)	98

Medición del coeficiente de permeabilidad

	1	2	3	4	5
Gradiente ($\Delta h/l$)	37.10	36.55	35.13	34.62	34.010
Tiempo (s)	2900.00	2950.00	3100.00	3180.00	3250.00
Vol (V) (cm ³)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Caudal (Q) (cm ³ /s)	6.2E-05	6.1E-05	5.8E-05	5.7E-05	5.5E-05
Perm (KT) (cm/s)	2.0E-08	2.0E-08	2.0E-08	2.0E-08	2.0E-08
Temperatura (°C)	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30
KT 20 °C (cm/s)	2.0E-08	2.0E-08	2.0E-08	2.0E-08	2.0E-08

Promedio KT 20 °C (cm/s)	2.0E-08
--------------------------	---------


Observaciones :

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Cliente
- El ensayo fue realizado a carga constante
- La matriz ensayada corresponde a una grava arcillosa con arena

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	 Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	 Dr. Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO
ASTM D1557

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Fecha de Ejecución : 20/05/2019

Sondeo : TR-SH-03
Muestra : M-1
Profundidad (m) : ---

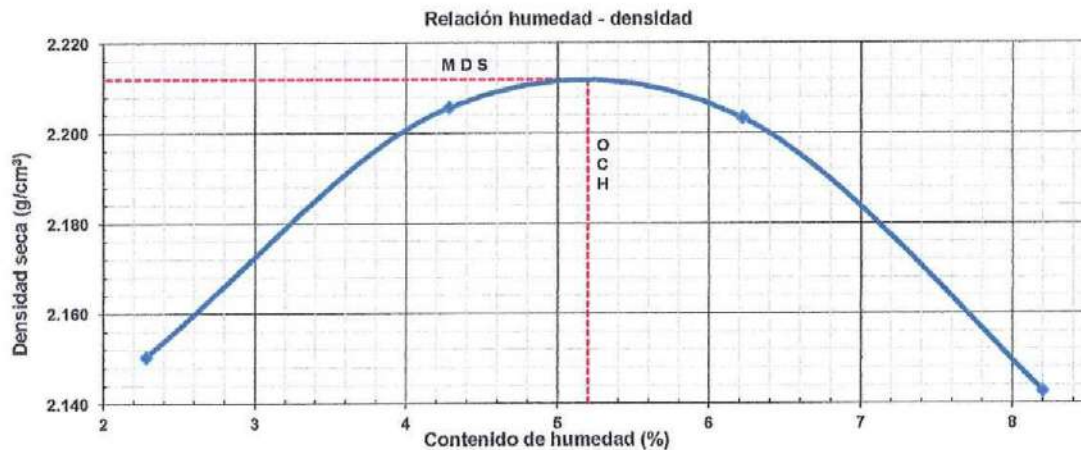
Clasificación SUCS : GC
Clasificación AASHTO : A-2-4(0)
Método de Compactación : C

Método de preparación : Húmedo
Contenido de Humedad recibido : 4 %
Descripción del pisón : Manual

Retenidos 3/4" : 25 %
3/8" : 36 %
Nro. 4 : 46 %

Peso suelo compactado + molde	(g)	10847.00	11062.00	11148.00	11101.00
Peso molde	(g)	6147.00	6147.00	6147.00	6147.00
Peso suelo húmedo compactado	(g)	4700.00	4915.00	5001.00	4954.00
Volumen del molde	(cm ³)	2136.80	2136.80	2136.80	2136.80
Densidad húmeda	(g/cm ³)	2.20	2.30	2.34	2.32
Recipiente N°		T-12	T-24	T-04	T-11
Peso muestra húmeda + tara	(g)	941.50	874.10	900.10	877.40
Peso muestra seca + tara	(g)	922.50	842.00	852.70	817.80
Peso de tara	(g)	89.90	92.50	90.40	90.90
Peso de agua	(g)	19.00	32.10	47.40	59.60
Peso de la muestra seca	(g)	832.60	749.50	762.30	726.90
Contenido de humedad	(%)	2.28	4.28	6.22	8.20
Densidad seca	(g/cm ³)	2.15	2.21	2.20	2.14

Máxima Densidad Seca	M.D.S.	2.212	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	O.C.H.	5.20	%



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el cliente
-
-

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	Dr. Ing. Lenon Aguilar B. CIP: 040664 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA - PARED FLEXIBLE

ASTM D5084

Solicitante	: Compañía Minera Antamina	Fecha de Ejecución	: 03/06/2019
Proyecto	: Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond Dique de desvío SideHill – Etapa III		
Ubicación	: Yanacancha/San Marcos/Ancash		
Sondeo	: TR-SH-03	Clasificación S.U.C.S. matriz	: SC
Muestra	: M-01	Estado de la muestra	: Remoldeada
Prof. (m)	: ---	Método	: A

Presión de Poros (kPa)	184.60	363.30	Parámetro B	0.96
Presión de Celda (kPa)	204.70	391.60		
Confinamiento efectivo (kPa)	200			

Gravedad Específica de Sólidos	2.69
---------------------------------------	------

Características Iniciales		Características finales	
Diámetro (cm)	10.04	Diámetro (cm)	10.01
Altura (cm)	11.00	Altura (cm)	10.89
Densidad seca (g/cm ³)	2.15	Densidad seca (g/cm ³)	2.06
Humedad (%)	4.0	Humedad (%)	8.5
Saturación (%)	43	Saturación (%)	99

Medición del coeficiente de permeabilidad

	1	2	3	4	5
Gradiente ($\Delta h/l$)	35.80	35.10	34.42	33.97	33.080
Tiempo (s)	2900.00	3000.00	3100.00	3200.00	3400.00
Vol (V) (cm ³)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Caudal (Q) (cm ³ /s)	5.9E-05	5.7E-05	5.5E-05	5.3E-05	5.0E-05
Perm (KT) (cm/s)	2.0E-08	1.9E-08	1.9E-08	1.9E-08	1.8E-08
Temperatura (°C)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
KT 20 °C (cm/s)	2.0E-08	1.9E-08	1.9E-08	1.9E-08	1.8E-08

Promedio KT 20 °C (cm/s)	1.9E-08
---------------------------------	---------


Observaciones :

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Cliente
- El ensayo fue realizado a carga constante
- La matriz ensayada corresponde a una arena arcillosa con grava

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	Dr. Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
 (ASTM D4767)

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recreimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
 Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Fecha de ejecución: 04/06/2019

Sondeo : TR-SH-03
Muestra : M-1
Prof. (m) : ---

Presión Celda = 320 kPa		Contra Presión = 220 Kpa		Esf. Efect. Inicial = 100 kPa	
Probeta 1	Condiciones Iniciales	Condiciones Finales		Parámetro B : 95%	
Altura	200.0 mm	160.1 mm		Estado de Muestra : Inalterado	
Diámetro	100.0 mm	108.9 mm		Velocidad de Ensayo : 0.40 mm/min	
Humedad	5.2 %	8.4 %		SUCS (Global) : GC	
Densidad Seca	21.68 kN/m ³	21.75 kN/m ³		SUCS (Matriz ensayo) : SC	

Deformación (%)	σ_{dov} kPa	μ kPa	p kPa	q kPa	p' kPa	q' kPa	q'/p'	Oblicuidad σ'_1/σ'_3
0.00	0	0	100.00	0.00	100.00	0.00	0.00	1.00
0.10	16	44	107.82	7.82	63.89	7.82	0.12	1.28
0.20	22	54	110.76	10.76	56.69	10.76	0.19	1.47
0.30	26	61	113.21	13.21	51.83	13.21	0.25	1.68
0.40	29	66	114.50	14.50	48.13	14.50	0.30	1.88
0.50	30	71	115.21	15.21	44.32	15.21	0.34	2.04
0.60	31	75	115.53	15.53	40.61	15.53	0.38	2.24
0.70	31	78	115.73	15.73	37.63	15.73	0.42	2.44
0.80	32	81	115.76	15.76	34.32	15.76	0.46	2.70
0.90	32	84	116.02	16.02	32.30	16.02	0.50	2.97
1.00	33	85	116.52	16.52	31.54	16.52	0.52	3.20
2.00	43	96	121.61	21.61	25.53	21.61	0.85	12.01
3.00	55	98	127.38	27.38	29.26	27.38	0.94	30.14
4.00	66	99	133.13	33.13	34.14	33.13	0.97	66.48
5.00	78	99	138.97	38.97	40.15	38.97	0.97	67.17
6.00	88	98	144.14	44.14	46.15	44.14	0.96	44.91
7.00	99	97	149.41	49.41	52.18	49.41	0.95	36.66
8.00	108	97	154.00	54.00	57.41	54.00	0.94	32.68
9.00	115	96	157.48	57.48	61.75	57.48	0.93	27.95
10.00	121	95	160.72	60.72	65.79	60.72	0.92	24.92
11.00	128	94	164.21	64.21	70.24	64.21	0.91	22.32
12.00	130	93	164.84	64.84	71.93	64.84	0.90	19.30
13.00	137	92	168.41	68.41	76.81	68.41	0.89	17.28
14.00	144	90	172.21	72.21	82.32	72.21	0.88	15.28
15.00	152	88	176.10	76.10	87.76	76.10	0.87	14.06
16.00	160	87	180.01	80.01	93.50	80.01	0.86	12.87
17.00	168	84	184.24	84.24	100.03	84.24	0.84	11.57
18.00	175	82	187.45	87.45	105.62	87.45	0.83	10.63
19.00	182	79	190.80	90.80	111.36	90.80	0.82	9.83
20.00	190	77	194.85	94.85	117.42	94.85	0.81	9.41

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4". Humedad proporcionada = 5.2 %, densidad seca 21.68 kN/m³. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo


Revisado por

 Ing. Juan Sánchez R.
 CIP: 226043
 Jefe de laboratorio

Aprobado por

 Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) (ASTM D4767)

Solicitante : Compañía Minera Antamina **Fecha de ejecución:** 04/06/2019
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
 Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Sondeo : TR-SH-03
Muestra : M-1
Prof. (m) : ---

Presión Celda = 480 kPa	Contra Presión = 280 Kpa	Esf. Efect. Inicial = 200 kPa
Prueba 2	Condiciones Iniciales	Condiciones Finales
Altura	200.0 mm	158.0 mm
Diámetro	100.0 mm	112.5 mm
Humedad	5.20 %	7.80 %
Densidad Seca	21.68 kN/m ³	21.81 kN/m ³

Parámetro B : 96%
 Estado de Muestra : Inalterado
 Velocidad de Ensayo : 0.40 mm/min
 SUCS (Global) : GC
 SUCS (Matriz ensayo) : SC

Deformación (%)	σ_{desv} kPa	μ kPa	p kPa	q kPa	p' kPa	q' kPa	q'/p'	Oblicuidad σ'_1/σ'_3
0.00	0	0	200.00	0.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.10	57	67	228.57	28.57	162.01	28.57	0.18	1.43
0.20	69	82	234.48	34.48	152.55	34.48	0.23	1.58
0.30	78	93	238.77	38.77	145.77	38.77	0.27	1.72
0.40	84	101	241.81	41.81	141.24	41.81	0.30	1.84
0.50	89	107	244.72	44.72	137.32	44.72	0.33	1.97
0.60	93	114	246.68	46.68	133.16	46.68	0.35	2.08
0.70	97	118	248.51	48.51	130.18	48.51	0.37	2.19
0.80	99	123	249.52	49.52	126.13	49.52	0.39	2.29
0.90	103	127	251.31	51.31	124.47	51.31	0.41	2.40
1.00	106	129	252.86	52.86	124.11	52.86	0.43	2.48
2.00	136	146	268.03	68.03	122.47	68.03	0.56	3.50
3.00	164	149	281.94	81.94	133.28	81.94	0.61	4.19
4.00	190	150	295.12	95.12	145.14	95.12	0.66	4.80
5.00	214	150	306.77	106.77	157.04	106.77	0.68	5.25
6.00	234	148	317.07	117.07	168.94	117.07	0.69	5.51
7.00	249	147	324.75	124.75	178.08	124.75	0.70	5.68
8.00	268	145	333.87	133.87	188.44	133.87	0.71	5.91
9.00	283	144	341.49	141.49	197.70	141.49	0.72	6.03
10.00	298	142	349.00	149.00	206.77	149.00	0.72	6.16
11.00	312	140	355.84	155.84	215.42	155.84	0.72	6.23
12.00	323	138	361.41	161.41	223.02	161.41	0.72	6.24
13.00	333	136	366.68	166.68	230.78	166.68	0.72	6.20
14.00	339	133	369.47	169.47	236.79	169.47	0.72	6.03
15.00	347	130	373.65	173.65	243.88	173.65	0.71	5.94
16.00	357	126	378.28	178.28	251.95	178.28	0.71	5.84
17.00	363	122	381.37	181.37	259.38	181.37	0.70	5.65
18.00	368	118	384.09	184.09	266.55	184.09	0.69	5.46
19.00	373	113	386.39	186.39	273.33	186.39	0.68	5.29
20.00	376	109	388.14	188.14	278.85	188.14	0.67	5.15
		171.61						

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4". Humedad proporcionada = 5.2 %, densidad seca 21.68 kN/m³. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

Elaborado por <hr/> Téc. Jhancarlo Araujo	Revisado por <hr/>  Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	Aprobado por <hr/>  Dr. Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General
---	--	---

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
 (ASTM D4767)

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
 Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Fecha de ejecución: 04/06/2019

Sondeo : TR-SH-03
Muestra : M-1
Prof. (m) : ---

Presión Celda = 680 kPa		Contra Presión = 280 Kpa		Esf. Efect. Inicial = 400 kPa	
Probeta 3	Condiciones Iniciales	Condiciones Finales		Parámetro B : 95%	
Altura	200.0 mm	158.0 mm		Estado de Muestra : Inalterado	
Diámetro	100.0 mm	112.5 mm		Velocidad de Ensayo : 0.40 mm/min	
Humedad	5.20 %	6.70 %		SUCS (Global) : GC	
Densidad Seca	21.68 kN/m3	21.85 kN/m3		SUCS (Matriz ensayo) : SC	

Deformación (%)	σ_{desv} kPa	μ kPa	p kPa	q kPa	p' kPa	q' kPa	q'/p'	Oblicuidad σ'_1/σ'_3
0.00	0	0	400.00	0.00	400.00	0.00	0.00	1.00
0.10	147	116	473.54	73.54	358.03	73.54	0.21	1.52
0.20	178	142	488.89	88.89	346.69	88.89	0.26	1.69
0.30	201	161	500.26	100.26	338.85	100.26	0.30	1.84
0.40	220	175	509.91	109.91	335.38	109.91	0.33	1.97
0.50	235	186	517.51	117.51	331.12	117.51	0.35	2.10
0.60	249	197	524.34	124.34	327.34	124.34	0.38	2.23
0.70	260	205	530.05	130.05	324.69	130.05	0.40	2.34
0.80	270	214	534.87	134.87	320.73	134.87	0.42	2.45
0.90	280	220	539.79	139.79	319.66	139.79	0.44	2.55
1.00	287	223	543.49	143.49	320.03	143.49	0.45	2.63
2.00	359	253	579.39	179.39	326.76	179.39	0.55	3.43
3.00	420	258	609.91	209.91	351.90	209.91	0.60	3.96
4.00	467	260	633.57	233.57	373.27	233.57	0.63	4.34
5.00	506	260	652.99	252.99	393.13	252.99	0.64	4.61
6.00	540	258	669.87	269.87	412.25	269.87	0.65	4.79
7.00	567	256	683.69	283.69	428.12	283.69	0.66	4.93
8.00	588	254	694.18	294.18	440.33	294.18	0.67	5.03
9.00	609	252	704.27	304.27	452.72	304.27	0.67	5.10
10.00	627	249	713.55	313.55	464.18	313.55	0.68	5.16
11.00	644	247	721.91	321.91	475.08	321.91	0.68	5.20
12.00	660	244	730.19	330.19	486.21	330.19	0.68	5.23
13.00	677	240	738.37	338.37	497.93	338.37	0.68	5.24
14.00	688	236	744.16	344.16	508.32	344.16	0.68	5.19
15.00	703	232	751.40	351.40	519.69	351.40	0.68	5.18
16.00	716	227	757.79	357.79	530.99	357.79	0.67	5.13
17.00	727	221	763.58	363.58	542.96	363.58	0.67	5.05
18.00	742	214	770.82	370.82	556.58	370.82	0.67	4.99
19.00	752	208	775.90	375.90	568.06	375.90	0.66	4.91
20.00	760	202	780.12	380.12	577.66	380.12	0.66	4.85

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4". Humedad proporcionada = 5.2 %, densidad seca 21.68 kN/m3. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo


Revisado por

 Ing. Juan Sánchez R.
 CIP: 226043
 Jefe de laboratorio

Aprobado por

 Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
(ASTM D4767)

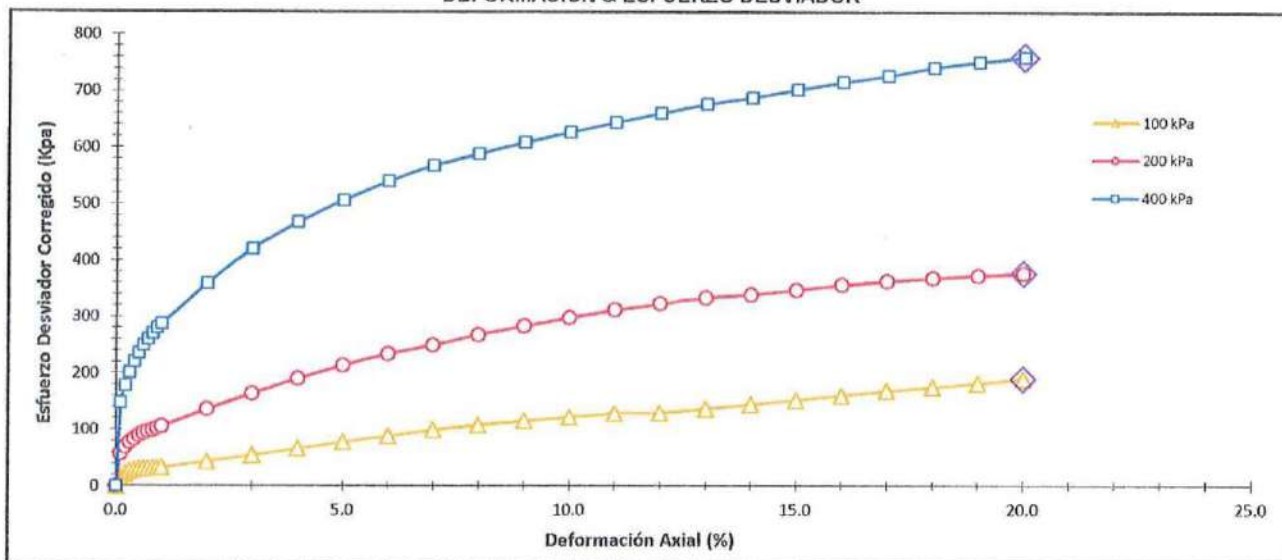
Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
Dique de desvto SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Fecha de ejecución: 04/06/2019

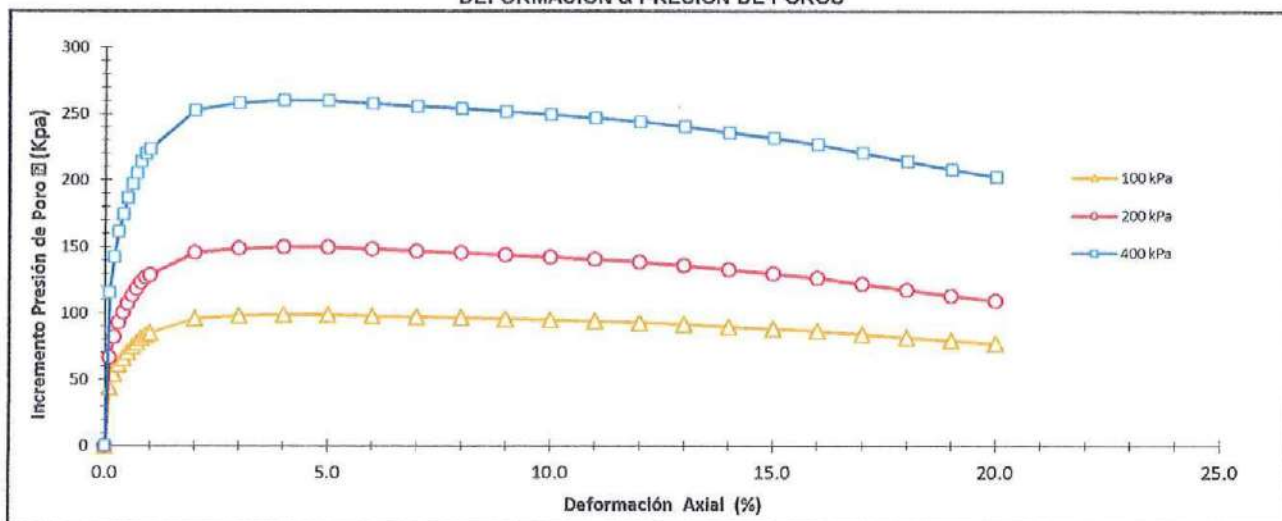
Sondeo : TR-SH-03
Muestra : M-1
Prof. (m) : ---

SUCS (Global) : GC
SUCS (Matriz ensayo) : SC

DEFORMACIÓN & ESFUERZO DESVIADOR



DEFORMACIÓN & PRESIÓN DE POROS



Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo



Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.
CIP: 226043
Jefe de laboratorio

Aprobado por

Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
(ASTM D4767)

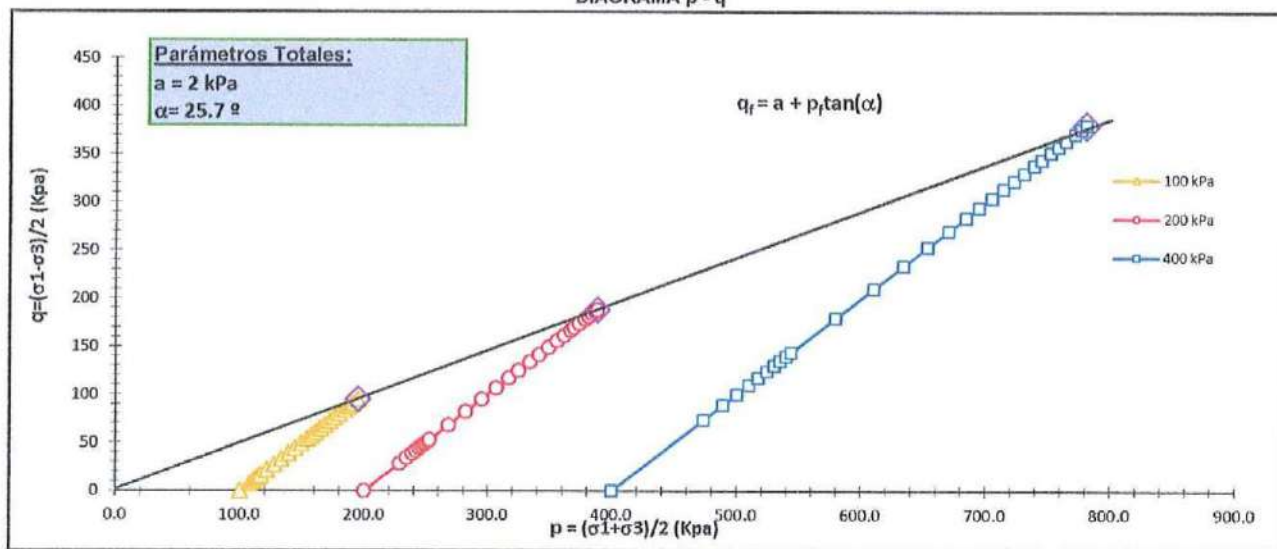
Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
Sondeo : TR-SH-03
Muestra : M-1
Prof. (m) : —

Fecha de ejecución: 04/06/2019

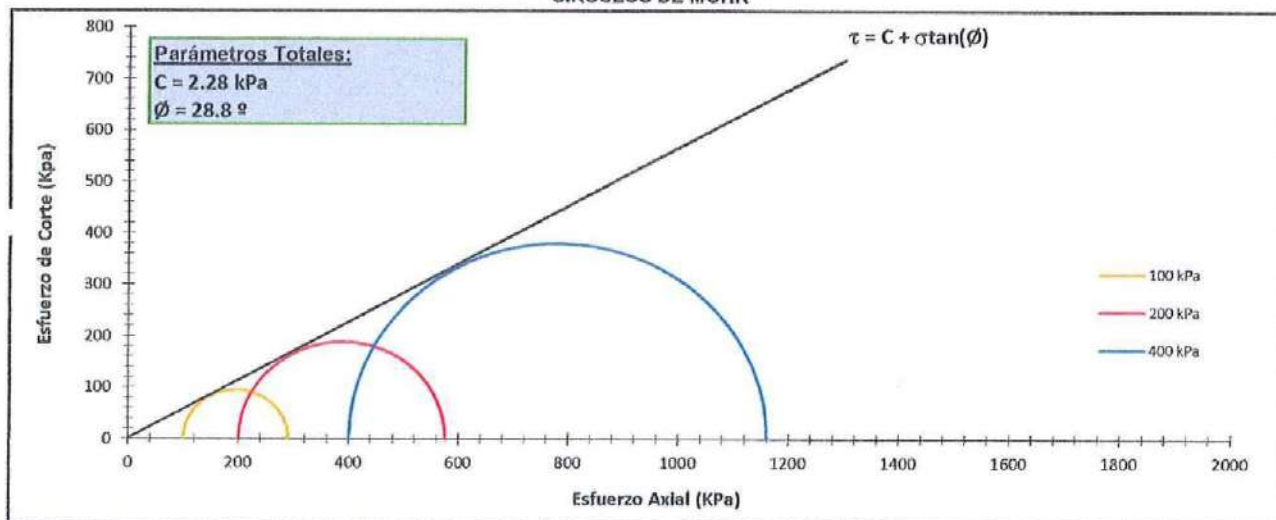
SUCS (Global) : GC
SUCS (Matriz ensayo) : SC

TRAYECTORIAS DE ESFUERZOS TOTALES

DIAGRAMA p - q



CÍRCULOS DE MOHR



Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo



Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.
CIP: 226043
Jefe de laboratorio

Aprobado por

Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
(ASTM D4767)

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

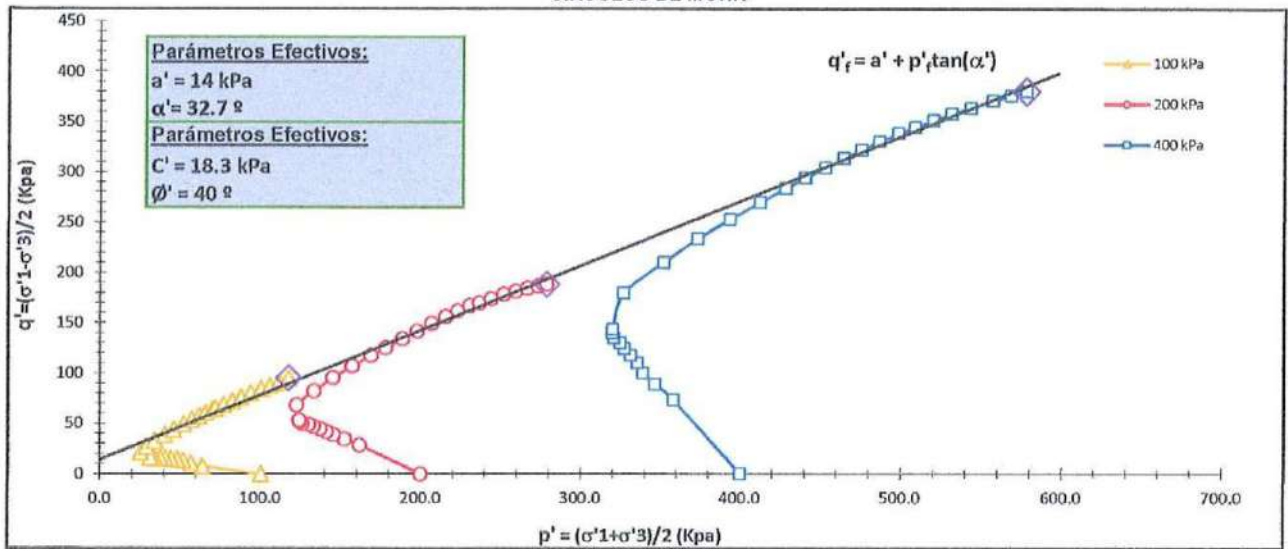
Fecha de ejecución: 04/06/2019

Sondeo : TR-SH-03
Muestra : M-1
Prof. (m) : —

SUCS (Matriz ensayo) : SC
Nombre : Arena arcillos con grava

TRAYECTORIAS DE ESFUERZOS EFECTIVOS

CÍRCULOS DE MOHR



Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo



Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.
CIP: 226043
Jefe de laboratorio

Aprobado por

Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
(ASTM D4767)

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Fecha de ejecución: 04/06/2019
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
Sondeo : TR-SH-03
Muestra : M-1
Prof. (m) : --

PANEL FOTOGRÁFICO

Espécimen 100 kPa



Espécimen 200 kPa



Espécimen 400 kPa



Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo



Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.
CIP: 226043
Jefe de laboratorio

Aprobado por

Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR ESTÁNDAR
 ASTM D698

 Solicitante : SNC-Lavalin
 Proyecto : Dique de protección - Side Hill
 Ubicación : ---

Fecha de Ejecución : 22/03/2019

 Sondeo : TP-SH-08
 Muestra : M1, M2, M3
 Prof. (m) : ---

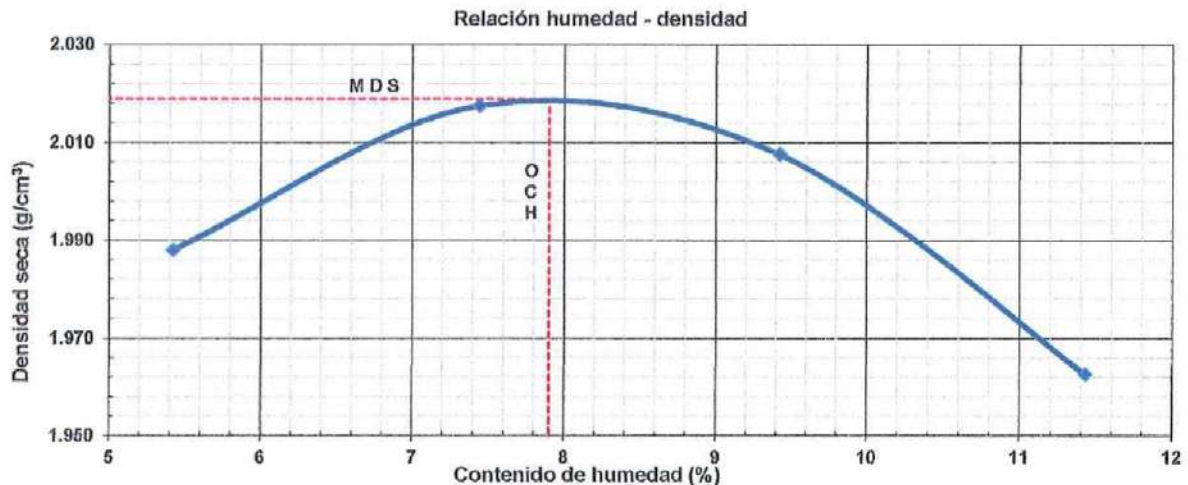
 Clasificación SUCS : GC-GM
 Clasificación AASHTO : A-1-b(0)
 Método de Compactación : C

 Método de preparación : Húmedo
 Contenido de Humedad recibido : 6 %
 Descripción del pisón : Manual

 Retenidos 3/4" : 27.8 %
 3/8" : 40.1 %
 Nro. 4 : 49.9 %

Peso suelo compactado + molde	(g)	10625.00	10778.70	10841.00	10820.00
Peso molde	(g)	6147.00	6147.00	6147.00	6147.00
Peso suelo húmedo compactado	(g)	4478.00	4631.70	4694.00	4673.00
Volumen del molde	(cm ³)	2136.80	2136.80	2136.80	2136.80
Densidad húmeda	(g/cm ³)	2.10	2.17	2.20	2.19
Recipiente N°		B-02	B-17	B-95	B-32
Peso muestra húmeda + tara	(g)	735.00	667.30	874.50	910.30
Peso muestra seca + tara	(g)	702.00	627.50	808.00	827.00
Peso de tara	(g)	93.00	92.50	102.20	98.20
Peso de agua	(g)	33.00	39.80	66.50	83.30
Peso de la muestra seca	(g)	609.00	535.00	705.80	728.80
Contenido de humedad	(%)	5.42	7.44	9.42	11.43
Densidad seca	(g/cm ³)	1.99	2.02	2.01	1.96

Máxima Densidad Seca	M.D.S.	2.019	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	O.C.H.	7.90	%


Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el cliente


Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo

Revisado por

Ing. Juan Sánchez

Aprobado por


 D. Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General


Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
 (ASTM D4767)

 Solicitante : SNC-Lavalin
 Proyecto : Dique de protección - Side Hill

 Ubicación : ---

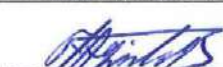
Fecha de ejecución: 01/04/2019

 Sondeo : TP-SH-08
 Muestra : M1, M2, M3
 Prof. (m) : ---

Presión Celda = 400 kPa		Contra Presión = 300 Kpa		Esf. Efect. Inicial = 100 kPa	
Probeta 1	Condiciones Iniciales	Condiciones Finales		Parámetro B : 96%	
Altura	200.0 mm	198.0 mm		Estado de Muestra : Remoldeado	
Diámetro	100.0 mm	98.6 mm		Velocidad de Ensayo : 0.30 mm/min	
Humedad	7.9 %	14.2 %		SUCS (Global) : GC-SM	
Densidad Seca	18.82 kN/m ³	19.05 kN/m ³		SUCS (Matriz ensayo) : SC-SM	

Deformación (%)	σ_{dev} kPa	μ kPa	p kPa	q kPa	p' kPa	q' kPa	q'/p'	Oblicuidad σ'_1/σ'_3
0.00	0	0	100.00	0.00	100.00	0.00	0.00	1.00
0.10	64	3	132.05	32.05	129.38	32.05	0.25	1.66
0.20	77	6	138.56	38.56	133.05	38.56	0.29	1.82
0.30	85	8	142.45	42.45	134.55	42.45	0.32	1.92
0.40	92	12	146.05	46.05	134.26	46.05	0.34	2.04
0.50	97	15	148.57	48.57	133.69	48.57	0.36	2.14
0.60	101	18	150.43	50.43	132.89	50.43	0.38	2.22
0.70	103	20	151.73	51.73	131.46	51.73	0.39	2.30
0.80	106	22	153.00	53.00	131.26	53.00	0.40	2.35
0.90	109	23	154.26	54.26	130.78	54.26	0.41	2.42
1.00	110	25	155.04	55.04	129.67	55.04	0.42	2.48
2.00	113	41	156.32	56.32	115.48	56.32	0.49	2.90
3.00	114	46	156.85	56.85	110.79	56.85	0.51	3.11
4.00	115	49	157.50	57.50	108.14	57.50	0.53	3.27
5.00	117	52	158.26	58.26	106.27	58.26	0.55	3.43
6.00	118	54	158.84	58.84	105.06	58.84	0.56	3.55
7.00	119	56	159.63	59.63	103.98	59.63	0.57	3.69
8.00	120	57	160.02	60.02	103.48	60.02	0.58	3.76
9.00	121	57	160.49	60.49	103.45	60.49	0.58	3.82
10.00	122	58	160.91	60.91	103.06	60.91	0.59	3.89
11.00	123	58	161.62	61.62	103.34	61.62	0.60	3.95
12.00	128	58	163.86	63.86	105.57	63.86	0.60	4.06
13.00	131	58	165.47	65.47	107.16	65.47	0.61	4.14
14.00	131	57	165.75	65.75	108.29	65.75	0.61	4.09
15.00	132	57	165.98	65.98	109.43	65.98	0.60	4.04
16.00	134	56	167.16	67.16	111.36	67.16	0.60	4.04
17.00	135	55	167.67	67.67	112.57	67.67	0.60	4.01
18.00	136	55	167.90	67.90	113.09	67.90	0.60	4.01
19.00	136	54	168.24	68.24	114.72	68.24	0.59	3.94
20.00	137	53	168.70	68.70	116.02	68.70	0.59	3.90

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4". Humedad proporcionada = 7.9 %, densidad seca 18.82 kN/m³. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	Ing. Juan Sánchez R.	 Dr. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
 (ASTM D4767)

 Solicitante : SNC-Lavalin
 Proyecto : Dique de protección - Side Hill

 Ubicación : ---

Fecha de ejecución: 01/04/2019

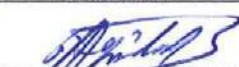
 Sondeo : TP-SH-08
 Muestra : M1, M2, M3
 Prof. (m) : ---

Presión Celda = 500 kPa	Contra Presión = 300 Kpa	Esf. Efect. Inicial = 200 kPa
Probeta 2	Condiciones Iniciales	Condiciones Finales
Altura	200.0 mm	194.6 mm
Diámetro	99.9 mm	99.0 mm
Humedad	7.9 %	13.1 %
Densidad Seca	18.82 kN/m3	19.13 kN/m3

 Parámetro B : 96%
 Estado de Muestra : Remoldeado
 Velocidad de Ensayo : 0.30 mm/min
 SUCS (Global) : GC-SM
 SUCS (Matriz ensayo) : SC-SM

Deformación (%)	σ_{dnev} kPa	μ kPa	p kPa	q kPa	p' kPa	q' kPa	q'/p'	Oblicuidad σ'_1/σ'_3
0.00	0	0	200.00	0.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.10	99	20	249.66	49.66	229.31	49.66	0.22	1.55
0.20	119	32	259.75	59.75	228.18	59.75	0.26	1.71
0.30	132	41	265.77	65.77	224.98	65.77	0.29	1.83
0.40	143	47	271.35	71.35	224.03	71.35	0.32	1.93
0.50	151	53	275.26	75.26	222.27	75.26	0.34	2.02
0.60	158	59	278.92	78.92	220.17	78.92	0.36	2.12
0.70	163	64	281.71	81.71	218.17	81.71	0.37	2.20
0.80	167	68	283.67	83.67	215.57	83.67	0.39	2.27
0.90	170	72	284.85	84.85	212.54	84.85	0.40	2.33
1.00	171	75	285.29	85.29	210.17	85.29	0.41	2.37
2.00	175	97	287.26	87.26	190.10	87.26	0.46	2.70
3.00	175	108	287.31	87.31	179.52	87.31	0.49	2.89
4.00	178	114	289.10	89.10	174.74	89.10	0.51	3.08
5.00	182	118	291.05	91.05	173.37	91.05	0.53	3.21
6.00	185	120	292.72	92.72	172.79	92.72	0.54	3.32
7.00	189	122	294.59	94.59	172.29	94.59	0.55	3.43
8.00	193	123	296.73	96.73	173.30	96.73	0.56	3.53
9.00	199	124	299.25	99.25	175.21	99.25	0.57	3.61
10.00	201	125	300.39	100.39	175.32	100.39	0.57	3.68
11.00	204	126	301.79	101.79	176.18	101.79	0.58	3.74
12.00	205	126	302.54	102.54	176.92	102.54	0.58	3.76
13.00	210	126	305.10	105.10	179.45	105.10	0.59	3.83
14.00	212	125	306.06	106.06	181.48	106.06	0.58	3.81
15.00	215	123	307.72	107.72	184.30	107.72	0.58	3.81
16.00	218	122	308.90	108.90	186.41	108.90	0.58	3.81
17.00	220	122	309.94	109.94	188.34	109.94	0.58	3.80
18.00	221	121	310.32	110.32	189.08	110.32	0.58	3.80
19.00	223	120	311.41	111.41	191.82	111.41	0.58	3.77
20.00	224	119	311.75	111.75	192.84	111.75	0.58	3.76

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4". Humedad proporcionada = 7.9 %, densidad seca 18.82 kN/m3. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	Ing. Juan Sánchez R.	 Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
 (ASTM D4767)

 Solicitante : SNC-Lavalin
 Proyecto : Dique de protección - Side Hill

 Ubicación : ---

Fecha de ejecución: 01/04/2019

 Sondeo : TP-SH-08
 Muestra : M1, M2, M3
 Prof. (m) : ---

Presión Celda = 700 kPa	Contra Presión = 300 Kpa	Esf. Efect. Inicial = 400 kPa
Probeta 3	Condiciones Iniciales	Condiciones Finales
Altura	200.0 mm	192.5 mm
Diámetro	100.0 mm	99.1 mm
Humedad	7.9 %	12.0 %
Densidad Seca	18.82 kN/m ³	19.33 kN/m ³

Parámetro B : 95%
 Estado de Muestra : Remoldeado
 Velocidad de Ensayo : 0.30 mm/min
 SUCS (Global) : GC-SM
 SUCS (Matriz ensayo) : SC-SM

Deformación (%)	σ_{desv} kPa	μ kPa	p kPa	q kPa	p' kPa	q' kPa	q'/p'	Oblicuidad σ'_1/σ'_3
0.00	0	0	400.00	0.00	400.00	0.00	0.00	1.00
0.10	149	45	474.44	74.44	429.27	74.44	0.17	1.42
0.20	204	81	501.78	101.78	421.24	101.78	0.24	1.64
0.30	241	113	520.57	120.57	407.48	120.57	0.30	1.84
0.40	261	136	530.43	130.43	394.55	130.43	0.33	1.99
0.50	274	152	537.13	137.13	385.27	137.13	0.36	2.11
0.60	285	161	542.55	142.55	381.79	142.55	0.37	2.19
0.70	291	171	545.51	145.51	374.26	145.51	0.39	2.27
0.80	298	179	549.06	149.06	370.51	149.06	0.40	2.35
0.90	302	183	551.11	151.11	368.56	151.11	0.41	2.39
1.00	305	189	552.64	152.64	364.01	152.64	0.42	2.44
2.00	332	217	566.16	166.16	348.98	166.16	0.48	2.82
3.00	339	231	569.30	169.30	338.25	169.30	0.50	3.00
4.00	340	240	570.06	170.06	330.56	170.06	0.51	3.12
5.00	341	244	570.46	170.46	326.63	170.46	0.52	3.18
6.00	342	247	571.02	171.02	324.15	171.02	0.53	3.23
7.00	342	250	570.96	170.96	321.07	170.96	0.53	3.28
8.00	345	251	572.58	172.58	321.27	172.58	0.54	3.32
9.00	349	252	574.58	174.58	322.36	174.58	0.54	3.36
10.00	359	254	579.54	179.54	326.02	179.54	0.55	3.45
11.00	366	254	582.87	182.87	328.72	182.87	0.56	3.51
12.00	380	254	589.89	189.89	335.71	189.89	0.57	3.60
13.00	385	254	592.35	192.35	338.36	192.35	0.57	3.63
14.00	388	253	594.05	194.05	341.51	194.05	0.57	3.63
15.00	391	251	595.44	195.44	344.41	195.44	0.57	3.62
16.00	394	250	596.84	196.84	347.07	196.84	0.57	3.62
17.00	396	249	597.82	197.82	349.07	197.82	0.57	3.62
18.00	398	248	598.94	198.94	351.03	198.94	0.57	3.62
19.00	396	246	598.19	198.19	352.15	198.19	0.56	3.57
20.00	394	245	597.24	197.24	352.59	197.24	0.56	3.54

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4". Humedad proporcionada = 7.9 %, densidad seca 18.82 kN/m³. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo

Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.

Aprobado por


 Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General


Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
(ASTM D4767)

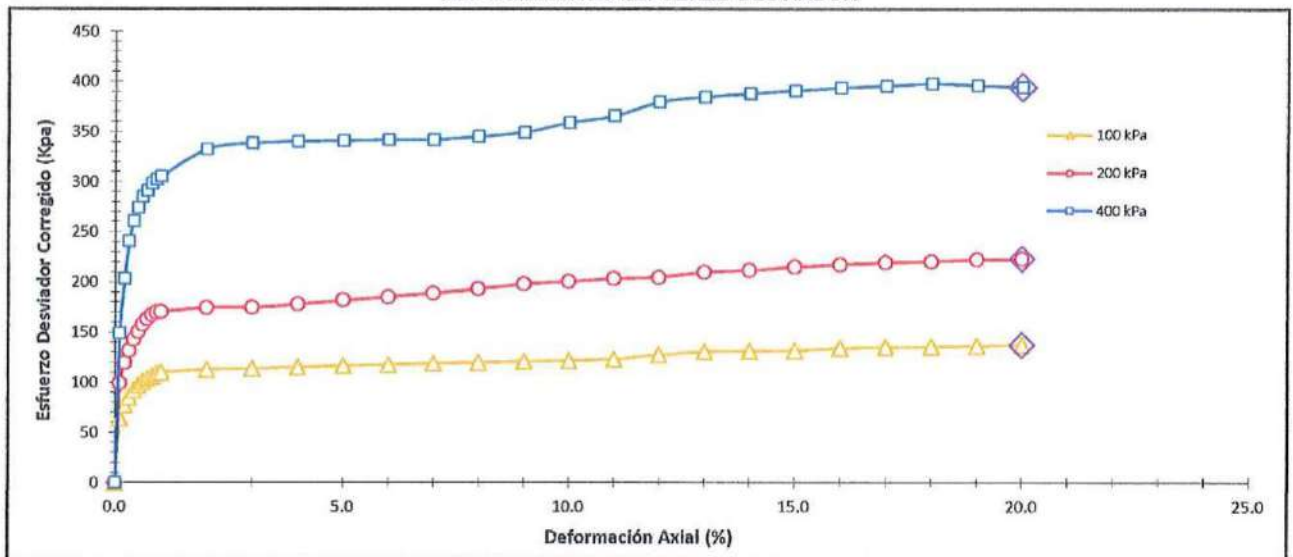
Solicitante : SNC-Lavalin
Proyecto : Dique de protección - Side Hill
Ubicación : ---

Fecha de ejecución: 01/04/2019

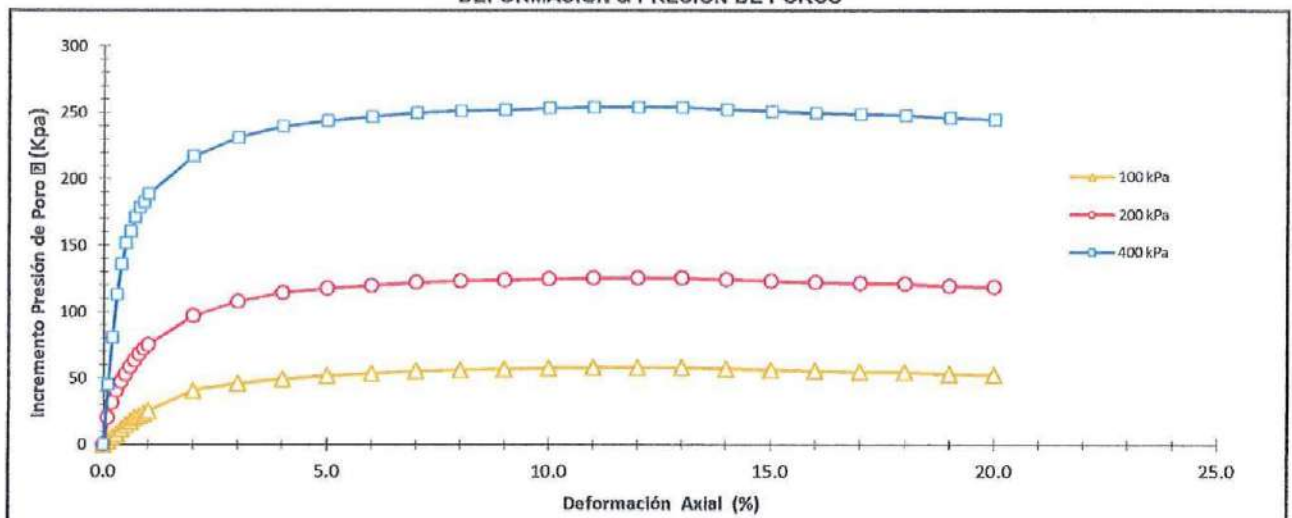
Sondeo : TP-SH-08
Muestra : M1, M2, M3
Prof. (m) : ---

SUCS (Global) : GC-SM
SUCS (Matriz ensayo) : SC-SM

DEFORMACIÓN & ESFUERZO DESVIADOR



DEFORMACIÓN & PRESIÓN DE POROS



Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo

Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.

Aprobado por

Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General



Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
(ASTM D4767)

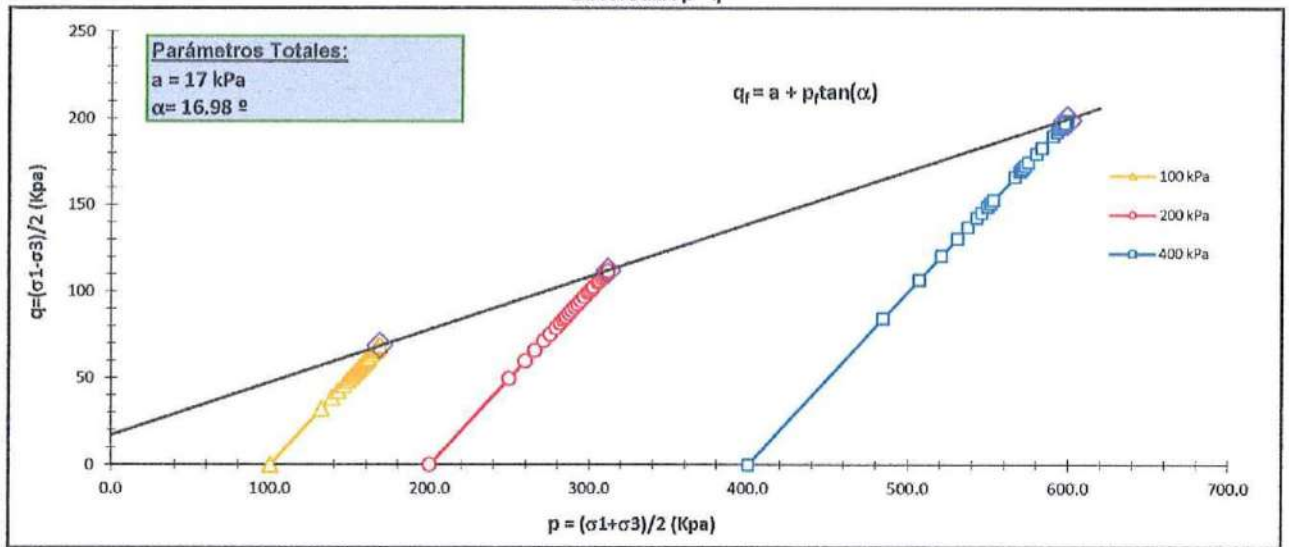
Solicitante : SNC-Lavalin
Proyecto : Dique de protección - Side Hill
Ubicación : ---
Sondeo : TP-SH-08
Muestra : M1, M2, M3
Prof. (m) : ---

Fecha de ejecución: 01/04/2019

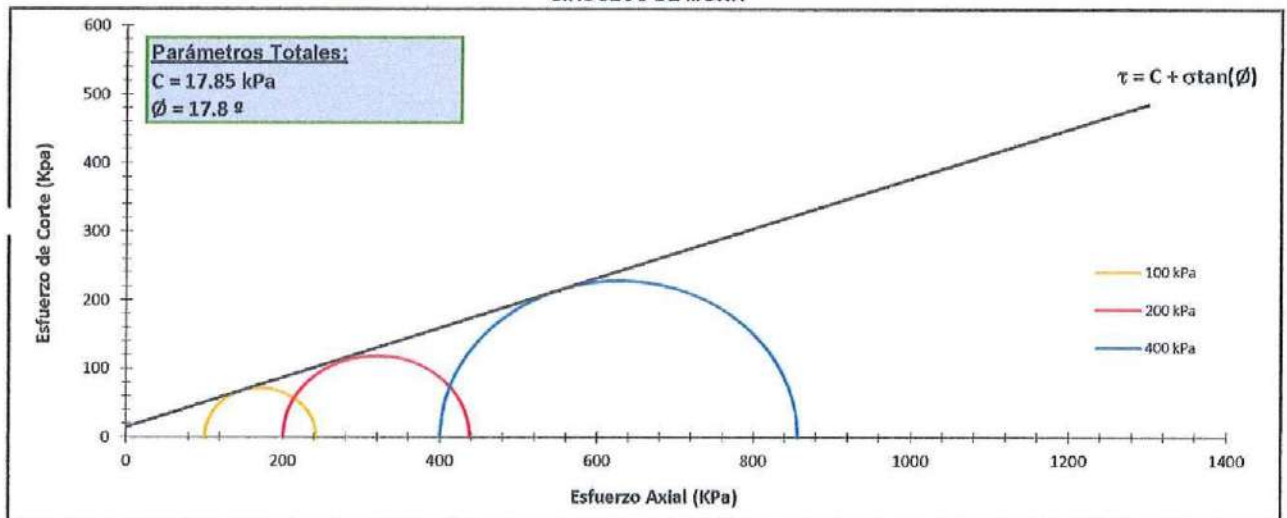
SUCS (Global) : GC-SM
SUCS (Matriz ensayo) : SC-SM

TRAYECTORIAS DE ESFUERZOS TOTALES

DIAGRAMA p - q



CÍRCULOS DE MOHR



Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo

Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.

Aprobado por

Zenón Aguilar B.
Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General



Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
(ASTM D4767)

Solicitante : SNC-Lavalin
Proyecto : Dique de protección - Side Hill
Ubicación : ---

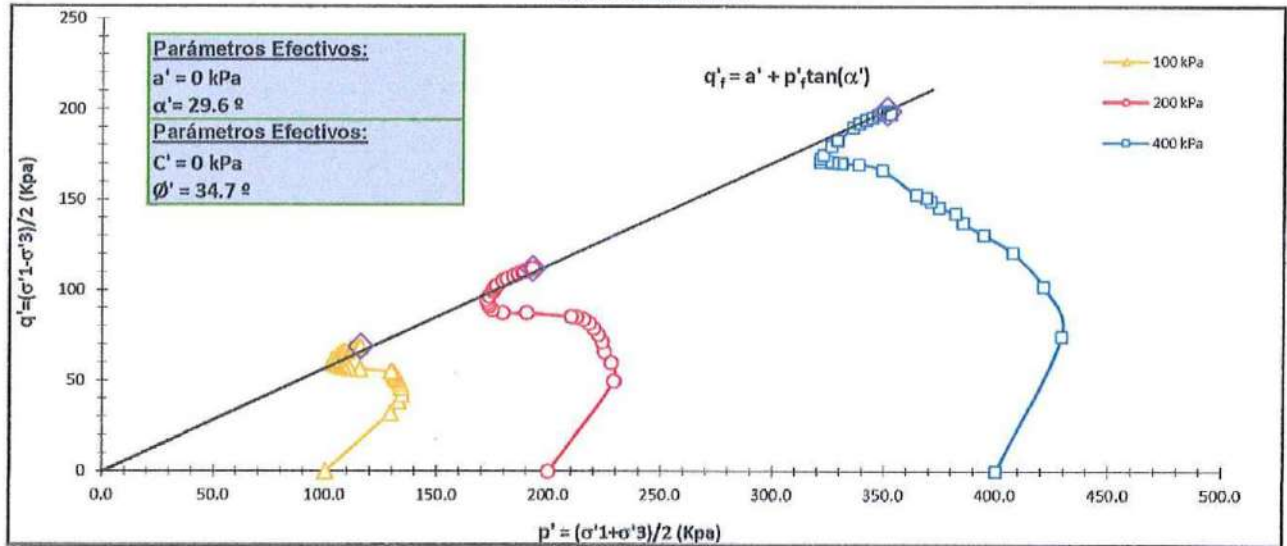
Fecha de ejecución: 01/04/2019

Sondeo : TP-SH-08
Muestra : M1, M2, M3
Prof. (m) : ---

SUCS (Matriz ensayo) : SC-SM
Nombre: Arena limo arcillosa con grava

TRAYECTORIAS DE ESFUERZOS EFECTIVOS

CÍRCULOS DE MOHR



Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo

Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.

Aprobado por

[Signature]
Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
(ASTM D4767)

Solicitante : SNC-Lavalin
Proyecto : Dique de protección - Side Hill
Ubicación : ---
Sondeo : TP-SH-08
Muestra : M1, M2, M3
Prof. (m) : ---

Fecha de ejecución: 01/04/2019

PANEL FOTOGRÁFICO

Espécimen 100 kPa



Espécimen 200 kPa



Espécimen 400 kPa



Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo

Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.

Aprobado por

Zenón Aguilar B.
Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General



Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Fecha de Ejecución : 31/05/2019

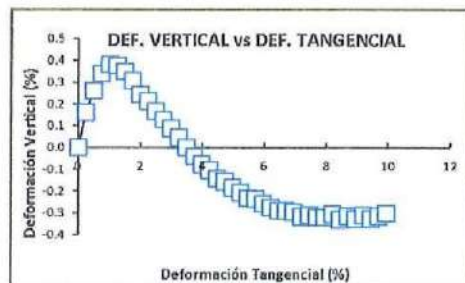
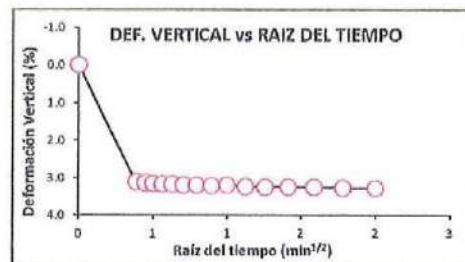
Sondeo : Arena de relaves
Muestra : Playa de relaves – sector Blanket -Estribo Derecho
Prof. (m) : ---

ESFUERZO NORMAL = 100 kPa

Etapa de Consolidación	
Raíz de Tiempo (min ^{1/2})	Def. Vertical (%)
0.00	-0.01
0.00	-0.01
0.39	3.11
0.45	3.14
0.50	3.16
0.56	3.17
0.63	3.18
0.71	3.19
0.80	3.20
0.89	3.21
1.00	3.20
1.13	3.24
1.26	3.25
1.41	3.25
1.59	3.26
1.78	3.28
2.00	3.29

Etapa de Corte		
Def. Tangencial (%)	Def. Vertical (%)	Esfuerzo (kPa)
0.00	0.00	0.00
0.25	0.16	14.38
0.50	0.26	21.20
0.75	0.34	29.76
0.99	0.38	35.33
1.24	0.38	40.15
1.49	0.35	42.39
1.74	0.31	44.72
1.99	0.24	46.55
2.24	0.21	46.97
2.49	0.17	47.71
2.74	0.13	48.71
2.98	-0.08	52.87
3.23	0.05	50.21
3.48	0.00	51.04
3.73	-0.04	52.04
3.98	-0.08	52.87
4.23	-0.10	53.12
4.48	-0.14	53.53
4.72	-0.16	54.86
4.97	-0.19	55.28
5.22	-0.21	55.11
5.47	-0.23	56.53
5.72	-0.24	56.53
5.97	-0.26	57.69
6.22	-0.27	57.61
6.47	-0.29	57.44
6.71	-0.29	58.52
6.96	-0.30	58.60
7.21	-0.32	58.27
7.46	-0.31	59.10
7.71	-0.32	59.77
7.96	-0.32	57.77
8.21	-0.31	58.02
8.46	-0.33	58.69
8.70	-0.32	58.94
8.95	-0.33	59.02
9.20	-0.31	58.60
9.45	-0.33	58.69
9.70	-0.32	58.44
9.95	-0.30	58.27

DATOS DEL ESPECIMEN	
Detalle Inicial del Espécimen	
Altura :	20.00 mm
Área :	10000.00 mm ²
Densidad húmeda :	17.07 KN/M3
Densidad seca :	16.98 KN/M3
Humedad :	0.50 %
Estado :	Remoldeado
Etapa de Consolidación	
Altura final consolidada :	19.34 mm
Etapa de Corte	
Altura final :	19.40 mm
Densidad húmeda final :	21.61 KN/M3
Densidad seca final :	17.56 KN/M3
Velocidad de corte :	0.30 mm/min
Clasificación SUCS del espécimen ensayado :	ML
Clasificación SUCS de muestra global :	---



NOTA: La muestra fue proporcionada e identificada por el Solicitante, la humedad y densidad de remoldeo fueron proporcionadas por el Solicitante. El Laboratorio remoldeó y ensayó el material menor al tamiz N° 4 (apertura 4.760 mm) proveniente de la muestra proporcionada. El espécimen fue humedecido para su condición mas crítica.

Elaborado por
Téc. Jhancarlo Araujo



Revisado por
Ing. Juan Sánchez R.
CIP: 226043
Jefe de laboratorio

Aprobado por
Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 (ASTM D3080)

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
 Dique de desvío SideHill – Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
Sondeo : Arena de relaves
Muestra : Playa de relaves – sector Blanket -Estribo Derecho
Prof. (m) : ---

Fecha de Ejecución : 31/05/2019

ESFUERZO NORMAL = 200 kPa

Etapa de Consolidación	
Raíz de Tiempo (min ^{1/2})	Def. Vertical (%)
0.00	0.06
0.00	0.06
0.39	6.72
0.45	6.74
0.50	6.76
0.56	6.76
0.63	6.79
0.71	6.81
0.80	6.82
0.89	6.83
1.00	6.84
1.13	6.86
1.26	6.87
1.41	6.89
1.59	6.90
1.78	6.91
2.00	6.92

Etapa de Corte		
Def. Tangencial (%)	Def. Vertical (%)	Esfuerzo (kPa)
0.00	0.00	0.00
0.25	0.29	27.80
0.50	0.53	43.52
0.75	0.74	57.15
0.99	0.87	64.74
1.24	0.93	71.69
1.49	1.01	77.63
1.74	1.03	83.12
1.99	1.04	86.41
2.24	1.03	88.51
2.49	1.03	91.26
2.74	1.01	93.54
2.96	1.03	96.01
3.23	1.01	97.75
3.48	1.01	100.12
3.73	1.01	101.04
3.98	1.00	102.23
4.23	0.99	102.68
4.48	1.00	102.78
4.72	1.00	102.96
4.97	1.00	103.14
5.22	1.01	105.61
5.47	1.01	107.90
5.72	1.03	107.90
5.97	1.05	108.26
6.22	1.07	109.54
6.47	1.08	109.54
6.71	1.09	111.19
6.96	1.11	111.10
7.21	1.13	110.55
7.46	1.16	112.83
7.71	1.18	112.10
7.96	1.23	112.01
8.21	1.23	112.83
8.46	1.25	112.47
8.70	1.26	111.83
8.95	1.26	110.18
9.20	1.27	109.63
9.45	1.29	109.18
9.70	1.32	109.36
9.95	1.35	109.18

DATOS DEL ESPECIMEN	
Detalle Inicial del Espécimen	
Altura :	20.00 mm
Área :	10000.00 mm ²
Densidad húmeda :	17.07 KN/M ³
Densidad seca :	18.98 KN/M ³
Humedad :	0.50 %
Estado :	Remoldeado
Etapa de Consolidación	
Altura final consolidada :	18.62 mm
Etapa de Corte	
Altura final :	18.37 mm
Densidad húmeda final :	22.61 KN/M ³
Densidad seca final :	18.25 KN/M ³
Velocidad de corte :	0.32 mm/min
Clasificación SUCS del espécimen ensayado :	ML
Clasificación global SUCS de muestra global :	---



NOTA: La muestra fue proporcionada e identificada por el Solicitante, la humedad y densidad de remoldeo fueron proporcionadas por el Solicitante. El Laboratorio remoldeó y ensayó el material menor al tamiz N° 4 (apertura 4.760 mm) proveniente de la muestra proporcionada. El espécimen fue humedecido para su condición mas crítica.

Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo



Revisado por

 Ing. Juan Sánchez R.
 CIP: 226043
 Jefe de laboratorio

Aprobado por

 Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 (ASTM D3080)

Solicitante : Compañía Minera Antamina
 Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
 Dique de desvío SideHill – Etapa III
 Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
 Sondeo : Arena de relaves
 Muestra : Playa de relaves – sector Blanket –Estribo Derecho
 Prof. (m) : ---

Fecha de Ejecución : 31/05/2019

ESFUERZO NORMAL = 400 kPa

Etapa de Consolidación	
Raíz de Tiempo (min ^{1/2})	Def. Vertical (%)
0.00	0.00
0.00	0.00
0.39	7.43
0.45	7.49
0.50	7.50
0.56	7.53
0.63	7.54
0.71	7.57
0.80	7.57
0.89	7.59
1.00	7.61
1.13	7.62
1.26	7.63
1.41	7.65
1.59	7.66
1.78	7.67
2.00	7.70

Etapa de Corte		
Def. Tangencial (%)	Def. Vertical (%)	Esfuerzo (kPa)
0.00	0.00	0.00
0.25	0.12	46.76
0.50	0.30	67.67
0.75	0.45	89.46
0.99	0.59	111.96
1.24	0.75	135.58
1.49	0.88	154.25
1.74	0.94	170.69
1.99	0.99	180.83
2.24	0.99	190.00
2.49	0.98	196.79
2.74	0.94	201.58
2.98	0.91	206.28
3.23	0.88	208.20
3.48	0.87	211.39
3.73	0.86	214.66
3.98	0.83	217.46
4.23	0.83	219.45
4.48	0.81	221.45
4.72	0.83	222.96
4.97	0.83	224.16
5.22	0.81	222.88
5.47	0.85	224.88
5.72	0.85	225.12
5.97	0.88	226.63
6.22	0.90	225.04
6.47	0.96	225.28
6.71	0.97	224.96
6.96	1.00	225.52
7.21	1.03	226.31
7.46	1.10	225.52
7.71	1.12	223.28
7.96	1.17	224.24
8.21	1.25	224.64
8.46	1.28	223.76
8.70	1.36	224.72
8.95	1.41	224.56
9.20	1.46	223.84
9.45	1.52	224.56
9.70	1.61	224.08
9.95	1.66	224.08

DATOS DEL ESPÉCIMEN	
Detalle Inicial del Espécimen	
Altura :	20.00 mm
Área :	10000.00 mm ²
Densidad húmeda :	17.07 KN/M ³
Densidad seca :	16.98 KN/M ³
Humedad :	0.50 %
Estado :	Remoldeado
Etapa de Consolidación	
Altura final consolidada :	18.46 mm
Etapa de Corte	
Altura final :	18.15 mm
Densidad húmeda final :	22.55 KN/M ³
Densidad seca final :	18.40 KN/M ³
Velocidad de corte :	0.33 mm/min
Clasificación SUCS del espécimen ensayado :	ML
Clasificación SUCS de muestra global :	---



NOTA: La muestra fue proporcionada e identificada por el Solicitante, la humedad y densidad de remoldeo fueron proporcionadas por el Solicitante. El Laboratorio remoldeó y ensayó el material menor al tamiz N° 4 (apertura 4.760 mm) proveniente de la muestra proporcionada. El espécimen fue humedecido para su condición más crítica.

Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo



Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.
 CIP: 226043
 Jefe de laboratorio

Aprobado por

Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 (ASTM D3080)

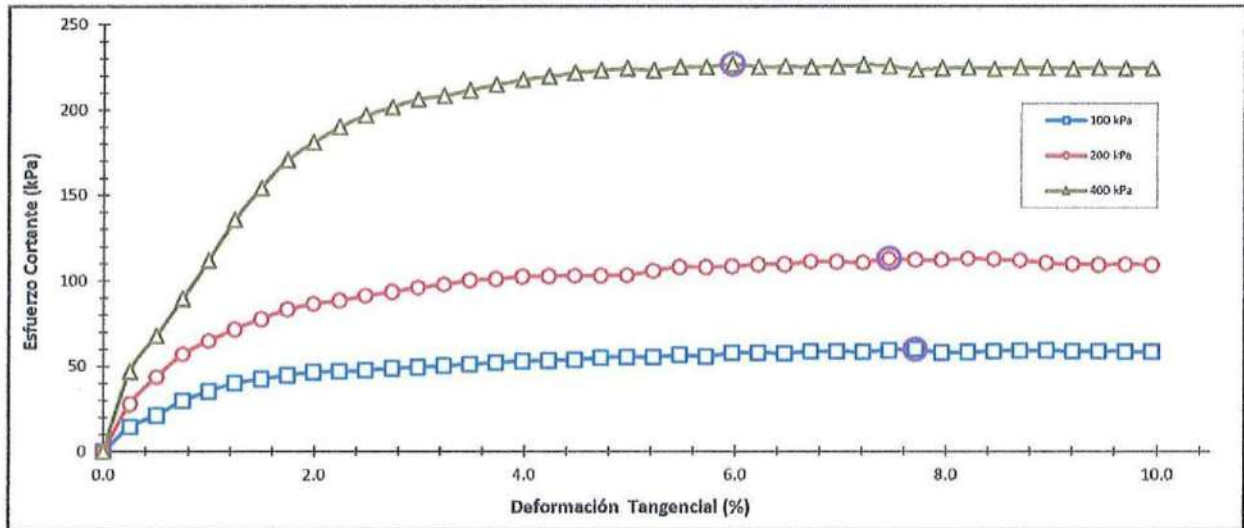
Solicitante : Compañía Minera Antamina
 Proyecto : Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A – VI-B y Polishing Pond
 Dique de desvío SideHill – Etapa III
 Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash

Fecha de Ejecución : 31/05/2019

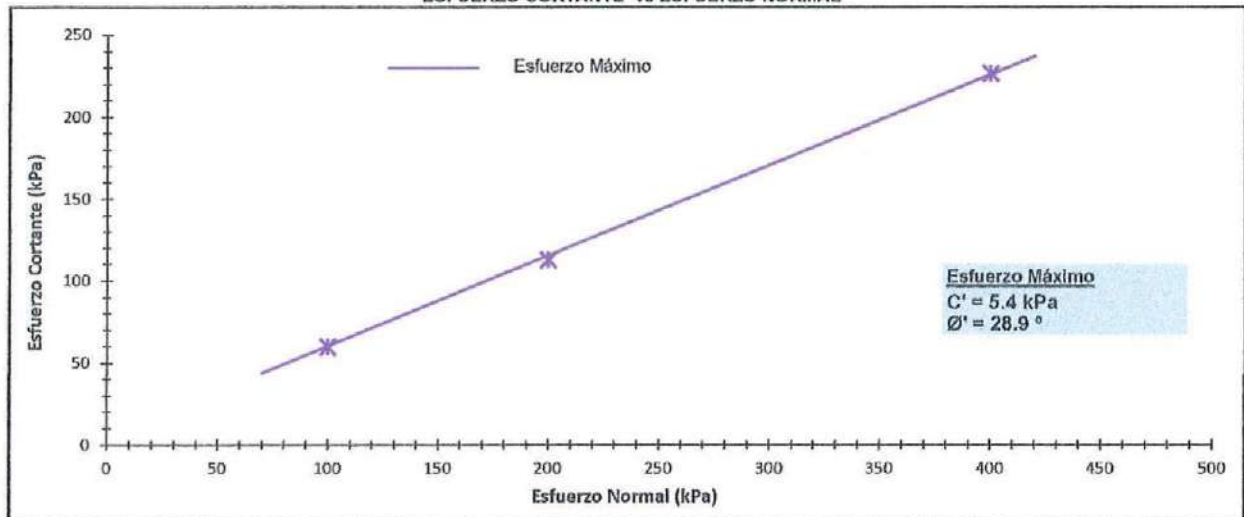
Sondeo : Arena de relaves
 Muestra : Playa de relaves – sector Blanket -Estribo Derecho
 Prof. (m) : ---

SUCS espécimen : ML
 Nombre de grupo : Limo arenoso

ESFUERZO CORTANTE vs DEFORMACIÓN TANGENCIAL



ESFUERZO CORTANTE vs ESFUERZO NORMAL



Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo



Revisado por

Ing. Juan Sánchez R.
 CIP: 226043
 Jefe de laboratorio

Aprobado por

Dr. Ing. Leon Agullar B.
 CIP: 040684
 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Dique de desvío - Side Hill - Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
Origen del material : Acopio Punto G

Fecha de Ejecución : 13/06/2019

Sondeo : TR-PG-01
Muestra : M-1
Prof. (m) : ---

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D6913)		
Nro. Malla	Abertura (mm)	% Acum. que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	93.7
1"	25.400	84.9
3/4"	19.100	75.4
3/8"	9.520	55.6
Nº 4	4.760	44.5
Nº 10	2.000	36.5
Nº 20	0.840	30.9
Nº 40	0.425	27.5
Nº 60	0.250	25.3
Nº 140	0.106	22.4
Nº 200	0.075	21.5

Contenido de humedad (ASTM D2216)		Método utilizado
Humedad	5.9 %	Secado al horno

Límites de consistencia (ASTM D4318)		Equipo de ensayo utilizado	
Límite líquido (LL)	27	Límite plástico	Manual
Límite plástico (LP)	15	Límite líquido	Mecánico
Índice plástico (IP)	12	Espátula Casagrande	Plástica

NP: no plástico

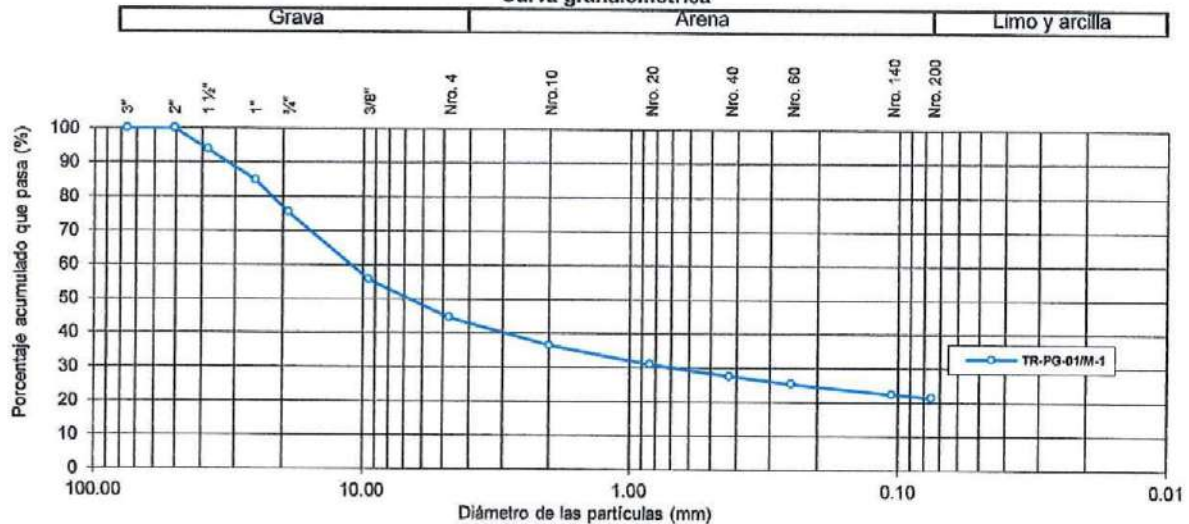


Grava %	55.5
Arena %	23.1
Finos %	21.5

D10 mm	---
D30 mm	0.699
D60 mm	11.121
Cu	---
Cc	---

Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	
Grupo de clasificación	A-2-6
Índice de grupo	0
Clasificación SUCS (ASTM D2487)	
Símbolo de grupo	GC
Nombre de grupo	Grava arcillosa con arena

Curva granulométrica



Observaciones:

- El muestreo es responsabilidad del solicitante
- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la norma

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	Dr. Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

Solicitante : Compañía Minera Antamina
Proyecto : Dique de desvío - Side Hill - Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
Origen del material : Acopio Punto G

Fecha de Ejecución : 13/06/2019

Sondeo : TR-PG-02
Muestra : M-1
Prof. (m) : --

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D6913)		
Nro. Malla	Abertura (mm)	% Acum. que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	82.2
1 1/2"	38.100	74.1
1"	25.400	67.4
3/4"	19.100	63.1
3/8"	9.520	53.9
Nº 4	4.760	45.2
Nº 10	2.000	37.0
Nº 20	0.840	31.4
Nº 40	0.425	27.9
Nº 60	0.250	25.6
Nº 140	0.106	22.6
Nº 200	0.075	21.7

Contenido de humedad (ASTM D2216)		Método utilizado
Humedad	5.4 %	Secado al horno

Límites de consistencia (ASTM D4318)		Equipo de ensayo utilizado	
Límite líquido (LL)	26	Límite plástico	Manual
Límite plástico (LP)	14	Límite líquido	Mecánico
Índice plástico (IP)	12	Espátula Casagrande	Plástica

NP: no plástico



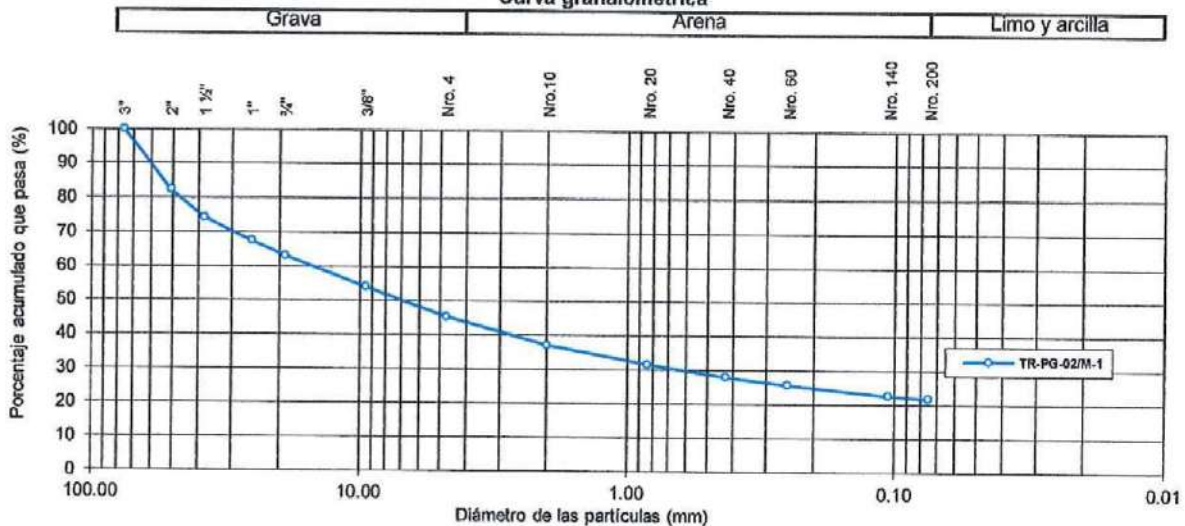
Grava %	54.8
Arena %	23.5
Finos %	21.7

D10	mm	--
D30	mm	0.638
D60	mm	15.094
Cu		--
Cc		--

Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	
Grupo de clasificación	A-2-6
Índice de grupo	0

Clasificación SUCS (ASTM D2487)	
Símbolo de grupo	GC
Nombre de grupo	Grava arcillosa con arena

Curva granulométrica



Observaciones:

- El muestreo es responsabilidad del solicitante
- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la norma

Elaborado por
Téc. Jhancarlo Araujo



Revisado por
Ing. Juan Sánchez R.
CIP: 226043
Jefe de laboratorio

Aprobado por
Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
CIP: 040684
Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

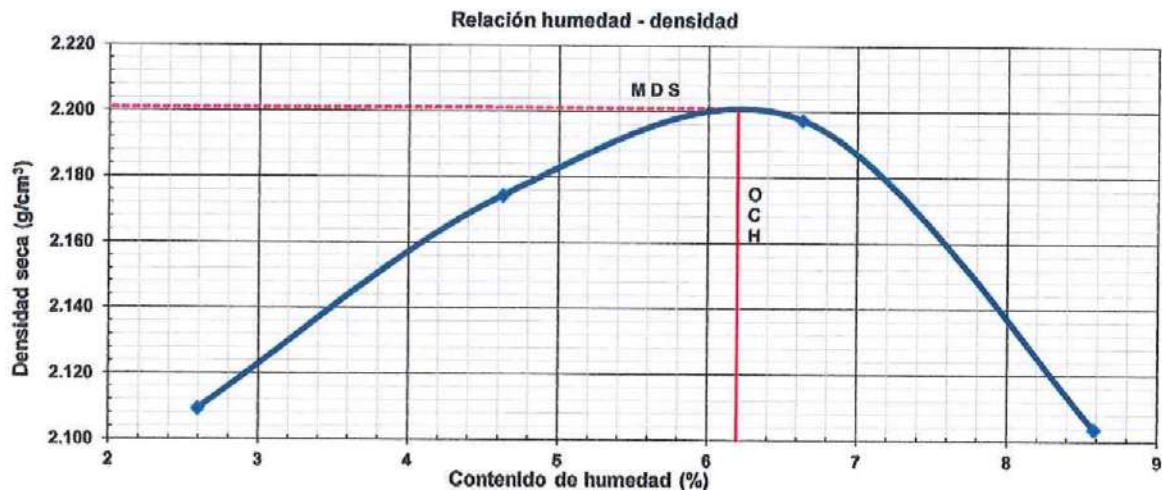
COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO
ASTM D1557

Solicitante : Compañía Minera Antamina **Fecha de Ejecución** : 18/06/2019
Proyecto : Dique de desvío - Side Hill - Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
Origen del material : Acopio Punto G

Sondeo : TR-PG-01 **Clasificación SUCS** : GC
Muestra : M-1 **Clasificación AASHTO** : A-2-6(0)
Prof. (m) : --- **Método de Compactación** : C
Método de preparación : Húmedo **Retenidos 3/4"** : 25 %
Contenido de Humedad recibido : 6 % **3/8"** : 44 %
Descripción del pisón : Manual **Nro. 4** : 56 %

Peso suelo compactado + molde	(g)	10771.00	11008.00	11154.00	11028.00
Peso molde	(g)	6147.00	6147.00	6147.00	6147.00
Peso suelo húmedo compactado	(g)	4624.00	4861.00	5007.00	4881.00
Volumen del molde	(cm ³)	2136.80	2136.80	2136.80	2136.80
Densidad húmeda	(g/cm ³)	2.16	2.27	2.34	2.28
Recipiente N°		T-901	T-63	T-2	W-0005
Peso muestra húmeda + tara	(g)	788.40	757.20	848.90	625.00
Peso muestra seca + tara	(g)	770.80	727.40	803.00	582.90
Peso de tara	(g)	92.50	83.60	111.10	92.60
Peso de agua	(g)	17.60	29.80	45.90	42.10
Peso de la muestra seca	(g)	678.30	643.80	691.90	490.30
Contenido de humedad	(%)	2.59	4.63	6.63	8.59
Densidad seca	(g/cm ³)	2.11	2.17	2.20	2.10

Máxima Densidad Seca	M.D.S.	2.201	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	O.C.H.	6.20	%



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el cliente

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	 Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	 Dr. Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA - PARED FLEXIBLE
ASTM D5084

Solicitante : Compañía Minera Antamina Fecha de Ejecución : 25/06/2019
 Proyecto : Dique de desvío - Side Hill - Etapa III
 Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
 Origen de material : Acopio Punto G

Sondeo : TR-PG-01 Clasificación S.U.C.S. matriz : GC
 Muestra : M-1 Estado de la muestra : Remoldeada
 Prof. (m) : --- Método : A

Presión de Poros (kPa)	187.10	455.30	Parámetro B	0.95
Presión de Celda (kPa)	200.40	484.10		
Confinamiento efectivo (kPa)	300			

Gravedad Específica de Sólidos	2.72
--------------------------------	------

Características iniciales		Características finales	
Diámetro (cm)	10.04	Diámetro (cm)	10.01
Altura (cm)	11.00	Altura (cm)	10.89
Densidad seca (g/cm ³)	2.20	Densidad seca (g/cm ³)	2.24
Humedad (%)	6.2	Humedad (%)	7.9
Saturación (%)	71	Saturación (%)	99

Medición del coeficiente de permeabilidad

		1	2	3	4	5
Gradiente (Δh/l)		29.84	29.38	28.93	28.51	28.030
Tiempo (s)		89.00	95.00	103.00	111.00	119.00
Vol. (V) (cm ³)		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Caudal (Q) (cm ³ /s)		2.2E-03	2.1E-03	1.9E-03	1.8E-03	1.7E-03
Perm (KT) (cm/s)		9.4E-07	8.9E-07	8.4E-07	7.9E-07	7.6E-07
Temperatura (°C)		20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
KT 20 °C (cm/s)		9.4E-07	8.9E-07	8.4E-07	7.9E-07	7.5E-07

Promedio KT 20 °C (cm/s)	8.4E-07
--------------------------	---------



Observaciones :

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Cliente
- El ensayo fue realizado a carga constante
- La matriz ensayada corresponde a una grava arcillosa con arena

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Téc. Jhancarlo Araujo	 Ing. Juan Sánchez R. CIP: 226043 Jefe de laboratorio	 Dr. Ing. Zenón Aguilar B. CIP: 040684 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

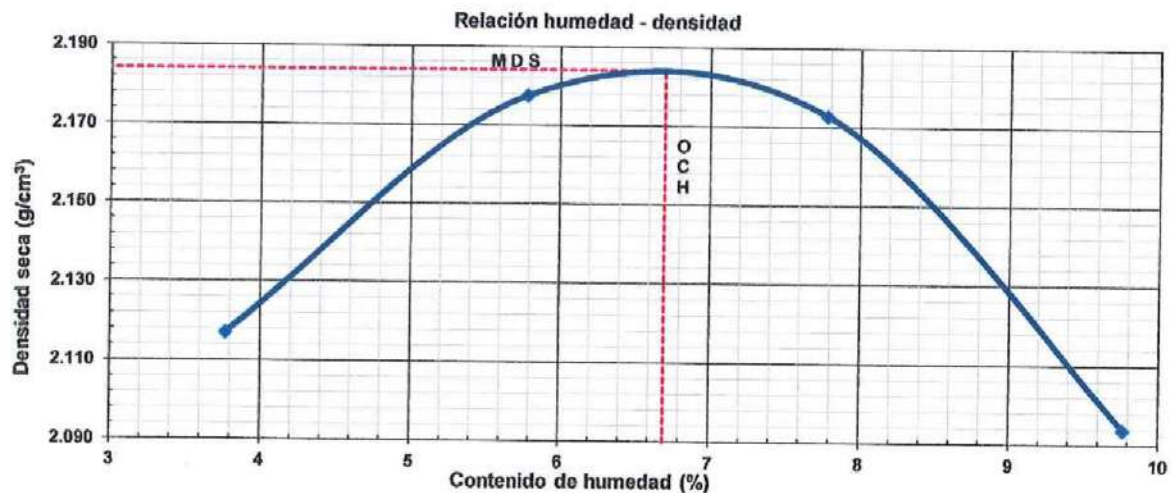
COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO
ASTM D1557

Solicitante : Compañía Minera Antamina **Fecha de Ejecución** : 18/06/2019
Proyecto : Dique de desvío - Side Hill - Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
Origen del material : Acopio Punto G

Sondeo : TR-PG-02 **Clasificación SUCS** : GC
Muestra : M-01 **Clasificación AASHTO** : A-2-6(0)
Prof. (m) : --- **Método de Compactación** : C
Método de preparación : Húmedo **Retenidos 3/4"** : 37 %
Contenido de Humedad recibido : 5 % **3/8"** : 46 %
Descripción del pisón : Manual **Nro. 4** : 55 %

Peso suelo compactado + molde	(g)	10841.00	11069.00	11151.00	11058.00
Peso molde	(g)	6147.00	6147.00	6147.00	6147.00
Peso suelo húmedo compactado	(g)	4694.00	4922.00	5004.00	4911.00
Volumen del molde	(cm ³)	2136.80	2136.80	2136.80	2136.80
Densidad húmeda	(g/cm ³)	2.20	2.30	2.34	2.30
Recipiente N°		N-3	T-93	T-88	T-41
Peso muestra húmeda + tara	(g)	959.20	814.10	568.40	794.50
Peso muestra seca + tara	(g)	928.40	774.60	534.00	731.70
Peso de tara	(g)	111.50	91.60	91.90	88.90
Peso de agua	(g)	30.80	39.50	34.40	62.80
Peso de la muestra seca	(g)	816.90	683.00	442.10	642.80
Contenido de humedad	(%)	3.77	5.78	7.78	9.77
Densidad seca	(g/cm ³)	2.12	2.18	2.17	2.09

Máxima Densidad Seca	M.D.S.	2.184	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	O.C.H.	6.70	%

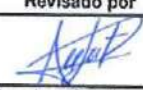

Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el cliente


Elaborado por

Téc. Jhancarlo Araujo

Revisado por


 Ing. Juan Sánchez R.
 CIP: 226043
 Jefe de laboratorio

Aprobado por


 Dr. Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA - PARED FLEXIBLE

ASTM D5084

Solicitante : Compañía Minera Antamina **Fecha de Ejecución** : 21/06/2019
Proyecto : Dique de desvío - Side Hill - Etapa III
Ubicación : Yanacancha/San Marcos/Ancash
Origen de material : Acopio Punto G

Sondeo : TR-PG-02 **Clasificación S.U.C.S. matriz** : SC
Muestra : M-1 **Estado de la muestra** : Remoldeada
Prof. (m) : --- **Método** : A

Presión de Poros (kPa)	186.30	454.80	Parámetro B	0.95
Presión de Celda (kPa)	199.50	483.10		
Confinamiento efectivo (kPa)	300			

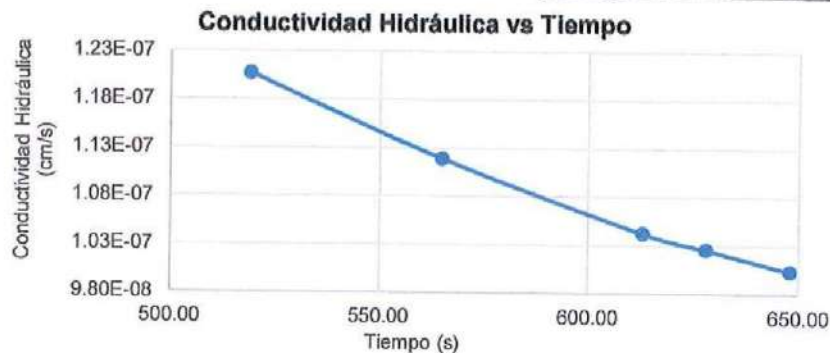
Gravedad Específica de Sólidos	2.69
--------------------------------	------

Características iniciales		Características finales	
Diámetro (cm)	10.04	Diámetro (cm)	10.01
Altura (cm)	11.00	Altura (cm)	10.87
Densidad seca (g/cm ³)	2.18	Densidad seca (g/cm ³)	2.22
Humedad (%)	6.7	Humedad (%)	7.8
Saturación (%)	77	Saturación (%)	99

Medición del coeficiente de permeabilidad

	1	2	3	4	5
Gradiente (Δh/l)	39.85	39.48	39.06	38.75	38.390
Tiempo (s)	519.00	565.00	613.00	628.00	648.00
Vol. (V) (cm ³)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Caudal (Q) (cm ³ /s)	3.9E-04	3.5E-04	3.3E-04	3.2E-04	3.1E-04
Perm (KT) (cm/s)	1.2E-07	1.1E-07	1.0E-07	1.0E-07	1.0E-07
Temperatura (°C)	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
KT 20 °C (cm/s)	1.2E-07	1.1E-07	1.0E-07	1.0E-07	1.0E-07

Promedio KT 20 °C (cm/s)	1.1E-07
--------------------------	---------


Observaciones :

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Cliente
- El ensayo fue realizado a carga constante
- La matriz ensayada corresponde a una arena arcillosa con grava

Elaborado por

Revisado por

Aprobado por

Téc. Jhancarlo Araujo


 Ing. Juan Sánchez R.
 CIP: 226043
 Jefe de laboratorio

 Ing. Zenón Aguilar B.
 CIP: 040684
 Gerente General

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de Geo Frontier Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Geo Frontier Perú S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

Lima, 17 de junio de 2019

Carta N° LAB19- 0026 LAVALIN
SEÑORES:
SNC LAVALIN PERÚ S.A.

REFERENCIA: Entrega de Informe LG19-066.

De mi mayor consideración:

La presente es para expresarles nuestro cordial saludo y a la vez remitirle el Informe de ensayos de laboratorio correspondiente a la cotización N° **LG19-066** Del proyecto "Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A-VI-B y Polishing Pong Dique de desvío SideHill – Etapa III".

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para expresarles los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



GEO FRONTIER PERU S.A.C.
Ing. **JUAN FAUSTO SÁNCHEZ RIVAS**
JEFE DE LABORATORIO

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

Lima, 17 de junio de 2019

Carta N° LAB19- 0026 LAVALIN
SEÑORES:
SNC LAVALIN PERÚ S.A.

REFERENCIA: Entrega de Informe LG19-066.

De mi mayor consideración:

La presente es para expresarles nuestro cordial saludo y a la vez remitirle el Informe de ensayos de laboratorio correspondiente a la cotización N° **LG19-066** Del proyecto "Recrecimiento de presa de relaves Etapa VI-A-VI-B y Polishing Pong Dique de desvío SideHill – Etapa III".

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para expresarles los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



GEO FRONTIER PERU S.A.C.
Ing. **JUAN FAUSTO SÁNCHEZ RIVAS**
JEFE DE LABORATORIO

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

Lima, 05 de julio de 2019

Carta N° LAB19- 0030

**SEÑORES:
SNC LAVALIN PERÚ S.A**

REFERENCIA: Entrega de Informe LG19-070.

De mi mayor consideración:

La presente es para expresarles nuestro cordial saludo y a la vez remitirle el Informe de ensayos de laboratorio correspondiente a la cotización N° **LG19-070** Del proyecto "Recrecimiento de Presa de Relaves Etapa VI-A Y VI-B y polishing Pond Dam.

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



GEO FRONTIER PERU S.A.C.
Ing. JUAN FAUSTO SÁNCHEZ RIVAS
JEFE DE LABORATORIO

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

Lima, 17 de junio de 2019

Carta N° LAB19- 0027 LAVALIN
SEÑORES:
SNC LAVALIN PERÚ S.A.


REFERENCIA: Entrega de Informe LG19-031.

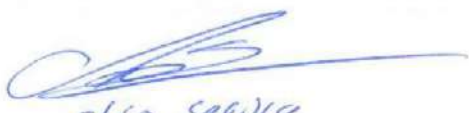
De mi mayor consideración:

La presente es para expresarles nuestro cordial saludo y a la vez remitirle el Informe de ensayos de laboratorio correspondiente a la cotización N° **LG19-031** Del proyecto "Dique de protección – Side Hill".

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para expresarles los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,


GEO FRONTIER PERU S.A.C.
Ing. JUAN FAUSTO SÁNCHEZ RIVAS
JEFE DE LABORATORIO


Elío Segura
08607596

		GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo			
Registro de Calidad del Laboratorio		LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)			
(ASTM D4767-00)			
Proyecto	: Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA	N° Informe	: GI0103
Solicitante	: Ing. Luis Carruitero	N° Proyecto	: 1794158519
Ubicación	: Ancash	Sondaje	: C-1
Fecha	: 13 de junio de 2018	Muestra	: Punto F
N° Solicitud	: LGGA-18-0021	Prof. (m)	: -

Clasificación SUCS: GC-GM LL: 22 LP: 16 IP: 6
 Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.704 g/cm³ y 10.9 % de humedad, según datos del cliente.
 Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.
 Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.

ESPECIMEN 1

Parámetro B: 0.98

ETAPA DE CONSOLIDACIÓN

Presión de Celda: 362 kPa		Contrapresión: 262 kPa						
Esfuerzo Efectivo Inicial (σ_3): 100 kPa								
	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Humedad (%)	Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos	Saturación (%)	G. Específica Promedio
INICIAL	30.51	15.24	182.41	10.9	1.706	0.616	48.9	2.757
FINAL	28.45	14.10	156.11	10.4	2.137	0.290	98.8	

Nota: La altura y diámetro iniciales son medidos, todas las demás dimensiones son calculadas.

ETAPA DE CORTE

Razón de Deformación (%/min):	0.111	Esfuerzo Principal en la Falla (kPa)			
Deformación Axial en la Falla (%):	15.0	σ_1	σ_1'	σ_3	σ_3'
Criterios de Falla:	Esfuerzo Dev. Máximo	261	174	100	14

Nota: Se aplicaron correcciones por membrana.

Deformación (%)	Esf. Dev. (kPa)	P. Poros (kPa)	σ_3' (kPa)	σ_1' (kPa)	p' (kPa)	q (kPa)	q/p'	Oblicuidad (σ_1'/σ_3')
0.00	3.73	0.00	100.20	103.93	102.06	1.86	0.02	1.04
0.05	51.41	7.96	92.24	143.65	117.95	25.71	0.22	1.56
0.11	64.54	14.19	86.01	150.55	118.26	32.27	0.27	1.75
0.21	77.34	24.51	75.69	153.03	114.36	38.67	0.34	2.02
0.30	82.63	31.08	69.12	151.74	110.43	41.31	0.37	2.20
0.51	90.12	40.62	59.57	149.70	104.64	45.06	0.43	2.51
0.75	93.52	42.00	58.19	151.72	104.96	46.76	0.45	2.61
1.02	96.10	55.30	44.90	141.00	92.95	48.05	0.52	3.14
1.29	97.06	69.98	30.22	127.30	78.76	48.54	0.62	4.21
1.50	98.00	71.88	28.32	126.32	77.32	49.00	0.63	4.46
1.72	99.09	74.77	25.43	124.52	74.98	49.54	0.66	4.90
2.04	100.35	75.05	25.15	125.50	75.32	50.17	0.67	4.99
2.58	102.50	74.97	25.22	127.73	76.48	51.25	0.67	5.06
3.01	103.66	79.79	20.41	124.07	72.24	51.83	0.72	6.08
3.55	104.73	74.74	25.46	130.19	77.82	52.37	0.67	5.11
4.08	107.91	75.68	24.51	132.42	78.47	53.95	0.69	5.40
4.51	109.96	75.85	24.34	134.30	79.32	54.98	0.69	5.52
5.05	111.84	73.92	26.28	138.12	82.20	55.92	0.68	5.26
6.18	117.71	75.14	25.06	142.76	83.91	58.85	0.70	5.70
7.25	123.06	75.52	24.68	147.74	86.21	61.53	0.71	5.99
8.06	127.40	76.25	23.95	151.35	87.65	63.70	0.73	6.32
9.13	133.20	78.56	21.64	154.84	88.24	66.60	0.75	7.16
10.20	137.76	81.63	18.57	156.33	87.45	68.88	0.79	8.42
12.08	145.93	83.74	16.45	162.38	89.42	72.96	0.82	9.87
14.22	156.31	83.99	16.20	172.51	94.36	78.15	0.83	10.65
16.10	165.31	89.21	10.99	176.30	93.65	82.65	0.88	16.04
18.25	180.53	93.26	6.94	187.47	97.21	90.27	0.93	27.02
20.13	190.45	94.47	5.72	196.18	100.95	95.23	0.94	34.27

		GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo			
Registro de Calidad del Laboratorio		LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)			
(ASTM D4767-00)			
Proyecto	: Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA	N° Informe	: GI0103
Solicitante	: Ing. Luis Carruitero	N° Proyecto	: 1794158519
Ubicación	: Ancash	Sondaje	: C-1
Fecha	: 4/3/2014	Muestra	: Punto F
N° Solicitud	: LGGA-18-0021	Prof. (m)	: -

Clasificación SUCS:	GC-GM	LL: 22	LP: 16	IP: 6
Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.704 g/cm ³ y 10.9 % de humedad, según datos del cliente.				
Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.				
Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.				

ESPECIMEN 2	
Parámetro B:	0.99

ETAPA DE CONSOLIDACIÓN								
Presión de Celda: 570 kPa					Contrapresión: 270 kPa			
Esfuerzo Efectivo Inicial (σ'_3): 300 kPa								
	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Humedad (%)	Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos	Saturación (%)	G. Específica Promedio
INICIAL	30.51	15.24	182.41	10.9	1.706	0.616	48.9	2.757
FINAL	28.30	14.00	153.97	9.5	2.179	0.265	99.1	
Nota: La altura y diámetro iniciales son medidos, todas las demás dimensiones son calculadas.								

ETAPA DE CORTE								
Razón de Deformación (%/min): 0.111				Esfuerzo Principal en la Falla (kPa)				
Deformación Axial en la Falla (%): 15.1				σ_1	σ'_1	σ_3	σ'_3	
Criterios de Falla: Esfuerzo Dev. Máximo				648	417	300	69	
Nota: Se aplicaron correcciones por membrana.								

Deformación (%)	Esf. Dev. (kPa)	P. Poros (kPa)	σ'_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	p' (kPa)	q (kPa)	q/p'	Obllicuidad (σ'_1/σ'_3)
0.00	1.81	0.00	300.12	301.92	301.02	0.90	0.00	1.01
0.05	76.82	4.22	295.90	372.71	334.30	38.41	0.11	1.25
0.11	120.64	11.70	288.42	409.06	348.74	60.32	0.17	1.42
0.22	152.70	35.96	264.15	416.85	340.50	76.35	0.22	1.58
0.30	170.62	58.40	241.72	412.33	327.03	85.31	0.26	1.71
0.51	195.75	113.73	186.38	382.14	284.26	97.88	0.34	2.05
0.73	204.38	153.94	146.17	350.55	248.36	102.19	0.41	2.40
1.00	206.41	185.11	115.01	321.41	218.21	103.20	0.47	2.79
1.29	206.28	205.11	95.01	301.29	198.15	103.14	0.52	3.17
1.51	206.70	214.56	85.55	292.25	188.90	103.35	0.55	3.42
1.73	205.18	216.88	83.24	288.42	185.83	102.59	0.55	3.47
2.05	205.63	219.68	80.44	286.07	183.25	102.82	0.56	3.56
2.59	212.61	226.65	73.47	286.08	179.77	106.31	0.59	3.89
3.02	214.64	227.88	72.24	286.88	179.56	107.32	0.60	3.97
3.57	219.87	229.89	70.22	290.09	180.16	109.93	0.61	4.13
4.11	226.59	229.53	70.58	297.17	183.88	113.30	0.62	4.21
4.54	230.24	229.61	70.50	300.75	185.63	115.12	0.62	4.27
5.08	233.96	230.92	69.19	303.15	186.17	116.98	0.63	4.38
6.21	244.32	232.85	67.26	311.58	189.42	122.16	0.64	4.63
7.02	253.71	232.78	67.33	321.04	194.19	126.85	0.65	4.77
8.10	267.68	233.76	66.36	334.03	200.19	133.84	0.67	5.03
9.18	290.76	233.92	66.20	356.95	211.58	145.38	0.69	5.39
10.26	303.38	233.04	67.08	370.46	218.77	151.69	0.69	5.52
12.15	329.15	232.37	67.74	396.89	232.32	164.58	0.71	5.86
14.03	341.26	229.93	70.19	411.45	240.82	170.63	0.71	5.86
16.19	354.02	233.89	66.22	420.25	243.24	177.01	0.73	6.35
18.08	367.38	236.47	63.65	431.03	247.34	183.69	0.74	6.77
20.24	370.40	233.38	66.73	437.13	251.93	185.20	0.74	6.55

		GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo			
Registro de Calidad del Laboratorio		LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)			
(ASTM D4767-00)			
Proyecto : Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA	N° Informe : GI0103		
Solicitante : Ing. Luis Carruitero	N° Proyecto : 1794158519		
Ubicación : Ancash	Sondaje : C-1		
Fecha : 43204	Muestra : Punto F		
N° Solicitud : LGGA-18-0021	Prof. (m) : -		

Clasificación SUCS: GC-GM LL: 22 LP: 16 IP: 6
 Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.704 g/cm³ y 10.9 % de humedad, según datos del cliente.
 Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.
 Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.

ESPECIMEN 3

Parámetro B: 0.98

ETAPA DE CONSOLIDACIÓN								
Presión de Celda: 800 kPa					Contrapresión: 264 kPa			
Esfuerzo Efectivo Inicial (σ'_v): 605 kPa								
	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Humedad (%)	Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos	Saturación (%)	G. Específica Promedio
INICIAL	30.51	15.24	182.41	10.9	1.706	0.616	48.9	2.757
FINAL	28.15	13.91	151.86	8.6	2.221	0.241	98.2	

Nota: La altura y diámetro iniciales son medidos, todas las demás dimensiones son calculadas.

ETAPA DE CORTE								
Razón de Deformación (%/min): 0.111				Esfuerzo Principal en la Falla (kPa)				
Deformación Axial en la Falla (%): 15.2				σ'_1	σ'_3	σ'_2	σ'_v	
Criterios de Falla: Estuerzo Dev. Máximo				1150	675	605	130	
Nota: Se aplicaron correcciones por membrana.								
Deformación (%)	Esf. Dev. (kPa)	P. Poros (kPa)	σ'_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	p' (kPa)	q (kPa)	q/p'	Oblicuidad (σ'_1/σ'_3)
0.00	1.83	0.00	605.37	607.20	606.28	0.92	0.00	1.00
0.05	68.93	1.63	603.73	672.66	638.20	34.46	0.05	1.11
0.11	119.44	3.54	601.83	721.27	661.55	59.72	0.09	1.20
0.22	210.94	14.58	590.78	801.72	696.25	105.47	0.15	1.36
0.30	250.28	29.38	575.98	826.26	701.12	125.14	0.18	1.43
0.52	326.46	86.93	518.43	844.90	681.66	163.23	0.24	1.63
0.73	359.91	156.59	448.78	808.70	628.74	179.96	0.29	1.80
1.00	372.64	241.55	363.81	736.45	550.13	186.32	0.34	2.02
1.30	376.38	317.34	288.02	664.40	476.21	188.19	0.40	2.31
1.52	378.53	359.38	245.99	624.52	435.25	189.26	0.43	2.54
1.74	381.30	387.44	217.92	599.22	408.57	190.65	0.47	2.75
2.06	384.77	416.89	188.48	573.25	380.86	192.38	0.51	3.04
2.50	390.30	441.23	164.13	554.43	359.28	195.15	0.54	3.38
3.04	397.39	448.29	157.07	554.47	355.77	198.70	0.56	3.53
3.58	405.01	454.21	151.16	556.16	353.66	202.50	0.57	3.68
4.02	411.36	462.05	143.32	554.68	349.00	205.68	0.59	3.87
4.56	419.33	464.75	140.62	559.95	350.28	209.67	0.60	3.98
5.10	427.03	466.20	139.17	566.19	352.68	213.51	0.61	4.07
6.24	443.31	468.88	136.49	579.80	358.14	221.66	0.62	4.25
7.06	454.39	473.41	131.95	586.34	359.15	227.19	0.63	4.44
8.14	468.17	473.68	131.68	599.86	365.77	234.09	0.64	4.56
9.23	481.68	474.33	131.03	612.72	371.88	240.84	0.65	4.68
10.04	491.76	477.82	127.54	619.30	373.42	245.88	0.66	4.86
12.21	518.59	477.69	127.67	646.26	386.97	259.29	0.67	5.06
14.11	535.02	478.06	127.31	662.32	394.82	267.51	0.68	5.20
16.01	554.89	482.43	122.94	677.83	400.39	277.45	0.69	5.51
18.18	570.76	493.03	112.33	683.10	397.72	285.38	0.72	6.08
20.08	580.41	491.47	113.89	694.31	404.10	290.21	0.72	6.10



GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo

Registro de Calidad del Laboratorio

LAB-MS-R-017

Rev. 4

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)

(ASTM D4767-00)

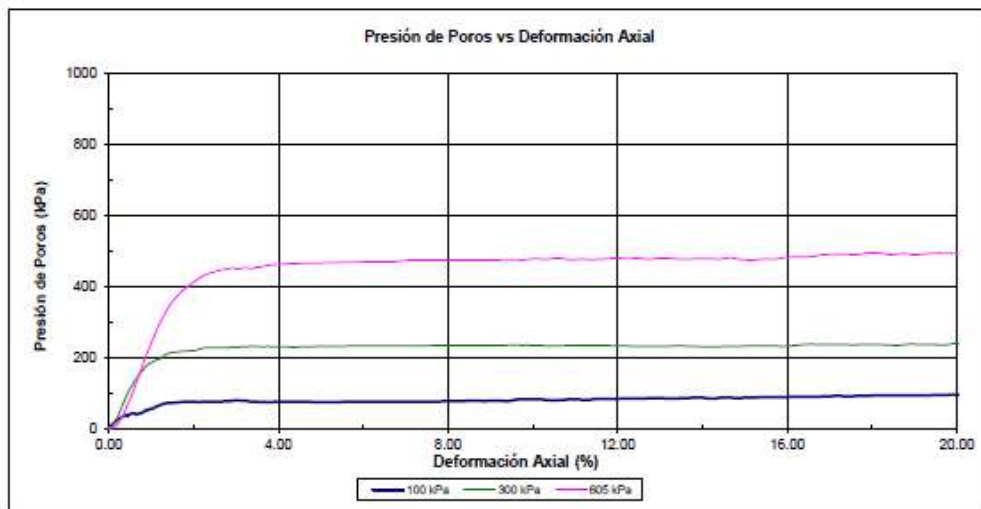
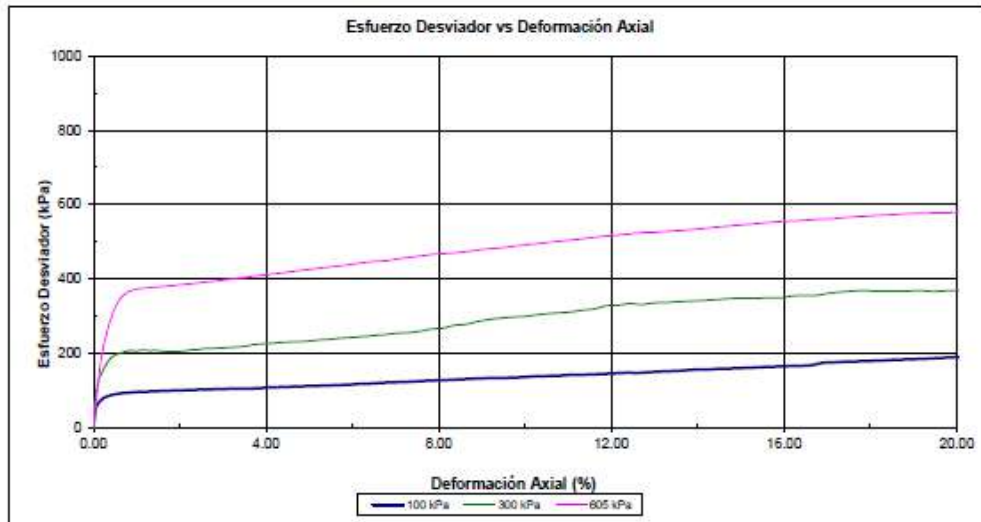
Proyecto : Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA
Solicitante : Ing. Luis Carruitero
Ubicación : Ancash
Fecha : 4/3/2014
N° Solicitud : LGGA-18-0021

N° Informe : GI0103
N° Proyecto : 1794158519
Sondaje : C-1
Muestra : Punto F
Prof. (m) : -

Clasificación SUCS: GC-GM LL: 22 LP: 16 IP: 6

Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.704 g/cm³ y 10.9 % de humedad, según datos del cliente.

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.
Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.



Ensayado por: Y.H.

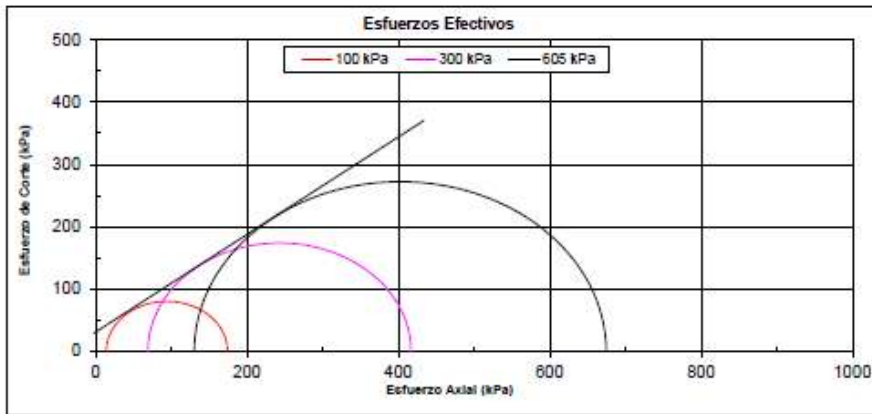
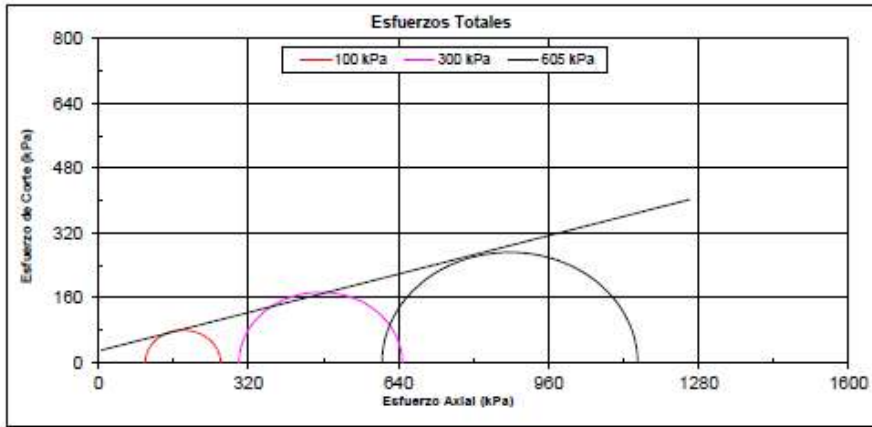
Revisado y aprobado por: J.C.

GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo		
Registro de Calidad del Laboratorio	LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)		
(ASTM D4767-00)		
Proyecto : Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA Solicitante : Ing. Luis Camuitero Ubicación : Ancash Fecha : 13 de junio de 2018 N° Solicitud : LGGA-18-0021	N° Informe : GI0103 N° Proyecto : 1794158519 Sondaje : C-1 Muestra : Punto F Prof. (m) : -	

Clasificación SUCS: GC-GM LL: 22 LP: 16 IP: 6
 Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.704 g/cm³ y 10.9 % de humedad, según datos del cliente.
 Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.
 Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.

CIRCULOS DE ESFUERZOS DE MOHR

ESFUERZO	PARAMETROS DE RESISTENCIA	
	COHESION (kPa)	ANG. DE FRICCION (°)
TOTAL	37	16
EFFECTIVO	28	39

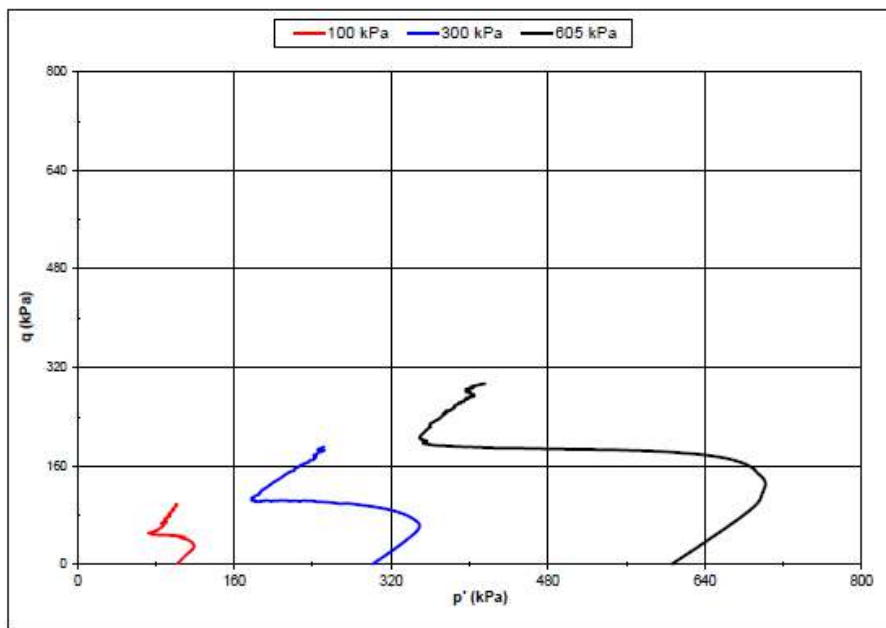


Ensayado por: Y.H. Revisado y aprobado por: J.C.

GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo		
Registro de Calidad del Laboratorio	LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)		
(ASTM D4767-00)		
Proyecto : Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA Solicitante : Ing. Luis Carrutero Ubicación : Ancash Fecha : 43264 Nº Solicitud : LGGA-18-0021	Nº Informe : GI0103 Nº Proyecto : 1794158519 Sondaje : C-1 Muestra : Punto F Prof. (m) : -	

Clasificación SUCS: GC-GM LL: 22 LP: 16 IP: 6
 Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.704 g/cm³ y 10.9 % de humedad, según datos del cliente.
 Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.
 Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.

Diagrama p' q



GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo		
Registro de Calidad del Laboratorio	LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)		
(ASTM D4767-00)		
Proyecto : Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA	N° de Informe : GI0103	
Solicitante : Ing. Luis Carruitero	N° de Proyecto : 1794158519	
Ubicación : Ancash	Sondaje : C-1	
Fecha : 13 de junio de 2018	Muestra : Punto F	
N° Solicitud : LGGA-18-0021	Profundidad (m) : -	

PANEL FOTOGRAFICO

ESPECIMEN 1
Esfuerzo Efectivo Inicial
100 kPa



ESPECIMEN 2
Esfuerzo Efectivo Inicial
300 kPa



ESPECIMEN 3
Esfuerzo Efectivo Inicial
605 kPa



		GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS			
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo			
Registro de Calidad del Laboratorio		LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)			
(ASTM D4767-00)			
Proyecto	: Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA	N° Informe	: GI0104
Solicitante	: Ing. Luis Carruitero	N° Proyecto	: 1794158519
Ubicación	: Ancash	Sondaje	: C-2
Fecha	: 18.06.2018	Muestra	: Punto F
N° Solicitac:	: LGGA-18-0021	Prof. (m)	: -

Clasificación SUCS: GC LL: 30 LP: 19 IP: 11
 Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.748 g/cm³ y 11.1 % de humedad, según datos del cliente.
 Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.
 Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.

ESPECIMEN 1

Parámetro B: 0.98

ETAPA DE CONSOLIDACIÓN								
Presión de Celda: 510 kPa					Contrapresión: 408 kPa			
Esfuerzo Efectivo Inicial (σ_v): 102 kPa								
	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Humedad (%)	Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos	Saturación (%)	G. Específica Promedio
INICIAL	30.51	15.24	182.41	11.1	1.750	0.581	52.9	2.766
FINAL	28.99	14.42	163.32	12.3	2.057	0.345	98.4	

Nota: La altura y diámetro iniciales son medidos, todas las demás dimensiones son calculadas.

ETAPA DE CORTE				
Razón de Deformación (%/min): 0.111		Esfuerzo Principal en la Falla (kPa)		
Deformación Axial en la Falla (%): 15.0		σ_1	σ_1'	σ_3
Criterios de Falla: Esfuerzo Dev. Máximo		216	117	102
Nota: Se aplicaron correcciones por membrana.				

Deformación (%)	Esf. Dev. (kPa)	P. Poros (kPa)	σ_1' (kPa)	σ_1 (kPa)	p' (kPa)	q (kPa)	q/p'	Oblicuidad (σ_1/σ_3)
0.00	20.79	0.00	101.63	122.42	112.02	10.39	0.09	1.20
0.05	64.99	12.66	88.96	153.95	121.46	32.50	0.27	1.73
0.11	75.49	24.18	77.45	152.95	115.20	37.75	0.33	1.97
0.21	87.50	39.84	61.79	149.29	105.54	43.75	0.41	2.42
0.32	93.82	49.93	51.70	145.52	96.51	46.91	0.48	2.81
0.50	97.03	60.62	41.01	138.04	89.53	48.52	0.54	3.37
0.74	97.06	68.73	32.89	129.96	81.42	48.53	0.60	3.95
1.00	99.40	74.10	27.53	126.92	77.23	49.70	0.64	4.61
1.27	99.07	77.53	24.10	123.17	73.64	49.54	0.67	5.11
1.58	96.55	80.16	21.47	118.02	69.75	48.27	0.69	5.50
1.80	94.41	81.25	20.38	114.79	67.58	47.20	0.70	5.63
2.01	91.04	82.42	19.21	110.25	64.73	45.52	0.70	5.74
2.53	83.94	84.31	17.32	101.26	59.29	41.97	0.71	5.85
3.06	80.43	85.54	16.09	96.52	56.31	40.22	0.71	6.00
3.48	77.05	86.19	15.44	92.49	53.97	38.52	0.71	5.99
4.01	75.97	87.39	14.24	90.22	52.23	37.99	0.73	6.33
4.54	80.53	88.16	13.47	94.00	53.73	40.26	0.75	6.98
5.06	80.69	89.33	12.30	92.99	52.64	40.34	0.77	7.56
6.07	77.93	90.93	10.70	88.63	49.66	38.97	0.78	8.28
7.12	78.47	92.40	9.23	87.70	48.47	39.24	0.81	9.50
8.17	83.37	91.19	10.44	93.81	52.13	41.69	0.80	8.99
9.23	81.40	91.98	9.65	91.04	50.34	40.70	0.81	9.44
10.01	89.60	94.04	7.58	97.16	52.38	44.80	0.86	12.81
12.12	100.89	96.83	4.80	105.69	55.24	50.44	0.91	22.03
14.23	109.82	97.34	4.29	114.11	59.20	54.91	0.93	26.59
16.07	117.14	96.93	4.70	121.84	63.27	58.57	0.93	25.91
18.18	127.34	100.13	1.50	128.83	65.16	63.67	0.98	86.14
20.02	135.84	99.67	1.96	137.80	69.88	67.92	0.97	70.27

		GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS			
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo			
Registro de Calidad del Laboratorio		LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)			
(ASTM D4767-00)			
Proyecto	: Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA	N° Informe	: GI0104
Solicitante	: Ing. Luis Carruitero	N° Proyecto	: 1794158519
Ubicación	: Ancash	Sondaje	: C-2
Fecha	: 18.06.2018	Muestra	: Punto F
N° Solicitac	: LGGA-18-0021	Prof. (m)	: -

Clasificación SUCS: GC LL: 30 LP: 19 IP: 11
 Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.748 g/cm³ y 11.1 % de humedad, según datos del cliente.
 Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.
 Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.

ESPECIMEN 2

Parámetro B: 0.97

ETAPA DE CONSOLIDACIÓN								
Presión de Celda: 709 kPa					Contrapresión: 407 kPa			
Esfuerzo Efectivo Inicial (σ_v): 302 kPa								
	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Humedad (%)	Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos	Saturación (%)	G. Especifica Promedio
INICIAL	30.51	15.24	182.41	11.1	1.750	0.561	52.9	2.768
FINAL	26.77	14.29	160.41	10.9	2.110	0.311	97.2	

Nota: La altura y diámetro iniciales son medidos, todas las demás dimensiones son calculadas.

ETAPA DE CORTE				
Razón de Deformación (%/min): 0.111		Esfuerzo Principal en la Falla (kPa)		
Deformación Axial en la Falla (%): 15.1		σ_1	σ_1'	σ_3
Criterios de Falla:		Esfuerzo Desv. Máximo		σ_3
		590	314	302
Nota: Se aplicaron correcciones por membrana.				

Deformación (%)	Esf. Desv. (kPa)	P. Poros (kPa)	σ_2 (kPa)	σ_1' (kPa)	p' (kPa)	q (kPa)	q/p'	Oblicuidad (σ_1'/σ_3)
0.00	13.48	0.00	302.11	315.59	308.85	6.74	0.02	1.04
0.05	36.56	2.82	299.28	337.84	318.56	19.28	0.06	1.13
0.11	102.20	17.00	285.11	387.30	336.20	51.10	0.15	1.36
0.21	154.85	61.08	241.03	395.88	318.46	77.43	0.24	1.64
0.32	182.41	97.60	204.51	366.92	295.71	91.20	0.31	1.89
0.50	204.95	139.44	162.67	367.62	265.14	102.48	0.39	2.26
0.74	216.58	172.60	129.51	346.09	237.80	108.29	0.46	2.67
1.01	219.66	195.90	106.20	325.86	216.03	109.83	0.51	3.07
1.27	220.85	205.16	96.95	317.80	207.37	110.43	0.53	3.28
1.49	221.26	214.26	87.85	309.11	198.48	110.63	0.56	3.52
1.70	222.42	220.20	81.90	304.33	193.12	111.21	0.58	3.72
2.02	223.36	229.60	72.51	295.87	184.19	111.68	0.61	4.08
2.55	225.05	230.53	71.58	296.63	184.10	112.52	0.61	4.14
3.08	228.44	237.21	64.90	293.34	179.12	114.22	0.64	4.52
3.51	229.48	238.27	63.84	293.31	178.57	114.74	0.64	4.59
4.04	230.51	238.32	63.79	294.30	179.05	115.26	0.64	4.61
4.57	231.45	241.89	60.22	291.67	175.94	115.73	0.66	4.84
5.10	228.73	248.51	53.59	282.33	167.96	114.37	0.68	5.27
6.11	237.33	251.58	50.53	287.85	169.19	118.66	0.70	5.70
7.17	245.61	255.34	46.76	292.37	169.57	122.80	0.72	6.25
8.23	255.66	255.07	47.04	302.70	174.87	127.83	0.73	6.44
9.03	262.15	255.20	46.90	309.05	177.98	131.07	0.74	6.59
10.09	267.77	263.13	38.98	306.75	172.87	133.89	0.77	7.87
12.21	279.24	269.83	32.28	311.52	171.90	139.62	0.81	9.65
14.07	283.39	267.63	34.47	317.86	176.17	141.69	0.80	9.22
16.19	294.66	277.81	24.30	318.96	171.63	147.33	0.86	13.13
18.05	304.74	279.14	22.97	327.71	175.34	152.37	0.87	14.27
20.17	316.52	281.52	20.58	337.11	178.85	158.26	0.88	16.38

		GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS			
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo			
Registro de Calidad del Laboratorio		LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)			
(ASTM D4767-00)			
Proyecto	: Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA	N° Informe	: GI0104
Solicitante	: Ing. Luis Carruitero	N° Proyecto	: 1794168519
Ubicación	: Ancash	Sondaje	: C-2
Fecha	: 18.06.2018	Muestra	: Punto F
N° Solicitud	: LGGA-18-0021	Prof. (m)	: -

Clasificación SUCS:	GC	LL: 30	LP: 19	IP: 11
Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.748 g/cm ³ y 11.1 % de humedad, según datos del cliente.				
Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.				
Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.				

ESPECIMEN 3	
Parámetro B:	0.98

ETAPA DE CONSOLIDACIÓN								
Presión de Celda: 1008 kPa					Contrapresión: 409 kPa			
Esfuerzo Efectivo Inicial (σ_3): 599 kPa								
	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Humedad (%)	Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos	Saturación (%)	G. Especifica Promedio
INICIAL	30.51	15.24	182.41	11.1	1.750	0.581	52.9	2.768
FINAL	28.57	14.17	157.70	9.4	2.161	0.280	98.3	
Nota: La altura y diámetro iniciales son medidos, todas las demás dimensiones son calculadas.								

ETAPA DE CORTE							
Razón de Deformación (%/min): 0.111				Esfuerzo Principal en la Falla (kPa)			
Deformación Axial en la Falla (%): 15.2				σ_1	σ_1'	σ_3	σ_3'
Criterios de Falla: Esfuerzo Dev. Máximo				1052	551	599	98
Nota: Se aplicaron correcciones por membrana.							

Deformación (%)	Esf. Dev. (kPa)	P. Poros (kPa)	σ_3' (kPa)	σ_1' (kPa)	p' (kPa)	q (kPa)	q/p'	Oblicuidad (σ_1'/σ_3')
0.00	5.09	0.00	599.25	604.34	601.79	2.54	0.00	1.01
0.05	27.20	3.90	595.35	622.55	608.95	13.60	0.02	1.05
0.11	62.61	14.84	584.41	647.02	615.72	31.31	0.05	1.11
0.21	97.34	32.88	566.37	663.71	615.04	48.67	0.08	1.17
0.32	180.88	81.32	517.94	696.82	608.38	90.44	0.15	1.35
0.51	270.36	193.92	405.33	675.69	540.51	135.18	0.25	1.67
0.75	319.57	305.24	294.01	613.58	453.79	159.78	0.35	2.09
1.02	336.99	372.92	226.33	563.32	394.82	168.49	0.43	2.49
1.28	343.90	411.76	187.49	531.39	359.44	171.95	0.48	2.83
1.50	345.30	422.91	176.34	521.64	348.99	172.65	0.49	2.96
1.71	346.55	440.91	158.35	504.89	331.62	173.27	0.52	3.19
2.03	347.70	457.36	141.87	489.57	315.72	173.85	0.55	3.45
2.57	350.12	465.33	133.92	484.04	308.98	175.05	0.57	3.61
3.11	353.72	472.44	126.81	480.53	303.67	176.86	0.58	3.79
3.53	357.15	491.99	107.26	464.41	285.83	176.57	0.62	4.33
4.07	361.90	492.44	106.81	468.70	287.76	180.95	0.63	4.39
4.50	365.88	493.54	105.72	471.60	288.66	182.94	0.63	4.46
5.04	371.30	498.25	101.00	472.30	286.65	185.65	0.65	4.68
6.16	379.52	499.99	99.26	478.78	289.02	189.76	0.66	4.82
7.23	391.67	499.30	99.95	491.62	295.78	195.84	0.66	4.92
8.03	398.12	503.45	95.81	493.93	294.87	199.06	0.68	5.16
9.10	414.09	507.04	92.21	506.30	299.25	207.05	0.69	5.49
10.16	423.62	502.89	96.36	519.98	308.17	211.81	0.69	5.40
12.04	435.94	498.29	100.96	536.89	318.93	217.97	0.68	5.32
14.17	448.03	502.11	97.14	545.17	321.15	224.01	0.70	5.61
16.04	458.96	499.56	99.69	558.67	329.18	229.49	0.70	5.60
18.18	466.95	498.41	100.85	567.80	334.32	233.48	0.70	5.63
20.05	471.48	496.36	102.89	574.37	338.63	235.74	0.70	5.58



GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo

Registro de Calidad del Laboratorio

LAB-MS-R-017

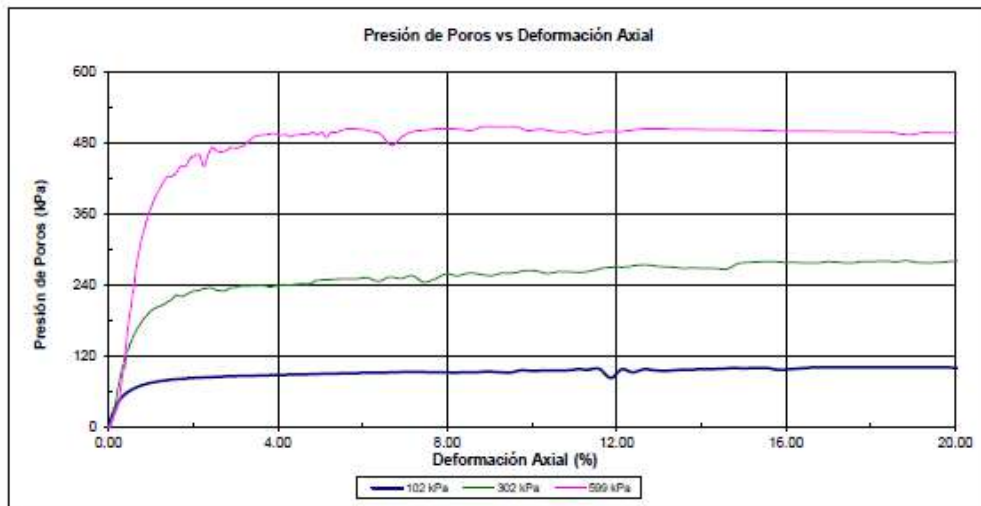
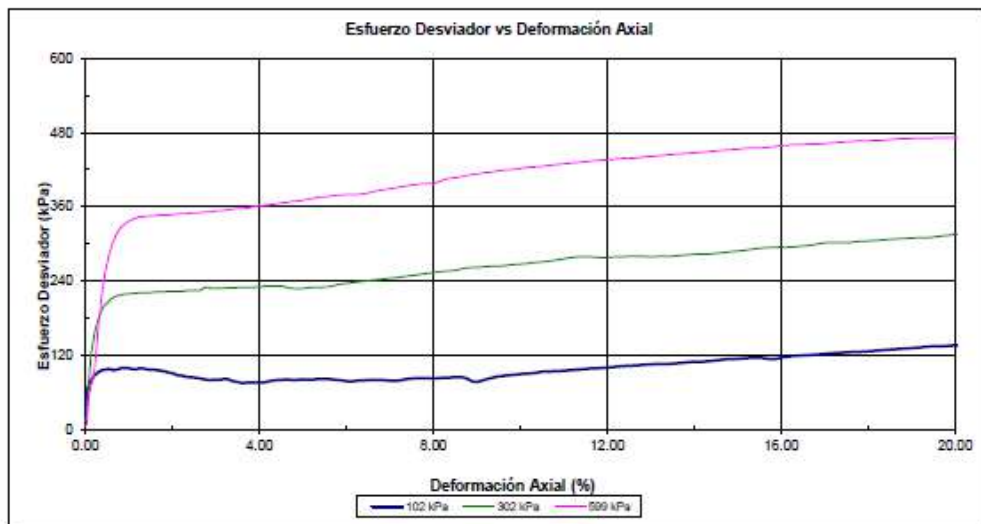
Rev. 4

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)
(ASTM D4767-00)

Proyecto : Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA
Solicitante : Ing. Luis Camuero
Ubicación : Ancash
Fecha : 18.06.2018
N° Solicitud : LGGA-18-0021

N° Informe : GI0104
N° Proyecto : 1794158519
Sondaje : C-2
Muestra : Punto F
Prof. (m) : -

Clasificación SUCS: GC LL: 30 LP: 19 IP: 11
Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.748 g/cm³ y 11.1 % de humedad, según datos del cliente.
Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.
Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.



Ensayado por: Y.H.

Revisado y aprobado por: J.C.



GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo

Registro de Calidad del Laboratorio

LAB-MS-R-017

Rev. 4

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)

(ASTM D4767-00)

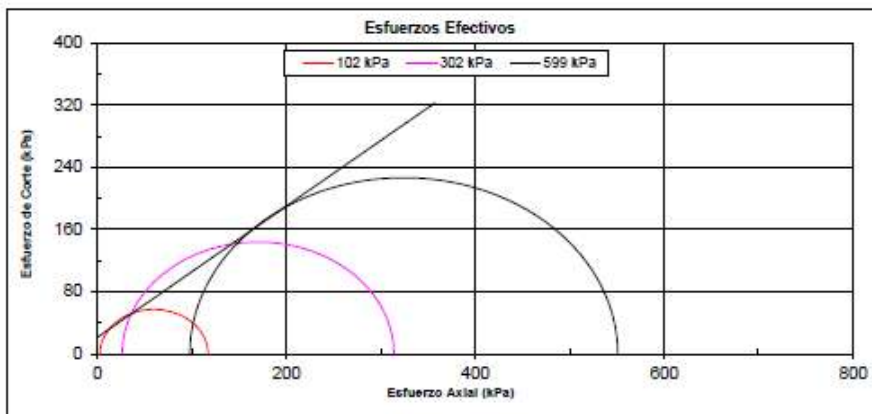
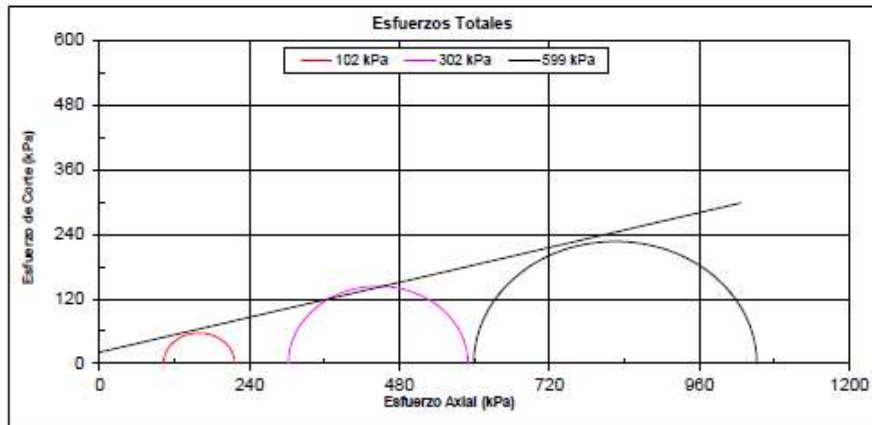
Proyecto : Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA
Solicitante : Ing. Luis Camuitero
Ubicación : Ancash
Fecha : 18.06.2018
N° Solicitud : LGGA-18-0021

N° Informe : GI0104
N° Proyecto : 1794158519
Sondaje : C-2
Muestra : Punto F
Prof. (m) : -

Clasificación SUCS: GC LL: 30 LP: 19 IP: 11
Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.748 g/cm³ y 11.1 % de humedad, según datos del cliente.
Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.
Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.

CIRCULOS DE ESFUERZOS DE MOHR

ESFUERZO	PARAMETROS DE RESISTENCIA	
	COHESIÓN (kPa)	ANG. DE FRICCIÓN (°)
TOTAL	23	15
EFFECTIVO	33	39



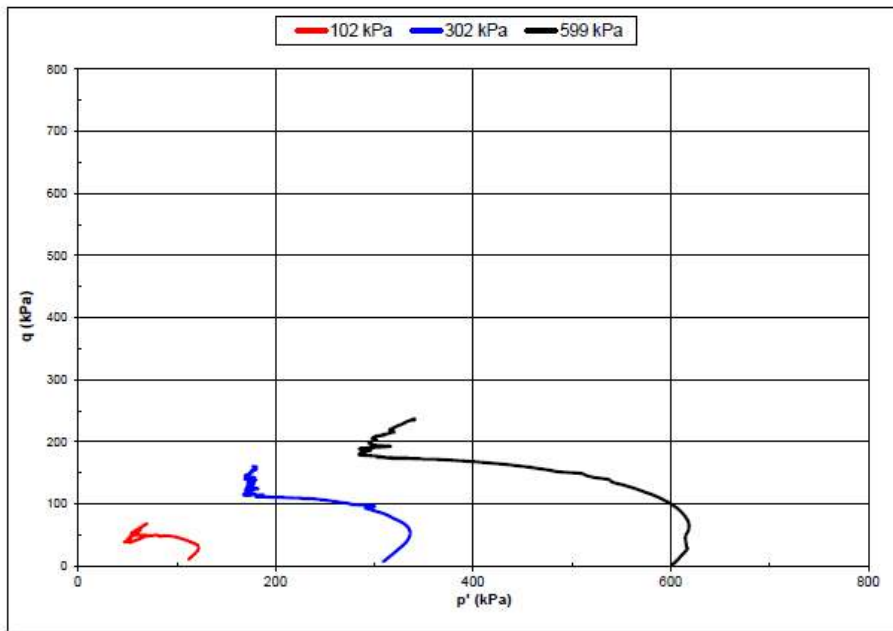
Ensayado Por: Y.H.

Revisado y Aprobado Por: J.C.

		
GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.		
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS		
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo		
Registro de Calidad del Laboratorio	LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)		
(ASTM D4767-00)		
Proyecto : Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA	Nº Informe : GI0104	
Solicitante : Ing. Luis Carruitero	Nº Proyecto : 1794158519	
Ubicación : Ancash	Sondaje : C-2	
Fecha : 18.06.2018	Muestra : Punto F	
Nº Solicitud : LGGA-18-0021	Prof. (m) : -	

Clasificación SUCS:	GC	LL: 30	LP: 19	IP: 11
Observaciones: Remoldeado a la densidad seca 1.748 g/cm ³ y 11.1 % de humedad, según datos del cliente.				
Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.				
Los parámetros finalmente adoptados en los diseños geotécnicos serán de responsabilidad del diseñador.				

Diagrama p' q



			GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
Manual de Aseguramiento de Calidad de Procedimientos de Ensayo					
Registro de Calidad del Laboratorio				LAB-MS-R-017	Rev. 4
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU)					
(ASTM D4767-00)					
Proyecto	: Laboratorio Suelos-Ensayos de Morrena y CA			Nº de Informe	: GI0104
Solicitante	: Ing. Luis Carruitero			Nº de Proyecto	: 1794158519
Ubicación	: Ancash			Sondaje	: C-2
Fecha	: 18.06.2018			Muestra	: Punto F
Nº Solicitud	: LGGA-18-0021			Profundidad (m)	: -

PANEL FOTOGRAFICO

ESPECIMEN 1
Esfuerzo Efectivo Inicial
102 kPa



ESPECIMEN 2
Esfuerzo Efectivo Inicial
302 kPa



ESPECIMEN 3
Esfuerzo Efectivo Inicial
599 kPa



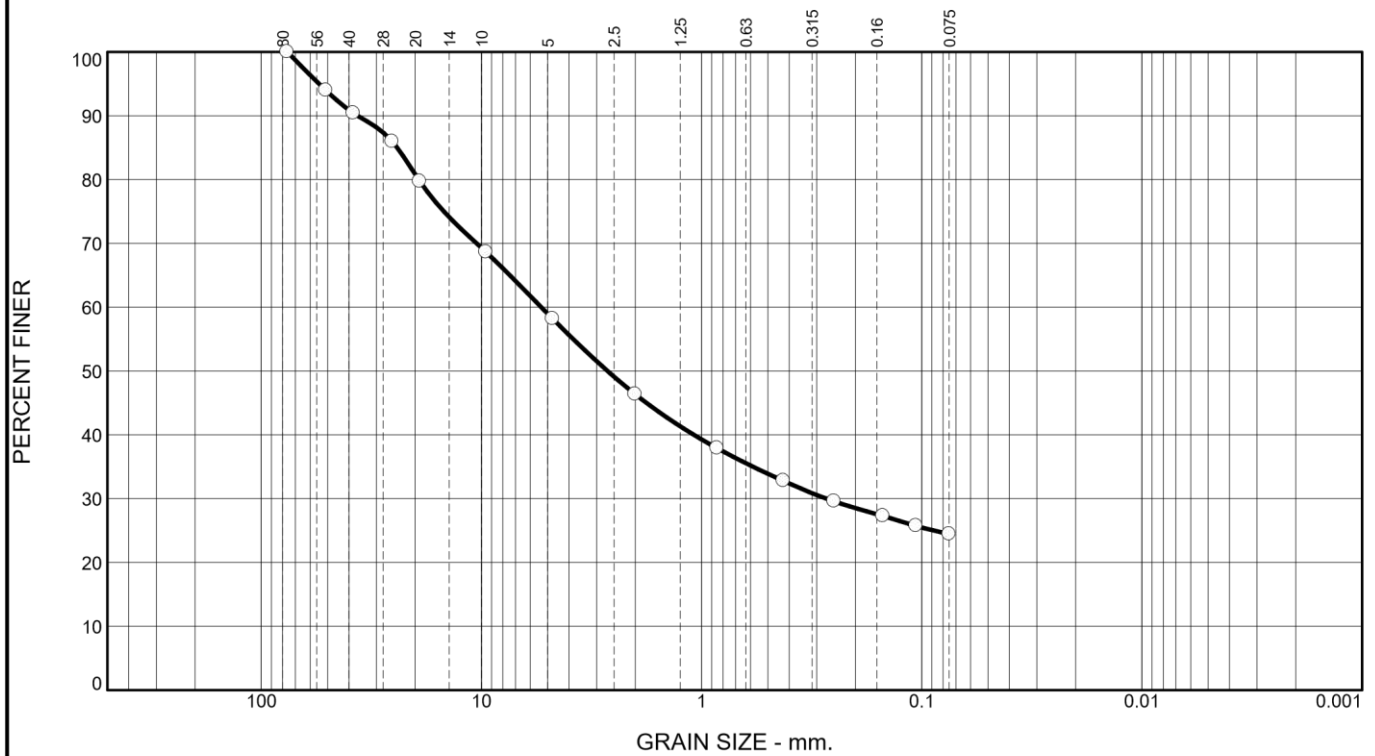
102 kPa

302 kPa

599 kPa



Particle Size Distribution Report



	+3"	% GRAVEL	% SAND	% SILT	% CLAY	USCS	LL	PL	PI
○	0.0	41.8	33.8	24.4		GC-GM	22	16	6

SIEVE mm. size	PERCENT FINER		
	○		
3"	100.0		
2"	94.0		
1.5"	90.4		
1"	86.0		
0.75"	79.7		
0.375"	68.6		
GRAIN SIZE			
D ₆₀	5.3497		
D ₃₀	0.2716		
D ₁₀			
COEFFICIENTS			
C _c			
C _u			

SIEVE number size	PERCENT FINER		
	○		
#4	58.2		
#10	46.4		
#20	37.9		
#40	32.8		
#60	29.6		
#100	27.3		
#140	25.7		
#200	24.4		

Material Description
○ silty clayey gravel with sand

REMARKS:
○ Presencia aislada de boloneria mayores de 3", peso aproximado 1640g.

○ Source of Sample: C-1/Punto F Depth: - Sample Number: GI0103

Golder Associates Perú S.A.
Lima, Per

Client: Compañía Minera Antamina S.A.
Project: Laboratorio Suelos - Ensayos de Morrena y CA
Project No.: LGGA-18-0021 Figure 01

Tested By: Tec. Jorge Pulido Checked By: Ing. José Castro

Manual de Aseguramiento de Calidad		Control de documentos		
Registro de Calidad Mecánica de Suelos		LAB-PER-ME-ETS-R03		Rev. 0
GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS ASTM D854-14/ AASHTO T 100				
Solicitud N°: LGGA-18-0021		ID Muestra : GI0103		
Cliente : Compañía Minera Antamina S.A.		Sondaje : C-1		
Solicitado Por: Ing. Luis Carruitero		Muestra : Punto F		
Proyecto: Laboratorio Suelos - Ensayos de Morrena y CA		Profundidad (m) : -		
N° Proyecto: 179-4158519		Ejecutado Por: Tec. Jorge Pulido		
Ubicación : Ancash		Revisado Por: Ing. José Castro		
Fecha : 12/06/2018				
		Promedio		
N° de picnómetro		Fiola 1	Fiola 7	
Peso de tara	(g)	110.45	102.65	
Peso de tara + muestra seca	(g)	161.93	153.86	
Peso de la muestra seca	(g)	51.48	51.21	
Peso del picnómetro lleno de agua	(g)	359.77	352.06	
Peso picnómetro+muestra +agua hasta el enrase	(g)	392.58	384.67	
Coeficiente de Temperatura ⁽¹⁾		1.00047	1.00050	
Gravedad Especifica	Gs	2.759	2.755	2.757
Temperatura del agua	° C	17.6	17.4	
(1) Tabla 2 Norma ASTM D854				
Observaciones :				

Manual de Aseguramiento de Calidad	Control de documentos	
Registro de Calidad Mecánica de Suelos	LAB-PER-ME-ETS-R03	Rev. 0

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE
SOLIDOS ASTM D854-14/ AASHTO T
100**

Solicitud N°: LGGA-18-0021	ID Muestra : GI0104
Cliente : Compañía Minera Antamina S.A.	Sondaje : C-2
Solicitado Por: Ing. Luis Carruitero	Muestra : Punto F
Proyecto: Laboratorio Suelos - Ensayos de Morrena y CA	Profundidad (m) : -
N° Proyecto: 179-4158519	Ejecutado Por: Tec. Jorge Pulido
Ubicación : Ancash	Revisado Por: Ing. José Castro
Fecha : 12/06/2018	

					Promedio
N° de picnómetro		Fiola 10	Fiola 11		
Peso de tara	(g)	95.02	121.36		
Peso de tara + muestra seca	(g)	147.16	172.46		
Peso de la muestra seca	(g)	52.14	51.10		
Peso del picnómetro lleno de agua	(g)	344.31	370.68		
Peso picnómetro+muestra +agua hasta el enrase	(g)	377.62	403.26		
Coeficiente de Temperatura ⁽¹⁾		1.00054	1.00048		
Gravedad Especifica	Gs	2.771	2.761		2.766
Temperatura del agua	° C	17.2	17.5		

(1)
Tabla 2 Norma ASTM D854
Observaciones :

Manual de Aseguramiento de Calidad	Control de documentos	
Registro de Calidad Mecánica de Suelos	LAB-PER-ME-ETS-R03	Rev. 0

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE
SOLIDOS ASTM D854-14/ AASHTO T
100**

Solicitud N°: LGGA-18-0021	ID Muestra : GI0105
Cliente : Compañía Minera Antamina S.A.	Sondaje : C-6
Solicitado Por: Ing. Luis Carruitero	Muestra : Punto F
Proyecto: Laboratorio Suelos - Ensayos de Morrena y CA	Profundidad (m) : -
N° Proyecto: 179-4158519	Ejecutado Por: Tec. Jorge Pulido
Ubicación : Ancash	Revisado Por: Ing. José Castro
Fecha : 12/06/2018	

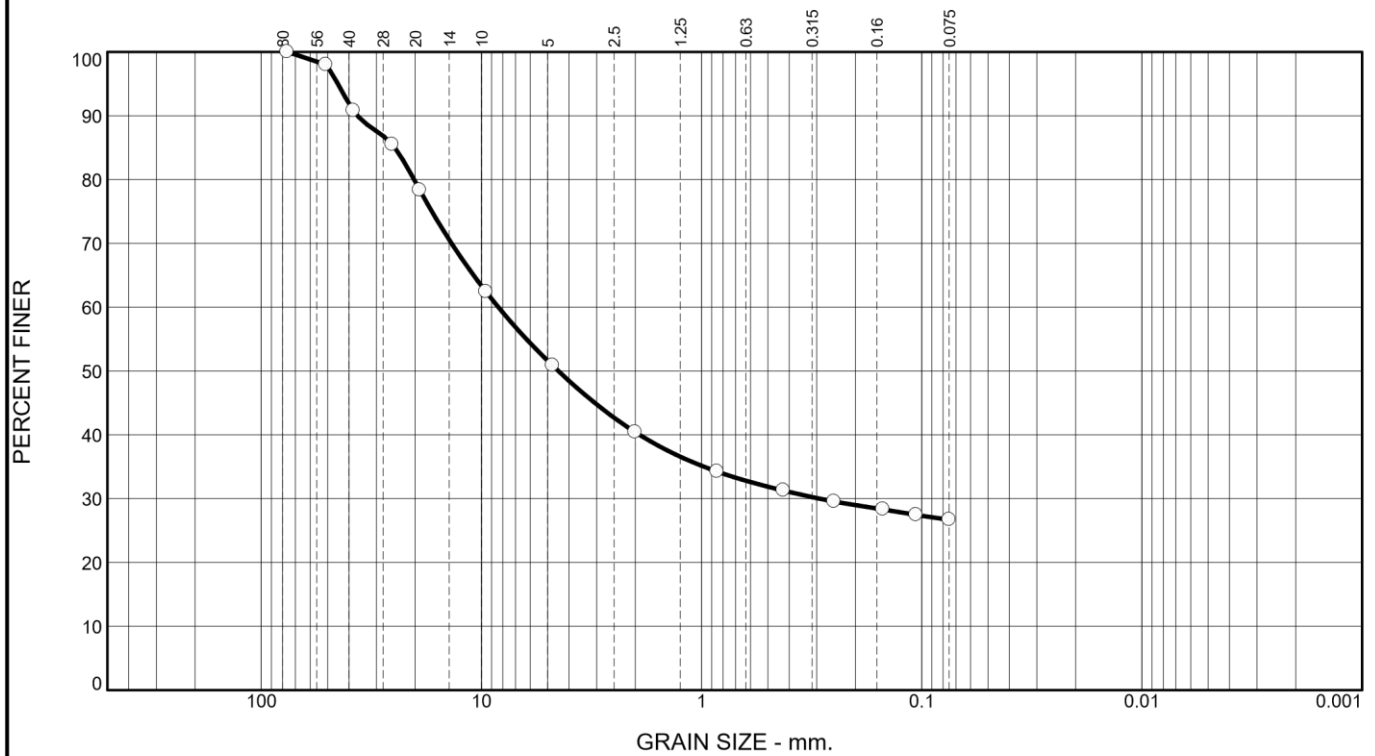
					Promedio
N° de picnómetro		Fiola 4	Fiola 17		
Peso de tara	(g)	108.70	98.36		
Peso de tara + muestra seca	(g)	153.96	143.76		
Peso de la muestra seca	(g)	45.26	45.40		
Peso del picnómetro lleno de agua	(g)	358.22	347.75		
Peso picnómetro+muestra +agua hasta el enrase	(g)	387.18	376.75		
Coeficiente de Temperatura ⁽¹⁾		1.00061	1.00061		

Gravedad Especifica	Gs	2.778	2.770		2.774
Temperatura del agua	° C	16.8	16.8		

(1)
 Tabla 2 Norma ASTM D854

Observaciones :

Particle Size Distribution Report



	+3"	% GRAVEL	% SAND	% SILT	% CLAY	USCS	LL	PL	PI
○	0.0	49.1	24.2	26.7		GC	30	19	11

SIEVE mm. size	PERCENT FINER	
	○	
3"	100.0	
2"	98.0	
1.5"	90.8	
1"	85.5	
0.75"	78.3	
0.375"	62.4	
GRAIN SIZE		
D ₆₀	8.3797	
D ₃₀	0.2916	
D ₁₀		
COEFFICIENTS		
C _c		
C _u		

SIEVE number size	PERCENT FINER	
	○	
#4	50.9	
#10	40.4	
#20	34.2	
#40	31.3	
#60	29.6	
#100	28.3	
#140	27.5	
#200	26.7	

Material Description
○ clayey gravel with sand

REMARKS:
○ Presencia aislada de boloneria mayores de 3", peso aproximado 3700g.

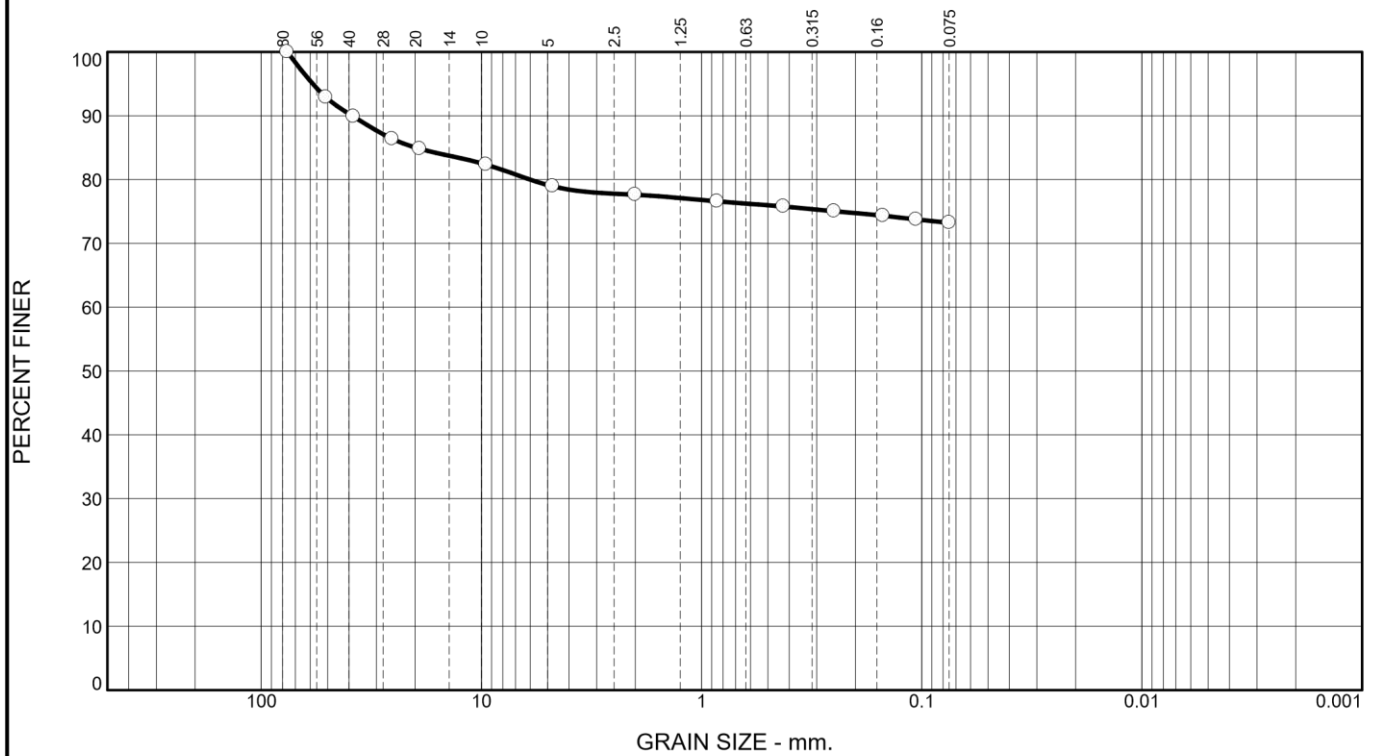
○ Source of Sample: C-2/Punto F Depth: - Sample Number: GI0104

Golder Associates Perú S.A.
Lima, Per

Client: Compañía Minera Antamina S.A.
Project: Laboratorio Suelos - Ensayos de Morrena y CA
Project No.: LGGA-18-0021 Figure 02

Tested By: Tec. Jorge Pulido Checked By: Ing. José Castro

Particle Size Distribution Report



	+3"	% GRAVEL	% SAND	% SILT	% CLAY	USCS	LL	PL	PI
○	0.0	21.1	5.7	73.2		ML	43	28	15

SIEVE mm. size	PERCENT FINER		
	○		
3"	100.0		
2"	92.9		
1.5"	89.9		
1"	86.4		
0.75"	84.8		
0.375"	82.3		
GRAIN SIZE			
D ₆₀			
D ₃₀			
D ₁₀			
COEFFICIENTS			
C _c			
C _u			

SIEVE number size	PERCENT FINER		
	○		
#4	78.9		
#10	77.6		
#20	76.6		
#40	75.8		
#60	75.0		
#100	74.3		
#140	73.7		
#200	73.2		

Material Description
○ silt with gravel

REMARKS:
○ Presencia aislada de boloneria (Fragiles al tamizado y saturación) mayores de 3", peso aproximado 1094g.

○ Source of Sample: C-6/Punto F Depth: - Sample Number: GI0105

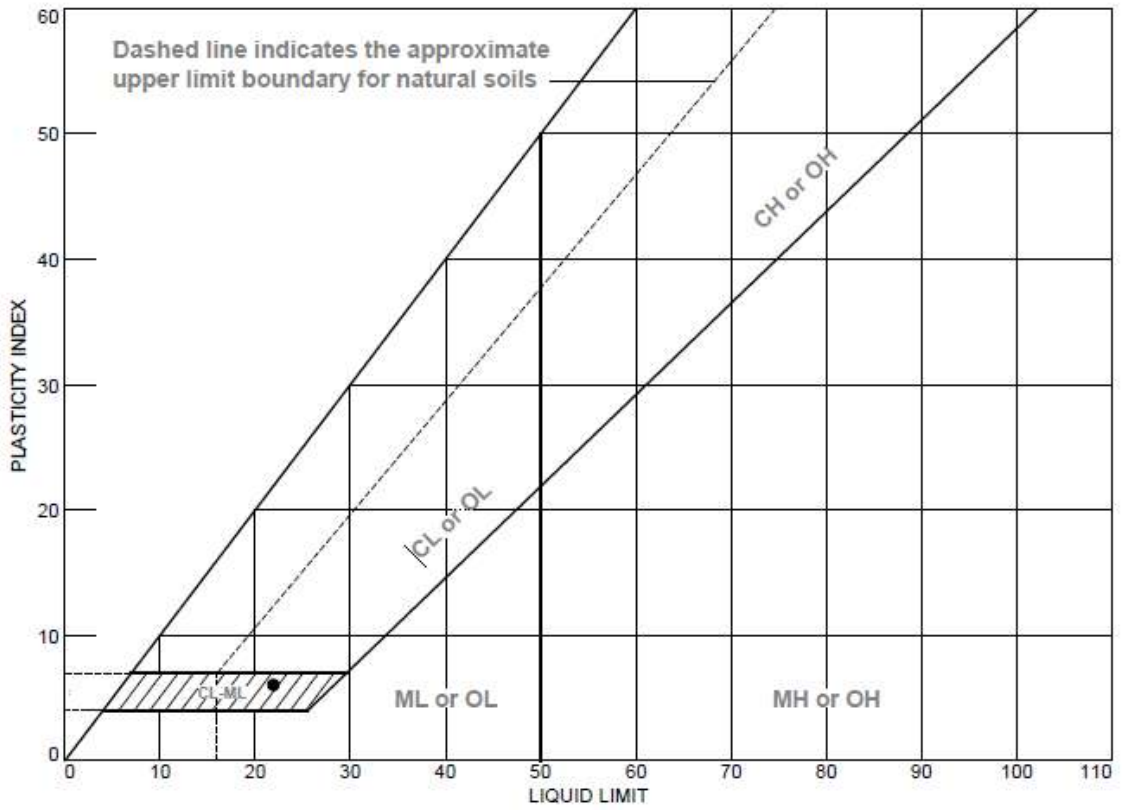
Golder Associates Perú S.A.

Lima, Per

Client: Compañía Minera Antamina S.A.
Project: Laboratorio Suelos - Ensayos de Morrena y CA
Project No.: LGGA-18-0021 Figure 03

Tested By: Tec. Jorge Pulido Checked By: Ing. José Castro

LIQUID AND PLASTIC LIMITS TEST REPORT



SOIL DATA								
SYMBOL	SOURCE	SAMPLE NO.	DEPTH	NATURAL WATER CONTENT (%)	PLASTIC LIMIT (%)	LIQUID LIMIT (%)	PLASTICITY INDEX (%)	USCS
●	C-1/Punto F	GI0103	-		16	22	6	GC-GM

Golder Associates Perú S.A.

Lima, Per

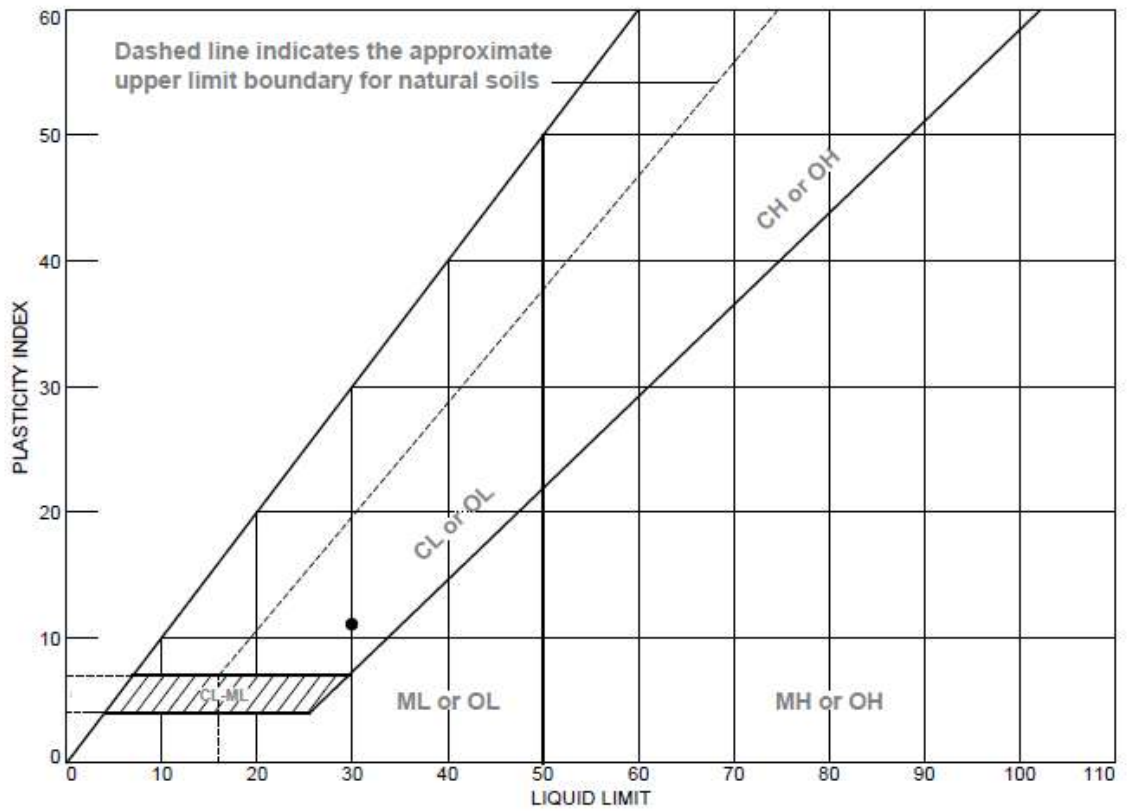
Client: Compañía Minera Antamina S.A.
 Project: Laboratorio Suelos - Ensayos de Morrena y CA

Project No.: LGGA-18-0021

Figure 01

Tested By: Tec. Jorge Pulido Checked By: Ing. José Castro

LIQUID AND PLASTIC LIMITS TEST REPORT



SOIL DATA								
SYMBOL	SOURCE	SAMPLE NO.	DEPTH	NATURAL WATER CONTENT (%)	PLASTIC LIMIT (%)	LIQUID LIMIT (%)	PLASTICITY INDEX (%)	USCS
●	C-2/Punto F	GI0104	-		19	30	11	GC

Golder Associates Perú S.A.

Lima, Per

Client: Compañía Minera Antamina S.A.

Project: Laboratorio Suelos - Ensayos de Morrena y CA

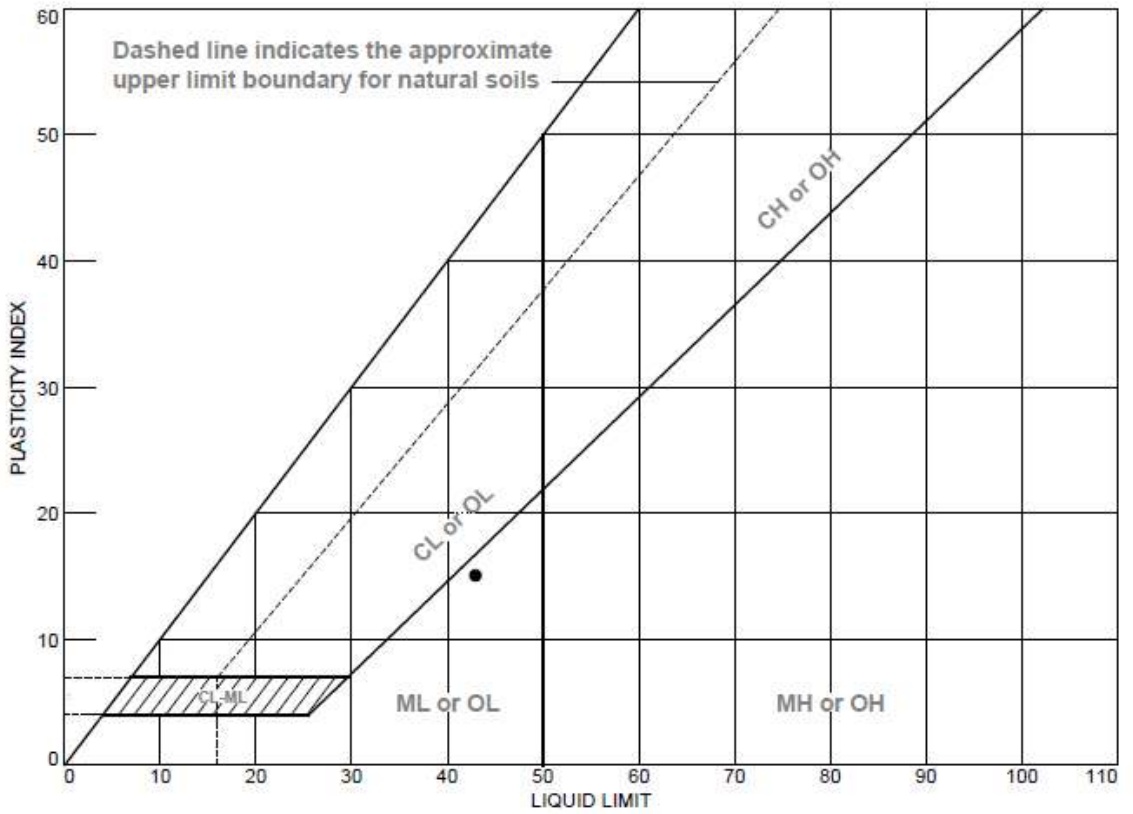
Project No.: LGGA-18-0021

Figure 02

Tested By: Tec. Jorge Pulido

Checked By: Ing. José Castro

LIQUID AND PLASTIC LIMITS TEST REPORT



SOIL DATA								
SYMBOL	SOURCE	SAMPLE NO.	DEPTH	NATURAL WATER CONTENT (%)	PLASTIC LIMIT (%)	LIQUID LIMIT (%)	PLASTICITY INDEX (%)	USCS
●	C-6/Punto F	GI0105	-		28	43	15	ML

Golder Associates Perú S.A.

Lima, Per

Client: Compañía Minera Antamina S.A.

Project: Laboratorio Suelos - Ensayos de Morrena y CA

Project No.: LGGA-18-0021

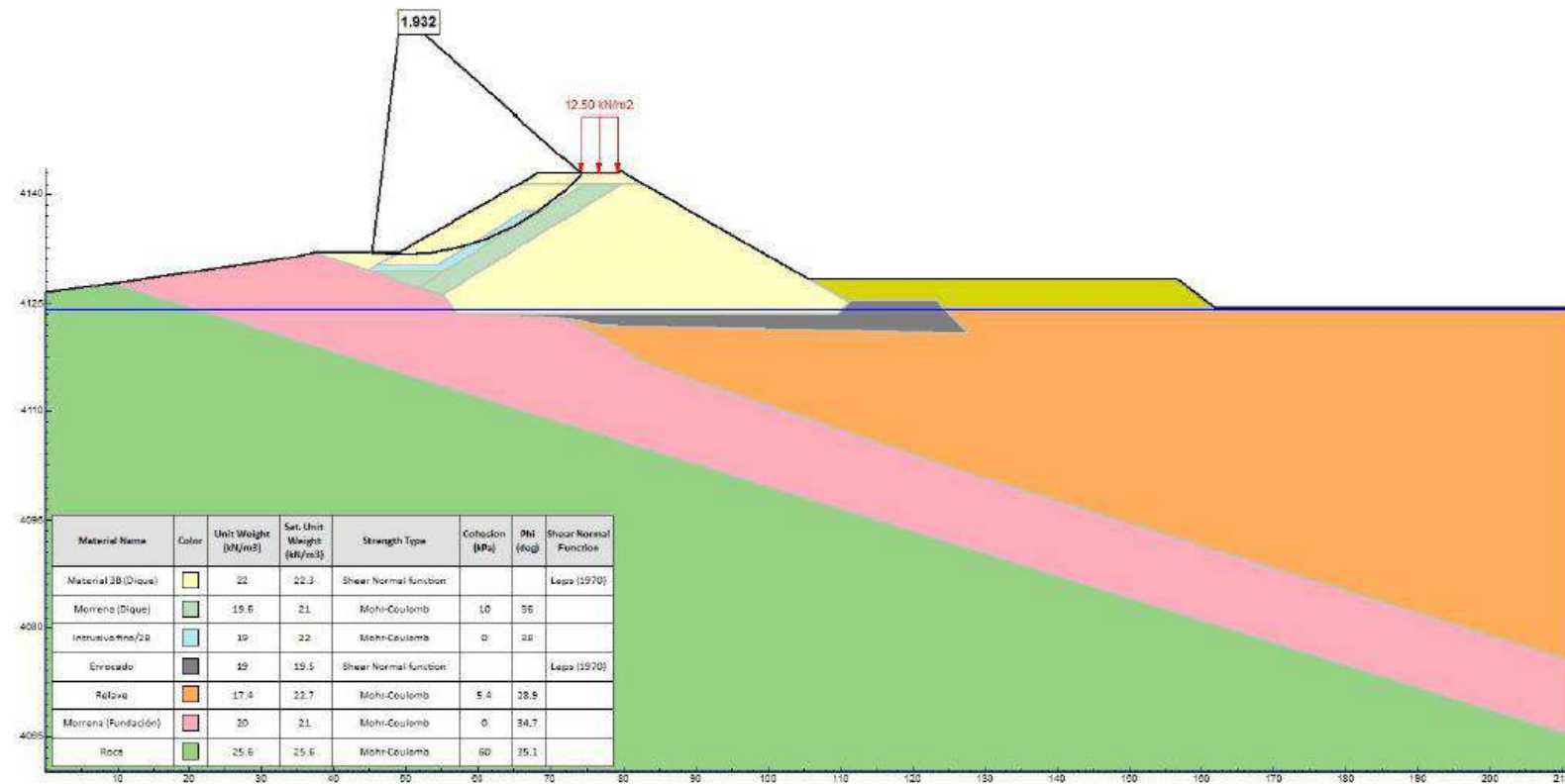
Figure 03

Tested By: Tec. Jorge Pulido Checked By: Ing. José Castro

Anexo 5. Análisis de estabilidad y filtraciones

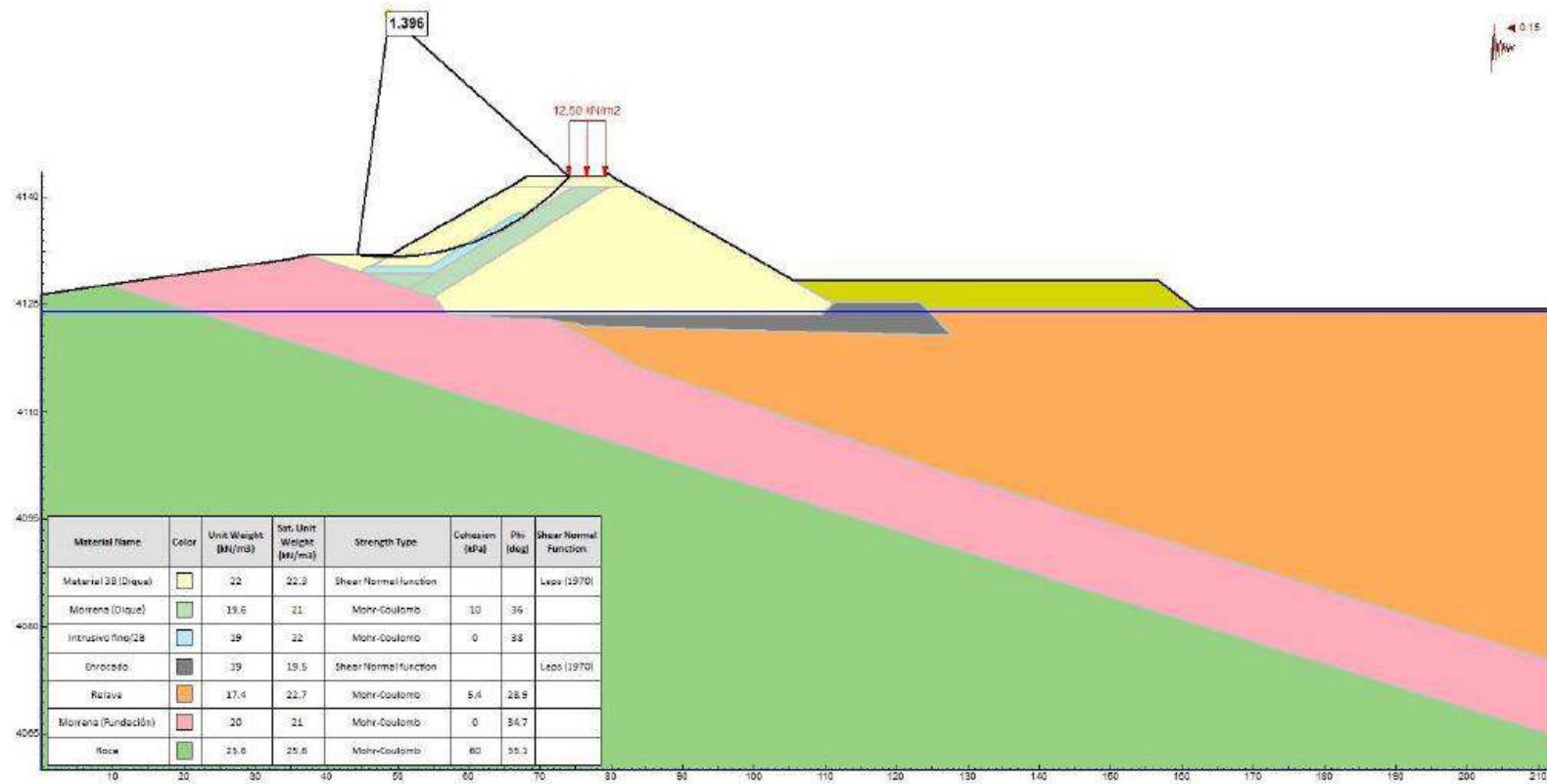
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y FILTRACIONES

ETAPA : FINAL DE CONSTRUCCIÓN
 CONDICIÓN : ESTATICA (ah = 0.00 g)
 TALUD : AGUAS ABAJO
 SECCIÓN : Prog 0+180
 FACTOR DE SEGURIDAD : 1.932



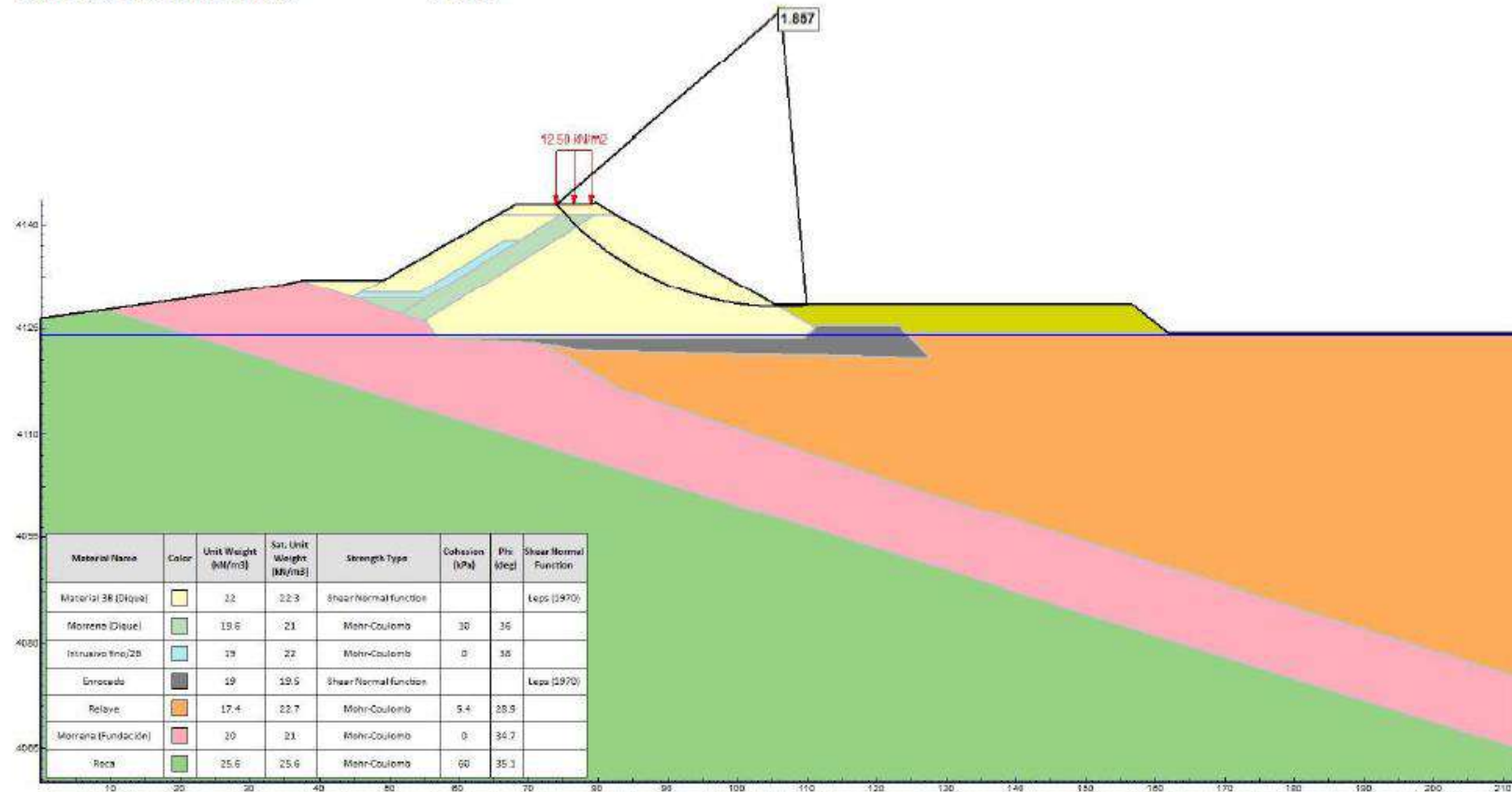
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y FILTRACIONES

ETAPA : FINAL DE CONSTRUCCIÓN
CONDICIÓN : PSEUDOESTÁTICO (ah = 0.15 g)
TALUD : AGUAS ABAJO
SECCION : 0+180
FACTOR DE SEGURIDAD : 1.396



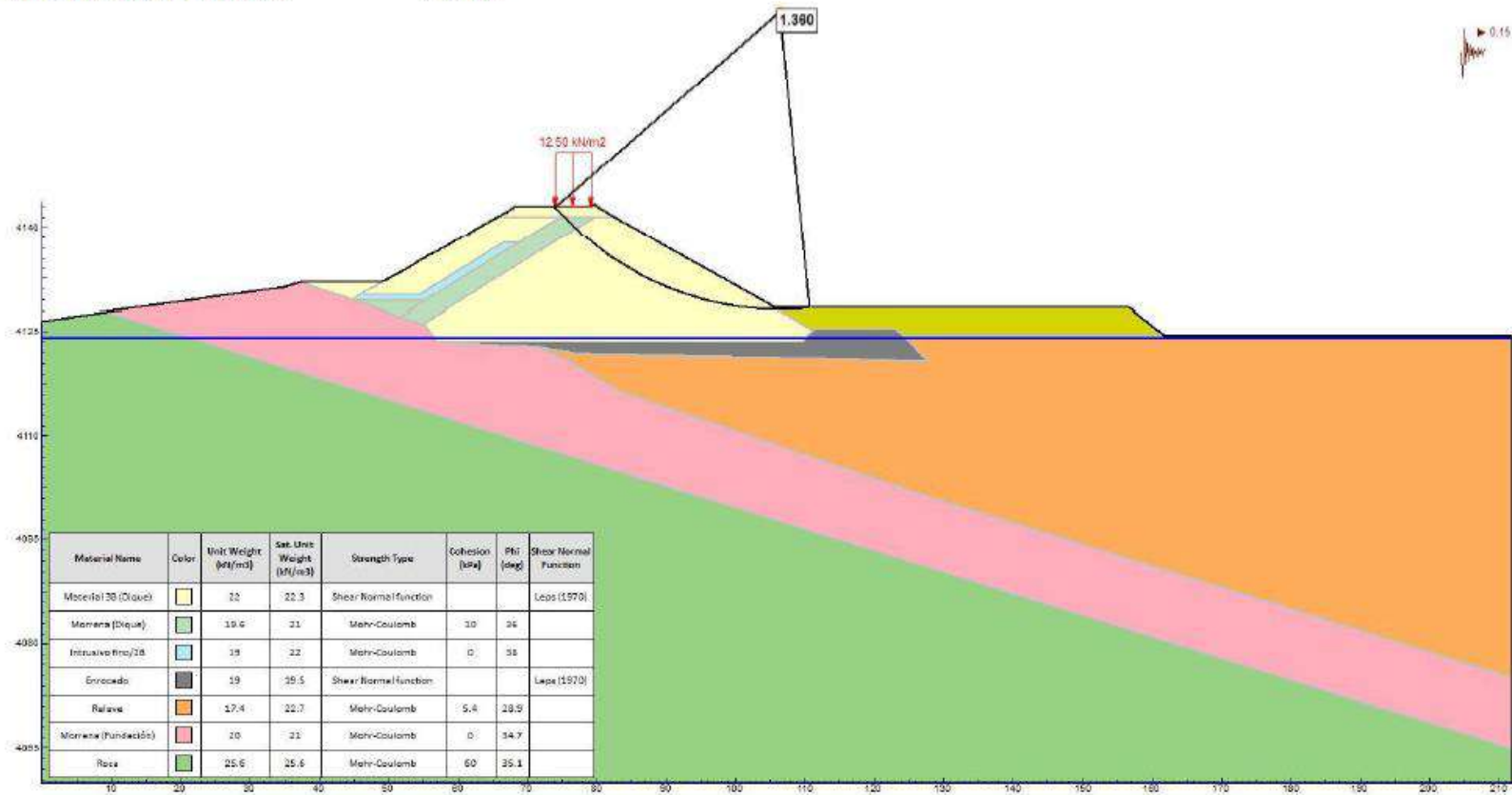
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y FILTRACIONES

ETAPA : FINAL DE CONSTRUCCIÓN
CONDICIÓN : ESTATICA (ah = 0.00 g)
TALUD : AGUAS ARRIBA
SECCION : Prog 0+180
FACTOR DE SEGURIDAD : 1.857



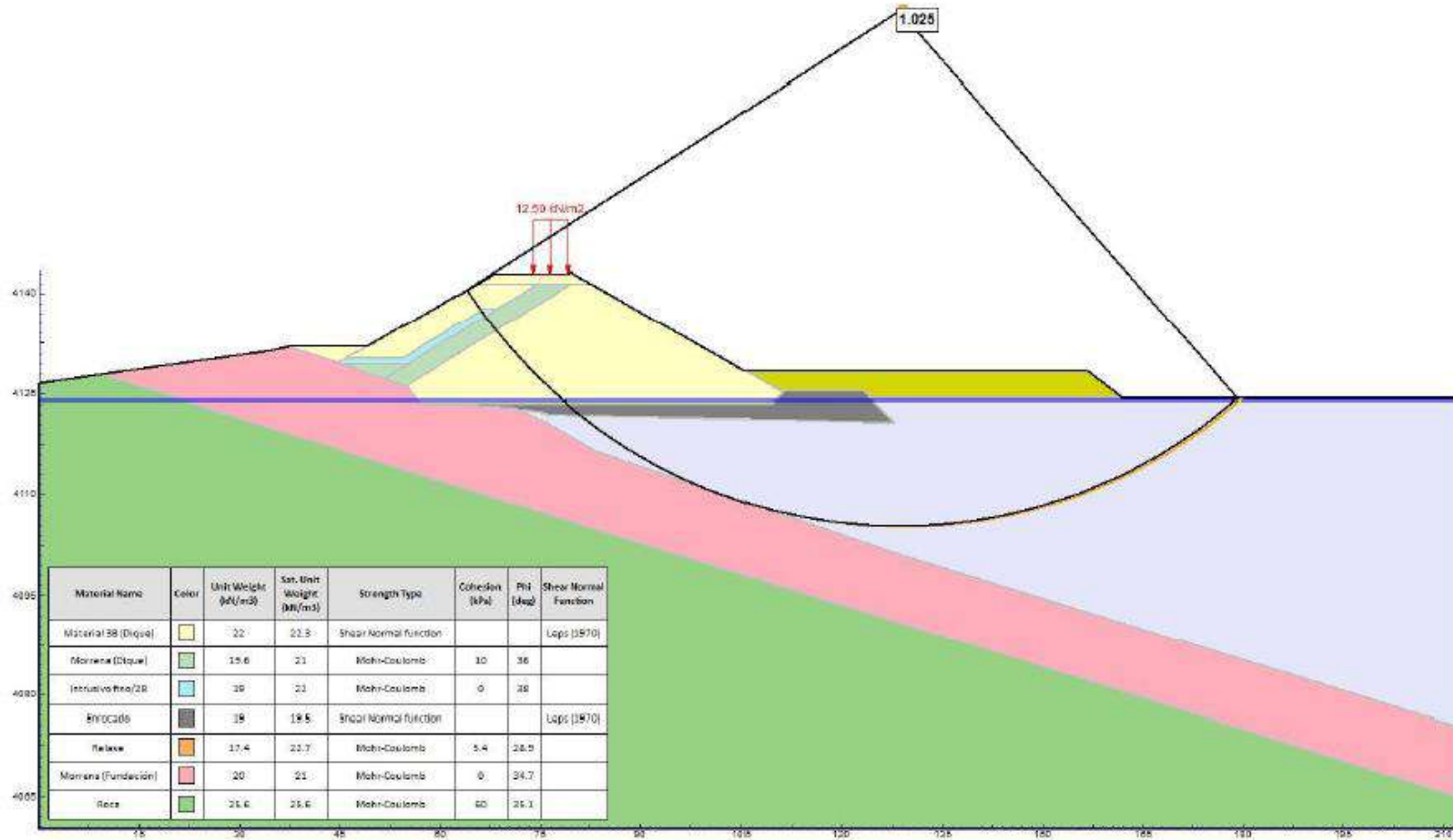
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y FILTRACIONES

ETAPA : FINAL DE CONSTRUCCIÓN
CONDICIÓN : PSEUDOESTÁTICO (ah = 0.15 g)
TALUD : AGUAS ARRIBA
SECCION : 0+180
FACTOR DE SEGURIDAD : 1.360



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y FILTRACIONES

ETAPA : FINAL DE CONSTRUCCIÓN
CONDICIÓN : POST – SISMO (ah = 0.00 g)
TALUD : AGUAS ARRIBA
SECCION : 0+180
FACTOR DE SEGURIDAD : 1.025

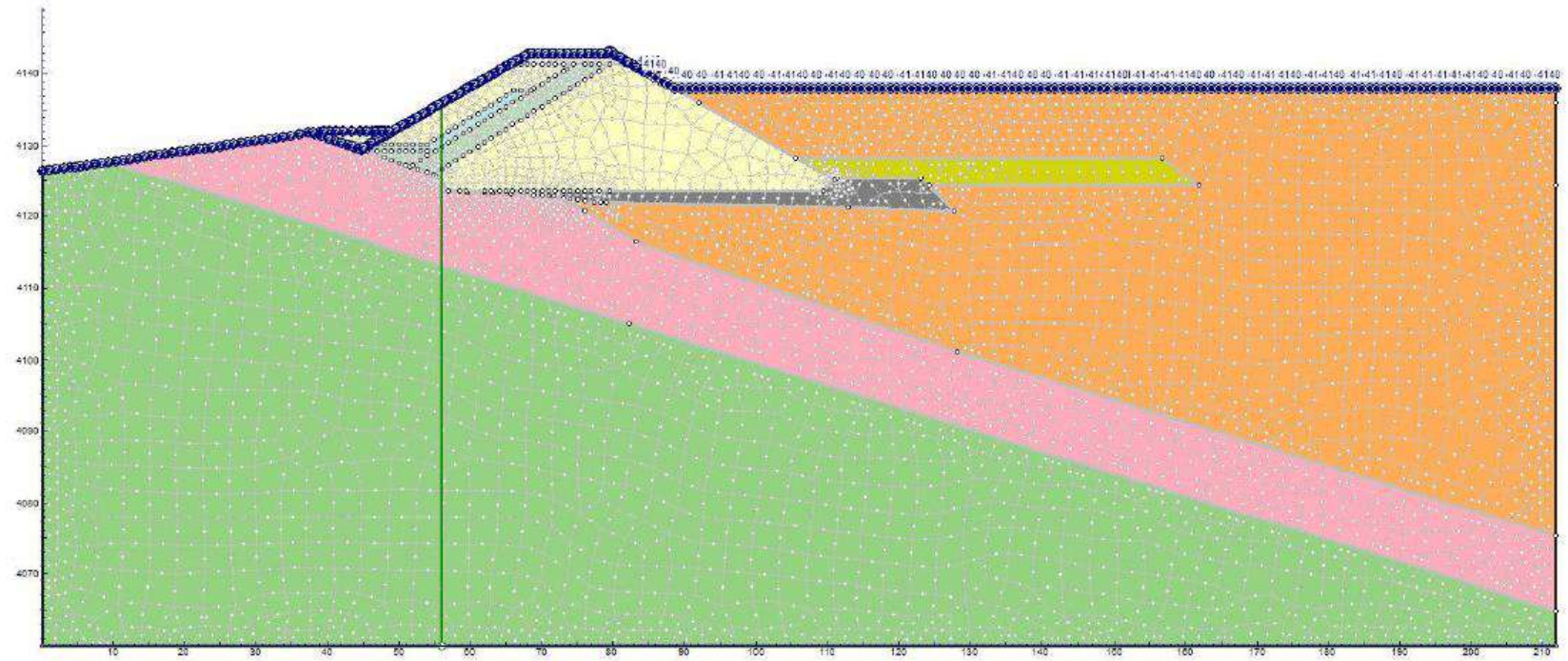


ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y FILTRACIONES

ETAPA : OPERACIÓN

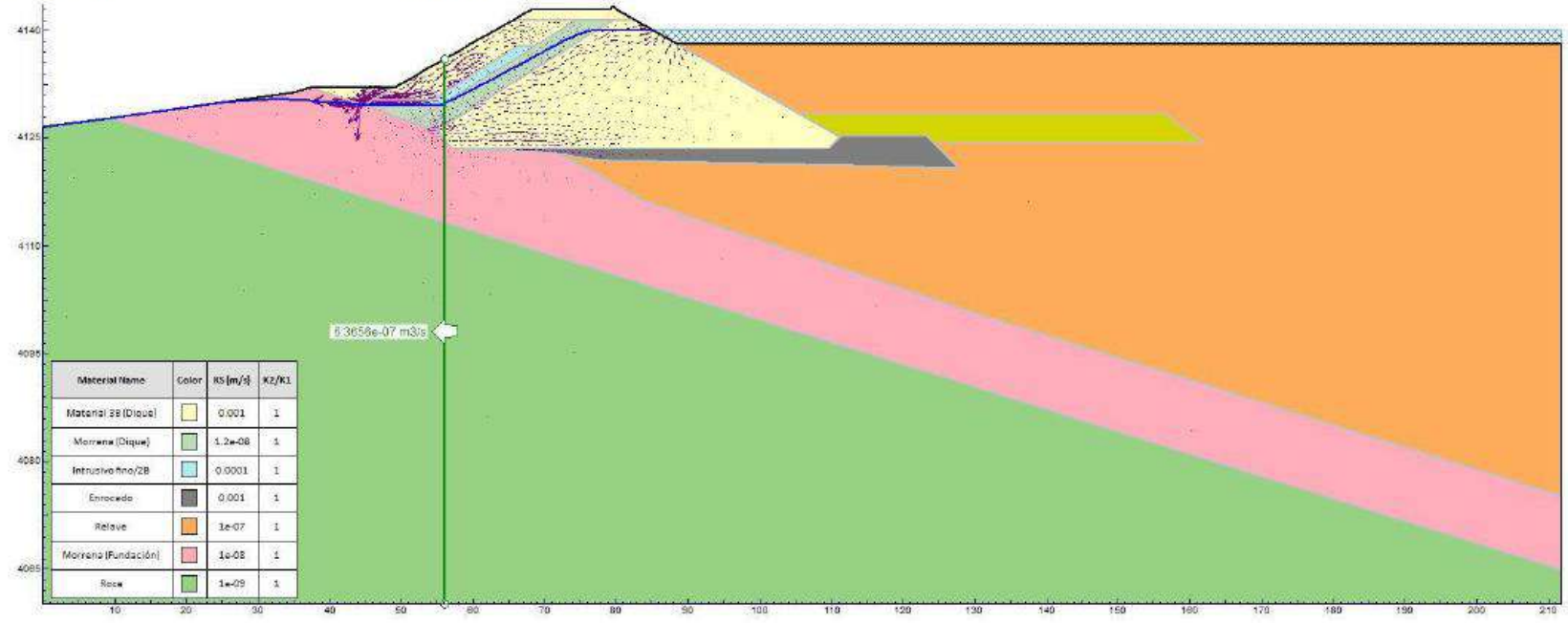
CONDICIÓN : ANALISIS DE INFILTRACIÓN-CONDICIONES DE CONTORNO

SECCION : Prog 0+180



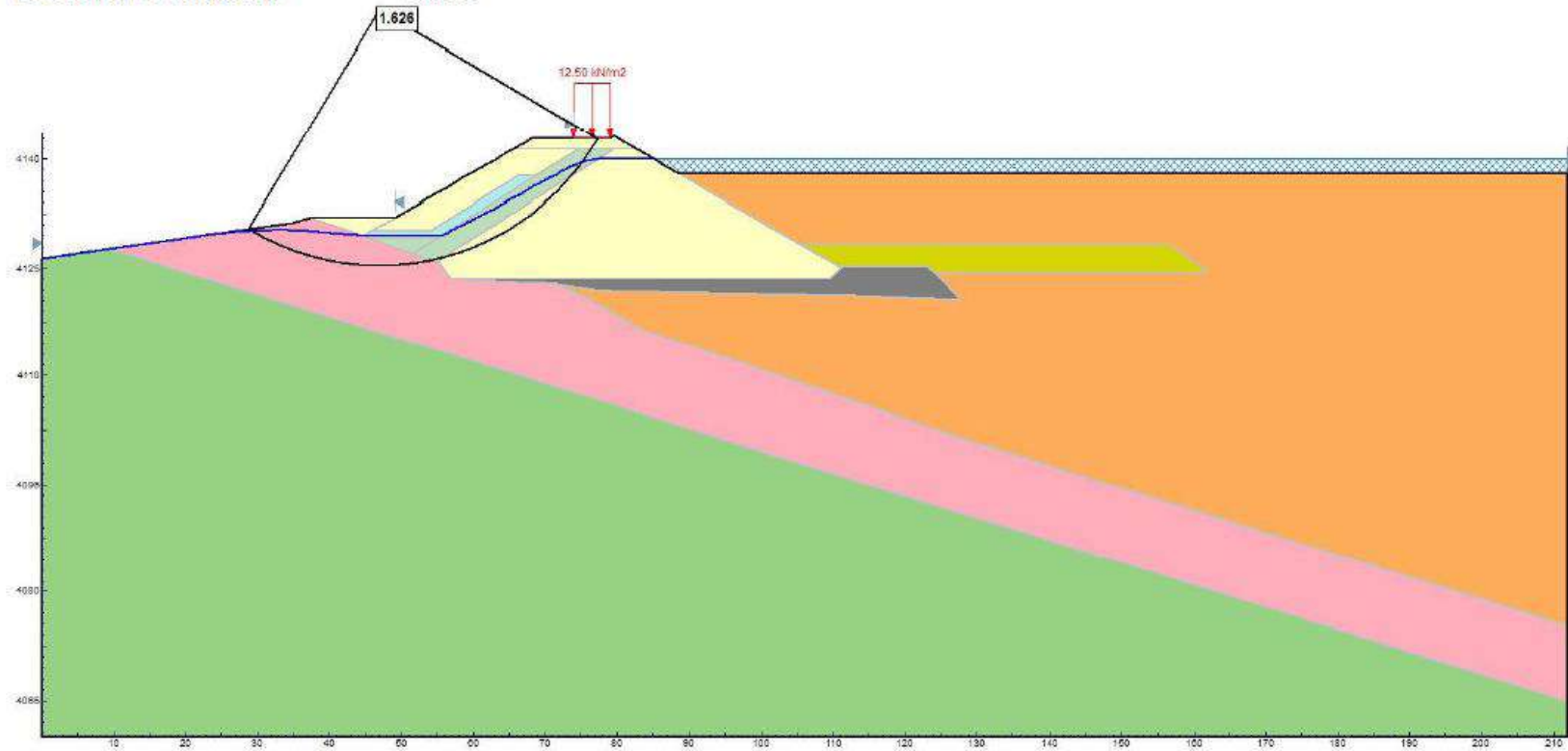
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y FILTRACIONES

ETAPA : OPERACIÓN
CONDICIÓN : ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN- RESULTADOS
SECCION : Prog 0+180
CAUDAL : 0.19 l/s



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y FILTRACIONES

ETAPA : OPERACIÓN
CONDICIÓN : ESTÁTICA (ah = 0.00 g)
TALUD : AGUAS ABAJO
SECCION : Prog 0+180
FACTOR DE SEGURIDAD : 1.626



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y FILTRACIONES

ETAPA : OPERACIÓN
CONDICIÓN : PSEUDOESTÁTICO (ah = 0.15 g)
TALUD : AGUAS ABAJO
SECCION : 0+180
FACTOR DE SEGURIDAD : 1.064

