

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS**

**“ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA RELAVERA N°1 Y N°2  
EN LA UNIDAD MINERA SHILA PAULA DISTRITO DE CHACHAS-2021”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. SOLIER GALINDO YAIR ALEXANDER**

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

**ASESOR:**

**Mg. MONTALBAN CHINININ CESAR AGUSTO**

**HUACHO - 2021**

  
César Augusto Montalbán Chinín  
LICENCIADO EN FÍSICA



**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO  
SANCHEZ CARRION**

TITULO DE INGENIERIA CIVIL

**“ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA  
RELAVERA N°1 Y N°2 EN LA UNIDAD MINERA SHILA  
PAULA DISTRITO DE CHACHAS-2021”**

SOLIER GALINDO YAIR ALEXANDER

TESIS DE INGENIERIA

**HUACHO – PERU**

**2021**

## MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR



Dr. Francisco Bautista Loyola

---

**PRESIDENTE**  
**Dr. BAUTISTA LOYOLA**  
**FRANCISCO**



Dr. WILDER DAVID HUERTA FALCON  
DNI: 41938161 - DNU431

---

**SECRETARIO**  
**Dr. HUERTA FALCON WILDER**  
**DAVID**



CARLOS FRANCISCO  
GOÑY AMERI  
Ingeniero Civil  
CIP N° 241390

---

**VOCAL**  
**Mg. GOÑY AMERI CARLOS**  
**FRANCISCO**



César Augusto Montalbán Chirinín  
LICENCIADO EN FÍSICA

---

**ASESOR**  
**Mg. MONTALBAN CHINININ**  
**CESAR AGUSTO**

## **DEDICATORIA**

*A dios nuestro señor creador todo poderoso por brindarme salud, fortaleza y mostrarme el camino del bien.*

*A mi madre y mi padre, Isabel y Fredy por el darme educación, amor y apoyo gracias a ustedes estoy terminando mis estudios superiores como ingeniero civil.*

*A mis hermanos menores por su ánimos y buenos deseos durante mis estudios y actualidad.*

Solier Galindo Yair Alexander

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por la salud que derrama a mis familiares y mi persona, mostrándome el sendero del buen camino y brindarme sabiduría frente a las adversidades.*

*A mi casa de estudios la Universidad José Faustino Sánchez Carrión, por darme la oportunidad de ser parte de su institución y formarme como profesional con las enseñanzas de sus buenos docentes*

Solier Galindo Yair Alexander

# ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCION	xii
<b>I. Planteamiento del problema</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Objetivos de la investigación	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Justificación de la investigación	3
1.5 Delimitaciones del estudio	3
1.6 Viabilidad del estudio	4
<b>II. Marco teórico</b>	<b>5</b>
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.1.1 Investigaciones internacionales	5
2.1.2 Investigaciones nacionales	8
2.2 Bases teóricas	11
2.2.1 Estabilidad de taludes	11
2.2.2 Métodos de equilibrio limite	11
2.2.3 Estudio de mecánica de suelos	12

2.2.4	Clasificación SUCS	12
2.2.5	Análisis granulométrico por tamizado	13
2.2.6	Límites de consistencia	13
2.2.7	Ensayo Corte directo	15
2.2.8	Topografía	16
2.2.9	Factor de seguridad	16
2.2.10	Zonificación sísmica	17
2.2.11	Método de Bishop	19
2.2.12	Método de Spencer	19
2.2.13	Criterio de falla Mohr-Coulomb	20
2.2.14	Estabilidad Física	20
2.3	Definición de términos básicos	21
2.3.1	Talud	21
2.3.2	Área	21
2.3.3	Volumen	21
2.3.4	Deslizamiento	21
2.3.5	Ensayo de densidad de campo	21
2.3.6	Ensayo de humedad Speedy	22
2.3.7	Calicata	22
2.3.8	Relavera	22
2.3.9	Cohesión	22
2.3.10	Angulo de fricción	23
2.3.11	Peso unitario	23
2.3.12	Plataforma	23
2.3.13	Piezómetro	23
2.3.14	Nivel freático	23
<b>2.4</b>	<b>Hipótesis de investigación</b>	<b>24</b>

2.4.1	Hipótesis general	24
2.4.2	Hipótesis específicas	24
2.5	Operacionalización de las variables	25
<b>III.</b>	<b>Metodología</b>	<b>26</b>
3.1	Diseño metodológico	26
3.1.1	Tipo de investigación	26
3.1.2	Nivel de investigación	26
3.1.3	Diseño de investigación	26
3.2	Población y muestra	26
3.2.1	Población	26
3.2.2	Muestra	26
3.3	Técnicas de recolección de datos	27
3.3.1	Técnicas a utilizar	27
3.3.2	Descripción de los instrumentos	29
3.4	Técnicas para el procedimiento de la información	31
<b>IV.</b>	<b>Resultados</b>	<b>33</b>
4.1	Análisis de resultados	33
4.1.1	Resultados topográficos	33
4.1.2	Resultados del estudio de mecánica de suelos	35
4.1.3	Cálculo del factor de seguridad	38
4.2	Contrastación de hipótesis	49
<b>V.</b>	<b>Discusión</b>	<b>50</b>
5.1	Discusión de resultados	50
<b>VI.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>52</b>
6.1	Conclusiones	52
6.2	Recomendaciones	53
<b>VII.</b>	<b>Referencias</b>	<b>54</b>



7.1	Fuentes documentales	54
7.2	Fuentes bibliográficas	54
<b>VIII.</b>	<b>Anexos</b>	<b>57</b>

ANEXO 01: INSTRUMENTOS

ANEXO 02: CERTIFICADOS DE CALIBRACION

ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO 04: PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO 05: ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

ANEXO 06: PLANOS

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuerzas consideradas en un mecanismo de rotura circular .....	12
Figura 2 Tamices utilizados para el análisis granulométrico .....	13
Figura 3 Límites de Atterberg .....	14
Figura 4 Dispositivo de límite líquido y herramienta de ranurado.....	15
Figura 5 Representación de ensayo de corte directo .....	16
Figura 6 Zonificación sísmica en el Perú .....	18
Figura 7 Esquema estático – Método Spencer.....	20
Figura 8 procedimiento de ensayo de densidad de campo .....	28
Figura 9 Esquema de funcionamiento de zona piezométrica .....	29
Figura 10 Uso del software AutoCAD Civil 3D 2018 .....	31
Figura 11 Uso del software Slide 6.0 .....	32
Figura 12 Procesamiento de la topografía – Plano en planta .....	34
Figura 13 Procesamiento de la topografía - Secciones.....	34
Figura 14 Análisis de la sección A-A' condición estática - Bishop .....	39
Figura 15 Análisis de la sección A-A' condición pseudoestática - Bishop.....	39
Figura 16 Análisis de la sección A-A' condición estática - Spencer.....	40
Figura 17 Análisis de la sección A-A' condición pseudoestática - Spencer .....	40
Figura 18 Análisis de la sección B-B' condición estática – Bishop.....	41
Figura 19 Análisis de la sección B-B' condición pseudoestática – Bishop.....	41
Figura 20 Análisis de la sección B-B' condición estática - Spencer .....	42
Figura 21 Análisis de la sección B-B' condición pseudoestática - Spencer.....	42
Figura 22 Análisis de la sección C-C' condición estática - Bishop.....	44
Figura 23 Análisis de la sección C-C' condición pseudoestática – Bishop.....	44
Figura 24 Análisis de la sección C-C' condición estática - Spencer .....	45
Figura 25 Análisis de la sección C-C' condición pseudoestática - Spencer.....	45
Figura 26 Análisis de la sección D-D' condición estática - Bishop .....	46
Figura 27 Análisis de la sección D-D' condición pseudoestática – Bishop .....	46
Figura 28 Análisis de la sección D-D' condición estática - Spencer.....	47
Figura 29 Análisis de la sección D-D' condición pseudoestática - Spencer .....	47
Figura 30 Estación total, trípode y prisma.....	82
Figura 31 GSP navegador.....	82
Figura 32 Equipos para el ensayo de densidad de campo .....	83

Figura 33 Equipos para el ensayo de contenido de humedad.....	83
Figura 34 Sonda piezométrica .....	84

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores de seguridad bajo normativas internacionales y nacional.....	17
Tabla 2 Factores de zona (aceleración sísmica) .....	18
Tabla 3 Calicatas de inspección y muestreo .....	27
Tabla 4 Resultados topográficos.....	33
Tabla 5 Resultados de la densidad de campo y el ensayo speedy .....	35
Tabla 6 Resultados de medición con la sonda piezométrica en piezómetros .....	35
Tabla 7 Resultados del análisis de laboratorio – caracterización del suelo.....	37
Tabla 8 Resultados del análisis de laboratorio – Propiedades físicas de los materiales.....	37
Tabla 9 Parámetros usados en el programa Slide 6.0- Relavera N°1 .....	38
Tabla 10 Resultados de los factores de seguridad de la relavera N°1 .....	43
Tabla 11 Parámetros usados en el programa Slide 6.0- Relavera N°2.....	43
Tabla 12 Resultados de los factores de seguridad de la relavera N°2.....	48

## RESUMEN

La presente investigación consiste en realizar el análisis de estabilidad de taludes de la relavera N°1 y la relavera N°2 de la unidad minera Shila Paula, por el método de equilibrio que utiliza el software Slide 6.0. La falta de información geotécnica sobre estas relaveras y el hecho de que no se tenga ningún registro anterior de un análisis de estabilidad de taludes genera incertidumbres que como pueda estar actualmente su estabilidad ya que estas relaveras se encuentran en una etapa de cierre (sin operación minera).

El objetivo de la presente tesis es determinar el resultado del análisis de taludes de la relavera N°1 y la relavera N°2 que se encuentran en la unidad minera Shila Paula, para llegar al objetivo de la investigación se realizó el levantamiento topográfico de las relaveras, se llevó a cabo un estudio de mecánica de suelos en la cual se realizaron ensayos geotécnicos in situ y ensayos de laboratorio de suelos con el fin de conocer los parámetros de resistencia de los materiales (propiedades físicas).

La elaboración de la presente investigación tiene un enfoque metodológico Cuantitativo ya que se trabajó con datos numéricos tomados de campo. El nivel de investigación es descriptivo correlacional comparativo, en el que se describe la variable, se relaciona la muestra comparando los resultados obtenidos y con fin de llegar al objetivo de la investigación. El diseño de investigación es no experimental transversal en el cual los datos obtenidos describen la variable.

Teniendo que para esta investigación los factores mínimos de estabilidad en condición estática serán de 1.50 y en la condición pseudoestática será de 1.0. Los resultados obtenidos del análisis de taludes usando los criterios de Bishop y Spencer mostraron resultados favorables para la relavera N°1 teniendo factores de seguridad en estado estático y pseudoestático mayores a los mínimos requeridos, sin embargo, este mismo análisis en la relavera N°2 cumple con el factor mínimo en la condición estática y en la condición pseudoestática tiene valores por debajo de los mínimos requeridos.

Palabras Clave: análisis de estabilidad de taludes, factores de seguridad, Slide 6.0.

## **ABSTRACT**

The present investigation consists of performing the slope stability analysis of the tailings dam N°1 and the tailings dam N°2 of the Shila Paula mining unit, by the equilibrium method that uses the Slide 6.0 software. The lack of geotechnical information on these tailings and the fact that there is no previous record of a slope stability analysis generates uncertainties that their stability may currently be, since these tailings are in a closure stage (without mining operation).

The objective of the present thesis is to determine the result of the analysis of the slopes of the tailings dam N°1 and the tailings dam N°2 that are in the Shila Paula mining unit, to reach the objective of the research, the topographic survey of the tailings, a study of soil mechanics was carried out in which geotechnical tests were carried out in situ and laboratory tests of soils in order to know the resistance parameters of the materials (physical properties).

The elaboration of the present investigation has a Quantitative methodological approach since it was worked with numerical data taken from the field. The research level is descriptive correlational comparative, in which the variable is described, the sample is related by comparing the results obtained and in order to reach the objective of the research. The research design is non-experimental cross-sectional in which the data obtained describe the variable.

Taking that for this investigation the minimum stability factors in static condition will be 1.50 and in the pseudostatic condition it will be 1.0. The results obtained from the slope stability analysis using the Bishop and Spencer criteria showed favorable results for tailings dam N°1, having safety factors in static and pseudostatic conditions greater than the minimum required, however, in slope stability analysis in Tailings dam N°2 meets the minimum factor in the static condition and in the pseudostatic condition it has values below the minimum required.

Key words: slope stability analysis, safety factors, Slide 6.0.

## INTRODUCCION

El Perú se considera un país diverso geográficamente, en las operan muchas unidades mineras, de las cuales en su etapa de cierre generan almacenamientos de depósitos de relaves, botaderos de material orgánico, desmontes de mina, etc. Las cuales deben cumplir con estándares de calidad y seguridad con el medio ambiente para lo cual existen organismos fiscalizadores del estado quienes monitorean estos componentes y evaluación que no tenga ningún impacto con el medio ambiente y la salud.

Por ello uno de los factores importantes para que estos componentes sean considerados estables en el tiempo y no tengan impacto en el ambiente, es realizando el análisis de estabilidad de taludes y comparándolos con factores mínimos de seguridad que nos indica (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2012).

De esta manera se puede prevenir futuros deslizamientos de los taludes que generarían impacto al ambiente, contaminación, pérdidas de cultivos, daños a la salud, entre otros.

Es por ello que en esta investigación se realizó esta analítica para los taludes de la relavera N°1 y N°2, en el cual se obtuvo resultados favorables para la relavera N°1 cumpliendo su estabilidad física en condiciones estáticas y pseudoestáticas, sin embargo la relavera N°2 obtuvo resultados favorables en la condiciones estáticas y en condiciones pseudotáticas obtuvo resultados que no satisfacen la estabilidad por lo tanto esta relavera se considera inestable, debido a esto se recomendó las medidas correctivas como obras de estabilización, movimiento de tierras, reducción de taludes y un nuevo estudio de estabilidad de taludes cuando ya hayan ejecutado las recomendaciones hechas.

Con las medidas correctivas se busca que la relavera N°2 sea físicamente estable en el tiempo.

# **I. Planteamiento del problema**

## **1.1 Descripción de la realidad problemática**

A escala Internacional (Oliva González & Gonzáles, 2015) mencionan que la inestabilidad del terreno en zonas de taludes, ocasionan cada año en todo el mundo movimientos de masas de suelo y rocas que producen numerosas pérdidas materiales y considerables daños a las infraestructuras y el medio ambiente, produciendo muchos casos de emergencia cuyo manejo y prevención por parte de las autoridades se hacen sumamente complicados de controlar. Las presencias de inestabilidad más frecuentes en los taludes son los movimientos nombrados deslizamientos, que son rotacionales, traslacionales o combinados.

A nivel nacional (De la Cruz Quispe & Tunque Huamán, 2015), indica que el territorio peruano es una de las naciones que presenta un gran número de problemas de inestabilidad de laderas, aun teniendo un 38% de pendientes accidentadas concentradas en la zona de la sierra; es escasa la información que aborda ese tema, al no ser considerado la susceptibilidad de las laderas ni determinar su factor de seguridad, provoca deslaves de grandes volúmenes de suelos generando desastres, amenazas para la vida, pérdidas de bienes materiales y daños al medio ambiente.

A nivel del Distrito de Chacas (Ministerio del Ambiente, 2018), Señala que en el año 2016 se produjo un deslizamiento de la relavera N°4 perteneciente a la empresa compañía de minas Buenaventura donde no se cumplió con adoptar las normas de providencia y supervisión para impedir tal emergencia ambiental. El relave entro en contacto con el suelo y con cuerpos naturales de agua, produciendo daños en los cultivos, a la calidad de agua y afectando al ganado de los pobladores que consumen, alimentan del agua y de las áreas verdes. Motivo por el cual el estudio de estabilidad de laderas o taludes es imprescindible cuando se tienen o conforman depósitos de almacenamiento de relaves, botaderos, agregados, materiales que pueden presentar algún problema de inestabilidad y más aun cuando la zona de estudio es propensa a los movimientos sísmicos, como lo es el distrito de Chacas que está ubicado en el departamento de Arequipa.



## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el resultado del análisis de estabilidad de taludes de la relavera N°1 y N°2 en la unidad minera Shila Paula, distrito de Chachas-2021?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Qué tipo de topografía tiene la relavera N°1?
- ¿Qué tipo de topografía tiene la relavera N°2?
- ¿Qué características presentan los tipos de suelos (unidades geotécnicas) de la relavera N°1?
- ¿Qué características presentan los tipos de suelos (unidades geotécnicas) de la relavera N°2?
- ¿Qué factores de seguridad tienen los taludes de la relavera N°1?
- ¿Qué factores de seguridad tienen los taludes de la relavera N°2?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar el resultado del análisis de taludes de la relavera N°1 y N°2 en la UM Shila Paula, distrito de Chachas-2021

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la conformación y el diseño geométrico de la relavera N°1

- Determinar la conformación y el diseño geométrico de la relavera N°2
  
- Conocer los parámetros de resistencia de las unidades geotécnicas que conforman la relavera N°1
  
- Conocer los parámetros de resistencia de las unidades geotécnicas que conforman la relavera N°2
  
- Obtener los valores de los factores de seguridad en condición estático y Pseudoestático de los taludes de la relavera N°1
  
- Obtener los valores de los factores de seguridad en condición estático y Pseudoestático de los taludes de la relavera N°2

#### **1.4 Justificación de la investigación**

Este estudio se realizó con el fin de conocer el estado de estabilidad física de la relavera N°1 y N°2, ya que no se cuentan registros de estudios anteriores relacionados al análisis de taludes de este componente desde el año que dejó de estar en operación, comprometiendo de manera severa la contaminación del suelo, fuentes de agua y en general al medio ambiente.

#### **1.5 Delimitaciones del estudio**

De acuerdo a la delimitación geográfica: el estudio fue desarrollado en la unidad minera de Shila Paula perteneciente al distrito de Chachas, provincia de Castilla, departamento de Arequipa.

De acuerdo a la delimitación temporal: la investigación se inició a partir del mes de enero del año 2021 por un tiempo de 2 meses, se considera el tiempo necesario para la recopilación de datos en campo, el procesamiento e interpretación de datos, elaboración de los planos y el análisis de estabilidad respectivo.

De acuerdo a la delimitación de recursos: la tesis se demarca a una serie de estudios, resultados de muestras que produjeron gastos cuales fueron costeados por el investigador.

## **1.6 Viabilidad del estudio**

Por la disponibilidad de la tecnología: para realizar esta investigación se contó equipos actuales de topografía, equipos para el procesamiento de datos laptops, tablets, softwares especializados en versiones actuales y herramientas de conectividad como el internet.

Por la disponibilidad económica/financiera: con el presupuesto ya determinado, se dio el plan de trabajo que se elaboró antes de realizar esta investigación, donde se definió los gastos de alquileres de equipos y herramientas a utilizar, gastos de viajes, alimentación y hospedajes

Por la disponibilidad operativa: El borrador de tesis se elaboró de acuerdo a la programación de plazos de presentación y sustentación brindada por la UNJFSC

## **II. Marco teórico**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

#### **2.1.1 Investigaciones internacionales**

(Medina Sandoval, 2016), en su tesis denominado *“Problemática de la estabilidad de taudes en un portal de salida de un tunel en una zona de deslizamientos antiguos”*. Su investigación lo desarrollo en la casa de estudios de Michoacana De San Nicolás De Hidalgo para obtener el grado de maestra en infraestructura de transporte de las vías terrestres. Tiene como objetivo realizar el estudio de la ladera que albergara el portal de salida del tunel II, estimando los valores de factores de seguridad de la obra. Además el enfoque de su tesis es cuantitativo, diseño no experimental, en un espacio de tiempo longitudinal, aplicando el método de estudio de equilibrio límite y elementos finitos. Donde los resultados obtenidos en las estratigrafías se compararon y se concluye que el análisis favorece a la estabilidad de la ladera para los casos analizados y que los modelos constitutivos simplificados son adecuados para representar comportamientos complejos.

(Pupo Benítez, 2016), en su tesis de diploma denominado *“Análisis de estabilidad de taludes en la presa de relave minero Yagrumaje”*. Su investigación lo desarrollo en la Universidad de Holguín. Planteo como objetivo de investigación determinar por medio de un estudio de estabilidad, el factor de seguridad que presentara las laderas de la presa de relave minero Yagrumaje que pertenece a la empresa comandante Ernesto Che Guevara del municipio Moa, para obtener un diseño y construcción de obra que asegure su adecuada función de esta estructura. El enfoque de su investigación es cuantitativo determinado de nivel descriptivo, diseño no experimental, en un espacio de tiempo longitudinal, usando el método de equilibrio límite. Se concluye que a partir de métodos teóricos y empíricos se obtuvo como resultado del análisis de estabilidad bajo condiciones estáticas en todas las fases de la presa de relave valores estables, asegurando su estabilidad mínima recomendada con resultados en un intervalo de 1.9 a 1.8, afirmando su condición estable y siendo seguro.

(Guido Méndez & Fariñas Pérez, 2014), en su investigación denominada *“Evaluación de estabilidad de talud inducida por cargas estáticas y dinámicas en la Loma chico Pelón, Managua-Nicaragua”*. Su trabajo monográfico lo desarrollaron en la casa de estudio Autónoma de Nicaragua para obtener el título de ingeniero civil. Cual objetivo es evaluar físicamente el talud afectado por fuerzas estáticas y dinámicas en la ciudad de Loma chico Pelón, Managua, para determinar zonas en las cuales se encuentre inestable el terreno en la evaluación estática como en la dinámica, esto a partir de calcular el coeficiente de seguridad. Además el enfoque de su investigación es cuantitativo, diseño no experimental, en un espacio de tiempo longitudinal, aplicando los métodos de análisis de equilibrio límite y de elementos finitos. Finalmente concluye, según el análisis de coeficientes de seguridad para condición estática tomando en cuenta la topografía del talud, propiedades físicas del suelo, cargas actuantes al talud y la ocurrencia de un evento sísmico, en zona de inestabilidad alta se ubican 8 viviendas, en el área de inestabilidad media se ubican 5 viviendas y en el área de inestabilidad baja se ubican 37 viviendas. En el caso de condición dinámica las 50 casas están dentro de un área de inestabilidad alta.

(Montatixe Chicaiza & Chango Alvarez, 2018), en su investigación denominada *“Análisis de estabilidad de taludes en un tramo de las avenidas Simón Bolívar y Gonzalo Pérez Bustamante, distrito metropolitano de Quito”*. Su investigación lo desarrollaron en la Escuela Politécnica Nacional ubicada en Quito, Ecuador, para la obtención del título de ingenieras en geología. Su objetivo es determinar zonas vulnerables a movimientos en masa en un tramo de los taludes de las avenidas Simón Bolívar y Gonzalo Pérez Bustamante, mediante el análisis de estabilidad y retro análisis de taludes. El enfoque de su trabajo es cuantitativo, diseño no experimental, en un espacio de tiempo longitudinal, aplicando la metodología de análisis de equilibrio límite mediante el Slide 6.0. Concluye que del análisis de estabilidad, con datos geotécnicos tomados en épocas secas se obtuvo que en las avenidas analizadas los taludes no presentan inestabilidad, los coeficientes de seguridad resultaron mayores a 1.5. Ya que en estas áreas ocurren temporadas de lluvia se realizó el análisis para estas condiciones consideradas críticas, cuyos resultados de factor de seguridad presentan valores menores a 1.25 calificación de inadmisibles a baja.

(Orellana Campoverde, 2017), en su trabajo de investigación llamado “*Análisis de la estabilidad del terreno de la comunidad la Vainilla, Cantón Santa Ana – Provincia de Manabí*”. Su trabajo lo desarrollo en la Universisad Central del Ecuador para la obtención del título de ingeniero geólogo. Tienen como obeitivo evaluar la inestabilidad de la zona sobre el cual se encuentra la comunidad la Vainilla, cantón Santa Ana, provincia de Manabí determinando las características geomecénicas, propiedades geotécnicas de los suelos y con ello calcular los factores de seguridad. El enfoque de su investigación es cuantitativo, diseño no experimental , en un espacio de tiempo longitudinal, aplicando el metodo de analisis de equilibrio limite mediante el software Slide (Rocscience). Finalmente segun los valores obtenidos se determina que la fuerza que mas influye es la carga sismica con valores de factor de seguridad menores a 1, lo que manifiesta un terreno inestable. El criterio de Janbu Simplificado ha sido el mas conservador de los metdodos empleados. Con este resultado se recomienda hacer un monitoreo permanente.

### 2.1.2 Investigaciones nacionales

(Mamani Calderon, 2019), en su investigación denominado “*Consideraciones geotécnicas para el análisis de estabilidad de talud de la relavera Huaybillo U.M. el Cofre*”. Su trabajo de suficiencia profesional lo desarrollo en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno para obtener el título profesional de ingeniero de minas. Se planteo de objetivo tener en cuenta las propiedades geotécnicas y así evaluar la estabilidad de talud ubicandose en un corte critico, conocer los parametros de resistencia como las características físicas ángulo de fricción, cohesión y definir el estado de estabilidad física mediante los coeficientes de seguridad estática y pseudoestática. El enfoque de su investigación es cuantitativo, diseño experimental, aplicando el criterio de estudio de equilibrio limite mediante el software Slide 6.0. Finalmente concluye que del analisis de estabilidad física de la relavera Huaybillo, el factor de seguridad en condiciones estáticas es 1.395 siendo estable ya que el factor minimo aceptable para esta condicion es de 1.3 y en condiciones pseudoestáticas su factor de seguridad es de 0.996 siendo inestable ya que el factor minimo aceptable para esta condición es de 1.0

(Condezo Luna, 2019), en su investigación denominado “*Análisis de estabilidad de taludes, empleando métodos aproximados de dovelas, en depósito de desmonte de mina Excelsior – Pasco*”. El cual fue desarrollado en la Universidad Peruana Los Andes para obtener el título profesional de ingeniero civil. Tiene como objetivo general realizar la evaluación de los resultados del estudio de estabilidad de taludes utilizando los métodos de dovelas en el botadero de desmonte de mina Excelsior. El enfoque y metodo general de su investigación es científico de tipo aplicado, diseño no experimental – transversal, nivel descriptivo-explicativo, aplicando el criterio de equilibrio limite usando el software Slide. Finalmente la conclusión de su investigación se basa en los valores obtenidos del analisis de estabilidad de taludes empleando el método de dovelas que fueron superiores a 1.5 para estado estático y de 1.25 para estado sísmico. Además que los resultados hallados por el metodo de Bishop Simplificado tuvieron factores de seguridad de valores altos cumpliendo el minimo exigido por la normativa, y el analisis por el método por Fellenius y Jambu tuvieron valores más conservadores

(Ccahuana Pucllas & Sánchez Castro, 2019), en su investigación denominado *“Análisis de estabilidad de talud mediante métodos de equilibrio límite para la carretera Huancavelica – Lircay entre las progresivas del Km 02+700 al Km 02+800”*. El cual fue desarrollado en la Universidad Nacional de Huancavelica para obtener el título de profesional de ingeniero civil. Tiene como objetivo de investigación hallar los coeficientes de seguridad que afecten en la inestabilidad del talud y así brindar una solución viable económica y técnica, que asegure la estabilidad del talud. El enfoque de su investigación es cuantitativo desarrollado de manera explicativa y correlacional, diseño no experimental, aplicando el método de análisis de equilibrio límite mediante el software Slide 6.0. Finalmente realiza el análisis de estabilidad por métodos de equilibrio con los métodos de análisis de Bishop simplificado, Spencer y Morgenstem-Price concluyendo que el talud en condiciones secas es estable, necesitando medidas de prevención como la incorporación de geosintéticos, revegetación de taludes para la temporadas de lluvias.

Lugo (2018), en su investigación denominado *“Combinación de los métodos Janbú – Spencer en el análisis de estabilidad de taludes para el empleo de sistemas flexibles de alta resistencia en la construcción de carreteras”*. Su investigación lo desarrolló en la Universidad Nacional Federico Villarreal para obtener el título profesional de ingeniero civil. Se planteó como objetivo que se pueda utilizar en los procesos de construcción de carreteras en zonas de taludes y laderas en el Perú, emplearse metodologías de análisis de taludes y luego utilizar un adecuado sistema de estabilización. Además el enfoque de su investigación es cuantitativo, diseño no experimental transversal y de tipo aplicada. Finalmente logra demostrar que uno de los factores más determinantes en el estudio de la estabilidad de taludes es el efecto de la infiltración del agua. Este efecto ocasiona que cambie el estado tensorial en el talud que debe ser estabilizado, al mismo tiempo, esto afecta a los parámetros del suelo principalmente a la permeabilidad afectando sus propiedades de flujo. El Método de Janbú es el más adecuado para tratar este tipo de análisis. Si bien, existen teorías y técnicas numéricas para este tipo de situaciones, el cálculo de la estabilidad de las pendientes en estas situaciones aún son investigadas.



(Cerquín Cortéz, 2018), en su investigación denominada “*Estabilidad de taludes de la presa del depósito de relaves la Esperanza. Distrito Vitoc, provincia Chanchamayo, departamento de Junín*”. Su trabajo de tesis lo desarrolló en la Universidad Nacional de Cajamarca para lograr el grado profesional de ingeniero geólogo. Tiene como objetivo realizar en el recrecimiento de la presa la Esperanza el análisis de la estabilidad de sus taludes, el cual consta de fases de trabajos de campo, análisis de laboratorio y fase final de gabinete. El enfoque de su investigación es cuantitativa de tipo descriptiva, correlacional y explicativa con diseño no experimental y transversal en el tiempo, aplicando el método de análisis de equilibrio límite mediante el software Slide 6.0. Finalmente concluye determinando los factores de seguridad en las secciones transversales analizadas, en los cuales se menciona que para condiciones estáticas y pseudo-estáticas los taludes son estables pero para condiciones saturadas y pseudo-estáticas los factores de seguridad son cercanos al equilibrio límite quiere decir que fallara la presa.

(De la Cruz Quispe & Tunque Huamán, 2015), en su trabajo denominado “*Inestabilidad de taludes en el sector de Santa Bárbara de la ciudad de Huancavelica*”. Su investigación lo desarrolló en la Universidad Nacional de Huancavelica para lograr el título profesional de ingeniero civil. Tiene como objetivo identificar la vulnerabilidad y el factor de seguridad de los taludes que se encuentran en el sector de Santa Bárbara. El enfoque de su investigación es cuantitativa de tipo descriptiva, con diseño no experimental y longitudinal en el tiempo, aplicando el método de análisis de equilibrio límite y el método de análisis de elementos finitos mediante el software Slide 6.0. Finalmente concluye que del análisis estático, los subsectores de Arbolitos, Manzanayoc, Yaraccrumi y Puchccoc, son estables por obtener un factor de seguridad mayor de que 1, sin embargo los subsectores de Asequia Alta y Motoy Huaycco, son inestables debido a que resultó un coeficiente de seguridad menor que 1, y del cálculo dinámico los subsectores de Yaraccrumi, Puchccoc, Arbolitos y Manzanayoc se consideran estables al resultar un coeficiente de seguridad superior a 1.25, sin embargo los subsectores inestables por resultar un coeficiente de seguridad menor a 1.25 con de Asequia Alta y Motoy Huaycco.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Estabilidad de taludes**

Según (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2012), es la evaluación de un talud ante posibles fallas físicas, para determinar la estabilidad de un talud se debe calcular los factores de seguridad. Para realizar esta evaluación se debe determinar la topografía y elaborar el estudio de mecánica de suelos.

De esta manera se deberá evaluar la condición de estabilidad del talud para condiciones estáticas y pseudoestáticas. El factor de seguridad mínimo del talud deberá ser de 1.5 para condiciones estáticas y 1.25 para condiciones pseudoestáticas”

### **2.2.2 Métodos de equilibrio límite**

Según (Pérez de Ágreda, 2005), indica es una metodología efectiva, sencilla y proporciona resultados técnicamente confiables cuando se realice el análisis de estabilidad de un talud. Este método se aplica a todo tipo de terrenos y suelen llevar a cargas de rotura superiores a las exactas aunque próximas a ellas.

Para aplicar estos métodos se requieren realizar el procedimiento de cálculo siguiente:

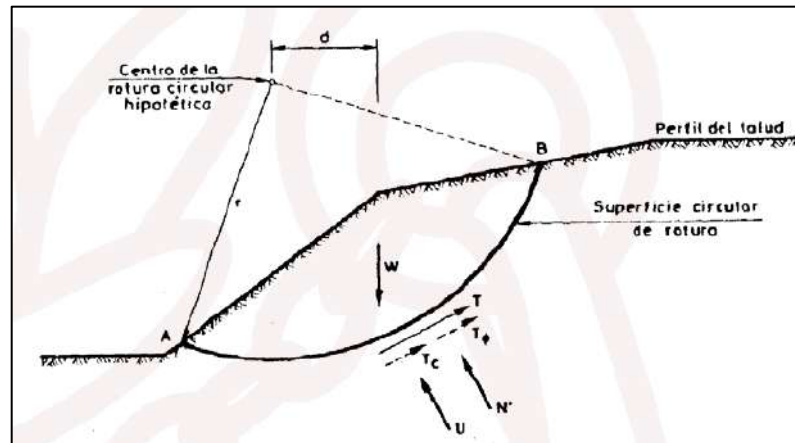
Se busca un mecanismo de rotura cinemáticamente permisible. Casi siempre se consideran masas de suelo rígidas que se desplazan sobre superficies de rotura posibles de formas como lineales, circunferencial y espiraladas.

Se calcula el factor de seguridad teniendo claro el concepto de esfuerzo o tensión de corte movilizado. Este esfuerzo se halla dividiendo el máximo esfuerzo de corte disponible por el coeficiente de seguridad,  $F$ .

Por medio de consideraciones de equilibrio se determinan relaciones entre los esfuerzos que intervienen en un problema dado. En general cabe diferenciar entre los esfuerzos introductorios del desequilibrio y esfuerzos internos resistentes. Por tanto para satisfacer las condiciones de equilibrio límite en un plano hay dos ecuaciones, una con ecuación de equilibrio de momentos y otra ecuación de equilibrio de fuerzas.

El resultado de factor de seguridad se obtiene despejando  $F$  en las ecuaciones de equilibrio mencionada. Es recomendado buscar el  $F$  mínimo variando la forma geométricas de la superficie de rotura, esto lleva a un proceso de cálculos repetitivos.

Figura 1. Fuerzas consideradas en un mecanismo de rotura circular



Fuente: (Pérez de Ágreda, 2005)

### 2.2.3 Estudio de mecánica de suelos

(Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018) indica que es un programa de investigaciones en campo, ensayos en laboratorios y procesamiento de datos e información en gabinete y que su finalidad es estudiar cómo se comporta el suelo y su respuesta ante los eventos estáticos y dinámicos de una construcción. Necesariamente este estudio debe realizarse en cualquier diseño para una construcción, por temas de sostenimientos en la ejecución de los proyectos y se realizan para los siguientes fines: De Cimentaciones, de pavimentos, de Estabilidad de taludes, para Diseño de instalaciones de agua y desagüe.

### 2.2.4 Clasificación SUCS

(Das, 2013), En 1948 Casagrande propuso este sistema de clasificación de suelos para usarlo en trabajos de construcción. Este sistema fue validado en 1952 por el U.S. Bureau of Reclamation y actualmente se rige bajo la norma ASTM D-2487 y es utilizado comúnmente en todo trabajo geotécnico. Para su clasificación se utiliza letras como prefijos los cuales son:

Como primera se utilizan G (Grava), C (Arcilla), S (Arena), M (Limo), O (Limos orgánicos y arcillas) y como segunda letra H (Alta plasticidad), L (Baja plasticidad), P (Mal graduado), W (Bien graduado),

### **2.2.5 Análisis granulométrico por tamizado**

(Norma Técnica Peruana NTP 339.128, 2014) consiste en determinar cuantitativamente la repartición de tamaños de partículas de suelo, este análisis describe el método para hallar los porcentajes de suelo que pasan por los diferentes tamices utilizados para el ensayo. El proceso se realiza con la muestra seca de suelo y esta pasa por tamices desde el de tres pulgadas hasta tamices más finos de 74 mm.

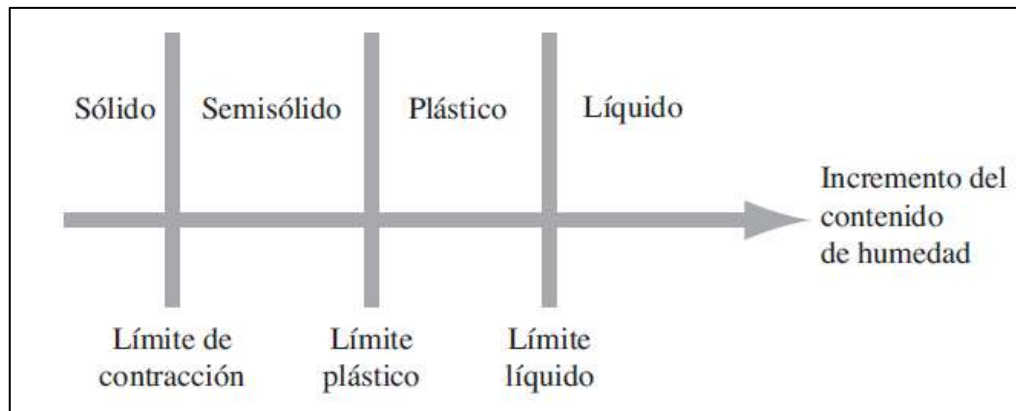
Figura 2 Tamices utilizados para el análisis granulométrico



### **2.2.6 Límites de consistencia**

(Das, 2013), es un procedimiento que clasifica la solidez de los suelos de grano fino desarrollado en 1900 por Albert Mauritz Atterberg. Con un mínimo de contenido de humedad, el suelo tiene un comportamiento de un sólido quebradizo. Con un contenido húmedo alto del suelo el comportamiento puede fluir como líquido por lo tanto es suelo será caracterizado por cuatro estados básicos plástico, líquido, sólido y semisólido.

Figura 3 Límites de Atterberg



Fuente: (Das, 2013)

El contenido de humedad durante la fase de cambio del estado semisólido pasando al estado plástico es el límite plástico y del estado plástico a estado líquido es el límite líquido, y se con el nombre de límites de Atterberg.

Limite liquido (LL): Para realizar el ensayo de limite liquido se coloca la pasta de suelo en la copa de latón y se realiza un corte en la parte central de la pasta de suelo. Esta copa sube de nivel accionando la manivela y se deja caer de una altura de 10mm. El porcentaje de contenido humedad será el límite liquido necesario para cerrar una distancia de 12.7mm en 25 golpes.

Limite plástico (PL): Se realiza mediante rodados repetitivos de suelos enrollados y el límite plástico será el porcentaje de contenido de humedad en el cual se desmorone el suelo al enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro.

Índice de plasticidad (PI): Una vez determinado el límite líquido y el límite plástico, el índice de plasticidad será la diferencia de los limites antes mencionados.

Figura 4 Dispositivo de limite líquido y herramienta de ranurado



### 2.2.7 Ensayo Corte directo

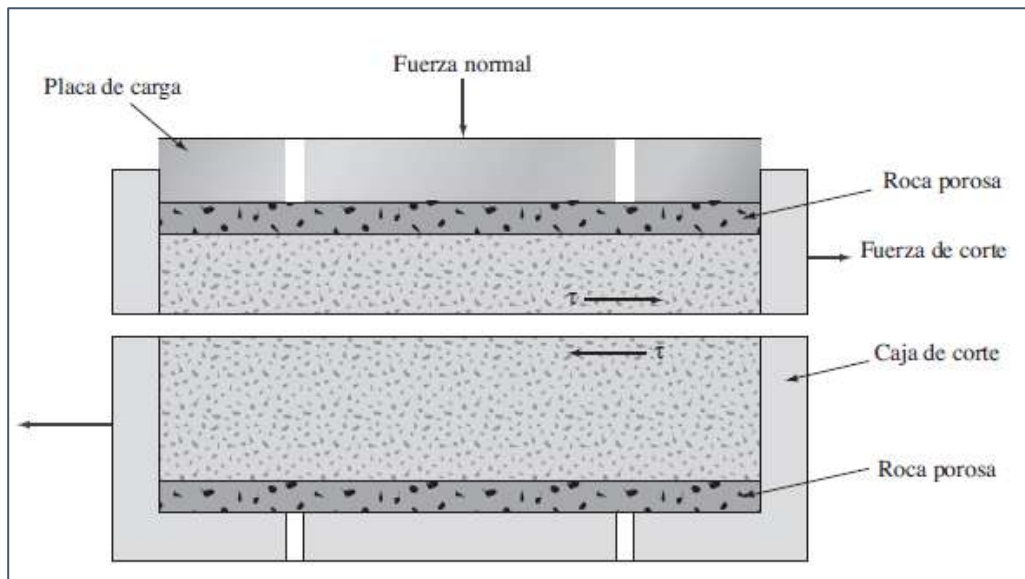
El ensayo de corte directo bajo la norma internacional ASTM D-3080 y norma técnica peruana NTP 339.171, según (Das, 2013) lo define como la manera más antigua y sencilla de prueba al corte. Las muestras pueden tener forma circular o cuadradas y su tamaño debe variar entre 20 a 25 cm<sup>2</sup> de sección transversal. Según el equipo utilizado para este ensayo las pruebas de corte pueden ser de esfuerzo regulado o deformación regulada.

Para el caso de esfuerzo controlado la aplicación de la fuerza de corte va en incremento y es hasta que la muestra falla, luego se mide el movimiento cortante del punto medio superior como un indicador horizontal.

Para el caso de pruebas de deformación controlada se da por medio de un motor que ejerce una velocidad uniforme de movimiento. La fuerza de resistencia que produce se mide a través de un anillo de prueba horizontal

El resultado del ensayo de corte directo son los valores físicos de la muestra como son la cohesión y el ángulo de fricción interna.

Figura 5 Representación de ensayo de corte directo



Fuente: (Das, 2013)

### 2.2.8 Topografía

(Gámez Morales, 2015), la topografía es la ciencia que estudia el grupo de procesos para determinar las ubicaciones de puntos en la superficie de la tierra y se apoya de medidas como distancias y elevaciones. La topografía se centra en realizar las mediciones de las extensiones del área de estudio con la finalidad de representarlo gráficamente en planos a escala. La topografía también nos da distancias, pendientes, ángulos, cotas, este conjunto de datos son necesarios para determinar las posiciones de puntos para luego plasmarnos en planos, esto se conoce como levantamiento topográfico el cual se divide en trabajos de campo (toma de datos, ángulos, distancias, áreas, volúmenes, pendientes, etc.) y trabajos de gabinete (proceso de información y dibujo de planos)

### 2.2.9 Factor de seguridad

(Valiente Sanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego, 2016) El factor de seguridad se define como el coeficiente entre las fuerzas estabilizadoras entre las fuerzas

desestabilizadoras este factor sirva para diagnosticar la estabilidad de una masa de suelo.

Actualmente, existen muchas normativas internacionales como nacionales y estas se aplican en el Perú, en las cuales se delimita los factores de seguridad a considerar. Dependiendo la operacionalidad de la obra se elige estos factores (talud temporal o permanente) y la condición del análisis si es estático o pseudoestático.

Tabla 1 Factores de seguridad bajo normativas internacionales y nacional

Normativa	Talud provisional		Talud Permanente	
	Estática	Pseudoestática	Estática	Pseudoestática
“AASHTO LRFD”	1.33 - 1.55	1.1	1.33 - 1.53	1.1
“NAVFAC-DM7”	1.33 - 1.25	1.2 - 1.15	1.5	1.2 - 1.15
“FH-WA-NHI-11-032”		1.1		1.1
“CE. 020”			1.5	1.25

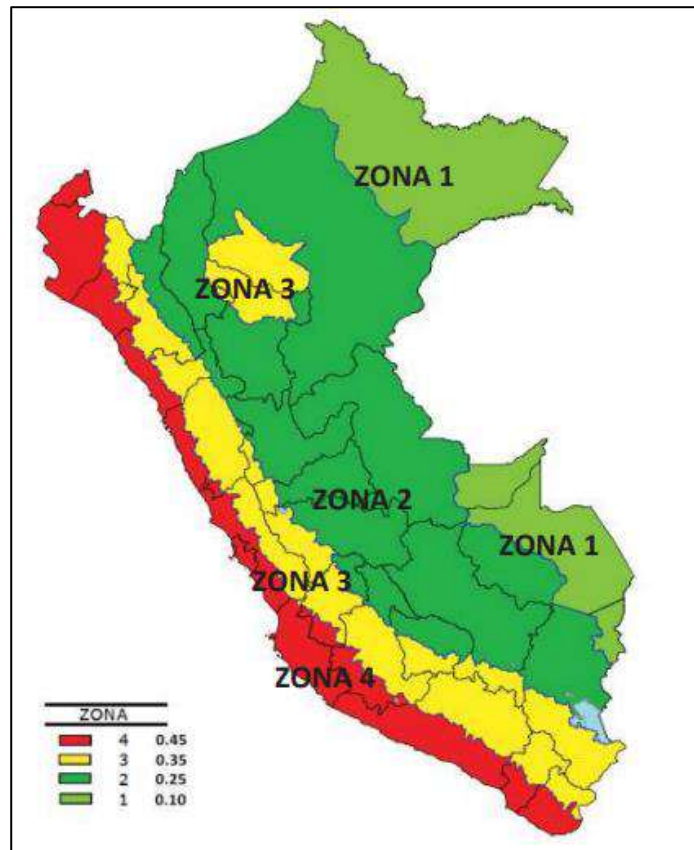
El presente trabajo de investigación se realizará bajo la normativa nacional (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2012), que indica que se deberá diagnosticar la estabilidad del talud para condiciones estáticas y pseudoestáticas. El coeficiente de seguridad mínimo del talud deberá ser de 1.5 para condiciones estáticas y 1.25 para condiciones pseudoestáticas.

### 2.2.10 Zonificación sísmica

(Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2019), El Perú se divide en cuatro zonas, y la determinación de la zona propuesta para el estudio se rige en la expansión espacial de la sismicidad identificada, propiedades generales de los eventos sísmicos y la de la distancia epicentral, así como el registro de información geotectónica.



Figura 6 Zonificación sísmica en el Perú



Fuente: (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2019)

A cada zonificación se le brinda un factor de Z según lo muestra la figura, este valor se representa como la máxima aceleración de forma horizontal en el suelo rígido para un periodo de retorno de 50 años. Este valor se representa como una porción de la aceleración gravitacional

Tabla 2 Factores de zona (aceleración sísmica)

Factores de zonificación.	
Zona.	Z.
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2019)

En caso de se requiera cálculos para las condiciones pseudoestáticas para el diseño de taludes la norma AASHTO recomienda reducir el factor Z (aceleración sísmica) a la mitad.

### 2.2.11 Método de Bishop

(Bishop, 1955), Bishop brindo una alternativa más efectiva que el comun método de dovelas. Teniendo en consideración el efecto que genera las fuerzas entre las dovelas. La alternativa que ofrece Bishop suele ser riguroso y compleja, por esta razón es muy utilizado su versión simplificada que se representa de la siguiente manera

$$F.S = \sum \frac{[C'b + (W - ub) \frac{\tan \phi}{ma}]}{\sum W \sin \alpha};$$

$$ma = \left( + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F.S.} \right)$$

Donde

$b$  = ancho de a dovela

$W$  = es el peso de cada dovela

$C'$  = Cohesión

$\phi$  = Angulo de fricción

$u$  = Presión de poros de cada dovela =  $\gamma w \cdot hw$

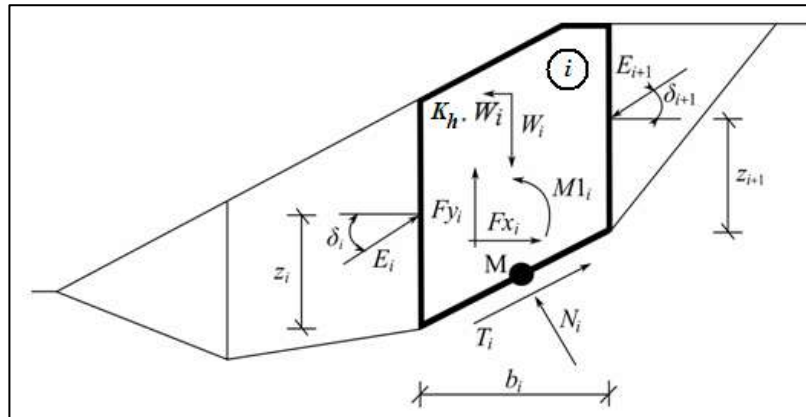
$\alpha$  = Anulo del radio y la vertical en cada dovela

### 2.2.12 Método de Spencer

(Spencer, 1967), dio a conocer un método para hallar el factor de seguridad teniendo en consideración las fuerzas entre dovelas y la base de este método se concentra en la suposición de que las fuerzas entre las dovelas son de forma paralela, es decir presentan el mismo ángulo de pendiente. Esta inclinación entre dovelas se desconoce y se calcula como una incógnita en la ecuación de equilibrio. esta solución asegura las condiciones de equilibrio, en fuerzas, momentos con la

resolución de tres incógnitas. Se aplica para superficies de roturas circulares y no circulares

Figura 7 Esquema estático – Método Spencer



Fuente: (Spencer, 1967)

### 2.2.13 Criterio de falla Mohr-Coulomb

(Das, 2013), alude que Mohr en el año 1900 brindó una teoría que se basa en el criterio de rotura lineal que define la resistencia al corte en un plano en estado triaxial, resultado la relación de los esfuerzos normal y tangencial que interactúan al momento de la ruptura. Este criterio se define de la siguiente forma:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

donde

$c$  = cohesión.

$\phi$  = ángulo de fricción.

$\sigma$  = esfuerzo normal.

$\tau_f$  = esfuerzo cortante en el plano de falla

### 2.2.14 Estabilidad Física

Según (Reyes, 2015) menciona que es la parte fundamental del diseño geotécnico, se da utilizando el método de equilibrio límite, reduciendo el análisis de la geometría y materiales de objeto de estudio en un plano bidimensional. La estabilidad física se puede definir como el estado de condición (estable o inestables) en el cual se encuentra

la estructura, esto dependerá de un análisis previo de taludes. El determinar esta condición da a conocer que trabajos de medidas preventivas y correctivas se pueden realizar a las estructuras.

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **2.3.1 Talud**

Terreno inclinado con relación a la horizontal pueden ser de manera permanente o temporal y suelen estar compuestos por concreto, suelo, roca u otro material que pueda soportar la carga producida por el suelo.

### **2.3.2 Área**

Zona, territorio, espacio comprendido entre límites establecidos y se utiliza como medida de superficie, es muy usado para realizar cálculos matemáticos y su unidad es el metro cuadrado en el sistema métrico.

### **2.3.3 Volumen**

Valor métrico de tipo escala, es la extensión de un objeto en sus tres ejes toma como referencia la longitud, ancho y el alto del objeto, su unidad es el metro cubico en el sistema métrico.

### **2.3.4 Deslizamiento**

Movimiento d hacia debajo de un talud o pendiente que puede ser de suelo, roca o de una superficie de ruptura o falla, y se presentan de dos maneras deslizamiento rotacional y deslizamiento traslacional, estos movimientos producen daños de bienes personales y materiales.

### **2.3.5 Ensayo de densidad de campo**

Es un ensayo geotécnico que se realiza in situ y se rige bajo la normativa nacional NTP 339.143. Tiene como finalidad hallar la densidad del suelo por el método de cono de arena, la arena es estandarizada conformada por partículas cuarzosas no cementadas de forma redondeadas, las cuales pasan entre las mallas N° 10 y malla N° 35

### **2.3.6 Ensayo de humedad Speedy**

Este ensayo es utilizado para hallar el contenido de humedad de suelos, arena y agregados finos in situ, para este ensayo se utiliza carburo de calcio que interactúa con el agua que contiene la muestra y produce una cantidad de gas expresado en porcentaje los cuales se toman por un manómetro, este ensayo se rige bajo la norma las normas internacionales ASTM D-4944 y AASHTO T217

### **2.3.7 Calicata**

Son excavaciones de diversas formas por la cual se puede hacer una inspección visual directa del terreno, permite tomar muestras de suelo, realizar el perfil estratigráfico y realizar ensayos in situ, se rige bajo la normativa NTP 339.162.

### **2.3.8 Relavera**

Son desechos del proceso final minero que se presentan en estado de lodo o sólido de tamaño entre arena y limo, estos son transportados y acumulados de forma segura en depósitos de relaves.

### **2.3.9 Cohesión**

Es la propiedad de atracción de las partículas de un material que se origina por las fuerzas moleculares por lo tanto si un suelo modifica su contenido de humedad su cohesión varía. La cohesión se mide en Kg/cm<sup>2</sup>, tienen cohesión alta los suelos arcillosos mientras que la cohesión de los suelos de los suelos limosos es bajo y las arenas prácticamente no tiene cohesión,

### **2.3.10 Angulo de fricción**

Es una característica de los suelos de clasificación granular y está vinculado con el ángulo de reposo o el mayor ángulo que dado para la pendiente que conforma dicho material granular. Este valor es importante para muy importante para conocer la estabilidad de taludes, resistencia de cimentaciones y la presión de empuje horizontal de los suelos.

### **2.3.11 Peso unitario**

Se representa como el resultado de la densidad por la gravedad, este dato es dependiente del contenido de humedad del suelo y está sujeto a variación con respecto del estado seco hasta el estado húmedo

### **2.3.12 Plataforma**

Conformación de un material de suelo de forma horizontal o recta que se encuentra en la parte superior de su estructura.

### **2.3.13 Piezómetro**

Instrumento geotécnico que es usado para medir el nivel de agua en perforaciones, taludes, plataformas por medio de una sonda piezométrica

### **2.3.14 Nivel freático**

Se define como la altura que se halla el agua en una perforación, es el nivel alcanzado por el agua en acuíferos subterráneos

## **2.4 Hipótesis de investigación**

### **2.4.1 Hipótesis general**

El análisis de la estabilidad de taludes demostrara el cumplimiento de la estabilidad física de la relavera N°1 y N°2 de la unidad minera Shila-Paula en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

- La topografía del terreno será importante para determinar el diseño geométrico, áreas, pendientes y límites de la relavera N°1, este trabajo se relaciona con el cumplimiento de la estabilidad física de la relavera N°1 en estado estáticas y pseudoestáticas.

- La topografía del terreno será importante para determinar el diseño geométrico, áreas, pendientes y límites de la relavera N°2, este trabajo se relaciona con el cumplimiento de la estabilidad física de la relavera N°2 en estado estáticas y pseudoestáticas.

- El estudio de mecánica de suelos será importante ya permite saber los parámetros físicos de cada unidad geotécnica de la relavera N°1 como el peso unitario, ángulo de fricción y la cohesión, se relaciona con el cumplimiento de la estabilidad física de la relavera N°1 en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

- El estudio de mecánica de suelos será importante ya que permite saber los parámetros físicos de cada unidad geotécnica de la relavera N°2 como la cohesión, el ángulo de fricción y el peso unitario, se relaciona con el cumplimiento de la estabilidad física de la relavera N°2 en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

- El cálculo de los factores de seguridad estáticos y pseudoestáticos de la relavera N°1 será importante ya que nos da el valor numérico el cual comparamos con los mínimos criterios de estabilidad y se relaciona con el cumplimiento de la estabilidad física.

- El cálculo de los factores de seguridad estáticos y pseudoestáticos de la relavera N°2 será importante ya que nos da el valor numérico el cual comparamos con los mínimos criterios de estabilidad y se relaciona con el cumplimiento de la estabilidad física.

## 2.5 Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<b>VARIABLE 1 ESTABILIDAD DE TALUDES</b>	<p><b>RNE CE.0.20 Estabilización de suelos y taludes (D.S. N° 017-2012-VIVIENDA)</b> Es la evaluación de un talud que consiste en realizar los cálculos para hallar los factores de seguridad. Para realizar la está evaluación se debe determinar La topografía y ejecutar el estudio de mecánica de suelos.</p> <p>De esta manera se deberá evaluar la estabilidad del talud para condiciones estáticas y pseudoestáticas. El factor de seguridad mínimo requerido para el talud será de 1.5 para estado estático y 1.25 para el estado pseudoestático</p>	Topografía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura</li> <li>- Área</li> <li>- Volumen</li> <li>- Taludes</li> <li>- Coordenadas UTM</li> </ul>	<b>1-2</b>
		Estudio de mecánica de suelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calicatas.</li> <li>- Ensayos de campo</li> <li>- Nivel freático</li> <li>- Resistencia al corte de los materiales (ensayos de laboratorio)</li> </ul>	<b>2-3</b>
		Factor de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Factor Estático</li> <li>- Factor Pseudoestático</li> </ul>	<b>3-4</b>



### **III. Metodología**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

La elaboración del presente trabajo tiene un enfoque metodológico CUANTITATIVO, ya para la recolección de datos se utilizarán herramientas de análisis matemático y obtener datos numéricos.

##### **3.1.2 Nivel de investigación**

La elaboración de la tesis tiene un nivel DESCRIPTIVO – CORRELACIONAL COMPARATIVO, el cual permitirá describir la variable, relacionar las muestras y compararlas para llegar a un resultado y relacionarlo con el objetivo de la investigación

##### **3.1.3 Diseño de investigación**

La investigación es de diseño NO EXPERIMENTAL TRANSVERAL RETROESPECTIVO ya que no se manipulará deliberadamente la variable, la recolección de datos describirá la variable y el análisis de su comportamiento será en un mismo tiempo.

#### **3.2 Población y muestra**

##### **3.2.1 Población**

La población serán los taludes de las secciones trasversales más delicadas de la relavera N°1 y de la relavera N°2.

##### **3.2.2 Muestra**

Las muestras se obtendrán realizando calicatas de profundidades promedio de dos metros o hasta encontrar relave, de las cuales se recogerán muestras de suelo de cada calicata, la calicata C-1 se ubicará en la relavera N°1 y la calicata C-2 se ubicará en la relavera N°2. A continuación, se muestra la ubicación y profundidad estimada de las muestras.

Tabla 3 Calicatas de inspección y muestreo

Calicata	Muestra	Coordenada Norte UTM	Coordenada Este UTM	Profundidad (m)
C-1	M-1	8,301,302.99	809,011.07	1.20
C-2	M-2	8,301,368.96	808,927.13	1.40

### 3.3 Técnicas de recolección de datos

#### 3.3.1 Técnicas a utilizar

##### Recopilación de información

Durante el desarrollo de plan de trabajo para realizar la investigación, el jefe de la unidad minera Shila-Paula brindo información acerca de estudio anteriores realizados a las relaveras N°1 y N°2, donde se encontraron informes de construcción, valores de propiedades físicas del suelo y su composición. Esta información proporcionada fue revisada y seleccionada para el soporte de esta investigación.

##### Trabajos en campo

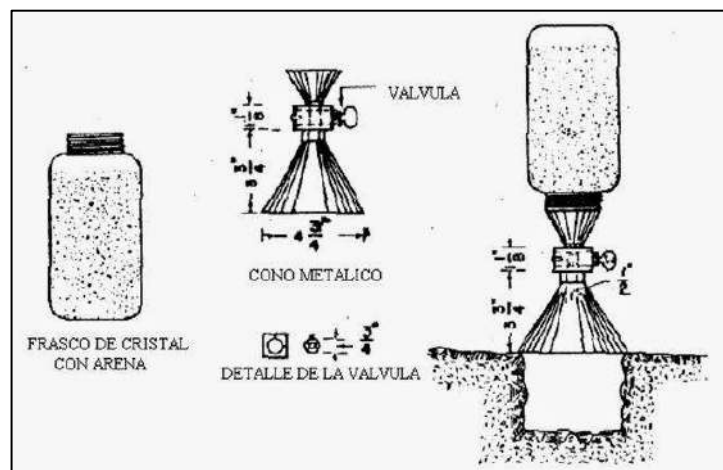
Inspección y observación de campo: consiste en realizar el reconocimiento del área de estudio con respecto a la información recopilada, se identifican zonas vulnerables de inestabilidad y se da una evaluación del estatus actual de las relaveras a analizar.

Levantamiento topográfico: consiste en realizar la hallar las curvas de nivel del área de estudio, delimitar áreas, cálculo de volumen y realizar el monitoreo de hitos de control, para realizar el levantamiento topográfico se utilizará una estación total leica con apoyo

de dos prismas y de un GSP navegador garmin, teniendo especial detalle en la toma de datos y la separación entre curvas de nivel serán de 1 metro a 0.5 metros dependiendo la forma del terreno actual

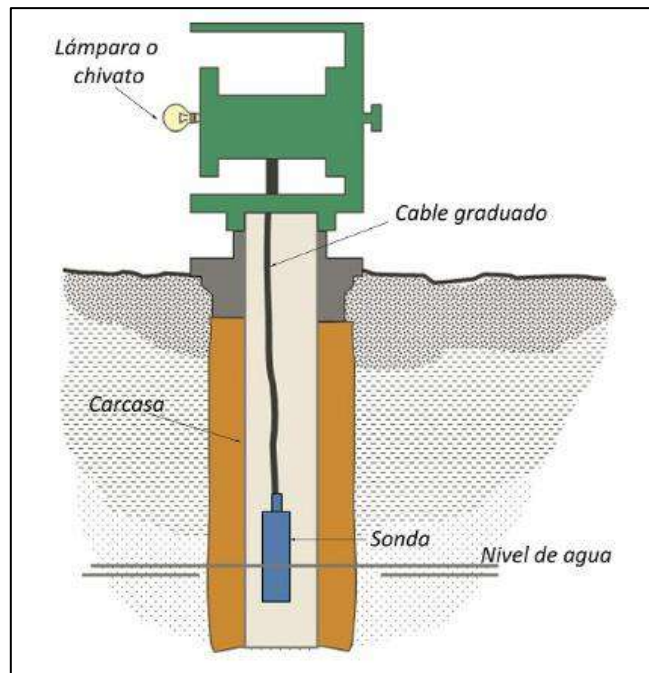
Estudio de mecánica de suelos: Para realizar este estudio se llevará a cabo una evaluación geotécnica in situ y posteriormente un análisis de muestras en laboratorio. La evaluación geotécnica in situ consiste en realizar calicatas de dos metros de profundidad aproximadamente, realizar la inspección visual de la estratigrafía del suelo, realizar los ensayos de cono de arena (densidad de campo) (NTP 339.143) y el ensayo Speedy (contenido de humedad) (ASTM D-4944), luego realizar los ensayos se procederá con el muestreo de suelo para su realizar el análisis en el laboratorio.

Figura 8 procedimiento de ensayo de densidad de campo



La medición del nivel de freático forma parte del estudio de mecánica de suelos, esta medición se realiza por medio de la sonda piezométrica la cual se utiliza para el control del nivel de agua subterránea en suelos y/o rocas que por defecto cuando se va soltando el cable graduado que tiene en su inicio la sonda, este al entrar al contacto con el agua da una señal óptica y acústica para identificar que llegamos al nivel de medición.

Figura 9 Esquema de funcionamiento de zona piezométrica



### 3.3.2 Descripción de los instrumentos

“Ficha de observación – verificación geotécnica”: Se utilizará para el registro que se genere de la actividad de inspección y observación de campo

“Ficha de registro de puntos topográficos”: En esta ficha se registrarán los puntos medidos con el levantamiento topográfico los cuales son: número de punto coordenadas, cotas y descripción.

“Ficha de registro de datos de instrumentación geotécnica”: En esta ficha se registrarán los datos obtenidos de la medición de los hitos de control y la medición del nivel freático por medio de la sonda piezométrica

“Ficha de registro de datos del ensayo de densidad de campo”: En esta ficha se registrará los datos del estudio de mecánica de suelos, específicamente los valores obtenidos del ensayo in situ de densidad de campo, así como también el resultado del ensayo de contenido de humedad Speedy.

“Ficha de observación y registro de datos – perfil estratigráfico”: Se utilizará esta ficha para el registro de datos de forma visual de la estratigrafía del suelo y los recolectados de los ensayos de laboratorio, forma parte del estudio de mecánica de suelos.

Entre las herramientas y equipos utilizados para la obtención de datos, valores que serán registrados en las fichas descritas, tenemos los siguientes:

Para el levantamiento topográfico y monitoreo de hitos de control se utilizará

- estación total
- un trípode
- prismas
- GPS navegador

Para el estudio de mecánica de suelos.

se utilizará un equipo geotécnico de densidad de campo conformado por

- un cono metálico de 6”
- arena de otawa
- placa metálica
- balanza con calibración en gramos
- tamiz 3/4"
- cincel
- bandeja metálica
- comba

Se utilizará un equipo geotécnico Speedy conformado por:

- Balanza digital
- Vasija con manómetro
- dos esferas de acero de diámetro de 31.75 mm
- carburo de calcio
- cuchara para medición del carburo de calcio

Se utilizará para la medición del nivel freático:

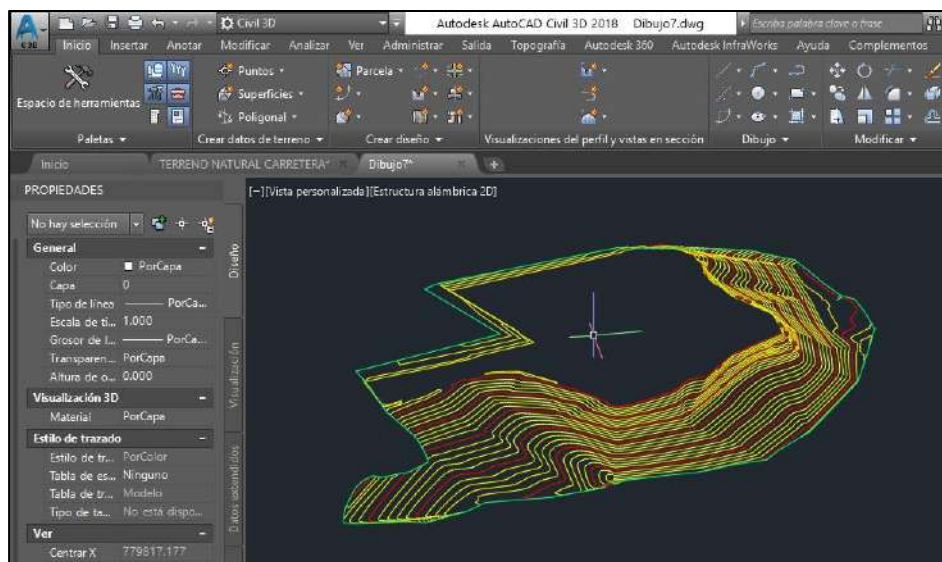
- una sonda piezométrica

### 3.4 Técnicas para el procedimiento de la información

Para la etapa de procesamiento de datos utilizaremos:

De data topográfica: se procesarán los datos de la ficha de registro de puntos topográficos con el programa AutoCAD Civil 3D 2018. mediante el procesamiento de datos por este software se obtendrá la superficie con sus elevaciones respectivas del área de estudio, luego en el mismo programa se realizará las secciones transversales y se dará la caracterización de los sectores más vulnerables.

Figura 10 Uso del software AutoCAD Civil 3D 2018



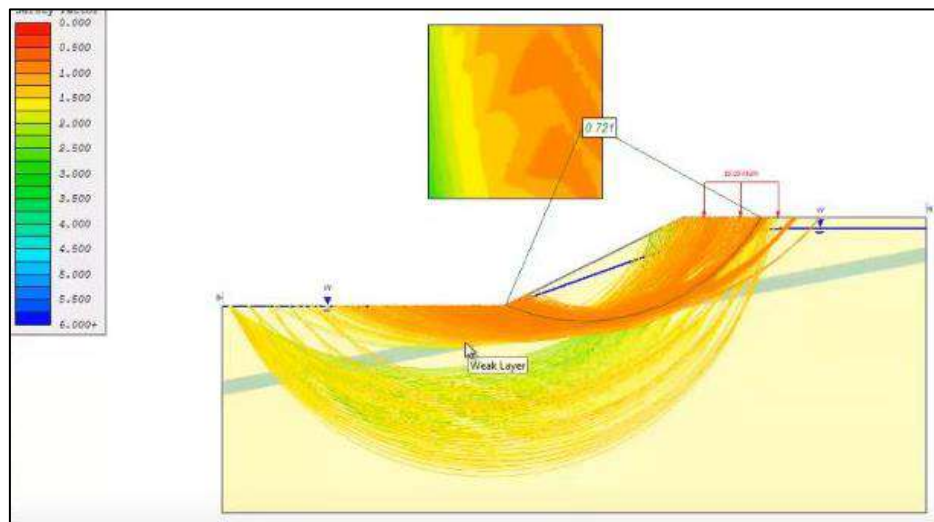
Correspondiente a los ensayos de laboratorios, se realizarán los ensayos siguientes:

- Ensayo de peso unitario suelto (NTP 400.017)
- Ensayo de granulometría de suelos por tamizado (NTP 339.128)
- Limite líquido, límites plástico e índice de plasticidad (NTP 339.129)
- Análisis de corte directo (ASTM D-3080)

Del ensayo de corte directo se obtendrá los parámetros de propiedades físicas de suelo, los cuales servirán para el análisis de estabilidad.

Finalmente, luego de la obtención de datos de los anteriores procesamientos de información, se utilizará el software Slide 6.0 producido por Rocscience, este software es usado para el análisis de estabilidad de taludes en dos direcciones y utiliza el método de análisis de equilibrio limite. La data procesada topográfica y los resultados de los ensayos de laboratorio son integrados y utilizados por este software para que realice el análisis en condiciones estáticas, para el análisis en condiciones pseudoestáticas se utiliza de igual manera los datos procesados topográficos y de los ensayos de laboratorios y se le adiciona el factor de zona (aceleración sísmica). Este programa utilizará diferentes criterios para la obtención de los coeficientes de seguridad, para este proyecto de investigación se utilizará los criterios de Bishop simplified y Spencer por brindar los datos más conservadores y confiables.

Figura 11 Uso del software Slide 6.0



## IV. Resultados

### 4.1 Análisis de resultados

#### 4.1.1 Resultados topográficos

- De los trabajos en campo, una de las actividades que se realizó fue el levantamiento topográfico de la relavera N°1 y N°2 para lo cual la medición se utilizó el quipo topográfico de estación total con sus accesorios y se utilizó el instrumento de registro de puntos topográficos (ver anexo 01), así mismo se realizó el monitoreo de los hitos de control que se encontraron en las relaveras encontrando los hitos H-01 y H-02 como parte de la relavera N°1 y el hito H-03 en la relavera N°2.

- Para la obtención de los resultados se procesó la data topográfica de campo en el Software AutoCAD Civil 3D obteniendo los siguientes resultados alineados a los indicadores:

Tabla 4 Resultados topográficos

Relavera	Área m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Taludes	Coordenadas UTM	
				Norte	Este
Relavera N°1	9,800.41	39,201.64	1V:2.07H	8,301,350	808,940
Relavera N°2	7,840.27	39,985.377	1V:1.95H	8,301,300	809,030

Adicionalmente a los resultados obtenidos en base a los indicadores, se realizó lo planos de planta y secciones necesarios para el análisis final de este proyecto de investigación. Se realizan cuatro secciones transversales, dos secciones en la relavera N°1 que fueron denominados sección A-A' y sección B-B' y donde secciones en la relavera N°2 denominados sección C-C' y sección D-D', los planos elaborados se muestran en el anexo A.



Figura 12 Procesamiento de la topografía – Plano en planta

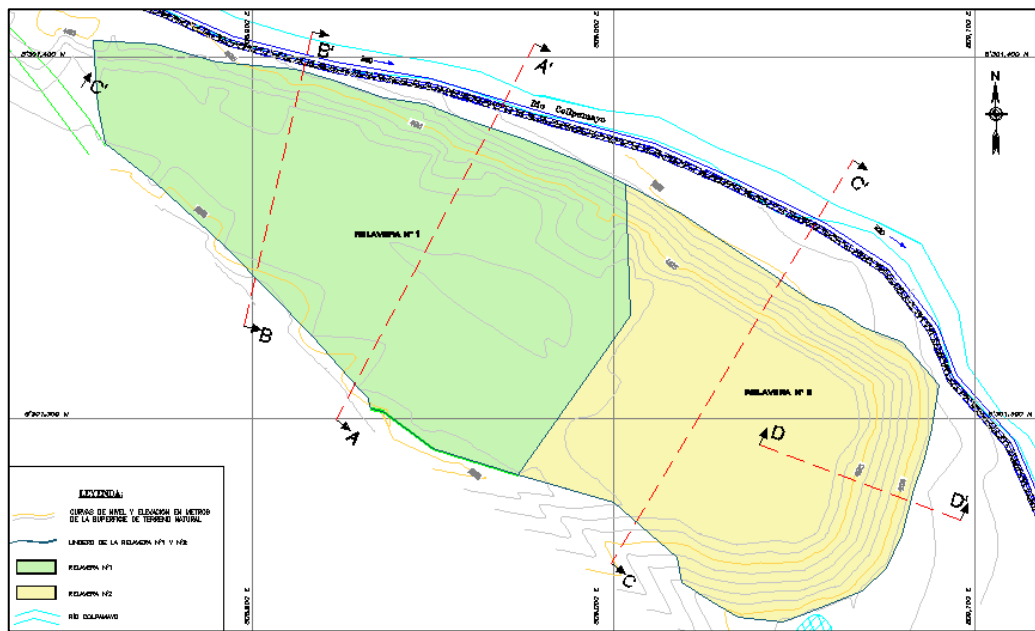
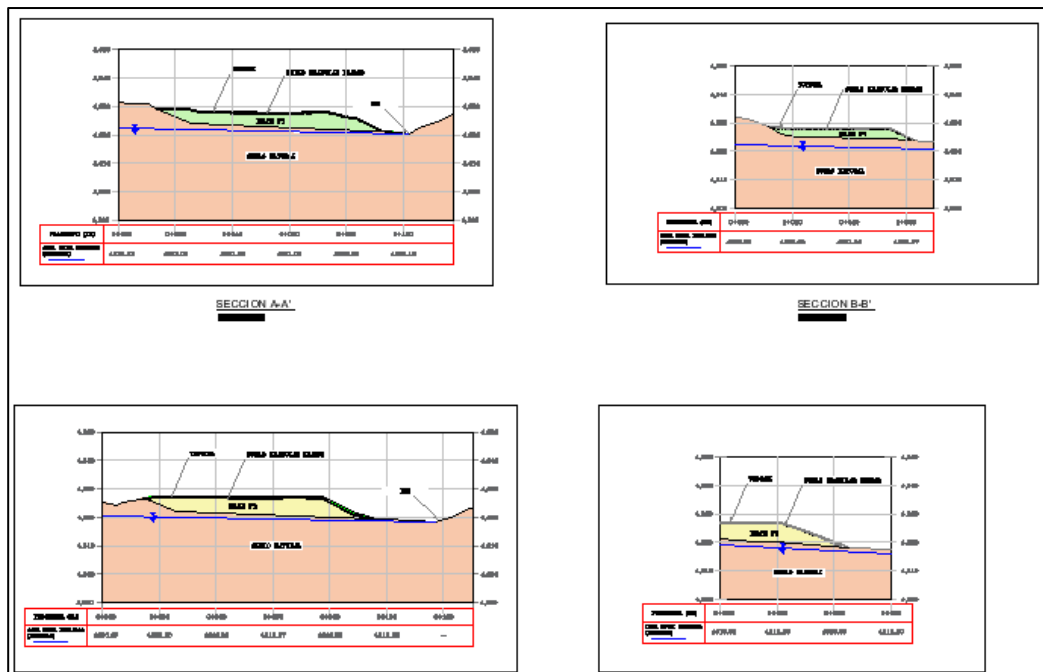


Figura 13 Procesamiento de la topografía - Secciones



En el anexo 02 se muestra los certificados de calibración de los instrumentos utilizados para las mediciones de los datos en campo, asegurando la confiabilidad de los datos medidos.

#### 4.1.2 Resultados del estudio de mecánica de suelos

- De los trabajos en campo se desarrollaron las actividades de ensayos in situ como método de cono de arena (densidad de campo) y el método de speedy para conocer el contenido de humedad del suelo. Se realizaron dos ensayos de densidad de campo y speedy en cada calicata correspondiente a la relavera N°1 y relavera N°2

Tabla 5 Resultados de la densidad de campo y el ensayo speedy

Relavera	Código de ensayo	Densidad seca gr/cm <sup>3</sup>	Humedad %
Relavera N°1	D-1	1.184	21
	D-2	1.175	23
Relavera N°2	D-3	1.161	24
	D-4	1.172	23

Así mismo se realiza la medición del nivel freático por medio de los piezómetros encontrados que fueron el piezómetro AMP-08 perteneciente a la relavera N°1 y el piezómetro AMP-07 que pertenece a la relavera N°2, para a medición se utilizó la sonda piezométrica la cual nos da la profundidad de los niveles de agua.

Tabla 6 Resultados de medición con la sonda piezométrica en piezómetros

Relavera	Código de piezómetro	Cota m.s.n.m.	Nivel freático m.s.n.m.
Relavera N°1	AMP-08	4628.27	4626.80
Relavera N°2	AMP-07	4628.68	4619.93

La estratigrafía de la calicata C-1 ubicado en la relavera N°1 resulto lo siguiente: los primeros 0.20m de profundidad de excavación se muestra una capa de suelo orgánico color marrón con presencia de raíces, entre las profundidades de 0.20m hasta 0.50m se encontró una capa de material de préstamo con contenido de gravas angulosas y matriz arenosa y desde los 0.50m hasta los 1.20m de profundidad se encontró relave arenoso,

con un 86% de arena Con un 86.8% de arena de grano fino; fracción fina pasante la malla N°200 en un 13.2%, no plástico (LL= .-, IP= NP); poco húmedo a húmedo, color grisáceo.

La estratigrafía de la calicata C-2 ubicado en la relavera N°2 resulto lo siguiente: los primeros 0.30m de profundidad de excavación se muestra una capa de suelo orgánico color marrón con presencia de raíces, entre las profundidades de 0.30m hasta 0.80m se encontró una capa de material de préstamo con contenido de gravas angulosas y matriz arenosa y desde los 0.80m hasta los 1.40m de profundidad se encontró relave arenoso, con un 71% de arena de grano fino; fracción fina pasante la malla N°200 en un 92.9%, plástico (LL= 40.5%, IP= 11.6%); muy húmedo a saturado, color pardo.

- La muestra extraída de la calicata C-1 se denominó M-1 y la muestra extraída de la calicata C-2 se denominó M-2, ambas muestras se enviaron a un laboratorio de mecánica de suelos donde se realizaron los siguientes ensayos de laboratorios

- Ensayo de peso unitario suelto (NTP 400.017)
- Análisis de granulometría de suelos por tamizado (NTP 339.128)
- Limite líquido, limites plástico e índice de plasticidad (NTP 339.129)
- Ensayo de corte directo (ASTM D-3080)

Donde los valores de la caracterización del suelo son correspondientes a los ensayos de análisis granulométricos de suelos por tamizado y de limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad (límites de atterberg), y la caracterización de las propiedades físicas de los materiales corresponden a los ensayos de peso unitario suelo y el ensayo de corte directo.

En el anexo 02 se muestran los certificados de calibración de los instrumentos utilizados para las mediciones de los datos en campo, en el anexo 03 se muestran los ensayos de laboratorio con sus respectivas firmas del responsable del laboratorio y el ingeniero responsable, de esta manera se asegura la confiabilidad y validez de los datos medidos.

Tabla 7 Resultados del análisis de laboratorio – caracterización del suelo

Relavera	Calicata - muestra	Clasificación Sucs/Granulométrico	Límites de atterberg
Relavera N°1	C1-M1	SM (Arena limosa): Con un 86.8% de arena de fino grado; porción fina pasante la malla N°200 en un 13.2%, no plástico (LL= --, IP= NP); húmedo a muy húmedo, color grisáceo.	Límite líquido % = -- Límite Plástico % = NP Índice Plasticidad % = NP
Relavera N°2	C1-M2	ML (Limo inorgánico): Con un 7.1% de arena de fino grano; porción fina pasante la malla N°200 en un 92.9%, plástico (LL= 40.5%, IP= 11.6%); muy húmedo a saturado, color pardo.	Límite líquido % = 40.5 Límite Plástico % = 28.90 Índice Plasticidad % = 11.6

Tabla 8 Resultados del análisis de laboratorio – Propiedades físicas de los materiales

Relavera	Calicata - muestra	corte directo		Peso unitario Kg/m <sup>3</sup>
		Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Angulo de fricción (°)	
Relavera N°1	C1-M1	0	30.6	1293
Relavera N°2	C1-M2	0.05	19.8	936

- Para la determinar el valor del coeficiente sísmico se utilizó los factores de zona (aceleración sísmica) de la tabla 2 (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2019), que nos indica que el territorio peruano se divide en 4 zonas sísmicas (figura 6), para lo cual a cada zona se le asigna un factor de aceleración sísmica y la elección de este valor depende de en que zona geográficamente este ubicado el proyecto.

El proyecto de investigación se ubicada en la ciudad de Arequipa, Provincia de castilla y distrito de Chachas, geográficamente se ubica en a zona 3 y le corresponde un valor de aceleración sísmica de 0.35, según la norma internacional AASTHO el coeficiente sísmico será  $\frac{1}{2}$  de la aceleración sísmica por lo tanto el valor del coeficiente sísmico para este proyecto de investigación será de 0.18

### 4.1.3 Cálculo del factor de seguridad

Procesada los datos anteriores y obtenidos sus respectivos resultados se procede a realizar el cálculo de los factores de seguridad para el estado estático y pseudoestático, el análisis es por medio del método de equilibrio limite utilizando el software Slide 6.0 usando los criterios de Bishop y de Spencer por dar valores y resultados más conservadores.

#### Relavera N°1

Se analizará primero la relavera N°1, específicamente a las secciones transversales generadas de la topografía que son las secciones A-A' y B-B' e introduciendo los valores de las propiedades físicas de los materiales y los niveles de agua que interactúa con la relavera N°1.

Tabla 9 Parámetros usados en el programa Slide 6.0- Relavera N°1

Unidad geotécnica	peso unitario kN/m <sup>3</sup>	Cohesión (kN/m <sup>2</sup> )	Angulo de fricción (°)
Suelo granular	26	49	28
Relave N°1	12.68	0	30.6
Suelo natural	22	0	35

A continuación, se presentan los análisis en condiciones estáticas y pseudoestáticas de la relavera N°1.

Figura 14 Análisis de la sección A-A' condición estática - Bishop

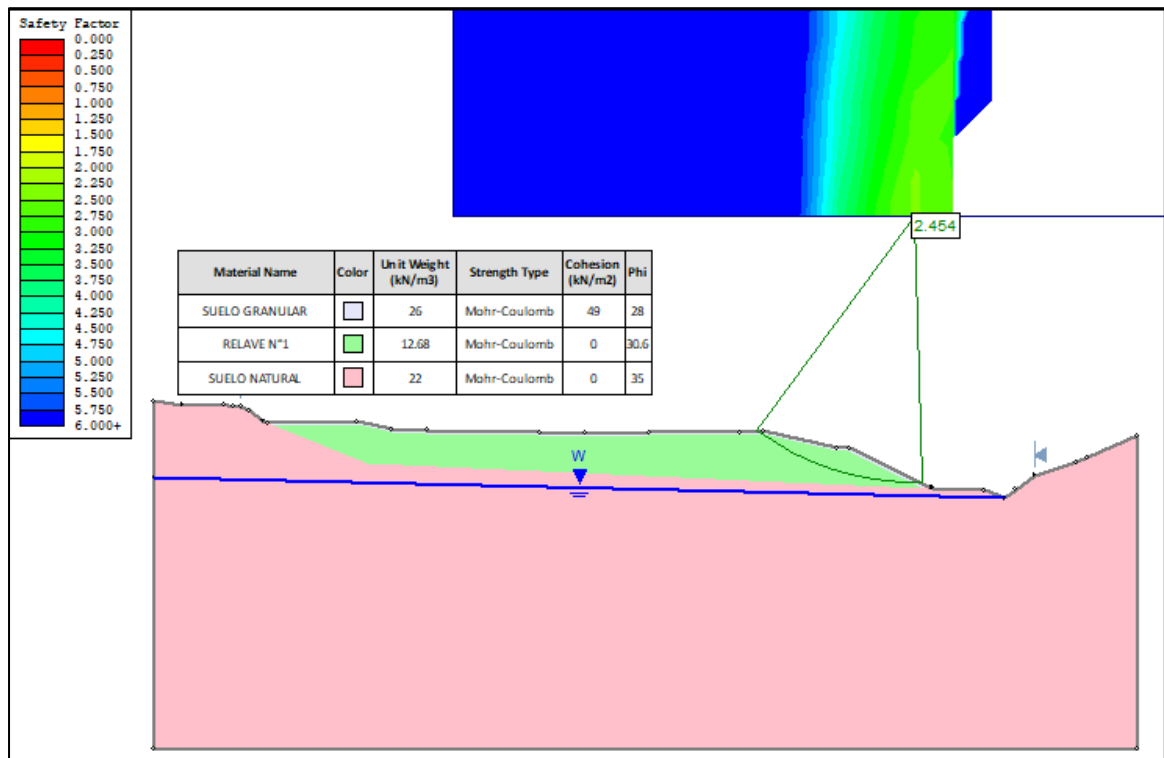


Figura 15 Análisis de la sección A-A' condición pseudoestática - Bishop

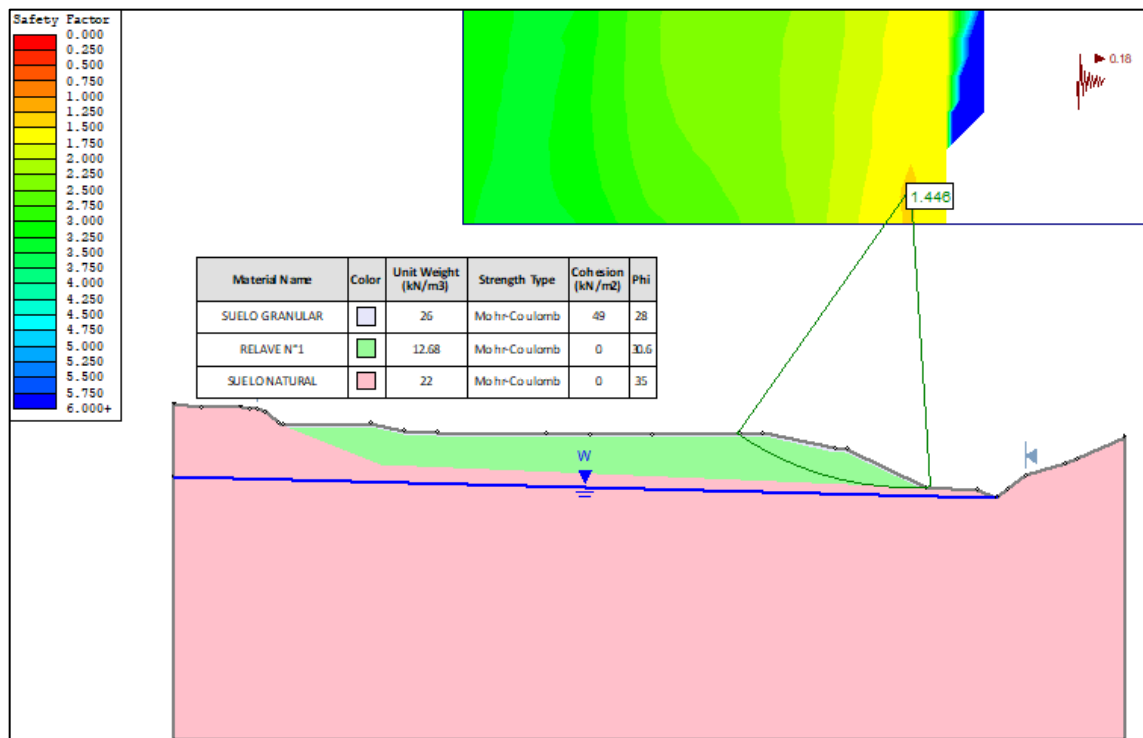


Figura 16 Análisis de la sección A-A' condición estática - Spencer

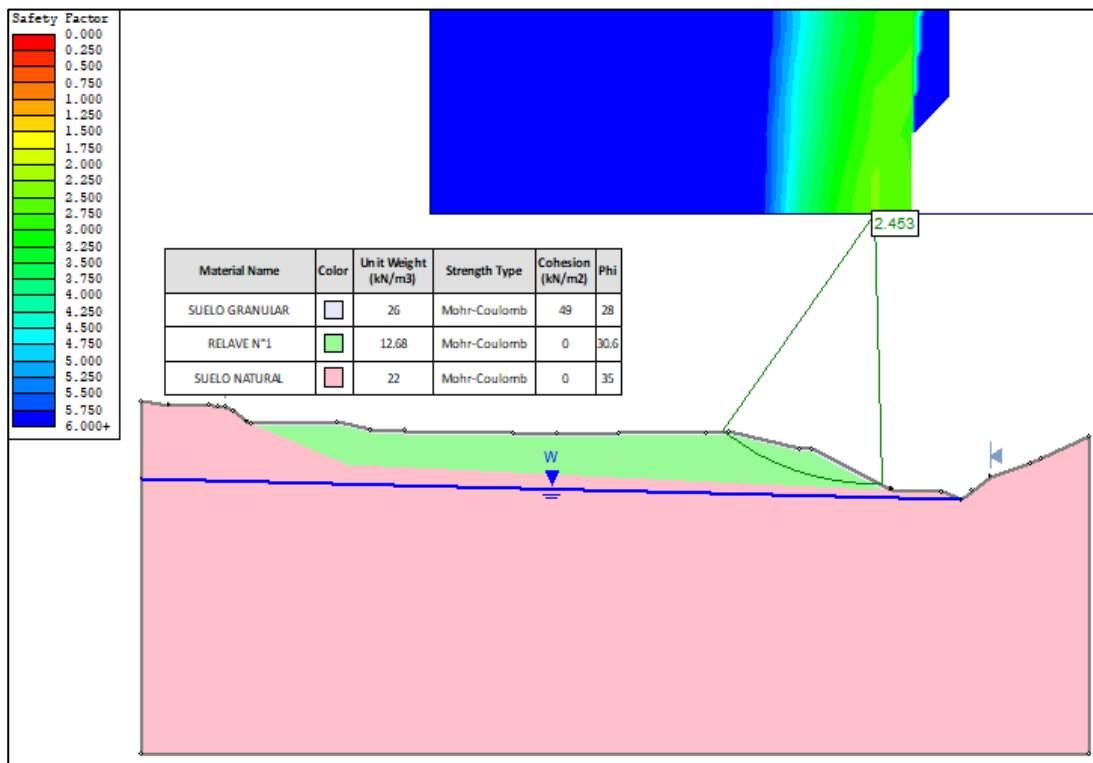


Figura 17 Análisis de la sección A-A' condición pseudoestática - Spencer

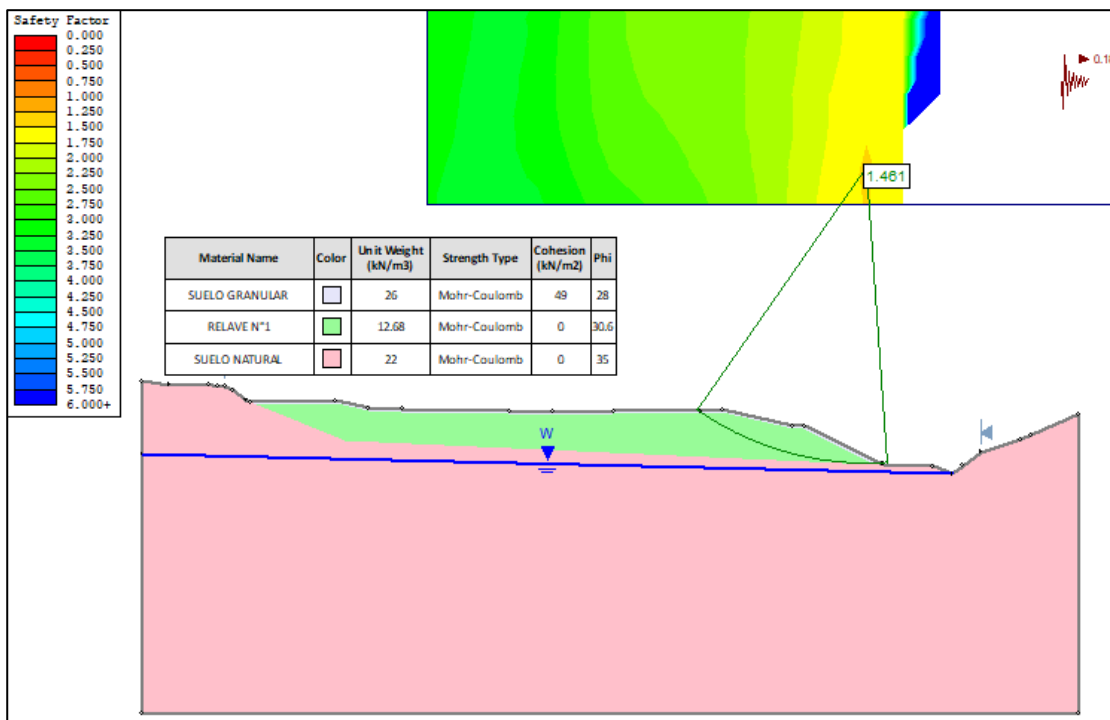


Figura 18 Análisis de la sección B-B' condición estática – Bishop

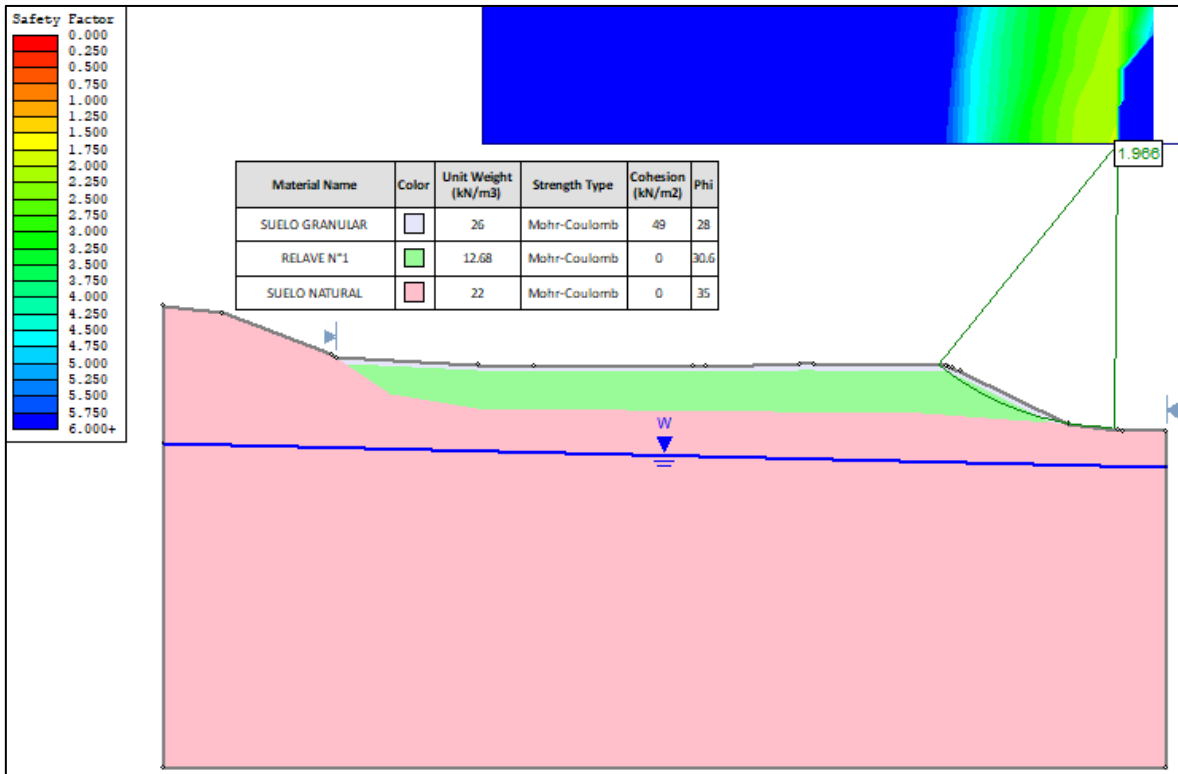


Figura 19 Análisis de la sección B-B' condición pseudoestática – Bishop

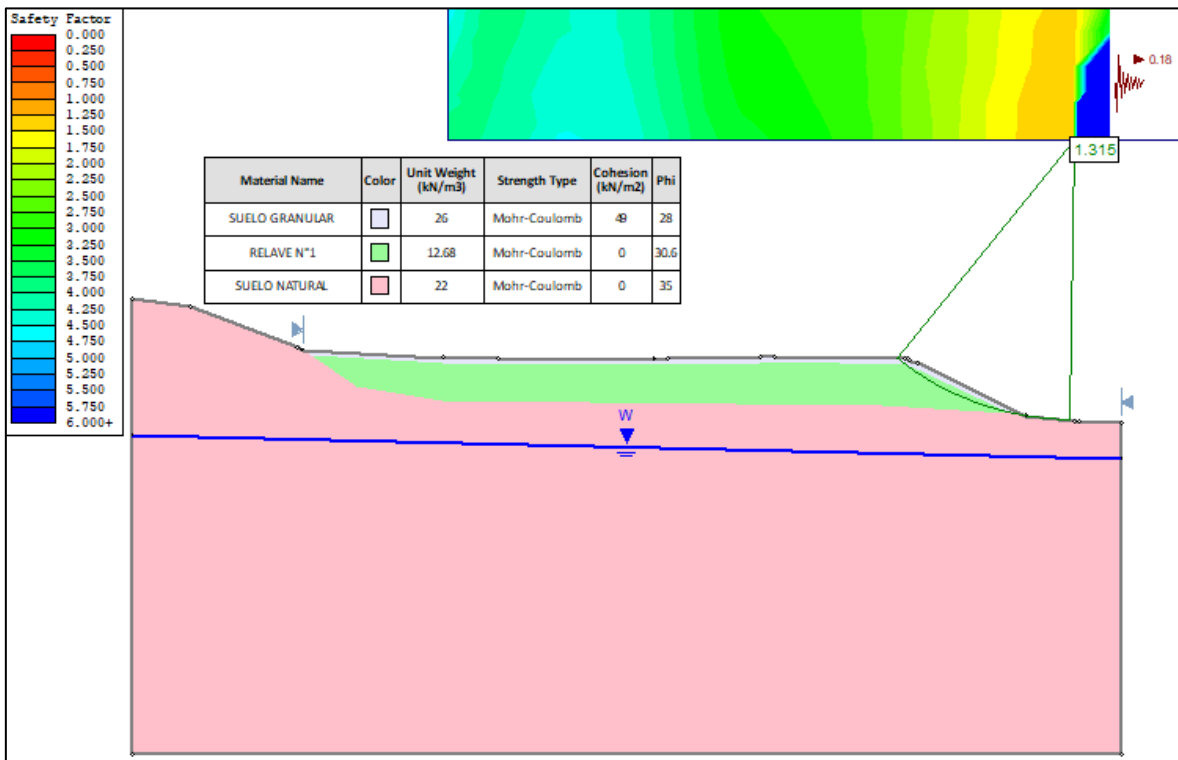




Figura 20 Análisis de la sección B-B' condición estática - Spencer

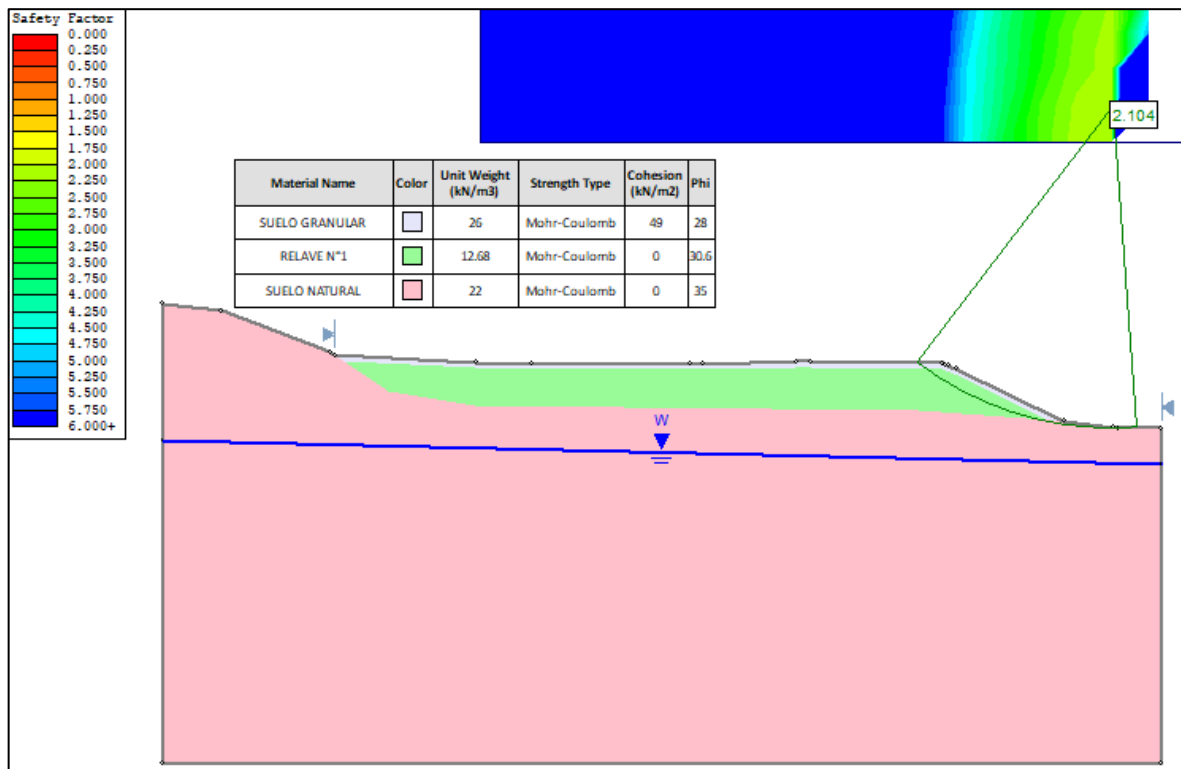
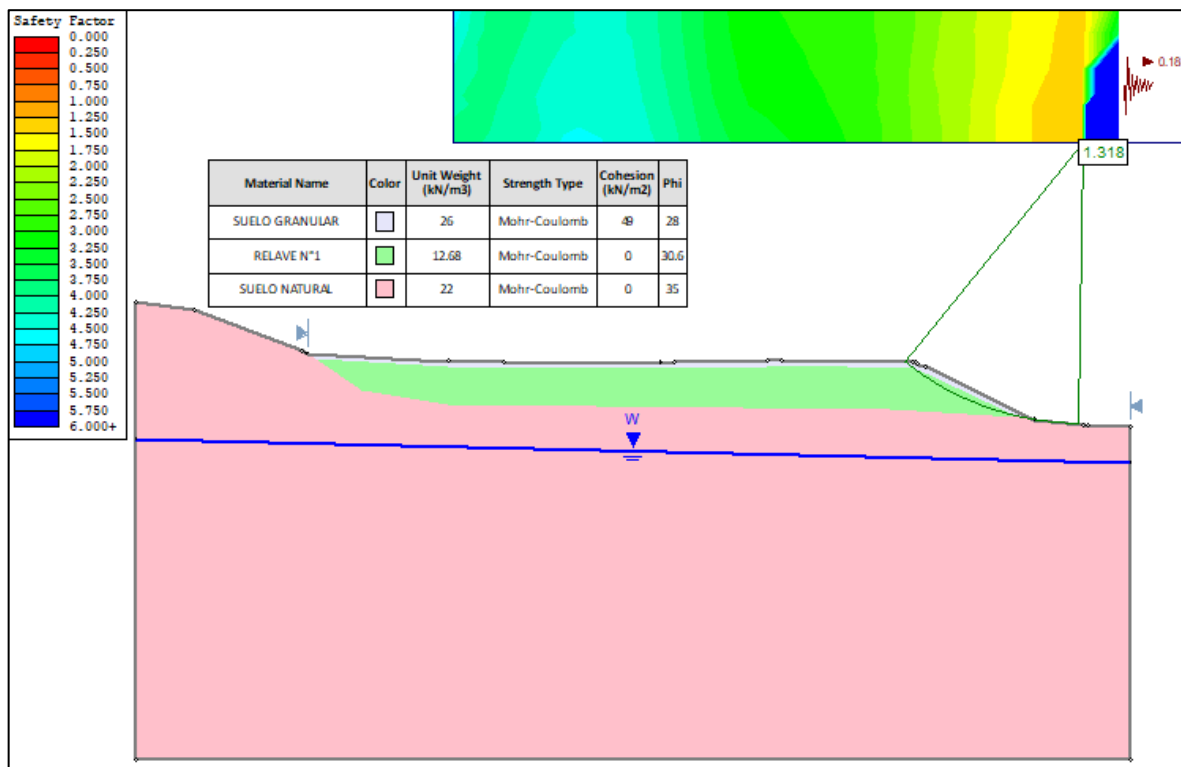


Figura 21 Análisis de la sección B-B' condición pseudoestática - Spencer



Realizado los análisis de estabilidad en las secciones A-A' y B-B' de la relavera N°1, se presenta a continuación los resultados de los factores de seguridad en el estado estático y pseudoestático por los métodos de Bishop y Spencer

Tabla 10 Resultados de los factores de seguridad de la relavera N°1

Relavera	Sección	Método de Bishop		Método de Spencer	
		Factor de seguridad Condición estática	Factor de seguridad Condición pesudoestática	Factor de seguridad Condición estática	Factor de seguridad Condición pesudoestática
Relavera N°1	A-A'	2.454	1.446	2.453	1.461
	B-B'	1.966	1.315	2.104	1.318

### Relavera N°2

Como último paso se analizará la relavera N°2, específicamente a las secciones transversales generadas de la topografía que son las secciones C-C' y D-D' e introduciendo los valores de las propiedades físicas de los materiales y los niveles de agua que interactúa con la relavera N°2.

Tabla 11 Parámetros usados en el programa Slide 6.0- Relavera N°2

Unidad geotécnica	peso unitario kN/m3.	Cohesión (kN/m2).	Angulo de fricción (°).
Suelo granular	26	49	28
Relave N°2	9.18	4.9	19.8
Suelo natura	22	0	35

A continuación, se presentan los análisis en condiciones estáticas y pseudoestáticas de la relavera N°2.

Figura 22 Análisis de la sección C-C' condición estática - Bishop

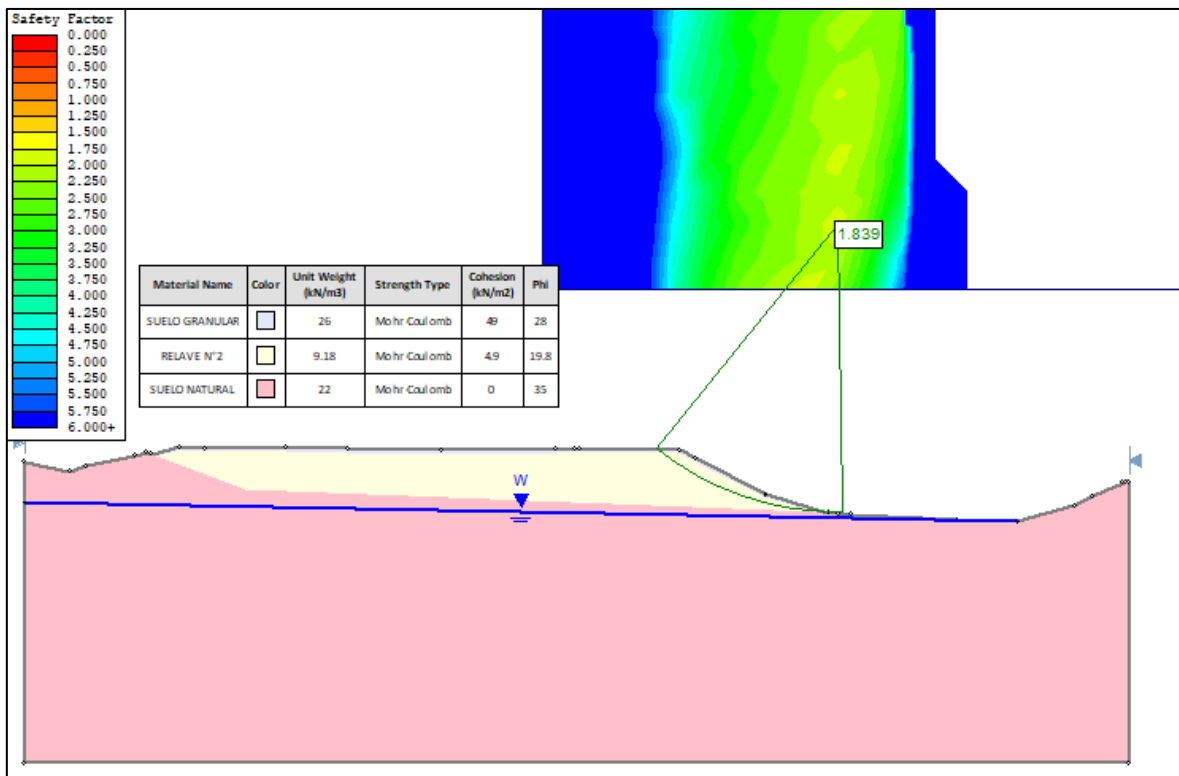


Figura 23 Análisis de la sección C-C' condición pseudoestática – Bishop

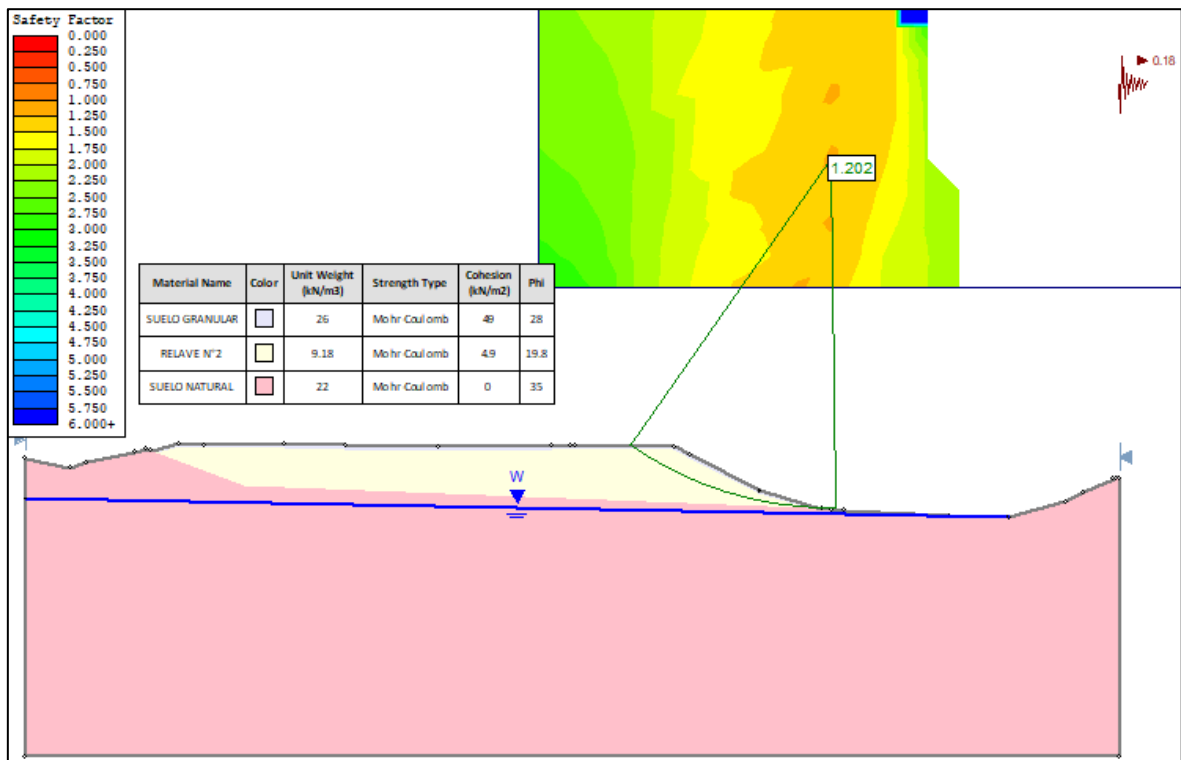


Figura 24 Análisis de la sección C-C' condición estática - Spencer

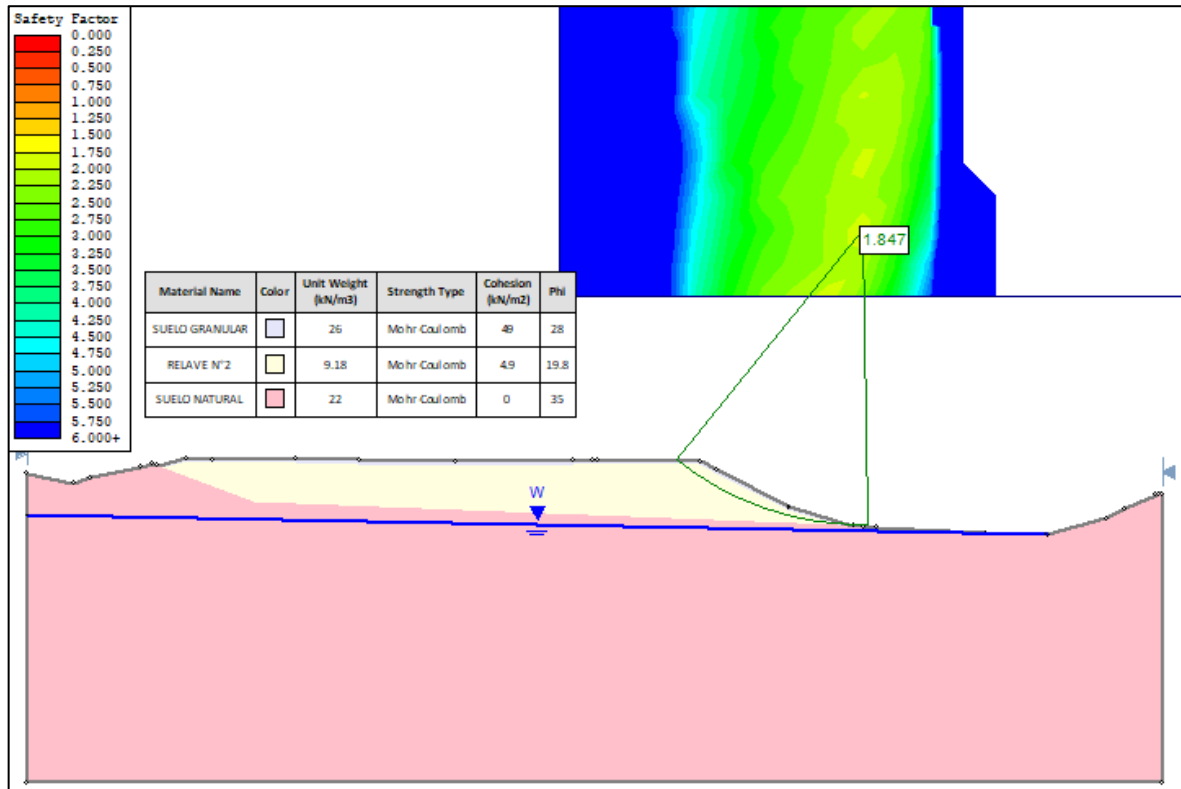


Figura 25 Análisis de la sección C-C' condición pseudoestática - Spencer

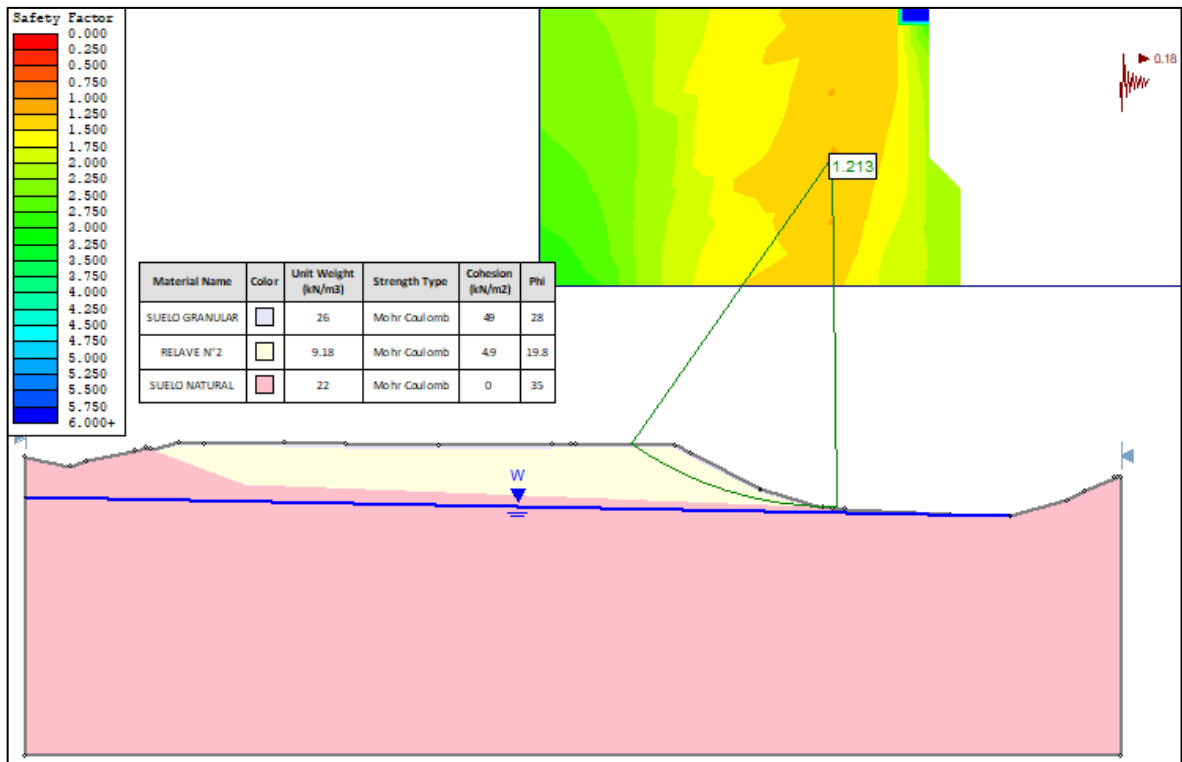


Figura 26 Análisis de la sección D-D' condición estática - Bishop

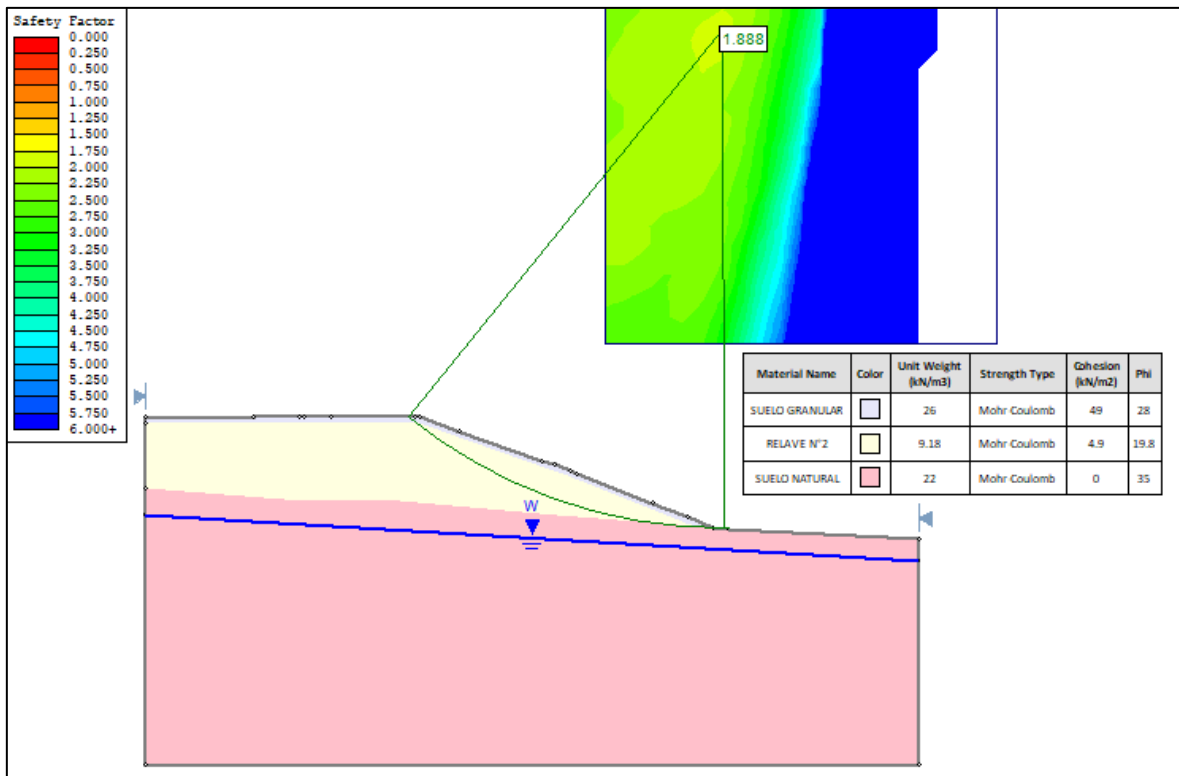


Figura 27 Análisis de la sección D-D' condición pseudoestática – Bishop

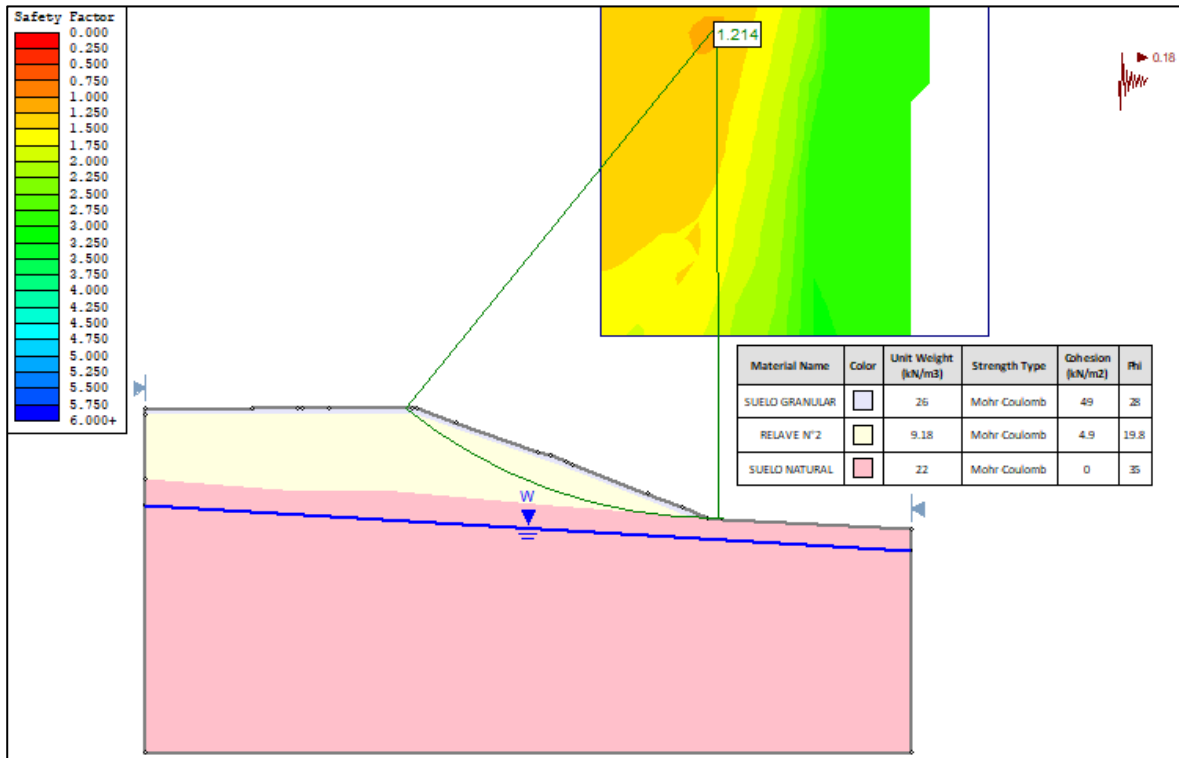


Figura 28 Análisis de la sección D-D' condición estática - Spencer

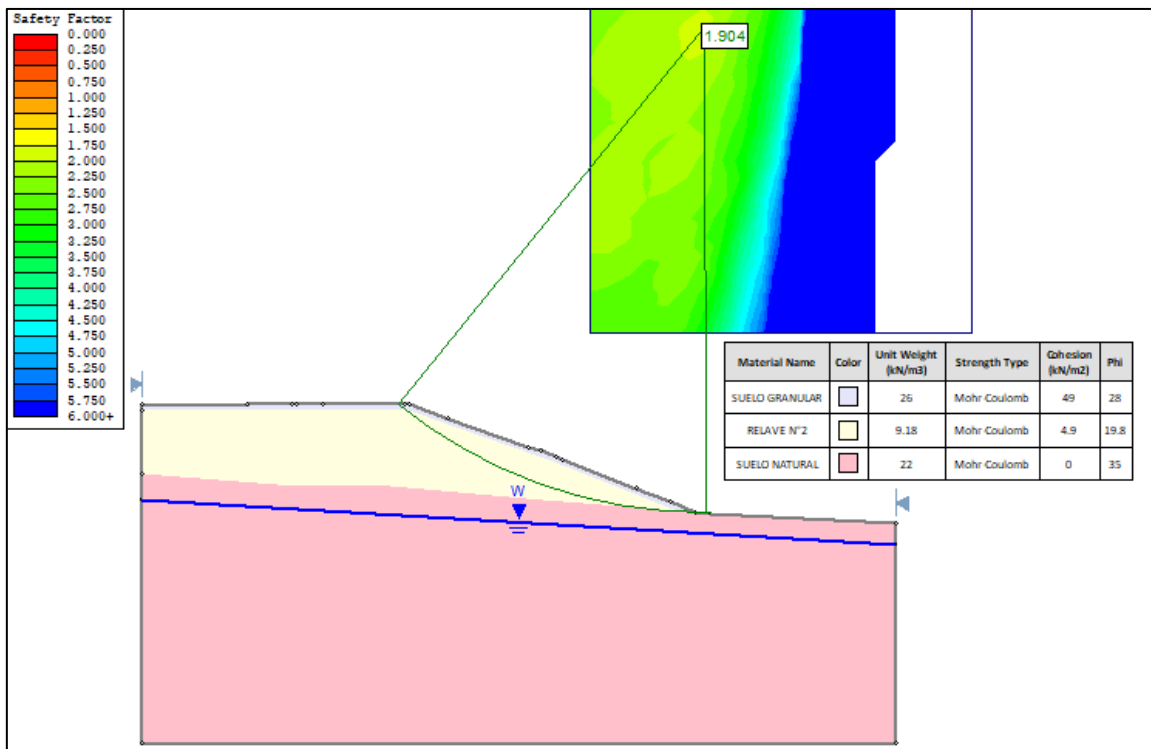
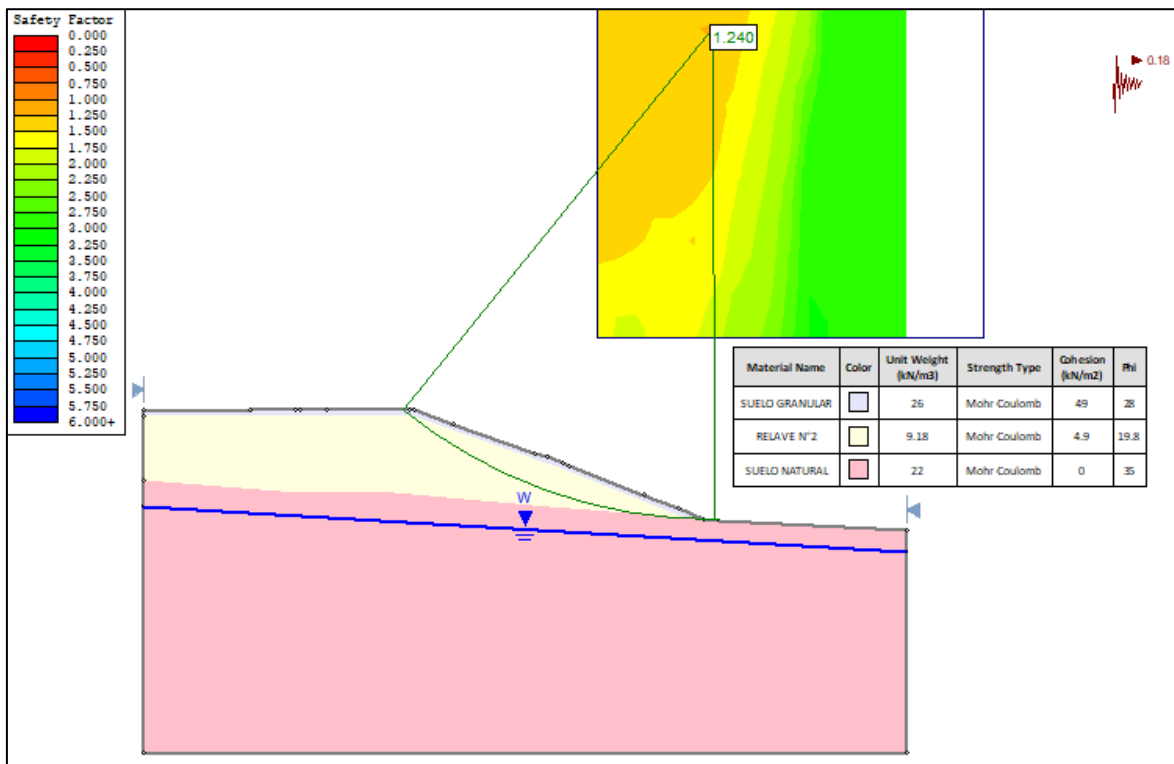


Figura 29 Análisis de la sección D-D' condición pseudoestática - Spencer



Realizado los análisis de estabilidad en las secciones C-C' y D-D' de la relavera N°2, se presenta a continuación los resultados de los factores de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas por los métodos de Bishop y Spencer

Tabla 12 Resultados de los factores de seguridad de la relavera N°2

Relavera	Sección	Método de Bishop		Método de Spencer	
		Factor de seguridad. Condición estática	Factor de seguridad. Condición pseudoestática	Factor de seguridad. Condición estática	Factor de seguridad. Condición pseudoestática
Relavera N°2	C-C'	1.839	1.202	1.847	1.213
	D-D'	1.888	1.214	1.904	1.240

### Evaluación

Según (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2012), Para decir que las relaveras N°1 y N°2 cumplen con ser estables físicamente deben cumplir con las mínimas condiciones de estabilidad (factores mínimos) que muestra la tabla 1.

Por lo tanto de los resultados obtenidos podemos decir que del análisis de estabilidad de taludes los factores de seguridad calculados en la relavera N°1 cumplen con los criterios mínimos de estabilidad en condiciones estáticas y pseudoestáticas asegurando actualmente su estabilidad física, sin embargo la relavera N°2 en su análisis de taludes presenta factores de seguridad específicamente en la condición pseudoestática por debajo de los criterios mínimos por lo que actualmente no es estable físicamente.

## 4.2 Contratación de hipótesis

Realizando el análisis de estabilidad se demuestra que las relaveras N°1 y N°2 tienen diferentes valores para relacionar su estabilidad física. Por lo tanto, mediante estos valores se compara con las mínimas condiciones de estabilidad de la tabla 1 (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2012) y se demuestra si las relaveras serán estables o inestables.

- La topografía de la relavera N°1 determino que tiene un área de 9,800.41 m<sup>2</sup> con un volumen de 39,201.64 m<sup>3</sup> de relave y una pendiente/talud de 1V:2.07H, datos necesarios para continuar con el diagnóstico de la estabilidad de taludes.

- La topografía de la relavera N°2 determino que tiene un área de 7,840.27 m<sup>2</sup> con un volumen de 39,985.37 m<sup>3</sup> de relave y una pendiente/talud de 1V:1.95H, datos necesarios para continuar con el diagnóstico de la estabilidad de taludes.

- El estudio de mecánica de suelos realizado en la relavera N°1 permitió conocer las propiedades físicas de la relavera, con valor de Angulo de fricción de 30.6°, cohesión de 0 kg/cm<sup>2</sup> y peso unitario de 1293 kg/m<sup>3</sup>, datos necesarios para continuar con el análisis de la estabilidad de taludes.

- El estudio de mecánica de suelos realizado en la relavera N°2 permitió conocer las propiedades físicas de la relavera, con valor de Angulo de fricción de 19.8°, cohesión de 0.05 kg/cm<sup>2</sup> y peso unitario de 936 kg/m<sup>3</sup>, datos necesarios para continuar con el análisis de la estabilidad de taludes.

- El cálculo de los factores de seguridad de la relavera N°1 permitió conocer el valor numérico con el cual se realizó la comparación con las mínimas condiciones de estabilidad, los factores de seguridad la relavera N°1 asegura su estabilidad física.

- El cálculo de los factores de seguridad de la relavera N°2 permitió conocer el valor numérico con el cual se realizó la comparación con las mínimas condiciones de estabilidad, los factores de seguridad la relavera N°2 no asegura su estabilidad física.



## V. Discusión

### 5.1 Discusión de resultados

Para la presente investigación se utilizó el estudio de mecánica de suelos para conocer las propiedades físicas y/o características de los suelos, así como también el uso del software Slide 6.0 para obtener los factores de seguridad, esta metodología y resultados obtenidos son similares a la investigación de (Mamani Calderon, 2019) quien planteo como objetivo tener en cuenta la propiedades geotécnicas y así definir la estabilidad de talud, obtener las características físicas de los suelos y hallar los factores de seguridad aplicando de igual manera el software Slide 6.0, concluye mencionando que el factor mínimo aceptable para condiciones estáticos es de 1.3 y para condiciones pseudoestáticas es de 1.0, sin embargo para la presente investigación el factor mínimo aceptable para condiciones estáticos es de 1.5 y para condiciones pseudoestáticas es de 1.25, estos factores son más rigurosos teniendo un mayor grado de confiabilidad.

La metodología del análisis de estabilidad de taludes fue el de equilibrio límite con el método aproximado de dovelas y teniendo en cuenta las mínimas condiciones de estabilidad de 1.5 para estado estático y 1.25 para estado pseudoestático. En la investigación de (Condezo Luna, 2019) la metodología y el criterio de evaluación muy similar, ya que utiliza el análisis por equilibrio límite por el método de aproximado de dovelas y también se rige que las condiciones de estabilidad para su investigación en condiciones estáticas es de 1.5 y para condiciones pseudoestáticas es de 1.25, cumpliendo la estabilidad física de su desmontera analizada, correspondiente a la investigación actual cumple su estabilidad física la relavera N°1 mas no la relavera N°2.

Para las condiciones secas sin presencia de nivel freático interviniendo directamente en el material de conformación, el factor de seguridad tiende a ser mayor, es decir en muchos casos estos factores de seguridad cumplen con las mínimas condiciones de estabilidad como en la actual investigación que en condición seca los factores de seguridad no sufren alteraciones, resultado similar presenta (Ccahuana Puellas & Sánchez Castro, 2019) en su investigación cual objetivo es hallar los coeficientes que afectan y hacen inestable al talud, concluye que por medio del análisis de estabilidad de taludes que realizo en condiciones secas este talud

cumple con las condiciones de estabilidad, es decir que mayormente cuando se analiza un talud que no tiene presencia de nivel freático o humedad, resultado del análisis es favorable.

Teniendo en cuenta las ubicaciones de las secciones que se realizaron el análisis de estabilidad de taludes en la relavera N°1 y la relavera N°2, se aprecia que factor resultante también depende mucho de en donde se realice el análisis, se recomienda siempre realizar en la zona que se haya identificado en campo como crítico y mayormente la que tenga un talud mas pronunciado, así como (De la Cruz Quispe & Tunque Huamán, 2015) quien en su investigación tenia como objetivo identificar la vulnerabilidad y el factor de seguridad de los taludes en diferentes zonas del sector Santa Barbara, utilizando de igual manera el software Slide 6.0, concluye que en cuatro sectores analizados cumplen con la condiciones estática y pseudoestática, y que en los dos sectores restantes no cumplen con la condicion estatica y pseudoestática, estos resultados son similares a los obtenidos ya que en cada seccione analizada se presentan distintos valores.

Del diagnóstico de estabilidad de taludes en estado estático y pseudoestático se sabe que el factor de seguridad estático de todos los análisis realizados cumplen con la estabilidad física, sin embargo cuando se obtiene el factor pseudoestático y con alguna mínima presencia de saturación o humedad el análisis se vuelve más riguroso así como el análisis en la relavera N°2 en condiciones pseudoestáticas no cumple con la estabilidad física, este resultado también fue obtenido por (Cerquín Cortéz, 2018) quien en su investigación tenia como objetivo analizar luego del recrecimiento de la presa Esperanza la estabilidad de sus taludes, utilizando en mismo metodo y software para la obtencion de sus factores de seguridad, finalmente concluye que el analisis de estabilidad de taludes en el estado estático resultaron estables, sin embargp en condicones pseudoestáticas y con presencia de humedad las factores de seguridad son cercanos a los limites de estabilidad por lo que no se considera estable en esta condicion.

## **VI. Conclusiones y recomendaciones**

### **6.1 Conclusiones**

#### Conclusiones Generales

El análisis de estabilidad de taludes para la relavera N°1 cumplido con las mínimas condiciones de estabilidad en el estado estático y pseudoestático, por lo tanto, la relavera N°1 es estable físicamente.

El análisis de estabilidad de taludes para la relavera N°2 cumplido con las mínimas condiciones de estabilidad en el estado estático, sin embargo, en el estado pseudoestático no llega a cumplir con los criterios de estabilidad, por lo tanto, la relavera N°2 no es estable físicamente.

#### Conclusiones específicas

La relavera N°1 está conformado por un suelo granular seguido por el relave N°1 que tiene un volumen de 39,201.64 m<sup>3</sup> y todos estos materiales están sobre un suelo natural, y tiene un área de 9,800.41 m<sup>2</sup>.

La relavera N°2 está conformado por un suelo granular seguido por el relave N°2 que tiene un volumen de 39,985.37 m<sup>3</sup> y todos estos materiales están sobre un suelo natural, y tiene un área de 7,840.27 m<sup>2</sup>.

Los parámetros de resistencia (propiedades físicas) de la relavera N°1, del suelo granular 26 kN/m<sup>3</sup> de peso unitario, 49 kN/m<sup>2</sup> de cohesión y 28° de Angulo de fricción. Del relave 12.68 kN/m<sup>3</sup> de peso unitario, 0 kN/m<sup>2</sup> de cohesión y 30.6° de Angulo de fricción. Del suelo natural 22 kN/m<sup>3</sup> de peso unitario, 0 kN/m<sup>2</sup> de cohesión y 35° de Angulo de fricción

Los parámetros de resistencia (propiedades físicas) de la relavera N°2, del suelo granular 26 kN/m<sup>3</sup> de peso unitario, 49 kN/m<sup>2</sup> de cohesión y 28° de Angulo de fricción. Del relave 9.18

kN/m<sup>3</sup> de peso unitario, 4.9 kN/m<sup>2</sup> de cohesión y 19.8° de Angulo de fricción. Del suelo natural 22 kN/m<sup>3</sup> de peso unitario, 0 kN/m<sup>2</sup> de cohesión y 35° de Angulo de fricción

Los factores de seguridad en condiciones estáticas de la relavera N°1, por el método de Bishop en la sección A-A' fue de 2.454 y en la sección B-B' fue de 1.966, por el método de Spencer en la sección A-A' fue de 2.453 y en la sección B-B' fue de 1.461.

Los factores de seguridad en condiciones pseudoestáticas de la relavera N°1, por el método de Bishop en la sección A-A' fue de 1.446 y en la sección B-B' fue de 1.315, por el método de Spencer en la sección A-A' fue de 1.461 y en la sección B-B' fue de 1.318.

Los factores de seguridad en condiciones estáticas de la relavera N°2, por el método de Bishop en la sección C-C' fue de 1.839 y en la sección D-D' fue de 1.888, por el método de Spencer en la sección C-C' fue de 1.847 y en la sección D-D' fue de 1.904.

Los factores de seguridad en condiciones pseudoestáticas de la relavera N°2, por el método de Bishop en la sección C-C' fue de 1.202 y en la sección D-D' fue de 1.214, por el método de Spencer en la sección C-C' fue de 1.213 y en la sección D-D' fue de 1.240.

## **6.2 Recomendaciones**

La unidad minera Shila Paula debe tomar medidas correctivas con respecto a la relavera N°2 ya que actualmente no es estable.

Se recomienda realizar obras de estabilización, movimientos de tierras, reducir y perfilar los taludes de la N°2 para obtener un solo nivel desde el pie de talud hasta la plataforma final.

Una vez realizado las medidas correctivas y las obras de estabilización de la relavera N°2, se deberá realizar un nuevo análisis de estabilidad de taludes de esta relavera para confirmar su estabilidad física.

## VII. Referencias

### 7.1 Fuentes documentales

Las fuentes documentales fueron las siguientes:

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2012). *Reglamento nacional de edificaciones CE.020 según D.S N° 017-2012-Vivienda*. Lima: El Peruano.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2018). *Reglamento nacional de edificaciones E.050 según R.M. N° 406-2018-Vivienda*. Lima: El Peruano.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2019). *Reglamento nacional de edificaciones E.030 según R.M. N° 043-2019-Vivienda*. Lima: El Peruano.

Ministerio del Ambiente. (2018). *Resolución Directorial N° 1433-2018-OEFA/DFAI Expediente N° 2989-2017-OEFA/DFSAI/PAS*. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

Norma Técnica Peruana NTP 339.128. (2014). *Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima.

### 7.2 Fuentes bibliográficas

Las fuentes bibliográficas fueron las siguiente:

Bishop, A. W. (1955). *The Use of Slip Circle in the Stbability Analysis of Earth Slopes*. *Geotechnique*, 5: 7-17.

Ccahuana Pucllas, S., & Sánchez Castro, J. (2019). Análisis de estabilidad de talud mediante métodos de equilibrio limite para la carretera Huancavelica - Lircay entre las progresivas del Km 02+700 al Km 02+800. *Tesis de pre grado*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

Cerquín Cortéz, S. (2018). Estabilidad de taludes de la presa del depósito de relaveras la Esperanza. Distrito Vitoc, provincia Chanchamayo, departamento de Junín. *Tesis de pre grado*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

- Condezo Luna, M. (2019). Análisis de estabilidad de taludes, empleando métodos aproximados de dovelas, en depósito de desmonte de mina Excelsior - Pasco. *Tesis de pre grado*. Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Cuarta edición*. Cengage Learning.
- De la Cruz Quispe, L., & Tunque Huamán, L. (2015). Inestabilidad de taludes en el Sector de Santa Bárbara de la ciudad de Huancavelica. *Tesis de pre grado*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Gámez Morales, W. R. (2015). *Texto Básico Autoformativo de Topografía General*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Guido Méndez, O., & Fariñas Pérez, M. (2014). Evaluación de estabilidad de talud inducida por cargas estáticas y dinámicas en la Loma de chico Pelón, Managua-Nicaragua. *Tesis de pre grado*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua.
- Lugo, E. (2018). Combinación de los métodos Jambu - Spencer en el análisis de estabilidad de taludes para el empleo de sistemas flexibles de alta resistencia en la construcción de carreteras. *Tesis de pre grado*. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- Mamani Calderon, Y. (2019). Consideraciones geotécnicas para el análisis de estabilidad de talud de la relavera Huaybillo U.M. el Cofre. *Tesis de pre grado*. Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno, Perú.
- Medina Sandoval, R. I. (2016). Problemática de la estabilidad de taludes en un portal de salida de un túnel en una zona de deslizamientos antiguos. *Tesis profesional de maestría*. Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo, Morelia, México.
- Montatixe Chicaiza, E., & Chango Alvarez, D. (2018). Análisis de estabilidad de taludes en un tramo de las avenidas Simón Bolívar y Gonzalo Pérez Bustamante, distrito metropolitano de Quito. *Tesis de pre grado*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Oliva González, A., & Gonzáles, J. (2015). Evaluación del riesgo por inestabilidad de laderas. Casos de estudio. *Trabajo de investigación presentado por el Grupo ITEICO Euroamericano*. Universidad de las Californias Internacional, Tijuana, México.
- Orellana Campoverde, K. (2017). Análisis de la estabilidad del terreno de la comunidad la Vainilla, Cantón Santa Ana - Provincia de Manabí. *Tesis de pre grado*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Pérez de Ágreda, E. (2005). Estabilidad de Taludes. *Documento técnico*. Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya, España.

- Pupo Benítez, J. (2016). Análisis de estabilidad de taludes en la presa de relave minero Yagrumaje. *Trabajo de diploma*. Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.
- Reyes, P. A. (2015). Análisis tridimensional de estabilidad de taludes por el método de equilibrio límite de depósitos de desmonte de mina. *Tesis de pre grado*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Spencer, E. (1967). *A Method o Analysis of The Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces*. *Geotechnique*, 17: 11-26.
- Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2016). *Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo*. Universidad Politécnica de Valencia. Asociación de Estudiantes Civilizate, Pontificia Universidad Católica del Perú.

## **VIII. Anexos**



## **ANEXO 01: INSTRUMENTOS**

**FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION - VERIFICACIÓN GEOTÉCNICA**

TIPO DE COMPONENTE:		Relavera	
CLIENTE:		Cia de Minas Buenaventura	
UBICACION:		UM Shila – Paula, Chacas, Castilla, Arequipa	
NOMBRE DEL COMPONENTE:		Relavera N°1	
VERIFICADO POR:		Yair Solier Galindo	
FECHA DE VERIFICACIÓN:		01/01/2021	
<b>Ítem</b>	<b>CRITERIOS, INDICADORES Y CALIFICACIÓN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	
<b>1</b>	<b>Movimiento del Material de desmonte apilado</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	
1.1	Asentamiento en la superficie de la plataforma	NO	
1.2	Grietas en el talud	NO	
1.3	Grietas en la superficie de la plataforma	NO	
1.4	Taludes con geometría irregular	SI	Cuando se caminó por el talud se apreció las irregularidades
1.5	Abultamiento en los taludes	NO	
1.6	Bermas en el talud	NO	
1.7	Instrumentación geotécnica operativa	SI	01 piezómetro (AMP-08) y 01 hito de control (H-01), existe un hito de control (H-02) que está en mal estado
<b>2.0</b>	<b>Sistema de cobertura</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
2.1	Existe sistema de cobertura en talud y berma	SI	Se encontró con media vegetación en sus taludes y bermas
2.2	Existe sistema de cobertura en la plataforma	SI	En la plataforma se encontró con poca vegetación
<b>3.0</b>	<b>Erosión del apilamiento</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
3.1	Erosión de taludes	NO	
3.2	Erosión de bermas	NO	
3.3	Erosión de plataforma	NO	

<b>4.0</b>	<b>Movimiento de la cimentación del apilamiento</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
4.1	Levantamiento de la cimentación del apilamiento	NO	
4.2	Sumidero al pie del apilamiento	NO	
4.3	Grietas al pie del apilamiento	NO	
<b>5.0</b>	<b>Sistema de colección de efluentes</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
5.1	Filtraciones en el talud de apilamiento	NO	
5.2	Salida del sistema de colección de efluentes	SI	En la parte baja al pie del talud se encontró empozamiento de agua, al aparecer existiría esto por la precipitación que ocurre y no tiene un manejo de aguas
<b>  6.0</b>	<b>Tubería de subdrenaje</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
6.1	Filtraciones/obstrucciones de suelos en la salida de las tuberías	NO	No cuenta con tuberías de subdrenaje
6.2	Deformación de las tuberías debido a la pérdida de soporte del suelo	NO	No cuenta con tuberías de subdrenaje
6.3	Espacios entre la tubería y el suelo a la salida	NO	No cuenta con tuberías de subdrenaje
<b>Nota:</b>			

TIPO DE COMPONENTE:		Relavera	
CLIENTE:		Cia de Minas Buenaventura	
UBICACION:		UM Shila – Paula, Chacas, Castilla, Arequipa	
NOMBRE DEL COMPONENTE:		Relavera N°2	
VERIFICADO POR:		Yair Solier Galindo	
FECHA DE VERIFICACIÓN:		01/01/2021	
<b>Ítem</b>	<b>CRITERIOS, INDICADORES Y CALIFICACIÓN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	
<b>1</b>	<b>Movimiento del Material de desmonte apilado</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	
1.1	Asentamiento en la superficie de la plataforma	NO	
1.2	Grietas en el talud	NO	
1.3	Grietas en la superficie de la plataforma	NO	
1.4	Taludes con geometría irregular	SI	Cuando se caminó por el talud se apreció las irregularidades
1.5	Abultamiento en los taludes	NO	
1.6	Bermas en el talud	NO	
1.7	Instrumentación geotécnica operativa	SI	01 piezómetro (AMP-07) y 01 hito de control (H-03),
<b>2.0</b>	<b>Sistema de cobertura</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
2.1	Existe sistema de cobertura en talud y berma	SI	Se encontró con media vegetación en sus taludes y bermas
2.2	Existe sistema de cobertura en la plataforma	SI	En la plataforma se encontró con poca vegetación
<b>3.0</b>	<b>Erosión del apilamiento</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
3.1	Erosión de taludes	NO	
3.2	Erosión de bermas	NO	
3.3	Erosión de plataforma	NO	
<b>4.0</b>	<b>Movimiento de la cimentación del apilamiento</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
4.1	Levantamiento de la cimentación del apilamiento	NO	

4.2	Sumidero al pie del apilamiento	NO	
4.3	Grietas al pie del apilamiento	NO	
<b>5.0</b>	<b>Sistema de colección de efluentes</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
5.1	Filtraciones en el talud de apilamiento	NO	
5.2	Salida del sistema de colección de efluentes	SI	En la parte baja al pie del talud se encontró empozamiento de agua, al aparecer existiría esto por la precipitación que ocurre y no tiene un manejo de aguas
<b>  6.0</b>	<b>Tubería de subdrenaje</b>	<b>SI/ NO/ N.A.</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
6.1	Filtraciones/obstrucciones de suelos en la salida de las tuberías	NO	No cuenta con tuberías de subdrenaje
6.2	Deformación de las tuberías debido a la pérdida de soporte del suelo	NO	No cuenta con tuberías de subdrenaje
6.3	Espacios entre la tubería y el suelo a la salida	NO	No cuenta con tuberías de subdrenaje
<b>Nota:</b>			

## FICHA DE PUNTOS TOPOGRAFICOS

TIPO DE COMPONENTE: Relavera  
 CLIENTE: Cia. De minas Buenaventura S.A.A.  
 UBICACION: unidad minera Shila - Paula, Chachas, Castilla, Arequipa  
 NOMBRE DEL COMPONENTE: Relavera N°1  
 VERIFICADO POR: Yair Solier Galindo  
 FECHA DE VERIFICACION: 01/01/2021

<b>PUNTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</b>				
<b>NUMERO</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>		<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>		
1	8301338.519	809005.546	4628.2538	
2	8301302.224	808932.9793	4630.2455	C
3	8301302.904	808933.1971	4630.2574	C
4	8301294.777	808939.1913	4629.9045	C
5	8301291.622	808950.0997	4629.5801	C
6	8301302.286	808936.5862	4630.1319	C
7	8301301.59	808936.047	4629.9482	C
8	8301284.358	808973.5282	4629.0999	C
9	8301276.751	808999.8382	4628.1356	CAJA
10	8301268.781	809055.3135	4627.3249	A_1
11	8301266.43	809051.4723	4627.1682	R
12	8301276.421	809058.6642	4627.314	R
13	8301285.801	809060.4802	4627.2937	R
14	8301266.951	809046.3971	4627.252	R
15	8301278.544	809050.1313	4627.3799	R
16	8301288.429	809051.6714	4627.3157	R
17	8301269.622	809032.2795	4627.6362	R
18	8301282.993	809034.6563	4627.3259	R
19	8301294.03	809038.5305	4627.2523	R
20	8301301.035	809025.4343	4627.2372	R
21	8301287.4	809021.0604	4627.521	R
22	8301272.237	809017.9093	4627.0801	R
23	8301310.624	809004.8588	4627.8032	R
24	8301295.809	808998.1594	4627.4878	R
25	8301279.191	808993.2226	4628.545	R

26	8301315.849	808994.8724	4628.1101	R
27	8301300.465	808984.0042	4628.2176	R
28	8301285.523	808978.073	4629.1579	R
29	8301309.116	808991.4457	4628.6813	P
30	8301292.228	808956.4776	4629.5573	R
31	8301310.006	808964.1627	4628.2115	R
32	8301323.729	808979.9348	4627.9103	R
33	8301338.78	808952.6658	4627.9474	R
34	8301322.628	808942.3745	4628.3034	R
35	8301305.771	808932.1668	4629.7567	R
36	8301308.333	808929.3584	4628.9509	R
37	8301337.196	808923.004	4628.3706	R
38	8301351.868	808933.3554	4628.0173	R
39	8301322.987	808916.5247	4628.9736	R
40	8301359.551	808898.6279	4628.0672	R
41	8301369.771	808906.234	4628.0438	R
42	8301381.59	808884.7568	4628.3544	R
43	8301373.651	808879.7455	4628.3307	R
44	8301347.586	808892.6424	4628.8312	R
45	8301365.651	808873.0865	4628.6738	R
46	8301386.136	808857.3001	4628.7052	R
47	8301394.307	808861.6962	4628.8053	R
48	8301377.887	808860.5043	4628.747	R
49	8301394.149	808873.2865	4628.7208	R
50	8301390.512	808868.4672	4628.5946	R
51	8301390.334	808889.0589	4628.5697	R
52	8301383.575	808886.5767	4628.4352	R
53	8301386.289	808910.9534	4628.0751	R
54	8301376.633	808907.7614	4628.2007	R
55	8301381.182	808928.8179	4628.11	R
56	8301369.847	808926.6722	4628.1326	R
57	8301376.446	808930.8703	4628.4088	H
58	8301307.619	808937.1321	4628.6161	R
59	8301372.795	808949.36	4628.187	R
60	8301363.626	808946.1025	4628.1449	R
61	8301301.558	808947.8518	4628.3905	R
62	8301364.874	808969.1435	4627.9195	R

63	8301354.81	808964.7297	4628.0718	R
64	8301294.567	808963.5586	4628.4679	R
65	8301360.193	808968.2927	4628.3732	H
66	8301290.446	808980.8106	4628.2735	R
67	8301348.704	808978.2195	4628.0579	R
68	8301359.741	808982.7904	4627.8842	R
69	8301284.216	808996.1454	4627.868	R
70	8301349.275	809004.0417	4627.7803	R
71	8301338.575	808995.6525	4628.0909	R
72	8301281.729	809002.0018	4627.7241	R
73	8301335.62	809021.4644	4627.4562	R
74	8301326.432	809015.546	4627.7197	R
75	8301324.33	809040.2554	4627.2573	R
76	8301313.858	809033.129	4627.3566	R
77	8301316.396	809055.1005	4627.0581	R
78	8301305.229	809047.5347	4627.4787	R
79	8301309.052	809066.5463	4626.9184	R
80	8301292.398	809064.6512	4627.0993	R
81	8301298.781	809068.7449	4626.968	R
82	8301290.06	809061.8606	4627.2399	R
83	8301308.025	809066.5263	4627.0149	A_2
84	8301381.649	808927.8143	4628.2235	A_3
85	8301268.781	809055.3135	4627.3245	
86	8301267.965	809023.7763	4626.9918	R
87	8301263.523	809022.2996	4624.8982	R
88	8301252.882	809020.0419	4621.2883	R
89	8301265.126	809033.9627	4627.0184	R
90	8301258.707	809028.0592	4624.2331	R
91	8301244.397	809035.4137	4619.4874	R
92	8301264.947	809049.3484	4626.8259	R
93	8301256.752	809037.8791	4623.8936	R
94	8301244.101	809049.363	4618.8274	R
95	8301245.624	809055.4269	4618.6455	CHA
96	8301223.852	809044.9381	4618.7973	CHA
97	8301228.854	809064.9514	4618.7417	CHA
98	8301257.345	809052.9016	4623.723	R
99	8301253.618	809052.7415	4622.41	R



100	8301246.616	809054.843	4618.7403	R
101	8301260.7	809059.8923	4623.45	R
102	8301254.679	809062.1584	4621.3832	R
103	8301250.9	809066.4953	4619.0421	R
104	8301267.216	809066.2405	4623.4276	R
105	8301262.026	809070.8295	4620.8772	R
106	8301260.141	809076.343	4618.7108	R
107	8301279.989	809071.1538	4623.0227	R
108	8301277.459	809077.0928	4620.5644	R
109	8301278.721	809083.3693	4618.2296	R
110	8301295.467	809087.1676	4618.8952	R
111	8301293.535	809080.3615	4620.9571	R
112	8301295.816	809074.2756	4623.7725	R
113	8301306.26	809075.9321	4623.4691	R
114	8301306.978	809082.9739	4620.7568	R
115	8301308.806	809090.1475	4617.6665	R
116	8301311.898	809093.4285	4617.1724	ORIL
117	8301298.34	809104.8495	4616.836	ORIL
118	8301285.434	809113.4751	4616.2696	ORIL
119	8301263.282	809128.1941	4615.7286	ORIL
120	8301308.025	809066.5263	4627.0158	
121	8301310.592	809079.6452	4622.0809	R
122	8301313.8	809088.0327	4617.8603	R
123	8301314.09	809091.878	4617.355	R
124	8301321.411	809081.2697	4618.2317	R
125	8301328.008	809088.6537	4617.637	R
126	8301318.324	809065.9284	4622.86	R
127	8301335.314	809081.6334	4618.0082	R
128	8301324.172	809070.4199	4619.1794	R
129	8301323.532	809054.0246	4623.2977	R
130	8301348.066	809074.2782	4618.5639	R
131	8301333.478	809054.9039	4619.6942	R
132	8301334.513	809037.1685	4623.2951	R
133	8301354.772	809050.3195	4618.7192	R
134	8301341.064	809048.6515	4619.4099	R
135	8301344.167	809021.2983	4623.4358	R

## FICHA DE PUNTOS TOPOGRAFICOS

TIPO DE COMPONENTE: Relavera  
 UBICACION: unidad minera Shila - Paula, Chachas, Castilla, Arequipa  
 NOMBRE DEL COMPONENTE: Relavera N°2  
 VERIFICADO POR: Yair Solier Galindo  
 FECHA DE VERIFICACION: 01/01/2021

<b>PUNTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</b>				
<b>NUMERO</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>		<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>		
1	8301361.677	809025.4548	4619.5893	R
2	8301349.994	809030.8595	4619.7098	R
3	8301351.485	809010.6604	4624.564	R
4	8301355.433	809021.9139	4619.3614	R
5	8301371.416	809007.64	4619.8954	R
6	8301358.43	808999.2222	4624.298	R
7	8301366.908	809005.7741	4620.2172	R
8	8301362.456	808990.995	4624.5944	R
9	8301371.279	808990.3595	4621.0868	R
10	8301378.411	808982.9735	4620.8127	R
11	8301381.649	808927.8143	4628.223	
12	8301302.991	809011.0674	4627.0723	CAL1
13	8301368.963	808927.1328	4628.1694	CAL2
14	8301375.204	808955.9188	4625.0943	R
15	8301373.011	808979.1207	4621.5241	R
16	8301384.269	808972.1724	4620.7479	R
17	8301379.943	808965.6683	4621.4222	R
18	8301381.45	808943.4467	4625.2986	R
19	8301390.371	808953.1665	4621.8226	R
20	8301385.628	808954.4675	4621.938	R
21	8301388.066	808939.9957	4623.5769	R
22	8301392.343	808936.6065	4622.6459	R
23	8301386.108	808928.1735	4626.0341	R

24	8301389.929	808926.4832	4624.6973	R
25	8301395.521	808922.3478	4623.343	R
26	8301398.856	808910.0542	4623.7826	R
27	8301392.962	808911.7169	4624.7818	R
28	8301390.658	808901.8531	4626.9484	R
29	8301398.129	808894.268	4625.2353	R
30	8301405.914	808887.0277	4625.0668	R
31	8301394.352	808886.7025	4627.0902	R
32	8301397.953	808870.595	4627.3507	R
33	8301401.054	808878.1428	4625.7383	R
34	8301414.042	808864.3544	4625.7175	R
35	8301399.433	808856.5905	4627.2821	R
36	8301403.304	808867.5634	4625.7574	R
37	8301418.769	808846.0073	4626.0291	R
38	8301401.393	808860.0868	4626.1752	R
39	8301422.311	808829.4198	4625.282	R
40	8301402.938	808848.663	4627.5887	R
41	8301407.262	808852.1476	4624.4192	R
42	8301378.709	808860.5178	4628.7567	LIM
43	8301386.361	808864.4856	4628.5689	LIM
44	8301394.095	808868.6051	4628.6056	LIM
45	8301404.452	808872.6283	4625.2762	LIM
46	8301411.731	808875.727	4625.3424	LIM
47	8301409.334	808846.2528	4624.3074	R
48	8301429.678	808817.4647	4625.781	R
49	8301400.496	808850.3563	4627.9927	R
50	8301417.249	808838.3169	4625.6245	R
51	8301436.811	808796.5509	4626.2039	R
52	8301393.469	808839.4168	4627.7559	R
53	8301421.214	808828.548	4625.2643	R
54	8301442.085	808781.9455	4627.5328	R
55	8301381.23	808848.6761	4628.8811	R
56	8301375.269	808853.1467	4629.3582	R
57	8301425.177	808817.9295	4624.6351	R
58	8301376.136	808859.2319	4629.1675	R
59	8301425.921	808807.5351	4624.9008	R
60	8301456.587	808751.8715	4627.8472	R

61	8301367.344	808865.4657	4630.1461	R
62	8301357.161	808875.3952	4631.1808	R
63	8301434.964	808795.1413	4626.6945	R
64	8301348.142	808884.923	4631.8178	R
65	8301452.822	808743.9498	4627.8152	R
66	8301336.96	808895.5435	4632.2189	R
67	8301436.912	808789.2504	4627.5919	R
68	8301452.766	808743.9658	4627.8127	R
69	8301324.719	808907.5505	4631.7166	R
70	8301445.789	808741.0988	4628.2691	P
71	8301437.71	808781.9006	4626.4321	R
72	8301313.788	808920.0664	4631.0571	R
73	8301442.538	808742.8114	4628.0274	R
74	8301429.01	808778.5652	4626.4892	R
75	8301303.306	808932.3691	4630.1954	R
76	8301433.554	808752.9797	4628.0208	R
77	8301431.805	808768.3595	4626.5502	R
78	8301299.128	808934.1464	4630.9179	R
79	8301431.274	808762.4366	4627.887	R
80	8301436.524	808766.3048	4626.8748	R
81	8301292.38	808937.5935	4630.8954	R
82	8301288.764	808945.9362	4630.4974	R
83	8301422.389	808798.0829	4627.3887	R
84	8301428.737	808791.8612	4627.545	R
85	8301285.483	808957.8176	4630.2297	R
86	8301418.303	808814.6866	4625.3406	R
87	8301282.588	808968.0416	4629.8803	R
88	8301406.556	808829.6046	4626.4141	R
89	8301279.953	808979.4898	4629.3378	R
90	8301278.457	808983.7504	4628.9652	R

**FORMATO DE FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE INSTRUMENTACION**

TIPO DE COMPONENTE: Relavera  
 Cia. De minas Buenaventura  
 CLIENTE: S.A.A.  
 unidad minera Shila - Paula, Chachas, Castilla,  
 UBICACION: Arequipa  
 NOMBRE DEL COMPONENTE: Relavera N°1  
 Yair Solier  
 VERIFICADO POR: Galindo  
 FECHA DE VERIFICACION: 01/01/2021

INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA					
CÓDIGO	HITOS TOPOGRÁFICOS			OBSERVACIÓN	
	ESTE	NORTE	COTA		
H-01	808930.8703	8301376.446	4628.409	En buen estado.	
H-02	808968.293	8301360.193	4628.373	Deteriorado, destruido por agente externo. Coordenadas y cota referenciales	
CÓDIGO	PIEZÓMETROS				OBSERVACIÓN
	ESTE	NORTE	COTA	N. FREÁTICO	
AMP-08	808741.099	8301445.789	4628.269	4626.8	Ubicado fuera del límite de la relavera, a unos 125m en dirección Noroeste.

**FORMATO DE FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE INSTRUMENTACION  
GEOTECNICA**

TIPO DE COMPONENTE: Relavera  
Cia. De minas

CLIENTE: Buenaventura S.A.A.  
unidad minera Shila - Paula, Chachas,  
Castilla, Arequipa

UBICACION: Castilla, Arequipa

NOMBRE DEL COMPONENTE: Relavera N°2  
Yair Solier

VERIFICADO POR: Galindo

FECHA DE VERIFICACION: 01/01/2021

INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA					
CÓDIGO	HITOS TOPOGRÁFICOS			OBSERVACIÓN	
	ESTE	NORTE	COTA		
H-03	809005.546	8301338.519	4628.254	En buen estado.	
CÓDIGO	PIEZÓMETROS				OBSERVACIÓN
	ESTE	NORTE	COTA	N. FREÁTICO	
AMP-07	808991.446	8301309.116	4628.681	4619.93	Ubicado en la parte central de la relavera.

### FICHA DE REGISTRO

DENSIDAD DE CAMPO - METODO DEL CONO DE ARENA  
ASTM D - 1556 NTP 339.143

PROYECTO: análisis de estabilidad de taludes de la relavera N°1  
UBICACIÓN: unidad minera Shila - Paula, Chachas, Castilla, Arequipa  
COMPONENTE Y/O OBRA: Relavera N°1

### DATOS DE MUESTRA


**DESCRIPCIÓN:** Ensayo de densidad de campo en calicata N°1  
**UBICACIÓN DE ENSAYO:** Plataforma de la Relavera N°1

ENSAYO N°:	D-1
ELEVACION (msnm):	4627.63
FECHA:	30/12/2020
COORDENADA UTM - WGS 84	NORTE
	ESTE
	830136 8.96 808927. 13

### DENSIDAD DE CAMPO NTP 339.143

1.	Suma de peso del frasco y la arena.	gr.	8990
2.	Suma de peso del frasco y la arena que queda.	gr.	2820
3.	Suma peso de arena empleada.	gr.	6170
4.	Suma peso de arena en el cono y base.	gr.	1554
5.	Peso de arena dentro de la excavación.	gr.	4616
6.	Densidad de la arena empleada.	g/cm <sup>3</sup> .	1.45
7.	Volumen del material extraído.	cm <sup>3</sup> .	3183
8.	Suma de peso del recipiente, suelo y la grava.	gr.	4958
9.	Peso del recipiente (bandeja).	gr.	396
10.	Suma de peso del suelo y la grava.	gr.	4562
11.	Densidad Húmeda.	gr/cm <sup>3</sup> .	1.43

<b>CORRECCIÓN POR GRAVA GRUESA ASTM D - 4718</b>			
12.	Peso quedado en el tamiz 3/4"	gr.	
13.	Peso específico - grava ASTM C 127	gr/cm <sup>3</sup> .	1.00
14.	Volumen - grava	cm <sup>3</sup> .	
15.	Peso de finos, pasante tamiz 3/4"	gr.	4562
16.	Volumen de finos, que pasan el tamiz 3/4"	cm <sup>3</sup> .	3183.4 5
17.	<b>Densidad de la Húmeda Corregida</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>1.433</b>
18.	<b>Densidad seca</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>1.184</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (METODO SPEEDY) ASTM D - 4944</b>			
19	(Método Speedy)	%	21
Aceptación (Cumple / No Cumple)			cumple
Observaciones :			

<b>Realizado por:</b>	
Firma:	
Nombre:	Solier Galindo, Yair Alexander
Fecha:	30/12/2020



<b>FICHA DE REGISTRO</b>			
DENSIDAD DE CAMPO - METODO DEL CONO DE ARENA ASTM D - 1556 NTP 339.143			
PROYECTO:	análisis de estabilidad de taludes de la relavera N°1		
UBICACIÓN:	unidad minera Shila - Paula, Chachas, Castilla, Arequipa		
COMPONENTE Y/O OBRA:	Relavera N°1		
<b>DATOS DE MUESTRA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Ensayo de densidad de campo en calicata N°1		
<b>UBICACIÓN DE ENSAYO:</b>	Plataforma de la Relavera N°1		
ENSAYO N°:		D-2	
ELEVACION (msnm):		4627.63	
FECHA:		30/12/2020	
COORDENADA UTM - WGS 84		NORTE	830136 8.96
		ESTE	808927. 13
<b>DENSIDAD DE CAMPO NTP 339.143</b>			
1.	Suma de peso del frasco y la arena.	gr	8860
2.	Suma de peso del frasco y la arena que queda.	gr	2799
3.	Suma peso de arena empleada.	gr	6061
4.	Suma peso de arena en el cono y base.	gr	1540
5.	Peso de arena dentro de la excavación.	gr	4521
6.	Densidad de la arena empleada.	g/cm <sup>3</sup>	1.45
7.	Volumen del material extraído.	cm <sup>3</sup>	3118
8.	Suma de peso del recipiente, suelo y la grava.	gr	4902
9.	Peso del recipiente (bandeja).	gr	396
10.	Suma de peso del suelo y la grava.	gr	4506
11.	Densidad Húmeda.	gr/cm <sup>3</sup>	1.45
<b>CORRECCIÓN POR GRAVA GRUESA ASTM D - 4718</b>			
12	Peso retenido en el tamiz 3/4"	gr	0

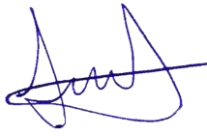
13.	Peso específico - grava ASTM C 127	gr/cm3.	1
14.	Vol. grava	cm3.	
15.	Peso de finos, pasante tamiz 3/4"	gr.	4506
16.	Vol. de finos, que pasan el tamiz 3/4"	cm3.	3117.9 3
17.	Densidad de la Húmeda Corregida	gr/cm3.	<b>1.445</b>
18.	Densidad seca	gr/cm3.	<b>1.175</b>

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD RÁPIDA (METODO SPEEDY) ASTM D - 4944</b>			
--	--	--	--

19	(Método Speedy)	%	23
----	-----------------	---	----

de Aceptación ( Cumple / No Cumple )	cumple
--------------------------------------	--------

Observacion  
es :

<b>Realizado por:</b>	
Firma:	
Nombre:	Solier Galindo, Yair Alexander
Fecha:	30/12/2020


<b>FICHA DE REGISTRO</b>																
DENSIDAD DE CAMPO - METODO DEL CONO DE ARENA ASTM D - 1556 NTP 339.143																
PROYECTO:	análisis de estabilidad de taludes de la relavera N°2															
UBICACIÓN:	unidad minera Shila - Paula, Chachas, Castilla, Arequipa															
COMPONENTE Y/O OBRA:	Relavera N°2															
<b>DATOS DE MUESTRA</b>																
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Ensayo de densidad de campo en calicata N°2															
<b>UBICACIÓN DE ENSAYO:</b>	Plataforma de la Relavera N°2															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">ENSAYO N°:</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 20%; text-align: center;">D-3</td> </tr> <tr> <td>ELEVACION (msnm):</td> <td></td> <td style="text-align: center;">4626.31</td> </tr> <tr> <td>FECHA:</td> <td></td> <td style="text-align: center;">30/12/2020</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">COORDENADA UTM - WGS 84</td> <td style="text-align: center;">NORTE</td> <td style="text-align: center;">830130 2.99</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ESTE</td> <td style="text-align: center;">809011. 07</td> </tr> </table>			ENSAYO N°:		D-3	ELEVACION (msnm):		4626.31	FECHA:		30/12/2020	COORDENADA UTM - WGS 84	NORTE	830130 2.99	ESTE	809011. 07
ENSAYO N°:		D-3														
ELEVACION (msnm):		4626.31														
FECHA:		30/12/2020														
COORDENADA UTM - WGS 84	NORTE	830130 2.99														
	ESTE	809011. 07														
<b>DENSIDAD DE CAMPO NTP 339.143</b>																
1.	Suma de peso del frasco y la arena.	gr	8771													
2.	Suma de peso del frasco y la arena que queda.	gr	3134													
3.	Suma peso de arena empleada.	gr	5637													
4.	Suma peso de arena en el cono y base.	gr	1554													
5.	Peso de arena dentro de la excavación.	gr	4083													
6.	Densidad de la arena empleada.	g/cm <sup>3</sup>	1.45													
7.	Volumen del material extraído.	cm <sup>3</sup>	2816													
8.	Suma de peso del recipiente, suelo y la grava.	gr	4450													
9.	Peso del recipiente (bandeja).	gr	396													
10.	Suma de peso del suelo y la grava.	gr	4054													
11.	Densidad Húmeda.	gr/cm <sup>3</sup>	1.44													
<b>CORRECCIÓN POR GRAVA GRUESA ASTM D - 4718</b>																
12.	Peso que se quedo en el tamiz 3/4"	gr	0													

13.	Peso específico de la grava ASTM C 127	gr/cm <sup>3</sup>	1.00
14.	Vol. de la grava	cm <sup>3</sup>	0
15.	Peso de finos, pasante tamiz 3/4"	gr	4054
16.	Vol. de finos, pasante tamiz 3/4"	cm <sup>3</sup>	2815.8 6
17.	<b>Densidad Húmeda Corregida</b>	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.440</b>
18.	<b>Densidad seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.161</b>

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (METODO SPEEDY) ASTM D - 4944</b>			
19.	(Método Speedy)	%	24

de Aceptación (Cumple / No Cumple )	cumple
-------------------------------------	--------

Observacion  
es :

<b>Realizado por:</b>	
Firma:	
Nombre:	Solier Galindo, Yair Alexander
Fecha:	30/12/2020


<b>FICHA DE REGISTRO</b>			
DENSIDAD DE CAMPO - METODO DEL CONO DE ARENA ASTM D - 1556 NTP 339.143			
PROYECTO:	Análisis de estabilidad de taludes de la relavera N°2		
UBICACIÓN:	unidad minera Shila - Paula, Chachas, Castilla, Arequipa		
COMPONENTE Y/O OBRA:	Relavera N°2		
<b>DATOS DE MUESTRA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Ensayo de densidad de campo en calicata N°2		
<b>UBICACIÓN DE ENSAYO:</b>	Plataforma de la Relavera N°2		
ENSAYO N°:		D-4	
ELEVACION (msnm):		4626.00	
FECHA:		30/12/2020	
COORDENADA UTM - WGS 84		NORTE	830130 2.99
		ESTE	809011. 07
<b>DENSIDAD DE CAMPO NTP 339.143</b>			
1.	Suma de peso del frasco y la arena.	gr	8764
2.	Suma de peso del frasco y la arena que queda.	gr	3141
3.	Suma peso de arena empleada.	gr	5623
4.	Suma peso de arena en el cono y base.	gr	1549
5.	Peso de arena dentro de la excavación.	gr	4074
6.	Densidad de la arena empleada.	g/cm <sup>3</sup>	1.45
7.	Volumen del material extraído.	cm <sup>3</sup>	2810
8.	Suma de peso del recipiente, suelo y la grava.	gr	4445
9.	Peso del recipiente (bandeja).	gr	396
10.	Suma de peso del suelo y la grava.	gr	4049
11.	Densidad Húmeda.	gr/cm <sup>3</sup>	1.44
<b>CORRECCIÓN POR GRAVA GRUESA ASTM D - 4718</b>			
12.	Peso que no paso en el tamiz 3/4"	gr	0
13.	Peso específico de la grava ASTM C 127	gr/cm <sup>3</sup>	1.00

14.	Vol. de la grava	cm <sup>3</sup>	0
15.	Peso de finos, pasante tamiz 3/4"	gr	4049
16.	Vol. de finos, pasante tamiz 3/4"	cm <sup>3</sup>	2809.6 6
17.	<b>Densidad Húmeda Corregida</b>	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.441</b>
18.	<b>Densidad seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.172</b>

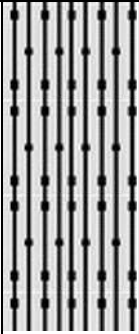
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (METODO SPEEDY) ASTM D - 4944</b>			
19.	(Metodo Speedy)	%	23

Criterio de Aceptación ( Cumple / No Cumple )	cumple
---	--------

Observacion  
es :

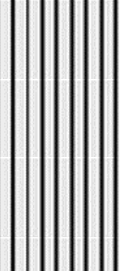
<b>Realizado por:</b>	
Firma:	
Nombre:	Solier Galindo, Yair Alexander
Fecha:	30/12/2020

**FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION Y REGISTRO DE DATOS – PERFIL  
ESTRATIGRAFICO**

FICHA: PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS					
PROYECTO:		Análisis de estabilidad de taludes de la relavera N°1			
CLIENTE:		Cia. De minas Buenaventura S.A.A.			
UBICACIÓN DEL TERRENO:		Plataforma de la relavera N°1 - Calicata N°1			
PROF. DE EXCAVACIÓN:		1.20m			
PROF. NIVEL FREÁTICO:		No se encontro			
COORD. (UTM-WGS84):		E = 808,927.133 N = 8,301,369.963 Z = 4,628.169			
FECHA:		30/12/2020			
PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SONDEO	CLASIFICACIÓN SUCS	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
0.10	EXCAVACIÓN MANUAL	_____	_____	_____	CAPA DE SUELO ORGANICO, color marron con presencia de raices
0.20		_____	_____	_____	
0.30		_____	_____	_____	CAPA DE MATERIAL DE PRESTAMO con contenido de gravas angulosas y una matriz arenosa
0.40		_____	_____	_____	
0.50		_____	_____	_____	
0.60		_____	_____	_____	
0.70		_____	_____	_____	
0.80		_____	_____	_____	
0.90		_____	_____	_____	
1.00		_____	_____	_____	
1.10		_____	_____	_____	
1.20		_____	SM	M-01	

**FICHA: PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS**

**PROYECTO:** Analisis de estabilidad de taludes de la relavera N°2  
**CLIENTE:** Cia. De minas Buenaventura S.A.A.  
**UBICACIÓN DEL TERRENO:** Plataforma de la relavera N°2 - Calicata N°2  
**PROF. DE EXCAVACIÓN:** 1.40m  
**PROF. NIVEL FREÁTICO:** No se encontro  
**COORD. (UTM-WGS84):** E = 809,011.067 N = 8,301,303.991 Z = 4,627.072  
**FECHA:** 30/12/2020

PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SONDEO	CLASIFICACIÓN SUCS	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
0.10	EXCAVACIÓN MANUAL	_____	_____	_____	CAPA DE SUELO ORGANICO, color marron con presencia de raices
0.20					
0.30					
0.40		_____	_____	_____	CAPA DE MATERIAL DE PRÉSTAMO con contenido de gravas angulosas y una matriz arenosa.
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90		ML	M-02		RELAVE FINO LIMOSO: Con un 7.1% de arena de grano fino; fracción fina pasante la malla N°200 en un 92.9%, plástico (LL= 40.5%, IP= 11.6%); muy húmedo a saturado, color pardo
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					



## EQUIPOS PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y MONITOREO DE HITOS

Figura 30 Estación total, trípode y prisma



Figura 31 GSP navegador



## EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA LA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Figura 32 Equipos para el ensayo de densidad de campo



Figura 33 Equipos para el ensayo de contenido de humedad



EQUIPO PARA LA MEDICION DEL NIVEL FREATICO

Figura 34 Sonda piezométrica



## **ANEXO 02: CERTIFICADOS DE CALIBRACION**



# INGENIERIA



Importación, Venta, Alquiler y Reparación de Instrumentos de Topografía  
 Topografía & Geodesia – Servicio de Topografía en General  
 CALIDAD – GARANTIA - PUNTUALIDAD

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 6073/11/2020

Nombre	Estación Total	Precisión Angular	01"
Marca	Leica	Lectura Mínima	0.1"
Modelo	TS06 -1"	Precisión de Distancia	Prisma: 1.5mm+2.0ppm no prisma: 2mm+2ppm
		Precisión con Laser	02mm+2ppm
N° de Equipo	5524289	Alcance a Diana Reflectiva (60mm x 60mm)	250 m
Serie	<b>1529912</b>	Alcance con Prisma	3,500 c/01 prisma – no prisma 1.5 m a 500 m
N° de Art.	785779	Lectura Mínima	01 mm

### MEDIDAS DEL SISTEMA ANGULAR

PATRON DE MEDIDAS		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
00	00	00

VALOR A CORREGIR			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	00	00	01
HORIZONT	00	00	01

### VALORES DEL INSTRUMENTO

EQUIPO	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	359°	59	59
HORIZONT	359°	59	59

### RANGO DE TOLERANCIA

	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
±	359°	59	59
±	00°	00	01

### SISTEMA DE MEDIDAS DE DISTANCIA

PATRON DE MEDIDAS	15.00mts	30.00mts	60.00mts	90.00mts	210.00mts
VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	15.00mts	30.00mts	60.00mts	90.00mts	210.00mts
ERROR PARA CORREGIR	00.00mm	00.00mm	00.00mm	00.00mm	00.00mm

COMPENSADORES - TILT	HORIZONTAL	VERTICAL
VALOR LEIDO	00 Seg.	00 Seg.
VALOR PARA CORREGIR	01 Seg.	01 Seg.

### PRECISION DEL INSTRUMENTO:

Sistema angular según norma DIN 18723 la precisión angular es de 1" lectura mínima en el Display 1" o 5"  
 Sistema de medición de Distancia ± (2mm+2ppm DX) m.s.e. con 1 prismas 3500 y 5000 metros

\* **G&S INGENIERIA**, Certifica que el Equipo Topográfico mencionado cumple con las Especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos según (DIN 18723).

### \*COLIMADOR:

La verificación del alineamiento de los colimadores se realiza diariamente según manual de Instrucción de la fábrica estándar basada en La norma: ISO 9001:2008/FM/ISO14001 y Cumplimos con los Estándar de Fabrica Establecidos en Equipos de Precisión y Topografía, Normas Internacionales Establecidos según (DIN18723).

\*El Equipo Topográfico, cumple con los errores de cierre de Fábrica según estándar DIN 18723 normados Internacionalmente en Equipos de Topografía y Geodesia.

FECHA DE CALIBRACION	PROXIMA CALIBRACION	MANTENIMIENTO	CALIBRACION	OBSERVACION
29/11/2020	29/11/2021		X	Operativo
Servicio Técnico	Propietario	Obra	Técnico Responsable	



**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
N° 043-20 CS**

**SOLICITANTE : GEHA GEOTECNICA & HIDRAULICA ALBIENTAL EIRL.**

**ATENCION : GEHA GEOTECNICA & HIDRAULICA ALBIENTAL EIRL.**

**TITULO : Calibración de Equipo de Control Rápido de Humedad**

**Marca : ORION**


**Capacidad : 6 grs**

**N/S : 1822.1**

**Manometro : WIKA**

**Rango de Humedad : 30 PSI**

**FECHA : Huachipa, 16 de Noviembre de 2020.**

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
  
Ing. Luis Taboada Palacios  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 56551

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 043-20 CS

## INFORMACION DEL EQUIPO

### 1.- GENERALIDADES

A solicitud de GEHA GEOTECNICA & HIDRAULICA ALBIENTAL EIRL. se procedió a observar el comportamiento de un equipo de control rápido de humedad utilizando como reactivo carburo de calcio en polvo, el día 16 de Noviembre de 2020.

### 2.- DEL SISTEMA A CALIBRAR

Dispositivo : Equipo de Control Rápido de Humedad  
 Marca : ORION  
 Capacidad : 6 gr.  
 N/S : 1822.1  
 Manómetro : WIKA  
 Rango de Humedad : 30 psi

### 3.- PROCEDIMIENTO

La Calibración se realizó contrastando los resultados obtenidos en el equipo a calibrar y los resultados obtenidos del contenido de humedad realizado según la Norma ASTM D 2216.

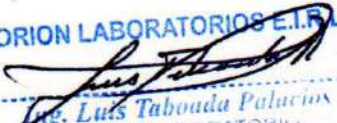
Patrón de calibración: Marca AA PRECISION, N/S T0-001  
 Informe de calibración de INACAL T-1864-2019

### 4.- RESULTADOS

En el siguiente Cuadro se presentan las series de los resultados obtenidos:

% Humedad Natural (Horno)	Lectura Dial Promedio PSI
0.00	0.00
2.25	3.17
4.60	6.50
6.61	10.33
8.70	14.83
11.36	18.50

En el gráfico se presenta la ecuación de reajuste de la presente verificación y la tabla de datos correspondientes a cada porcentaje de humedad corregida.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
  
 Ing. Luis Taboada Palacios  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 56551

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 043-20 CS

## TABLA N° 1

**BOTELLA SPEEDY - MARCA ORION**  
 Cap. 6 gr SN 1822.1, Manometro 30 PSI Marca WIKA

% Humedad de Homo	SERIES DE VERIFICACION PSI			SERIE PROMEDIO PSI
	SERIE ( 1 )	SERIE ( 2 )	SERIE ( 3 )	
-	0.00	0.00	0.00	0.00
2.25	3.00	3.50	3.00	3.17
4.60	6.50	6.50	6.50	6.50
6.61	10.00	10.50	10.50	10.33
8.70	15.00	14.50	15.00	14.83
11.36	18.50	18.50	18.50	18.50

Coefficiente de correlación...:  $R^2 = 0.9943$

Recta de ajuste:  $y = 0.5928x + 0.3173$

Donde:

X : lectura del manómetro  
 Y : presión corregida

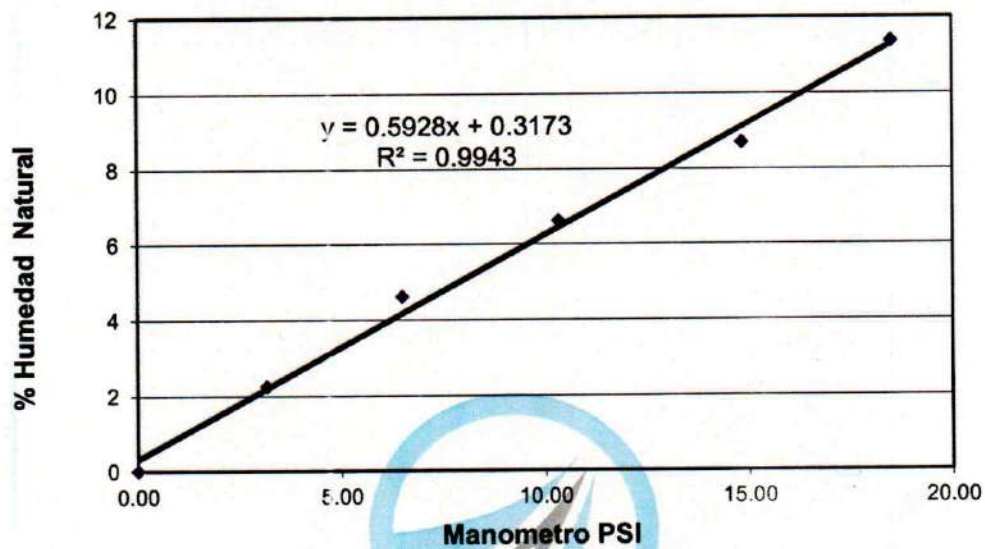
ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

*[Firma]*  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP. 56551



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 043-20 CS

**VERIFICACION DE EQUIPO DE CONTROL RAPIDO DE HUMEDAD  
MARCA ORION  
Cap. 6 gr. Serie 1822.1, Manómetro 30 PSI**



$W\% = 0.5928x + 0.3173$

VALORES DE HUMEDAD PARA MUESTRAS DE 6 GR.

PSI	Humedad %
1	0.9
2	1.5
3	2.1
4	2.7
5	3.3
6	3.9
7	4.5
8	5.1
9	5.7
10	6.2

PSI	Humedad %
11	6.8
12	7.4
13	8.0
14	8.6
15	9.2
16	9.8
17	10.4
18	11.0
19	11.6
20	12.2

PSI	Humedad %
21	12.8
22	13.4
23	14.0
24	14.5
25	15.1
26	15.7
27	16.3
28	16.9
29	17.5
30	18.1

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

*Ing. Luis Taboada Palacios*  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 56551

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 043-20 CS

## CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216

N° RECIPIENTE	I	II	III	IV	V	VI
1 PESO DEL RECIPIENTE	68.10 gr	72.10	39.00	55.00	60.40	67.80
2 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	118.10 gr	122.10	89.00	105.00	110.40	117.80
3 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	118.10 gr	121.00	86.80	101.90	106.40	112.70
4 PESO DEL AGUA CONTENIDA (3) - (4)	0.00 gr	1.10	2.20	3.10	4.00	5.10
5 PESO DEL SUELO SECO (4) - (2)	50.00 gr	48.90	47.80	46.90	46.00	44.90
6 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL HORNO (5)/(6) * 100	0.00 %	2.25	4.60	6.61	8.70	11.36
7 EQUIVALENCIA EN PRESION DE BOTELLA ORION 6 gr. PSI	0.00	3.17	6.50	10.33	14.83	18.50

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
  
 Ing. Luis Taborda Palacios  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 54551

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MFP - GGH - 1596 - 2020

Pág. 1 de 2

**SOLICITANTE** : GEHA GEOTECNICA & HIDRAULICA AMBIENTAL E.I.R.L.  
**DIRECCIÓN** : JR. TRUJILLO N° 438 - UR. PERU - SAN MARTIN DE PORRES  
 LIMA - LIMA.

**EQUIPO** : BALANZA ELECTRÓNICA  
**MARCA** : PATRICKS  
**MODELO** : DIGITAL  
**SERIE** : NO INDICA  
**ALCANCE DE MEDICION** : 30 Kg.  
**DIVISIÓN MINIMA** : 1 g.  
**CARGA MINIMA** : 20 g.  
**RANGO DE TRABAJO** : DE 20 g. A 30 Kg.  
**CLASE DE EXACTITUD** : III  
**CODIGO / IDENTIFICACIÓN** : HER-0019

**MTODO Y PATRONES DE MEDICIÓN USADOS**

Norma Metrológica Peruana NMP-003-2009 "INSTRUMENTOS DE PESAR DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO, REQUISITOS TÉCNICOS Y METROLOGICOS", utilizando pesas patrones con Incertidumbre de medición de factor de cobertura  $K=2$  para un nivel de confianza de 95%.

CERTIFICADO METROIL M 0864- 2020 M 1  
 CERTIFICADO METROIL M 0862- 2020 M 5  
 CERTIFICADO METROIL M 0865 - 2020 M 10  
 CERTIFICADO METROIL M 0866- 2020 M 20

**INSPECCIÓN VISUAL**

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACION	TIENE

**INCERTIDUMBRE DE MEDICION**

INCERTIDUMBRE TOTAL  $U = 0.6 \text{ g.}$

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

ENSAYO DE REPETIBILIDAD = DENTRO DE LOS LIMITES PERMITIDOS  
 ENSAYOS DE EXCENRICIDAD = DENTRO DE LOS LIMITES PERMITIDOS  
 ENSAYO DE PESAJE = DENTRO DE LOS LIMITES PERMITIDOS

LOS ENSAYOS EJECUTADOS SE DESCRIBEN EN LA PAGINA SIGUIENTE.

LA PERIODICIDAD DE LAS CALIBRACIONES; ESTA EN FUNCION DEL USO, CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICION.

FECHA DE CALIBRACIÓN 16 DE NOVIEMBRE DEL 2020  
 PRÓXIMA CALIBRACIÓN 16 DE MAYO DEL 2021



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MFP -GGH - 1596 - 2020

Pag. 2 de 2

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

La diferencia entre los resultados de varios pesajes (10) de una misma carga al 50% y al 100 % de la capacidad, no debe de ser mayor que el valor absoluto del E.M.P.

CARGA APROX. 50 %				
Kg	AL (g)	E (g)	E <sub>max.</sub> - E <sub>m</sub>	E.M.P.
15	0.6	-0.1	0	2
15	0.6	-0.1	0	2
15	0.6	-0.1	0	2
15	0.6	-0.1	0	2
15	0.6	-0.1	0	2

CARGA APROX. 100 %				
Kg	AL (g)	E (g)	E <sub>max.</sub> - E <sub>mini</sub>	E.M.P.
30	0.6	-0.1	0	2
30	0.6	-0.1	0	2
30	0.6	-0.1	0	2
30	0.6	-0.1	0	2
30	0.6	-0.1	0	2
30	0.6	-0.1	1	2

### ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Las indicaciones para diferentes posiciones de una misma carga equivalente a 1/3 de la capacidad maxima , no deben presentar errores ,mayores al E.M.P.

POSICION DE CARGAS												
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="padding: 5px;">2</td><td style="padding: 5px;">3</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center; padding: 10px;">1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">4</td><td style="padding: 5px;">5</td></tr> </table>	2	3	1		4	5	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="padding: 5px;">1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">2</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">3</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">4</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">5</td></tr> </table>	1	2	3	4	5
2	3											
1												
4	5											
1												
2												
3												
4												
5												

DETERMINACION DE E <sub>c</sub>				E.M.P.
Kg.	AL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	(g)
10	0.6	-0.1	0	2
10	0.6	-0.1	0	2
10	0.6	-0.1	0	2
10	0.6	-0.1	0	2
10	0.6	-0.1	0	2

### ENSAYO DE PESAJE

la indicación de cualquier pesaje individual en forma creciente o decreciente no debe exceder de E.M.P.

CARGA	CARGA ASCENDENTE		
	g.	AL(g)	E (g)
2 0	0.6	-0.1	0
5 0	0.6	-0.1	0
10 0	0.6	-0.1	0
50 0	0.6	-0.1	0
200 0	0.6	-0.1	0
500 0	0.6	-0.1	0
1000 0	0.6	-0.1	0
2000 0	0.6	-0.1	0
2500 0	0.6	-0.1	0
3000 0	0.6	-0.1	0

CARGA	CARGA DESCENDENTE			E.M.P.
	AL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
	0.6	-0.1	0	2
	0.6	-0.1	0	2
	0.6	-0.1	0	2
	0.6	-0.1	0	2
	0.6	-0.1	0	2
	0.6	-0.1	0	2
	0.6	-0.1	0	2
	0.6	-0.1	0	2
	0.6	-0.1	0	2
	0.6	-0.1	0	2

### LEYENDA

- E.M.P ERROR MAXIMO PERMITIDO
- AL CARGA AGREGADA
- E ERROR ENCONTRADO
- E<sub>o</sub> ERROR DE CERO
- E<sub>c</sub> ERROR CORREGIDO



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**N° 0124-20 BAL**

**OTORGADO A : GEHA GEOTECNICA & HIDRAULICA  
AMBIENTAL E.I.R.L.**

**CERTIFICA QUE :** El instrumento de medición con el modelo y nro. de serie indicados líneas abajo, ha sido calibrado, probado y verificado utilizando patrones certificados con trazabilidad en el Instituto Nacional de la Calidad - INACAL

Instrumento de medición : Balanza Digital  
Capacidad : 500 gr.  
Marca : ----  
Modelo : ----  
Serie : 1822  
Fecha de Calibración : 16.11.2020  
Fecha de Prox. Calibración : 16.05.2021

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
*Luis Taboada Palacios*  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 56551

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

CALIBRACIÓN EFECTUADA SEGÚN NORMA METROLÓGICA NMP 003-1996 Y PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO PARA BALANZAS DE CLASE I Y CLASE II.

**INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN**

$U = 0.01 \text{ gr.} + 0.0003$

**PATRONES**

01 Pesa de 10 kg, 01 Pesa de 5 kg, 01 Pesa de 1 kgr, 01 Pesa 500 gr, 01 Jgo de Pesas de 2 mg a 200 gr, CERTIFICADOS LM-C-134-2019, LM-132-2019, LM-133-2019, LM-134-2019, LM-C-133-2019- PE19-C-0465

**TRAZABILIDAD**

Las pesas tienen trazabilidad a los Patrones Nacionales del Servicio Nacional de Metrología de - INACAL.

**CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Inicial 22 °C Final 22.1 °C  
Humedad Relativa 71 %

**RESULTADO DE LA MEDICION**

Los errores encontrados son menores a los errores máximos permitidos por la norma metrológica consultada

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0124-20 BAL

Fecha : 16.11.2020

Caduca: 16.05.2021


RAZON SOCIAL : GEHA GEOTECNICA & HIDRAULICA AMBIENTAL E.I.R.L.

MARCA : ----- CLASE : II

Modelo : ----- CAPACIDAD : 500 g

Serie : 1822 DIVIS DE ESCALA : 0.01 g

DIVIS DE VERIFICACION : 0.01 g

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
  
 Ing. Luis Taboada Palacios  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 56551

Medición Nro	Carga L1 = 300 g		
	l (g)	AL (g)	E (g)
1	300.00	0	0
2	300.00	0	0
3	300.00	0	0
4	300.00	0	0
5	300.00	0	0
6	300.00	0	0
7	300.00	0	0
8	300.00	0	0
9	300.00	0	0
10	300.00	0	0

Medición Nro	Carga L1 = 500 g		
	l (g)	AL (g)	E (g)
1	500.00	0	0
2	500.00	0	0
3	500.00	0	0
4	500.00	0	0
5	500.00	0	0
6	500.00	0	0
7	500.00	0	0
8	500.00	0	0
9	500.00	0	0
10	500.00	0	0

CARGA	DIFERENCIA MAXIMA ENCONTRADA	ERRORES MAXIMOS PERMISIBLES
300 g	0 g	0.1 g
500 g	0.00 g	0.2 g

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posic. de Carga	Determinación de error corregido Eo			
	Carga Min	l (g)	AL (g)	E (g)
1	1 g	1.00	0	0
2		1.00	0	0
3		1.00	0	0
4		1.00	0	0
5		1.00	0	0

Carga L	Determinación de error corregido Eo					e.m.p +(g)
	l (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)		
100 g	100.00	0	0	0	0.01	
	100.00	0	0	0	0.01	
	100.00	0	0	0	0.01	
	100.00	0	0	0	0.01	
	100.00	0	0	0	0.01	

### ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES			
	l (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)
0.2	0.20	0	0	0
1	1.00	0	0	0
2	2.00	0	0	0
5	5.00	0	0	0
10	10.00	0	0	0
20	20.00	0	0	0
50	50.00	0	0	0
100	100.00	0	0	0
200	200.00	0	0	0
300	300.00	0	0	0
400	400.00	0	0	0
500	500.00	0	0	0

l (g)	DECRECIENTES			e.m.p +(g)
	AL (g)	E (g)	Ec (g)	
0.20	0	0	0	0.01
1.00	0	0	0	0.01
2.00	0	0	0	0.01
5.00	0	0	0	0.01
10.00	0	0	0	0.01
20.00	0	0	0	0.01
50.00	0	0	0	0.02
100.00	0	0	0	0.02
200.00	0	0	0	0.02
300.00	0	0	0	0.02
400.00	0	0	0	0.02
500.00	0	0	0	0.02

## **ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO**

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITANTE : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 927.13 N = 8 301 368.96

MUESTRA : C-02 / M-01

PROF. (m) : 0.58 - 6.50

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

ING. RESP. :

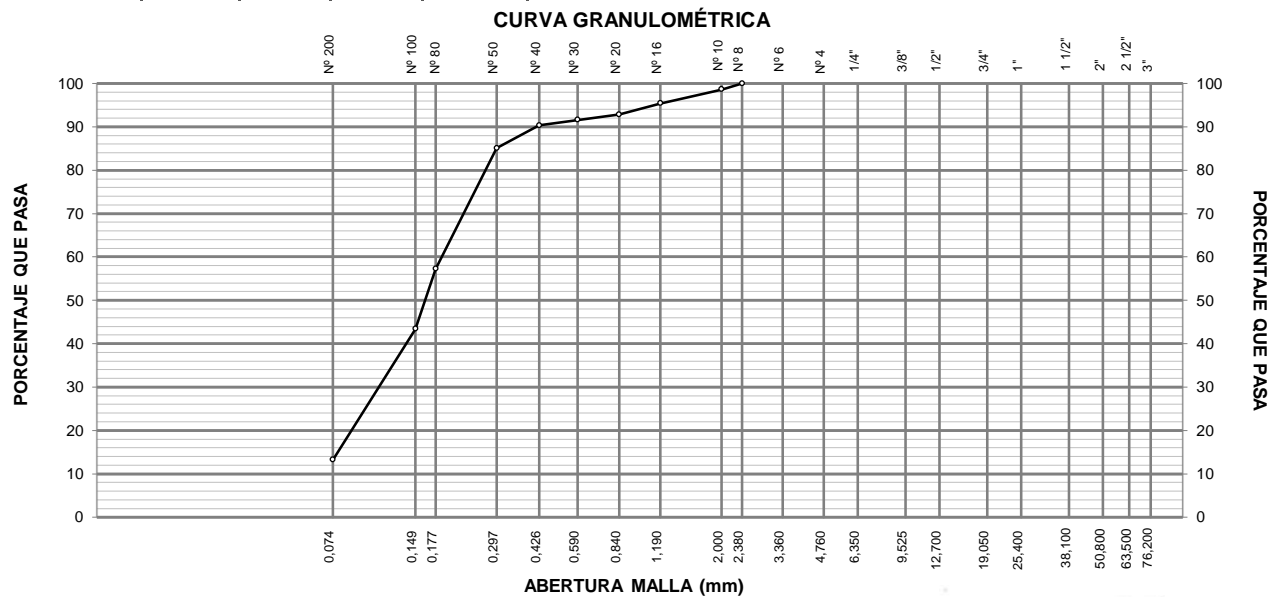
TÉCNICO : CPQ

FECHA : Diciembre/2020

GRANULOMETRÍA NTP 339.128 (99)						DESCRIPCIÓN
MALLAS		RETENIDOS			PASA (%)	Arena limosa. Con un 86.8% de arena de grano fino; fracción fina pasante la malla N°200 en un 13.2%, no plástico (LL= --, IP= NP); poco húmedo a húmedo, color grisáceo.
SERIE AMERICANA	ABERT. (mm)	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)		
3"	76.200				<b>CARACTERIZACIÓN</b> Límite líquido, % NTP 339.129 (99) : -- Límite plástico, % NTP 339.129 (99) : NP Índice plástico, % NTP 339.129 (99) : NP Clasificación SUCS NTP 339.135 (99) : SM Clasificación AASHTO NTP 339.134 (99) : A-2-4 (0)  Contenido de humedad, % NTP 339.127 (98) : 8.1  D <sub>10</sub> 0.074 % D <sub>30</sub> 0.109 % D <sub>60</sub> 0.186 % C <sub>U</sub> : 2.514 C <sub>C</sub> : 0.863  FINOS : 13.2 % ARENA : 86.8 % GRAVA : 0.0 %	
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.760					
N° 6	3.360					
N° 8	2.380				100.0	
N° 10	2.000	5.0	1.4	1.4	98.6	
N° 16	1.190	11.3	3.2	4.6	95.4	
N° 20	0.840	9.2	2.6	7.2	92.8	
N° 30	0.590	4.2	1.2	8.4	91.6	
N° 40	0.426	4.4	1.3	9.7	90.3	
N° 50	0.297	18.3	5.2	14.9	85.1	
N° 80	0.177	97.5	27.9	42.8	57.2	
N° 100	0.149	48.2	13.8	56.6	43.4	
N° 200	0.074	105.7	30.2	86.8	13.2	
- N° 200	-	46.1	13.2	100.0	-	

**OBSERVACIONES:** Muestreado e identificado por el solicitante.

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO		
- PESO TOTAL, g	350.0	100.0 %
- PESO GRAVA, g	0.0	0.0 %
- PESO ARENA, g	350.0	100.0 %
- PESO GLOBAL EMPLEADO, g	350.0	



*Carlos Henry Pelaez Quispe*  
**CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC.

*Cesar Raul Chumpitaz Cari*  
**CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99911



# DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS

NTP 339.129 (99 N)

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880  
 SOLICITANTE : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL  
 UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

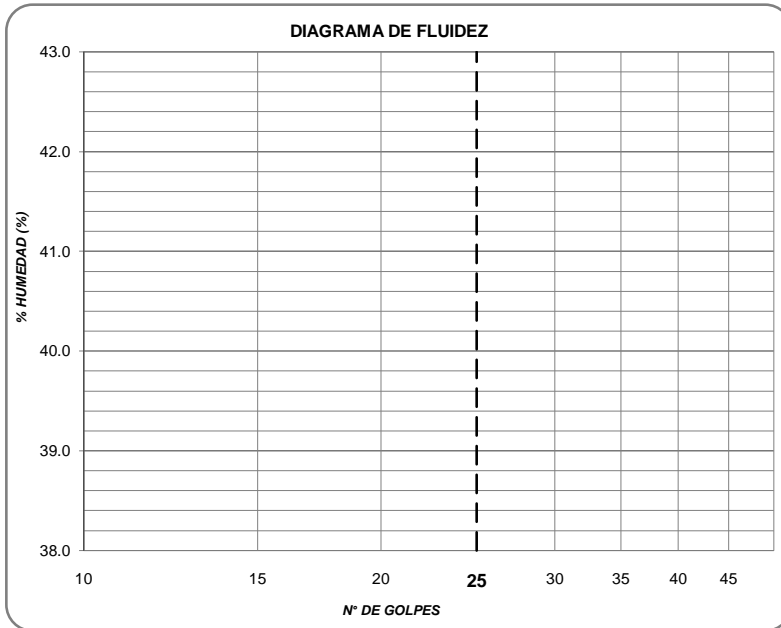
REGISTRO 006/2021.Geosur

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

- PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2  
 : COORD. (UTM-WGS84): E = 808 927.13 N = 8 301 368.96  
 - MUESTRA : C-02 / M-01 - PROF. (m) : 0.58 - 6.50

ING. RESP.  
 TÉCNICO : C.P.Q.  
 FECHA : Enero/2021

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
CÁPSULA No.		
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g		
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g		
PESO AGUA, g	<b><u>NO PLÁSTICO</u></b>	
PESO DE LA CÁPSULA, g		
PESO SUELO SECO, g		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %		
NÚMERO DE GOLPES		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	-.-
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>NP</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>NP</b>

**OBSERVACIONES:**

Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40 (0,425 mm).  
 Muestreado e identificado por el solicitante.

  
 CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTÉCNICA E INGENIERÍA SAC.

  
 CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99911

## PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO

### NTP 400.017 (2011)

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITANTE : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

TÉCNICO : G.B.V.

FECHA : Enero/2021

#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

- PROCEDENCIA: VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 927.13 N = 8 301 368.96

- MUESTRA : C-02 / M-01 PROF. (m) : 0.58 - 6.50

### DATOS BÁSICOS

DATOS BÁSICOS				
A	Peso de la muestra seca + recipiente (g)	4806.3	4809.1	4807.0
B	Peso del recipiente (g)	3618.0	3618.0	3618.0
C	Peso de la muestra (g) (A-B)	1188.3	1191.1	1189.0
D	Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )	920.0	920.0	920.0

### RESULTADOS

RESULTADOS					
DESCRIPCIÓN		FÓRMULA	VALORES		
PESO UNITARIO SUELTO SECO, kg/m <sup>3</sup>		C / D	1291.6	1294.7	1292.4
PROMEDIO :			<b>1293 kg/m<sup>3</sup></b>		

**OBSERVACIONES :** MUESTRA PROPORCIONADA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE

  
 CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC.

  
 CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99911

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITADO : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 927.13 N = 8 301 368.96

MUESTRA : C-02 / M-01

PROF. (m) : 0.58 - 6.50

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

ING. RESP. :

TÉCNICO : C.P.Q.

FECHA : Enero/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD :		F. anillo: $Y = 0.000250X^2 + 0.088371x + 1.634316$	
Nº DE RECIPIENTE	5	PESO MUESTRA + ANILLO (g)	53.10
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	51.17	PESO DEL ANILLO (g)	20.34
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	48.25	PESO DE LA MUESTRA (g)	32.76
PESO DEL AGUA (g)	2.92	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	20.10
PESO DEL RECIPIENTE (g)	12.59	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	25.53
PESO DEL SUELO SECO (g)	35.66	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.283
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	8.19	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.186

ESFUERZO NORMAL : **0,5 kg/cm<sup>2</sup>**

TIEMPO (min)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	-	0.00		0.00	0.000
0.5	4.0	0.25		1.99	0.099
1.0	21.0	0.50		3.60	0.179
1.5	29.5	0.75		4.46	0.222
2.0	34.0	1.00		4.93	0.245
2.5	37.0	1.25		5.25	0.261
3.0	39.0	1.50		5.46	0.272
3.5	40.5	1.75		5.62	0.280
4.0	42.0	2.00		5.79	0.288
4.5	43.5	2.25		5.95	0.296

OBSERVACIONES:

  
CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
JEFE DE LABORATORIO  
GEOSUR GEOTÉCNICA E INGENIERÍA S.A.C.

  
CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 99911

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO

## ASTM D-3080

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITADO : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 927.13 N = 8 301 368.96

MUESTRA : C-02 / M-01

PROF. (m) : 0.58 - 6.50

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

ING. RESP. :

TÉCNICO : C.P.Q.

FECHA : Enero/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD :		F. anillo: $Y = 0.000250X^2 + 0.088371x + 1.634316$	
Nº DE RECIPIENTE	9	PESO MUESTRA + ANILLO (g)	53.08
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	51.13	PESO DEL ANILLO (g)	20.34
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	48.05	PESO DE LA MUESTRA (g)	32.74
PESO DEL AGUA (g)	3.08	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	20.10
PESO DEL RECIPIENTE (g)	10.40	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	25.53
PESO DEL SUELO SECO (g)	37.65	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.283
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	8.18	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.186

ESFUERZO NORMAL : 1,0 kg/cm<sup>2</sup>

TIEMPO (min)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	-	0.00		0.00	0.000
0.5	21.0	0.25		3.60	0.179
1.0	46.0	0.50		6.23	0.310
1.5	62.0	0.75		8.07	0.402
2.0	74.0	1.00		9.54	0.475
2.5	81.0	1.25		10.43	0.519
3.0	85.0	1.50		10.95	0.545
3.5	88.5	1.75		11.41	0.568
4.0	91.0	2.00		11.75	0.584
4.5	92.0	2.25		11.88	0.591
5.0	93.0	2.50		12.02	0.598
5.5	93.0	2.75		12.02	0.598

OBSERVACIONES:

---



---

  
 CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC.

  
 CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99911

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITADO : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

ING. RESP. :

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 927.13 N = 8 301 368.96

TÉCNICO : C.P.Q.

MUESTRA : C-02 / M-01

PROF. (m) : 0.58 - 6.50

FECHA : Enero/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD :		F. anillo: $Y= 0.000250X^2 + 0.088371x + 1.634316$	
Nº DE RECIPIENTE	2	PESO MUESTRA + ANILLO (g)	71.43
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	68.77	PESO DEL ANILLO (g)	20.34
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	64.33	PESO DE LA MUESTRA (g)	51.09
PESO DEL AGUA (g)	4.44	ÁREA (cm²)	20.10
PESO DEL RECIPIENTE (g)	10.25	VOLUMEN (cm³)	25.53
PESO DEL SUELO SECO (g)	54.08	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³)	2.001
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	8.21	DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.850

ESFUERZO NORMAL : 2,0 kg/cm²

TIEMPO (min)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm²)
0.0	-	0.00		0.00	0.000
0.5	41.5	0.25		5.73	0.285
1.0	86.5	0.50		11.15	0.555
1.5	115.0	0.75		15.10	0.751
2.0	137.5	1.00		18.51	0.921
2.5	150.0	1.25		20.51	1.021
3.0	156.5	1.50		21.59	1.074
3.5	161.5	1.75		22.43	1.116
4.0	164.5	2.00		22.94	1.141
4.5	166.0	2.25		23.19	1.154
5.0	168.0	2.50		23.54	1.171
5.5	169.0	2.75		23.71	1.180
6.0	169.5	3.00		23.80	1.184

OBSERVACIONES:

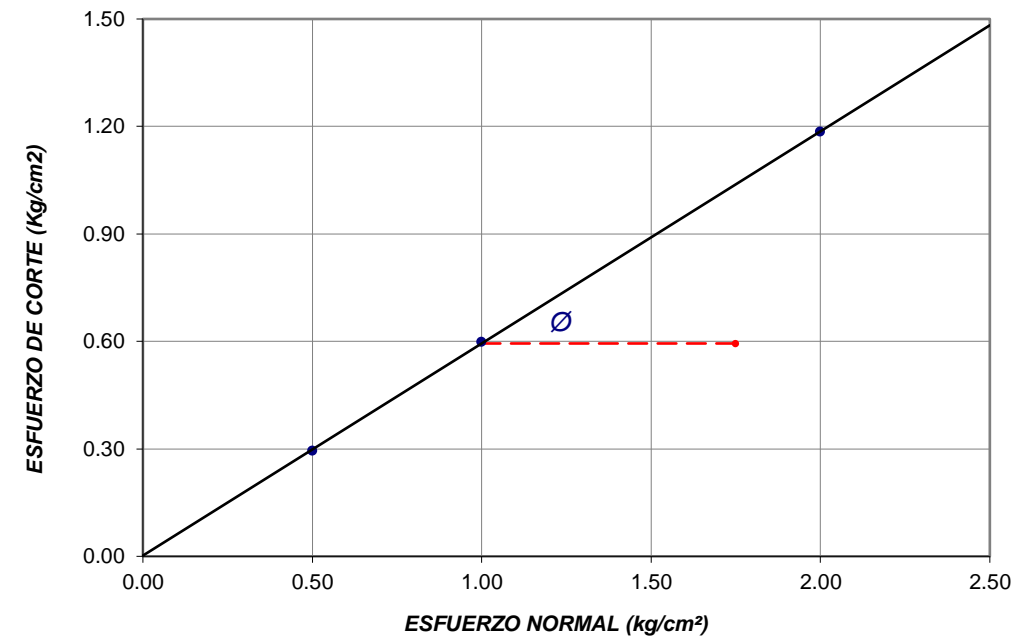
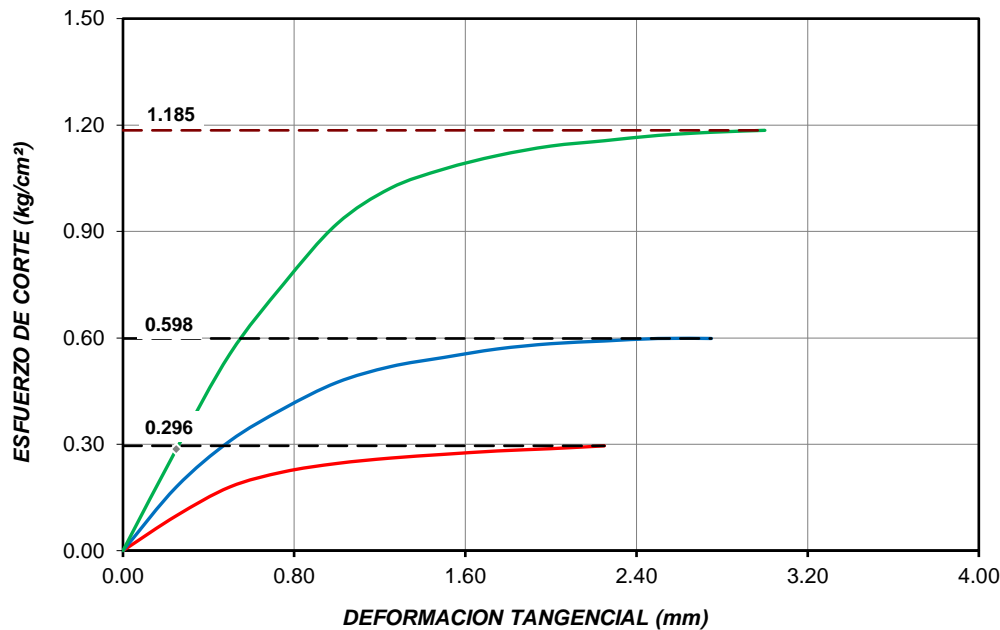
  
CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
JEFE DE LABORATORIO  
GEOSUR GEOTECNICA E INGENIERIA SAC.

  
CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 99911

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D-3080

PROYECTO	<b>ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880</b>				<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES</b>						
SOLICITADO	: GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL						<b>MUESTRA N°</b>	<b>ÁREA (cm<sup>2</sup>)</b>			
UBICACIÓN	: U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA				<b>CONT. HUM. (%)</b>	<b>DENS. SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>ESFUERZOS (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
PROCEDENCIA	: VASO DE LA RELAVERA R1-R2 - COORD. (UTM-WGS84): E = 808 927.13 N = 8 301 368.96						<b>TANGENCIAL</b>	<b>NORMAL</b>			
MUESTRA	: C-02 / M-01	REGISTRO	: <b>006/2021.Geosur</b>	TÉCNICO	: C.P.Q.	01	20.10	8.19	1.186	0.296	0.5
CONDICIÓN	: ALTERADA	PROF. (m)	: 0.58 - 6.50	FECHA	: Enero-2021	02	20.10	8.18	1.186	0.598	1.0
CLASIF. SUCS	: SM	L.L. = --	I.P. = NP	% MENOR QUE MALLA N° 200 : 13.2 %		03	20.10	8.21	1.850	1.185	2.0



OBSERVACIONES MUESTRA ENSAYADA EN CONDICIONES NO CONSOLIDADA NO DRENADA (UU).

### RESULTADOS DE ENSAYOS

COHESIÓN (kg/cm<sup>2</sup>)

0.00

ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)

30.6

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO

## ASTM D-3080

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITADO : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 927.13 N = 8 301 368.96

MUESTRA : C-02 / M-01

PROF. (m) : 0.58 - 6.50

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

ING. RESP. :

TÉCNICO : C.P.Q.

FECHA : Enero/2021

CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: ALTERADA
ÁREA DE LOS ESPECÍMENES	: 20.10 cm <sup>2</sup>
VOLUMEN DE LOS ESPECÍMENES	: 25.53 cm <sup>3</sup>
	:

CLASIFICACIÓN SUCS	: SM
LÍMITE LÍQUIDO	: -.-
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	: NP
% MENOR QUE LA MALLA N° 200	: 13.2 %

N° DE MUESTRA	:
CONTENIDO DE HUMEDAD	% :
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm <sup>3</sup> :
DENSIDAD SECA	g/cm <sup>3</sup> :
ESFUERZO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> :

		01	02	03	
		8.2	8.2	8.2	
		1.283	1.283	2.001	
		1.186	1.186	1.850	
		0.5	1.0	2.0	
DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
-	-	-	-	-	-
0.25	0.099	0.25	0.179	0.25	0.285
0.50	0.179	0.50	0.310	0.50	0.555
0.75	0.222	0.75	0.402	0.75	0.751
1.00	0.245	1.00	0.475	1.00	0.921
1.25	0.261	1.25	0.519	1.25	1.021
1.50	0.272	1.50	0.545	1.50	1.074
1.75	0.280	1.75	0.568	1.75	1.116
2.00	0.288	2.00	0.584	2.00	1.141
2.25	0.296	2.25	0.591	2.25	1.154
		2.50	0.598	2.50	1.171
		2.75	0.598	2.75	1.180
				3.00	1.184

**Ángulo de Fricción**

$\phi = 30.6^\circ$

**Cohesión**

$C = 0.00 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: 0

  
 CARLOS HENRY PELAÉZ QUISPE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERÍA SAC.

  
 CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 98911

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITANTE : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 011.07 N = 8 301 302.99

MUESTRA : C-01 / M-01

PROF. (m) : 0.76 - 7.20

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

ING. RESP. :

TÉCNICO : CPQ

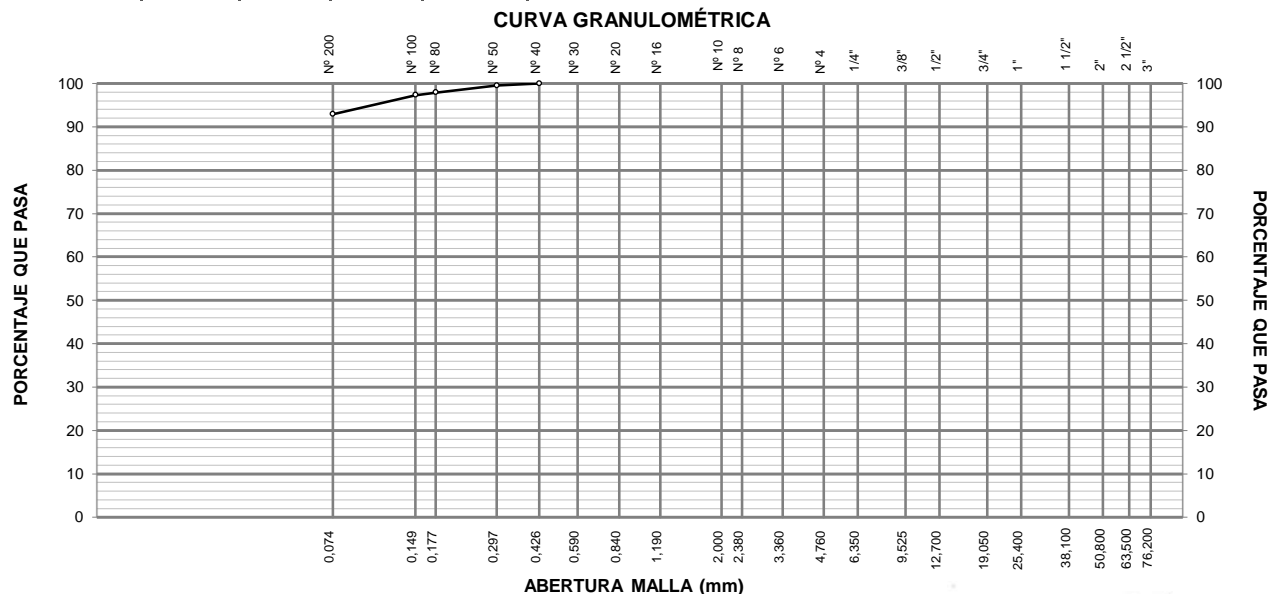
FECHA : Diciembre/2020

GRANULOMETRÍA NTP 339.128 (99)					
MALLAS		RETENIDOS			PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERT. (mm)	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)	
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				
N° 6	3.360				
N° 8	2.380				
N° 10	2.000				
N° 16	1.190				
N° 20	0.840				
N° 30	0.590				
N° 40	0.426				100.0
N° 50	0.297	1.9	0.5	0.5	99.5
N° 80	0.177	5.6	1.6	2.1	97.9
N° 100	0.149	2.0	0.6	2.7	97.3
N° 200	0.074	15.3	4.4	7.1	92.9
- N° 200	-	325.0	92.9	100.0	-

DESCRIPCIÓN	
Limo inorgánico. Con un 7.1% de arena de grano fino; fracción fina pasante la malla N°200 en un 92.9%, plástico (LL= 40.5%, IP= 11.6%); muy húmedo a saturado, color pardo.	
CARACTERIZACIÓN	
Límite líquido, %	NTP 339.129 (99) : 40.5
Límite plástico, %	NTP 339.129 (99) : 28.9
Índice plástico, %	NTP 339.129 (99) : 11.6
Clasificación SUCS	NTP 339.135 (99) : ML
Clasificación AASHTO	NTP 339.134 (99) : A-7-6 (13)
Contenido de humedad, %	NTP 339.127 (98) : 39.4
D <sub>10</sub> 0.074 %	D <sub>30</sub> 0.074 %
D <sub>60</sub> 0.074 %	C <sub>U</sub> --
	C <sub>C</sub> --
FINOS : 92.9 %	ARENA : 7.1 %
	GRAVA : 0.0 %

OBSERVACIONES: Muestreado e identificado por el solicitante.

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO		
- PESO TOTAL, g	350.0	100.0 %
- PESO GRAVA, g	0.0	0.0 %
- PESO ARENA, g	350.0	100.0 %
- PESO GLOBAL EMPLEADO, g	350.0	



*Carlitos Pelaez*  
CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
JEFE DE LABORATORIO  
GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC.

*Cesar Raul Chumpitaz*  
CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 99911



# DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS

NTP 339.129 (99 N)

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880  
 SOLICITANTE : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL  
 UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

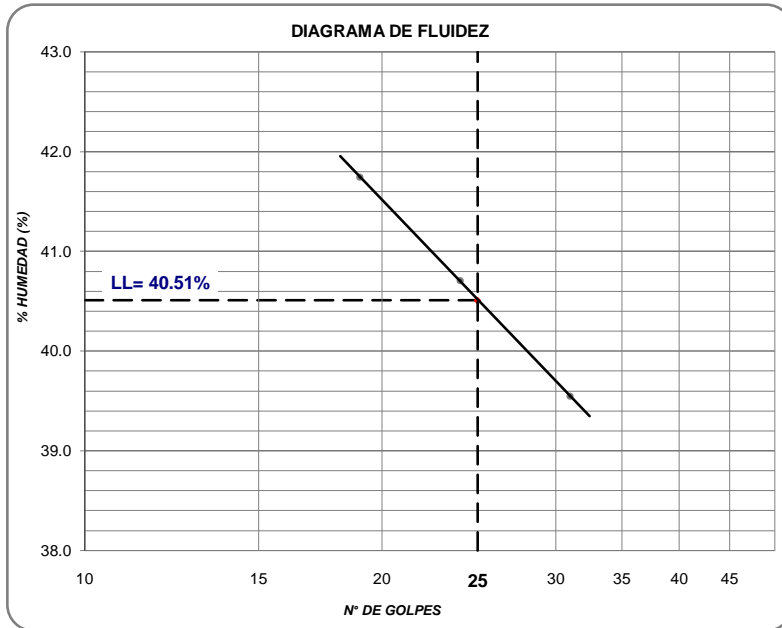
REGISTRO 006/2021.Geosur

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

- PROCEDENCIA :  
 : COORD. (UTM-WGS84): E = 808 011.07 N = 8 301 302.99  
 - MUESTRA : C-01 / M-01 - PROF. (m) : 0.76 - 7.20

ING. RESP.  
 TÉCNICO : C.P.Q.  
 FECHA : Enero/2021

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3		1	2
CÁPSULA No.	16	14	3		12	10
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	30.93	32.43	27.67		24.52	21.12
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	25.62	27.13	23.26		22.55	19.37
PESO AGUA, g	5.31	5.30	4.41		1.97	1.75
PESO DE LA CÁPSULA, g	12.90	14.11	12.11		15.75	13.31
PESO SUELO SECO, g	12.72	13.02	11.15		6.80	6.06
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	41.75	40.71	39.55		28.97	28.88
NÚMERO DE GOLPES	19	24	31			



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>40.5</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>28.9</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>11.6</b>

**OBSERVACIONES:**

Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40 (0,425 mm).  
 Muestreado e identificado por el solicitante.

  
 CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTECNICA E INGENIERIA SAC.

  
 CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99911

## PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO

### NTP 400.017 (2011)

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITANTE : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

TÉCNICO : G.B.V.

FECHA : Enero/2021

#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

- PROCEDENCIA: **VASO DE LA RELAVERA R1-R2**

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 011.07 N = 8 301 302.99

- MUESTRA : **C-01 / M-01** PROF. (m) : 0.76 - 7.20

### DATOS BÁSICOS

DATOS BÁSICOS				
A	Peso de la muestra seca + recipiente (g)	4480.2	4477.3	4478.5
B	Peso del recipiente (g)	3618.0	3618.0	3618.0
C	Peso de la muestra (g) (A-B)	862.2	859.3	860.5
D	Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )	920.0	920.0	920.0

### RESULTADOS

DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	VALORES		
PESO UNITARIO SUELTO SECO, kg/m <sup>3</sup>	C / D	937.2	934.0	935.3
PROMEDIO :		<b>936 kg/m<sup>3</sup></b>		

**OBSERVACIONES :** MUESTRA PROPORCIONADA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE

  
 CARLOS HENRY PELÁEZ QUISPE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC.

  
 CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99911

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO

## ASTM D-3080

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITADO : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 011.07 N = 8 301 302.99

MUESTRA : C-01 / M-01

PROF. (m) : 0.76 - 7.20

REGISTRO : 006/2021.Geosur

ING. RESP. :

TÉCNICO : C.P.Q.

FECHA : Enero/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD :		F. anillo: $Y = 0.000250X^2 + 0.088371x + 1.634316$	
Nº DE RECIPIENTE	24	PESO MUESTRA + ANILLO (g)	61.05
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	59.12	PESO DEL ANILLO (g)	20.34
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	45.96	PESO DE LA MUESTRA (g)	40.71
PESO DEL AGUA (g)	13.16	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	20.10
PESO DEL RECIPIENTE (g)	12.59	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	25.53
PESO DEL SUELO SECO (g)	33.37	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.595
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	39.44	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.144

ESFUERZO NORMAL : 0,5 kg/cm<sup>2</sup>

TIEMPO (min)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	-	0.00		0.00	0.000
0.5	1.5	0.25		1.77	0.088
1.0	12.5	0.50		2.78	0.138
1.5	20.0	0.75		3.50	0.174
2.0	23.0	1.00		3.80	0.189
2.5	24.5	1.25		3.95	0.196
3.0	26.0	1.50		4.10	0.204
3.5	27.5	1.75		4.25	0.212
4.0	28.5	2.00		4.36	0.217
4.5	29.5	2.25		4.46	0.222
5.0	30.5	2.50		4.56	0.227
5.5	31.0	2.75		4.61	0.230
6.0	31.0	3.00		4.61	0.230
6.5	32.0	3.25		4.72	0.235
7.0	32.0	3.50		4.72	0.235
7.5	31.0	3.75		4.61	0.230

OBSERVACIONES:

---



---

  
 CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTECNICA E INGENIERIA SAC.

  
 CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99911

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO

## ASTM D-3080

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITADO : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 011.07 N = 8 301 302.99

MUESTRA : C-01 / M-01

PROF. (m) : 0.76 - 7.20

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

ING. RESP. :

TÉCNICO : C.P.Q.

FECHA : Enero/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD :		F. anillo: $Y = 0.000250X^2 + 0.088371x + 1.634316$	
Nº DE RECIPIENTE	17	PESO MUESTRA + ANILLO (g)	61.18
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	59.23	PESO DEL ANILLO (g)	20.34
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	45.73	PESO DE LA MUESTRA (g)	40.84
PESO DEL AGUA (g)	13.50	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	20.10
PESO DEL RECIPIENTE (g)	11.46	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	25.53
PESO DEL SUELO SECO (g)	34.27	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.600
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	39.39	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.148

ESFUERZO NORMAL : **1,0 kg/cm<sup>2</sup>**

TIEMPO (min)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	-	0.00		0.00	0.000
0.5	6.0	0.25		2.17	0.108
1.0	25.0	0.50		4.00	0.199
1.5	39.5	0.75		5.52	0.274
2.0	49.0	1.00		6.56	0.327
2.5	54.5	1.25		7.19	0.358
3.0	56.0	1.50		7.37	0.367
3.5	57.0	1.75		7.48	0.372
4.0	58.0	2.00		7.60	0.378
4.5	59.5	2.25		7.78	0.387
5.0	61.0	2.50		7.96	0.396
5.5	62.0	2.75		8.07	0.402
6.0	62.5	3.00		8.13	0.405
6.5	63.5	3.25		8.25	0.411
7.0	63.5	3.50		8.25	0.411
7.5	64.0	3.75		8.31	0.414
8.0	64.5	4.00		8.37	0.417
8.5	64.5	4.25		8.37	0.417
9.0	64.0	4.50		8.31	0.414

OBSERVACIONES:

---



---

  
 CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA SAC.

  
 CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99911

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO

## ASTM D-3080

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITADO : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 011.07 N = 8 301 302.99

MUESTRA : C-01 / M-01

PROF. (m) : 0.76 - 7.20

REGISTRO : 006/2021.Geosur

ING. RESP. :

TÉCNICO : C.P.Q.

FECHA : Enero/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD :		F. anillo: $Y = 0.000250X^2 + 0.088371x + 1.634316$	
Nº DE RECIPIENTE	6	PESO MUESTRA + ANILLO (g)	61.59
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	58.93	PESO DEL ANILLO (g)	20.34
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	45.52	PESO DE LA MUESTRA (g)	41.25
PESO DEL AGUA (g)	13.41	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	20.10
PESO DEL RECIPIENTE (g)	11.46	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	25.53
PESO DEL SUELO SECO (g)	34.06	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.616
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	39.37	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.159

ESFUERZO NORMAL : **2,0 kg/cm<sup>2</sup>**

TIEMPO (min)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	-	0.00		0.00	0.000
0.5	22.5	0.25		3.75	0.187
1.0	55.5	0.50		7.31	0.364
1.5	77.5	0.75		9.98	0.497
2.0	95.0	1.00		12.29	0.611
2.5	104.5	1.25		13.60	0.677
3.0	109.5	1.50		14.31	0.712
3.5	111.5	1.75		14.60	0.726
4.0	113.0	2.00		14.81	0.737
4.5	114.0	2.25		14.96	0.744
5.0	115.5	2.50		15.18	0.755
5.5	116.0	2.75		15.25	0.759
6.0	116.5	3.00		15.32	0.762
6.5	116.5	3.25		15.32	0.762
7.0	117.0	3.50		15.40	0.766
7.5	117.5	3.75		15.47	0.770
8.0	117.5	4.00		15.47	0.770
8.5	118.0	4.25		15.54	0.773
9.0	118.0	4.50		15.54	0.773
9.5	117.0	4.75		15.40	0.766

OBSERVACIONES:

  
CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
JEFE DE LABORATORIO  
GEOSUR GEOTECNICA E INGENIERIA SAC.

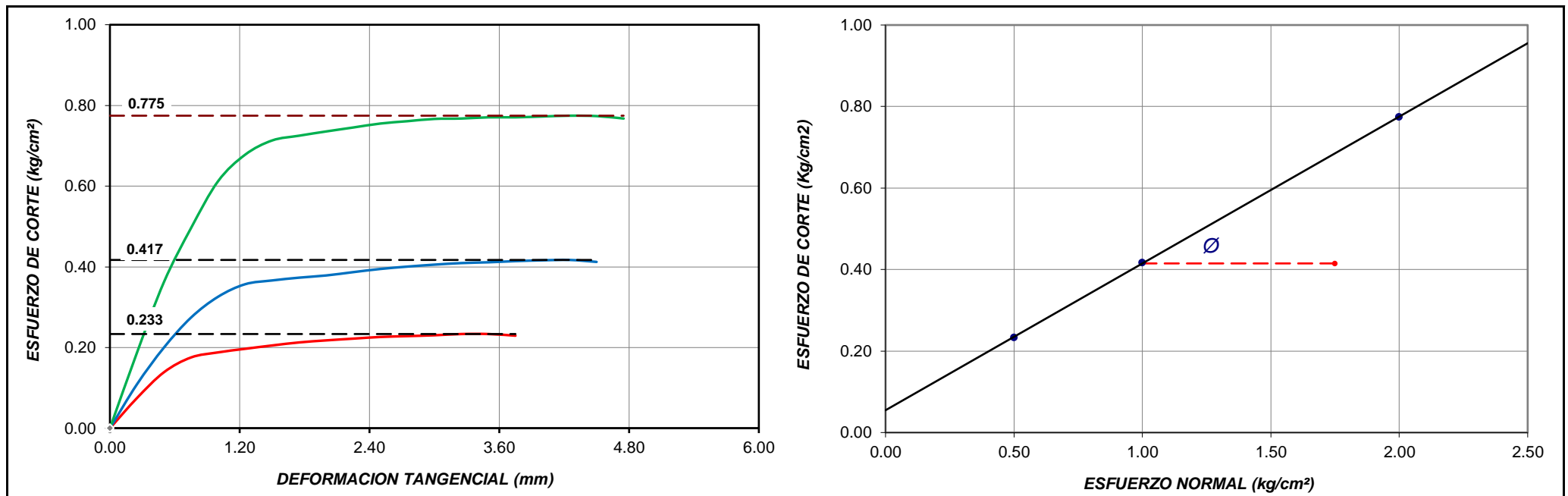
  
CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 99911

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D-3080

PROYECTO				ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880			
SOLICITADO				GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL			
UBICACIÓN				U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA			
PROCEDENCIA				VASO DE LA RELAVERA R1-R2 - COORD. (UTM-WGS84): E = 808 011.07 N = 8 301 302.99			
MUESTRA		REGISTRO		TÉCNICO			
: C-01 / M-01		: 006/2021.Geosur		: C.P.Q.			
CONDICIÓN		PROF. (m)		FECHA			
: ALTERADA		: 0.76 - 7.20		: Enero-2021			
CLASIF. SUCS : ML		L.L. = 40.5 %		I.P. = 39.4 %		% MENOR QUE MALLA N° 200 : 92.9 %	

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES					
MUESTRA N°	ÁREA (cm²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (g/cm³)	ESFUERZOS (kg/cm²)	
				TANGENCIAL	NORMAL
01	20.10	39.44	1.144	0.233	0.5
02	20.10	39.39	1.148	0.417	1.0
03	20.10	39.37	1.159	0.775	2.0



OBSERVACIONES MUESTRA ENSAYADA EN CONDICIONES NO CONSOLIDADA NO DRENADA (UU).

RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (kg/cm²)	0.05	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	19.8

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO

## ASTM D-3080

PROYECTO : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LAS RELAVERAS R1, R2, R3, R4 Y DME 4880

SOLICITADO : GEHA Geotécnica & Hidráulica Ambiental EIRL

UBICACIÓN : U.M. SHILA PAULA - CHACHAS - CASTILLA - AREQUIPA

PROCEDENCIA : VASO DE LA RELAVERA R1-R2

COORD. (UTM-WGS84): E = 808 011.07 N = 8 301 302.99

MUESTRA : C-01 / M-01

PROF. (m) : 0.76 - 7.20

REGISTRO : **006/2021.Geosur**

ING. RESP. :

TÉCNICO : C.P.Q.

FECHA : Enero/2021

CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: ALTERADA
ÁREA DE LOS ESPECÍMENES	: 20.10 cm <sup>2</sup>
VOLUMEN DE LOS ESPECÍMENES	: 25.53 cm <sup>3</sup>
	:

CLASIFICACIÓN SUCS	: ML
LÍMITE LÍQUIDO	: 40.5 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	: 39.4 %
% MENOR QUE LA MALLA N° 200	: 92.9 %

N° DE MUESTRA	:
CONTENIDO DE HUMEDAD	% :
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm <sup>3</sup> :
DENSIDAD SECA	g/cm <sup>3</sup> :
ESFUERZO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> :

		01	02	03	
		39.4	39.4	39.4	
		1.595	1.600	1.616	
		1.144	1.148	1.159	
		0.5	1.0	2.0	
DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
-	-	-	-	-	-
0.25	0.088	0.25	0.108	0.25	0.187
0.50	0.138	0.50	0.199	0.50	0.364
0.75	0.174	0.75	0.274	0.75	0.497
1.00	0.189	1.00	0.327	1.00	0.611
1.25	0.196	1.25	0.358	1.25	0.677
1.50	0.204	1.50	0.367	1.50	0.712
1.75	0.212	1.75	0.372	1.75	0.726
2.00	0.217	2.00	0.378	2.00	0.737
2.25	0.222	2.25	0.387	2.25	0.744
2.50	0.227	2.50	0.396	2.50	0.755
2.75	0.230	2.75	0.402	2.75	0.759
3.00	0.230	3.00	0.405	3.00	0.762
3.25	0.235	3.25	0.411	3.25	0.762
3.50	0.235	3.50	0.411	3.50	0.766
3.75	0.230	3.75	0.414	3.75	0.770
		4.00	0.417	4.00	0.770
		4.25	0.417	4.25	0.773
		4.50	0.414	4.50	0.773
				4.75	0.766

**Ángulo de Fricción**

$\phi = 19.8^\circ$

**Cohesión**

$C = 0.05 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES:

  
 CARLOS HENRY PELAEZ QUISPE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERÍA S.A.C.

  
 CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99911

## **ANEXO 04: PANEL FOTOGRAFICO**





Medición de nivel freático en el piezómetro AMP-08 con la sonda piezométrica



Medición de nivel freático en el piezómetro AMP-07 con la sonda piezométrica



Calicata C-2 en la relavera N°2



Calicata C-1 en la relavera N°1



Inicio de excavación de la calicata C-01



Ensayo de cono de arena y Speedy (contenido de humedad)



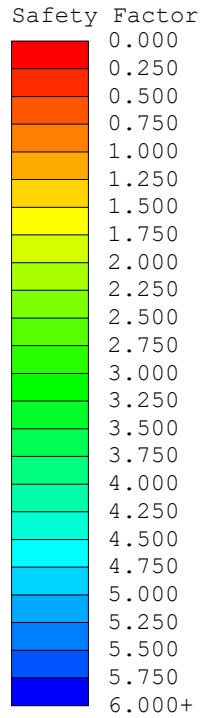
Levantamiento topográfico de la relavera N°1



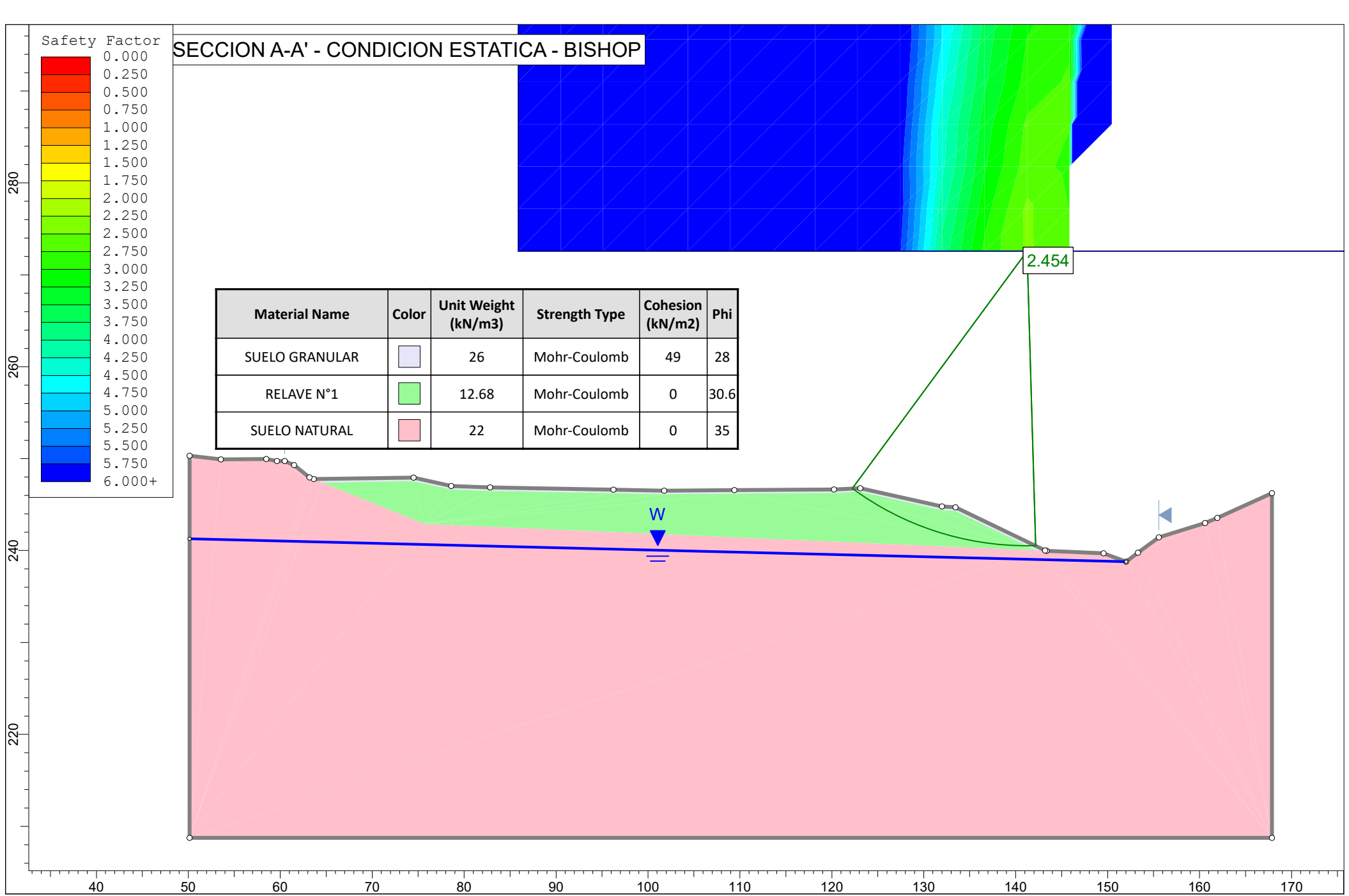
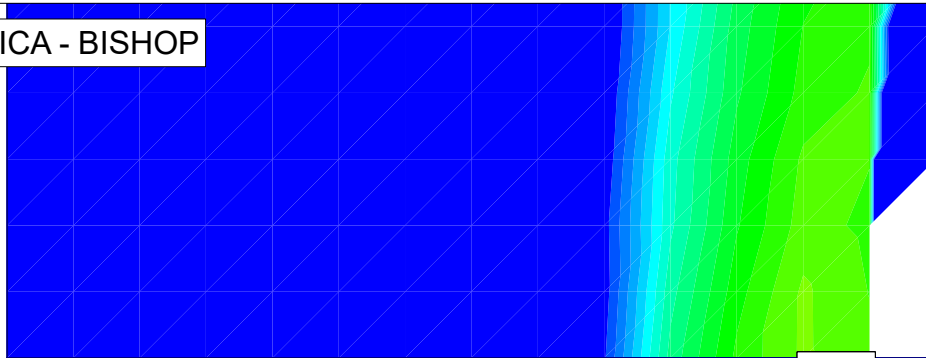
Levantamiento topográfico de la relavera N°1 y de la relavera N°2

## **ANEXO 05: ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.**

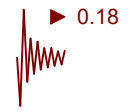
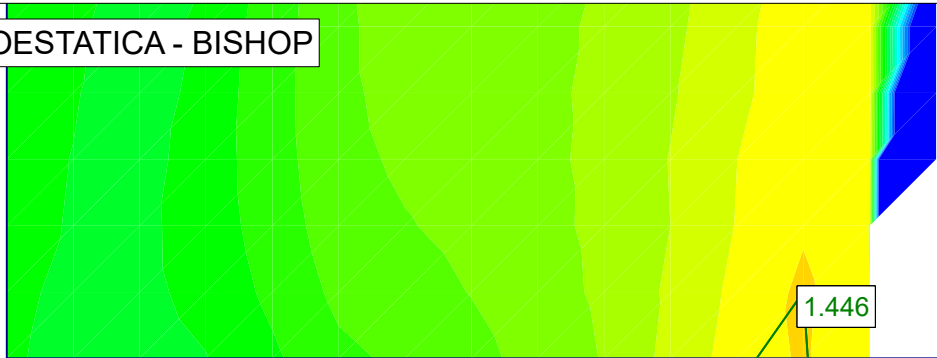
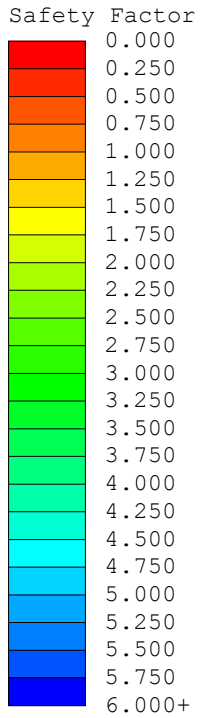
# SECCION A-A' - CONDICION ESTATICA - BISHOP



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°1		12.68	Mohr-Coulomb	0	30.6
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35



# SECCION A-A' - CONDICION PSUDOESTATICA - BISHOP



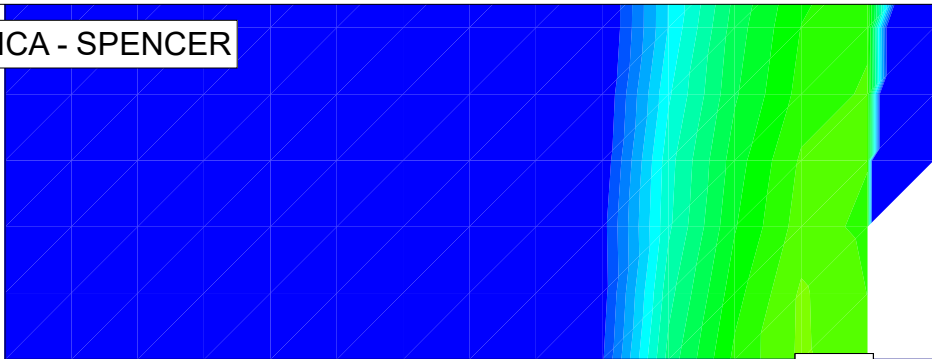
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°1		12.68	Mohr-Coulomb	0	30.6
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35

280  
260  
240  
220

W

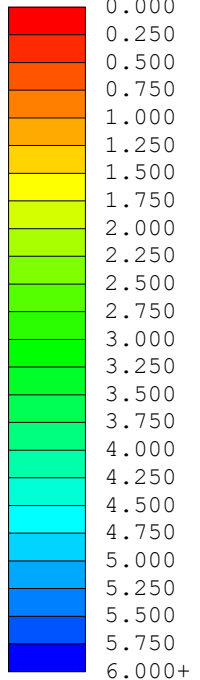
40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170

# SECCION A-A' - CONDICION ESTATICA - SPENCER



2.453

Safety Factor



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°1		12.68	Mohr-Coulomb	0	30.6
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35

280

260

240

220

W

40

50

60

70

80

90

100

110

120

130

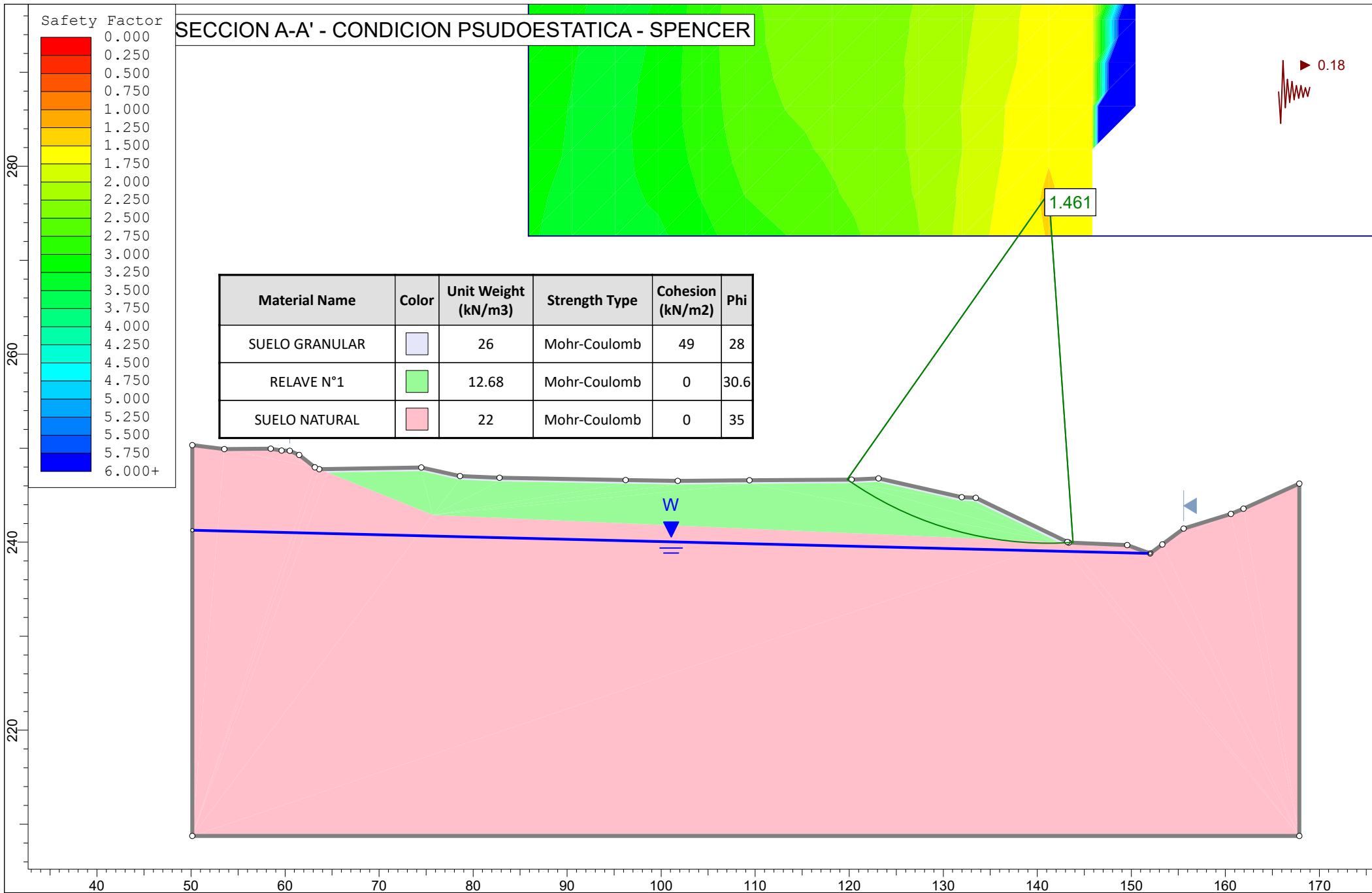
140

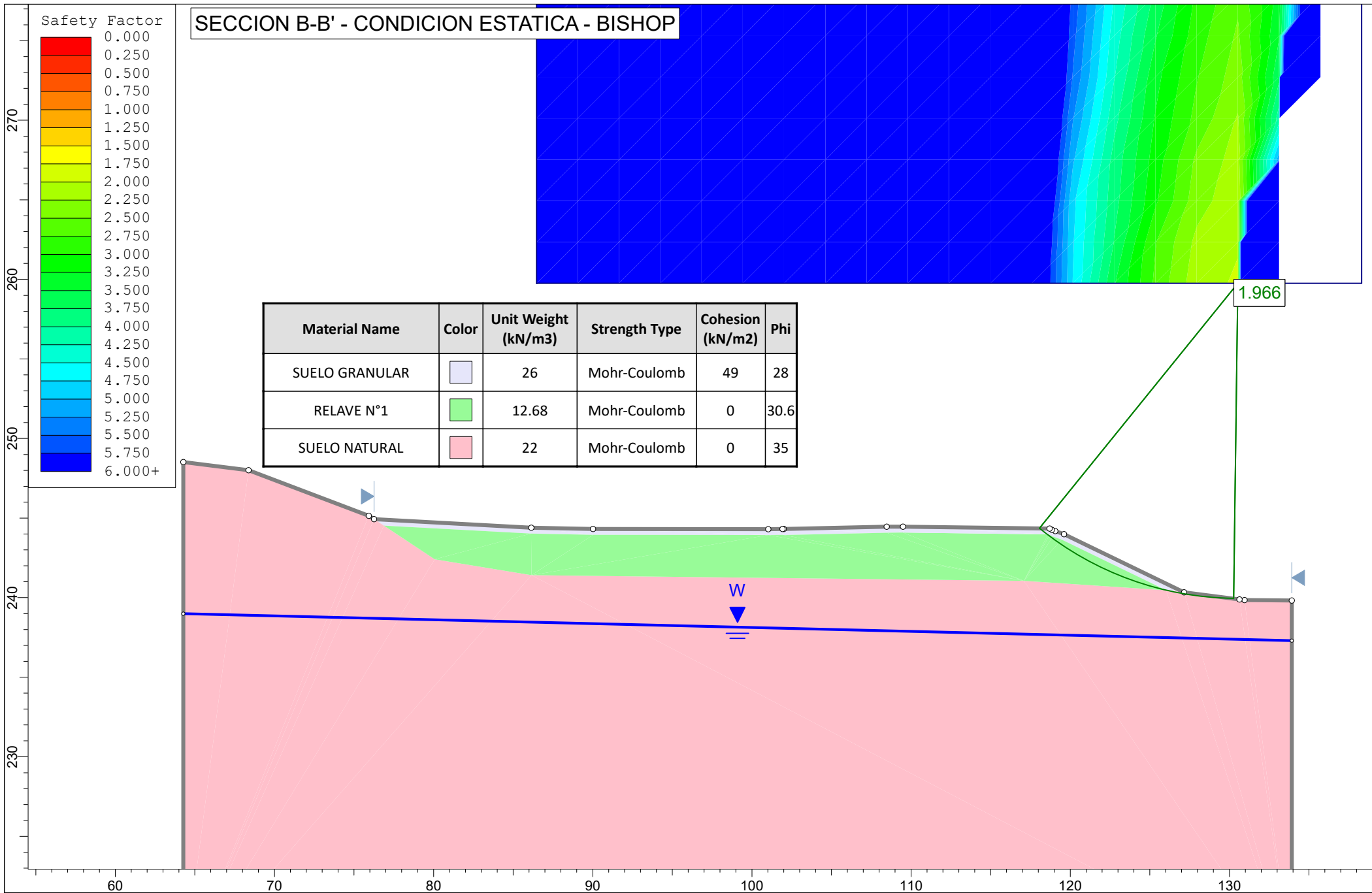
150

160

170

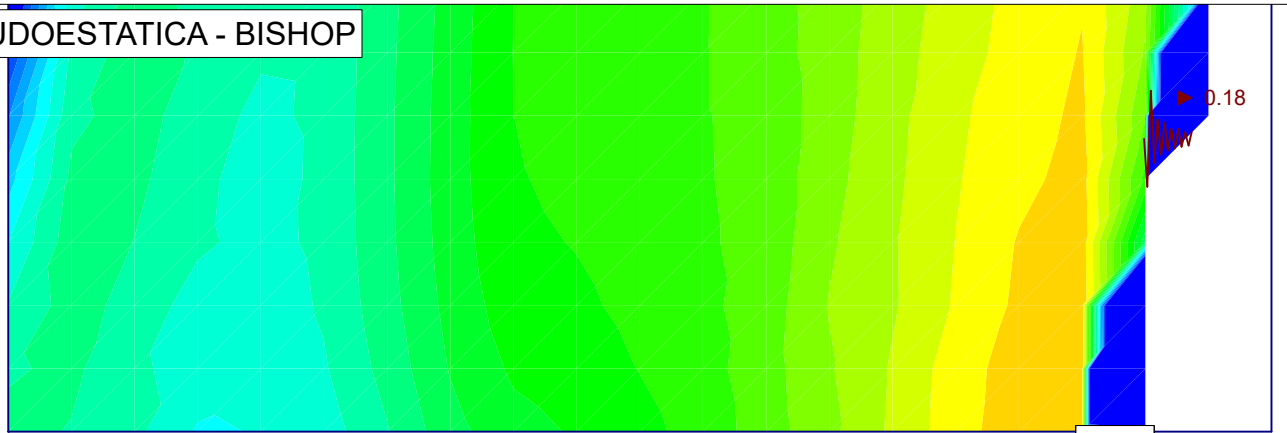
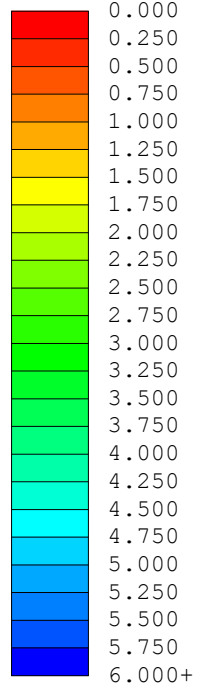






# SECCION B-B' - CONDICION PSEUDOESTATICA - BISHOP

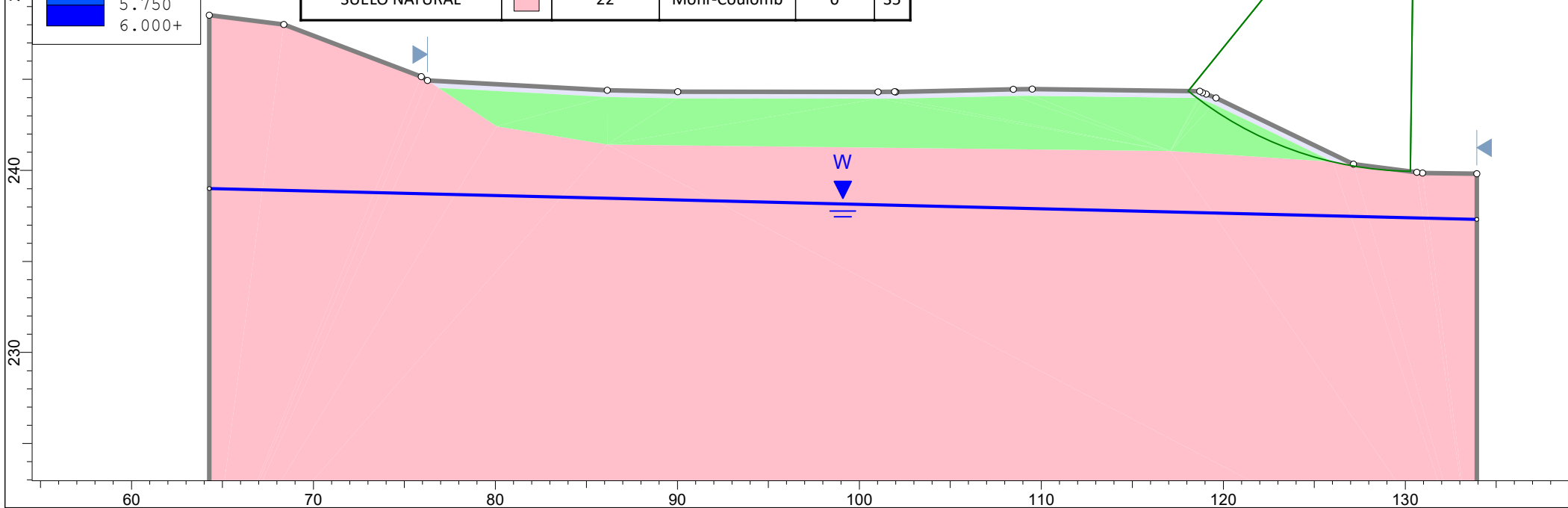
Safety Factor



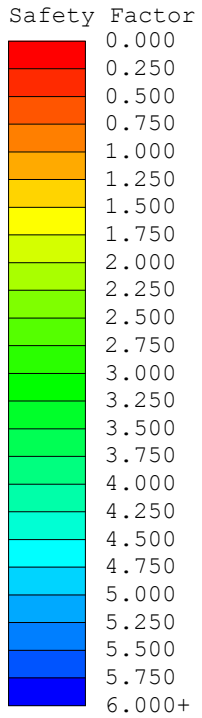
0.18  
 $\frac{W}{W_0}$

1.315

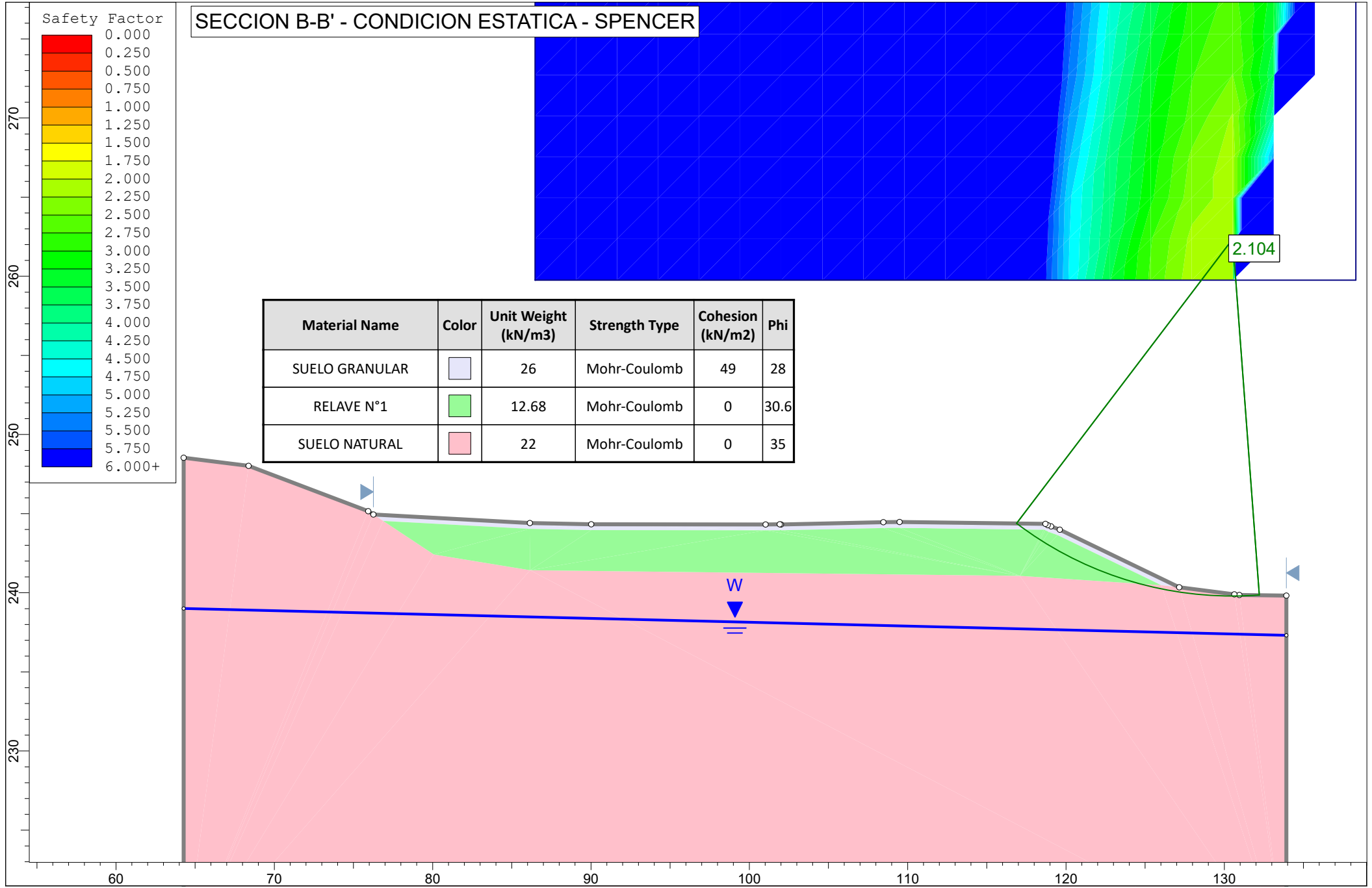
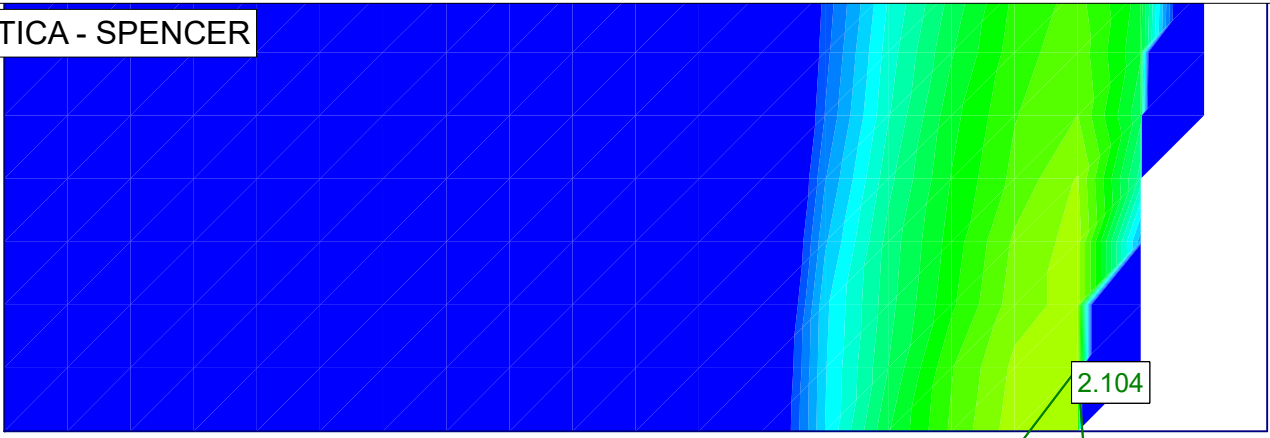
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°1		12.68	Mohr-Coulomb	0	30.6
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35



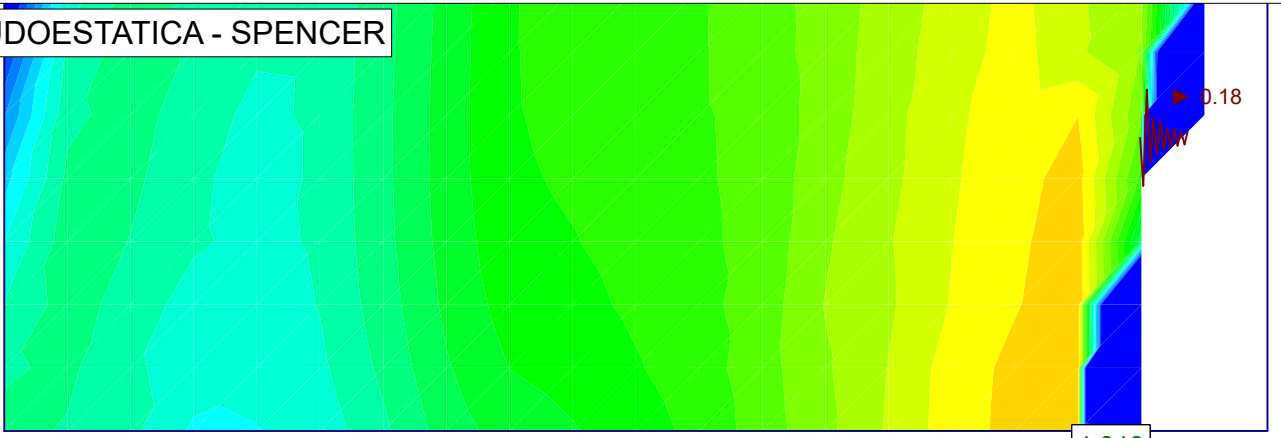
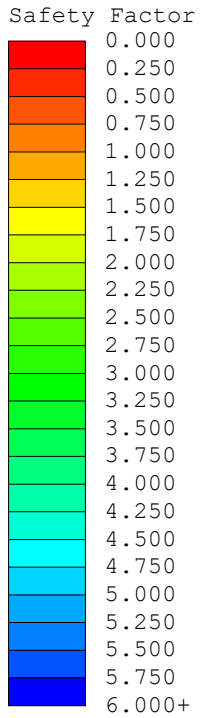
# SECCION B-B' - CONDICION ESTATICA - SPENCER



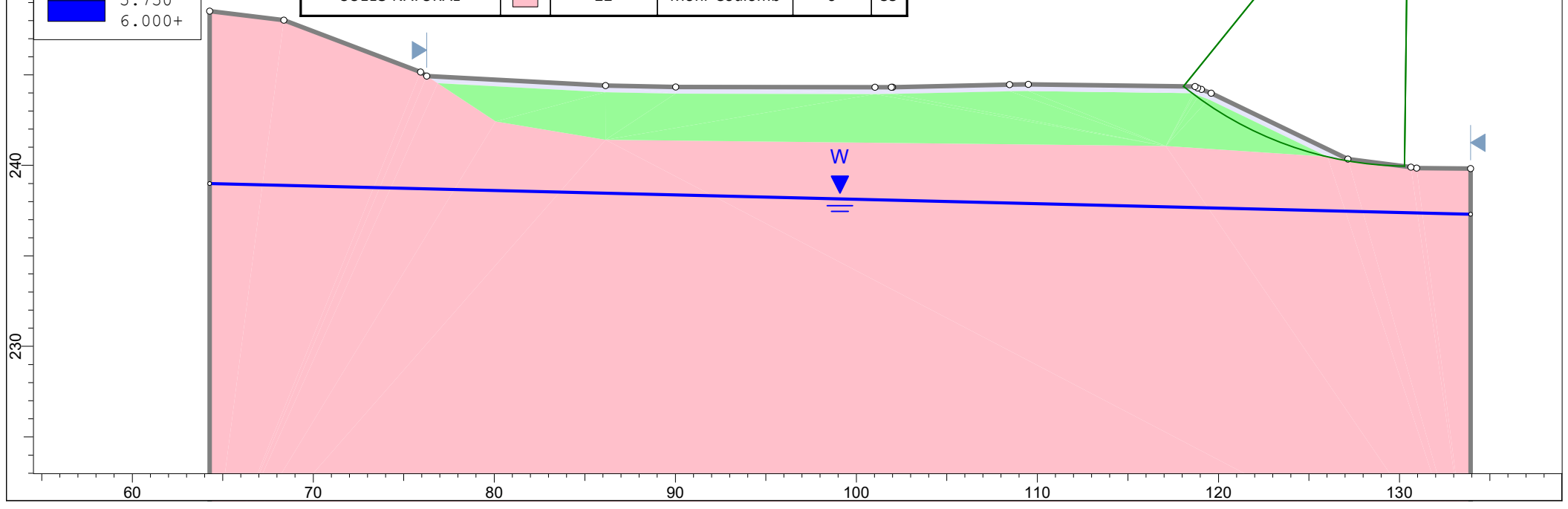
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°1		12.68	Mohr-Coulomb	0	30.6
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35



# SECCION B-B' - CONDICION PSEUDOESTATICA - SPENCER

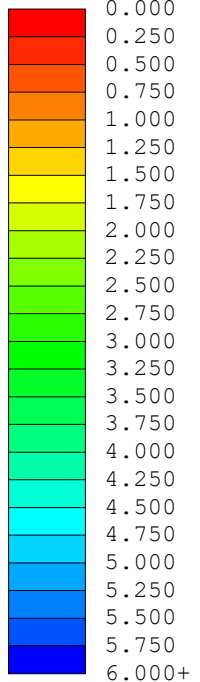


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°1		12.68	Mohr-Coulomb	0	30.6
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35

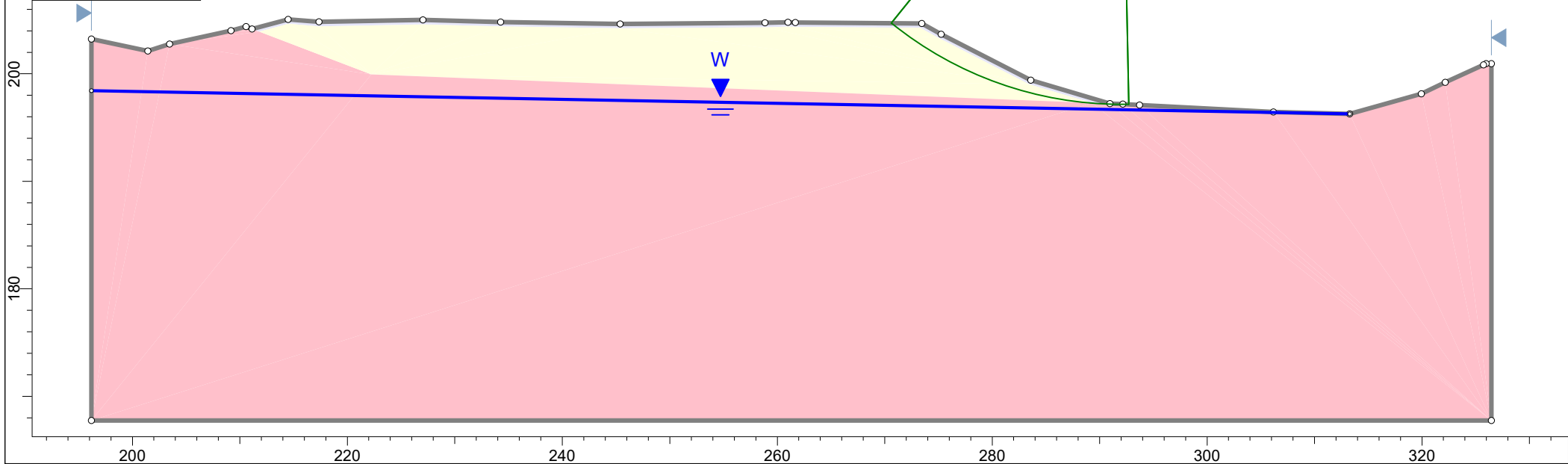
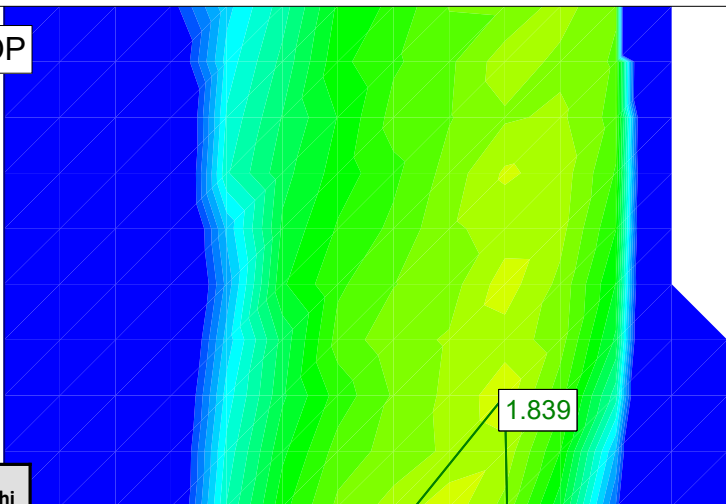


# SECCION C-C' - CONDICION ESTATICA - BISHOP

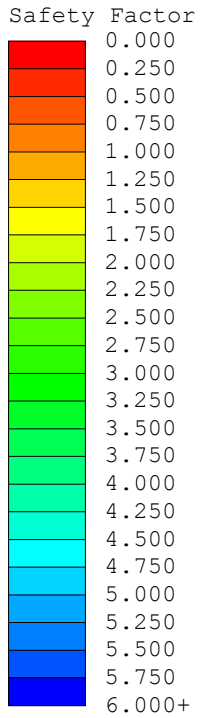
Safety Factor



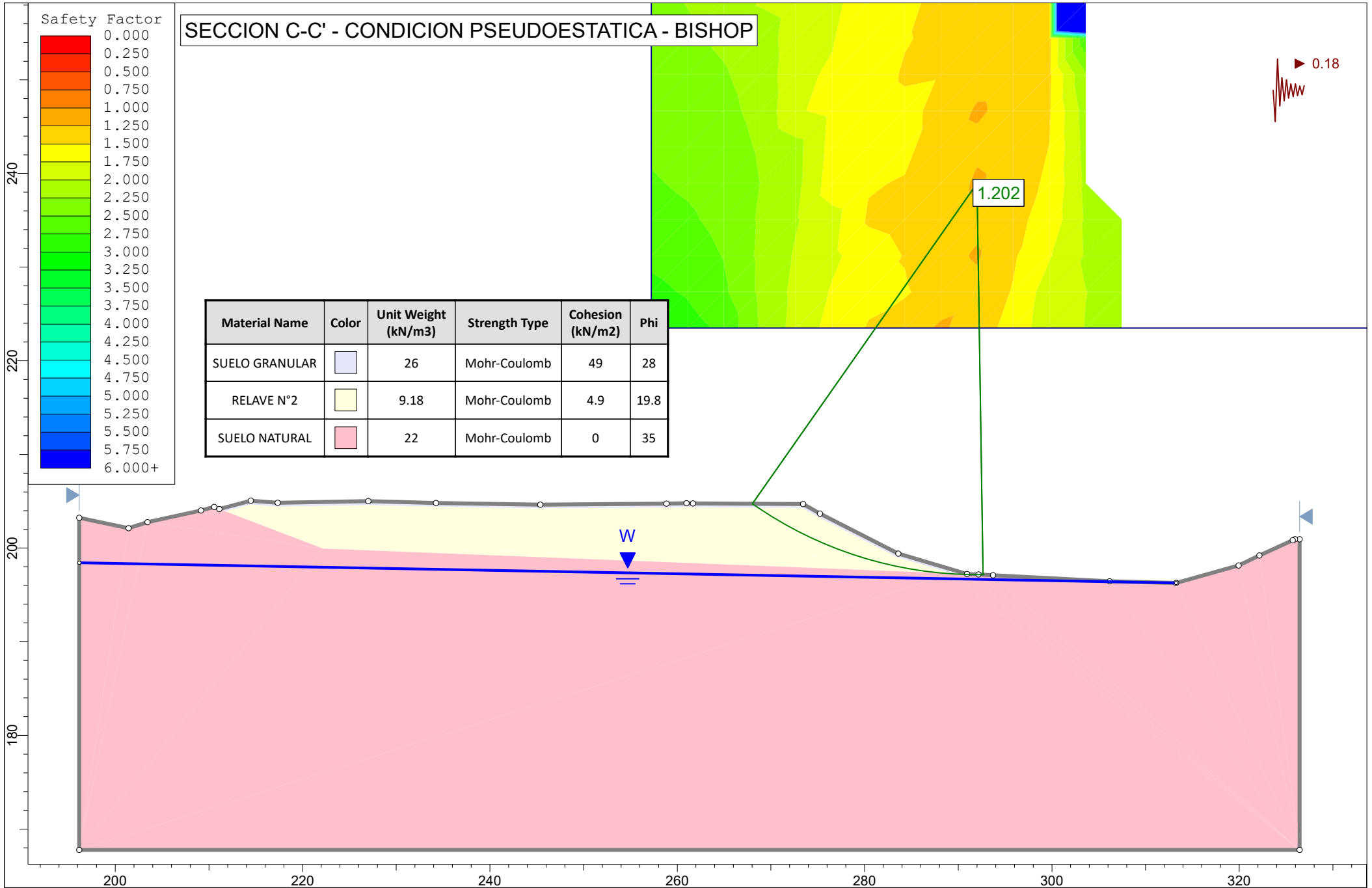
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°2		9.18	Mohr-Coulomb	4.9	19.8
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35



# SECCION C-C' - CONDICION PSEUDOESTATICA - BISHOP

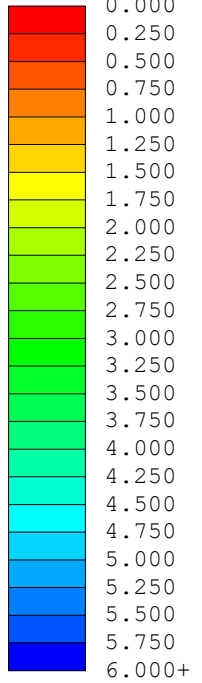


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°2		9.18	Mohr-Coulomb	4.9	19.8
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35

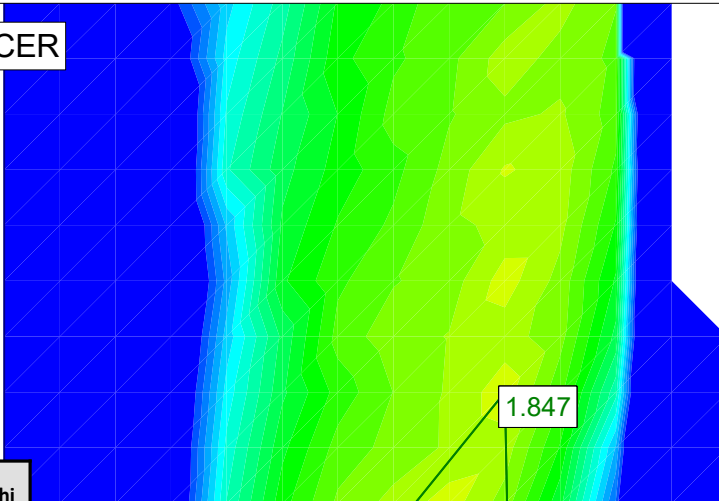


# SECCION C-C' - CONDICION ESTATICA - SPENCER

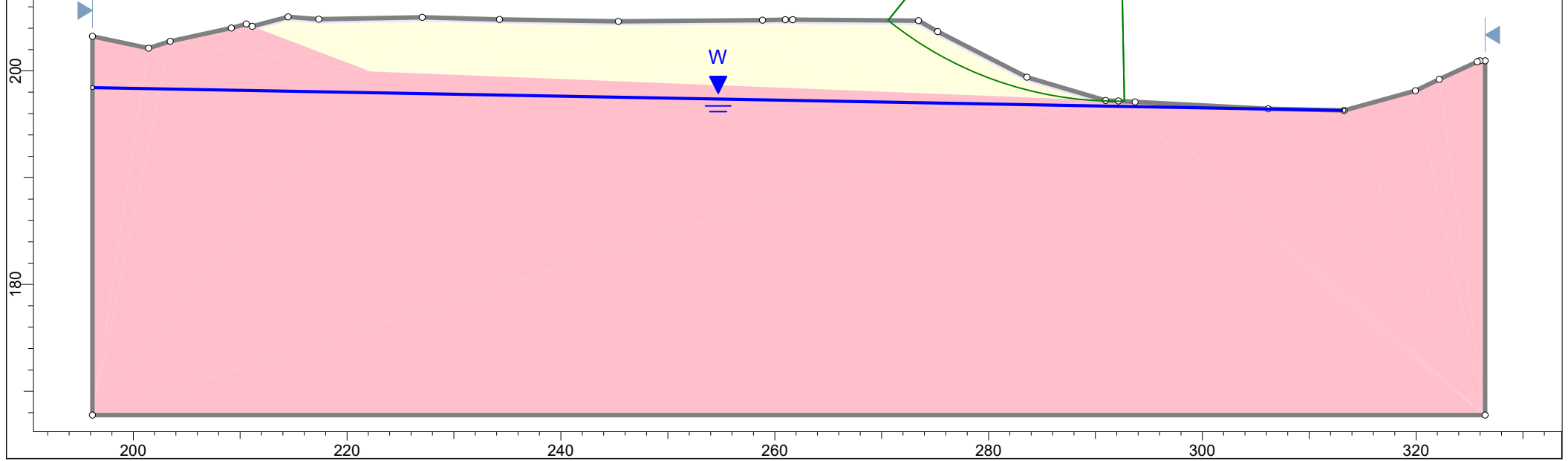
Safety Factor



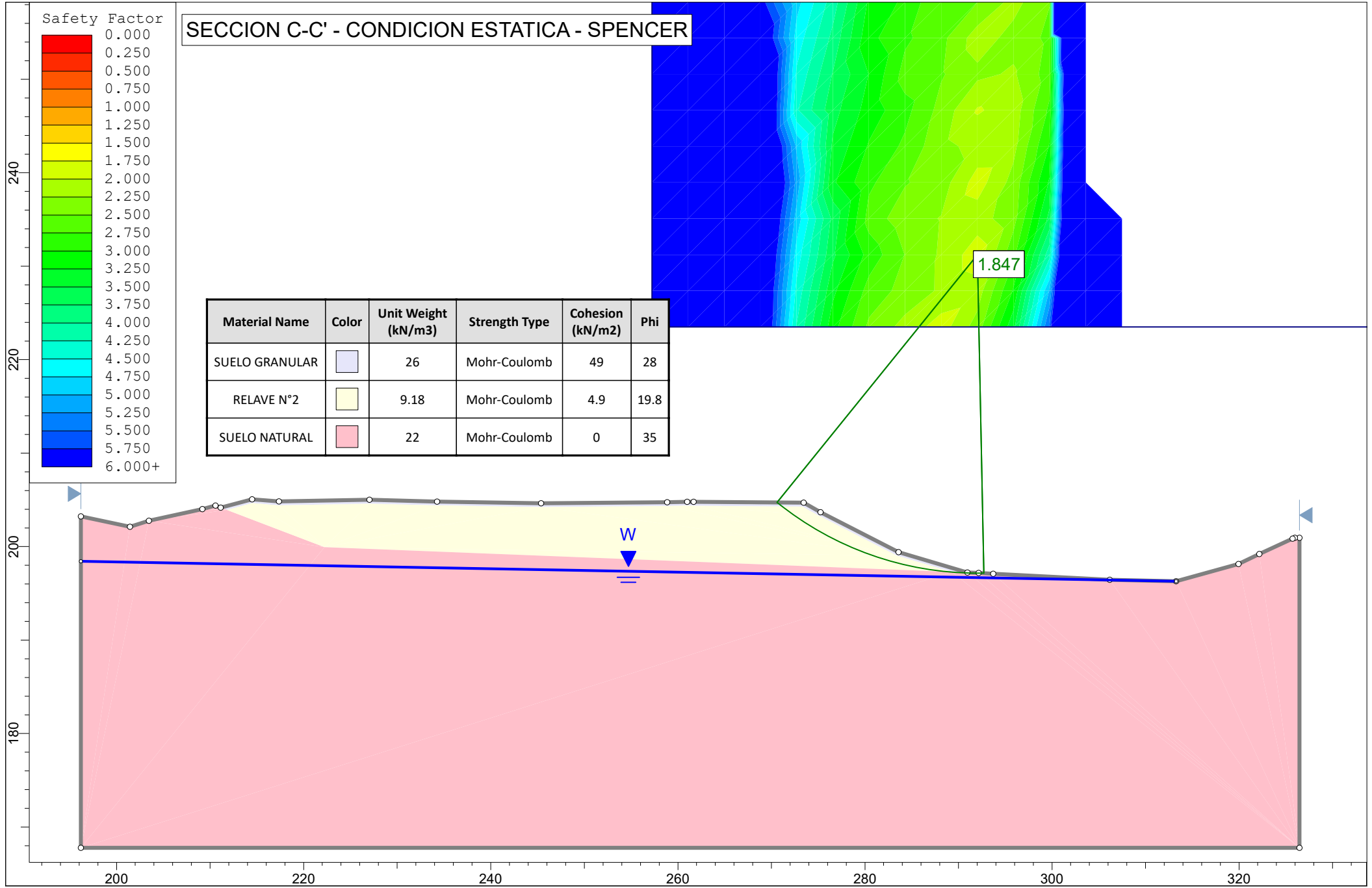
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°2		9.18	Mohr-Coulomb	4.9	19.8
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35



1.847

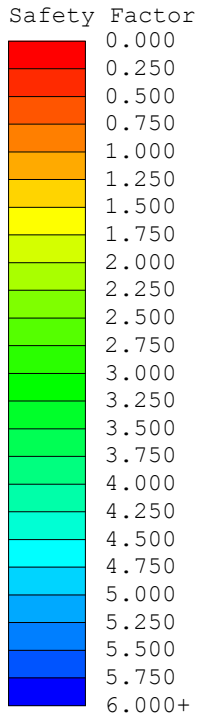


W

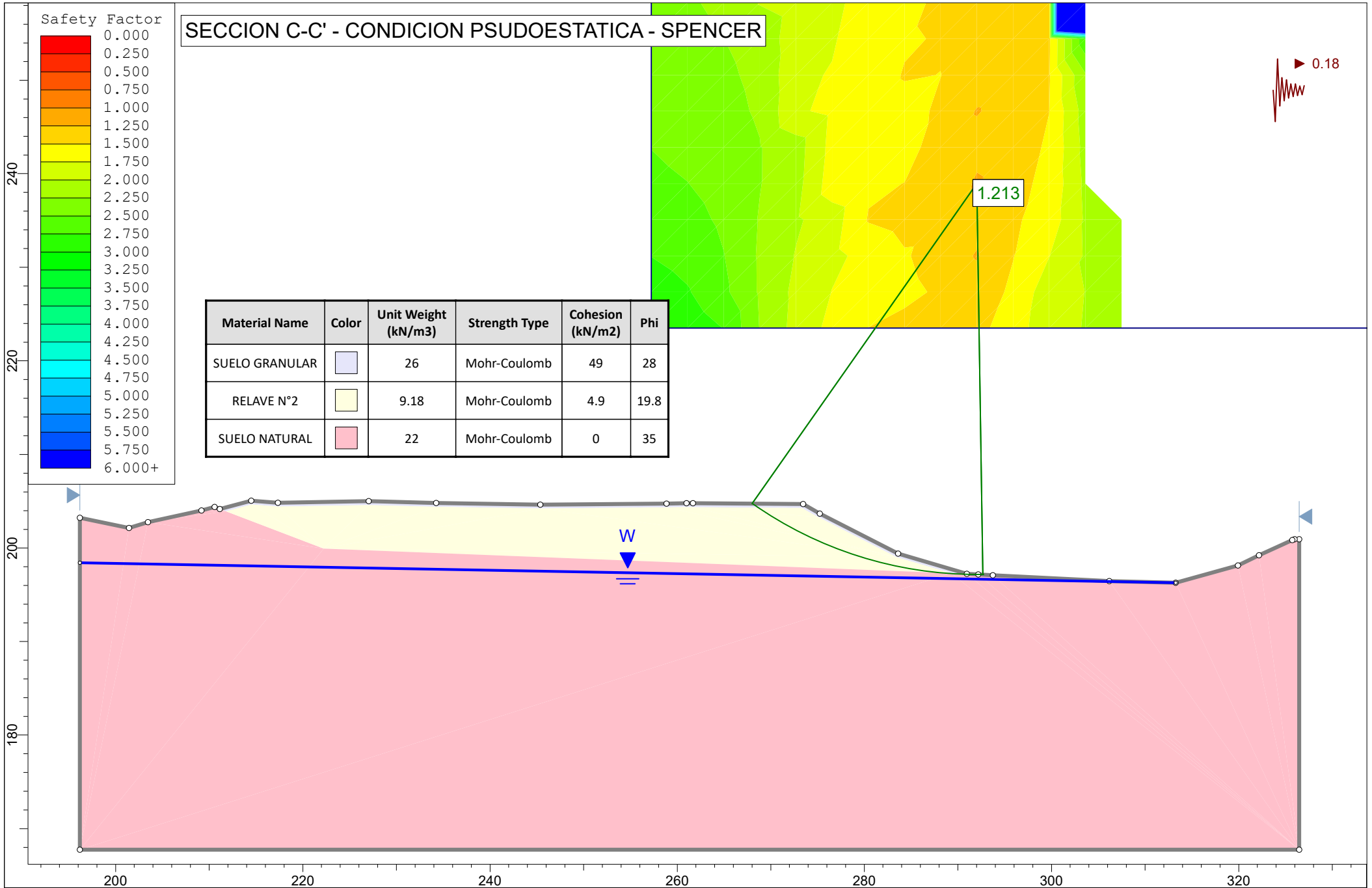


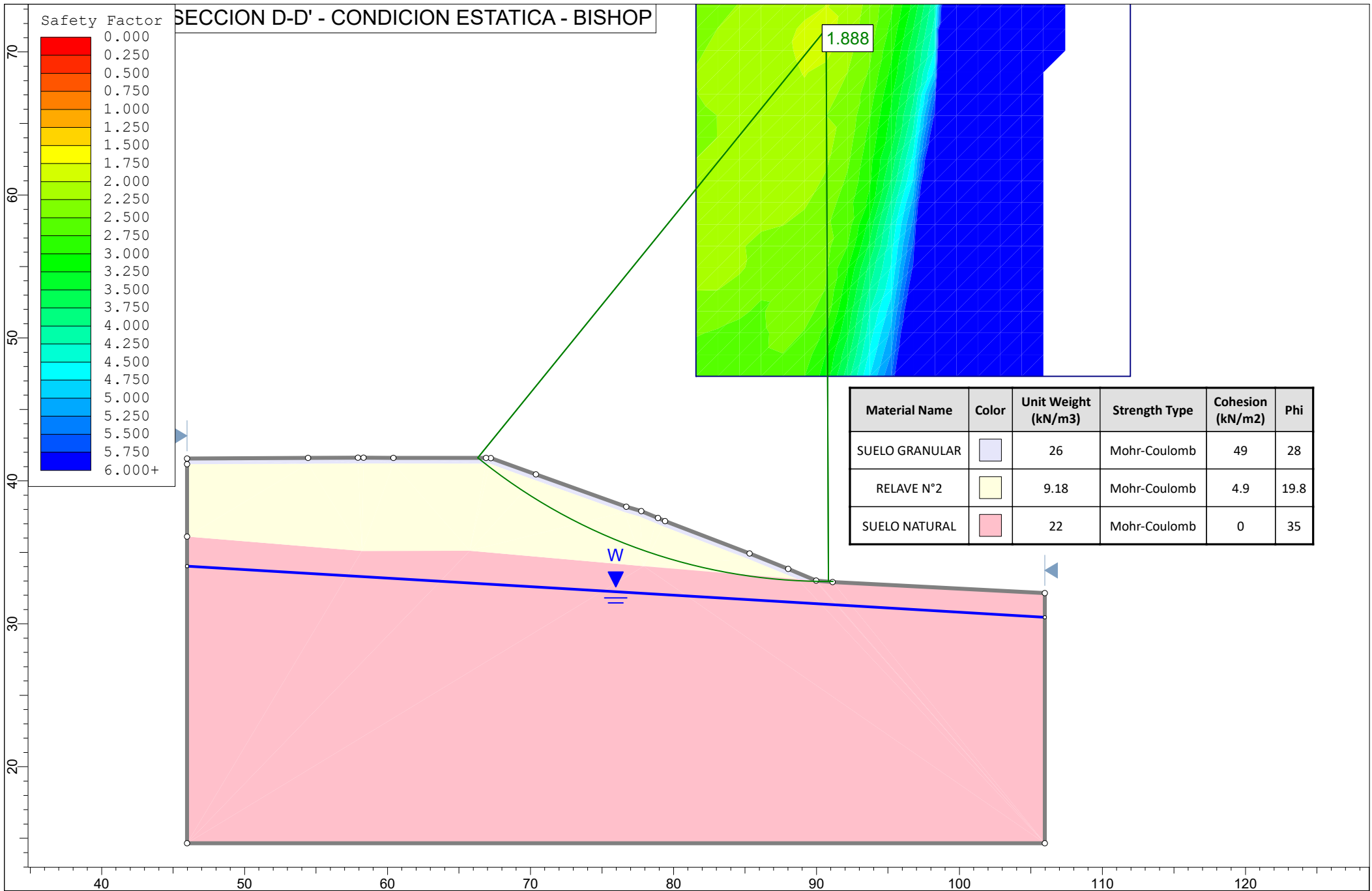


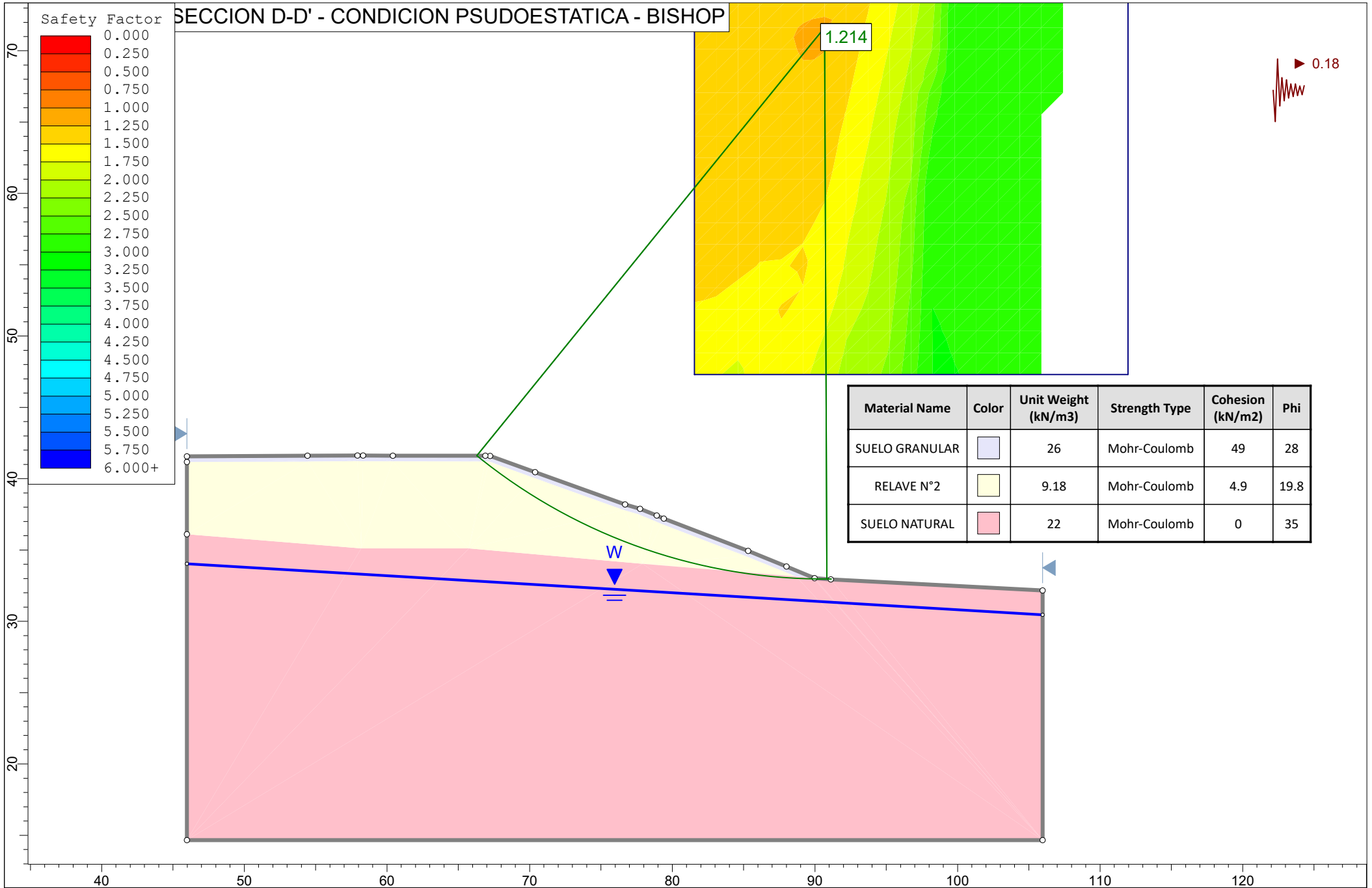
# SECCION C-C' - CONDICION PSUDOESTATICA - SPENCER

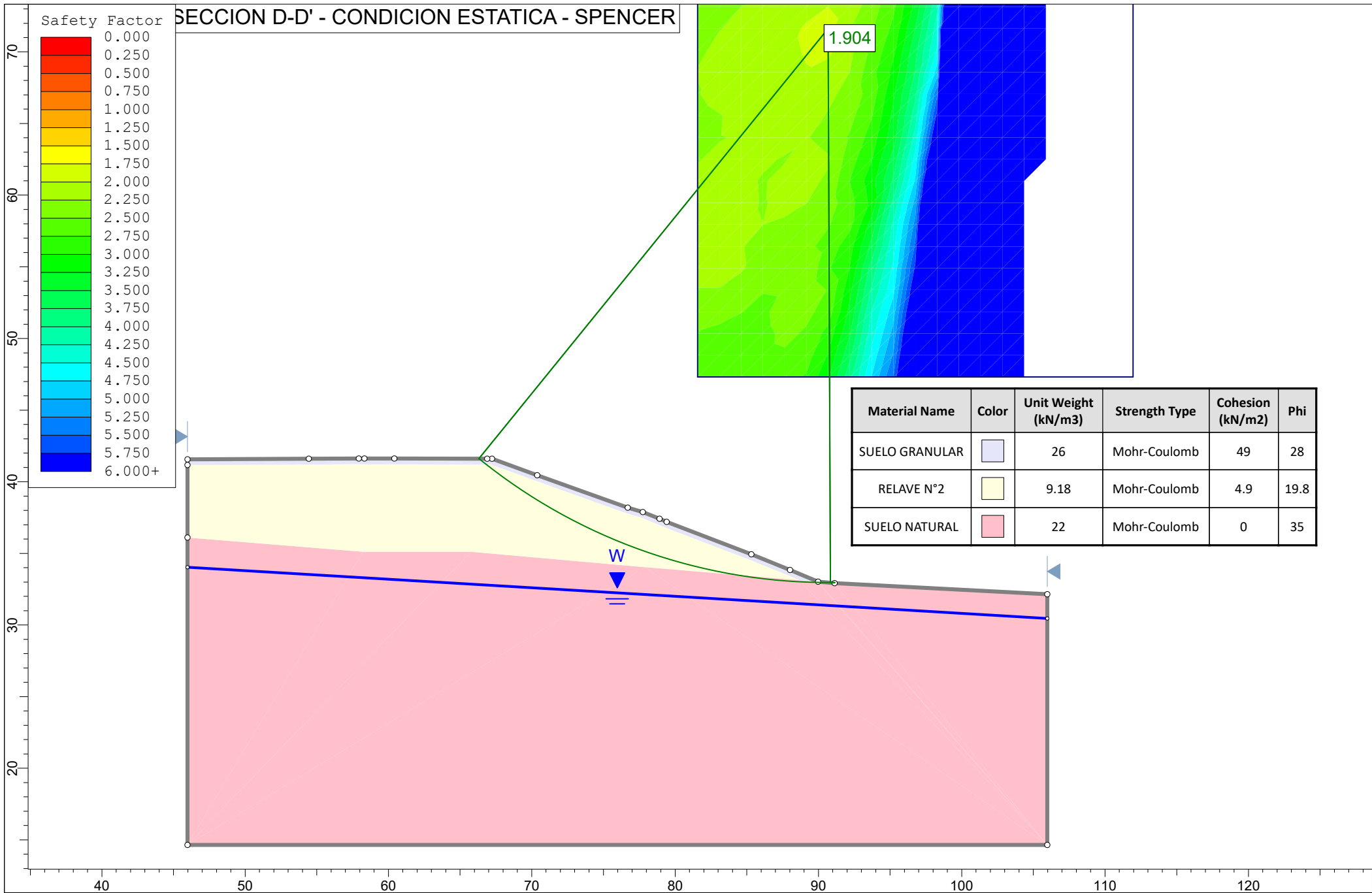


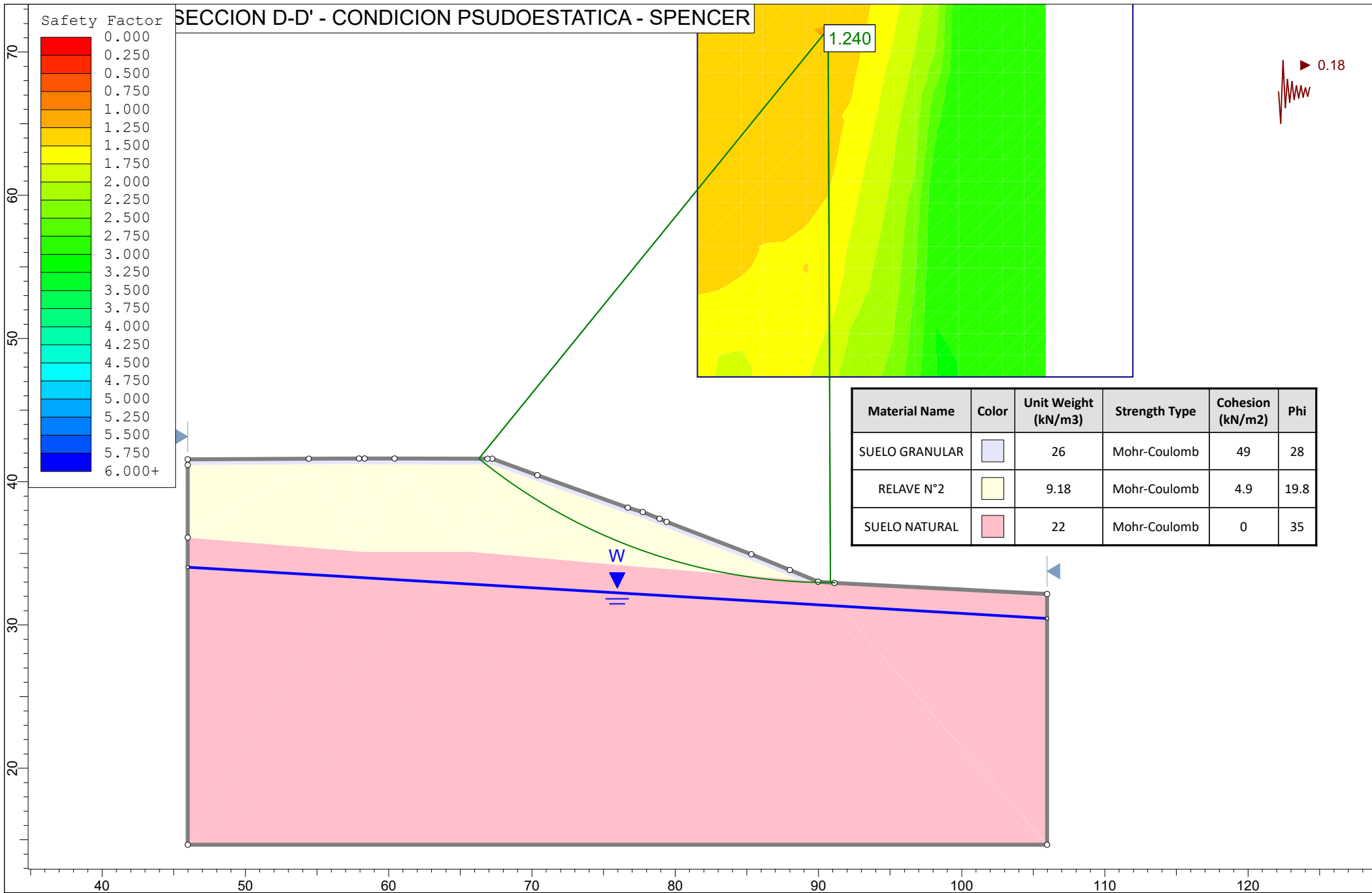
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi
SUELO GRANULAR		26	Mohr-Coulomb	49	28
RELAVE N°2		9.18	Mohr-Coulomb	4.9	19.8
SUELO NATURAL		22	Mohr-Coulomb	0	35











## **ANEXO 06: PLANOS**



PLANTA GENERAL R1 Y R2  
ESCALA 1:500

COORDENADAS UTM WGS 84 DE HITOS TOPOGRÁFICOS			
Nº PTO	DESCRIPCIÓN	NORTE(Y)	ESTE(X)
1	H-01	8301376.44	808930.89
2*	H-02	8301360.19	808968.32
3	H-03	8301338.52	809005.57

COORDENADAS UTM WGS 84 DE PIEZÓMETROS			
Nº PTO	DESCRIPCIÓN	NORTE(Y)	ESTE(X)
1	AMP-07	8301309.11	808991.43
2	AMP-08	8301444.80	808742.13

COORDENADAS UTM WGS 84 DE CALICATAS DE INSPECCIÓN			
Nº PTO	DESCRIPCIÓN	NORTE(Y)	ESTE(X)
1	C-1	8301368.96	808927.13
2	C-2	8301302.99	809011.067

**LEYENDA:**

- CURVAS DE NIVEL Y ELEVACIÓN EN METROS DE LA SUPERFICIE DE TERRENO NATURAL
- LINDERO DE LA RELAVERA N°1 Y N°2
- RELAVERA N°1
- RELAVERA N°2
- HITOS TOPOGRÁFICOS
- PIEZÓMETROS
- CALICATAS

Observación:  
(\*): El hito se encuentra deteriorado por acción de agentes externos, las coordenadas mostradas son referenciales, carecen de exactitud.

**INSTRUMENTACIÓN E INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA**  
**RELAVERA N°1 Y N°2**  
ESCALA INDICADA

CONFIDENCIAL		ESTADO DE REVISIÓN DE PLANOS	
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA SON PROPIEDAD DE GEOTÉCNICA & HIDRÁULICA AMBIENTAL (GEHA), SU USO SIN PREMIA AUTORIZACIÓN ESTÁ PROHIBIDA. CUALQUIER MODIFICACIÓN DE LOS DATOS CONTENIDOS EN ESTE PLANO SERÁ RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL USUARIO SIN NINGUNA RESPONSABILIDAD LEGAL POR PARTE DE GEHA.			
0	15/02/21	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN	
Emisión	Fecha	Descripción	



REVISADO POR:  
ING. ALDO ALTAMIRANO E.  
CIP 146616

APROBADO POR CLIENTE:  
ING. LUIS PALOMINO

DISEÑO: ING. Y.S.G. CAD: ING. Y.S.G.

ARCHIVO:

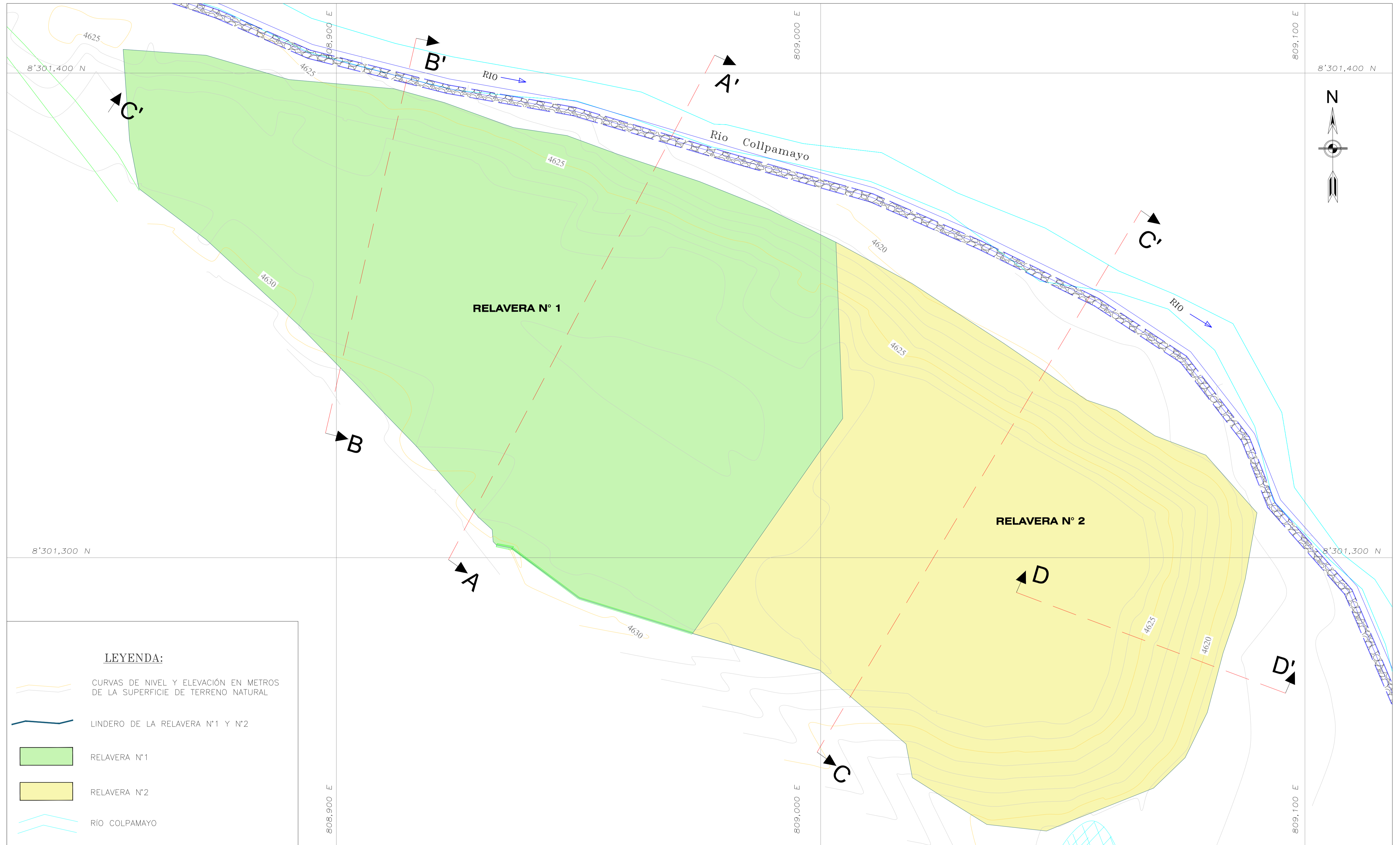
PROYECTO:  
"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA RELAVERA N°1 Y N°2 EN LA UNIDAD MINERA SHILA PAULA DISTRITO DE CHACHAS - 2021"

PLANO:  
INSTRUMENTACION E INVESTIGACION GEOTECNICA RELAVERA N°1 Y N°2

CÓDIGO:  
SHILA-RELAVERA1Y2-300

REV. No:  
0





**LEYENDA:**

- CURVAS DE NIVEL Y ELEVACIÓN EN METROS DE LA SUPERFICIE DE TERRENO NATURAL
- LINDERO DE LA RELAVERA N°1 Y N°2
- RELAVERA N°1
- RELAVERA N°2
- RÍO COLPAMAYO

**PLANTA**  
ESCALA 1:400

**PLANTA GENERAL RELAVERA N°1 Y N°2**  
ESCALA INDICADA

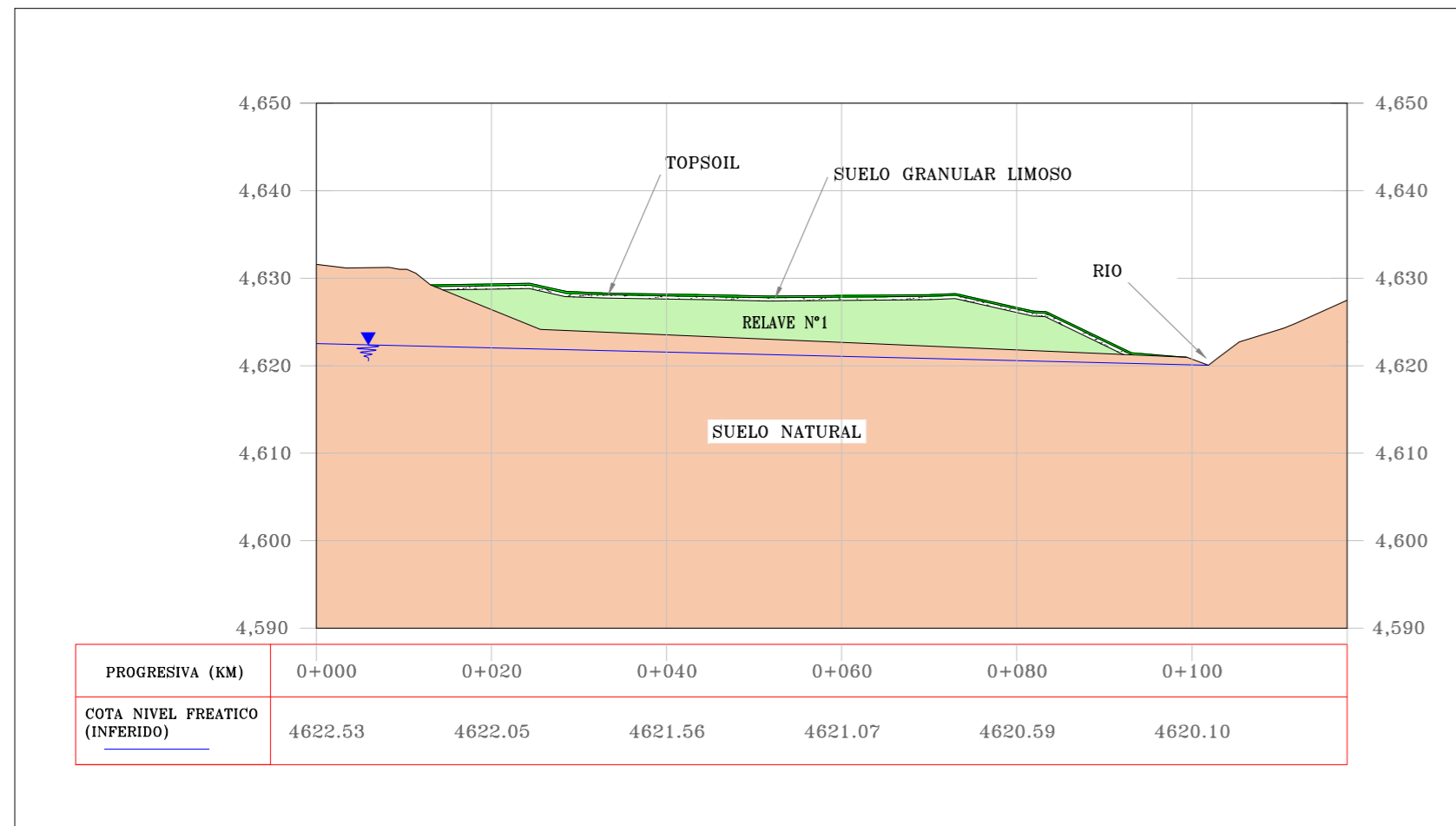
CONFIDENCIAL		ESTADO DE REVISIÓN DE PLANOS	
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA SON PROPIEDAD DE GEOTÉCNICA & HIDRÁULICA AMBIENTAL (GEHA), SU USO SIN PREVIÁ AUTORIZACIÓN ESTÁ PROHIBIDA. CUALQUIER MODIFICACIÓN DE LOS DATOS CONTENIDOS EN ESTE PLANO SERÁ RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL USUARIO SIN NINGUNA RESPONSABILIDAD LEGAL POR PARTE DE GEHA.			
0	15/02/21	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN	
Emisión	Fecha	Descripción	



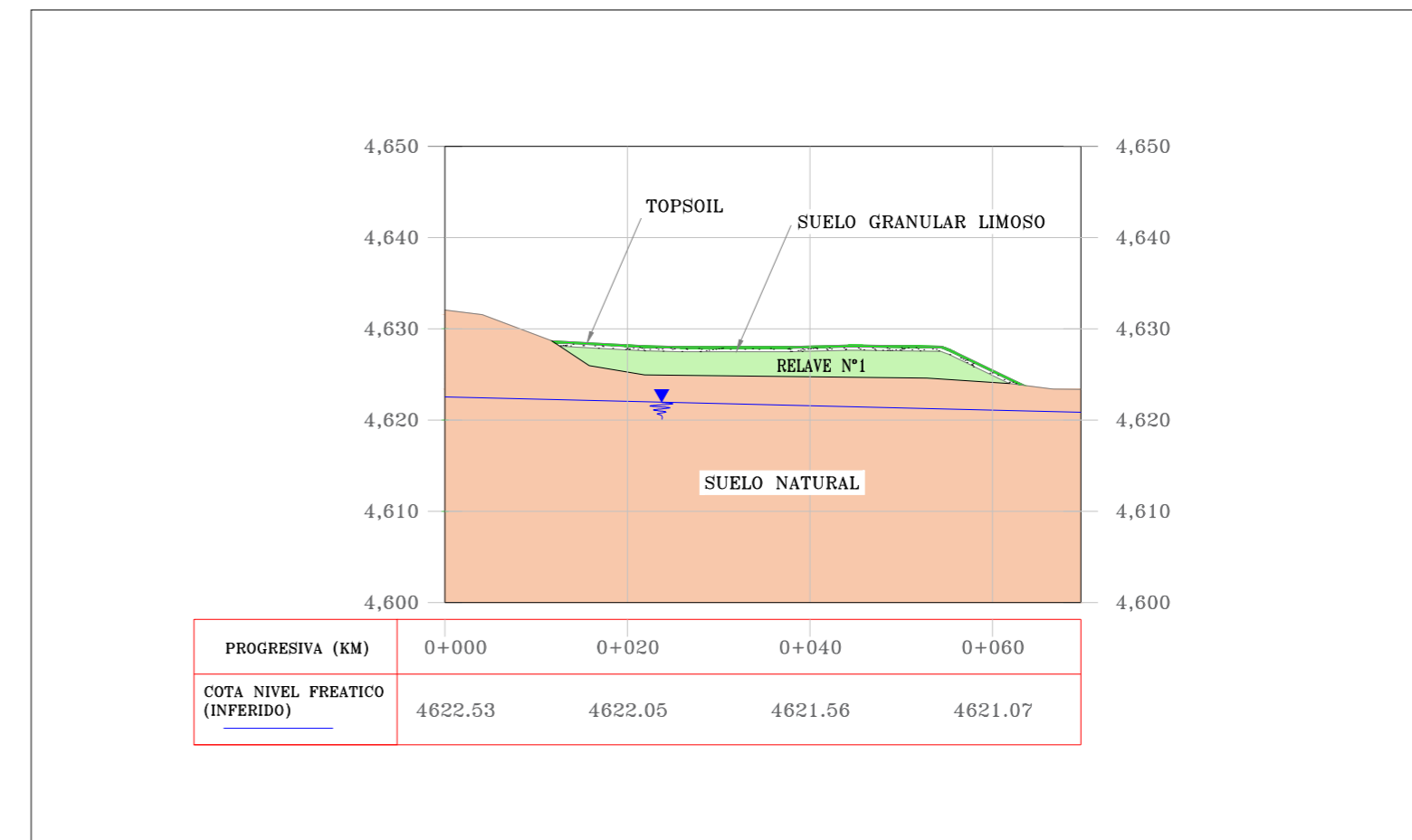
REVISADO POR: ING. ALDO ALTAMIRANO E. CIP 146616	PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA RELAVERA N°1 Y N°2 EN LA UNIDAD MINERA SHILA PAULA DISTRITO DE CHACHAS - 2021"
APROBADO POR CLIENTE: ING. LUIS PALOMINO	PLANO: PLANTA GENERAL RELAVERA N°1 Y N°2
DISEÑO: ING. Y.S.G.	CAD: ING. Y.S.G.
ARCHIVO:	CÓDIGO: SHILA-RELAVERA1Y2-100

ELABORADO POR: <b>GEHA</b> GEOTÉCNICA & HIDRÁULICA AMBIENTAL ALTA INGENIERÍA PARA EL CUADRO DEL MEDIO AMBIENTE	REV. No: <b>0</b>
---	----------------------

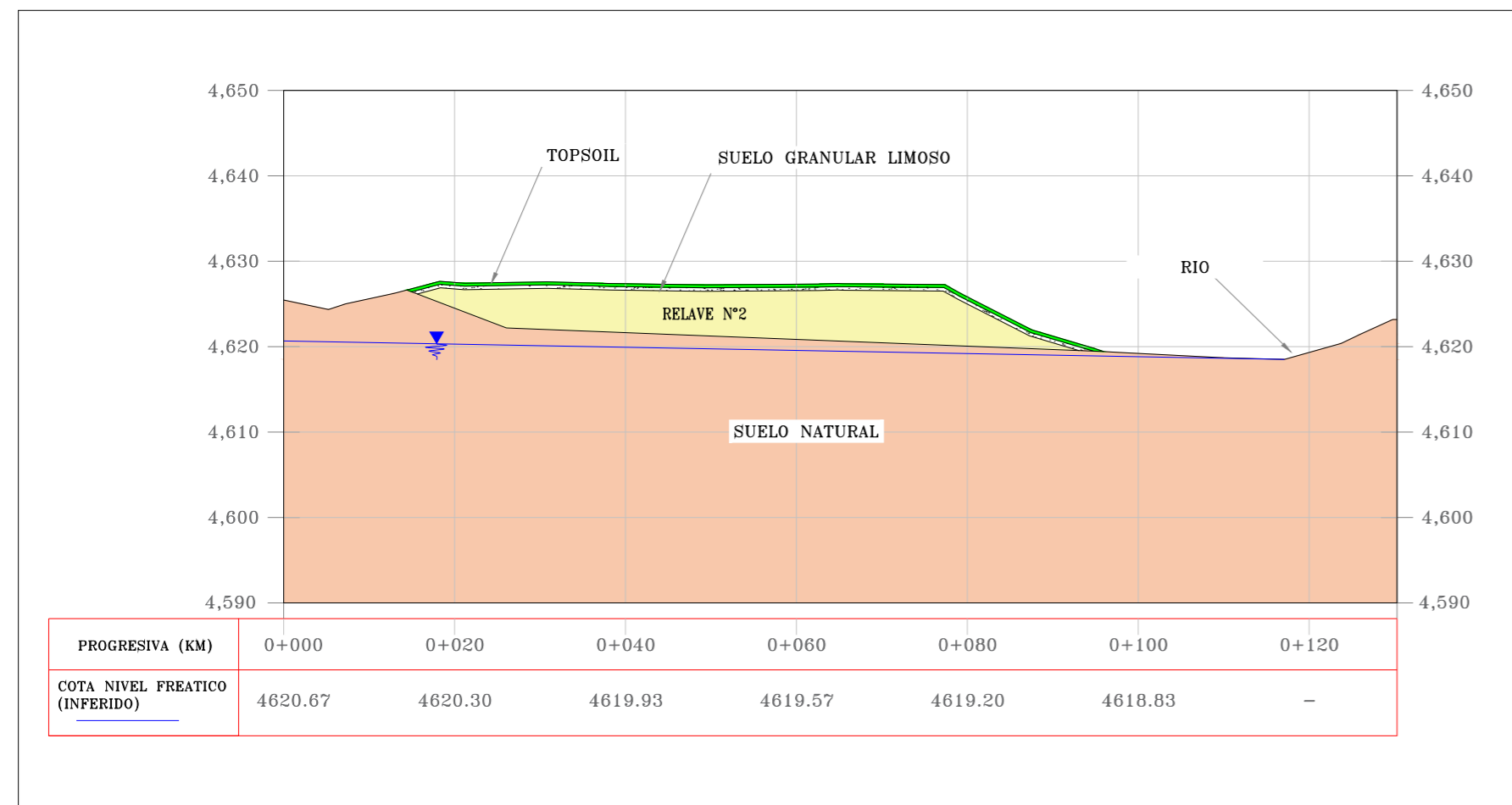




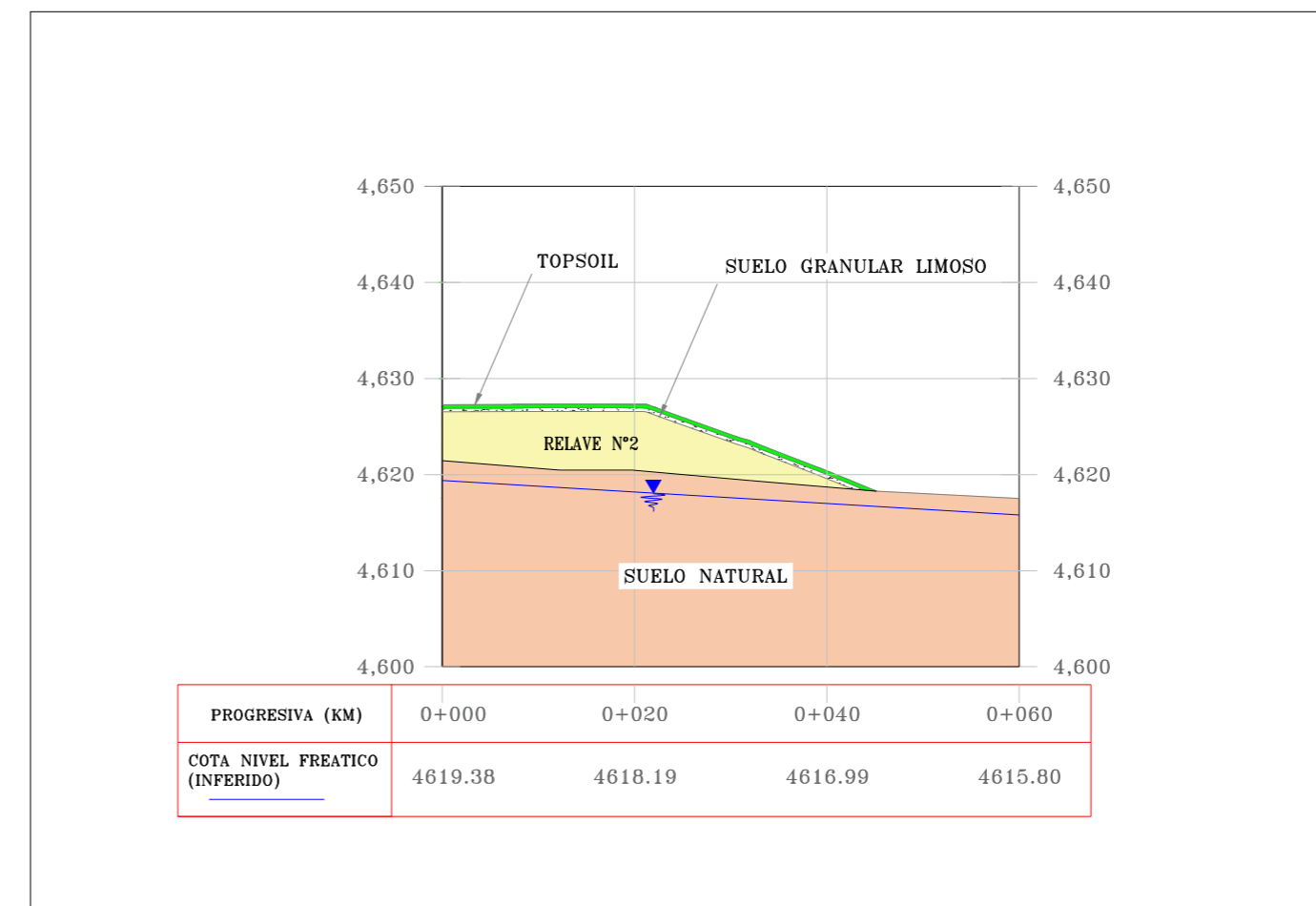
**SECCION A-A'**  
ESCALA 1:750



**SECCION B-B'**  
ESCALA 1:750



**SECCION C-C'**  
ESCALA 1:750



**SECCION D-D'**  
ESCALA 1:750

**SECCIONES RELAVERAS N°1 Y N°2**

ESCALA INDICADA

CONFIDENCIAL		ESTADO DE REVISIÓN DE PLANOS	
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA SON PROPIEDAD DE GEOTÉCNICA & HIDRÁULICA AMBIENTAL (GEHA). SU USO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN ESTA PROHIBIDA. CUALQUIER MODIFICACIÓN DE LOS DATOS CONTENIDOS EN ESTE PLANO SERA RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL USUARIO SIN NINGUNA RESPONSABILIDAD LEGAL POR PARTE DE GEHA.			
0	15/02/21	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN	
Emisión	Fecha	Descripción	



REVISADO POR: ING. ALDO ALTAMIRANO E. CIP 146616	PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA RELAVERA N°1 Y N°2 EN LA UNIDAD MINERA SHILA PAULA DISTRITO DE CHACHAS - 2021"
APROBADO POR CLIENTE: ING. LUIS PALOMINO	PLANO: SECCIONES A-A', B-B', C-C' Y D-D'
DISEÑO: ING. Y.S.G.	CAD: ING. Y.S.G.
ARCHIVO:	CÓDIGO: SHILA-RELAVERA1Y2-200

ELABORADO POR:	REV. No
0	0

