

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL
DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL
MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE
SLIDE”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor: Bach. Kenneth Romario Ordoñez Meza.

Asesor: Dr. Tiber Joel Cano Camayo.

Mg. Carlos Gerardo Flores Espinoza.

Línea de estudio: Nuevas tecnologías y procesos.

Huancayo – Perú

2024

DEDICATORIA

Para mis padres y hermanos que con su apoyo me motivan a seguir adelante para ser una persona competente en nuestro ámbito laboral para el desarrollo de nuestra zona macrocentro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todo lo que me ha otorgado, a mi familia que me apoyaron para poder superarme como persona con sacrificio y esfuerzo.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0429 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis**; titulada:

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EN MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Msc. CANO CAMAYO TIBER JOEL**

Asesor(a) : **Ing. FLORES ESPINOZA CARLOS GERARDO**

Fue analizado con fecha **28/11/2024**; con **155 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **16** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 28 de noviembre del 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL
JURADO

MG. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA
JURADO

MG. YINA MILAGRO NINAHUANCA ZAVALA
JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO GENERAL

INDICE:

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE:.....	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
ACRONIMOS Y ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCION	xiii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2. Delimitación del problema.....	16
1.2.1. Espacial.....	16
1.2.2. Temporal	16
1.3. Formulación del problema	16
1.3.1. Problema general.....	16
1.3.2. Problemas específicos	16
1.4. Justificación	17
1.4.1. Social	17
1.4.2. Teórica.....	17
1.4.3. Metodológica.....	17
1.5. Objetivos.....	18
1.5.1. Objetivo general.....	18
1.5.2. Objetivos específicos	18
CAPITULO II:.....	19
MARCO TEORICO	19

2.1.	Antecedentes (nacionales e internacionales).....	19
2.2.	Antecedentes Internacionales	20
2.3.	Marco Conceptual:	22
2.4.	Definición de términos.....	23
CAPITULO III:.....		25
HIPÓTESIS		25
3.2.	Hipótesis específica:	25
3.3.	Variables	26
3.3.1.	Definición conceptual de la variable:	26
3.3.2.	Definición operacional de la variable:	26
3.3.3.	Operacionalización de las variables:	27
CAPITULO IV:		28
METODOLOGÍA.....		28
4.1.	Método de estudio.....	28
4.2.	Tipo de estudio.....	28
4.3.	Nivel de estudio.....	28
4.4.	Diseño de estudio.....	29
4.5.	Población y muestra.....	29
4.5.1.	Población	29
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
4.6.1.	Técnicas	29
4.6.2.	Instrumentos	30
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	30
4.7.1.	Fase de preparación y planeamiento (Pre campo)	30
4.7.2.	Fase de toma de datos, trabajo de Campo - Laboratorio	31
4.7.3.	Fase de gabinete o procesamiento de la información	39
CAPÍTULO V:		46

RESULTADOS	46
5.1. Descripción del diseño tecnológico	46
5.2. Descripción de resultados	57
5.2.1. Resultados específicos	57
5.2.2. Resultado general	60
5.3. Contrastación de hipótesis	70
CAPÍTULO V: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	73
6.1. Discusiones específicas	73
6.2. Discusión general.....	74
CONCLUSIONES	75
Específicas	75
General.....	75
RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	77
ANEXOS.....	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición operacional de la variable.	26
Tabla 2: Operacionalización de las variables.	27
Tabla 3: Tamaño estándar de tamices	35
Tabla 4: Factores mínimos de seguridad según la CDA	45
Tabla 5: Clasificación SUCS del EMS.	46
Tabla 6: Coordenadas UTM – WGS84 de las calicatas.	46
Tabla 7: Granulometría de la calicata N°05.	47
Tabla 8: Granulometría de la calicata N°06.	47
Tabla 9: Granulometría de la calicata N°14.	48
Tabla 10: Promedio de contenido de gravas, arenas y finos de los suelos.	49
Tabla 11: Promedio de contenido de gravas, arenas y finos de los suelos.	50
Tabla 12: Resultado del ensayo de Corte Directo.	52
Tabla 13: Resultado del ensayo Triaxial.	53
Tabla 14: Resultado de la aceleración máxima - Probabilístico.	55
Tabla 15: Valores de PGA probabilísticos - Horizontales.	58
Tabla 16: Aceleración máxima por subducción – Método determinístico.	59
Tabla 17: Aceleración máxima por fallas corticales.	59
Tabla 18: Resultado del análisis de estabilidad física.	70
Tabla 19: Propiedades físicas y mecánicas de los materiales.	71
Tabla 20: Resultado de la aceleración máxima - Probabilístico.	71
Tabla 21: Resultado de la alternativa de reforzamiento.	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa del área de estudio.....	30
Figura 2: Ensayo de densidad de campo CR-04.....	32
Figura 3: Calicata CR-04 perfil del suelo.....	32
Figura 4: Calicata CR-04 Ensayo de campo	33
Figura 5: Calicata CR-04 Extracción de muestras para ensayos de laboratorio.	33
Figura 6: Calicata CR-05 Ensayo de densidad de campo.....	34
Figura 7: Calicata CR-06.....	34
Figura 8: Calicata CR-06 extracción de muestras para ensayos de laboratorio	34
Figura 9: Consolidómetro	38
Figura 10: Generación de Superficie y secciones AutoCAD Civil 3D.....	39
Figura 11: Identificación de los parámetros de resistencia de los suelos.....	40
Figura 12: Geometría general de un Talud.	42
Figura 13: Análisis de estabilidad física	45
Figura 14: Cuadro comparativo de resultados del EMS.....	50
Figura 15: Cuadro comparativo de resultados del EMS.....	51
Figura 16: Índice de plasticidad de los suelos extraídos de las calicatas.....	52
Figura 17: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Corte directo. (Dique principal).	53
Figura 18: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Corte directo. (Muro contrafuerte).....	53
Figura 19: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Ensayo Triaxial (Terreno Natural)	54
Figura 20: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Ensayo Triaxial (Relave Compactado).....	54
Figura 21: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Ensayo Triaxial (Relave Saturado).....	55
Figura 22: Espectros de peligro uniforme para el año - 50	56
Figura 23: Espectros de peligro uniforme para el año - 150	56
Figura 24: Espectros de peligro uniforme para el año - 500	56
Figura 25: Espectros de peligro uniforme para el año – 1000.....	57

Figura 26: Espectros de peligro uniforme para el año - 2500	57
Figura 27: F.S en estado estático – Primer caso (Método Bishop)	60
Figura 28: F.S en estado estático – Primer caso (Método Morgernstern- Price)	61
Figura 29: F.S en estado estático – Primer caso (Método Spencer).....	61
Figura 30: F.S en estado estático – Segundo caso (Método Bishop)	62
Figura 31: F.S en estado estático – Segundo caso (Método Morgernstern- Price).....	62
Figura 32: F.S en estado estático – Segundo caso (Método Spencer).....	63
Figura 33: F.S en estado estático – Tercer Caso Contrafuerte (Método Bishop)	63
Figura 34: F.S en estado estático – Tercer Caso Contrafuerte (Método Morgernstern- Price)	64
Figura 35: F.S en estado estático – Tercer Caso Contrafuerte (Método Spencer)	64
Figura 36: F.S en estado pseudo estático – Primer caso (Método Bishop)	65
Figura 37: F.S en estado pseudo estático – Primer caso (Método Morgernstern- Price)	66
Figura 38: F.S en estado pseudo estático – Primer caso (Método Spencer) ..	66
Figura 39: F.S en estado pseudo estático – Segundo caso (Método Bishop). 67	
Figura 40: F.S en estado pseudo estático – Segundo caso (Método Morgernstern- Price)	67
Figura 41: F.S en estado pseudo estático – Segundo caso (Método Spencer)	68
Figura 42: F.S en estado pseudo estático – Tercer Caso (Método Bishop)....	68
Figura 43: F.S en estado pseudo estático – Tercer Caso (Método Morgernstern- Price)	69
Figura 44: F.S en estado pseudo estático – Tercer Caso (Método Spencer) .	69

ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

SUCS : Sistema unificado de clasificación de suelos

UP : Unidad productora

LL : Limite liquido

W : Peso

RD : Resolución directoral

XX : Siglo 20

CE : Componente estructural

CU : No drenado

EM : Energía y minas

WGS84: World Geodetic System 1984

DGAA: Dirección general de asuntos ambientales

DGM : Dirección general de minería

MASW: Análisis multicanal de ondas superficiales

MTC : Ministerio de transportes y comunicaciones

CR : Calicata

PGA : Peak ground aceleration

AASTHO: American Association of State Highway and Transportation Officials

CDA : Canadian dam association

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa, con el objetivo principal de responder la siguiente pregunta: En el año 2019, en la mina Yanaquihua en Arequipa, ¿Cuáles serán Los hallazgos del análisis de estabilidad física del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide, minera Yanaquihua, Arequipa 2019? tiene como objetivo determinar la estabilidad física del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide, Yanaquihua, Arequipa 2019. con la hipótesis de Los hallazgos del análisis de estabilidad física serán aceptables en el modelamiento con el software Slide para fines de seguridad del depósito de relaves Alpacay, Minera Yanaquihua, Arequipa 2019.

La técnica utilizada es el método científico, el tipo de estudio es aplicada, el nivel de estudio es descriptivo y el diseño del estudio es cuasiexperimental.

Se concluye que el factor de seguridad se incrementa al incorporar la presa de gravedad en el estado estático y pseudoestático que nos da una mejor confiabilidad en la estructura.

Palabras claves: Factor de seguridad, estado estático, estado pseudoestático, Slide.

ABSTRACT

This study's site is in the town of Condesuyos, in the Arequipa department. You see, the big issue is. How will the physical stability investigation of the tailings deposit, conducted at Yanaquihua mine in Arequipa in 2019, be modeled using the Slide software? The primary objective is to determine the physical stability of the tailings deposit by modeling using the Slide program, Yanaquihua, Arequipa 2019, and its location is in 2019. with the hypothesis of the results of the physical stability analysis will be acceptable in the modeling with the Slide software for the purpose of deposit security Tailings Alpacay, Minera Yanaquihua, Arequipa 2019

Research with a descriptive degree and a quasi-experimental design employs the scientific method and is characterized by an applied strategy for investigation.

It is concluded that the safety factor is increased by incorporating the wall of gravity in the static and pseudo static state that gives us better reliability in the structure.

Keywords: Safety factor, static state, pseudo static state, Slide.

INTRODUCCION

El análisis de estabilidad física implica el cálculo del factor de seguridad junto con dos condiciones: estática y pseudoestática. Esto se hace para evaluar si una pendiente es estable o no. El análisis eficiente de una estabilidad física tiene varios pasos importantes a seguir y necesita un estudio a detalle para obtener mejores resultados empezando por: los estudios topográficos proporcionan información actualizada sobre el área de estudio, las investigaciones geotécnicas revelan los tipos de suelo presentes y los peligros sísmicos determinan la magnitud de las aceleraciones del suelo en el caso de un evento sísmico.

El estudio llevará a cabo un análisis de estabilidad física de una presa de relaves usando el software Slide.

El estudio consta de cinco secciones y repasaremos el contenido de cada una a continuación:

Capítulo I, La formulación del tema, la delimitación y limitaciones del problema y la formulación del problema son temas que se tratan en esta sección y están relacionados con El estudio, el proceso de elaboración del documento va acompañado de una lista completa de objetivos generales y especializados. Estos objetivos se basan en el tema y la justificación del documento.

Capítulo II, Aborda la base teórica para el análisis de estabilidad física. Posteriormente se establecen las reglas, teorías y definiciones del estudio, junto con las hipótesis particulares y generales. También especificaremos las variables.

Capítulo III, Aborda la técnica, que es donde se analizan el método de estudio sugerido, el tipo de estudio, el nivel de estudio y el diseño del diseño. Se establecieron un estudio de caso, metodologías, herramientas de recolección de datos, procedimientos de procesamiento de información y análisis de datos.

Capítulo IV, Aborda la difusión de los hallazgos del estudio de acuerdo con los objetivos predeterminados del análisis de estabilidad física.

Capítulo V, Discusión de los hallazgos en la que, usando el contexto, confirmamos o refutamos la hipótesis.

El estudio se resume en los siguientes apartados: sugerencias, conclusiones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Kenneth Romario Ordoñez Meza

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El ingeniero civil, es la persona que tiene la habilidad de crear, diseñar, gestionar los proyectos a partir de una idea que sirvan para un futuro y ayude a la comunidad. El ingeniero civil que puede adquirir una especialidad específica puede aplicar nuevas tecnologías en su campo de acción, para que pueda manejar y utilizar de acuerdo a un buen criterio las diversas alternativas disponibles en el ámbito de la construcción enfocándose en el buen desempeño con una buena calidad, durabilidad y diseño.

La geotecnia es un subcampo de la ingeniería civil que explora las propiedades del suelo y otros materiales naturales mediante el uso de conocimientos geotécnicos y geológicos, Elementos de la superficie de la Tierra utilizados en el diseño, construcción y mantenimiento de muchos proyectos de ingeniería civil, incluidas carreteras, trenes, puentes, presas, estructuras residenciales e instituciones correccionales.

Experiencia en los factores físicos y ambientales específicos que influyen en las cualidades mecánicas del suelo y su uso previsto en la construcción, son las defensas más efectivas contra las catástrofes relacionadas con el clima, que representan una amenaza significativa tanto para la vivienda humana como para los entornos construidos.

Los geotécnicos evalúan los riesgos asociados con deslizamientos de tierra y otros desastres naturales y antropogénicos para las personas, las propiedades y el medio ambiente para mitigar los impactos de los peligros

geológicos, incluidos desprendimientos de rocas, hundimientos y deslizamientos de tierra. Diseñan estructuras de contención, como muros y anclajes, y desarrollan estrategias para gestionar la infiltración y la escorrentía, incluidas zanjas y filtros.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

El pueblo de Condesuyos, ubicado a una altura promedio de 2610 metros sobre el nivel del mar en el distrito minero de Yanaquihua del departamento de Arequipa, servirá como sitio del estudio.

1.2.2. Temporal

La delimitación temporal abarca los meses de mayo a agosto de 2019, el mismo año en que se darán a conocer los hallazgos.

1.3. Formulación del problema

Los problemas con la estabilidad física de las pendientes son bastante diferentes a los de las pendientes construidas por ingenieros. Dentro de estos, los problemas de los taludes y los terraplenes son fundamentalmente distintos, los materiales empleados, el proceso general de construcción de la pendiente y las variables climáticas en el lugar del estudio son los diferenciadores clave.

1.3.1. Problema general

¿Cuáles serán Los hallazgos del análisis de estabilidad física del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide, minera Yanaquihua, Arequipa 2019?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será los parámetros de resistencia que debemos de considerar para calcular el Factor de seguridad, del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide?

- ¿Cuál será el coeficiente de aceleración sísmica que puede presentarse en el depósito de relaves en el modelamiento del software Slide?
- ¿Cuál será la alternativa de reforzamiento del dique del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide?

1.4. Justificación

1.4.1. Social

Según Bernal (2010), define que la justificación social o práctica surge cuando una nueva investigación sugiere enfoques que, si se implementan, apuntan a exacerbar el problema. El factor de seguridad se puede determinar mediante el programa Slide ingresando la sección del dique de relaves, las cualidades físicas y mecánicas del material y la aceleración sísmica, entre otros parámetros. En este estudio, encontramos que el análisis físico es confiable para determinar que la presa sería estable y obtenemos la conclusión deseada usando el enfoque de equilibrio límite.

1.4.2. Teórica

El propósito del estudio es identificar el factor de seguridad calculando la estabilidad física con la ayuda del método de equilibrio límite en el programa Slide, por esta razón, requerimos la sección del dique de relaves, datos del tipo de suelo para obtener las características de resistencia del suelo e información sobre la historia del área de estudio. Los datos proporcionados se usarán para determinar los factores de seguridad apropiados para cada estudio.

1.4.3. Metodológica

El estudio tiene la finalidad de analizar el factor de seguridad empleando el software Slide, que es importante para dar la confiabilidad de que la presa será estable, para ello se obtendrá dos estados de estabilidad, estático y pseudoestático, el análisis se realizará en gabinete empleando el software Slide, determinando los parámetros de resistencia del suelo y juntamente con las normas para este caso de estudio.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la estabilidad física del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide, Yanaquihua, Arequipa 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar cuál será los parámetros de resistencia para calcular el factor de seguridad, en el depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide.
- Determinar el coeficiente de aceleración sísmica que puede presentarse en el depósito de relaves en el modelamiento del software Slide
- Proponer la alternativa de reforzamiento del dique del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide.

CAPITULO II:

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales)

En el estudio **“Estabilización y recuperación de taludes en carreteras, caso "IIRSA Norte, tramo N° 1, km 45+690 – km 45+830”** año 2015, IBERICO RODRIGUEZ RODOLFO RICARDO de la Universidad Ricardo Palma, concluye que: El primer estudio tiene en cuenta la estación más seca en la región con menor cantidad de agua. Los siguientes resultados se derivan de análisis realizados en diversos entornos en condiciones estáticas y pseudoestáticas. Durante la época seca, los análisis de estabilidad revelaron valores inferiores al factor de seguridad, correspondiendo las condiciones estáticas así como pseudoestáticas a estática y pseudoestática, respectivamente, F.S. valores de 1,349 y 1,147. Esto demuestra que la pendiente es inestable. Teniendo en cuenta la existencia de agua, el segundo estudio tiene en cuenta la temporada más lluviosa de la zona. Los siguientes hallazgos se obtuvieron de los análisis realizados en situaciones estáticas y pseudoestáticas en estos entornos. Condición Estática (F.S. Estático = 1.164), Condición Pseudo estática (F.S. Pseudoestático = 0.780), en estas condiciones (época húmeda y saturada), los análisis de estabilidad revelaron valores de factores de seguridad desconocidos o peligrosos inferiores al mínimo establecido para escenarios estáticos y pseudoestáticos. Los hallazgos de los análisis de estabilidad realizados durante esta temporada húmeda y saturada indican que las variables de seguridad desconocidas o potencialmente dañinas

tienen valores por debajo del mínimo requerido para situaciones estáticas y pseudoestáticas. (Iberico, 2015) (1)

En el estudio **"Estudio del deslizamiento en El Naranjo usando el método de equilibrio límite con el software Slide, Magdalena-Cajamarca"** año 2017, la Bach. Karen Juliana Torres Arroyo de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. El margen de seguridad resultante es que, en condiciones normales, el perfil A-A' tenía una causa de seguridad de 1,121, el perfil B-B' de 1,341 y el perfil C-C' de 1,395. Algunas causas desencadenantes provocaron el deslizamiento del Naranjo en la zona. En condiciones de saturación parcial, los perfiles A-A' alcanzaron un factor de seguridad de 0,899, B-B' alcanzaron un valor de 0,866 y C-C alcanzaron un factor de 1,114', cuando el plano de falla se genera en el mismo lugar que el deslizamiento de tierra de El Naranjo. Otro beneficio del perfil C-C' es su mayor nivel de seguridad, sólo pudiendo describir como el material deslizante era más resistivo en esa zona. Los perfiles AA', BB' y C-C' muestran pendientes inestables en condiciones de saturación, con factores de seguridad de 0,509, 0,599 y 0,731, respectivamente. (Arroyo, 2017) (2)

En el estudio **"Optimización de la estructura de una presa de gravedad mediante el uso de elementos finitos"** año 2017, Yuri Alexander Bustamante Vásquez concluye que: debido a que tiene una geometría y un comportamiento estructural óptimos sin exceder los límites o restricciones sugeridas por los parámetros del estado de optimización, este tamaño geométrico es el más adecuado desde un punto de vista técnico así como económico, ya que se optimizó el presupuesto en un 7.15%, lo que representa un ahorro de inversión de S/. 447.973,10.(Vásquez, 2017) (3)

2.2. Antecedentes Internacionales

En el estudio **"Comparación de los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra del Proyecto Pacalori"** año 2013 Carlos Eduardo Espinoza Durán y Leandro Enrique Tapia Berzoza de la Universidad de Cuenca – Ecuador, concluye que: El estudio de estabilidad se realizó en la pendiente más pronunciada aguas abajo para la condición de carga final de construcción. Se puede concluir que la pendiente aguas arriba, a pesar de su mayor inclinación, también será segura ya que la pendiente es constante y segura

(FACTOR DE SEGURIDAD=2,104). Alternativamente, en caso de intervención, lo más sensato es centrarse en la pendiente aguas abajo, ya que plantea la situación más problemática debido a la filtración que sufre. La selección de la pendiente debe basarse en la situación de carga operativa, ya que esto proporciona las consideraciones de seguridad más importantes. El factor de seguridad calculado más bajo para Macul 1 (1,279) es mayor que el valor mínimo permitido de 1,20. Durante la etapa de factibilidad, es importante considerar el enfoque de Janbu para un diseño seguro ya que proporciona el factor de seguridad conservador para la presa estudiada. Dado que los enfoques de Spencer así como Morgenstern-Price han demostrado ser los más realistas según la experiencia adquirida en represas anteriores, pueden usarse para realizar el análisis de etapas posteriores que exigen cálculos más precisos. (Dúran, 2013)(4)

En el estudio **“Estudio de la estabilidad del talud en la vía Macas – Puyo, usando el método de equilibrio límite en el tramo comprendido entre las abscisas 0+550 y 1+450”**– 2016 presentado por ESPÍN CAMPOS JORGE RONNY de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO encuentra que: En las circunstancias actuales, el factor de seguridad de la pendiente es 1,192 según Bishop y 1,062 según el método simplificado de Janbu. En circunstancias pseudoestáticas, los valores son 0,805 según el método simplificado de Janbu y 0,992 según el método de Bishop. El fenómeno de movimiento de masas ocurrido es esencialmente un deslizamiento de tierra de traslación, según lo determina la estratigrafía de la pendiente. La superficie de la falla atraviesa estratos fluviales y aluviales. Esto se debe a las diferentes características físicas y geomecánicas de cada capa; la matriz de la capa aluvial, que es arena limosa con grava según el S.U.C.S. clasificación, es la razón principal por la cual la superficie de falla se extiende sobre toda la capa, si el agua penetrara en esta matriz mayoritariamente arenosa y fluyera hacia la capa aluvial, se produciría erosión. El material eventualmente cede como resultado de la combinación de una presión de poro creciente y una tensión efectiva decreciente. Además, el estrato aluvial está controlado por la fricción, lo que hace que el agua esté aún más juntas en los estratos. Las características geomecánicas de la capa vulcanoclástica impiden que la superficie de falla la penetre, y la cohesividad dentro del estrato es la fuente de su mayor resistencia. Como

resultado, la superficie de la falla mantendrá su tendencia actual mientras el deslizamiento retrocede. (Campos, 2016)(5)

En el estudio "**Evaluación de herramientas para el análisis de la estabilidad física de una presa de relaves espesados**" – 2017 presentado por FELIPE ANDRÉS GUTIÉRREZ SEPÚLVEDA de la UNIVERSIDAD DE CHILE, concluye que: Dado que la superficie AB es una superficie que se supone arbitrariamente que falla en esa área, a pesar de que un modelo numérico mostró que esta falla no ocurre de esa manera, el factor de seguridad de SLIDE para la superficie AB estática es alto. Los hallazgos pueden estar sesgados debido a esto. A diferencia del factor de seguridad crítico de 2,2 para la superficie SLIDE en AB, el escenario estático de RS2 tiene un factor de seguridad crítico de 1,92, que es un 13% menor. En referencia a las simulaciones estáticas y pseudoestáticas de RS2, este programa calculó un factor de seguridad crítico de 1,92 para el escenario estático; esto es 0,05 unidades mayor que el factor de seguridad crítico encontrado en SLIDE y 0,1 unidades menor que el encontrado en FLAC3D. En estas condiciones, es fácil observar que todos los números concuerdan en cierta medida. (Sepúlveda, 2017)(6)

2.3. Marco Conceptual:

Teorías del estudio

Factor de Seguridad

El Factor de Seguridad permite a los ingenieros determinar la probabilidad de colapso de la pendiente en las circunstancias de comportamiento más severas.

El factor de seguridad se determina calculando el esfuerzo cortante promedio a lo largo de la superficie de falla potencial y la resistencia cortante promedio del suelo. La resistencia al corte del suelo está influenciada tanto por la fricción como por la cohesividad del suelo, calculada multiplicando la tangente del ángulo de fricción por la tensión normal efectiva sobre la posible superficie de falla. (Das, 2013)

Equilibrio límite.

El uso de enfoques de equilibrio límite, que necesitan datos sobre la resistencia del suelo, ha sido el estándar para analizar pendientes y su movimiento durante mucho tiempo, Sin embargo, en lo que respecta a la conexión tensión-deformación, no requerido; el sistema de equilibrio límite postula que, en caso de falla, las fuerzas actuantes y resistentes se equilibran en toda la superficie de falla, dependiendo de un factor de seguridad. Un método para realizar el estudio es dividir la masa deslizante en rodajas o segmentos, o evaluar de manera integral toda la superficie de falla. Cada día se produce software nuevo y más fácil de usar para mejorar los sistemas Voussoir que se introdujeron por primera vez a principios del siglo XX. Los enfoques suelen ser iterativos y todos tienen un cierto nivel de precisión. (Diaz, 1998)

2.4. Definición de términos

Angulo de fricción:

El ángulo de fricción es la expresión matemática de una noción física fundamental, el coeficiente de fricción, que se representa como la tangente de ϕ y depende de varios factores del suelo, incluyendo densidad, forma de partícula, distribución del tamaño de partícula y tamaño de partícula. (Diaz, 1998).

Cohesión:

La cohesión es el grado en que las partículas del suelo se adhieren unas a otras. La resistencia al corte causada por la cementación es representada por la cohesividad en la mecánica de suelos, aunque en física es una palabra para tensión. Los suelos que son muy granulares y carecen de cualquier material cementante o que produzca adherencia se considera que tienen una cohesión cero y se denominan suelos no cohesivos. (Diaz, 1998)

Mohr coulomb:

El criterio de falla de Mohr-Coulomb delinea la correlación entre las tensiones tangenciales y normales en el lugar de falla, lo que representa la resistencia al corte en el plano bajo deformación triaxial (Vallejo, 2011)

Equilibrio límite:

Métodos de equilibrio límite Su investigación del equilibrio de una masa potencialmente inestable implica comparar las fuerzas ejercidas en direcciones opuestas sobre una determinada superficie de falla. Para empezar se establece el "coeficiente de seguridad" y luego, usando los criterios de falla de Mohr-Coulomb, se selecciona una superficie de falla teórica en el talud (Vallejo, 2011)

Superficie de falla:

Una superficie que se cree que es capaz de deslizarse o fallar en pendiente se llama superficie de falla. (Diaz, 1998)

Pendiente

La pendiente se da por entender a la inclinación de un terreno, a mayor inclinación del terreno mayor será la pendiente.

CAPITULO III:

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general:

Los hallazgos del análisis de estabilidad física serán aceptables en el modelamiento con el software Slide para fines de seguridad del depósito de relaves Alpacay, Minera Yanaquihua, Arequipa 2019

3.2. Hipótesis específica:

- Los parámetros de resistencia que debemos de considerar para calcular el factor de seguridad, en el depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide serán aceptables según las normas ASTM.
- El coeficiente de aceleración sísmica que puede presentarse en el depósito de relaves en el modelamiento del software Slide será válido técnicamente.
- La alternativa de reforzamiento será aprobada por los parámetros de la norma “Normas y reglamento de seguridad de presas en el Perú” para el depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide.

3.3. Variables

El análisis de estabilidad física usando el modelamiento con el software Slide, será aceptable para fines de estabilidad, de la presa de relave Alpacay, Minera Yanaquihua, Arequipa, 2019

3.3.1. Definición conceptual de la variable:

El modelamiento con el software Slide.

Variable independiente (X):

Slide es un instrumento potente y fácil de usar para evaluar la estabilidad de pendientes 2D usando el método de equilibrio límite. Pendientes, terraplenes, presas y muros de contención hechos de cualquier material, incluidos suelo y roca, son todos adecuados para su uso con Slide. Slide ha integrado análisis de elementos finitos para la infiltración de aguas subterráneas, así como modelado probabilístico y de múltiples escenarios y asistencia en diseño. (Rocsinse, 2018)

Variable Dependiente (Y):

Análisis de estabilidad física.

Análisis de la estabilidad física El proceso determina el factor de seguridad en dos estados, estático así como pseudoestático, usando el enfoque de equilibrio límite.

3.3.2. Definición operacional de la variable:

Tabla 1: Definición operacional de la variable.

Variable	Dimensiones
Análisis de estabilidad física	Estabilidad física
El modelamiento con el software Slide	Factor de seguridad

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Operacionalización de las variables:

Tabla 2: Operacionalización de las variables.

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Variable dependiente Análisis de estabilidad física	El análisis de estabilidad física es un proceso al cual se calcula el factor de seguridad en dos estados: Estático y pseudoestático por el método de equilibrio límite.	Estabilidad física	Factor de seguridad Estado Estático Estado Pseudoestático
Variable independiente El modelamiento con el software Slide	Este programa toma en cuenta las características del suelo y el riesgo sísmico en un esfuerzo por calcular el factor de seguridad usando el enfoque de equilibrio límite. Para las condiciones estáticas y pseudo estáticas	Factor de seguridad	PGA Cohesión Angulo de fricción Peso unitario

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Método de estudio

En el desarrollo del estudio se usará el método científico, que nos sirve para detectar problemas dentro de nuestra comunidad; esta acción nos permitirá iniciar proyectos múltiples. El estudio que sigue una técnica científica seguramente proporcionará resultados confiables.

4.2. Tipo de estudio

El estudio según su finalidad es aplicado; según (Zenon, 2016) afirma que El estudio aplicada se centra en el uso de los hallazgos del estudio fundamental para resolver problemas del mundo real. Es el esfuerzo pionero para aplicar la comprensión científica a los sistemas tecnológicos. El objetivo principal es ofrecer respuestas viables a problemas del mundo real.

4.3. Nivel de estudio

El nivel de estudio describe el elemento de estudio enumerando sus atributos y características, por lo que es descriptivo. Proporciona un relato detallado de eventos clínicos o sociales dentro de un contexto geográfico e histórico particular. El objetivo es proporcionar una descripción y el objetivo estadístico es estimar parámetros (Zenón, 2016)

4.4. Diseño de estudio

El diseño del estudio es cuasi – experimental, El estudio puede cambiar la variable independiente para lograr hallazgos y evaluarlos porque quieren soluciones particulares a temas de interés.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Hernández, Fernández y Baptista (2014), menciona que “La población es el conjunto de todas las instancias que se ajustan a determinados criterios”.

En el estudio la población está compuesta por todos los depósitos de relaves de las unidades mineras de Alpacay.

Muestra

Según Castro (2016), el proceso de muestreo, que implica seleccionar un subconjunto de la población para representar el conjunto, puede adoptar varias formas. El depósito de relaves No. 03 de la unidad minera Alpacay servirá como muestra de estudio para este estudio, el cual incluye un muestreo no probabilístico.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas

- Determinar cuál será los parámetros de resistencia a fin de calcular el factor de seguridad, en el depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide.
- Determinar el coeficiente de aceleración sísmica potencial en el depósito de relaves usando el programa Slide para fines de modelado.
- Proponer la alternativa de reforzamiento del dique del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide.

4.6.2. Instrumentos

- Formatos de análisis de exploración geotécnica, nos servirá para registrar la estratigrafía del suelo y poder compararlo con los hallazgos de laboratorio.
- Topografía de la zona es fundamental para determinar las secciones necesarias en los puntos críticos del área de estudio.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

4.7.1. Fase de preparación y planeamiento (Pre campo)

Reconocimiento e identificación del sitio.

Es crucial identificar la región de estudio donde ocurren los sucesos para tener una idea de la situación y de cualquier problema potencial que pueda afectar la presa de relaves.

Ubicada a una altitud promedio de 2610 msnm, UP Alpacay está situada en el distrito de Yanaquihua, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.



Figura 1: Mapa del área de estudio

Fuente: Google Earth.

Estas acciones nos ayudan a llamar la atención y planificar el enfoque del estudio, incluido quién participará, qué herramientas se necesitarán y cómo tomaremos las muestras.

Revisión bibliográfica e histórica

La revisión de bibliografía es crucial ya que proporciona una visión general amplia del tema que estudiaremos y, dado que nos basaremos en los hallazgos de otros expertos en el campo, los datos que utilicemos deberán ser actuales e internacionales, esto nos enseña que sin importar los objetivos de la revisión, debemos seguir mirando el material, incluso si es para estudiar en otro campo.

La revisión de la bibliografía no significa transcribir la información, esto requiere agregarlo a la lista de variables utilizadas en El estudio.

La revisión histórica nos dará una mejor idea de lo que tenemos que hacer en campo, sin repetir las mismas actividades, asimismo tomar mejores decisiones para las actividades in situ.

Revisión de los planos existentes de la zona

La información topográfica esto nos informa cuán extensas han sido las investigaciones en la región.

Los planos topográficos actualizados y elaborados al tamaño que el proyecto considere aceptable sólo podrán elaborarse previa obtención de los planos topográficos base.

Con motivo de el estudio, se encontró los puntos actualizados del levantamiento topográfico de la zona de estudio en octubre de 2018. Esta actualización cuenta con 15,712 puntos topográficos estratégicamente distribuidos en toda la extensión del proyecto.

Cabe señalar que dicho levantamiento topográfico va ser referido al sistema de coordenadas UTM WGS84 zona 18 Sur. Véase Anexos - Planos Civil3D.

4.7.2. Fase de toma de datos, trabajo de Campo - Laboratorio

Toma de muestras – Ensayos de campo

Durante la campaña de exploración geotécnica, se realizaron excavaciones que permitieron una evaluación representativa de las propiedades de los materiales que constituyen el perfil del subsuelo del área de estudio y las canteras. En el transcurso de esta investigación, se realizaron pruebas de

densidad in situ dentro de los pozos a varias profundidades, cuyos hallazgos se detallan en el Anexo 1.



Figura 2: Ensayo de densidad de campo CR-04



Figura 3: Calicata CR-04 perfil del suelo



Figura 4: Calicata CR-04 Ensayo de campo



Figura 5: Calicata CR-04 Extracción de muestras para ensayos de laboratorio.



Figura 6: Calicata CR-05 Ensayo de densidad de campo



Figura 7: Calicata CR-06



Figura 8: Calicata CR-06 extracción de muestras para ensayos de laboratorio

Trabajo de laboratorio

Ensayos de mecánica de suelos

Para El estudio se realizó los siguientes ensayos para poder evaluar las propiedades físicas así como mecánicas.

Sistema unificado de clasificación de suelos

Según el método SUCS, los suelos se clasifican según su plasticidad y propiedades estructurales, y luego se agrupan según cómo se comportan como materiales de construcción diseñados. La base de la clasificación del suelo son las siguientes propiedades:

- Forma de la curva de distribución de tamaños granulométricos.
- Propiedades de plasticidad y compresibilidad.
- Proporción de grava, arena y partículas finas (fracción que pasa por el tamiz N° 200).
- Los suelos se separan en tres divisiones:
 - Suelos de grano fino.
 - Suelos altamente orgánicos.
 - Suelos de grano grueso.

Análisis granulométrico por tamizado (E 107)

El análisis de tamiz implica el paso de una muestra de suelo a través de una sucesión de tamices con aberturas progresivamente más pequeñas. Los números de tamiz estándar y los tamaños de apertura están disponibles en la Tabla 03

Tabla 3: Tamaño estándar de tamices

Tamiz	Abertura (mm)
3"	75
2"	50
1 1/2"	37.5
1"	25
3/4"	19
1/2"	12.5
3/8"	9.5
1/4"	6.3

N° 4	4.75
N° 10	2
N° 20	0.85
N° 30	0.6
N° 40	0.425
N° 60	0.25
N° 100	0.15
N° 140	0.106
N° 200	0.075

Fuente: Braja M. Das

Límites de atterberg

Limite liquido

El porcentaje de humedad en el suelo justo debajo de la transición plástico-semilíquido.

Calculo:

Aplicando una de las siguientes fórmulas, obtenga el límite líquido para cada muestra de contenido de agua:

$$LL^n = W^n * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad \text{ó} \quad LL^n = k * W^n$$

Donde:

LL^n = Límite líquido de un punto para el ensayo dado, %.

N = Cantidad de golpes que provocan el cierre de la ranura bajo un criterio establecido..

W^n = Contenido de agua para el ensayo dado, %.

k = Factor dado en la Tabla N°: 4

Limite plástico:

El límite plástico es el contenido de humedad en el que una pequeña cantidad de tierra, cuando se combina con agua y se manipula entre una superficie plana y la palma, se fractura en varillas que miden 1/8" (3 mm) de diámetro.

Contenido de humedad:

La humedad del suelo se puede determinar a partir de su contenido de humedad. El contenido de humedad del suelo se determina como la relación entre el peso del agua y el peso de las partículas sólidas en una determinada masa de suelo, representada como un porcentaje.

La siguiente fórmula se utiliza para determinar el contenido de humedad de la muestra:

$$W = \frac{W1 - W2}{W2 - Wt} * 100 = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

Donde:

W= Contenido de humedad (%)

Ww= Peso del agua

Ws= Peso seco del material

W1= Peso de la tara más el suelo húmedo, en gramos

W2= Peso de la tara más el suelo seco en horno, en gramos

Wt= Peso de la tara, en gramos

Ensayo de permeabilidad de pared flexible (NTP 339.156)

La principal ventaja del permeámetro de pared flexible, es que permite la saturación controlada de suelos de grano fino y la ejecución de ensayos de conductividad hidráulica en condiciones de tensión efectiva reguladas.

Ensayo triaxial CU

Usando bandas elásticas para asegurar la membrana al fondo del tubo de ensayo, tallamos el tubo hasta un diámetro mínimo de 35 mm así como una altura de 1,85 a 2,25 veces el diámetro. Tras posicionar el pistón sobre el tubo, tapamos la muestra para eliminar posibles burbujas de aire restantes y la fijamos con las bandas. La configuración de la prueba triaxial implica confirmar la alineación vertical de la muestra, ensamblar y asegurar los otros componentes, llenar la celda con agua desaireada mientras se permite que el aire escape a través del tapón superior y luego ejecutar la prueba, se aplican presiones de prueba. conectar las conexiones faltantes, cerrar la válvula de drenaje y conectar

el transductor para medir la presión de poro. Al mantener una presión externa constante sobre la celda y evitar cualquier drenaje.

Ensayo de corte directo

El objetivo es encontrar la resistencia al corte del suelo después de que se haya solidificado y drenado.

Podrá someterse a este ensayo cualquier tipo de suelo, ya sea con muestras no modificadas o remodeladas.

La muestra se coloca en el dispositivo de corte y se proporciona una carga normal durante toda la prueba. La muestra se puede humedecer o drenar según sea necesario, después de liberar los marcos de sujeción de la muestra, se aplica la fuerza de corte para provocar que la muestra falle.

Ensayo de consolidación

La muestra de suelo suele medir 63,5 mm de diámetro y 25,4 mm de espesor y está colocada dentro de un anillo de metal que contiene dos piedras porosas, una ubicada en la parte superior y la otra en el fondo del tubo de ensayo. Un micrómetro calibrado cuantifica la compresión, mientras que un brazo de palanca ejerce fuerza sobre la muestra. Como parte del procedimiento, la muestra se sumerge en agua. Cada 24 horas se mantiene cada carga. El siguiente paso para medir la compresión es duplicar la carga, lo que ejercerá el doble de presión sobre la muestra. La prueba finaliza cuando se determina el peso seco de la muestra.

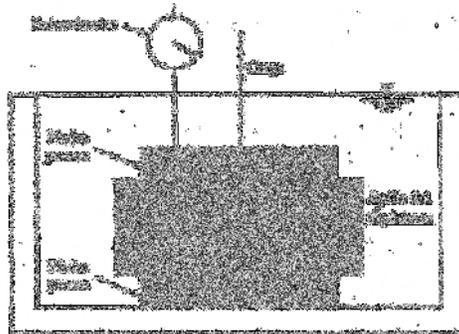


Figura 9: Consolidómetro

Fuente: Braja M. Das

Los ensayos de laboratorio se llevaron a cabo en el laboratorio de "LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU". Ver anexo Ensayos de laboratorio. 1.

4.7.3. Fase de gabinete o procesamiento de la información

Luego de las campañas geotécnicas y la identificación de los materiales encontrados en campó, se procedió a procesar la información que se obtuvo en campo y en laboratorio.

Análisis de estabilidad física por método de equilibrio limite

Usando el software Slide calculamos el factor de seguridad usando lo siguiente:

Superficie y curvas de nivel

Exportando los puntos actualizados se genera la superficie, usando el software Auto Cad Civil 3D.

Como preparación para un examen más detallado, se creó el corte A-A usando la superficie producida de la presa de relaves. El análisis se realizó usando el programa Slide después de especificar el segmento, la superficie fabricada de la presa de relaves se utilizó para formar la sección A-A en preparación para estudios posteriores. Una vez especificada la sección, se realizó el análisis mediante el software Slide.



Figura 10: Generación de Superficie y secciones AutoCAD Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros de resistencia del suelo

La fuente principal de estas características fue la prueba Triaxial CU realizada en el laboratorio de Mecánica de Suelos. Determinar el ángulo de fricción, el peso unitario y la cohesión. Basado en la información recopilada de todas las muestras que se investigaron.



Figura 11: Identificación de los parámetros de resistencia de los suelos

Fuente: Elaboración propia

Peligro Sísmico

PGA

El peligro sísmico se determina combinando análisis probabilístico y determinista, dónde se ubica la fuente en relación con la ubicación de análisis, y que debe representar la producción de un evento sísmico típico de la región.

Para ello necesitamos determinar la estimación de la acción sísmica en el lugar de estudio causados por los máximos sismos potenciales de cada zona, el sismo se puede dar en cualquier lugar del área de estudio, el punto donde se va a determinar la aceleración máxima será en el lugar más cercano para realizar la predicción, luego se aplica las leyes de atenuación con la distancia y nos determinará valores de movimiento en el área de estudio.

Determinación del peligro sísmico, tomando el máximo valor de intensidad de movimiento generado por las diferentes zonas.

Las leyes de atenuación que empleamos para esta investigación son de Young y Sadigh que proponen la siguiente fórmula

Ley de atenuación de Young (1997)

$$\begin{aligned} \ln(y) = & 0.2418 + 1.414M + C1 + C2(10 - M)^3 + C3 * \ln \\ & * (Rrup + 1.7818 * e^{0.544M}) + 0.00607H + 0.3846ZT \\ \sigma = & C4 + C5 * M \end{aligned}$$

Donde

Y = Aceleración espectral (g) correspondiente a la media geométrica de las dos componentes horizontales.

M = Magnitud de momento.

Rrup = Distancia más cercana a la rotura (Km).

H = Profundidad focal (Km)

Zt = Tipo de origen, 0 para interface, 1 para interplaca.

σ = Desviación estándar (para M > 8, considerar M=8)

Ley de atenuación de Sadigh (1997)

$$\begin{aligned} \ln(y) = & C1 + C2M + C3(8.5 - M)^{2.5} + C4 \ln * (R + e^{C5+C6*M}) \\ & + C7 \ln (R + 2) \end{aligned}$$

Donde:

Y = Aceleración espectral como fracción de (g)

M = Magnitud de momento Mw

R = Distancia más cercana al área de rotura (Km).

Predimensionamiento de contrafuerte.

Geometría General En Talud

La inclinación de una línea imaginaria que conecta el tramo del banco inferior con la cresta del banco superior define la inclinación geotécnica del talud entre pendientes. Dicho esto, la inclinación geotécnica del talud entre rampas cambia dependiendo de la altura y el ancho de las rampas, en contraste con el ángulo entre rampas que se utiliza a menudo en el diseño minero.

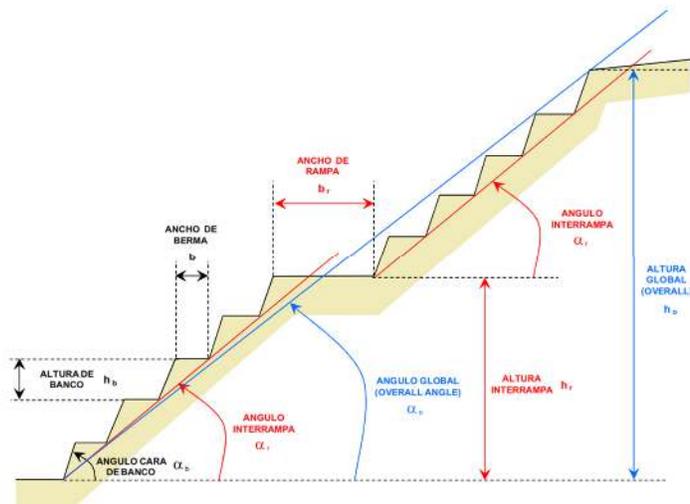


Figura 12: Geometría general de un Talud.

Fuente: Morales 2009

Altura de banco (hb).

“Las alturas de los bancos están determinadas principalmente por las especificaciones operativas” (Mendoza, 2016). Esto se debe a que tiene como fin maximizar el rendimiento de los equipos de carga y/o excavación según se detalla en los respectivos requisitos técnicos”.

Ángulo de banco (αb)

“En el ámbito minero se mide en grados (°). Esta cifra, que normalmente es 30 pero puede variar mucho dependiendo de la actividad sísmica localizada, está dictada por las características geotécnicas del terreno a nivel del banco” (Morales, 2009).

Ancho de berma (B)

“El ancho de la berma cuantifica la distancia desde la base del banco hasta la cresta alineada con la elevación del banco” (Mendoza, 2016).

“El ancho de berma se define de acuerdo con el criterio original propuesto por Ritchie (1963) y modificado por” (Evans y Call, 1992).

$$B = 0.2hb + 2.0; \text{ para } hb < 90.0m$$

$$B = 0.2hb + 4.5; \text{ para } hb > 90.0m$$

Donde:

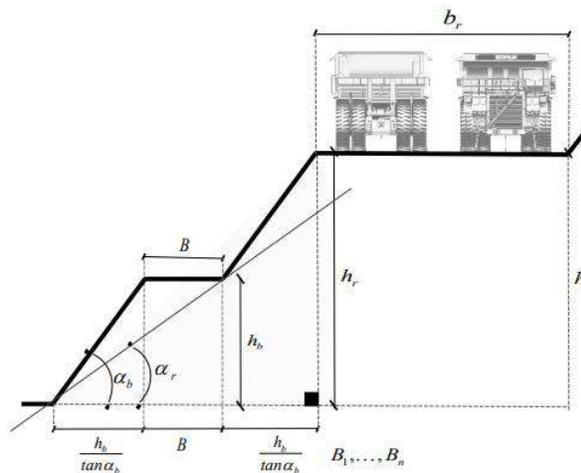
- B es ancho de la berma (m).
- hbes la altura de banco (m).

Altura interrampa (h_r)

Se alinea con la altura máxima permitida entre rampas (Valiente, 2017). El valor de esta variable se determina multiplicando la altura del banco por la cantidad de bancos colocados en el área entre las rampas.

Ángulo interrampa (α_r)

“Según Morales (2009), Esto es parte de la estrategia minera. Se considera una línea imaginaria que conecta los pies de los bancos y también se considera su ángulo con respecto a la horizontal”.



Ángulo interrampa

Fuente: Morales 2017.

Del triángulo rectángulo formado por el ángulo α_r .

$$\tan \alpha_r = \frac{h_b}{\frac{h_b}{\tan \alpha_b} + B}$$

Por lo cual, el ángulo interrampa queda definido por:

$$\alpha_r = \tan^{-1} \left(\frac{h_b}{h_b \cdot \cot \alpha_b + B} \right)$$

Donde:

- α_r es el ángulo interrampa ($^\circ$).
- α_b es el ángulo de banco ($^\circ$).
- h_b es la altura de banco (m).
- B es el ancho de berma (m).

Ancho de rampa (*br*)

Dependiendo del tipo de equipo de transporte, esta característica se define en términos de criterios operativos y de seguridad (Salas, 2011). Ley del Territorio No. El artículo 262 del 024-2016-EM ordena que en zonas mineras, las rampas o vías anchas deben tener un ancho mínimo de dos veces el ancho máximo de vehículos y un ancho máximo de tres veces. Este requisito existe para garantizar que los sitios mineros sean seguros para los automóviles - carreteras y dos veces por vías muy anchas que sólo van en un sentido.

Ángulo global (α)

“El ángulo formado al conectar la línea horizontal inferior y la línea hipotética que une la base del banco inferior con el vértice del banco superior (Mendoza, 2016), Hay una serie de factores que se han establecido previamente, incluida la altura, la pendiente, el arcén, el ancho de la rampa, la cantidad de pendientes y la cantidad de rampas. El valor se obtiene geoméricamente según estos parámetros. Al demostrar que la ecuación propuesta para encontrar el ángulo global es aplicable a cualquier conjunto de parámetros geoméricos que incluya la pendiente global, el autor de este estudio estableció que la ecuación es legítima. En el curso de un estudio empírico, se desarrolló esta ecuación”.

Altura global (*ho*)

“Tiene en cuenta la altura de la pared del pozo, que se determina midiendo desde la base del banco más bajo hasta la parte superior del banco más alto. Puedes obtener esta cantidad sumando las alturas de todos los hoyos o multiplicando el número de bancos por su altura”.

Factores de seguridad mínimos permisibles

Según la (DGAA, 1997) “En los análisis de estabilidad, un factor de seguridad tiene dos propósitos: primero, limita la cantidad de deformación que puede ocurrir y, segundo, toma en consideración la cantidad de error que podría ocurrir entre los parámetros que fueron diseñados y los que realmente pueden estar presentes en el entorno físico. Los esfuerzos de corte aplicados que son lo suficientemente significativos como para aproximarse a la resistencia al corte del suelo causan deformaciones plásticas bastante sustanciales en muchos suelos. Por lo tanto, un factor de seguridad mayor que uno implica que las deformaciones

se mantendrán por debajo de los límites aceptables si se incluye la resistencia última en el diseño.

Evaluar las características de drenaje del embalse, las condiciones del agua subterránea, la resistencia al corte de los materiales de cimentación y las posibles repercusiones de la inestabilidad al seleccionar un factor de seguridad.

En consecuencia, el estudio mundial de estabilidad física del estado actual del depósito de relaves tuvo en cuenta el mínimo indispensable de factores de seguridad (FS) permitidos (modelo 1) se aprecian en la Tabla

Tabla 4: Factores mínimos de seguridad según la CDA

Caso de análisis	FS mínimo aceptable
Análisis estático	1.5
Análisis pseudoestático	1.0

Fuente: Dam safety guidelines (CDA, 2007)

Factor de seguridad

Dada la sección de la superficie, las características de resistencia del suelo y la amenaza sísmica, podemos utilizar la información de los elementos anteriores (el resultado final del proceso completo) calcular el factor de seguridad. El programa Slide calcula dividiendo la resistencia al corte promedio del suelo por el esfuerzo de corte promedio a lo largo de la superficie de falla.



Figura 13: Análisis de estabilidad física

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

Caracterización del suelo según Los hallazgos de EMS.

Tabla 5: Clasificación SUCS del EMS.

CALICATA	CLASIFICACION SUCS
CR-5 Dique principal	SC
CR-6 Dique principal	SC
CR-14 Terreno natural	SC

Se excavaron tres pozos para la caracterización del suelo en las siguientes coordenadas:

Tabla 6: Coordenadas UTM – WGS84 de las calicatas.

CALICATA	ESTE	NORTE
CR-5	722030.08	8254132.56
CR-6	722018.12	8254088.43
CR-14	722024.47	8253916.72

GRANULOMETRIA

En la tabla N°7 se aprecia la distribución granulométrica del estrato obtenido de la calicata N°05.

Tabla 7: Granulometría de la calicata N°05.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800		0.00	0.00	100.00	
1½"	38.100		0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	153.00	3.82	3.82	96.18	
¾"	19.100	86.00	2.14	5.96	94.04	
½"	12.700	267.00	6.66	12.62	87.38	
⅜"	9.520	122.00	3.04	15.66	84.34	
#4	4.760	248.00	6.18	21.85	78.15	
Suma		876.00				
TAMIZ.	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)	
					>#20	Total
#10	2.000	29.39	11.76	11.76	88.24	68.97
#16	1.190	20.93	8.37	20.13	79.87	62.42
#30	0.590	35.08	14.03	34.16	65.84	51.46
#50	0.297	34.72	13.89	48.05	51.95	40.60
#100	0.149	30.88	12.35	60.40	39.60	30.95
#200	0.074	21.53	8.61	69.01	30.99	24.22
Bandeja		1				
Suma		173.53				

Al igual en la tabla N°8, se aprecia la distribución granulométrica del estrato obtenido de la calicata N°06

Tabla 8: Granulometría de la calicata N°06.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800		0.00	0.00	100.00	
1½"	38.100		0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	124.00	3.29	3.29	96.71	
¾"	19.100	61.00	1.62	4.91	95.09	
½"	12.700	109.00	2.89	7.81	92.19	
⅜"	9.520	122.00	3.24	11.05	88.95	
#4	4.760	301.00	7.99	19.04	80.96	
Suma		717.00				
TAMIZ.	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)	
					>#20	Total
#10	2.000	25.89	10.36	10.36	89.64	72.58
#16	1.190	20.02	8.01	18.36	81.64	66.09
#30	0.590	36.32	14.53	32.89	67.11	54.33
#50	0.297	36.02	14.41	47.30	52.70	42.67
#100	0.149	31.63	12.65	59.95	40.05	32.42
#200	0.074	19.82	7.93	67.88	32.12	26.00
Bandeja		0.57				
Suma		170.27				

Consecuentemente en la tabla N°9, se aprecia la distribución granulométrica del estrato obtenido de la calicata N°14.

Tabla 9: Granulometría de la calicata N°14.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800		0.00	0.00	100.00
1½"	38.100	86.00	1.95	1.95	98.05
1"	25.400	185.00	4.19	6.13	93.87
¾"	19.100	44.00	1.00	7.13	92.87

½"	12.700	158.00	3.58	10.70	89.30	
¾"	9.520	155.00	3.51	14.21	85.79	
#4	4.760	261.00	5.91	20.12	79.88	
Suma		889.00				
TAMIZ. ABERTURA (mm) PESO RETENIDO (gr.) PARCIAL RETENIDO (%) RETENIDO ACUMULADO (%) PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)						
					>#20	Total
#10	2.000	22.26	8.90	8.90	91.10	72.77
#16	1.190	21.79	8.72	17.62	82.38	65.81
#30	0.590	35.89	14.36	31.98	68.02	54.34
#50	0.297	33.39	13.36	45.33	54.67	43.67
#100	0.149	29.59	11.84	57.17	42.83	34.22
#200	0.074	20.63	8.25	65.42	34.58	27.62
Bandeja		0.85				
Suma		164.40				

Es así que en resumen en la tabla N°10 se tiene como promedio del contenido de finos, arenas y gravas en cada muestra obtenida de cada calicata estudiada, donde para el suelo de la calicata N°05, presenta 21.85 % de gravas, 53.94 % de arenas y 24.22 % de finos, donde el 19.04% es grava, el 54.96% es arena y el 26.00% son finos en el tajo N° 06; 20.12% es grava, 52.26% es arena y 27.62% es fino en el tajo N°14.

Tabla 10: Promedio de contenido de gravas, arenas y finos de los suelos.

CALICATAS	ESTE	NORTE	GRAVAS (%)	ARENA (%)	FINOS (%)
C-05	722030.08	8254132.56	21.85	53.94	24.22
C-06	722018.12	8254088.43	19.04	54.96	26.00
C-14	722024.47	8253916.72	20.12	52.26	27.62

La Figura 14 muestra que los suelos estudiados consisten principalmente en arena, seguidos de cerca por finos y grava. También se infiere el hecho de que

las cantidades de grava, arena y partículas no difieren mucho a lo largo de las piscinas.

Promedio de contenido de gravas, arenas y finos de los suelos.

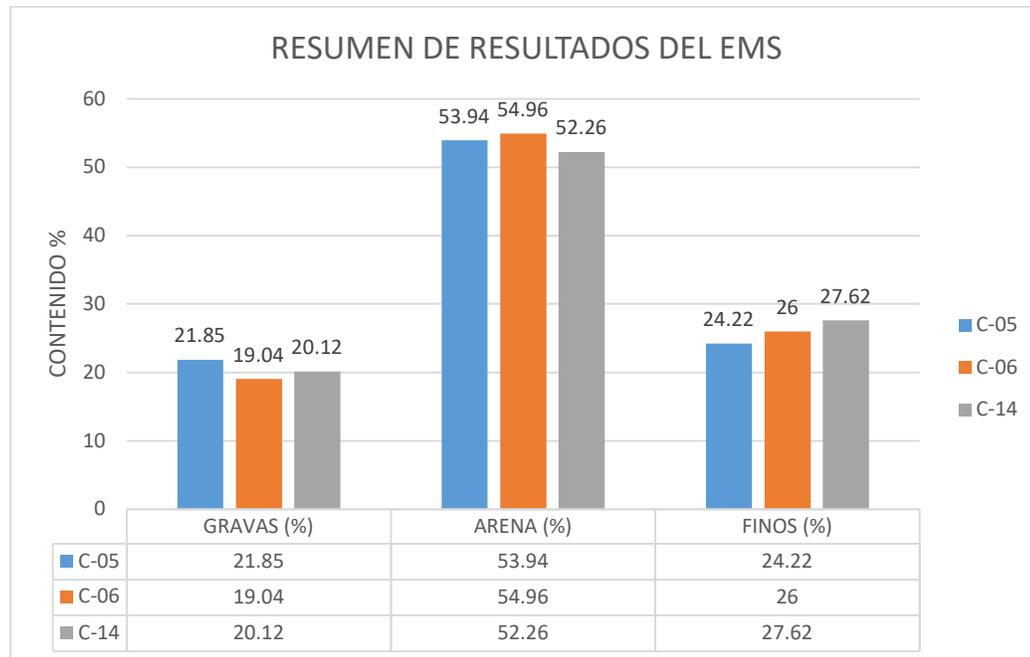


Figura 14: Cuadro comparativo de resultados del EMS.

CONSISTENCIA

En la Tabla No. 11 podemos ver Los hallazgos para los suelos que salieron de las piscinas. El suelo C-05 tuvo un LL de 29,79%, un LP de 19,11% y un IP de 10,68, según los datos, para el suelo C-06 fue el LL de 28.26%, LP de 20.6% y 7.66% el IP, mientras que en el suelo C-14 fue de 31.96% el LL, 24.63% el LP y 7.32% el IP.

Tabla 11: Promedio de contenido de gravas, arenas y finos de los suelos.

CALICATAS	LL	LP	IP
Suelo C-5	29.79	19.11	10.68
Suelo C-6	28.26	20.6	7.66
Suelo C-14	31.95	24.63	7.32

En consecuencia, la figura N°15 representa la variación en los límites de consistencia en los suelos de las piscinas, mostrando que C-14 (31,95%) tiene un LL más alto, C-14 (24,63%) tiene un LP más grande y C-05 (10,68%) tiene un IP más alto.

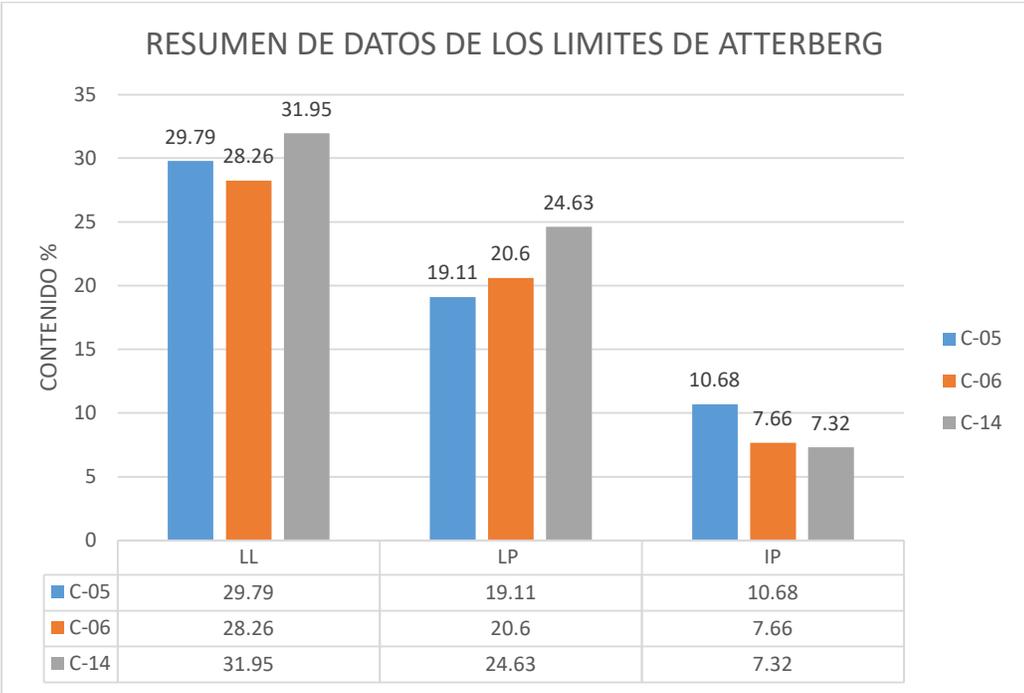


Figura 15: Cuadro comparativo de resultados del EMS.

De acuerdo con el manual de carreteras: suelos geología, geotecnia así como pavimentos, clasifica al suelo de acuerdo con el IP, en la Figura 5.6, podemos ver que el suelo del pozo 5 es muy plástico, pero la tierra del pozo 6 y del pozo 14 están clasificadas como moderadamente plásticas.

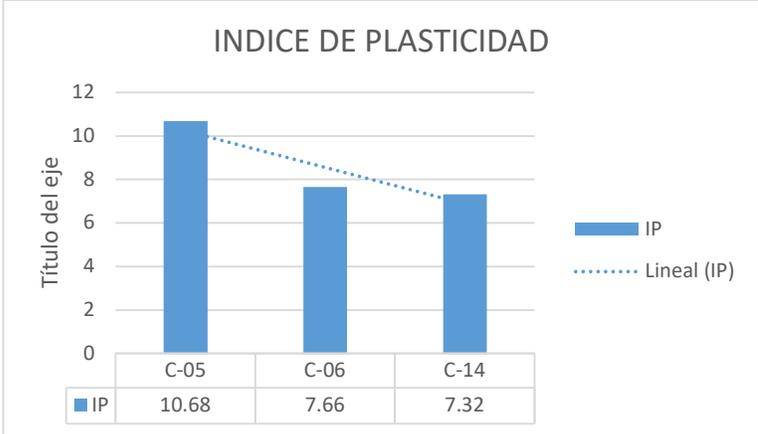


Figura 16: Índice de plasticidad de los suelos extraídos de las calicatas.

En consecuencia, la presencia de partículas (grava, arena y finos) en el suelo y las limitaciones de consistencia también son factores que pueden afectar Los hallazgos, en consecuencia, el suelo del pozo C-05 se clasifica como una composición de suelo (SC) que se representa como arena arcillosa, mientras que el suelo del pozo C-06 se clasifica como una composición de suelo (SC) que se representa como arena arcillosa, y el suelo del pozo C-14 se clasifica como una composición de suelo (SC) que se expresa como arena arcillosa.

CORTE DIRECTO

La Tabla N°12 muestra los hallazgos de CD para las muestras recolectadas de los pozos N° 05 y 06. La Tabla N°17 muestra la tensión normal y la tensión de corte en Kpa.

Tabla 12: Resultado del ensayo de Corte Directo.

Calicata	Cohesión (Kpa)	Ángulo de fricción (°)
C-05, C-06 (dique principal)	28	33
Muro Contrafuerte	20	32

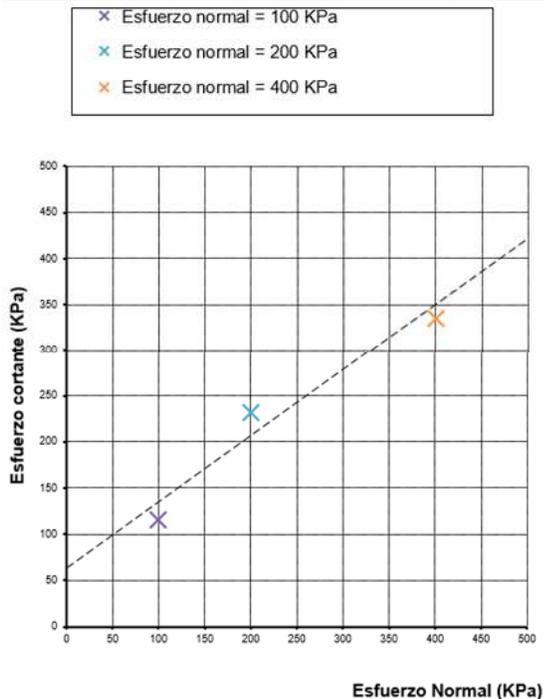


Figura 17: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Corte directo. (Dique principal).

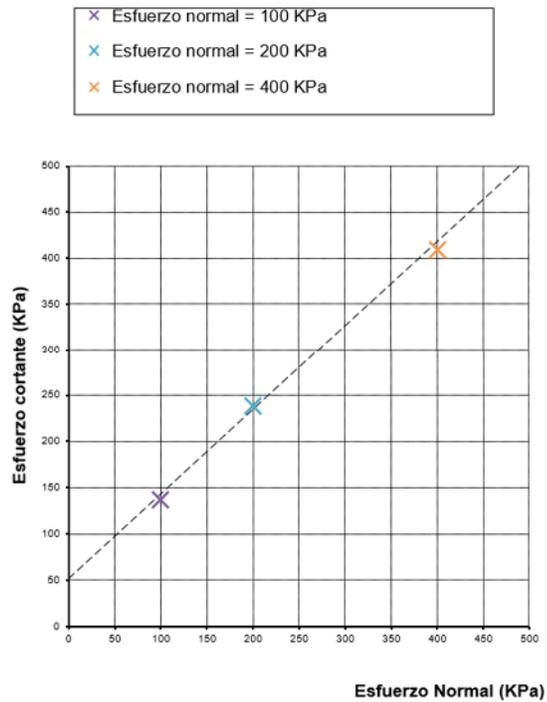


Figura 18: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Corte directo. (Muro contrafuerte).

TRIAXIAL

En la tabla N°13 se aprecia Los hallazgos del ensayo Triaxial para la C-14. Y en la figura N°18 el cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa).

Tabla 13: Resultado del ensayo Triaxial.

Calicata	Cohesión (kpa)	Ángulo de fricción
C-14 (Terreno natural)	69	20
Relave saturado en vaso	10	10
Relave compactado	18	32

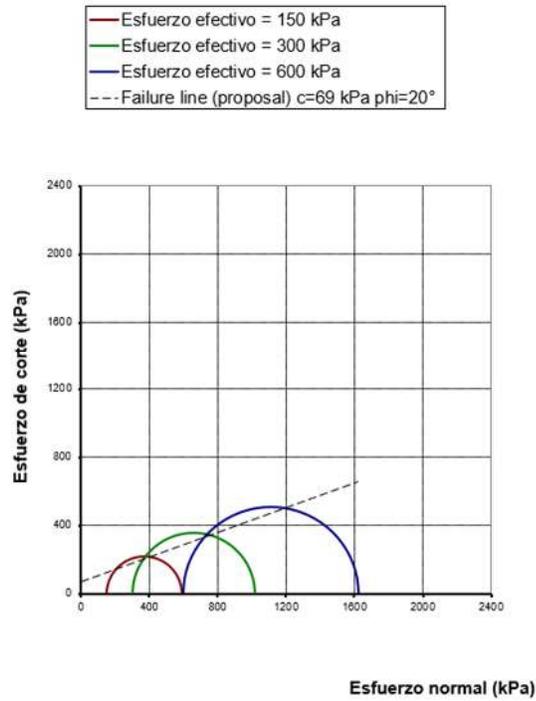


Figura 19: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Ensayo Triaxial (Terreno Natural)

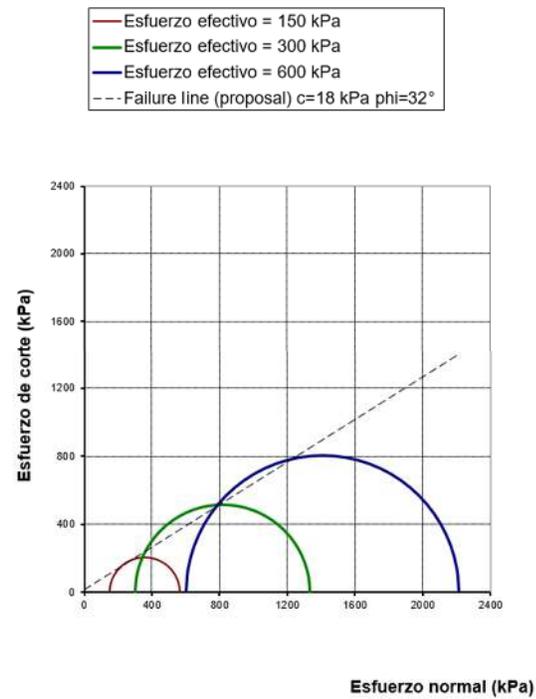


Figura 20: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Ensayo Triaxial (Relave Compactado)

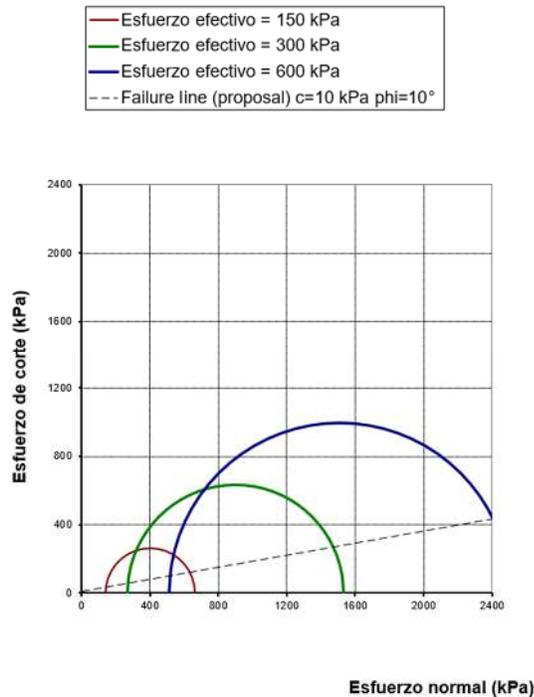


Figura 21: Cuadro del esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en (Kpa.) – Ensayo Triaxial (Relave Saturado)

ACELERACION MAXIMA

Para obtener la aceleración máxima para el estado pseudoestático del diseño de estabilidad del talud, se procedió a determinar la aceleración máxima en dos condiciones, probabilístico y determinístico:

Tabla 14: Resultado de la aceleración máxima - Probabilístico.

Fuente	Parámetros característicos para cada fuente sismogénica						Prof (km)
	a	b	Mmin	Mmax	Beta	Tasa	
Fs1	8.2	1.2	5.2	6.7	2.76	1.8	60
Fs2	5.7	0.7	4.3	8.2	1.63	10.82	60
Fs3	6.1	0.76	4.3	8.1	1.75	12.74	60
Fc4	6.4	1.74	5.2	6.1	4.01	0.44	30
Fc5	10.3	1.23	4.8	5.8	2.83	1.48	30
Fc6	8.1	0.99	5	6.2	2.29	0.3	30
Fi7	6.1	1.02	5.1	7	2.35	2.02	30
Fi8	6.6	0.41	4.6	7	0.95	0.18	110
Fi9	7.7	1.13	5.2	6.9	2.6	4.32	110
Fi10	10.4	0.81	4.4	7.8	1.88	22.14	110

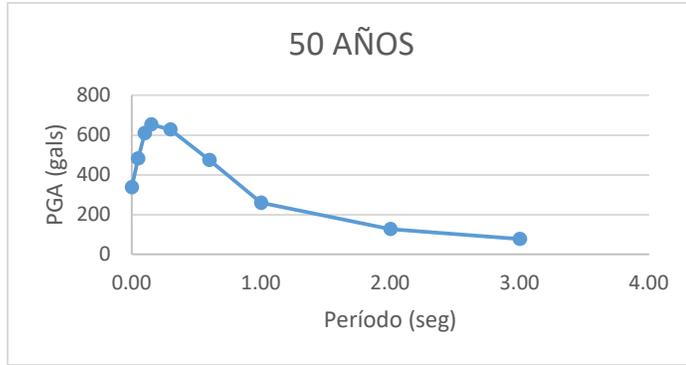


Figura 22: Espectros de peligro uniforme para el año - 50

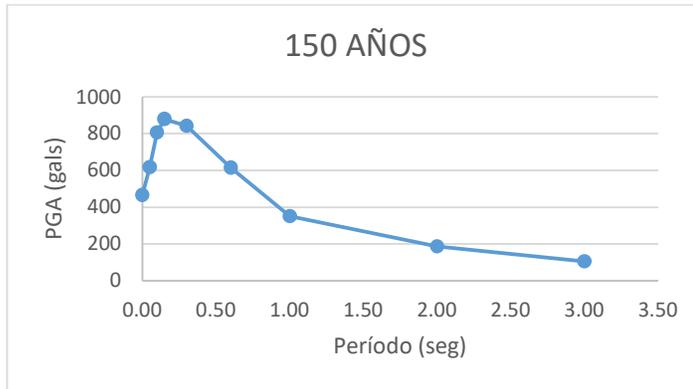


Figura 23: Espectros de peligro uniforme para el año - 150

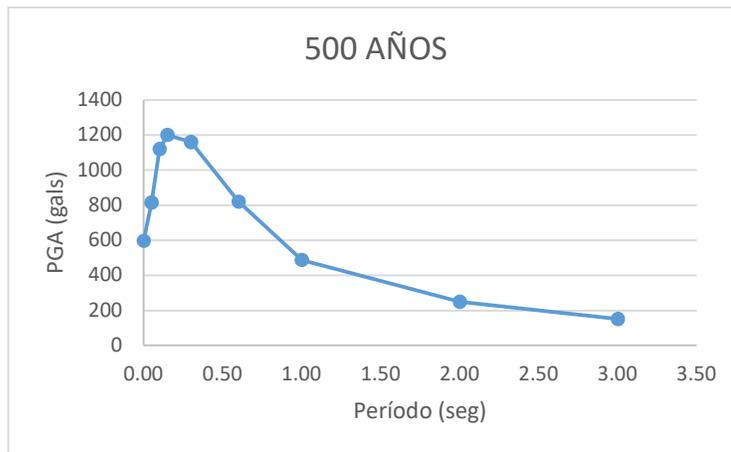


Figura 24: Espectros de peligro uniforme para el año - 500

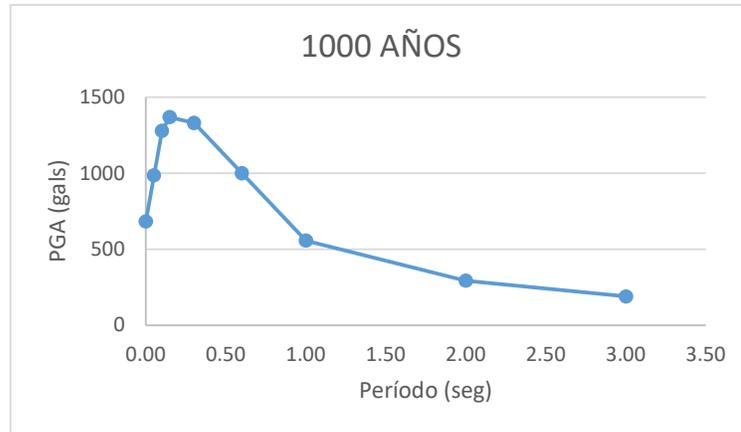


Figura 25: Espectros de peligro uniforme para el año – 1000

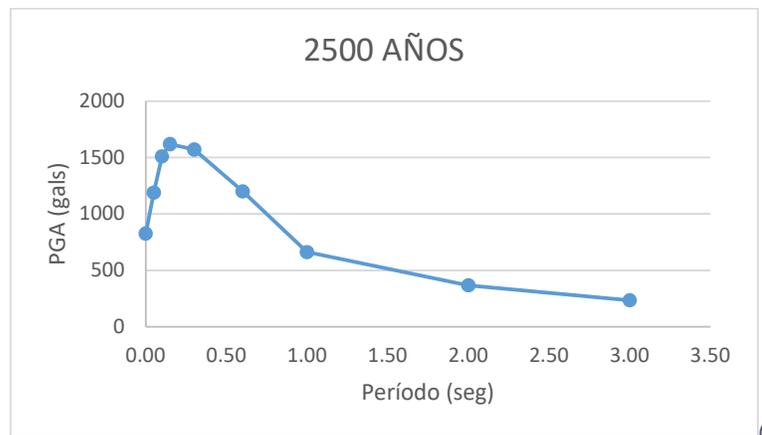


Figura 26: Espectros de peligro uniforme para el año - 2500

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Resultados específicos

- a) Los parámetros de resistencia que permitirá determinar el factor de seguridad en el área de estudio del estudio.
 - El dique principal sus parámetros geotécnicos estimados son: 23 kN/m³ de peso unitario, $\Phi=33^\circ$ y $c=28$ kPa.
 - En el relave saturado en vaso sus parámetros geotécnicos estimados son: 21 kN/m³ de peso unitario, $\Phi=10^\circ$ y $c=10$ kPa.
 - En el relave filtrado compactado sus parámetros geotécnicos estimados son: 20 kN/m³ de peso unitario, $\Phi=32^\circ$ y $c=18$ kPa.

- En el contrafuerte proyectado sus parámetros geotécnicos estimados son: 21 kN/m³ de peso unitario, $\Phi=32^\circ$ y $c=20$ kPa.

Los parámetros de resistencia que permitirá determinar el factor de seguridad en la región de estudio, de las pruebas de laboratorio realizadas se obtuvieron los siguientes hallazgos: Para el dique principal sus parámetros geotécnicos estimados son: 23 kN/m³ de peso unitario, $\Phi=33^\circ$ y $c=28$ kPa. En el relave saturado en vaso sus parámetros geotécnicos estimados son: 21 kN/m³ de peso unitario, $\Phi=10^\circ$ y $c=10$ kPa. En el relave filtrado compactado sus parámetros geotécnicos estimados son: 20 kN/m³ de peso unitario, $\Phi=32^\circ$ y $c=18$ kPa. En el contrafuerte proyectado sus parámetros geotécnicos estimados son: 21 kN/m³ de peso unitario, $\Phi=32^\circ$ y $c=20$ kPa. Entonces Estos hallazgos serán aceptables según las normas ASTM para el análisis de estabilidad física.

- b) El coeficiente de aceleración sísmica que permite determinar el factor de seguridad en el estado pseudoestático.
- Para conocer el riesgo sísmico asociado a la presa de relaves Alpacay, se ha considerado la técnica probabilística en dirección horizontal con un tiempo de retorno de dos mil quinientos años.

Tabla 15: Valores de PGA probabilísticos - Horizontales.

**Valores de PGA probabilísticos para la Unidad Productora Alpacay
(Horizontales)**

Periodo de retorno en años	50	150	500	1000	2500
PGA en "g"	0.195	0.277	0.396	0.473	0.588

- Consideramos las leyes de atenuación propuestas por Young et al (1997) para los sismos con origen en la convergencia de placas o proceso de subducción.

Tabla 16: Aceleración máxima por subducción – Método determinístico.

Fuente	Tipo	Distancia (km)	Profundida d (km)	Magnitud	amaxh (g)
Subducción (Ocoña)	Inversa	130	40	8	0.076
Subducción (Ocoña)	Inversa	130	40	8.5	0.103

Fuente: Elaboración propia

- Para estimar las aceleraciones debido a fuentes corticales se hace uso de la ley de atenuación de Sadigh et al (1997).

Tabla 17: Aceleración máxima por fallas corticales.

Fuente	Tipo	Distancia (km)	Profundidad (km)	Magnitud	amaxh (g)
Falla Trigal	Normal	113	15	6.5	0.02
Falla Solarpampa	Normal	113	15	6.2	0.015

Fuente: Elaboración propia

- Se determinó una aceleración máxima de la aceleración pico de diseño para ser el más conservador y el coeficiente de aceleración sísmica de diseño será de 0.02

El coeficiente de aceleración sísmica que permite determinar el factor de seguridad en el estado pseudoestático, se determinó usando la ley de atenuación sugerida por Young et al. Se encontró que la aceleración sísmica de diseño era 0.020 usando la técnica determinista. En un entorno pseudoestático, será técnicamente sólido para determinar el factor de seguridad.

- c) La alternativa de reforzamiento del dique para incrementar el factor de seguridad de la presa de relaves en los estados estático y pseudoestático.

- En la alternativa de reforzamiento del dique se planteó un modelo de contrafuerte para mejorar las características de resistencia del relave, ya que a futuro la presa de relaves seguirá almacenando más relave filtrado y esta pueda mantener el factor de seguridad permisible.
- El modelo del contrafuerte tendría un talud de 1.7 (H) y 1 (V).

5.2.2. Resultado general

- La instalación de relaves es adecuada en términos de su estabilidad física a los efectos de garantizar la seguridad del tranque de relaves.
- El escenario actual está constituido por un dique principal de 220 m de longitud, 50 m de alto y talud aguas abajo de 1.35H:1V de pendiente, el cual confina y contiene a los relaves depositados en su vaso. Nos dan los siguientes resultados en estado estático lo cual cumple con los factores de seguridad mínimos establecidos por la CDA

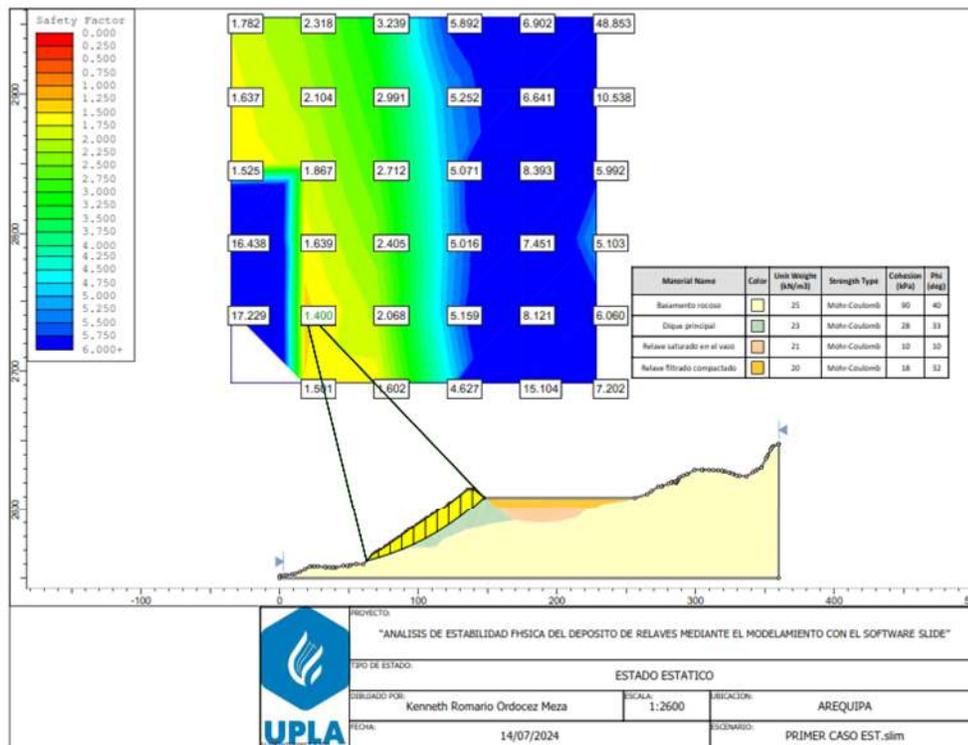


Figura 27: F.S en estado estático – Primer caso (Método Bishop)

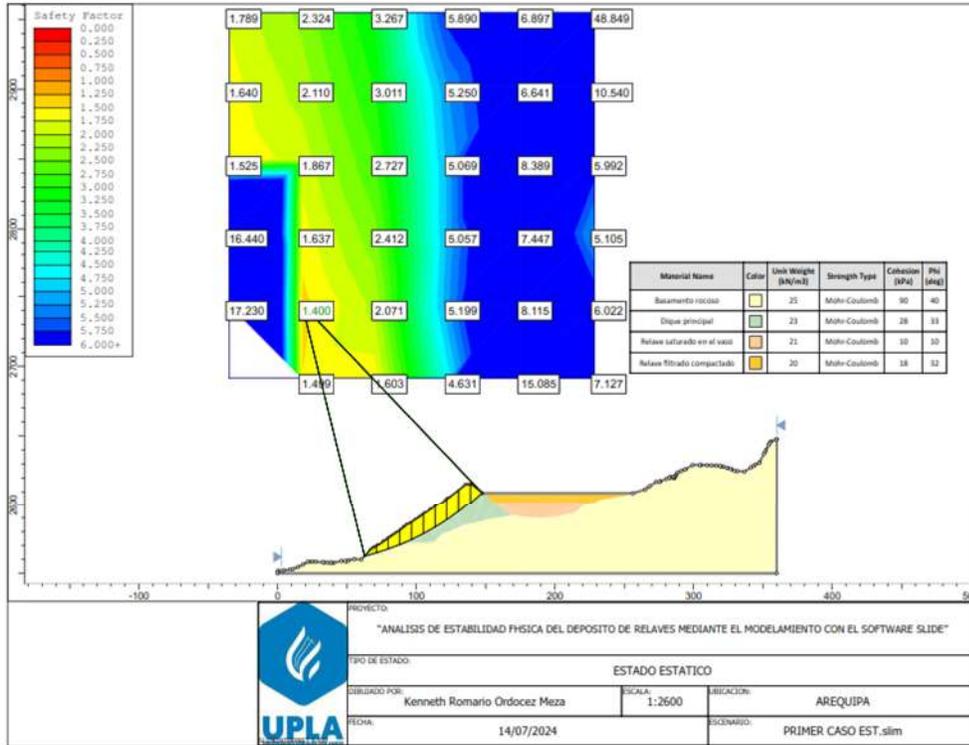


Figura 28: F.S en estado estático – Primer caso (Método Morgenstern- Price)

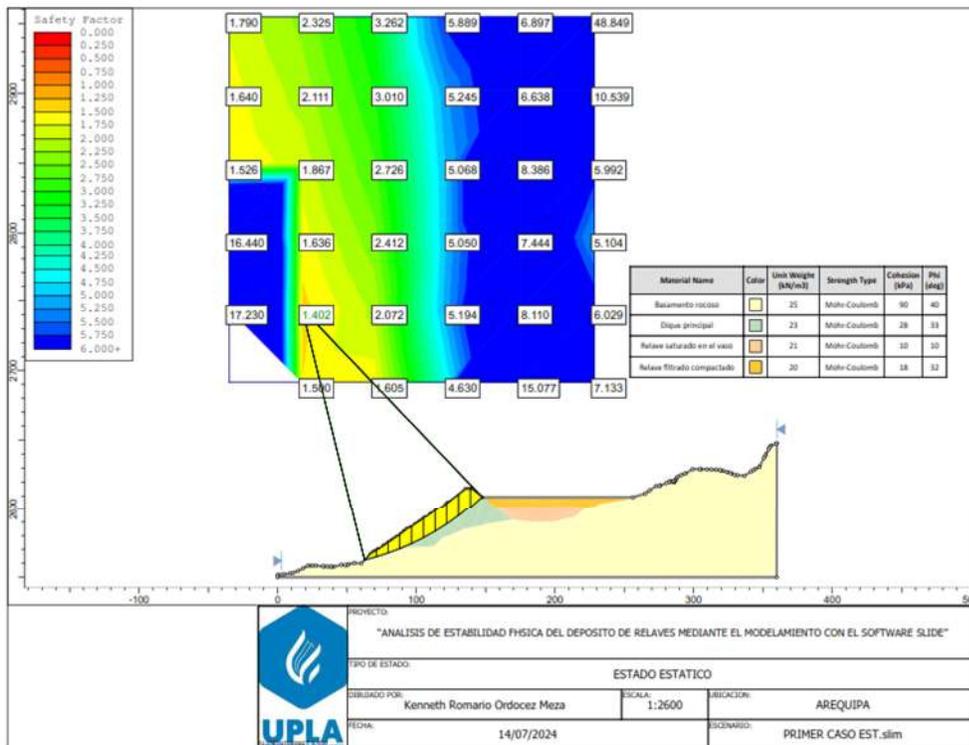


Figura 29: F.S en estado estático – Primer caso (Método Spencer)

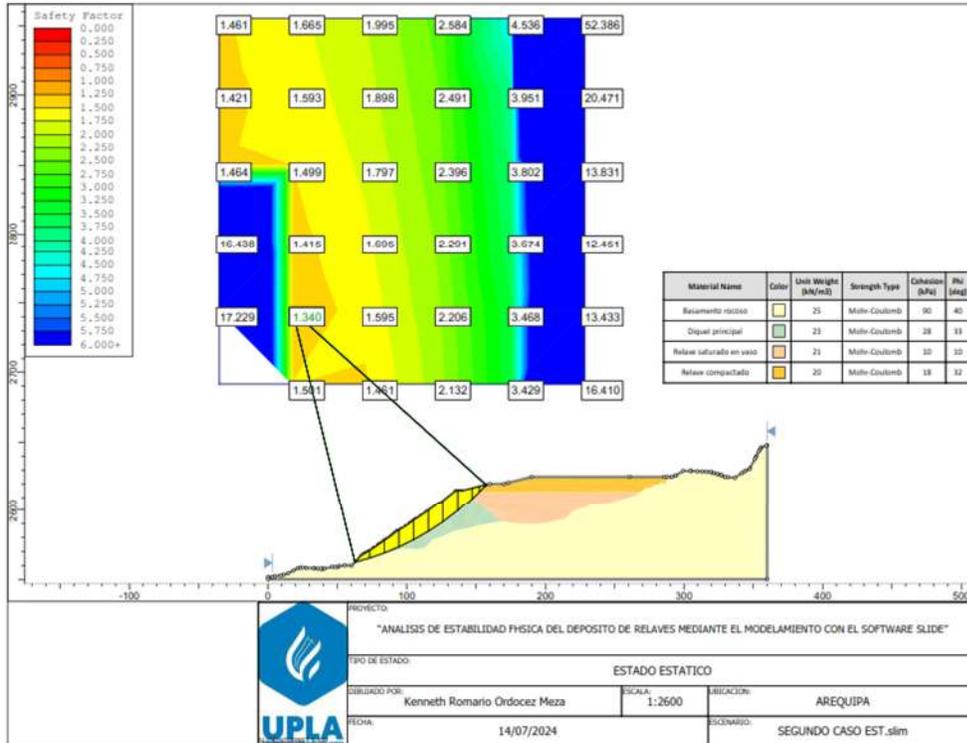


Figura 30: F.S en estado estático – Segundo caso (Método Bishop)

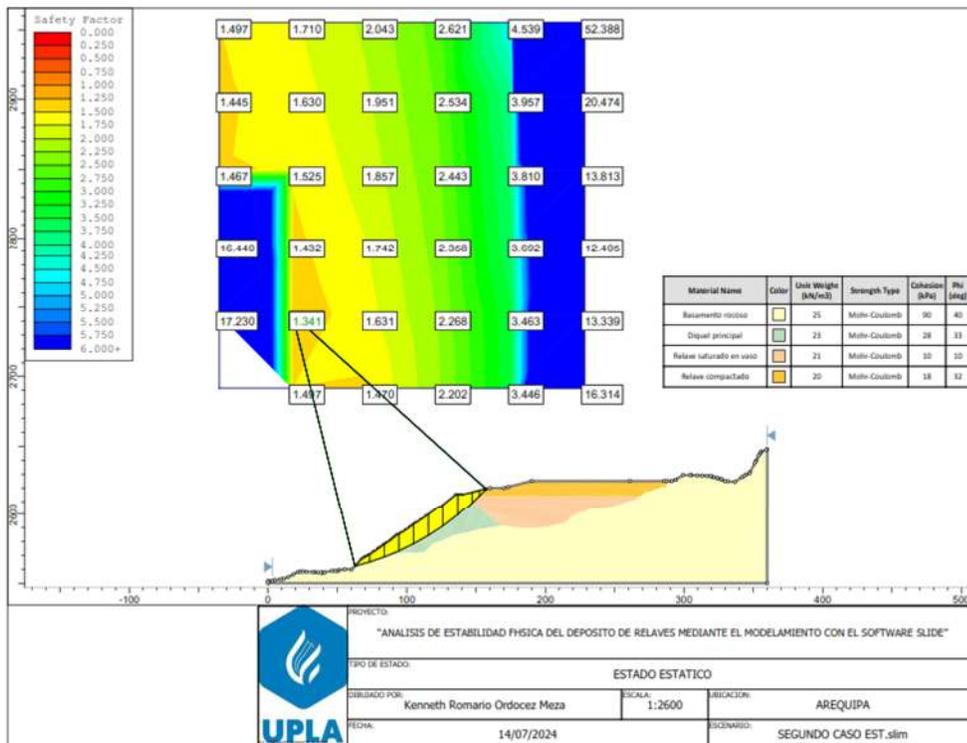


Figura 31: F.S en estado estático – Segundo caso (Método Morgenstern-Price)

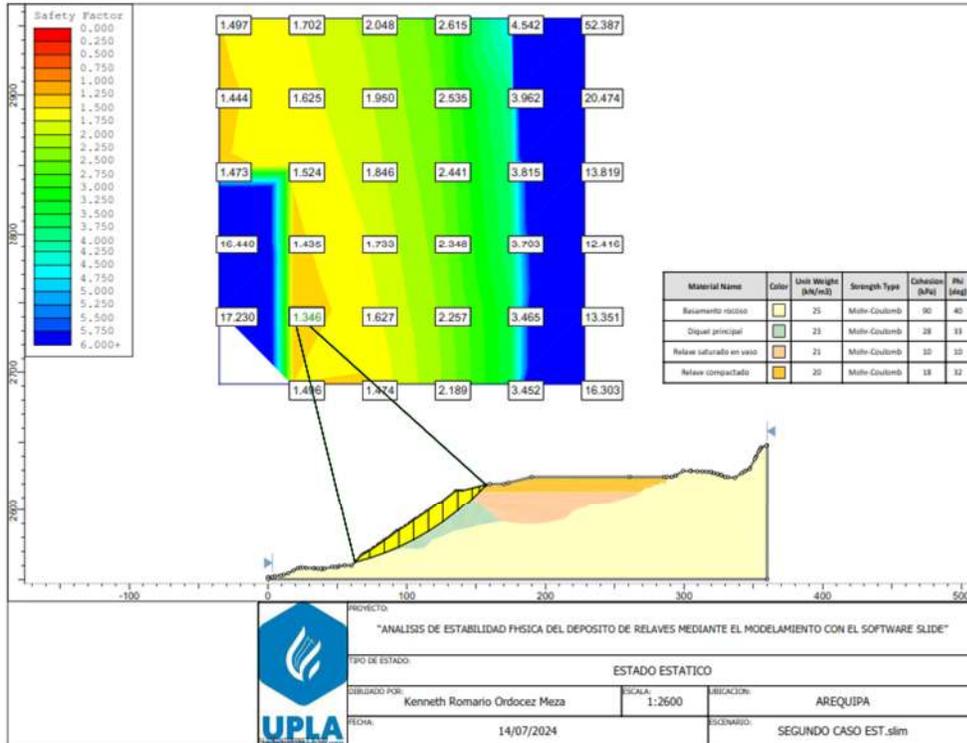


Figura 32: F.S en estado estático – Segundo caso (Método Spencer)

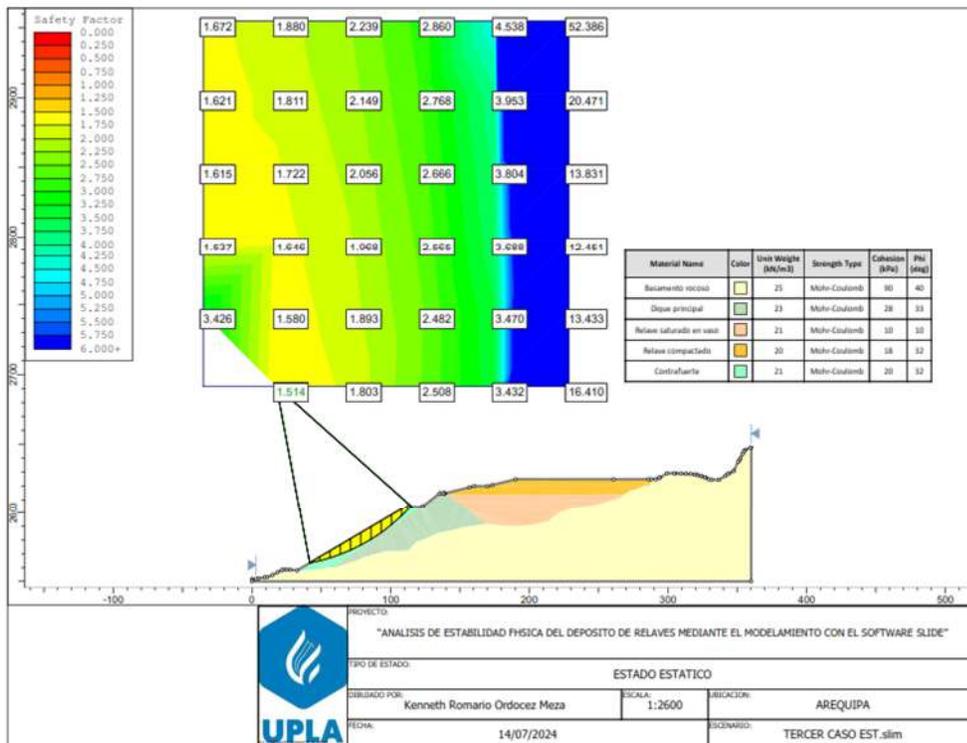


Figura 33: F.S en estado estático – Tercer Caso Contrafuerte (Método Bishop)

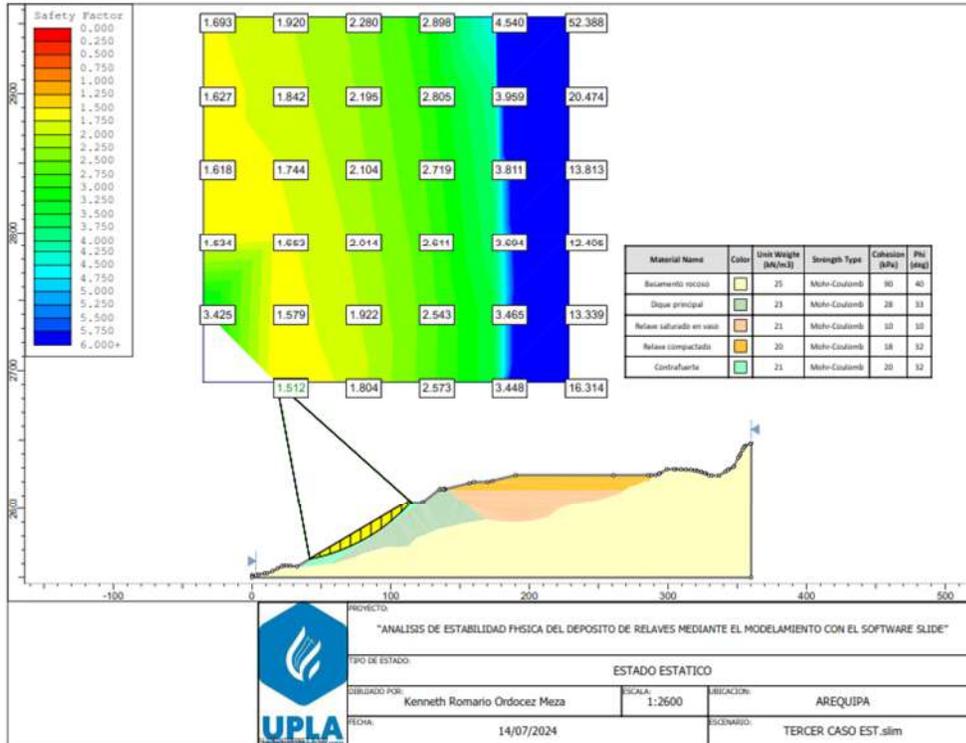


Figura 34: F.S en estado estático – Tercer Caso Contrafuerte (Método Morgenstern-Price)

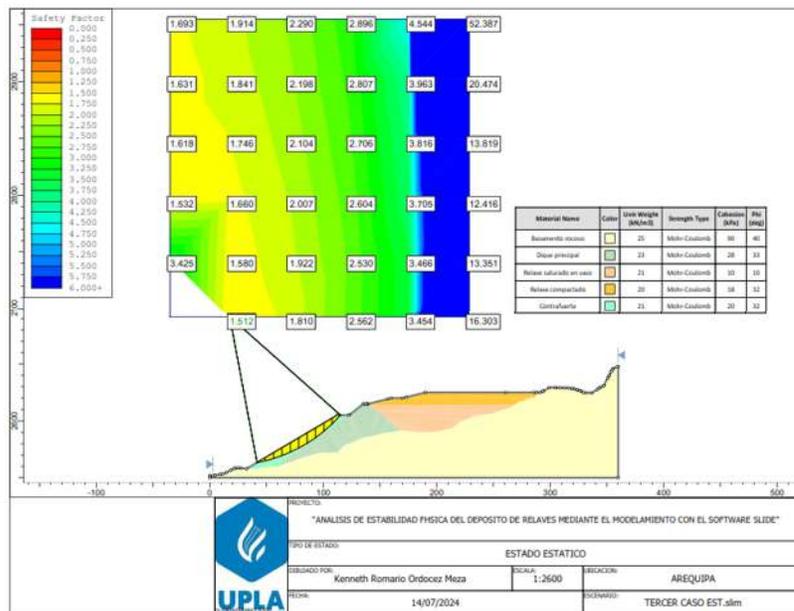


Figura 35: F.S en estado estático – Tercer Caso Contrafuerte (Método Spencer)

- Los siguientes resultados en estado pseudoestático son los siguientes, lo cual cumple con los factores de seguridad mínimos establecidos por la CDA.

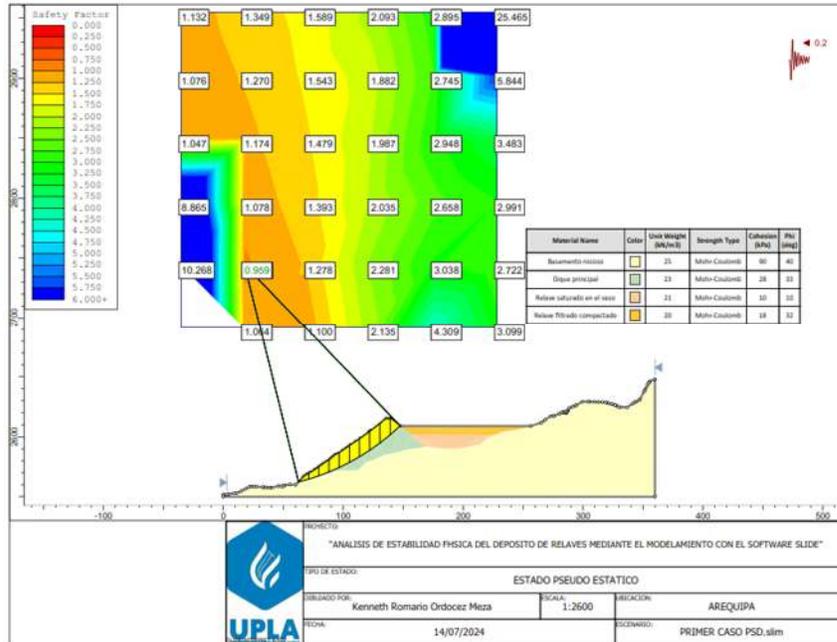


Figura 36: F.S en estado pseudo estático – Primer caso (Método Bishop)

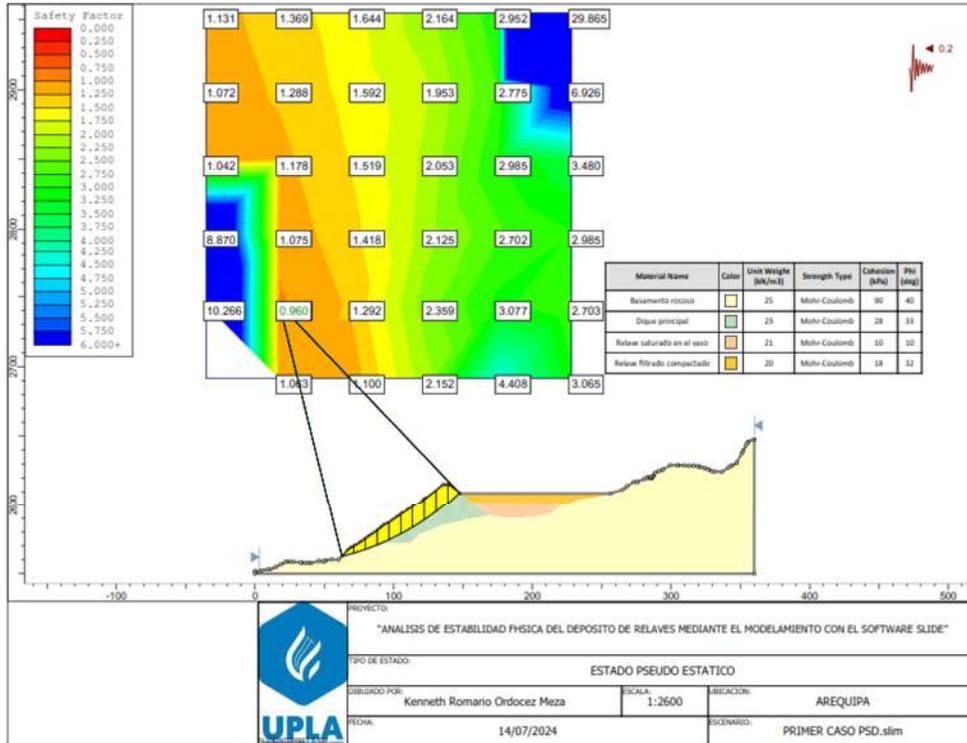


Figura 37: F.S en estado pseudo estático – Primer caso (Método Morgenstern- Price)

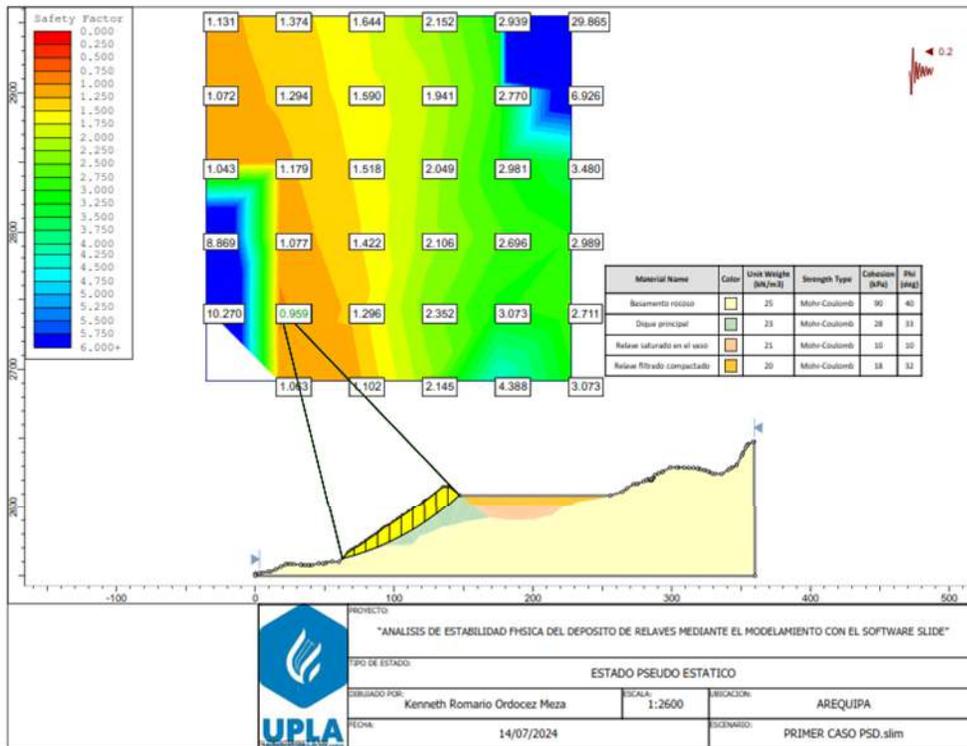


Figura 38: F.S en estado pseudo estático – Primer caso (Método Spencer)

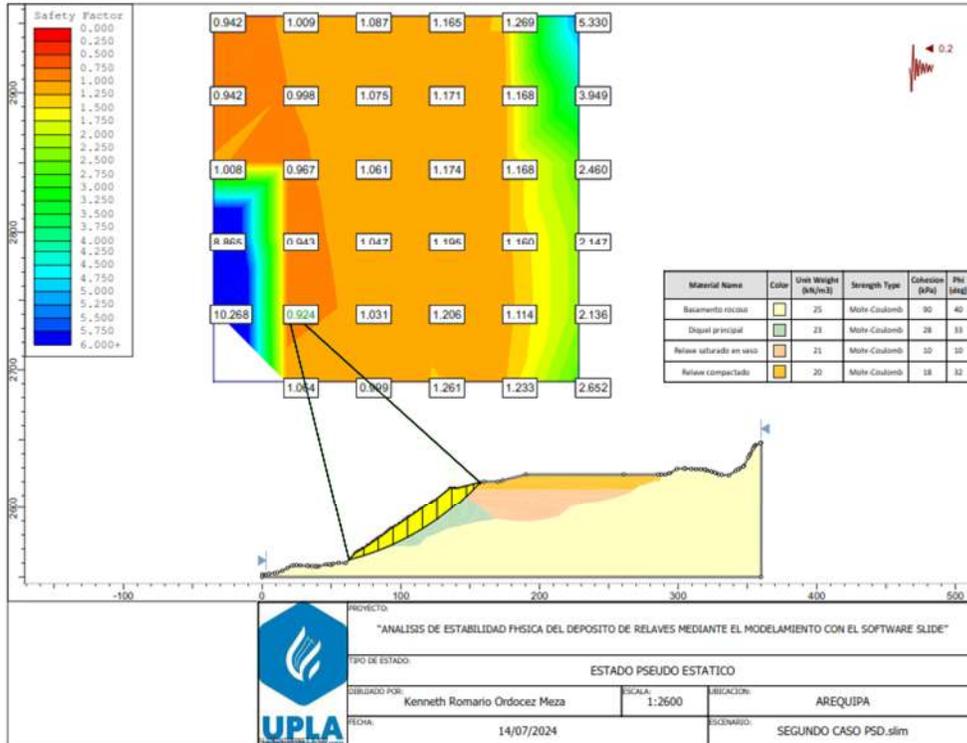


Figura 39: F.S en estado pseudo estático – Segundo caso (Método Bishop)

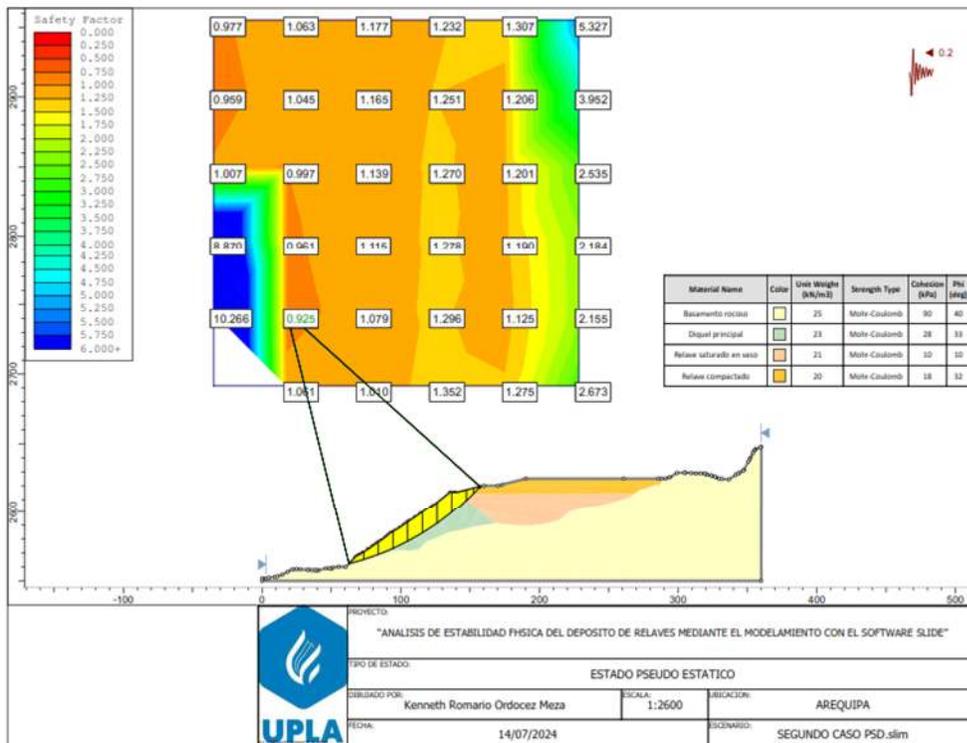


Figura 40: F.S en estado pseudo estático – Segundo caso (Método Morgenstern- Price)

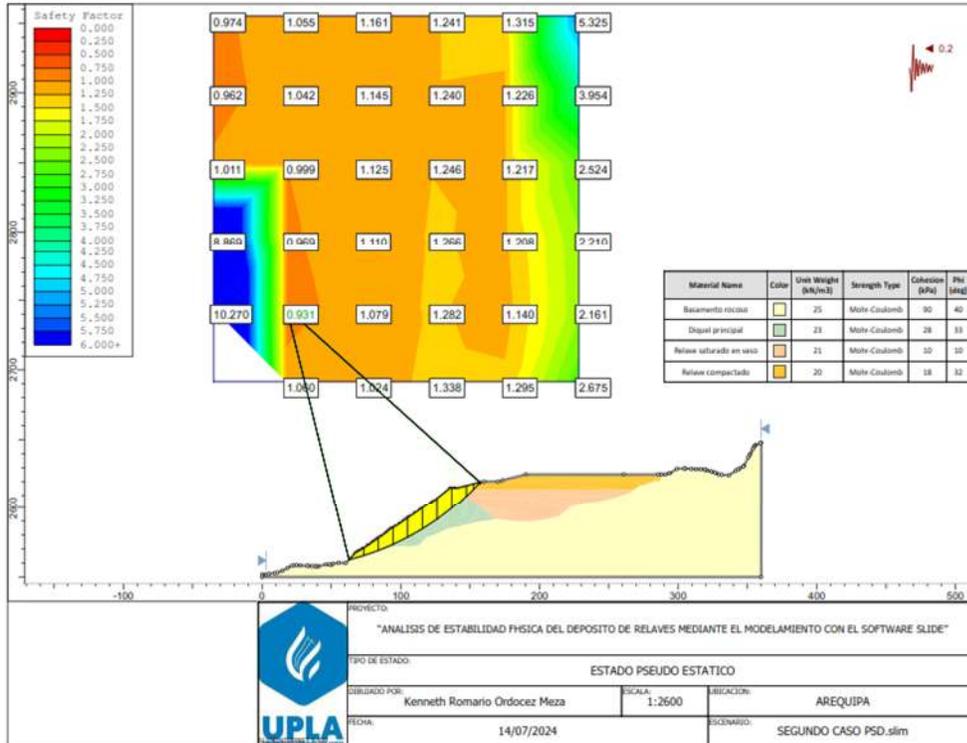


Figura 41: F.S. en estado pseudo estático – Segundo caso (Método Spencer)

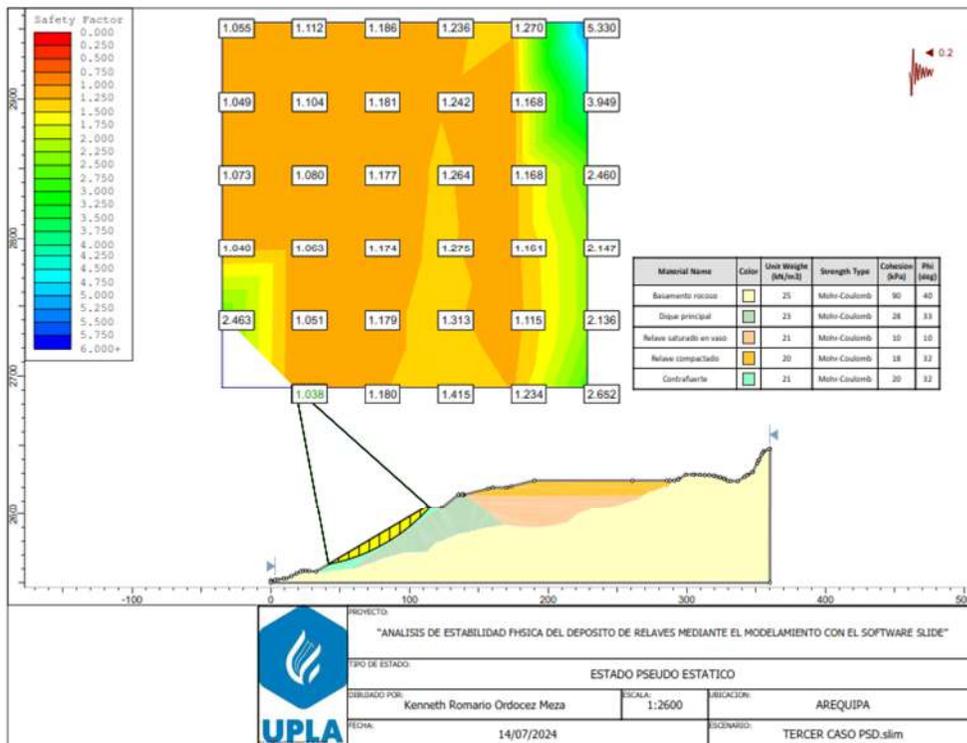


Figura 42: F.S. en estado pseudo estático – Tercer Caso (Método Bishop)

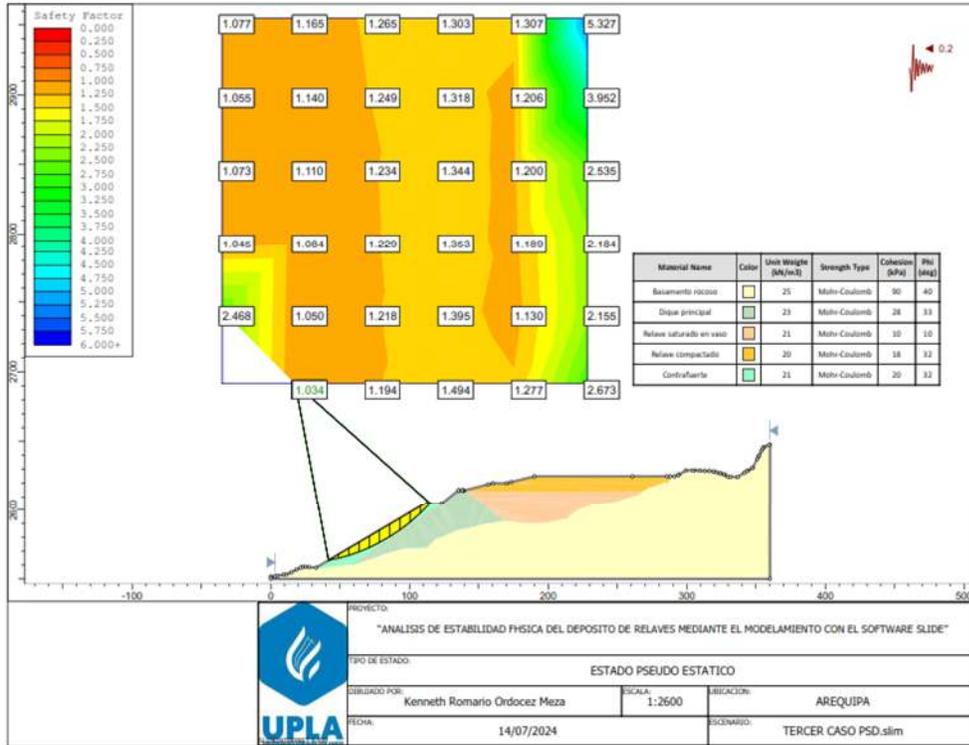


Figura 43: F.S en estado pseudo estático – Tercer Caso (Método Morgenstern- Price)

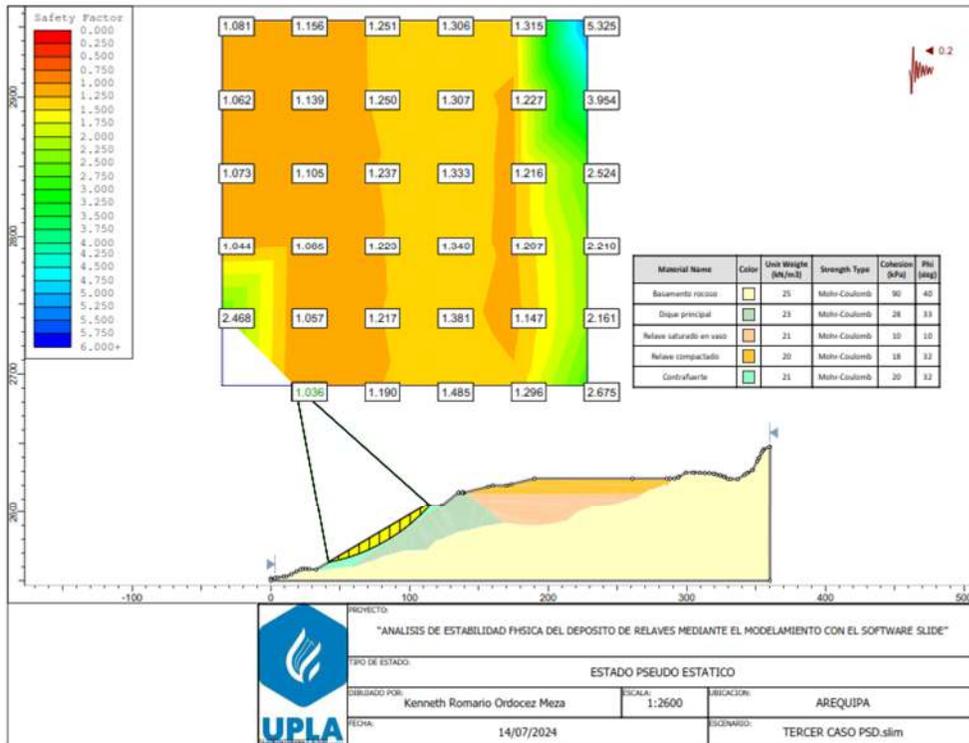


Figura 44: F.S en estado pseudo estático – Tercer Caso (Método Spencer)

Como consecuencia de la estabilidad física del depósito de relaves, el factor de seguridad en el primer escenario de análisis fue de 1.402, y en la condición pseudoestática fue de 0.959. Estos valores no cumplen con los factores mínimos sugeridos por la CDA, proyectando el contrafuerte nos dio un resultado de 1.514 en estado estático y 1.036 en el estado pseudoestático, cumpliendo con los factores mínimos recomendados, en tal sentido al momento de proyectar el contrafuerte el factor de seguridad incrementa en ambos casos lo cual Los hallazgos serán aceptables.

5.3. Contrastación de hipótesis

HIPOTESIS ESPECIFICA “A”

De la siguiente hipótesis planteada:

Los hallazgos del análisis de estabilidad física serán aceptables en el modelamiento con el software Slide, para fines de seguridad del depósito de relaves Alpacay, Minera Yanacuy, Arequipa 2019.

Los hallazgos del análisis en estados estático y pseudoestático, que cumplen con el factor de seguridad, se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla 18: Resultado del análisis de estabilidad física.

Resultados del análisis de estabilidad física

Escenario	Factor de seguridad en Estado estático	Factor de seguridad en Estado Pseudo Estático	Método de análisis
Inicial PRIMERO CASO	1.400	0.959	Bishop
	1.400	0.960	Morgernstern - price
	1.402	0.959	Spencer
Incremento de relave SEGUNDO CASO	1.304	0.924	Bishop
	1.341	0.925	Morgernstern - price
	1.346	0.931	Spencer

Contrafuerte TERCER CASO	1.514	1.038	Bishop
	1.512	1.034	Morgernstern - price
	1.512	1.036	Spencer

HIPOTESIS ESPECIFICA "B"

Los parámetros de resistencia que debemos de considerar para calcular el factor de seguridad, en el depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide serán aceptables según las normas ASTM.

Tabla 19: Propiedades físicas y mecánicas de los materiales.

Parámetros de resistencia de los materiales

Material	Peso unitario (kn/m3)	Cohesión (kpa)	Angulo de fricción (°)
Dique principal	23	28	33
Relave saturado en vaso	21	10	10
Relave filtrado compactado	20	18	32
Contrafuerte	21	20	32
Basamento rocoso	25	90	40

El coeficiente de aceleración sísmica que puede presentarse en el depósito de relaves en el modelamiento del software Slide será válido técnicamente.

Tabla 20: Resultado de la aceleración máxima - Probabilístico.

Fuente	Tipo	Distancia (km)	Profundidad (km)	Magnitud	amaxh (g)
Falla Trigal	Normal	113	15	6.5	0.02

Falla	Normal	113	15	6.2	0.015
Solarpampa					

La alternativa de reforzamiento será aprobada por los parámetros de la norma “Normas y reglamento de seguridad de presas en el Perú” para el depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide.

Tabla 21: Resultado de la alternativa de reforzamiento.

Resultados del análisis de estabilidad física

Escenario	Factor de seguridad en Estado estático	Factor de seguridad en Estado Pseudo Estático	Método de análisis
Contrafuerte TERCER CASO	1.514	1.038	Bishop
	1.512	1.034	Morgernstern - price
	1.512	1.036	Spencer

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Discusiones específicas

- a. Los siguientes son los hallazgos que obtuvimos de las pruebas de laboratorio sobre las características de resistencia que nos permitirán calcular el factor de seguridad en la región de estudio. Estos parámetros se desarrollaron en base a Los hallazgos: Para el dique principal los parámetros geotécnicos estimados son: 23 kN/m^3 de peso unitario, $\Phi=33^\circ$ y $c=28 \text{ kPa}$, para el relave saturado en vaso los parámetros geotécnicos estimados son: 21 kN/m^3 de peso unitario, $\Phi=10^\circ$ y $c=10 \text{ kPa}$, para el relave filtrado compactado los parámetros geotécnicos estimados son: 20 kN/m^3 de peso unitario, $\Phi=32^\circ$ y $c=18 \text{ kPa}$ y para el contrafuerte propuesto los parámetros geotécnicos estimados son: 21 kN/m^3 de peso unitario, $\Phi=32^\circ$ y $c=20 \text{ kPa}$ por lo tanto, estos hallazgos cumplirán con los requisitos para el estudio de estabilidad física establecido por ASTM. entonces es seguro decir que la hipótesis es correcta. “Las cualidades de resistencia que se deben considerar a fin de evaluar el factor de seguridad en el depósito de relaves son las que están definidas por la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM).” coincidiendo con Los hallazgos obtenidos por El estudio de (Arroyo, 2017).
- b. El coeficiente de aceleración sísmica que permite determinar el factor de seguridad en el estado pseudoestático, se calculó con la ley de atenuación propuesta por Young et al con el método determinístico se obtuvo una aceleración sísmica de diseño de 0.02, cuando se aplique al problema de calcular el factor de seguridad en condiciones pseudoestáticas, será

teóricamente sólido. Estos hallazgos dan credibilidad a la idea que se presentó. “El coeficiente de aceleración sísmica que pueda ocurrir en el depósito de relaves en el modelado del software Slide será técnicamente correcto y coincidirá con los hallazgos que se adquirieron en el estudio (Iberico, 2015), y Estos hallazgos difieren según la zona en donde se va a realizar El estudio.

- c. Alternativamente, la presa de relaves podría reforzarse para mejorar su factor de seguridad tanto en condiciones estáticas así como pseudoestáticas, nuestro contrafuerte construido satisface las verificaciones de estabilidad, y en estado estático alcanza un factor de seguridad de 1,514, pero en estado pseudoestático desciende a 1,038. Aceptamos la hipótesis sugerida en base a estos datos. “Se usarán las especificaciones de la norma “Normas y Reglamentos de Seguridad de Presas en el Perú” para el depósito de relaves para aprobar la opción de refuerzo mediante el modelado mediante el programa Slide.” Concluyendo con los hallazgos obtenidos por El estudio de (Vásquez, 2017) y los hallazgos dependen del tipo de refuerzo que se usará de acuerdo con los estándares establecidos por la persona que tiene el control.

6.2. Discusión general

El factor de seguridad en estado estático fue de 1.5014 y en estado pseudoestático fue de 1.038 debido a la estabilidad física del depósito de relaves, cumpliendo con los factores mínimos recomendados, en tal sentido al momento de mejorar la estabilización con el muro contrafuerte el factor de seguridad incrementa en ambos casos lo cual Los hallazgos serán aceptables. Estos hallazgos apoyan la idea de que los hallazgos del estudio de estabilidad física serán adecuados para modelar usando el software Slide, con el propósito de garantizar la seguridad del depósito de relaves Alpacay en Minera Yanaquihua, Arequipa 2019”, coincidiendo con Los hallazgos obtenidos por El estudio de (Iberico, 2015).

CONCLUSIONES

Específicas

- a. Los hallazgos de los ensayos de laboratorio que permitirá determinar el factor de seguridad en el área de estudio nos dan los siguientes resultados: Para el dique principal los parámetros geotécnicos estimados son: 23 kN/m^3 de peso unitario, $\Phi=33^\circ$ y $c=28 \text{ kPa}$, para el relave saturado en vaso los parámetros geotécnicos estimados son: 21 kN/m^3 de peso unitario, $\Phi=10^\circ$ y $c=10 \text{ kPa}$, para el relave filtrado compactado los parámetros geotécnicos estimados son: 20 kN/m^3 de peso unitario, $\Phi=32^\circ$ y $c=18 \text{ kPa}$ y para el contrafuerte propuesto los parámetros geotécnicos estimados son: 21 kN/m^3 de peso unitario, $\Phi=32^\circ$ y $c=20 \text{ kPa}$
- b. El coeficiente de aceleración sísmica se calculó con la ley de atenuación propuesta por Young et al con el método determinístico el cual determinó una aceleración sísmica de diseño de 0.02.
- c. En la alternativa de reforzamiento del dique se diseñó un muro contrafuerte el cual cumple con la verificación de estabilidad general e incrementa el factor de seguridad en sus dos condiciones.

General

La estabilidad física del depósito de relaves nos dio como resultado un factor de seguridad de 1.514 en estado estático y 1.038 en el estado pseudoestático, cumpliendo con los factores mínimos recomendados.

RECOMENDACIONES

- En cuanto a los parámetros de resistencia de los suelos, se deben de recopilar información existente si es que se encuentra disponible.
- Hacer un registro geotécnico en campo para comparar Los hallazgos de laboratorio y tener una mayor confiabilidad
- Para determinar la aceleración sísmica es recomendable aplicar los dos métodos si es que se cuenta con toda la información necesaria
- Al usar el software Slide debemos de usar mínimo tres métodos de búsqueda los más recomendables son Bishop, Spencer y GLE/Morgenstern-Price
- Considerar los factores mínimos según las normas para una mejor confiabilidad en el diseño y el análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Fundamentos de ingeniería geotécnica (Das, 2013)
- Diseño en concreto armado (Morales, 2016)
- Geotechnical engineering of dams (Fell, 2005)
- Slide 2D (Rocscience, 1996)
- Ingeniería geológica (Vallejo L. G., 2002)
- Deslizamientos: Análisis geotécnico (Suarez)
- Soil mechanics and foundations (Budhu, 2000)
- Tratado básico de presas (Castillo, 1998)
- Normas reglamento de seguridad en presas en el Perú (ANA, 2017)
- Desing of gravity dams (Denver, 1976)
- Ingeniería de presas de escollera (Espinosa, 2010)
- Management of tailings facilities (MAC, 2019)
- Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Anta pacay (Mendoza, 2016)
- EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD GEOLÓGICA DE TALUDES. LUGAR DE ESTUDIO: CENTRO URBANO DE BARRANQUILLA, INSTITUCIÓN SOCIAL JARDÍN INFANTIL LIPAYA. (Valiente, 2017)

ANEXOS

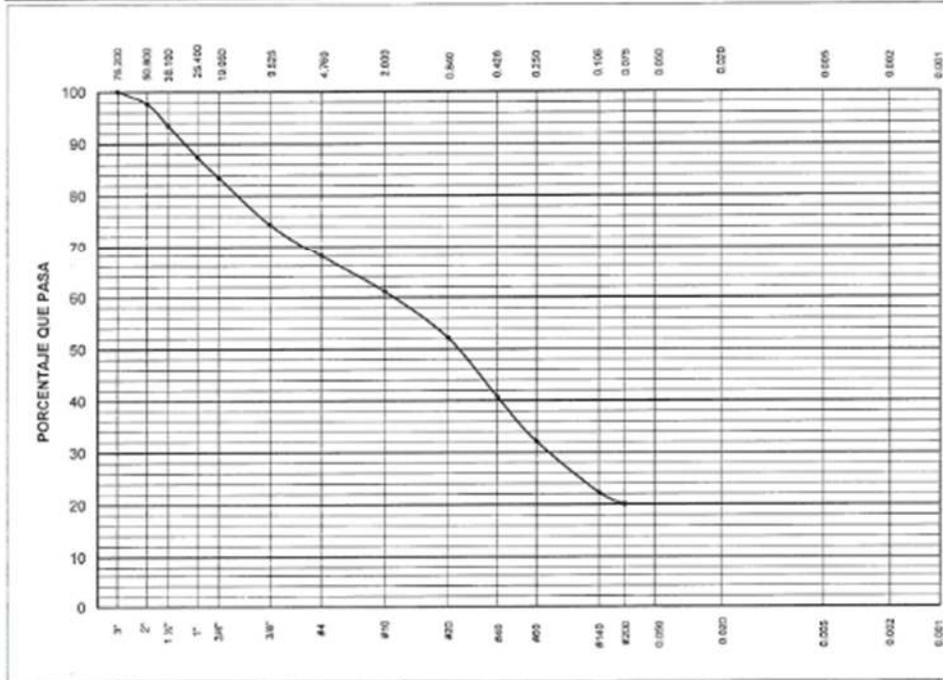
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	VARIABLE INDEPENDIENTE:
¿Cuáles serán Los hallazgos del análisis de estabilidad física del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide, minera Yanaquihua, Arequipa 2019?	Determinar la estabilidad física del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide, Yanaquihua, Arequipa 2019.	Los hallazgos del análisis de estabilidad física serán aceptables en el modelamiento con el software Slide, para fines de seguridad del depósito de relaves Alpacay, Minera Yanaquihua, Arequipa 2019	Análisis de estabilidad física
Problema específico	Objetivos específico	Hipótesis específico	VARIABLE DEPENDIENTE:
¿Cuál será los parámetros de resistencia que debemos de considerar para calcular el Factor de seguridad, del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide?	Determinar cuál será los parámetros de resistencia para calcular el factor de seguridad, en el depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide.	Los parámetros de resistencia que debemos de considerar para calcular el factor de seguridad, en el depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide serán aceptables según las normas ASTM.	Modelamiento con el software Slide
¿Cuál será el coeficiente de aceleración sísmica que puede presentarse en el depósito de relaves en el modelamiento del software Slide?	Determinar el coeficiente de aceleración sísmica que puede presentarse en el depósito de relaves en el modelamiento del software Slide	El coeficiente de aceleración sísmica que puede presentarse en el depósito de relaves en el modelamiento del software Slide será válido técnicamente.	
¿Cuál será la alternativa de reforzamiento del dique del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide?	Proponer la alternativa de reforzamiento del dique del depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide	La alternativa de reforzamiento será aprobada por los parámetros de la norma “Normas y reglamento de seguridad de presas en el Perú” para el depósito de relaves mediante el modelamiento con el software Slide.	

ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
NTP 339.127, 339.128, 339.129, 339.131

Solicitante : ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente 16-277
Proyecto : ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	
Muestra : CR-5 CR-6 (DIQUE PRINCIPAL) Profundidad: 0.00-1.60 m	Fecha NOV - 2018



Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa	Diámetro en mm	Porcentaje que pasa	LL = 30	LP = 16	IP = 14	CLASIFICACIÓN
3"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----	SUCS SC
2"	97.7	-----	-----	-----	-----	-----	AASHTO -----
1 1/2"	93.5	-----	-----	-----	-----	-----	
1"	87.4	-----	-----	-----	-----	-----	
3/4"	83.4	-----	-----	-----	-----	-----	
3/8"	74.3	-----	-----	-----	-----	-----	
#4	68.0	-----	-----	-----	-----	-----	
#10	61.0	-----	-----	-----	-----	-----	
#20	52.1	-----	-----	-----	-----	-----	
#40	40.7	-----	-----	-----	-----	-----	
#60	32.1	-----	-----	-----	-----	-----	
#140	22.2	-----	-----	-----	-----	-----	
#200	20.1	-----	-----	-----	-----	-----	

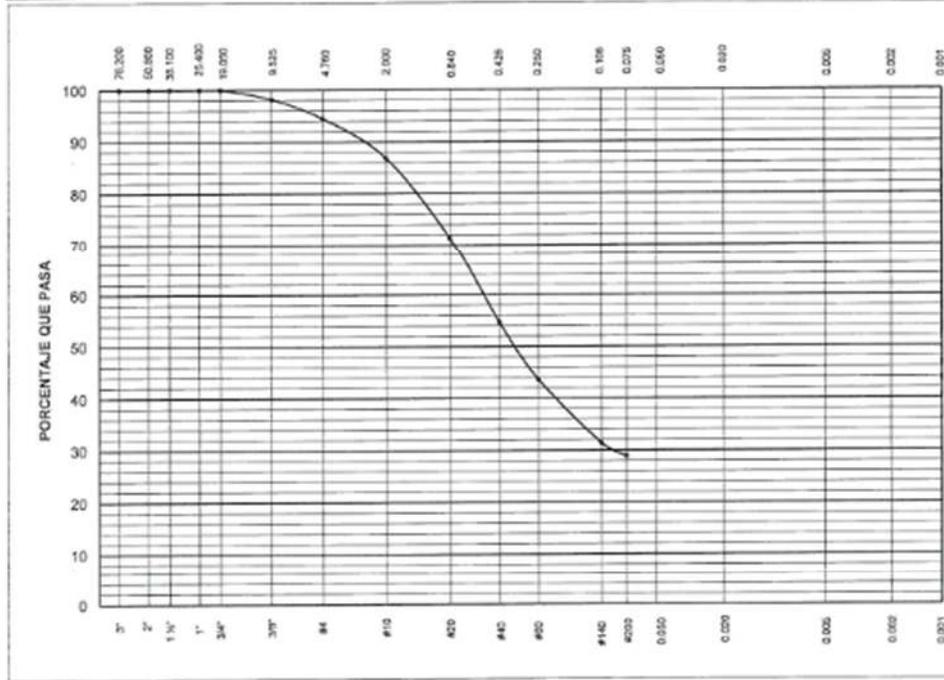


MANUEL A. OLCESA BRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

16-277/2/GM/1 de 1

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
NTP 339.127, 339.128, 339.129, 339.131

Solicitante : ORDONEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente 16-277
Proyecto : ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	
Muestra : CR-14 (TERRENO NATURAL) Profundidad: -----	Fecha NOV - 2018



Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa	Diámetro en mm	Porcentaje que pasa	LL = 32	LP = 17	IP = 15	CLASIFICACIÓN
3"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----	SUCS SC
2"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----	AASHTO -----
1 1/2"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----	
1"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----	
3/4"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----	
3/8"	98.2	-----	-----	-----	-----	-----	
#4	94.5	-----	-----	-----	-----	-----	
#10	86.8	-----	-----	-----	-----	-----	
#20	71.3	-----	-----	-----	-----	-----	
#40	54.7	-----	-----	-----	-----	-----	
#60	43.6	-----	-----	-----	-----	-----	
#140	31.4	-----	-----	-----	-----	-----	
#200	28.8	-----	-----	-----	-----	-----	



MANUEL A. OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

16-277/4/GM/I de I

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339,171**

Solicitante : ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente : 16-277
Proyecto : ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	
Muestra : CR-5 CR-6 (DIQUE PRINCIPAL) Profundidad: 0.00-1.60 m	Fecha NOV - 2018

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES

Tipo de muestra		REMOLDEADA		
Peso esp. sólidos	G_s	2.75		
Especimen		1	2	3
Diámetro	cm	6.35	6.35	6.35
Altura	cm	2.00	2.00	2.00
Humedad inicial	w (%)	8.70	8.76	8.63
Humedad final	w (%)	12.66	12.03	10.78
Saturación inicial	S_r (%)	63.44	63.75	63.09
Saturación final	S_r (%)	92.34	87.60	78.80
Relación de vacíos	e	0.38	0.38	0.38
Porosidad	n	0.27	0.27	0.27
Densidad inicial	g/cm^3	2.17	2.17	2.17
Densidad seca	g/cm^3	2.00	2.00	2.00
Esfuerzo Normal	kg/cm^2	1.00	2.00	4.00



MANUEL A. OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

16-277/2/CD/1 de 5

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339,171

Solicitante : ORDONEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente : 16-277
Proyecto : ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha : NOV - 2018
Muestra : CR-5 CR-6 (DIQUE PRINCIPAL)	Profundidad: 0.00-1.60 m

Especimen 1 Esfuerzo Normal: 1.00 kg/cm ²			Especimen 2 Esfuerzo Normal: 2.00 kg/cm ²			Especimen 3 Esfuerzo Normal: 4.00 kg/cm ²		
ΔH cm	τ kg/cm ²	ΔV mm	ΔH cm	τ kg/cm ²	ΔV mm	ΔH cm	τ kg/cm ²	ΔV mm
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.31	0.04	0.01	0.43	0.04	0.01	0.63	0.03
0.02	0.59	0.09	0.02	0.77	0.05	0.02	0.89	0.03
0.04	0.84	0.13	0.04	1.10	0.06	0.04	1.51	0.05
0.06	0.96	0.13	0.06	1.45	0.07	0.06	1.57	0.07
0.08	1.06	0.12	0.08	1.78	0.08	0.08	1.75	0.08
0.10	1.15	0.03	0.10	2.08	0.08	0.10	2.40	0.08
0.13	1.18	-0.03	0.13	2.29	0.06	0.13	2.87	0.08
0.15	1.18	-0.12	0.15	2.34	0.02	0.15	3.08	0.08
0.18	1.17	-0.16	0.18	2.36	-0.02	0.18	3.20	0.06
0.20	1.15	-0.20	0.20	2.34	-0.07	0.20	3.30	0.04
0.23	1.14	-0.24	0.23	2.30	-0.11	0.23	3.39	0.00
0.25	1.12	-0.27	0.25	2.28	-0.34	0.25	3.42	-0.04
0.28	1.09	-0.31	0.28	2.27	-0.38	0.28	3.40	-0.09
0.30	1.07	-0.35	0.30	2.26	-0.42	0.30	3.32	-0.12
0.33	1.05	-0.38	0.33	2.25	-0.45	0.33	3.22	-0.14
0.35	1.02	-0.40	0.35	2.25	-0.48	0.35	3.17	-0.17
0.38	1.01	-0.42	0.38	2.25	-0.49	0.38	3.11	-0.19
0.40	1.00	-0.44	0.40	2.25	-0.51	0.40	3.06	-0.21
0.43	1.00	-0.46	0.43	2.25	-0.52	0.43	3.01	-0.23
0.45	1.00	-0.47	0.45	2.24	-0.53	0.45	3.00	-0.24
0.48	1.00	-0.48	0.48	2.24	-0.53	0.48	2.99	-0.26

Nota: ΔH = Deformación horizontal.
 τ = Esfuerzo cortante nominal.
 ΔV = Deformación vertical.



MANUEL A. GILCESI FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

16-277/2/CD/2 de 5

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339,171

Solicitante : ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente : 16-277
Proyecto : ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha : NOV - 2018
Muestra : CR-5 CR-6 (DIQUE PRINCIPAL) Profundidad: 0.00-1.60 m	

Especimen 1 Esfuerzo Normal: 1.00 kg/cm ²			Especimen 2 Esfuerzo Normal: 2.00 kg/cm ²			Especimen 3 Esfuerzo Normal: 4.00 kg/cm ²		
ΔH cm	τ kg/cm ²	ΔV mm	ΔH cm	τ kg/cm ²	ΔV mm	ΔH cm	τ kg/cm ²	ΔV mm
0.50	1.00	-0.49	0.50	2.23	-0.53	0.50	2.99	-0.28
0.53	1.00	-0.50	0.53	2.23	-0.54	0.53	2.99	-0.29
0.55	1.00	-0.51	0.55	2.23	-0.54	0.55	2.97	-0.30
0.60	1.00	-0.51	0.60	2.23	-0.55	0.60	2.97	-0.31
0.65	1.00	-0.52	0.65	2.23	-0.55	0.65	2.96	-0.31
0.70	1.00	-0.52	0.70	2.23	-0.55	0.70	2.95	-0.32
0.75	1.00	-0.53	0.75	2.23	-0.55	0.75	2.95	-0.32
0.80	1.00	-0.53	0.80	2.22	-0.55	0.80	2.95	-0.32

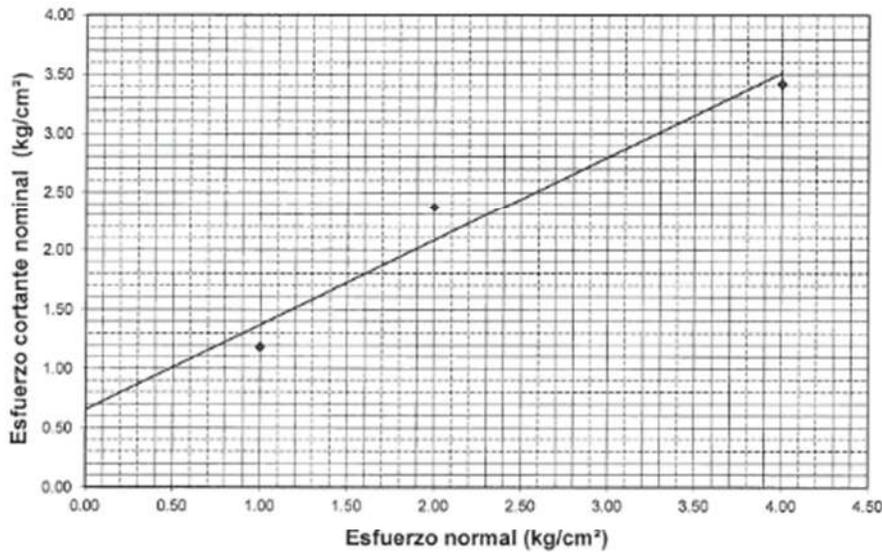


MANUEL A. OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12569
Jefe del Laboratorio

Nota: ΔH = Deformación horizontal.
 τ = Esfuerzo cortante nominal.
 ΔV = Deformación vertical.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339,171**

Solicitante : ORDONEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente : 16-277
Proyecto : ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha NOV - 2018
Muestra : CR-5 CR-6 (DIQUE PRINCIPAL)	Profundidad: 0.00-1.60 m



$$C = 0.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 35.6^\circ$$

$$\tau = 0.65 + \sigma \tan 36^\circ$$



MANUEL A. OLCAYE PRUNZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

Nota: Si el esfuerzo cortante máximo ocurre antes del 15% de deformación, se define a este esfuerzo como el esfuerzo de falla. Caso contrario, se considera como esfuerzo de falla al esfuerzo correspondiente a una deformación de 15%.

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA		
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	Fecha NOV - 2018

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES

Tipo de muestra :	Remoldeada
Peso esp. solidos Gs	2.72

Especimen	A	B	C
-----------	---	---	---

Diámetro	cm	10.00	10.00	10.00
Altura	cm	20.00	20.00	20.00
Humedad inicial		9.6%	9.5%	9.5%
Humedad final		13.2%	11.6%	13.6%
Saturación inicial		67.0%	66.9%	66.9%
Saturación final		100.0%	100.0%	100.0%
Relacion de vacios	e	0.39	0.39	0.39
Porosidad	n	28.0%	28.0%	27.9%
Densidad inicial	g/cm ³	2.15	2.15	2.15
Densidad final	g/cm ³	2.22	2.19	2.23
Densidad seca	g/cm ³	1.96	1.96	1.96
Presión de cámara	kg/cm ²	8.00	11.00	14.00
Contra presión	kg/cm ²	6.00	6.00	6.00
Coefficiente de poros	B	0.99	0.99	0.99



MANUEL A. OJEDA FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES EN LA FALLA

FALLA DEFINIDA CONFORME A LA NORMA NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Especimen	A	B	C
-----------	---	---	---

MAXIMA RELACION DE TENSIONES

σ'_1/σ'_3 máximo	3.63	3.21	3.14
σ'_1 kg/cm ²	5.71	10.47	14.41
σ'_3 kg/cm ²	1.57	3.26	4.59
u kg/cm ²	0.47	1.84	3.57
ϵ %	7.25	10.25	7.25
A_f	0.11	0.26	0.36

MAXIMO ESFUERZO DESVIADOR

$\sigma'_1 - \sigma'_3$ máximo kg/cm ²	4.42	7.30	10.43
σ'_1 kg/cm ²	6.21	12.40	18.59
σ'_3 kg/cm ²	1.79	3.33	5.06
u kg/cm ²	0.25	1.77	3.10
ϵ %	15.00	12.88	12.88
A_f	0.06	0.24	0.30



MANUEL A. DELGADO FRANZOSO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	

Especimen A

ε %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1.00	2.00	0.00
0.10	0.99	0.29	1.75	2.74	1.56	2.24	0.49
0.20	1.40	0.43	1.61	3.01	1.87	2.31	0.70
0.30	1.72	0.51	1.53	3.25	2.12	2.39	0.86
0.40	1.97	0.57	1.47	3.43	2.34	2.45	0.98
0.50	2.17	0.61	1.43	3.60	2.52	2.52	1.09
0.60	2.33	0.64	1.40	3.73	2.67	2.57	1.17
0.80	2.56	0.67	1.37	3.93	2.87	2.65	1.28
1.00	2.73	0.69	1.35	4.08	3.03	2.71	1.36
1.20	2.85	0.70	1.34	4.19	3.13	2.76	1.43
1.40	2.94	0.71	1.33	4.28	3.20	2.81	1.47
1.60	3.02	0.71	1.33	4.35	3.27	2.84	1.51
1.80	3.08	0.71	1.33	4.42	3.31	2.88	1.54
2.00	3.14	0.70	1.34	4.47	3.35	2.91	1.57
2.38	3.24	0.69	1.35	4.58	3.40	2.97	1.62
2.75	3.32	0.68	1.36	4.68	3.45	3.02	1.66
3.13	3.40	0.67	1.37	4.78	3.48	3.07	1.70
3.50	3.48	0.66	1.38	4.86	3.52	3.12	1.74
3.88	3.56	0.64	1.40	4.96	3.54	3.18	1.78
4.25	3.64	0.62	1.42	5.06	3.56	3.24	1.82
4.63	3.71	0.60	1.44	5.15	3.58	3.30	1.86
5.00	3.78	0.58	1.46	5.24	3.59	3.35	1.89
5.38	3.84	0.56	1.48	5.33	3.60	3.40	1.92
5.75	3.91	0.54	1.50	5.41	3.60	3.45	1.95
6.13	3.97	0.52	1.52	5.49	3.61	3.51	1.98
6.50	4.02	0.50	1.54	5.56	3.62	3.55	2.01
6.88	4.08	0.48	1.56	5.64	3.62	3.60	2.04
7.25	4.14	0.47	1.57	5.71	3.63	3.64	2.07
7.63	4.18	0.45	1.59	5.78	3.63	3.68	2.09

(Continua.....)



MANUEL A. DE CESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	

Especimen A

ε %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
8.00	4.20	0.44	1.60	5.80	3.63	3.70	2.10
8.38	4.24	0.42	1.62	5.86	3.62	3.74	2.12
8.75	4.26	0.41	1.63	5.89	3.61	3.76	2.13
9.13	4.29	0.39	1.65	5.94	3.61	3.79	2.15
9.50	4.36	0.36	1.68	6.04	3.60	3.86	2.18
9.88	4.40	0.35	1.69	6.09	3.61	3.89	2.20
10.25	4.39	0.35	1.69	6.08	3.59	3.89	2.19
10.63	4.37	0.35	1.69	6.06	3.58	3.88	2.18
11.00	4.39	0.34	1.70	6.09	3.58	3.90	2.19
11.38	4.41	0.32	1.72	6.13	3.57	3.93	2.21
11.75	4.43	0.31	1.73	6.17	3.56	3.95	2.22
12.13	4.45	0.29	1.75	6.20	3.55	3.97	2.22
12.50	4.45	0.28	1.76	6.21	3.53	3.98	2.22
12.88	4.44	0.27	1.77	6.21	3.52	3.99	2.22
13.25	4.44	0.26	1.78	6.22	3.50	4.00	2.22
13.63	4.44	0.26	1.78	6.22	3.50	4.00	2.22
14.00	4.42	0.26	1.78	6.20	3.48	3.99	2.21
14.38	4.43	0.25	1.79	6.22	3.47	4.00	2.21
14.75	4.42	0.25	1.79	6.21	3.46	4.00	2.21
15.13	4.42	0.24	1.80	6.22	3.46	4.01	2.21
15.50	4.42	0.24	1.80	6.22	3.46	4.01	2.21
15.88	4.40	0.24	1.80	6.20	3.45	4.00	2.20
16.25	4.41	0.23	1.81	6.21	3.44	4.01	2.20
16.63	4.42	0.23	1.81	6.23	3.44	4.02	2.21
17.00	4.46	0.21	1.83	6.29	3.44	4.06	2.23
17.75	4.46	0.20	1.84	6.30	3.43	4.07	2.23
18.50	4.46	0.19	1.85	6.32	3.41	4.08	2.23
19.25	4.46	0.18	1.86	6.32	3.40	4.09	2.23
20.00	4.42	0.18	1.86	6.28	3.37	4.07	2.21



MANUEL A. ORTIZ ESCOBAR
Ingeniero Civil C-12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	

Especimen B

ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	1.00	5.00	0.00
0.10	0.31	0.17	4.92	5.23	1.06	5.08	0.15
0.20	0.45	0.26	4.84	5.30	1.09	5.07	0.23
0.30	1.11	0.46	4.64	5.75	1.24	5.20	0.55
0.40	2.79	0.93	4.16	6.96	1.67	5.56	1.40
0.50	3.67	1.22	3.88	7.55	1.95	5.71	1.84
0.60	4.22	1.42	3.68	7.90	2.15	5.79	2.11
0.80	4.86	1.64	3.46	8.32	2.40	5.89	2.43
1.00	5.22	1.78	3.32	8.55	2.57	5.93	2.61
1.20	5.46	1.87	3.23	8.69	2.69	5.96	2.73
1.40	5.61	1.93	3.17	8.78	2.77	5.98	2.81
1.60	5.73	1.97	3.13	8.86	2.83	5.99	2.86
1.80	5.82	1.99	3.11	8.93	2.88	6.02	2.91
2.00	5.90	2.01	3.09	8.99	2.91	6.04	2.95
2.38	6.02	2.03	3.07	9.08	2.96	6.08	3.01
2.75	6.14	2.04	3.06	9.20	3.01	6.13	3.07
3.13	6.24	2.04	3.06	9.30	3.04	6.18	3.12
3.50	6.33	2.04	3.05	9.39	3.07	6.22	3.17
3.88	6.40	2.04	3.06	9.47	3.09	6.26	3.20
4.25	6.47	2.03	3.07	9.54	3.10	6.31	3.23
4.63	6.53	2.02	3.08	9.61	3.12	6.35	3.27
5.00	6.60	2.01	3.09	9.70	3.14	6.39	3.30
5.38	6.67	2.00	3.10	9.77	3.15	6.44	3.33
5.75	6.72	1.99	3.11	9.83	3.16	6.47	3.36
6.13	6.79	1.98	3.12	9.91	3.17	6.51	3.39
6.50	6.84	1.96	3.13	9.97	3.18	6.55	3.42
6.88	6.88	1.95	3.15	10.03	3.19	6.59	3.44
7.25	6.93	1.94	3.16	10.09	3.19	6.63	3.46
7.63	6.97	1.93	3.17	10.14	3.20	6.66	3.48

(Continua.....)



MANUEL A. QUIJSE FRONZERO
Ingeniero Civil CIP 42969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	

Especimen B

ε %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
8.00	7.01	1.92	3.18	10.19	3.20	6.69	3.51
8.38	7.05	1.90	3.20	10.25	3.21	6.72	3.53
8.75	7.09	1.89	3.21	10.29	3.21	6.75	3.54
9.13	7.12	1.88	3.22	10.34	3.21	6.78	3.56
9.50	7.15	1.87	3.23	10.38	3.21	6.81	3.58
9.88	7.18	1.85	3.25	10.43	3.21	6.84	3.59
10.25	7.21	1.84	3.26	10.47	3.21	6.86	3.61
10.63	7.24	1.83	3.27	10.51	3.21	6.89	3.62
11.00	7.26	1.82	3.28	10.54	3.21	6.91	3.63
11.38	7.27	1.81	3.29	10.56	3.21	6.93	3.64
11.75	7.28	1.80	3.30	10.58	3.21	6.94	3.64
12.13	7.28	1.78	3.31	10.59	3.20	6.95	3.64
12.50	7.29	1.77	3.33	10.62	3.19	6.97	3.65
12.88	7.30	1.77	3.33	10.64	3.19	6.98	3.65
13.25	7.29	1.75	3.35	10.64	3.18	6.99	3.65
13.63	7.29	1.74	3.36	10.65	3.17	7.00	3.65
14.00	7.30	1.73	3.36	10.66	3.17	7.01	3.65
14.38	7.29	1.73	3.37	10.66	3.16	7.02	3.65
14.75	7.28	1.72	3.38	10.66	3.16	7.02	3.64
15.13	7.26	1.71	3.38	10.65	3.15	7.02	3.63
15.50	7.24	1.70	3.40	10.64	3.13	7.02	3.62
15.88	7.25	1.70	3.40	10.65	3.13	7.02	3.63
16.25	7.25	1.70	3.40	10.65	3.13	7.03	3.62
16.63	7.24	1.69	3.41	10.64	3.12	7.03	3.62
17.00	7.23	1.69	3.41	10.64	3.12	7.02	3.61
17.75	7.19	1.68	3.42	10.60	3.10	7.01	3.59
18.50	7.14	1.68	3.42	10.57	3.09	6.99	3.57
19.25	7.08	1.68	3.42	10.50	3.07	6.96	3.54
20.00	7.01	1.68	3.42	10.44	3.05	6.93	3.51



MANUEL A. OLIVERA FRANZOSO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	

Especimen C

ε %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	8.00	8.00	1.00	8.00	0.00
0.10	1.09	0.57	7.58	8.67	1.14	8.13	0.54
0.20	1.56	0.84	7.31	8.87	1.21	8.09	0.78
0.30	2.42	1.25	6.91	9.34	1.35	8.12	1.21
0.40	4.20	2.07	6.08	10.28	1.69	8.18	2.10
0.50	5.19	2.57	5.59	10.77	1.93	8.18	2.59
0.60	5.83	2.91	5.25	11.07	2.11	8.16	2.91
0.80	6.61	3.30	4.85	11.46	2.36	8.16	3.31
1.00	7.09	3.55	4.61	11.70	2.54	8.16	3.54
1.20	7.40	3.70	4.45	11.86	2.66	8.16	3.70
1.40	7.62	3.80	4.36	11.98	2.75	8.17	3.81
1.60	7.79	3.87	4.29	12.08	2.82	8.19	3.89
1.80	7.93	3.90	4.25	12.19	2.87	8.22	3.97
2.00	8.05	3.93	4.23	12.28	2.91	8.25	4.03
2.38	8.24	3.95	4.21	12.45	2.96	8.33	4.12
2.75	8.42	3.96	4.20	12.62	3.01	8.41	4.21
3.13	8.58	3.94	4.22	12.80	3.04	8.51	4.29
3.50	8.73	3.94	4.22	12.96	3.07	8.59	4.37
3.88	8.87	3.90	4.26	13.12	3.08	8.69	4.43
4.25	8.99	3.86	4.29	13.28	3.09	8.79	4.50
4.63	9.11	3.84	4.32	13.43	3.11	8.87	4.56
5.00	9.23	3.80	4.36	13.59	3.12	8.98	4.62
5.38	9.34	3.76	4.40	13.74	3.12	9.07	4.67
5.75	9.45	3.72	4.43	13.88	3.13	9.16	4.72
6.13	9.56	3.69	4.47	14.03	3.14	9.25	4.78
6.50	9.65	3.65	4.51	14.15	3.14	9.33	4.82
6.88	9.74	3.61	4.55	14.29	3.14	9.42	4.87
7.25	9.83	3.57	4.59	14.41	3.14	9.50	4.91
7.63	9.90	3.54	4.62	14.53	3.14	9.58	4.95

(Continua.....)

MANUEL A. QUIJSE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	

Especimen C

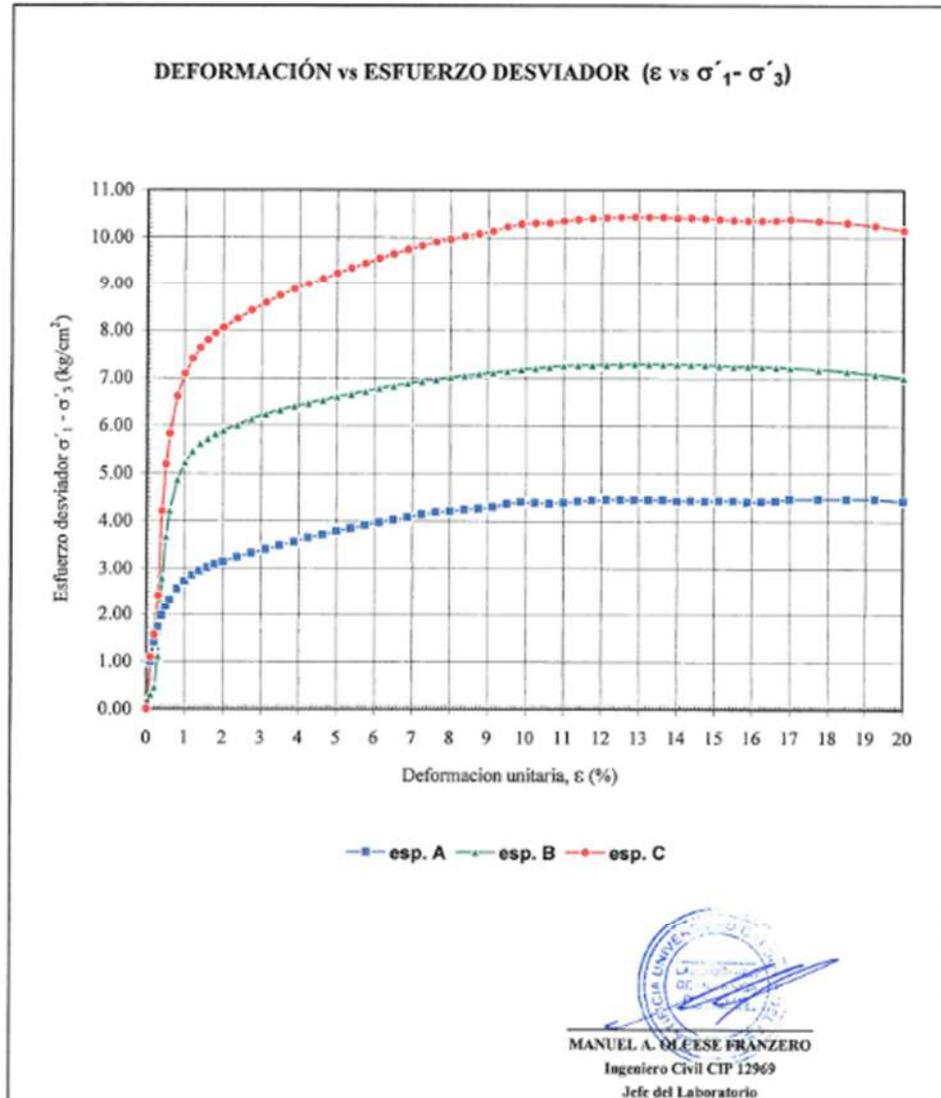
ε %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ_3 kg/cm ²	σ_1 kg/cm ²	σ_1/σ_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
8.00	9.96	3.51	4.65	14.61	3.14	9.63	4.98
8.38	10.02	3.47	4.69	14.72	3.14	9.70	5.01
8.75	10.07	3.44	4.72	14.79	3.13	9.76	5.04
9.13	10.13	3.40	4.75	14.89	3.13	9.82	5.07
9.50	10.22	3.35	4.80	15.02	3.13	9.91	5.11
9.88	10.28	3.32	4.84	15.12	3.13	9.98	5.14
10.25	10.30	3.30	4.86	15.16	3.12	10.01	5.15
10.63	10.31	3.28	4.88	15.19	3.11	10.04	5.15
11.00	10.35	3.25	4.91	15.25	3.11	10.08	5.17
11.38	10.38	3.21	4.94	15.32	3.10	10.13	5.19
11.75	10.40	3.18	4.97	15.37	3.09	10.17	5.20
12.13	10.42	3.15	5.01	15.42	3.08	10.21	5.21
12.50	10.43	3.12	5.04	15.46	3.07	10.25	5.21
12.88	10.43	3.10	5.06	15.49	3.06	10.27	5.22
13.25	10.43	3.07	5.09	15.52	3.05	10.30	5.21
13.63	10.42	3.05	5.11	15.53	3.04	10.32	5.21
14.00	10.41	3.04	5.12	15.53	3.03	10.32	5.20
14.38	10.41	3.02	5.14	15.55	3.02	10.35	5.21
14.75	10.40	3.00	5.16	15.55	3.02	10.36	5.20
15.13	10.38	2.99	5.17	15.55	3.01	10.36	5.19
15.50	10.36	2.97	5.19	15.56	3.00	10.37	5.18
15.88	10.36	2.96	5.20	15.55	2.99	10.37	5.18
16.25	10.35	2.95	5.21	15.56	2.99	10.39	5.18
16.63	10.36	2.93	5.22	15.58	2.98	10.40	5.18
17.00	10.38	2.92	5.24	15.62	2.98	10.43	5.19
17.75	10.35	2.89	5.27	15.61	2.96	10.44	5.17
18.50	10.31	2.87	5.29	15.60	2.95	10.44	5.15
19.25	10.25	2.86	5.30	15.55	2.94	10.42	5.12
20.00	10.15	2.86	5.30	15.45	2.92	10.34	5.08



MANUEL A. OLIVERA FRANZOSO
Ingeniero Civil EIP 12969
Jefe del Laboratorio

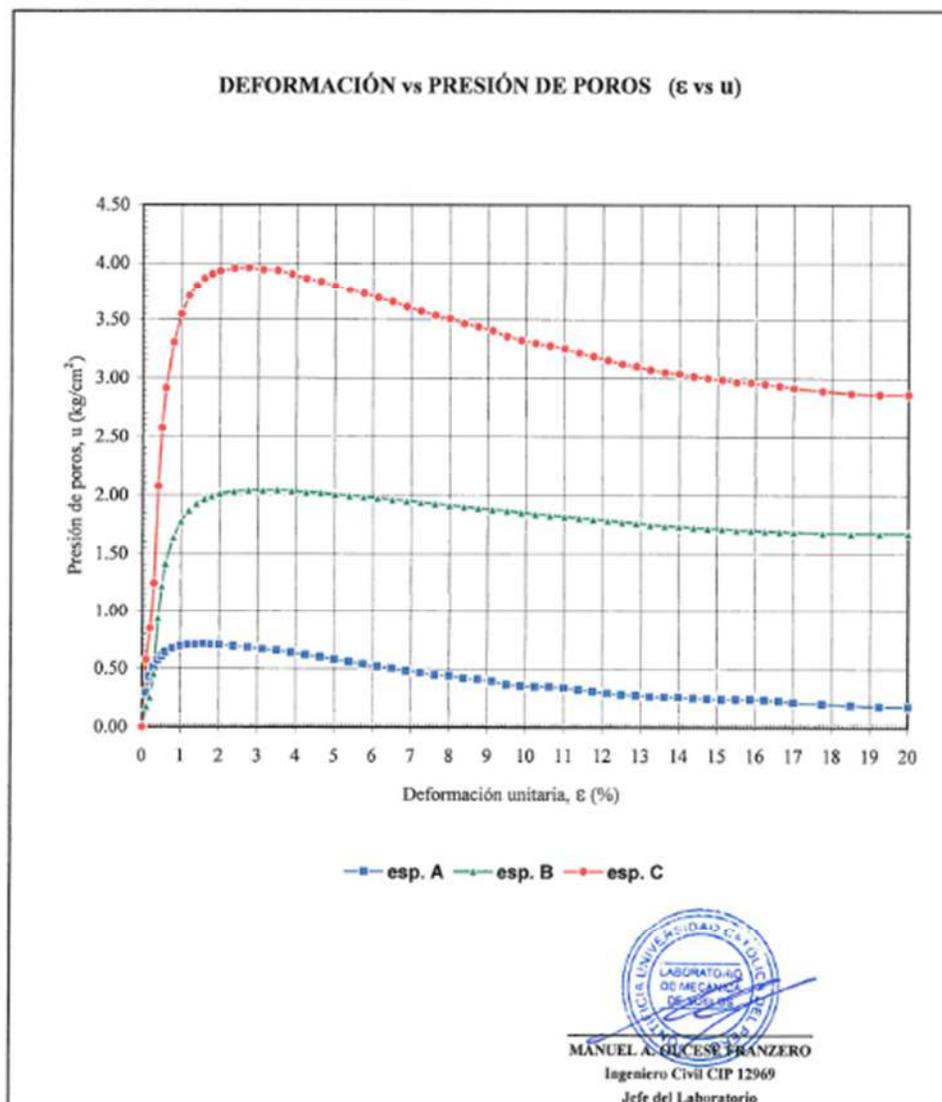
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	



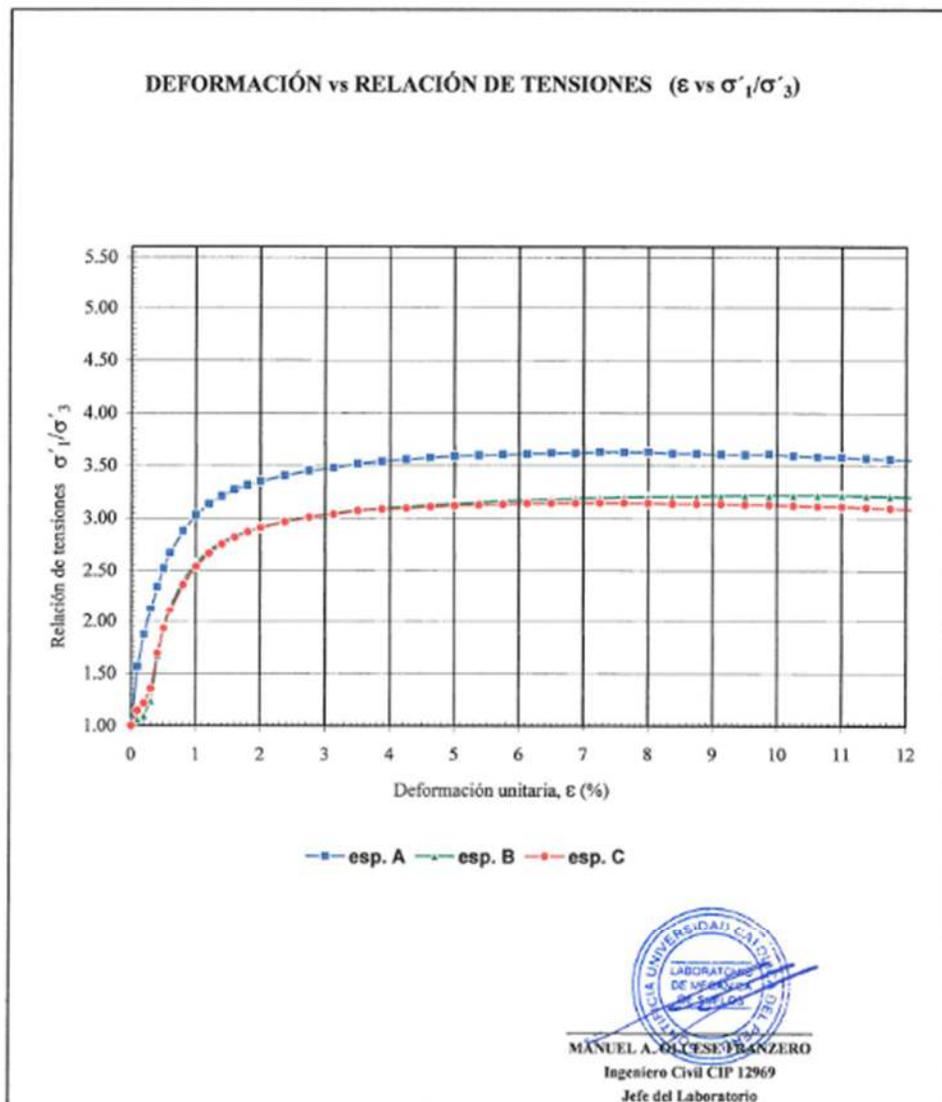
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	



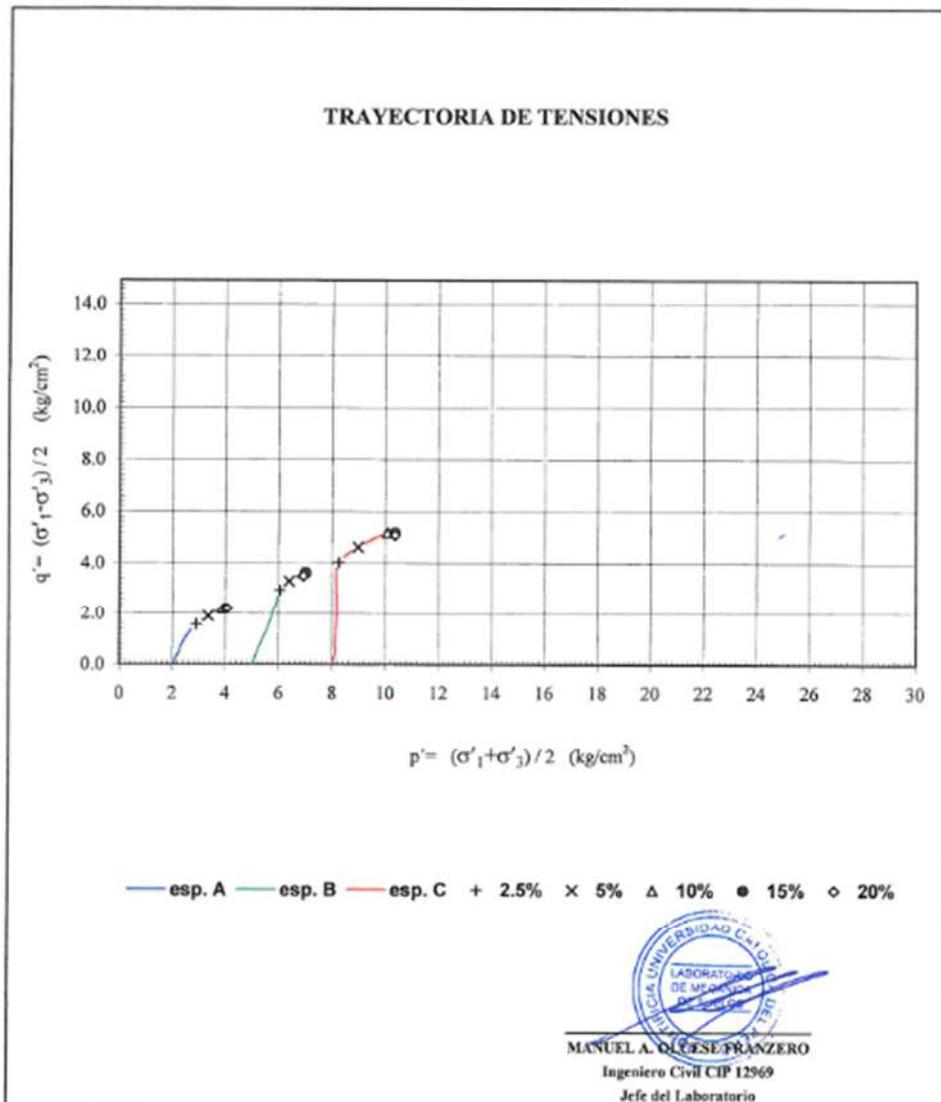
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	



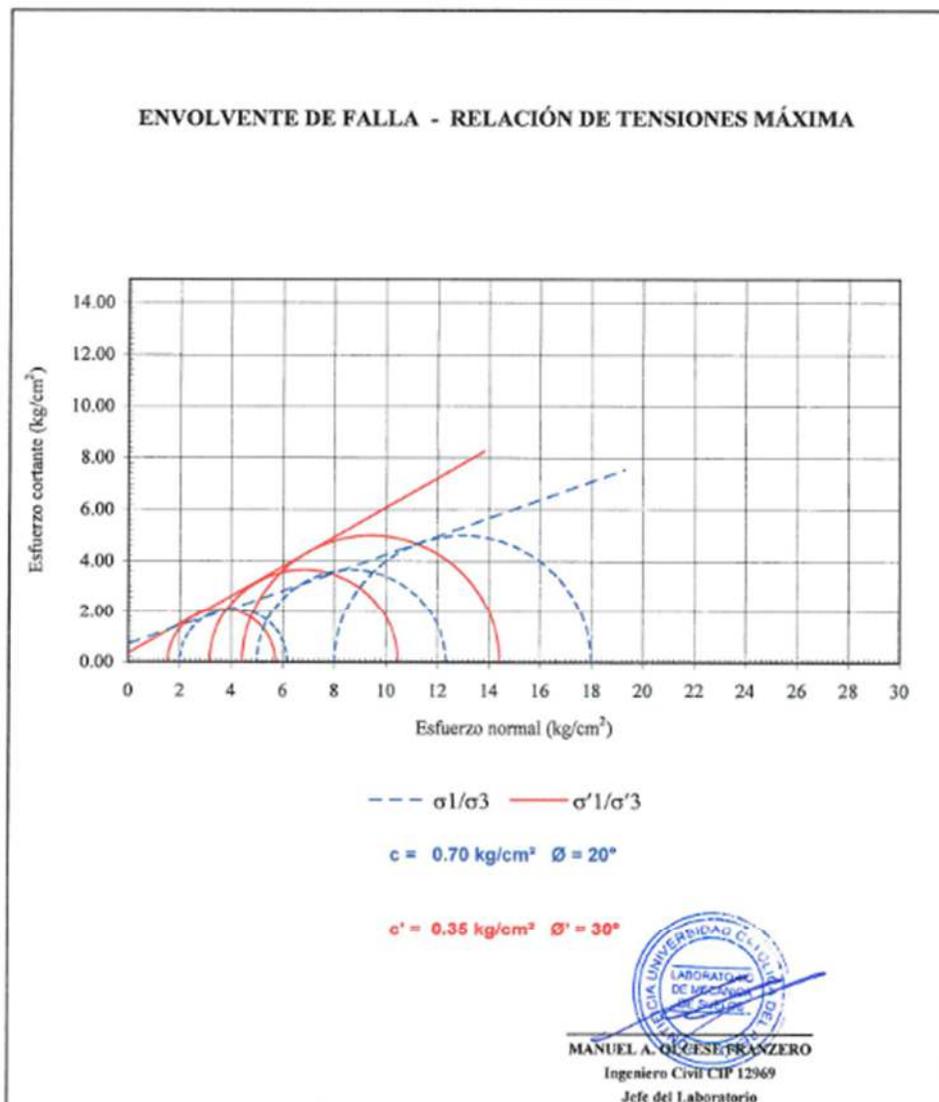
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NARURAL	Profundidad	



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDONEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	C-14 TERRENO NATURAL	Profundidad	

FOTOS



Especimen A



Especimen B



Especimen C



MANUEL A. DE CESEPRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

CARACTERISTICAS DE LOS ESPECIMENES

Tipo de muestra :	Remoldeada
Peso esp. solidos Gs	2.90

Especimen	A	B	C
-----------	---	---	---

Diámetro	cm	5.00	5.00	5.00
Altura	cm	10.00	10.00	10.00
Humedad inicial		15.6%	15.5%	15.6%
Humedad final		22.9%	22.6%	22.0%
Saturacion inicial		72.7%	72.6%	72.7%
Saturación final		100.0%	100.0%	100.0%
Relacion de vacios	e	0.62	0.62	0.62
Porosidad	n	38.3%	38.3%	38.3%
Densidad inicial	g/cm ³	2.07	2.07	2.07
Densidad final	g/cm ³	2.20	2.19	2.18
Densidad seca	g/cm ³	1.79	1.79	1.79
Presión de cámara	kg/cm ²	8.00	11.00	14.00
Contra presión	kg/cm ²	6.00	6.00	6.00
Coefficiente de poros	B	0.99	0.99	0.99



MANUEL A. OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP-12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES EN LA FALLA

FALLA DEFINIDA CONFORME A LA NORMA NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Especimen	A	B	C
-----------	---	---	---

MAXIMA RELACION DE TENSIONES

σ'_1/σ'_3 máximo	3.81	3.78	3.82
σ'_1 kg/cm ²	6.90	16.81	27.01
σ'_3 kg/cm ²	1.81	4.45	7.13
u kg/cm ²	0.23	0.65	1.09
e %	14.80	11.20	14.80
A_f	0.04	0.05	0.05

MAXIMO ESFUERZO DESVIADOR

$\sigma'_1 - \sigma'_3$ máximo kg/cm ²	5.13	12.72	20.05
σ'_1 kg/cm ²	6.97	17.90	28.30
σ'_3 kg/cm ²	1.84	4.68	7.10
u kg/cm ²	0.20	0.42	1.06
e %	15.00	15.00	15.00
A_f	0.04	0.03	0.05



MANUEL OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA		
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad	Fecha	NOV - 2018

Especimen A

ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1.00	2.00	0.00
0.10	0.62	0.36	1.68	2.30	1.37	1.99	0.31
0.20	0.86	0.45	1.59	2.45	1.54	2.02	0.43
0.30	1.03	0.52	1.52	2.55	1.68	2.04	0.51
0.40	1.19	0.54	1.50	2.69	1.79	2.09	0.59
0.50	1.33	0.55	1.49	2.82	1.90	2.16	0.67
0.60	1.47	0.55	1.49	2.96	1.99	2.23	0.74
0.80	1.73	0.55	1.49	3.22	2.16	2.36	0.86
1.00	1.95	0.54	1.50	3.45	2.30	2.48	0.97
1.20	2.14	0.53	1.51	3.65	2.42	2.58	1.07
1.40	2.32	0.52	1.52	3.84	2.52	2.68	1.16
1.60	2.48	0.50	1.54	4.01	2.61	2.78	1.24
1.80	2.61	0.49	1.55	4.16	2.68	2.86	1.30
2.00	2.74	0.47	1.57	4.30	2.75	2.93	1.37
2.40	2.96	0.46	1.58	4.54	2.88	3.06	1.48
2.80	3.15	0.45	1.59	4.74	2.98	3.17	1.58
3.20	3.33	0.44	1.60	4.93	3.08	3.27	1.66
3.60	3.47	0.43	1.61	5.08	3.15	3.35	1.74
4.00	3.60	0.42	1.62	5.22	3.23	3.42	1.80
4.40	3.72	0.41	1.63	5.35	3.28	3.49	1.86
4.80	3.84	0.40	1.64	5.47	3.34	3.56	1.92
5.20	3.94	0.39	1.65	5.59	3.39	3.62	1.97
5.60	4.03	0.39	1.65	5.68	3.44	3.66	2.01
6.00	4.12	0.38	1.66	5.78	3.48	3.72	2.06
6.40	4.20	0.37	1.67	5.88	3.51	3.77	2.10
6.80	4.28	0.36	1.68	5.96	3.55	3.82	2.14
7.20	4.34	0.35	1.69	6.03	3.57	3.86	2.17
7.60	4.39	0.35	1.69	6.08	3.59	3.89	2.19
8.00	4.45	0.34	1.70	6.15	3.61	3.93	2.23

(Continua.....)



MANUEL A. GESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

Especcimen A

ε %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
8.40	4.51	0.33	1.71	6.22	3.64	3.96	2.25
8.80	4.56	0.32	1.72	6.28	3.66	4.00	2.28
9.20	4.61	0.32	1.72	6.34	3.68	4.03	2.31
9.60	4.66	0.31	1.73	6.39	3.70	4.06	2.33
10.00	4.71	0.31	1.73	6.44	3.72	4.09	2.36
10.40	4.76	0.30	1.74	6.49	3.73	4.12	2.38
10.80	4.80	0.29	1.75	6.55	3.75	4.15	2.40
11.20	4.83	0.29	1.75	6.58	3.76	4.17	2.42
11.60	4.87	0.28	1.75	6.63	3.78	4.19	2.44
12.00	4.91	0.28	1.76	6.67	3.79	4.22	2.45
12.40	4.93	0.27	1.77	6.69	3.79	4.23	2.46
12.80	4.96	0.27	1.77	6.73	3.79	4.25	2.48
13.20	4.99	0.25	1.79	6.78	3.79	4.28	2.49
13.60	5.01	0.25	1.79	6.81	3.80	4.30	2.51
14.00	5.04	0.24	1.80	6.84	3.81	4.32	2.52
14.40	5.07	0.24	1.80	6.87	3.81	4.34	2.53
14.80	5.09	0.23	1.81	6.90	3.81	4.35	2.54
15.20	5.11	0.22	1.82	6.93	3.81	4.37	2.55
15.60	5.13	0.20	1.84	6.97	3.78	4.41	2.56
16.00	5.15	0.19	1.85	7.00	3.79	4.42	2.57
16.40	5.17	0.18	1.86	7.03	3.79	4.44	2.59
16.80	5.19	0.17	1.87	7.06	3.78	4.46	2.59
17.20	5.21	0.16	1.88	7.08	3.78	4.48	2.60
17.60	5.22	0.15	1.89	7.12	3.76	4.51	2.61
18.00	5.25	0.14	1.90	7.15	3.76	4.52	2.62
18.50	5.27	0.12	1.92	7.19	3.75	4.55	2.64
19.00	5.29	0.11	1.93	7.22	3.74	4.58	2.65
19.50	5.31	0.10	1.94	7.25	3.74	4.59	2.66
20.00	5.28	0.08	1.96	7.24	3.69	4.60	2.64



MANUEL OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

Especimen B

ε %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	1.00	5.00	0.00
0.10	1.48	0.51	4.59	6.07	1.32	5.33	0.74
0.20	2.22	0.90	4.20	6.42	1.53	5.31	1.11
0.30	2.80	1.16	3.94	6.74	1.71	5.34	1.40
0.40	3.32	1.33	3.77	7.09	1.88	5.43	1.66
0.50	3.78	1.43	3.67	7.45	2.03	5.56	1.89
0.60	4.18	1.51	3.59	7.78	2.17	5.68	2.09
0.80	4.94	1.59	3.51	8.45	2.41	5.98	2.47
1.00	5.58	1.62	3.48	9.06	2.60	6.27	2.79
1.20	6.15	1.63	3.47	9.62	2.77	6.54	3.07
1.40	6.61	1.62	3.48	10.09	2.90	6.78	3.31
1.60	7.03	1.60	3.50	10.52	3.01	7.01	3.51
1.80	7.38	1.58	3.52	10.91	3.10	7.22	3.69
2.00	7.71	1.55	3.54	11.25	3.17	7.40	3.85
2.40	8.24	1.49	3.61	11.85	3.29	7.73	4.12
2.80	8.68	1.44	3.66	12.34	3.37	8.00	4.34
3.20	9.05	1.39	3.71	12.76	3.44	8.24	4.53
3.60	9.37	1.33	3.77	13.14	3.49	8.45	4.69
4.00	9.67	1.28	3.81	13.49	3.54	8.65	4.84
4.40	9.91	1.24	3.86	13.77	3.57	8.81	4.96
4.80	10.16	1.19	3.91	14.06	3.60	8.98	5.08
5.20	10.38	1.15	3.95	14.33	3.63	9.14	5.19
5.60	10.57	1.08	4.01	14.58	3.63	9.30	5.29
6.00	10.76	1.04	4.06	14.82	3.65	9.44	5.38
6.40	10.93	1.01	4.09	15.03	3.67	9.56	5.47
6.80	11.11	0.97	4.13	15.24	3.69	9.68	5.55
7.20	11.24	0.94	4.16	15.40	3.70	9.78	5.62
7.60	11.39	0.88	4.22	15.61	3.70	9.92	5.70
8.00	11.53	0.85	4.25	15.78	3.71	10.01	5.76

(Continua.....)



MANUEL A. OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

Especcimen B

ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
8.40	11.66	0.82	4.28	15.94	3.73	10.11	5.83
8.80	11.77	0.79	4.30	16.08	3.74	10.19	5.89
9.20	11.90	0.77	4.33	16.23	3.75	10.28	5.95
9.60	12.00	0.74	4.36	16.35	3.75	10.36	6.00
10.00	12.10	0.72	4.38	16.48	3.76	10.43	6.05
10.40	12.20	0.70	4.40	16.60	3.77	10.50	6.10
10.80	12.29	0.67	4.42	16.71	3.78	10.57	6.14
11.20	12.36	0.65	4.45	16.81	3.78	10.63	6.18
11.60	12.41	0.63	4.47	16.89	3.78	10.68	6.21
12.00	12.48	0.61	4.49	16.97	3.78	10.73	6.24
12.40	12.53	0.57	4.53	17.06	3.76	10.80	6.26
12.80	12.54	0.55	4.55	17.09	3.76	10.82	6.27
13.20	12.54	0.53	4.57	17.11	3.74	10.84	6.27
13.60	12.56	0.51	4.59	17.15	3.74	10.87	6.28
14.00	12.60	0.49	4.61	17.21	3.73	10.91	6.30
14.40	12.63	0.47	4.62	17.25	3.73	10.94	6.31
14.80	12.66	0.46	4.64	17.30	3.73	10.97	6.33
15.20	12.69	0.44	4.66	17.35	3.73	11.00	6.35
15.60	12.72	0.42	4.68	17.40	3.72	11.04	6.36
16.00	12.75	0.41	4.69	17.44	3.72	11.06	6.38
16.40	12.78	0.40	4.70	17.48	3.72	11.09	6.39
16.80	12.80	0.38	4.72	17.51	3.71	11.12	6.40
17.20	12.84	0.36	4.73	17.57	3.71	11.15	6.42
17.60	12.85	0.35	4.74	17.59	3.71	11.17	6.43
18.00	12.88	0.34	4.76	17.64	3.70	11.20	6.44
18.50	12.90	0.32	4.78	17.68	3.70	11.23	6.45
19.00	12.84	0.30	4.80	17.65	3.67	11.22	6.42
19.50	12.76	0.28	4.82	17.58	3.65	11.20	6.38
20.00	12.68	0.28	4.82	17.51	3.63	11.16	6.34



MANUEL A. OCCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

Especimen C

ε %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	8.00	8.00	1.00	8.00	0.00
0.10	2.56	0.43	7.73	10.28	1.33	9.01	1.28
0.20	4.08	0.76	7.40	11.47	1.55	9.43	2.04
0.30	5.25	1.02	7.14	12.39	1.74	9.77	2.62
0.40	6.23	1.24	6.92	13.15	1.90	10.03	3.11
0.50	7.09	1.42	6.74	13.83	2.05	10.28	3.55
0.60	7.82	1.58	6.58	14.40	2.19	10.49	3.91
0.80	9.07	1.80	6.35	15.42	2.43	10.89	4.53
1.00	10.04	1.95	6.21	16.25	2.62	11.23	5.02
1.20	10.85	2.05	6.11	16.96	2.78	11.53	5.43
1.40	11.51	2.11	6.05	17.56	2.90	11.81	5.76
1.60	12.07	2.14	6.01	18.09	3.01	12.05	6.04
1.80	12.56	2.16	6.00	18.56	3.10	12.28	6.28
2.00	12.99	2.17	5.99	18.98	3.17	12.49	6.49
2.40	13.69	2.15	6.00	19.70	3.28	12.85	6.85
2.80	14.26	2.12	6.04	20.29	3.36	13.17	7.13
3.20	14.73	2.08	6.08	20.82	3.42	13.45	7.37
3.60	15.15	2.03	6.13	21.28	3.47	13.70	7.58
4.00	15.53	1.99	6.17	21.70	3.52	13.94	7.77
4.40	15.86	1.94	6.21	22.07	3.55	14.14	7.93
4.80	16.16	1.89	6.26	22.43	3.58	14.35	8.08
5.20	16.46	1.85	6.31	22.77	3.61	14.54	8.23
5.60	16.72	1.80	6.35	23.07	3.63	14.71	8.36
6.00	16.98	1.76	6.40	23.38	3.65	14.89	8.49
6.40	17.22	1.72	6.44	23.66	3.67	15.05	8.61
6.80	17.44	1.67	6.49	23.93	3.69	15.21	8.72
7.20	17.65	1.64	6.52	24.17	3.71	15.35	8.82
7.60	17.82	1.59	6.56	24.38	3.71	15.47	8.91
8.00	18.02	1.56	6.60	24.62	3.73	15.60	9.01

(Continua.....)



MANUEL A. DE ESE PRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

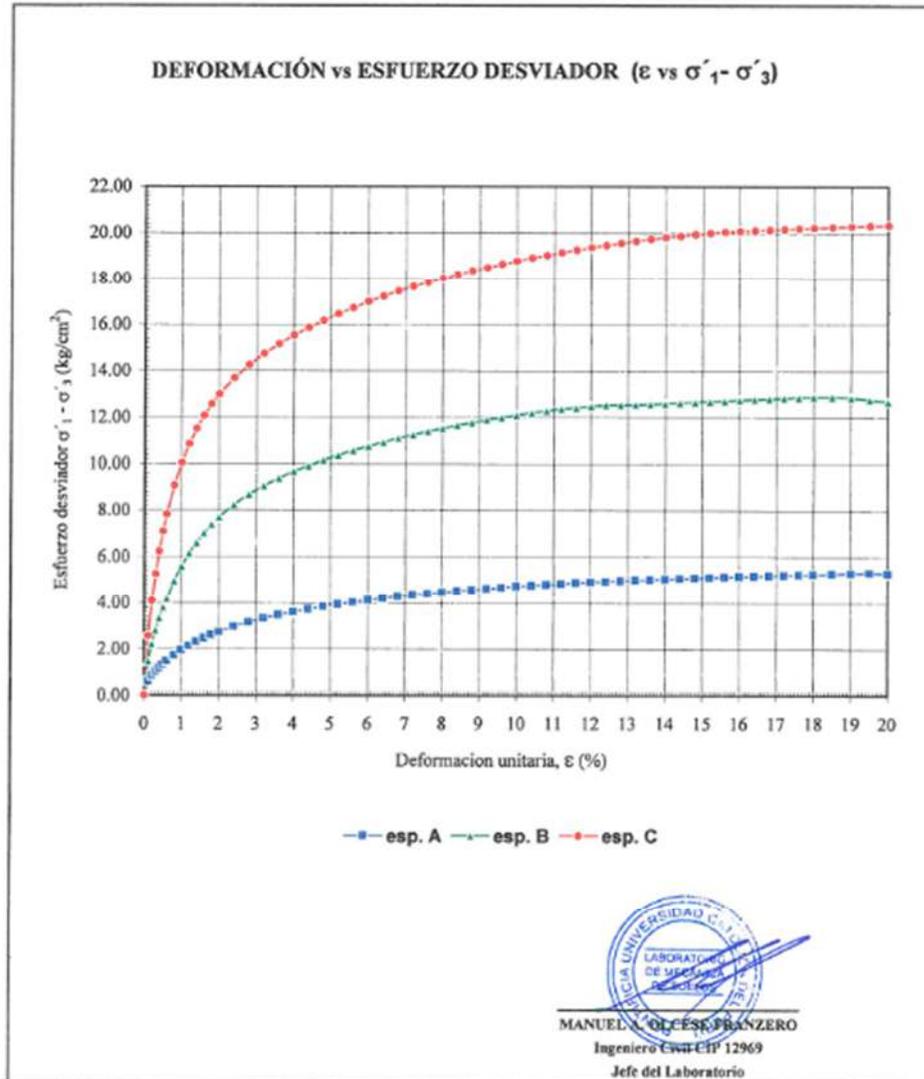
Especimen C

ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
8.40	18.20	1.52	6.63	24.84	3.74	15.74	9.10
8.80	18.37	1.49	6.67	25.03	3.75	15.85	9.18
9.20	18.51	1.45	6.70	25.21	3.76	15.96	9.25
9.60	18.65	1.42	6.74	25.38	3.77	16.06	9.32
10.00	18.80	1.39	6.77	25.56	3.78	16.16	9.40
10.40	18.92	1.36	6.80	25.72	3.78	16.26	9.46
10.80	19.03	1.33	6.83	25.86	3.79	16.34	9.52
11.20	19.15	1.30	6.85	26.00	3.79	16.43	9.58
11.60	19.27	1.28	6.88	26.15	3.80	16.51	9.63
12.00	19.37	1.25	6.91	26.27	3.81	16.59	9.68
12.40	19.47	1.23	6.93	26.40	3.81	16.66	9.73
12.80	19.56	1.20	6.95	26.52	3.81	16.74	9.78
13.20	19.66	1.18	6.98	26.63	3.82	16.80	9.83
13.60	19.74	1.16	7.00	26.74	3.82	16.87	9.87
14.00	19.82	1.14	7.02	26.84	3.82	16.93	9.91
14.40	19.88	1.11	7.04	26.92	3.82	16.98	9.94
14.80	19.95	1.09	7.06	27.01	3.82	17.04	9.97
15.20	20.00	1.08	7.08	27.08	3.82	17.08	10.00
15.60	20.05	1.06	7.10	27.15	3.82	17.13	10.03
16.00	20.07	1.04	7.12	27.19	3.82	17.15	10.04
16.40	20.11	1.02	7.13	27.24	3.82	17.19	10.05
16.80	20.14	1.01	7.15	27.29	3.82	17.22	10.07
17.20	20.16	0.99	7.17	27.33	3.81	17.25	10.08
17.60	20.19	0.98	7.18	27.37	3.81	17.27	10.10
18.00	20.23	0.96	7.19	27.42	3.81	17.31	10.11
18.50	20.26	0.95	7.21	27.47	3.81	17.34	10.13
19.00	20.28	0.93	7.23	27.51	3.81	17.37	10.14
19.50	20.31	0.91	7.24	27.56	3.80	17.40	10.16
20.00	20.33	0.90	7.26	27.59	3.80	17.42	10.17

MANUEL A. DI CESAR PRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

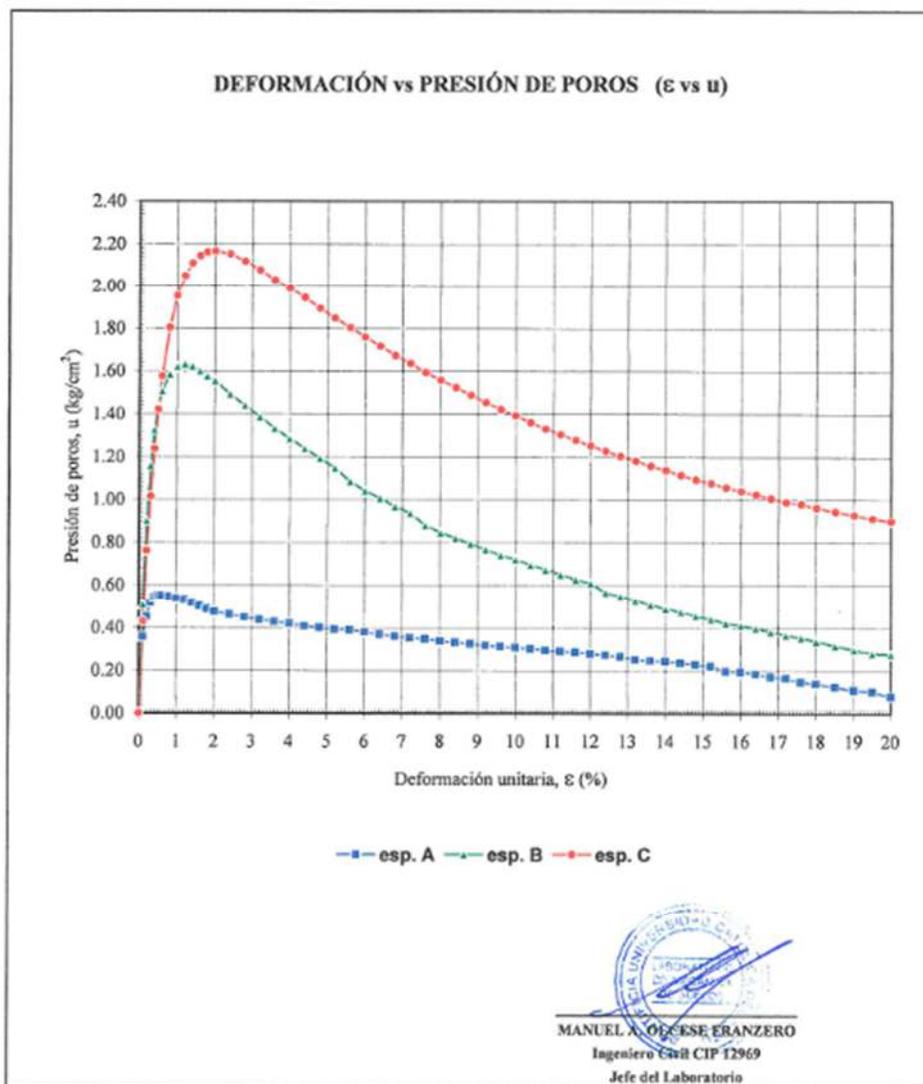
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		



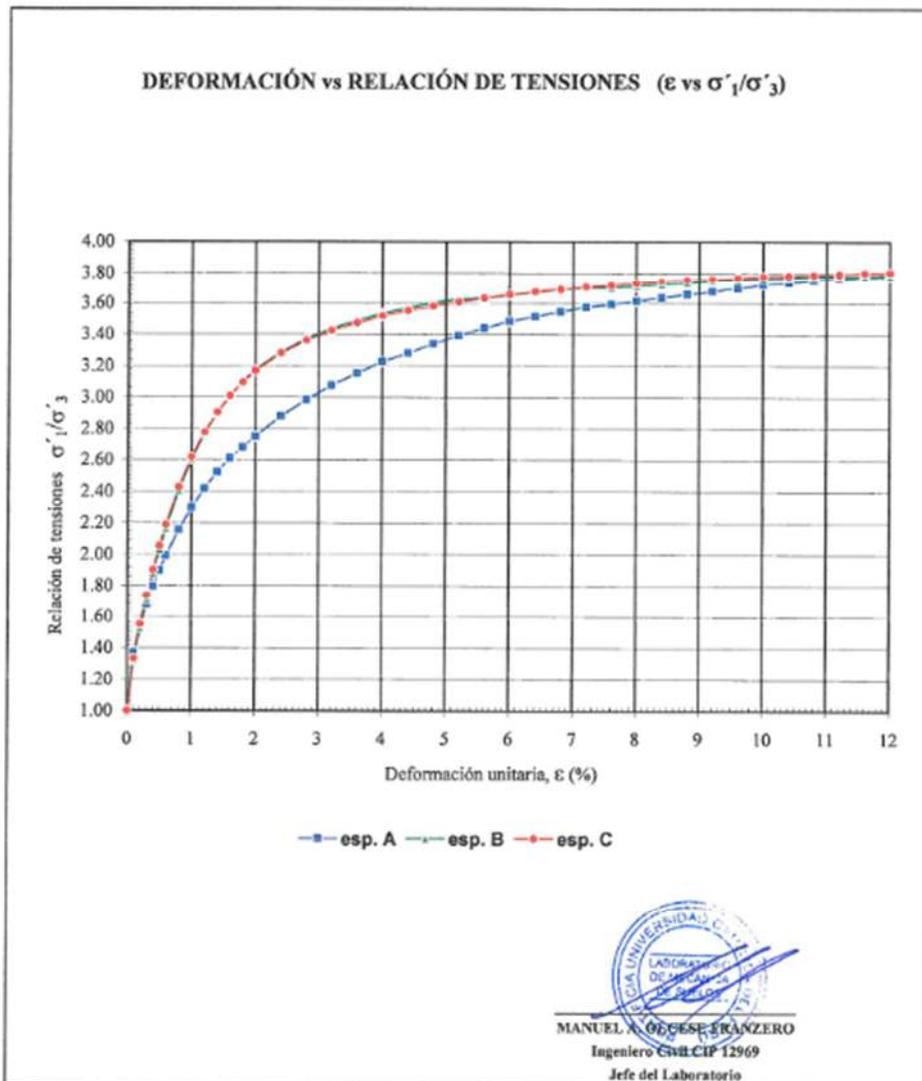
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA		
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad	Fecha	NOV - 2018



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

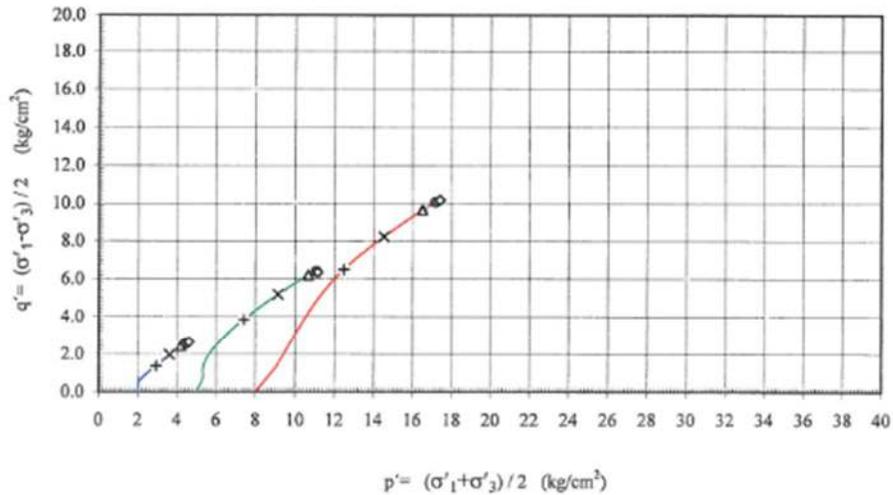
Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha	: NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

TRAYECTORIA DE TENSIONES



— esp. A — esp. B — esp. C + 2.5% × 5% Δ 10% ● 15% ◊ 20%

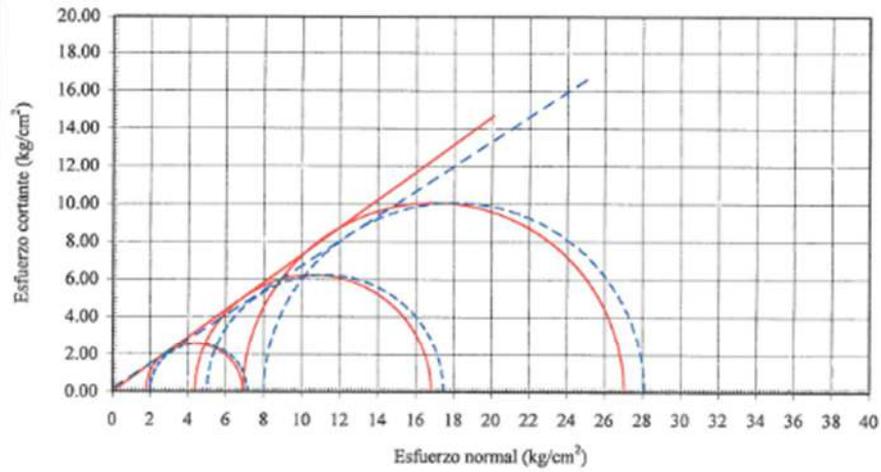


MANUEL A. OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

ENVOLVENTE DE FALLA - RELACIÓN DE TENSIONES MÁXIMA



--- σ_1/σ_3 — σ'_1/σ'_3

$c = 0.15 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 33^\circ$

$c' = 0.00 \text{ kg/cm}^2$ $\phi' = 36^\circ$

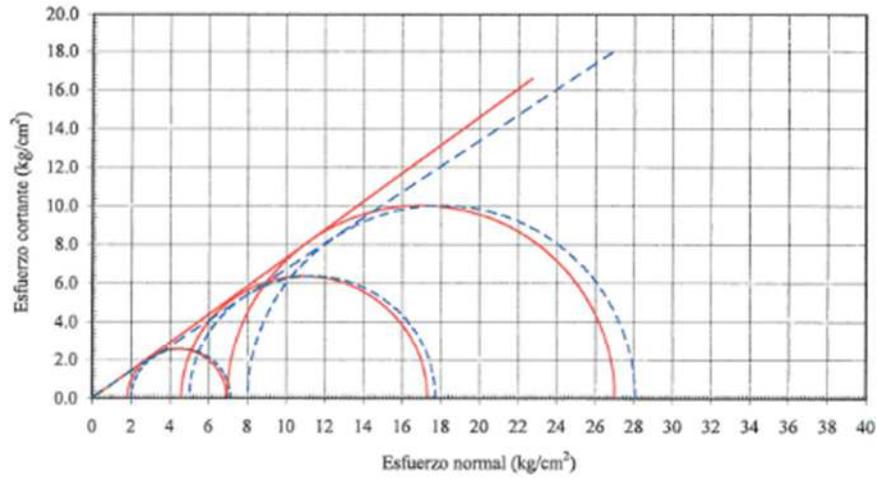


MANUEL JOSÉ CÉSPEDÉS TRÁNSITO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

ENVOLVENTE DE FALLA - ESFUERZO DESVIADOR MÁXIMO



--- $\sigma_1 - \sigma_3$ --- $\sigma'_1 - \sigma'_3$
 $c = 0.05 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 34^\circ$
 $c' = 0.00 \text{ kg/cm}^2$ $\phi' = 36^\circ$



MANUEL C. OBISPO PLANZERO
 Ingeniero Civil - IP 12969
 Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTE. DESCAR. 95%PM Profundidad		

FOTOS



Especimen A



Especimen B



Especimen C



MANUEL ALBERTO FRANZOSO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA		
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad	Fecha	NOV - 2018

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES

Tipo de muestra :	Remoldeada
Peso esp. solidos Gs	2.90

Especimen	A	B	C
-----------	---	---	---

Diámetro	cm	5.00	5.00	5.00
Altura	cm	10.00	10.00	10.00
Humedad inicial		16.0%	15.9%	16.0%
Humedad final		24.6%	24.2%	22.2%
Saturación inicial		64.7%	64.6%	64.8%
Saturación final		100.0%	100.0%	100.0%
Relacion de vacios	e	0.72	0.72	0.72
Porosidad	n	41.7%	41.7%	41.8%
Densidad inicial	g/cm ³	1.96	1.96	1.96
Densidad final	g/cm ³	2.10	2.10	2.06
Densidad seca	g/cm ³	1.69	1.69	1.69
Presión de cámara	kg/cm ²	8.00	11.00	14.00
Contra presión	kg/cm ²	6.00	6.00	6.00
Coefficiente de poros	B	0.99	0.99	0.99



MANUEL G. DUCSE ERANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA		
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad	Fecha	NOV - 2018

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES EN LA FALLA

FALLA DEFINIDA CONFORME A LA NORMA NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Especimen	A	B	C
-----------	---	---	---

MAXIMA RELACION DE TENSIONES

σ'_1/σ'_3 máximo	3.44	3.23	3.23
σ'_1 kg/cm ²	5.84	14.51	23.26
σ'_3 kg/cm ²	1.70	4.62	7.20
u kg/cm ²	0.34	0.60	0.95
e %	14.80	15.00	15.00
A_f	0.08	0.06	0.06

MAXIMO ESFUERZO DESVIADOR

$\sigma'_1 - \sigma'_3$ máximo kg/cm ²	4.18	9.90	15.89
σ'_1 kg/cm ²	5.90	15.14	24.25
σ'_3 kg/cm ²	1.73	4.47	7.17
u kg/cm ²	0.31	0.63	0.99
e %	15.00	15.00	15.00
A_f	0.07	0.06	0.06



MANUEL A. OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP-12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA		
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad	Fccha	NOV - 2018

Especcimen A

ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1.00	2.00	0.00
0.10	1.07	0.30	1.74	2.80	1.61	2.27	0.53
0.20	1.51	0.42	1.62	3.12	1.93	2.37	0.75
0.30	1.82	0.51	1.53	3.35	2.19	2.44	0.91
0.40	2.06	0.56	1.48	3.54	2.40	2.51	1.03
0.50	2.26	0.60	1.44	3.70	2.58	2.57	1.13
0.60	2.41	0.63	1.41	3.82	2.71	2.62	1.21
0.80	2.65	0.67	1.37	4.03	2.93	2.70	1.33
1.00	2.82	0.69	1.35	4.17	3.09	2.76	1.41
1.20	2.94	0.70	1.34	4.28	3.20	2.81	1.47
1.40	3.02	0.70	1.34	4.36	3.26	2.85	1.51
1.60	3.08	0.70	1.34	4.42	3.30	2.88	1.54
1.80	3.14	0.69	1.35	4.48	3.33	2.91	1.57
2.00	3.18	0.69	1.35	4.53	3.35	2.94	1.59
2.40	3.23	0.68	1.36	4.59	3.37	2.98	1.62
2.80	3.28	0.66	1.38	4.66	3.38	3.02	1.64
3.20	3.33	0.65	1.39	4.73	3.39	3.06	1.67
3.60	3.37	0.63	1.41	4.78	3.40	3.09	1.69
4.00	3.41	0.62	1.42	4.83	3.40	3.12	1.70
4.40	3.45	0.60	1.43	4.89	3.41	3.16	1.73
4.80	3.48	0.59	1.45	4.93	3.41	3.19	1.74
5.20	3.52	0.58	1.46	4.98	3.41	3.22	1.76
5.60	3.56	0.57	1.47	5.03	3.42	3.25	1.78
6.00	3.60	0.55	1.49	5.08	3.42	3.28	1.80
6.40	3.63	0.54	1.50	5.13	3.42	3.31	1.81
6.80	3.65	0.53	1.51	5.16	3.41	3.34	1.82
7.20	3.66	0.51	1.52	5.19	3.40	3.36	1.83
7.60	3.68	0.50	1.54	5.22	3.40	3.38	1.84
8.00	3.71	0.49	1.55	5.25	3.39	3.40	1.85

(Continua.....)



MANUEL A. GÓMEZ FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad		

Especimen A

ε %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
8.40	3.73	0.48	1.56	5.29	3.39	3.42	1.87
8.80	3.76	0.47	1.57	5.33	3.40	3.45	1.88
9.20	3.79	0.46	1.58	5.37	3.40	3.48	1.90
9.60	3.83	0.45	1.59	5.42	3.41	3.50	1.92
10.00	3.85	0.44	1.60	5.45	3.41	3.52	1.93
10.40	3.88	0.43	1.61	5.49	3.41	3.55	1.94
10.80	3.90	0.42	1.62	5.52	3.41	3.57	1.95
11.20	3.93	0.42	1.62	5.55	3.42	3.59	1.96
11.60	3.95	0.41	1.63	5.59	3.42	3.61	1.98
12.00	3.98	0.40	1.64	5.62	3.42	3.63	1.99
12.40	4.00	0.39	1.65	5.65	3.43	3.65	2.00
12.80	4.02	0.38	1.66	5.67	3.42	3.66	2.01
13.20	4.04	0.37	1.67	5.71	3.42	3.69	2.02
13.60	4.06	0.36	1.68	5.74	3.42	3.71	2.03
14.00	4.08	0.36	1.68	5.77	3.43	3.72	2.04
14.40	4.12	0.35	1.69	5.81	3.44	3.75	2.06
14.80	4.14	0.34	1.70	5.84	3.44	3.77	2.07
15.20	4.16	0.33	1.71	5.86	3.43	3.79	2.08
15.60	4.18	0.31	1.73	5.90	3.42	3.81	2.09
16.00	4.19	0.31	1.73	5.93	3.42	3.83	2.10
16.40	4.21	0.30	1.74	5.95	3.42	3.84	2.10
16.80	4.22	0.29	1.75	5.97	3.41	3.86	2.11
17.20	4.20	0.28	1.76	5.96	3.39	3.86	2.10
17.60	4.18	0.27	1.77	5.95	3.36	3.86	2.09
18.00	4.20	0.26	1.78	5.98	3.36	3.88	2.10
18.50	4.22	0.25	1.79	6.01	3.35	3.90	2.11
19.00	4.24	0.23	1.81	6.05	3.35	3.93	2.12
19.50	4.25	0.23	1.81	6.07	3.35	3.94	2.13
20.00	4.22	0.21	1.83	6.05	3.31		2.11



MANUEL A. DI CESSE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA		
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad	Fecha	NOV - 2018

Especimen B

ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	1.00	5.00	0.00
0.10	1.71	0.50	4.60	6.31	1.37	5.46	0.86
0.20	2.44	0.89	4.21	6.66	1.58	5.43	1.22
0.30	2.94	1.15	3.95	6.89	1.74	5.42	1.47
0.40	3.33	1.34	3.76	7.09	1.89	5.42	1.66
0.50	3.63	1.47	3.63	7.26	2.00	5.44	1.82
0.60	3.90	1.57	3.53	7.42	2.11	5.47	1.95
0.80	4.37	1.70	3.40	7.77	2.29	5.59	2.19
1.00	4.66	1.77	3.33	7.99	2.40	5.66	2.33
1.20	4.90	1.81	3.29	8.19	2.49	5.74	2.45
1.40	5.16	1.82	3.28	8.44	2.58	5.86	2.58
1.60	5.36	1.82	3.28	8.65	2.63	5.96	2.68
1.80	5.51	1.80	3.29	8.81	2.67	6.05	2.76
2.00	5.64	1.79	3.31	8.95	2.71	6.13	2.82
2.40	5.88	1.74	3.36	9.24	2.75	6.30	2.94
2.80	6.07	1.69	3.41	9.48	2.78	6.44	3.04
3.20	6.27	1.64	3.46	9.73	2.81	6.59	3.14
3.60	6.43	1.59	3.51	9.94	2.83	6.73	3.22
4.00	6.64	1.54	3.56	10.20	2.87	6.88	3.32
4.40	6.78	1.49	3.60	10.39	2.88	7.00	3.39
4.80	6.94	1.45	3.65	10.59	2.90	7.12	3.47
5.20	7.07	1.40	3.70	10.77	2.91	7.24	3.54
5.60	7.20	1.34	3.76	10.96	2.92	7.36	3.60
6.00	7.33	1.29	3.80	11.14	2.93	7.47	3.67
6.40	7.46	1.26	3.84	11.30	2.94	7.57	3.73
6.80	7.60	1.22	3.88	11.48	2.96	7.68	3.80
7.20	7.76	1.18	3.92	11.67	2.98	7.80	3.88
7.60	7.89	1.13	3.97	11.86	2.99	7.92	3.94
8.00	8.03	1.09	4.01	12.03	3.00	8.00	4.01

(Continua.....)



MANUEL A. DE CESPEDEIRAZO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA		
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad	Fecha	NOV - 2018

Especimen B

ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
8.40	8.16	1.06	4.04	12.19	3.02	8.11	4.08
8.80	8.30	1.03	4.07	12.37	3.04	8.22	4.15
9.20	8.43	1.00	4.10	12.52	3.06	8.31	4.21
9.60	8.54	0.97	4.13	12.66	3.07	8.39	4.27
10.00	8.65	0.95	4.15	12.80	3.09	8.47	4.33
10.40	8.74	0.92	4.18	12.92	3.09	8.55	4.37
10.80	8.85	0.90	4.20	13.05	3.11	8.63	4.42
11.20	8.94	0.87	4.23	13.17	3.12	8.70	4.47
11.60	9.04	0.85	4.25	13.29	3.13	8.77	4.52
12.00	9.16	0.83	4.27	13.43	3.14	8.85	4.58
12.40	9.26	0.79	4.31	13.57	3.15	8.94	4.63
12.80	9.36	0.77	4.33	13.69	3.16	9.01	4.68
13.20	9.46	0.75	4.35	13.82	3.17	9.08	4.73
13.60	9.54	0.72	4.37	13.92	3.18	9.15	4.77
14.00	9.63	0.70	4.39	14.02	3.19	9.21	4.82
14.40	9.72	0.69	4.41	14.13	3.20	9.27	4.86
14.80	9.77	0.67	4.43	14.20	3.20	9.31	4.88
15.20	9.83	0.65	4.45	14.27	3.21	9.36	4.91
15.60	9.90	0.63	4.47	14.36	3.22	9.41	4.95
16.00	9.94	0.62	4.48	14.42	3.22	9.45	4.97
16.40	10.01	0.60	4.49	14.51	3.23	9.50	5.01
16.80	10.09	0.59	4.51	14.61	3.24	9.56	5.05
17.20	10.16	0.57	4.53	14.69	3.24	9.61	5.08
17.60	10.22	0.56	4.54	14.76	3.25	9.65	5.11
18.00	10.28	0.54	4.56	14.84	3.26	9.70	5.14
18.50	10.36	0.52	4.58	14.94	3.26	9.76	5.18
19.00	10.44	0.50	4.60	15.04	3.27	9.82	5.22
19.50	10.51	0.48	4.61	15.13	3.28	9.87	5.26
20.00	10.56	0.48	4.62	15.18	3.28	9.90	5.28



MANUEL A. OLCESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad		

Especimen C

ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	8.00	8.00	1.00	8.00	0.00
0.10	1.48	0.45	7.70	9.18	1.19	8.44	0.74
0.20	2.25	0.79	7.37	9.62	1.31	8.49	1.12
0.30	2.85	1.04	7.11	9.96	1.40	8.54	1.42
0.40	3.34	1.25	6.90	10.24	1.48	8.57	1.67
0.50	3.78	1.43	6.73	10.51	1.56	8.62	1.89
0.60	4.17	1.57	6.59	10.75	1.63	8.67	2.08
0.80	4.87	1.78	6.38	11.25	1.76	8.82	2.44
1.00	5.46	1.91	6.25	11.71	1.87	8.98	2.73
1.20	5.98	2.00	6.16	12.13	1.97	9.15	2.99
1.40	6.46	2.05	6.11	12.57	2.06	9.34	3.23
1.60	6.90	2.08	6.08	12.98	2.14	9.53	3.45
1.80	7.29	2.09	6.07	13.36	2.20	9.71	3.64
2.00	7.65	2.09	6.07	13.72	2.26	9.89	3.83
2.40	8.29	2.07	6.09	14.38	2.36	10.23	4.15
2.80	8.84	2.03	6.12	14.97	2.44	10.55	4.42
3.20	9.32	1.99	6.17	15.49	2.51	10.83	4.66
3.60	9.74	1.95	6.21	15.95	2.57	11.08	4.87
4.00	10.12	1.90	6.26	16.37	2.62	11.31	5.06
4.40	10.47	1.86	6.30	16.77	2.66	11.53	5.24
4.80	10.78	1.81	6.35	17.13	2.70	11.74	5.39
5.20	11.07	1.76	6.39	17.46	2.73	11.93	5.53
5.60	11.36	1.72	6.44	17.79	2.76	12.12	5.68
6.00	11.62	1.68	6.48	18.10	2.79	12.29	5.81
6.40	11.88	1.63	6.52	18.40	2.82	12.46	5.94
6.80	12.12	1.59	6.57	18.69	2.85	12.63	6.06
7.20	12.38	1.56	6.60	18.98	2.88	12.79	6.19
7.60	12.60	1.51	6.64	19.25	2.90	12.94	6.30
8.00	12.82	1.48	6.68	19.50	2.92	13.09	6.41

(Continua.....)

MANUEL A. DI CESE FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad		

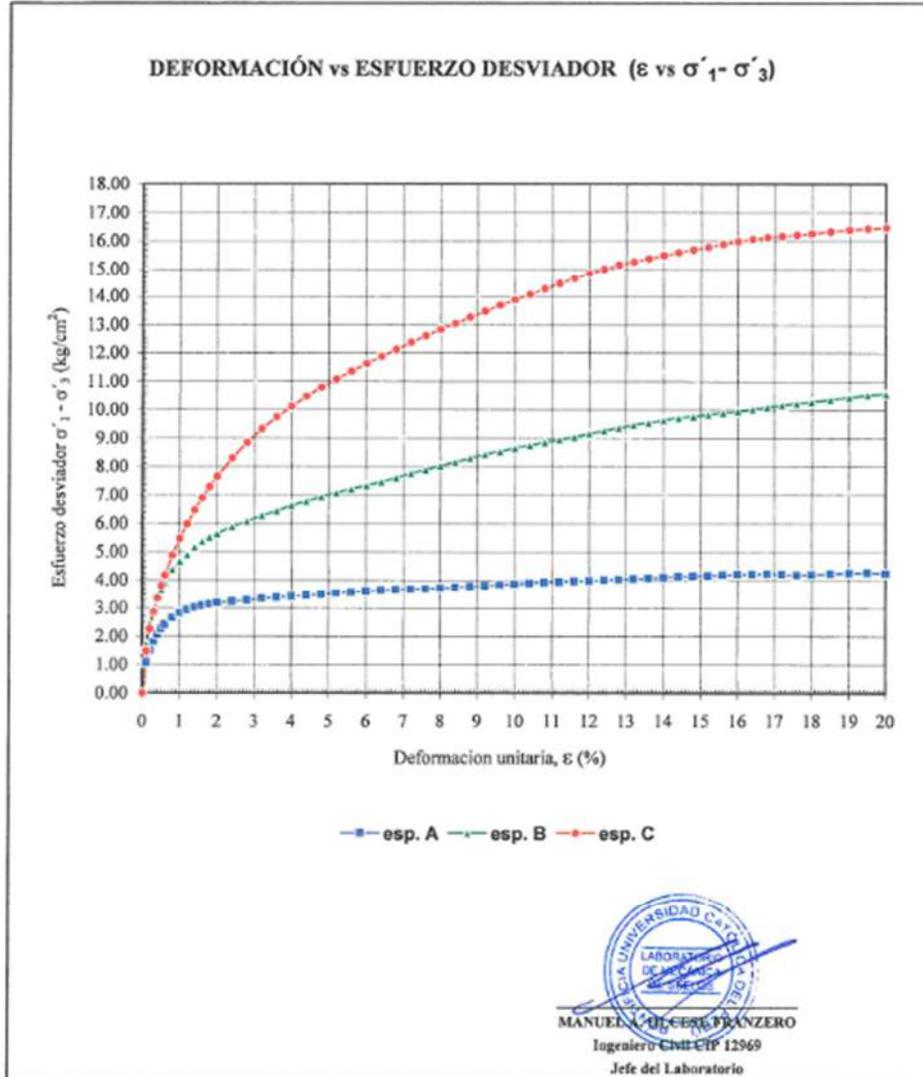
Especimen C

ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	u kg/cm ²	σ'_3 kg/cm ²	σ'_1 kg/cm ²	σ'_1/σ'_3	p' kg/cm ²	q kg/cm ²
8.40	13.04	1.44	6.71	19.75	2.94	13.23	6.52
8.80	13.26	1.41	6.75	20.01	2.97	13.38	6.63
9.20	13.47	1.38	6.78	20.25	2.99	13.52	6.74
9.60	13.69	1.35	6.81	20.50	3.01	13.66	6.84
10.00	13.87	1.32	6.84	20.71	3.03	13.78	6.94
10.40	14.07	1.29	6.87	20.94	3.05	13.91	7.03
10.80	14.26	1.26	6.90	21.16	3.07	14.03	7.13
11.20	14.45	1.23	6.92	21.38	3.09	14.15	7.23
11.60	14.64	1.21	6.95	21.59	3.11	14.27	7.32
12.00	14.83	1.18	6.98	21.80	3.13	14.39	7.41
12.40	15.00	1.16	7.00	22.00	3.14	14.50	7.50
12.80	15.15	1.13	7.02	22.17	3.16	14.60	7.57
13.20	15.26	1.11	7.05	22.30	3.17	14.68	7.63
13.60	15.37	1.09	7.07	22.44	3.17	14.76	7.69
14.00	15.48	1.07	7.09	22.57	3.18	14.83	7.74
14.40	15.58	1.05	7.11	22.69	3.19	14.90	7.79
14.80	15.68	1.03	7.13	22.81	3.20	14.97	7.84
15.20	15.78	1.01	7.15	22.93	3.21	15.04	7.89
15.60	15.89	0.99	7.17	23.06	3.22	15.11	7.94
16.00	15.98	0.97	7.19	23.16	3.22	15.18	7.99
16.40	16.06	0.95	7.20	23.26	3.23	15.23	8.03
16.80	16.12	0.94	7.22	23.34	3.23	15.28	8.06
17.20	16.16	0.92	7.24	23.40	3.23	15.32	8.08
17.60	16.20	0.91	7.25	23.45	3.24	15.35	8.10
18.00	16.26	0.89	7.27	23.52	3.24	15.39	8.13
18.50	16.33	0.87	7.28	23.61	3.24	15.45	8.16
19.00	16.39	0.85	7.30	23.69	3.24	15.50	8.19
19.50	16.43	0.84	7.32	23.74	3.24	15.53	8.21
20.00	16.46	0.83	7.33	23.79	3.24	15.56	8.23


 MANUEL ORDOÑEZ FRANZOSO
 Ingeniero Civil CP 12969
 Jefe del Laboratorio

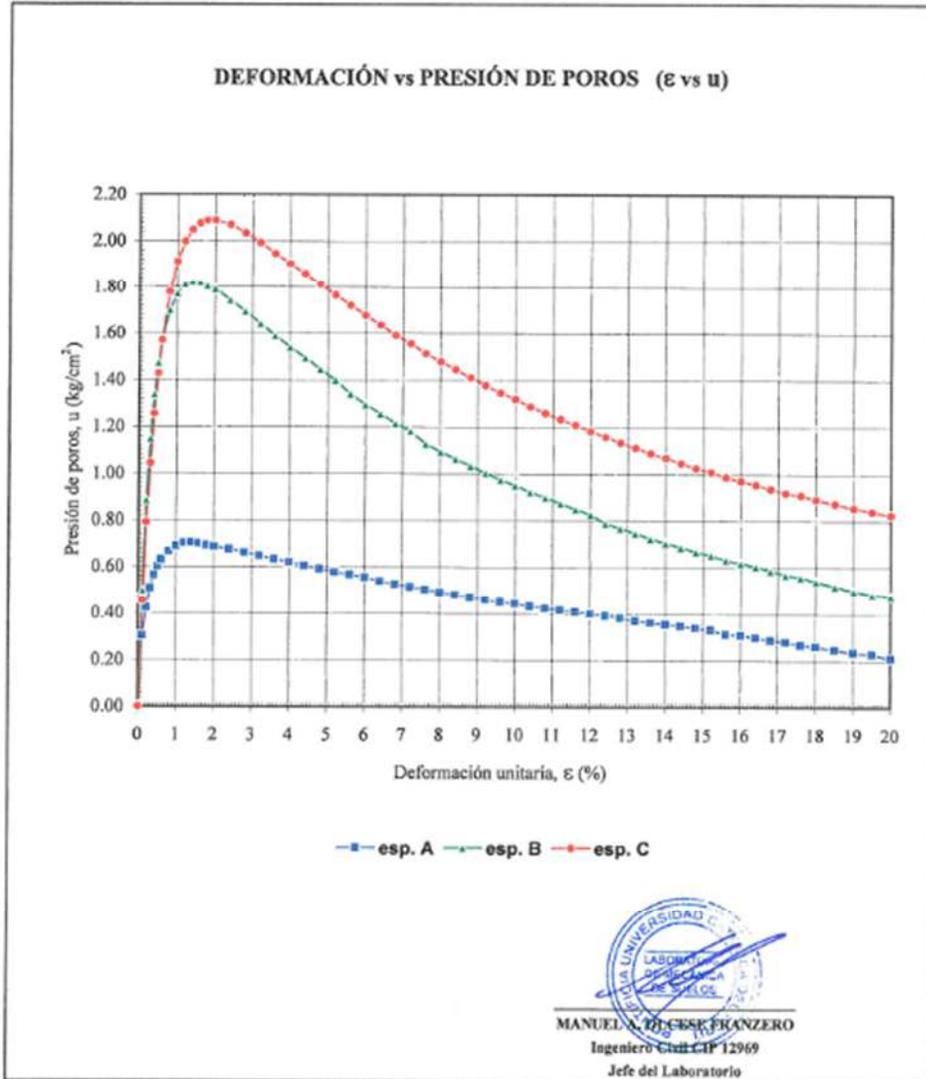
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad		



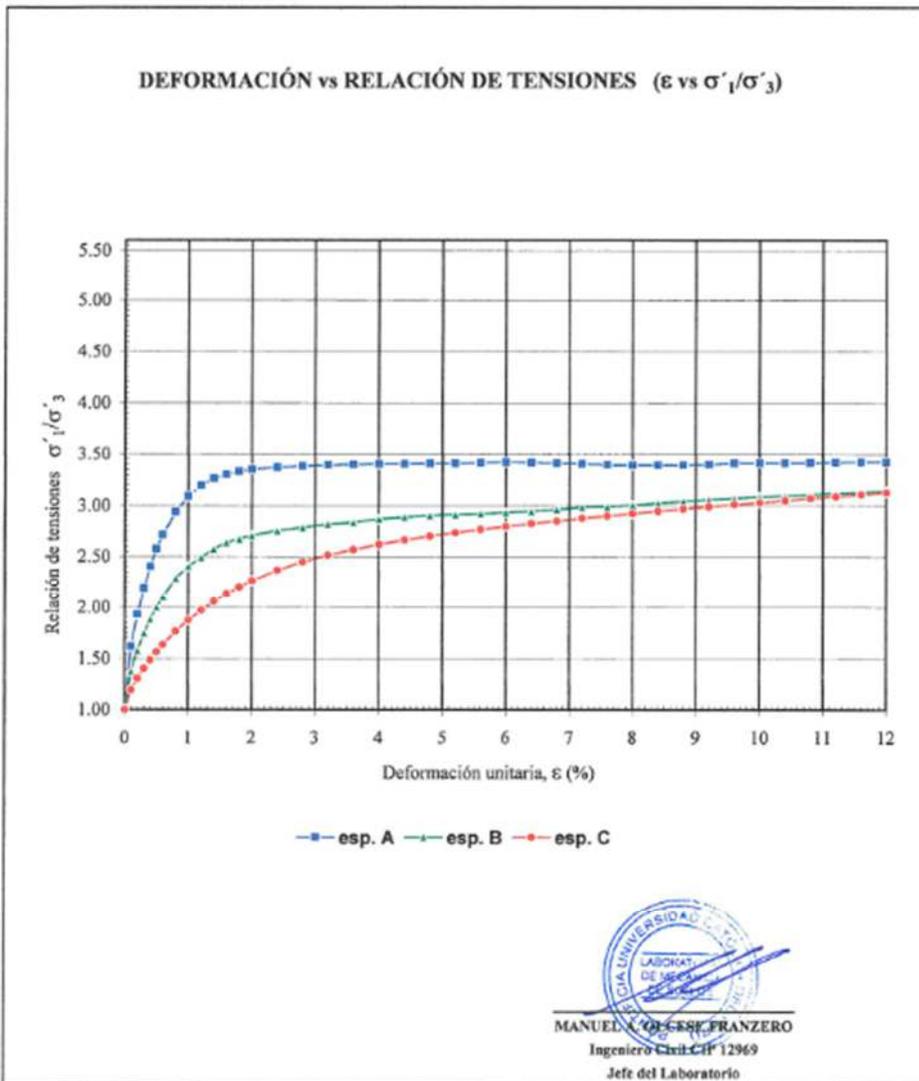
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad		



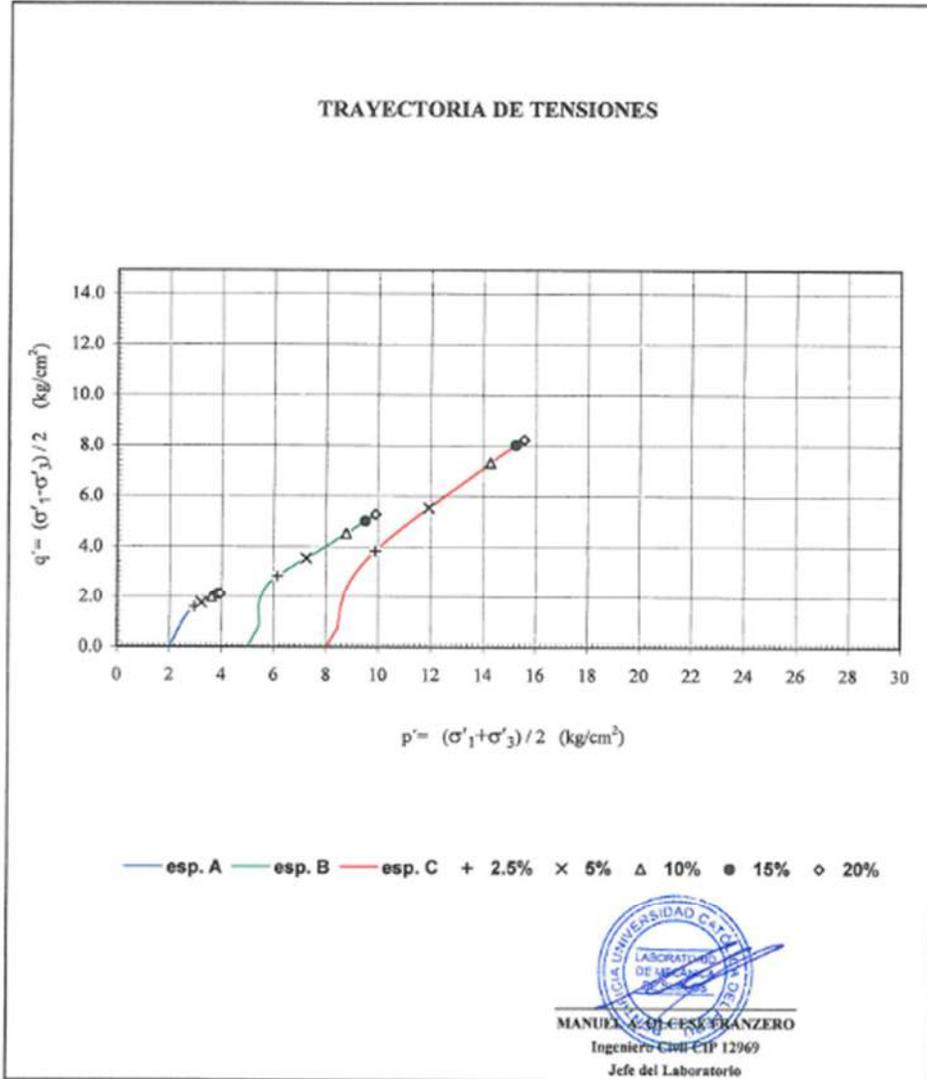
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad		



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

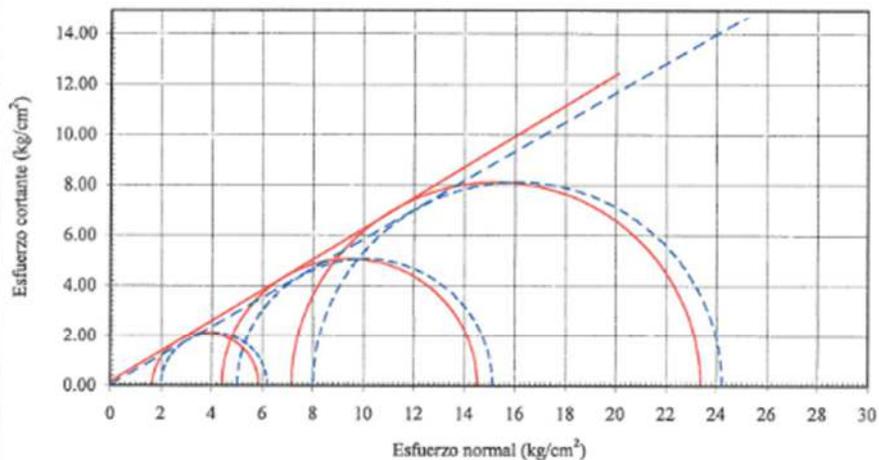
Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad		



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA - YANAQUIHUA		
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad	Fecha	NOV - 2018

ENVOLVENTE DE FALLA - RELACIÓN DE TENSIONES MÁXIMA



--- σ_1/σ_3 — σ'_1/σ'_3

$c = 0.04 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 30^\circ$

$c' = 0.15 \text{ kg/cm}^2$ $\phi' = 31^\circ$

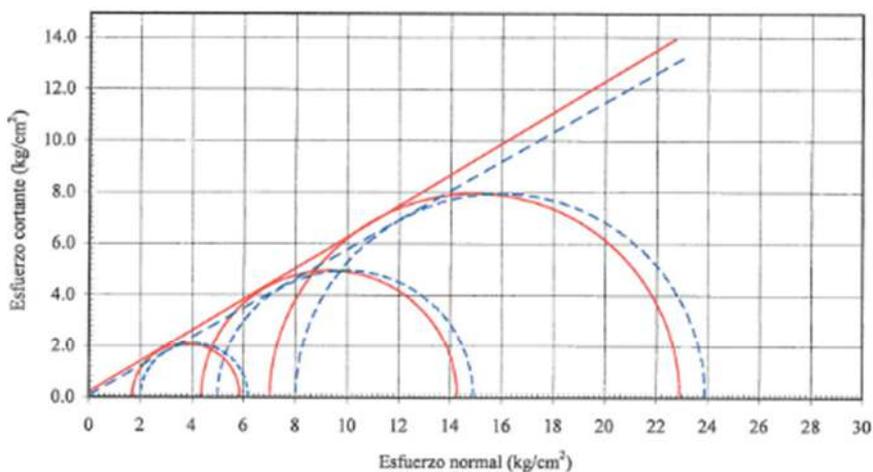


MANUEL JOSÉ FRANZERO
Ingeniero Civil-CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad		

ENVOLVENTE DE FALLA - ESFUERZO DESVIADOR MÁXIMO



--- $\sigma_1 - \sigma_3$ — $\sigma'_1 - \sigma'_3$

$c = 0.05 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 30^\circ$

$c' = 0.20 \text{ kg/cm}^2$ $\phi' = 31^\circ$



MANUEL A. DOLCETTI FRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NTP 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	ORDOÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO	Expediente	277
Proyecto	ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA - YANAQUIHUA	Fecha	NOV - 2018
Muestra	RELAVE INTEGRAL DESCARGA Profundidad		

FOTOS



Especimen A



Especimen B

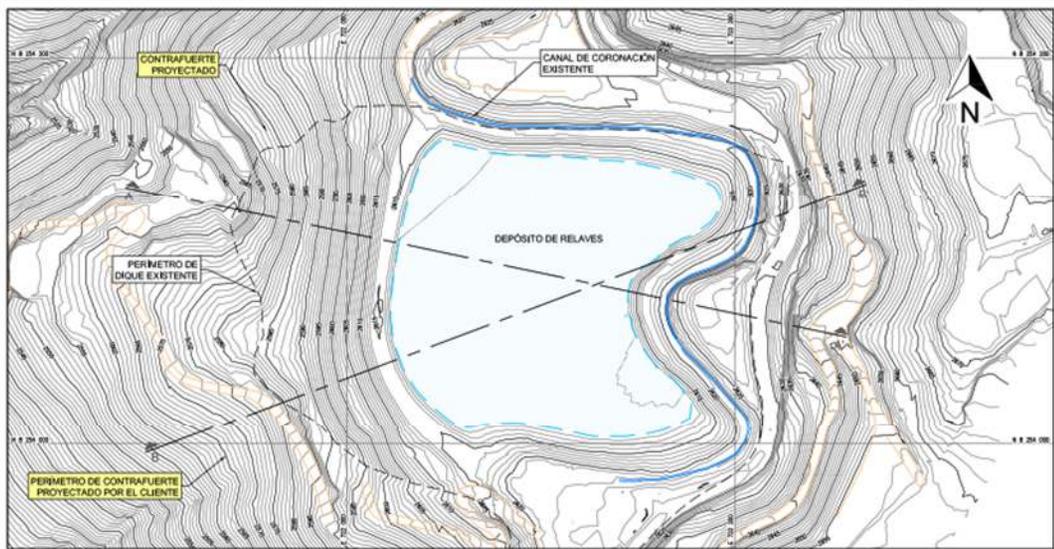


Especimen C

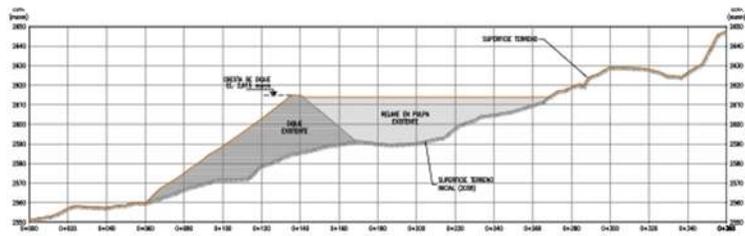


MANUEL A. OLCESSE BRANZERO
Ingeniero Civil CIP 12969
Jefe del Laboratorio

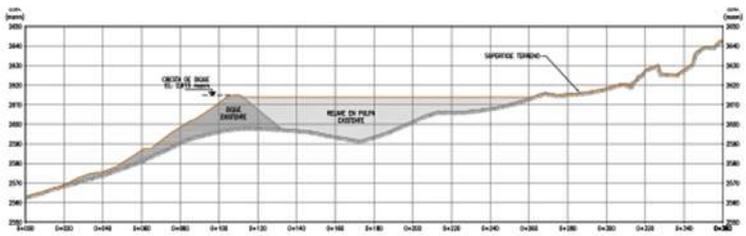
PLANOS AUTOCAD CIVIL 3D



PLANTA
DISEÑO 13.008



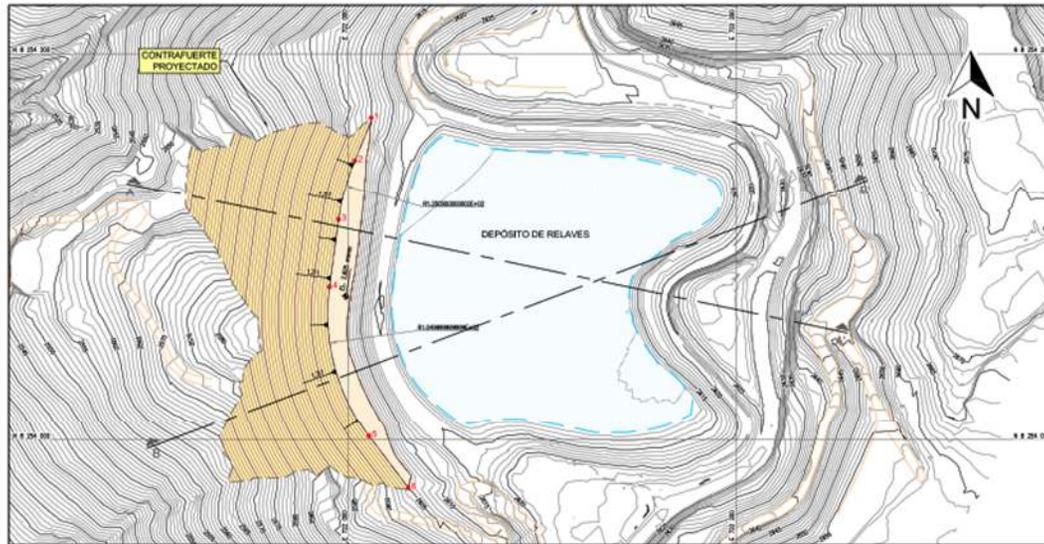
SECCIÓN TÍPICA A - A'
DISEÑO 13.008



SECCIÓN TÍPICA B - B'
DISEÑO 13.008

MEMOR. 0001:
1. TODA LA TOPOGRAFÍA DEL PROYECTO ESTÁ REFERENCIADA AL SISTEMA DE COORDENADAS UTM DATUM WGS 84.

	PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELANIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE
	PREPAREDADO POR: ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO
	PARTE: PRIMER CASO - ESTADO INICIAL PLANTA - SECCIÓN
	ESCALA: 1 : 750 N.º DISEÑO: 1335-01 PLANO N.º: 01-03 REVISIÓN: 0



PLANTA
ESC. 1:200

LEYENDA

- 0.30 m — DIAPA DE HUEL PRIMARIA, OCA 1 m
- 0.30 m — DIAPA DE HUEL SECUNDARIA, OCA 1 m
- 0.30 m — DIAPA DE HUEL PRIMARIA, OCA 1 m (PROYECTADO)
- 0.30 m — DIAPA DE HUEL SECUNDARIA, OCA 1 m (PROYECTADO)
- — SECCIÓN TRANSVERSA TÍPICA

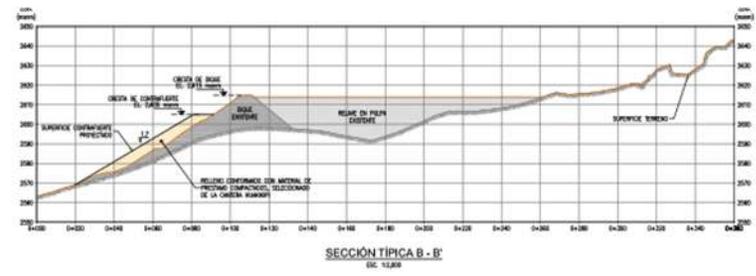
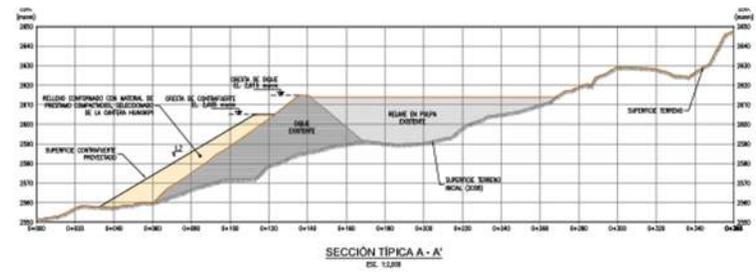


CUADRO DE METRADOS DEL CONTRAFUERTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METROS
VOLUMEN DE RELLENO EN CONTRAFUERTE - CON LADR. ARM. (m³)	m³	15200.00

TABLA DE REPLANTEO

PUNTO	EESTE [m]	NORTE [m]	COTA [metros]
1	722011.68	8254107.31	3055.00
2	722003.33	8254145.33	3055.00
3	721994.81	8254114.17	3055.00
4	721986.15	8254079.53	3055.00
5	722011.68	8254033.25	3055.00
6	722028.88	8253975.28	3055.00



- MEMO DE DISEÑO:**
1. TODA LA TERNAMINA DEL PROYECTO DEBE REFERENCIARLA AL SISTEMA DE COORDENADAS UTM DATUM WGS 84.
 2. EL RELLENO DEL CONTRAFUERTE ESTARÁ COMPUESTO POR MATERIAL DE PRIMERA CATEGORÍA, A SER CONFORMADO EN CAPAS HORIZONTALES DE 300 mm DE ESPESOR MÁXIMO Y COMPACTADA HASTA ALCANZAR DENSIDAD MÁXIMA DE 2.3 g/cm³, MÍNIMA.
 3. TODOS LOS ACTUOS EN EL PLANO ESTÁN EN METROS, SALVO SE PRECISE OTRA UNIDAD.

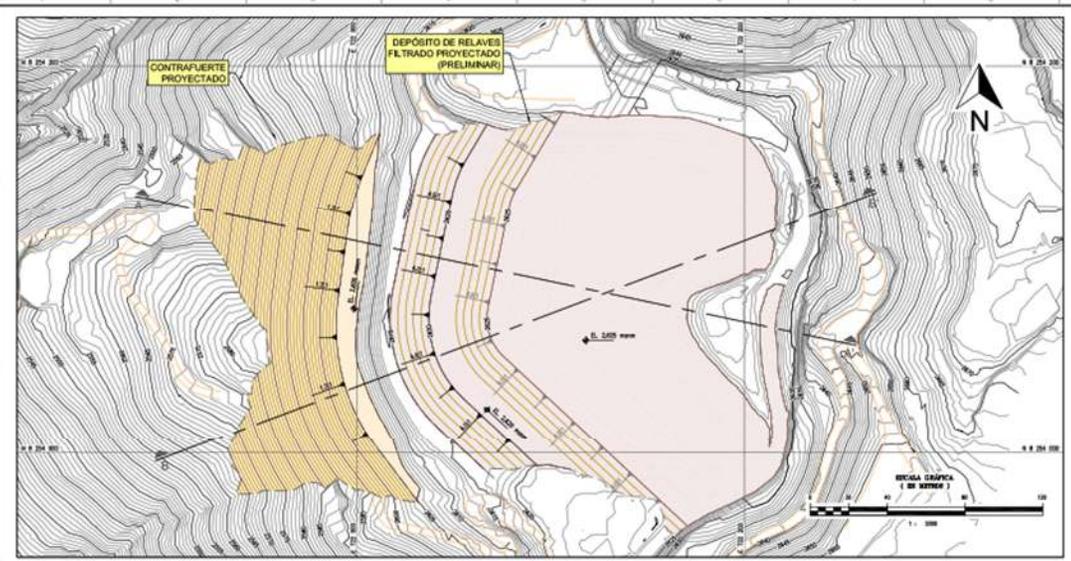
PROYECTO:
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELLAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE

PREPAREDADO POR:
DROGÓREZ MEZA KENNETH ROMARIO

PLANO:
SEGUNDO CASO - CONTRAFUERTE
PLANTA - SECCIÓN

UPLA

ESCALA: 1 : 750 Nº ARCHIVOS: 0036-01 PLANS Nº: 02-03 REVISIÓN: 0



LEYENDA

- CURVA DE NIVEL PRINCIPAL, COTA 1 m
- CURVA DE NIVEL SECUNDARIA, COTA 1 m
- CURVA DE NIVEL PRINCIPAL, COTA 1 m (PROYECTADO)
- CURVA DE NIVEL SECUNDARIA, COTA 1 m (PROYECTADO)
- SECCION TRANSVERSAL SUELO

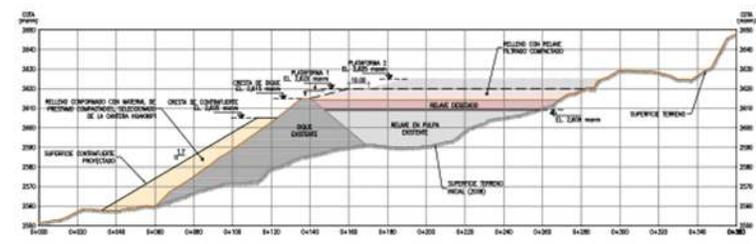
CUADRO DE METRADOS DEL CONTRAFUERTE

DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES
VOLUMEN DE RELLENO DE CONTRAFUERTE - COTA 1.00 m	m ³	70,200.00

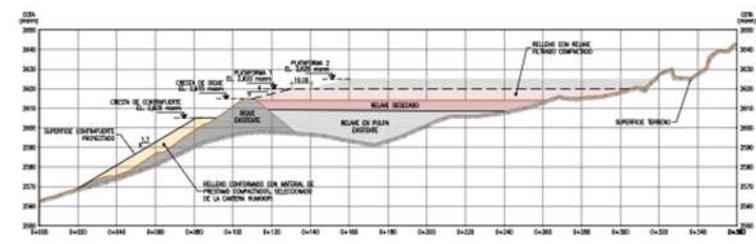
CUADRO DE METRADOS DEL DEPÓSITO DE RELAVES FILTRADO

DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES
VOLUMEN DE RELLENO DE RELAVE FILTRADO - COTA 1.00 m	m ³	117,000.00
VOLUMEN DE RELLENO DE RELAVE FILTRADO - COTA 1.00 m	m ³	117,000.00
VOLUMEN TOTAL	m ³	234,000.00

PLANTA
ECL. 13.00



SECCIÓN TÍPICA A - A'
ECL. 13.00



SECCIÓN TÍPICA B - B'
ECL. 13.00

- NOTAS DE DISEÑO**
1. TOMA LA TOPOGRAFIA DEL PROYECTO EN SU REPRESENTACION AL SISTEMA DE COORDENADAS UTM DATUM WGS 84.
 2. EL RELLENO DEL CONTRAFUERTE SERA COMPACTADO POR METODOS DE PRODUCCION A SER DETERMINADOS EN OBRAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR SUJETO Y COMPACTADO HASTA ALCANZAR DENSIDAD MINIMA DE 2.0 g/cm³, MENOS ALCANZAR EL 95% DEL PECTOR INDICADO, DE ACUERDO A LA GEOMETRIA QUE SE HAGA EN EL PRESENTE PLANO.
 3. EL RELLENO DEL RELAVE SERA OBRAS COMPACTADO DE DENSIDAD A LA DENSIDAD SECA MINIMA DE 1.8 g/cm³ Y 95% HASTA EL PRESENTE PLANO A SER (A)-2.
 4. TODOS LOS ACCESOS EN EL PLANO DEBEN EN METROS, SALVO DE PRECISE OTRO UNIDAD.



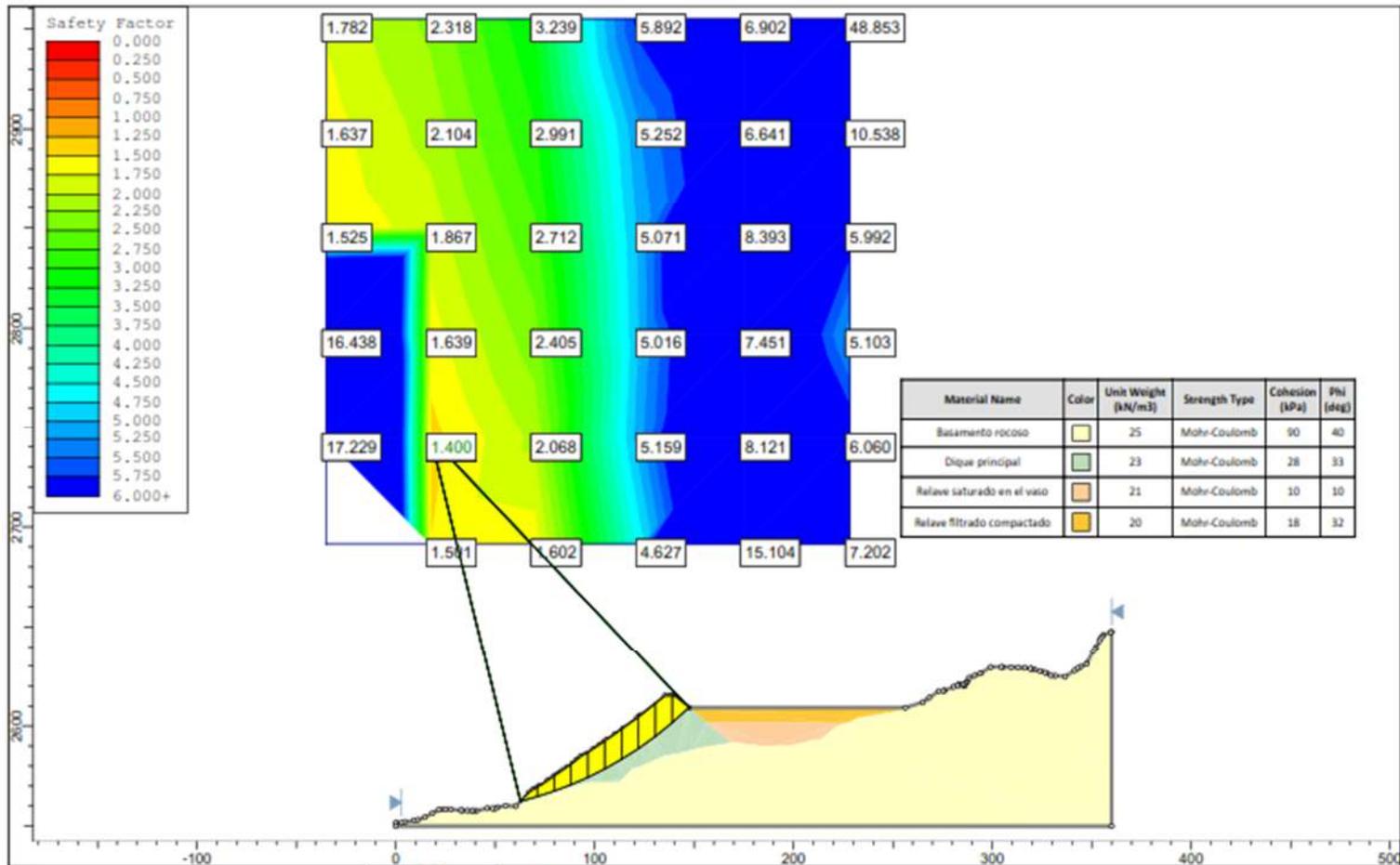
PROYECTO:
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE

PREPARADO POR:
ORDÓÑEZ MEZA KENNETH ROMARIO

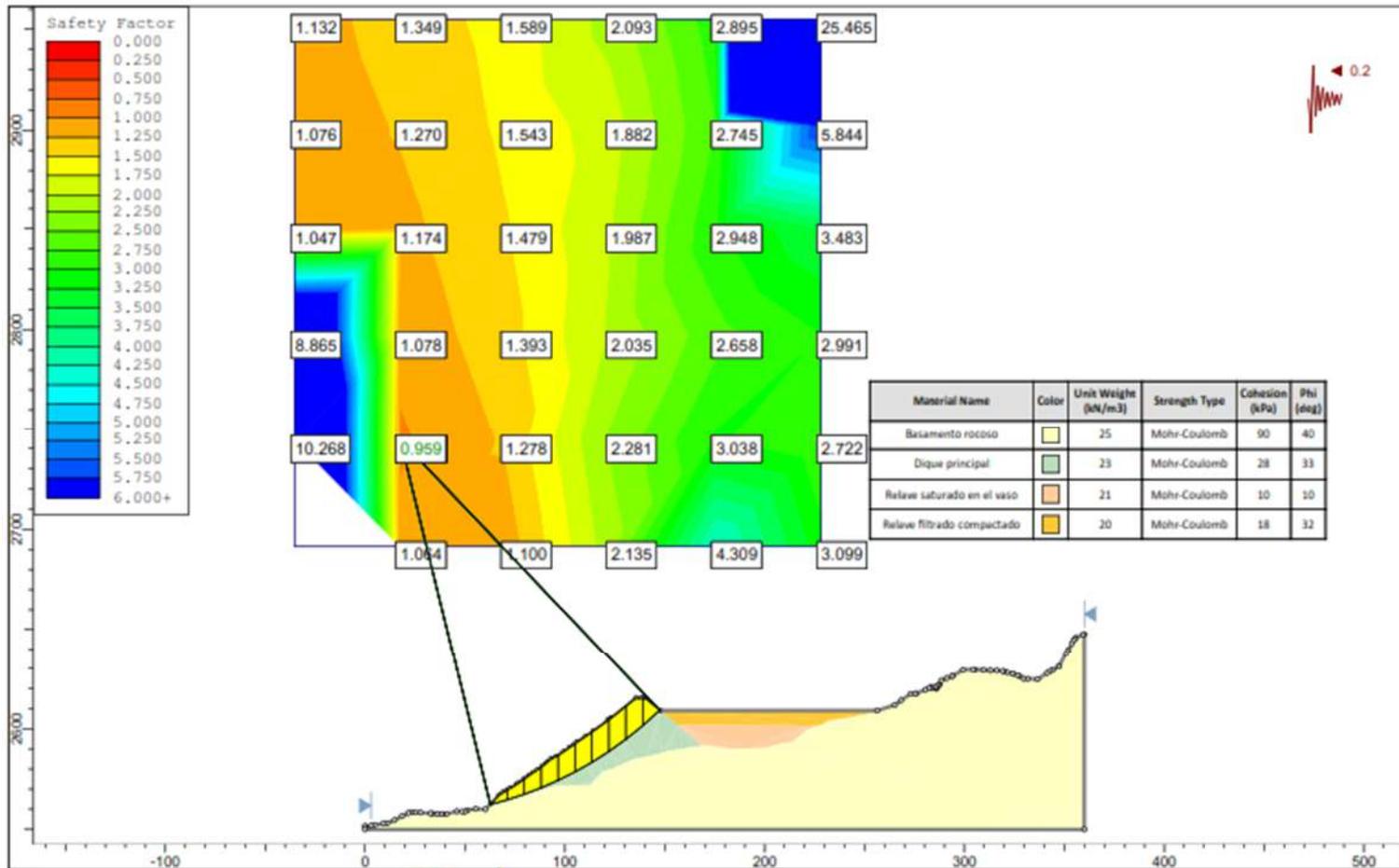
PLANO:
TERCER CASO - CONTRAFUERTE Y RELLENO FILTRADO
PLANTA - SECCION

ESCALA 1 : 750	Nº PROYECTO TES-01	PLANO Nº 03-03	PROYECION 0
-------------------	-----------------------	-------------------	----------------

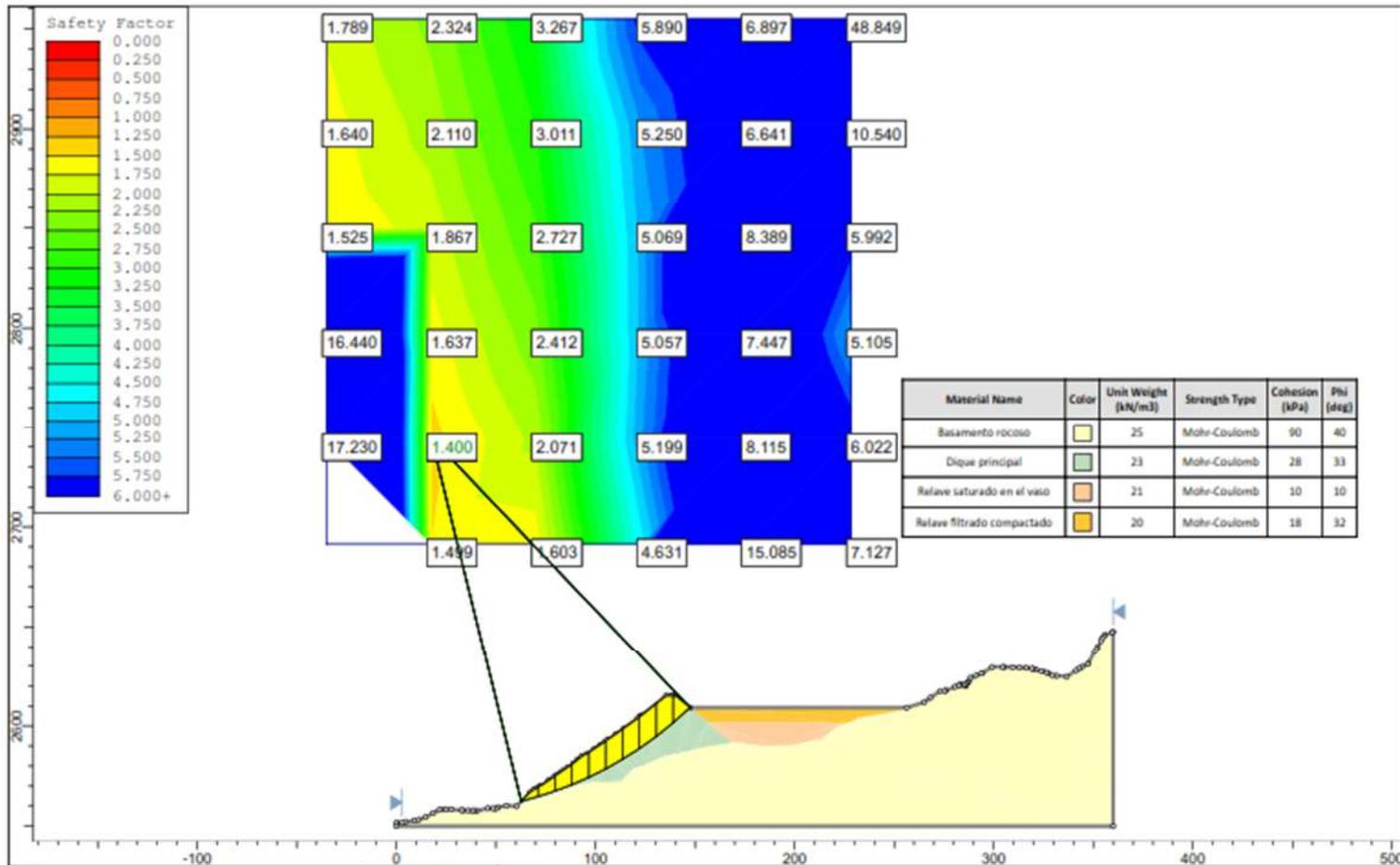
PLANOS SLIDE



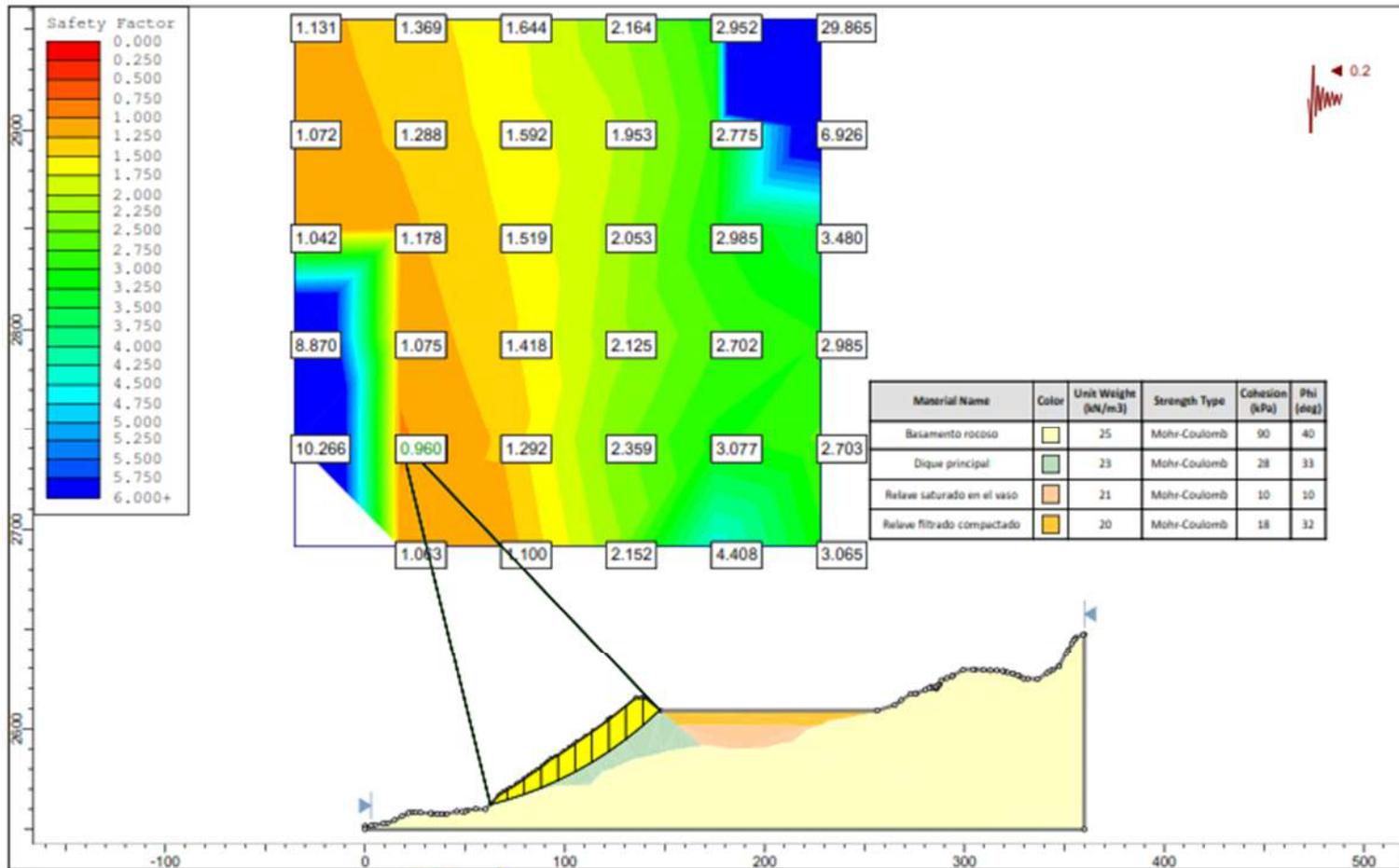
PROYECTO:			
"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"			
TIPO DE ESTADO:		ESTADO ESTÁTICO	
DEBIDADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	LUBICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	PRIMER CASO EST.slim



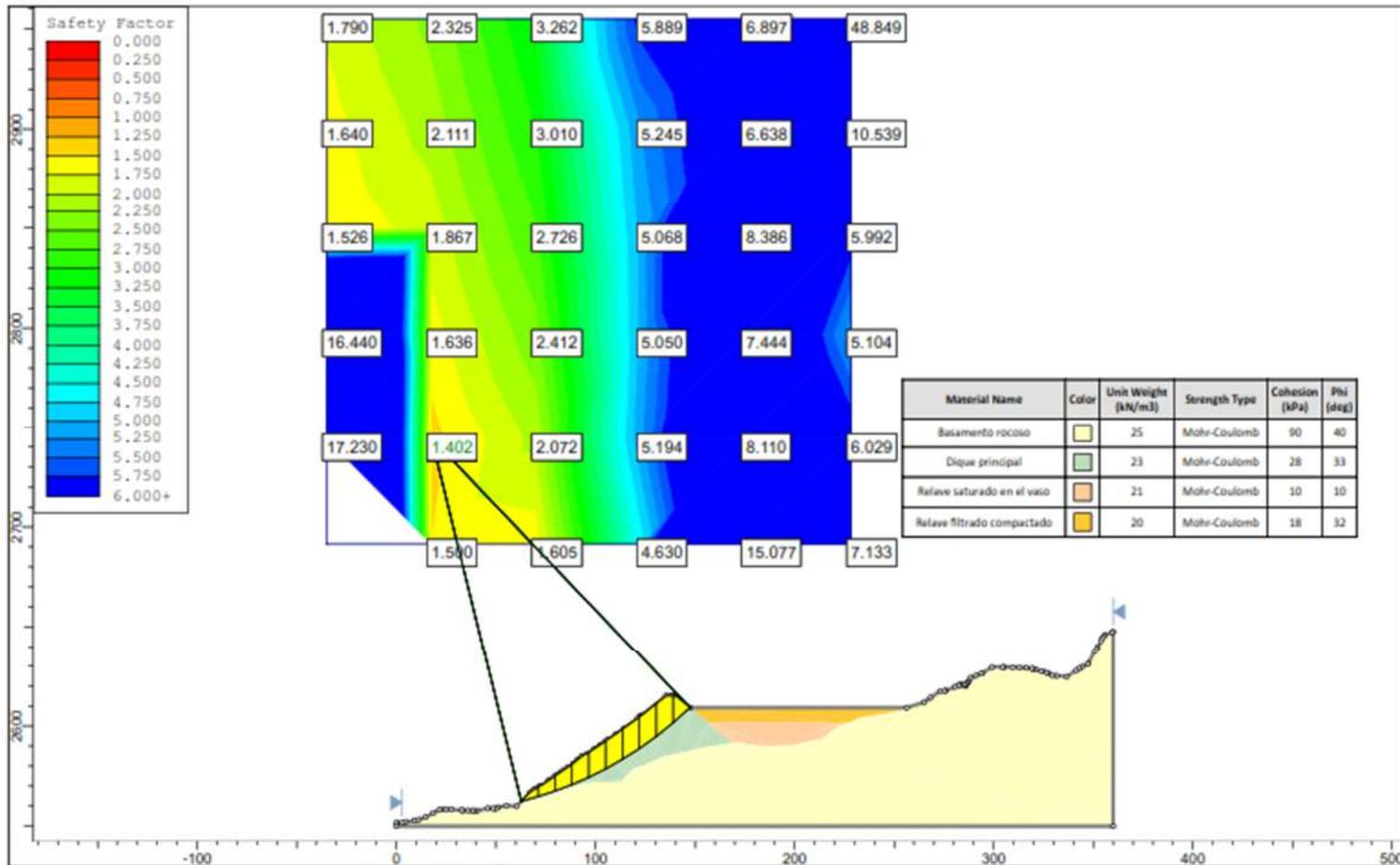
PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"		
TIPO DE ESTADO:	ESTADO PSEUDO ESTÁTICO		
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	LUBRICACIÓN:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	PRIMER CASO PSD.slim



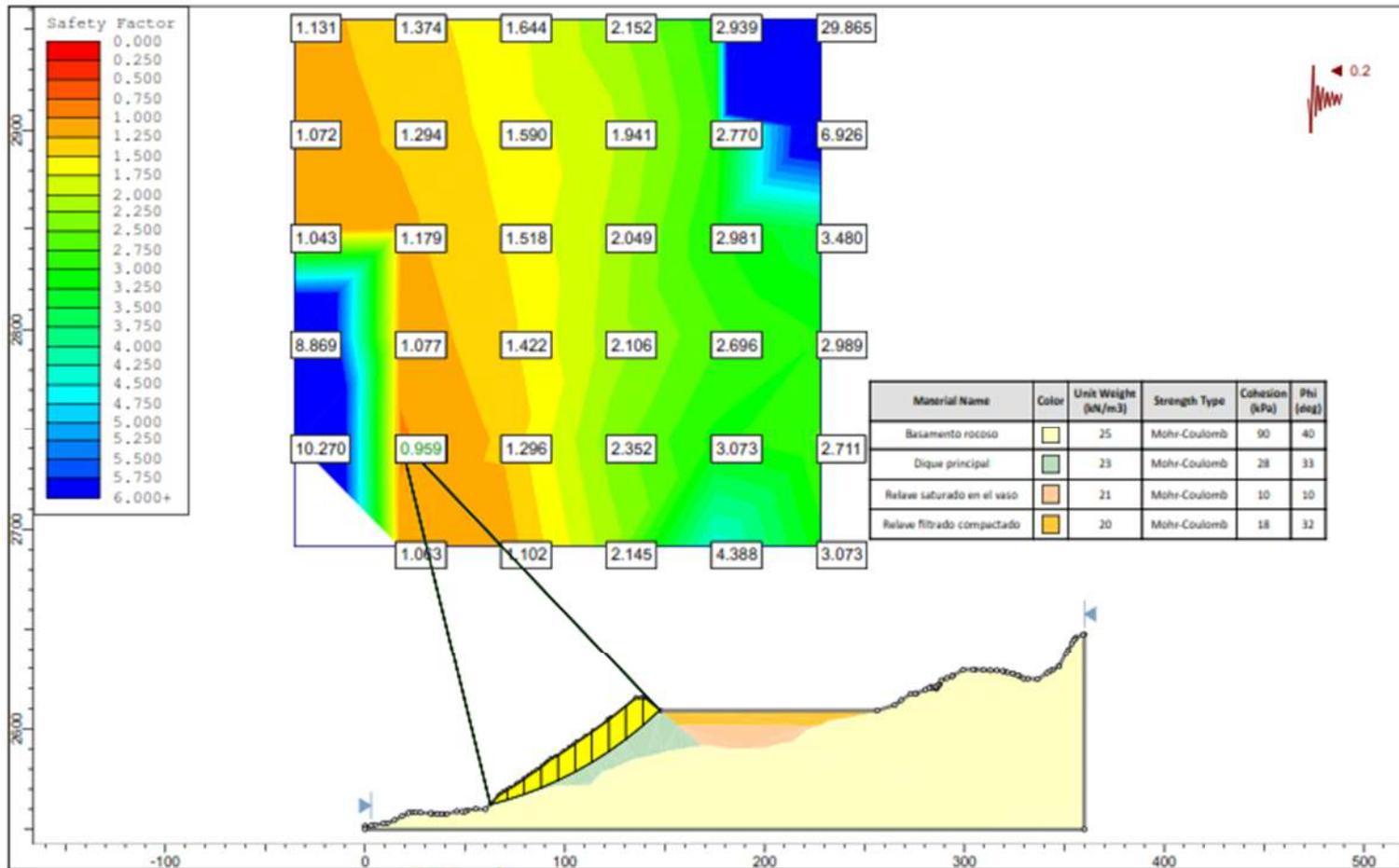
PROYECTO:			
"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"			
TIPO DE ESTADO:		ESTADO ESTÁTICO	
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:		14/07/2024	LUBICACION:
			AREQUIPA
			ESCENARIO:
			PRIMER CASO EST.slim



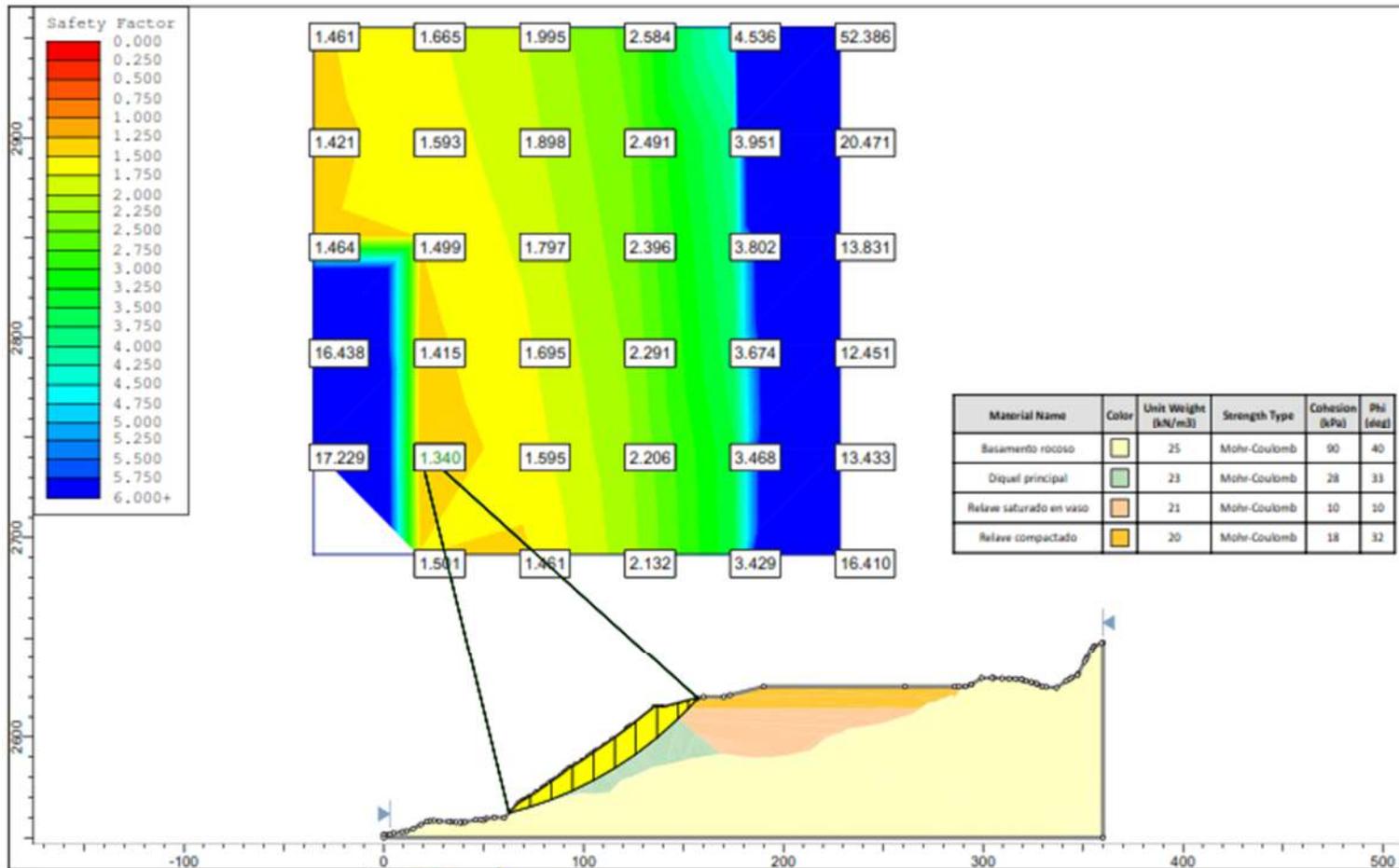
PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"			
TIPO DE ESTADO:		ESTADO PSEUDO ESTÁTICO	
DIBUJADO POR: Kenneth Romario Ordoñez Meza		ESCALA: 1:2600	UBICACIÓN: AREQUIPA
FECHA: 14/07/2024		ESCENARIO: PRIMER CASO PSD.slim	



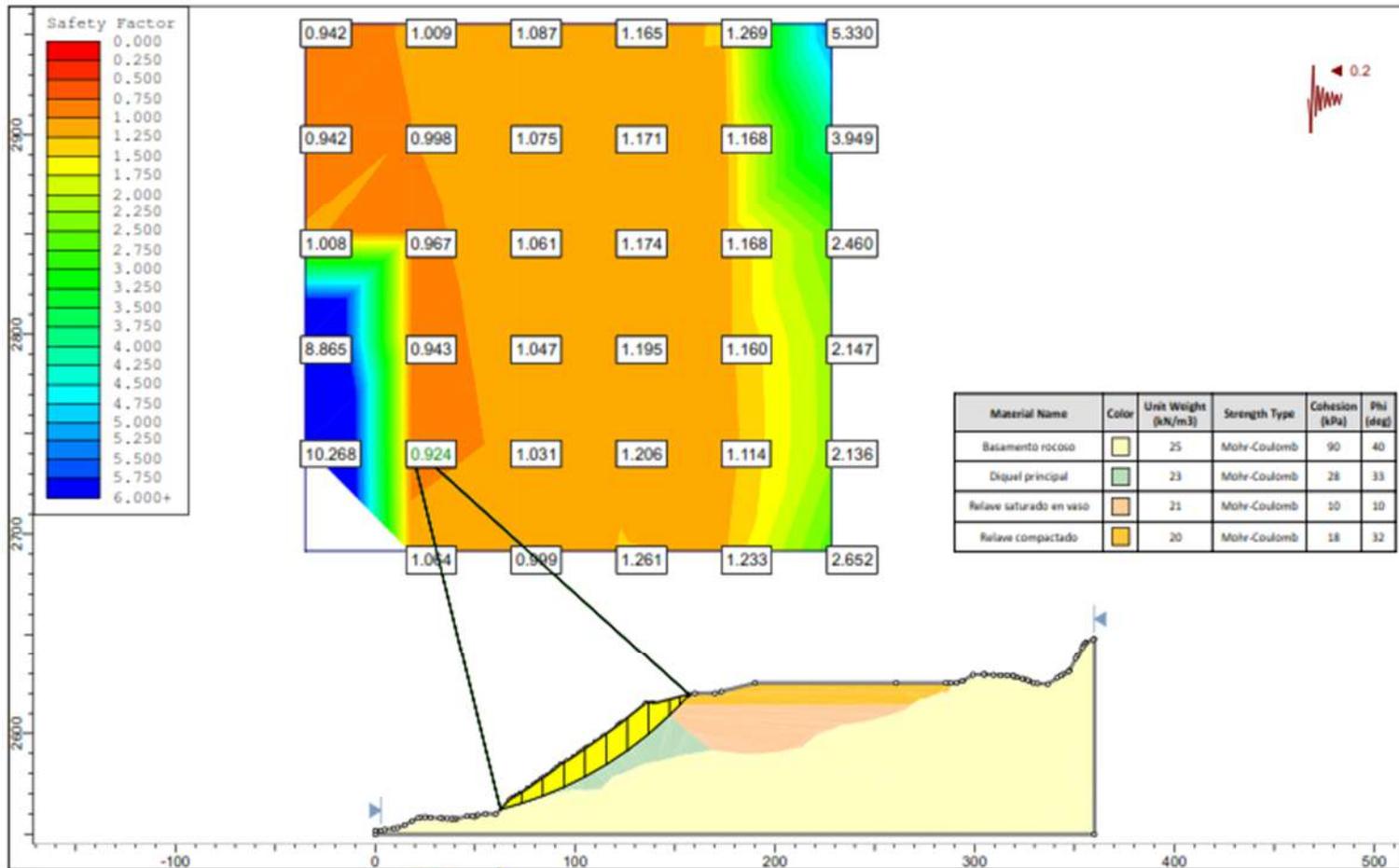
PROYECTO:			
"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"			
TIPO DE ESTADO:		ESTADO ESTÁTICO	
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:		14/07/2024	UBICACION:
			AREQUIPA
			ESCENARIO:
			PRIMER CASO EST.slim



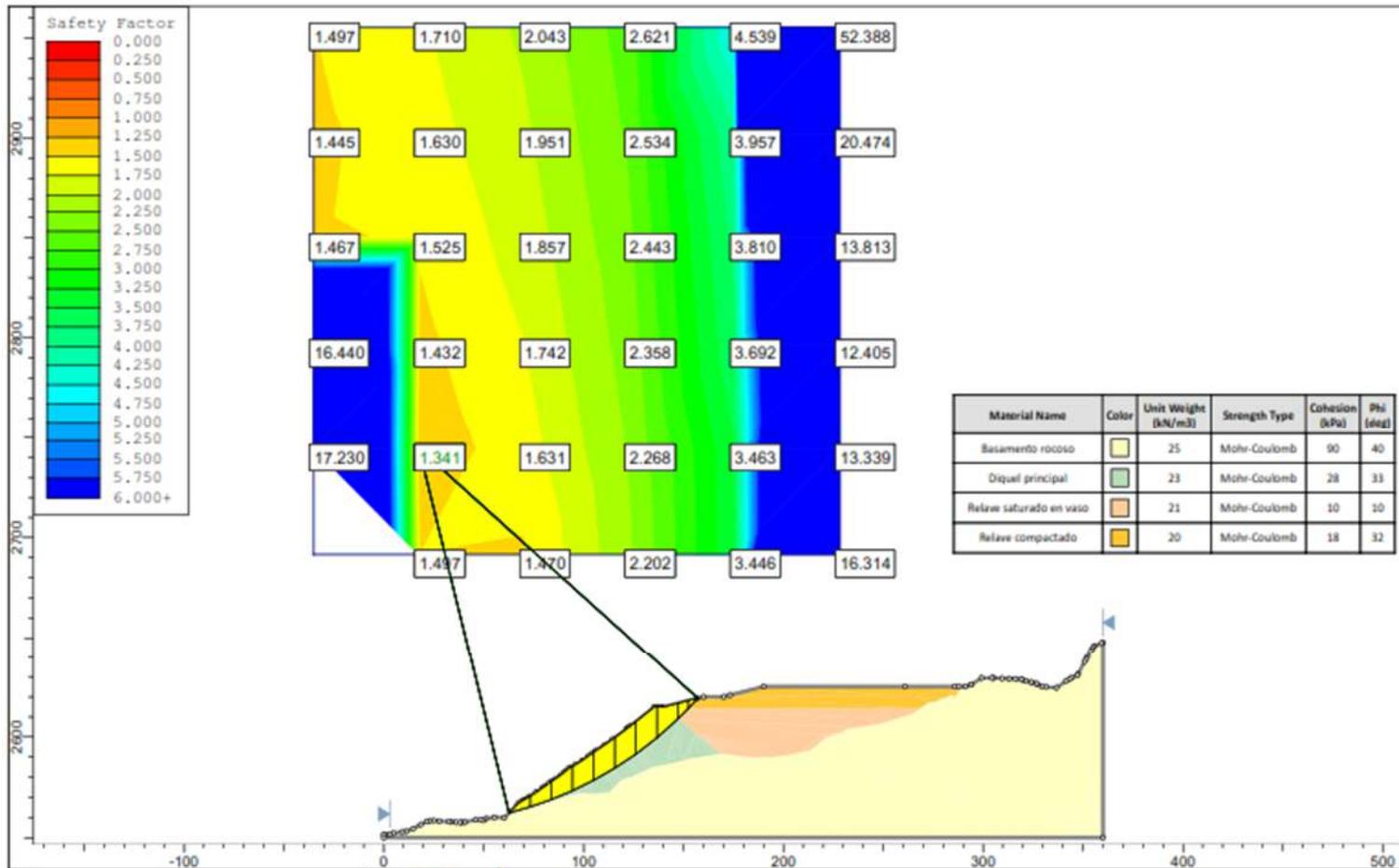
PROYECTO:			
"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"			
TIPO DE ESTADO:		ESTADO PSEUDO ESTÁTICO	
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:		14/07/2024	UBICACION:
			AREQUIPA
			ESCENARIO:
			PRIMER CASO PSD.slim



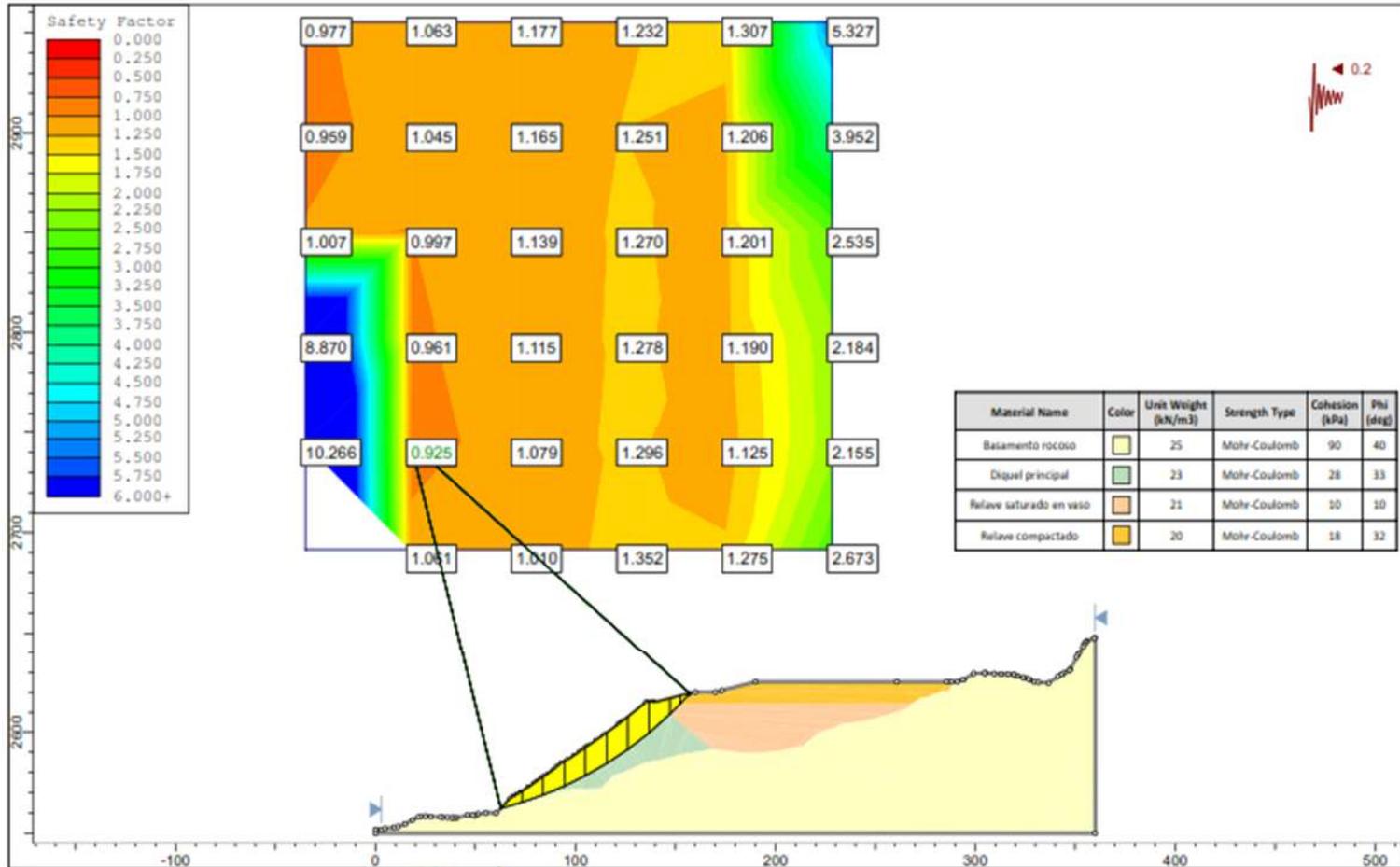
PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"			
TIPO DE ESTADO:		ESTADO ESTÁTICO	
DIBUJADO POR: Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA: 1:2600	UBICACION: AREQUIPA	
FECHA: 14/07/2024		ESCENARIO: SEGUNDO CASO EST.slim	



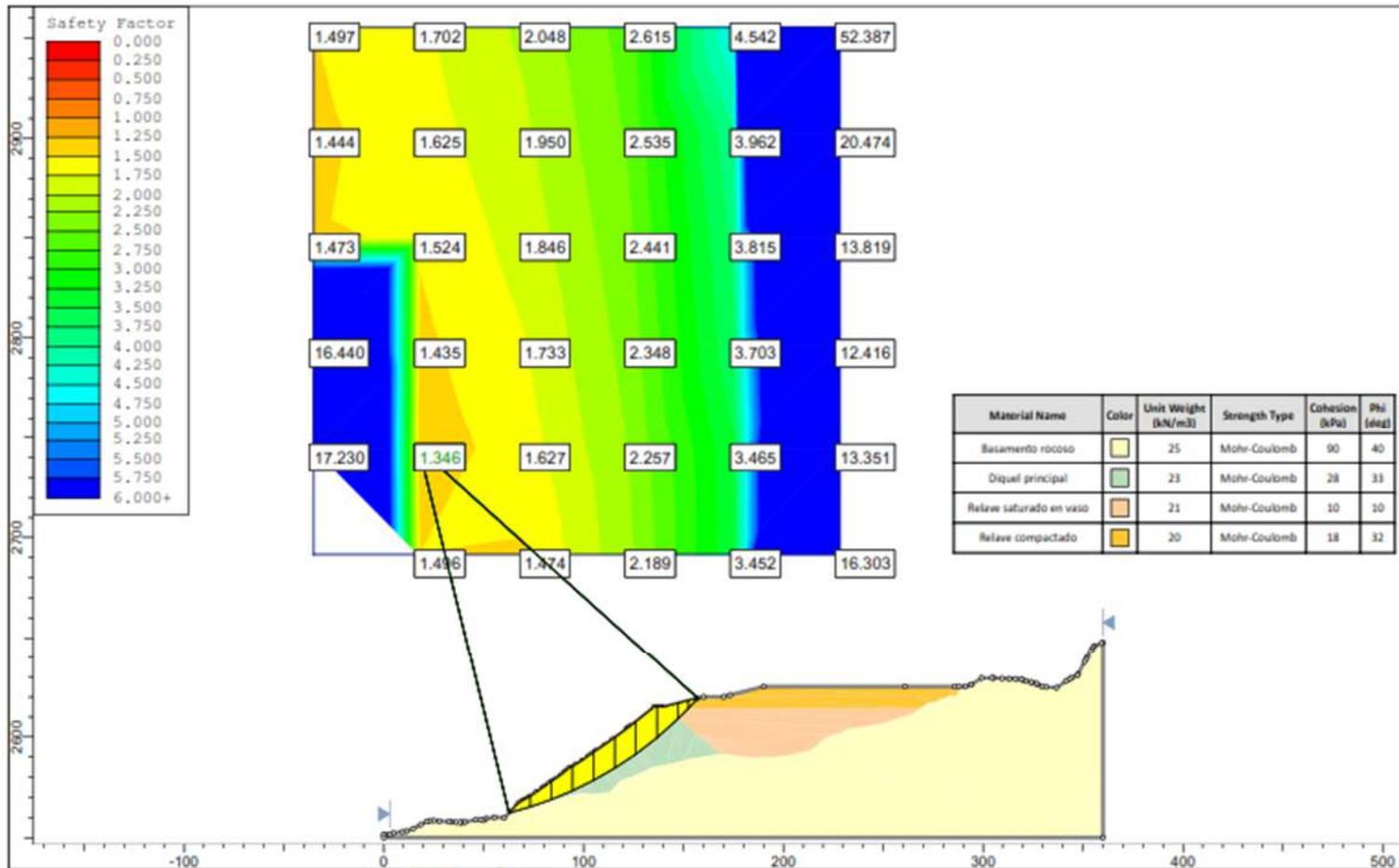
PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"		
TIPO DE ESTADO:	ESTADO PSEUDO ESTÁTICO		
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	SUBICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	SEGUNDO CASO PSD.slim



PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"		
TIPO DE ESTADO:	ESTADO ESTÁTICO		
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	UBICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	SEGUNDO CASO EST.slim



PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"		
TIPO DE ESTADO:	ESTADO PSEUDO ESTÁTICO		
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	LUBRICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	SEGUNDO CASO PSD.slim

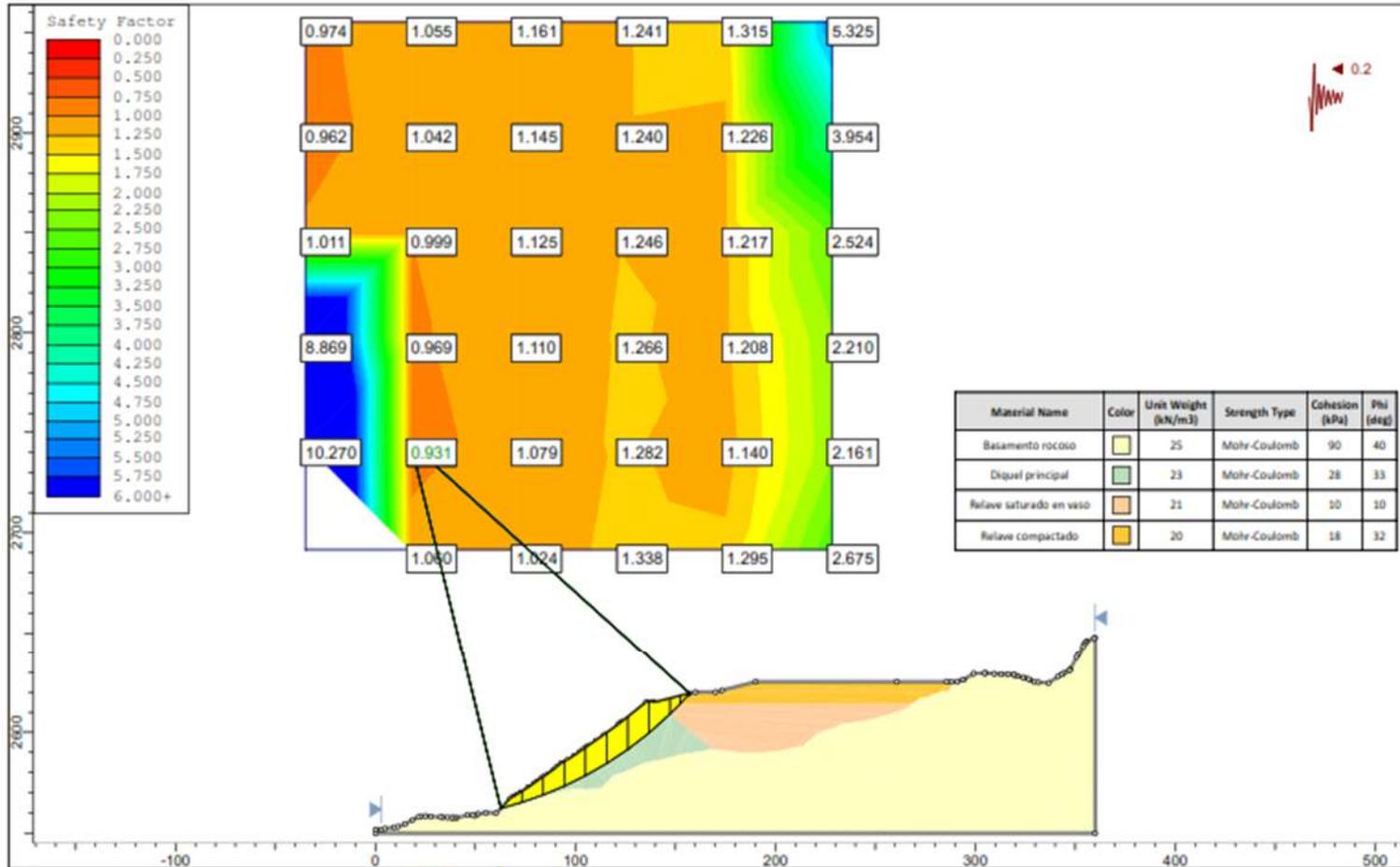


PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"

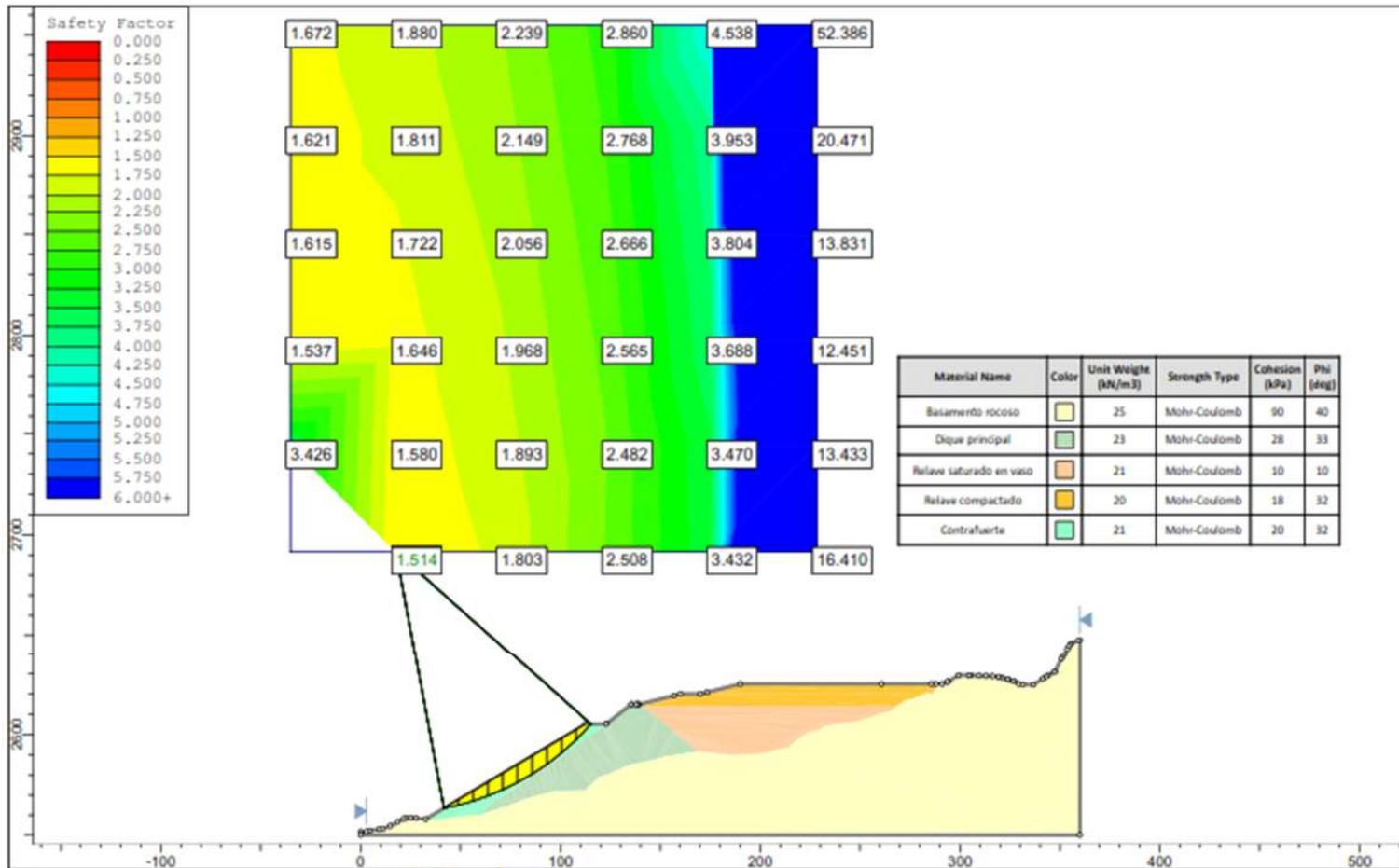
TIPO DE ESTADO: ESTADO ESTÁTICO

DIBUJADO POR: Kenneth Romario Ordoñez Meza ESCALA: 1:2600 UBICACION: AREQUIPA

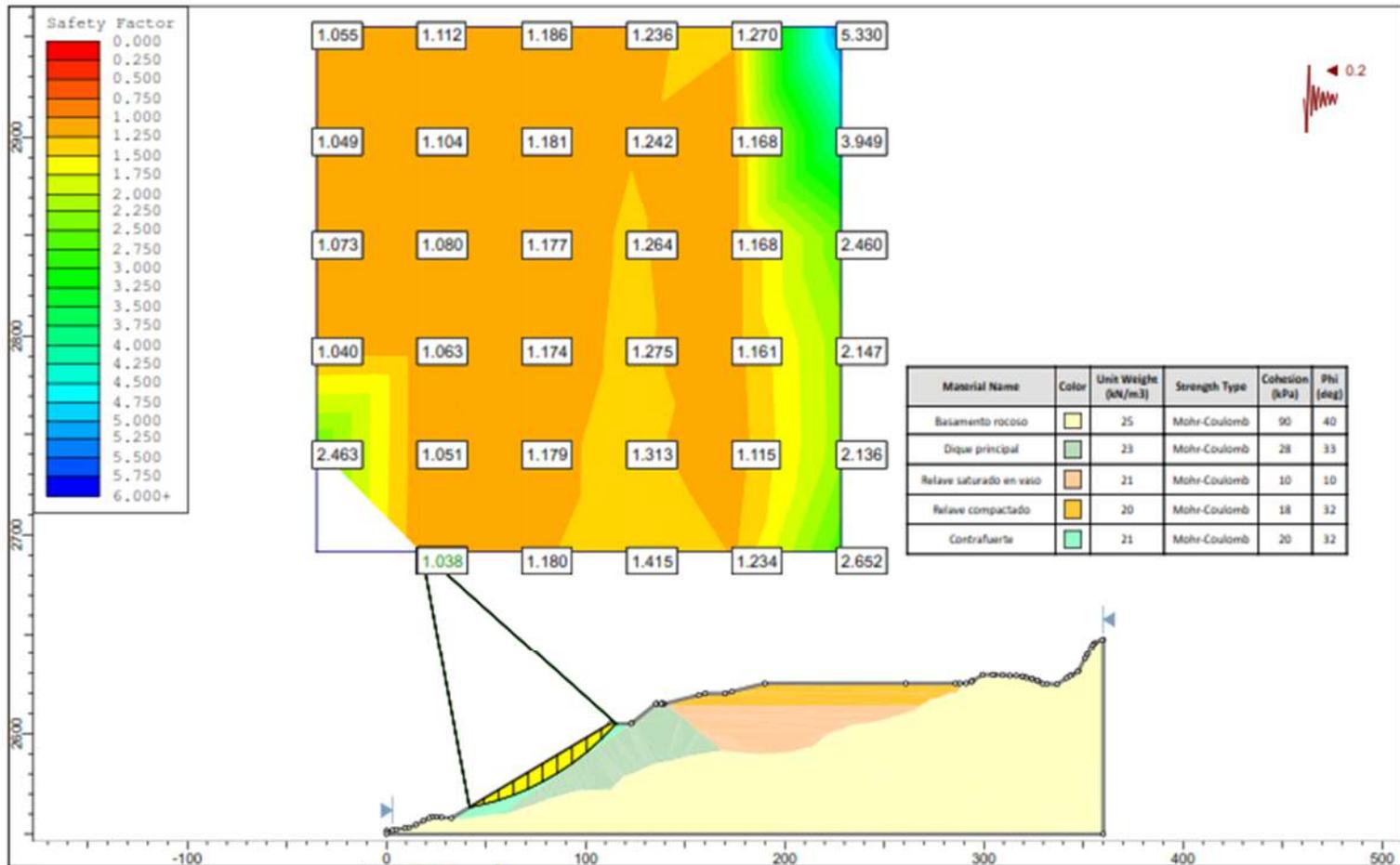
FECHA: 14/07/2024 ESCENARIO: SEGUNDO CASO EST.slim



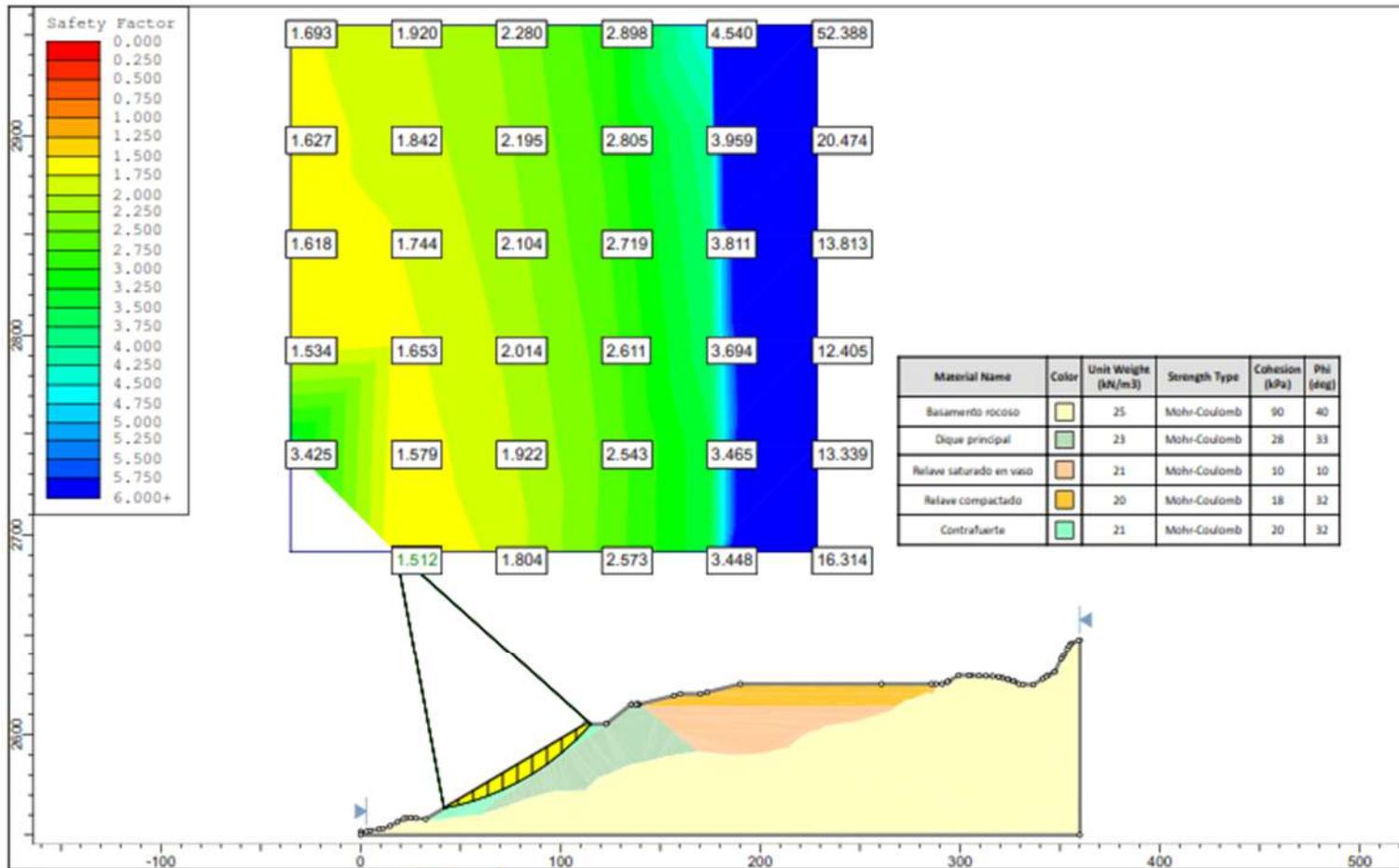
PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"		
TIPO DE ESTADO:	ESTADO PSEUDO ESTÁTICO		
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	SUBICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	SEGUNDO CASO PSD.slim



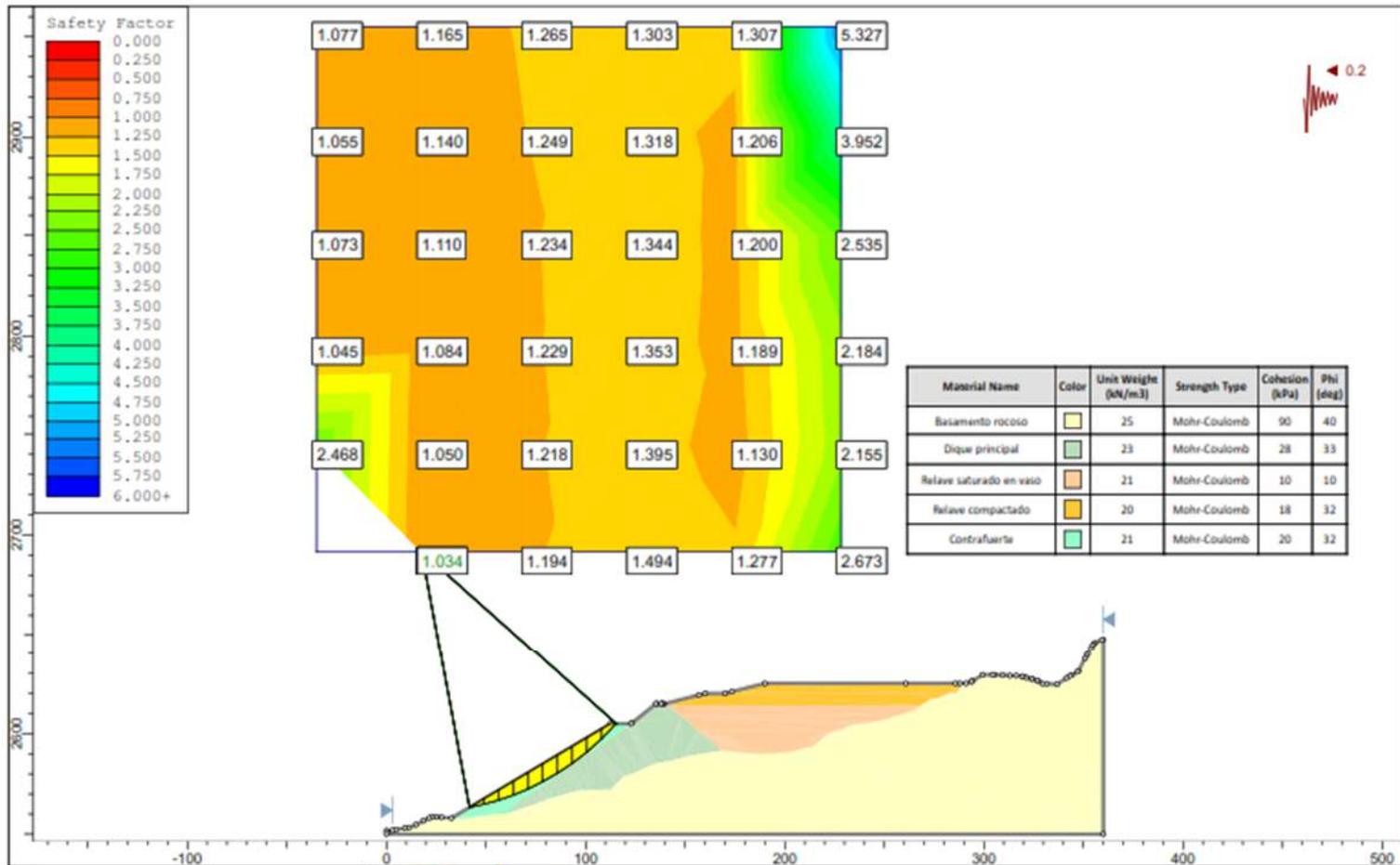
PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"			
TIPO DE ESTADO:		ESTADO ESTÁTICO	
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	LUBRICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	TERCER CASO EST.slim



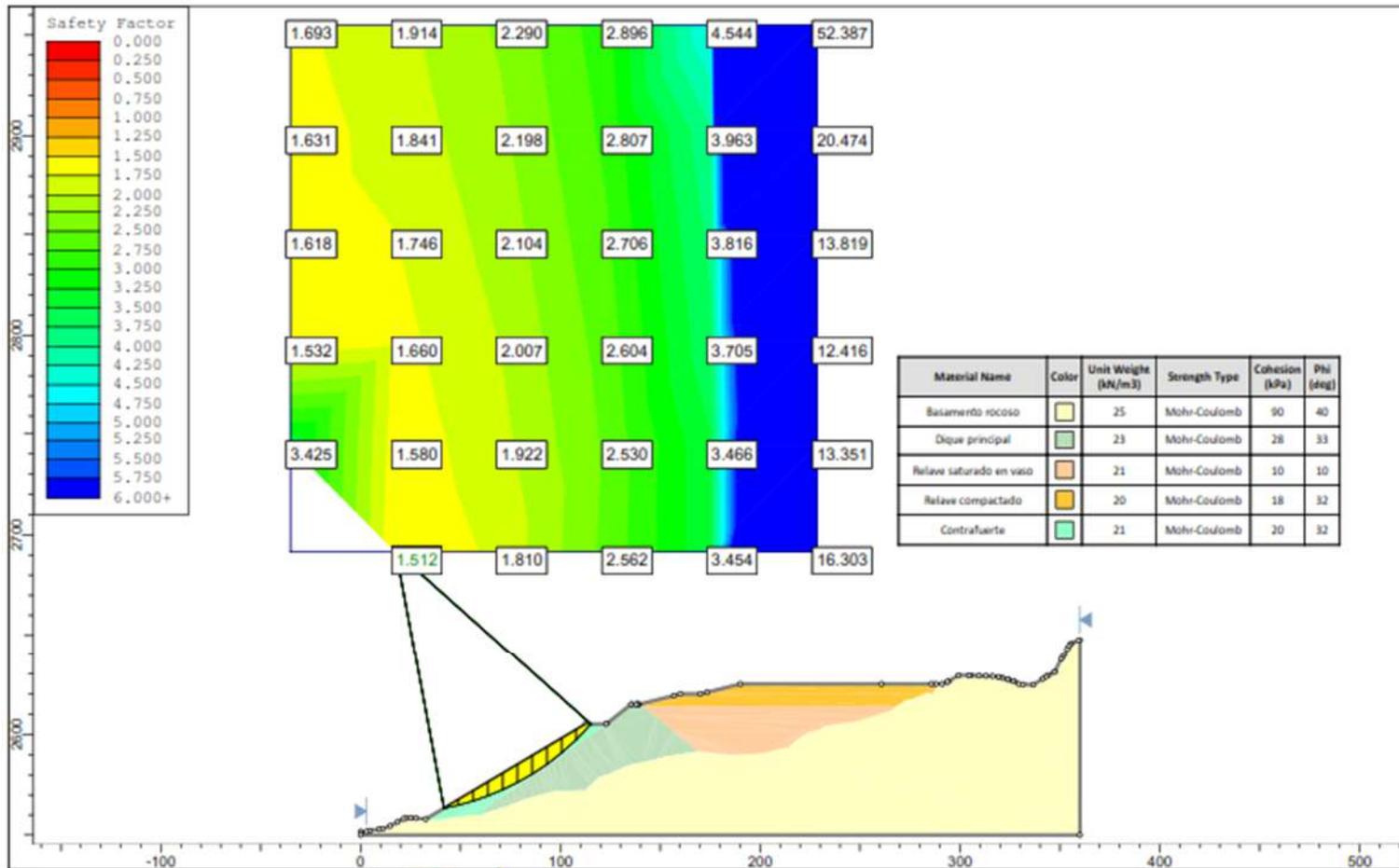
PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"		
TIPO DE ESTADO:	ESTADO PSEUDO ESTÁTICO		
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	LUBRICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	TERCER CASO PSD.slim



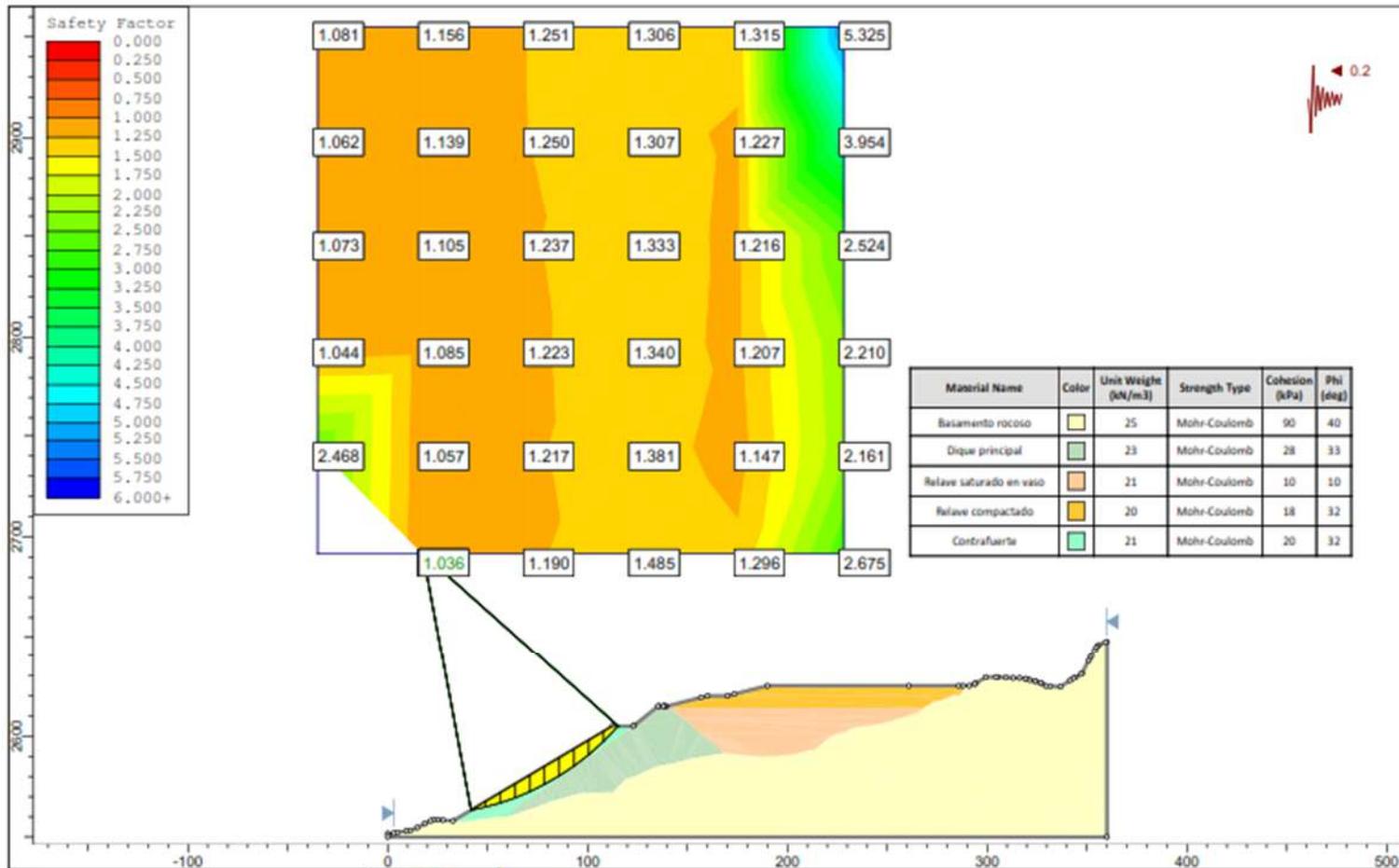
PROYECTO:			
"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"			
TIPO DE ESTADO:		ESTADO ESTÁTICO	
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	LUBRICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	TERCER CASO EST.slim



PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"		
TIPO DE ESTADO:	ESTADO PSEUDO ESTÁTICO		
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	LUBRICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	TERCER CASO PSD.slim



PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"			
TIPO DE ESTADO:		ESTADO ESTÁTICO	
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	LUBICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	TERCER CASO EST.slim



PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVES MEDIANTE EL MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SLIDE"		
TIPO DE ESTADO:	ESTADO PSEUDO ESTÁTICO		
DIBUJADO POR:	Kenneth Romario Ordoñez Meza	ESCALA:	1:2600
FECHA:	14/07/2024	LUBICACION:	AREQUIPA
		ESCENARIO:	TERCER CASO PSD.slim