

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LOS TALUDES DEL TAJO APUMAYO NORTE,
PROYECTO MINERO APUMAYO
DPTO. CORA-CORA – DPTO. AYACUCHO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTADO POR:

Bach. ERIKA SARITA CRUZADO MERINO

ASESOR:

Ing. SEGUNDO REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO

CAJAMARCA – PERU

2017

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser pilar de todo.

*A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca
por haberme brindado un plan curricular el cual me permitió
llegar a desarrollarme en esta carrera.*

*Además al ingeniero
Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado por sus sabias enseñanzas
dentro y fuera del aula de clase y por el asesoramiento
permanente durante el desarrollo de la tesis.*

*Extender mis agradecimientos al ingeniero Víctor Jiménez Pachas
por el impulso y consejos brindados para realizar este trabajo.*

DEDICATORIA

*A mis padres Silvia y Juan los cuales
con amor y disciplina guiaron mi camino,
a Alberth que con su incondicional amor,
apoyo y comprensión me impulsa a seguir adelante,
a mis sobrinos Anghelo, Adrian e Ijhary,
y al mejor regalo del cielo, Sofía, mi bebé.*

CONTENIDO

	Pág
AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.2. BASES TEÓRICAS	5
2.2.1. ESTABILIDAD DE TALUDES.....	5
2.2.2. CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	13
2.2.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN DOS DIMENSIONES	17
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	17
CAPÍTULO III	20
MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.2. ACCESIBILIDAD	21
3.3. CLIMA	21
3.3.1. LA RED DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS.....	22
3.3.2. PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS	23
3.4. GEOLOGÍA LOCAL.....	29
3.5. LITOLOGÍA.....	30
3.6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	31
3.7. GEOMORFOLOGÍA	31
3.7.1. PLANICIES.....	32
3.7.2. COLINAS.....	32
3.8. HIDROGEOLOGÍA.....	33
3.8.1. DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO	33

	Pág
3.8.2. ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA	33
3.9. ASPECTOS SÍSMICOS	34
3.9.1. DETERMINACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO.....	35
3.10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.11. TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.12. INSTRUMENTOS DE RECOPLICACIÓN DE DATOS Y EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	39
3.13. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.	40
CAPÍTULO IV	41
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
4.1. GEOMECÁNICA Y GEOTECNIA	41
4.1.1. ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS.....	43
4.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO DE ROCAS.....	45
4.2. COMPORTAMIENTO DE LOS TALUDES Y ESTRUCTURAS	46
4.2.1. INVESTIGACIÓN GEOMECÁNICA.....	47
4.2.2. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO.....	48
4.3. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES	49
4.3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO ADOPTADOS	50
4.3.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	51
4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	77
CAPÍTULO V	78
5.1. CONCLUSIONES.....	78
5.2. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 Diferencias de valores entre RMR76 y RMR89.	14
Tabla 2 Clasificación geomecánica, parámetros de clasificación RMR89.	15
Tabla 3 Relación entre el valor del RQD y la calidad de la roca.	16
Tabla 4 Ubicación de las Estaciones Meteorológicas.	23
Tabla 5 Temperatura (°C) – Estación Coracora.....	24
Tabla 6 Temperatura (°C) – Estación representativa (4000 msnm).....	25
Tabla 7 Precipitación Total Mensual (mm).....	27
Tabla 8 Precipitación Total Mensual (mm).....	29
Tabla 9 Peligro Sísmico – Aceleraciones máximas esperadas.....	36
Tabla 10 Calicatas ejecutadas en el área de Tajo Apumayo Norte	42
Tabla 11 Resultados de ensayo de densidad de campo Tajo Apumayo Norte.....	42
Tabla 12 Ensayos Estándar para las muestras de suelo del Tajo Apumayo Norte.....	44
Tabla 13 Ensayos de Corte Directo para las muestras de suelo del Tajo Apumayo Norte.....	45
Tabla 14 Ensayos de Propiedades Físicas para las muestras de roca del Tajo Apumayo Norte.....	45
Tabla 15 Ensayos de Corte Directo para las muestras de roca del Tajo Apumayo Norte.....	46
Tabla 16 Ensayos Carga Puntual para las muestras de roca del Tajo Apumayo Norte.....	46
Tabla 17 Distribución de las discontinuidades – Tajo Apumayo Norte	47
Tabla 18 Ubicación de estaciones Geomecánicas – Tajo Apumayo	48
Tabla 19 Clasificación de la masa rocosa – Tajo Apumayo Norte	49
Tabla 20 Factores de Seguridad – Condición Estático	50
Tabla 21 Factores de Seguridad – Condición Pseudoestática	50
Tabla 22 Propiedades mecánicas de los materiales considerados en el Tajo Apumayo Norte.....	51
Tabla 23 Resumen de resultados del análisis de estabilidad realizado en el Tajo Apumayo Norte.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 Variación de la geometría de un talud por erosión.	6
Figura 2 Talud sometido a lluvia.	7
Figura 3 Fuerzas debidas a la gravedad y fuerza provocadas por sismos.	7
Figura 4 Aspectos geológicos que pueden provocar la falla de un talud.	8
Figura 5 Sobrecarga en la corona del talud.	8
Figura 6 Excavación en el pie de un talud.	9
Figura 7 Fallas por deslizamiento superficial.	10
Figura 8 Falla por deslizamiento superficial sobre un estrato favorable al deslizamiento.	11
Figura 9 Rotura por cuña.	12
Figura 10 Deslizamiento Planar.	12
Figura 11 Vista satelital de la ubicación de la zona de estudio.	20
Figura 12 Vista satelital de la ubicación del Tajo Apumayo Norte.	21
Figura 13 Temperatura (°C) - Estación Coracora.	24
Figura 14 Temperatura (°C) - Estación representativa (4000 msnm)	26
Figura 15 Comportamiento de la Precipitación Total Mensual (mm)	28
Figura 16 Análisis de la Precipitación Total Mensual (mm)	29
Figura 17 Zonificación sísmica del Perú Fuente: Reglamento Nacional de Construcciones, 2016. Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda.	37
Figura 18 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático.	53
Figura 19 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático.	54
Figura 20 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático con nivel freático.	55
Figura 21 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático con nivel freático.	56
Figura 22 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático local pie.	57
Figura 23 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático local pie.	58
Figura 24 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático con nivel freático, local pie.	59

Figura 25 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático con Nivel Freático, local pie.....	60
Figura 26 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático, local cumbre	61
Figura 27 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático, local cumbre.	62
Figura 28 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectoado, estático. ...	63
Figura 29 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectoado, pseudoestático.	64
Figura 30 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectoado, estático con nivel freático.	65
Figura 31 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectoado, pseudoestático con nivel freático.....	66
Figura 32 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectoado, estático, local pie.	67
Figura 33 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectoado, pseudoestático, local pie.	68
Figura 34 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectoado, estático con nivel freático, local pie.	69
Figura 35 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectoado, pseudoestático con nivel freático, local pie.....	70
Figura 36 Sección 2 - 2. Tajo Apumayo Norte condición Actual, estático.	71
Figura 37 Sección 2 - 2. Tajo Apumayo Norte condición Actual, estático con nivel freático.....	72
Figura 38 Sección 2 - 2. Tajo Apumayo Norte condición Actual, pseudoestático.	73
Figura 39 Sección 2 - 2. Tajo Apumayo Norte condición Actual, pseudoestático con nivel freático.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS

ASTM.- Sociedad Americana de Prueba de Materiales (American Society of Testing Materials)

cm.- Centímetros

DCR Ingenieros.- David Córdova Rojas Ingenieros

DIPS.- Análisis Gráfico y Estadístico de Datos de Orientación (Graphical and Statistical Analysis of Orientation Data)

EMM.- Escala Modificada de Mercalli

FIC – UNI.- Facultad de ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería

GPS.- Sistema de Posicionamiento Global

INGEMMET.- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

IX EMM.- 9 en la Escala Modificada de Mercalli

ISRM.- Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas

km.- Kilómetros

m.- Metros

msnm.- Metros sobre el nivel del mar

NW.- Noroeste

PGA.- Aceleración Horizontal Máxima

RMR.- Clasificación de la masa rocosa (Rock Mass Rating)

RQD.- Designación de la calidad de la roca (Rock Quality Designation)

SENAMHI.- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

SLIDE.- Análisis de Estabilidad de la Pendiente en Equilibrio de Límite 2D (2D Limit Equilibrium Slope Stability Analysis)

SUCS.- Sistema unificado de Clasificación de Suelos

WGS84.- Sistema Geodésico Mundial (84World Geodetic System 84)

RESUMEN

El Proyecto Minero Apumayo es una operación minera a tajo abierto dedicado a la producción de oro y plata a partir de un cuerpo mineralizado sobre rocas volcánicas alteradas. El proceso de extracción de mineral se realiza posterior a la voladura conformando bancos en los cuales los taludes quedan expuestos, por ello las condiciones de los taludes deben ser estudiadas y evaluadas, y definir si su inestabilidad está asociada a las características litológicas, estructurales y la precipitación. La presente investigación tiene como objetivo realizar el análisis geotécnico de los taludes del tajo Apumayo Norte, en el Proyecto Minero Apumayo. Para ello se realizó los estudios y ensayos en el material rocoso y se efectuó la caracterización geomecánica de los taludes en las consideradas secciones representativas del Tajo, con la finalidad de determinar el comportamiento geomecánico y su influencia en la estabilidad de los taludes. Se obtuvo como resultado que los taludes presentes en el Tajo cuentan con Factores de Seguridad con valores por encima del mínimo recomendado como es 1.5 en condiciones estáticas y 1.0 en condiciones pseudoestáticas, esto únicamente si se cumple con las características de ángulos de reposo mínimo para el material suelto encontrado.

Palabras Clave: Estabilidad, Tajo, Talud, Análisis, Geomecánica, Factor de seguridad.

ABSTRACT

The Apumayo Mining Project is an open-pit mining operation dedicated to the production of gold and silver from a mineralized body on altered volcanic rocks. The ore extraction process is carried out after blasting to form banks in which the slopes are exposed, so the conditions of the slopes must be studied and evaluated, and to determine if their instability is associated with the lithological, structural and Precipitation. The present research aims to perform the geotechnical analysis of the slopes of the Apumayo Norte pit, in the Apumayo Mining Project. For this, the studies and tests were made in the rock material and the geomechanical characterization of the slopes in this considered representative sections of the Tagus, was carried out with the purpose of determining the geomechanical behavior and its influence on the stability of the slopes. It was obtained that the slopes present in the Tagus have Safety Factors with values above the minimum recommended this 1.5 in static conditions and 1.0 in pseudoestatic conditions, this only if it meets the characteristics of minimum rest angles for the loose material found.

Keywords: Stability, Slope, Slope, Analysis, Geomechanics, Safety factor.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La inestabilidad geotécnica, constituye una de las causas más frecuentes de deslizamientos en los taludes de la zona de estudio, esto evidenciado por registros de procesos de erosión, caída de rocas de los taludes, entre otros peligros. La zona de estudio se ubica al Sur Oeste de la ciudad de Chaviña en el departamento de Ayacucho, delimitada espacialmente en un área total de 308 535 m². Se ha realizado la evaluación del área de estudio para determinar y analizar si es propensa a sufrir deslizamiento de los taludes. La estabilidad geotécnica de los taludes del Tajo Apumayo Norte está representada mediante la zonificación geotécnica, lo cual constituye herramienta principal para controlar, prevenir, e implementar medidas de control geotécnico con el fin de evitar pérdidas.

Y la pregunta específica es: La inestabilidad geotécnica de los taludes del Tajo Apumayo Norte en el Proyecto Minero Apumayo, está relacionada con las condiciones del macizo volcánico alterado, las precipitaciones y su infiltración, y los efectos de las voladuras. La investigación se basa en la pregunta: ¿La inestabilidad geotécnica de los taludes del tajo Apumayo Norte en el Proyecto Minero Apumayo, está relacionada con las condiciones del macizo volcánico alterado, las precipitaciones y su infiltración, y los efectos de las voladuras?

La hipótesis es la siguiente: El macizo rocoso volcánico se encuentra muy alterado además de fracturado y está siendo afectado por las precipitaciones pluviales y la infiltración, así como por las vibraciones de la voladura, condiciones que determinan la inestabilidad de los taludes en el Tajo Apumayo Norte.

La investigación se justificó porque los resultados que se obtuvieron incrementarán el conocimiento en el análisis de las características geotécnicas de los taludes presentes en el Tajo Apumayo Norte en el Proyecto Minero Apumayo realizando para ello los estudios y ensayos necesarios en el macizo rocoso volcánico para luego efectuar la caracterización geomecánica de los taludes en el tajo, con la finalidad de determinar el comportamiento geotécnico y su influencia en la estabilidad de los taludes.

Los resultados permitieron analizar los diferentes tipos de deslizamientos tanto en el material rocoso como en el suelo presente en los taludes del Tajo Apumayo Norte, como son la falla planar, tipo cuña o vuelco, representándolos mapas geomecánicos, con la finalidad de una zonificación de áreas susceptibles a las fallas mencionadas.

El objetivo de estudio fue realizar el análisis geotécnico de los taludes del Tajo Apumayo Norte, en el Proyecto Minero Apumayo además de realizar el cartografiado, caracterización geomecánica, las condiciones de inestabilidad y determinar los factores de seguridad de los taludes considerados como críticos en el Tajo Apumayo Norte.

La investigación fue de tipo Descriptiva - Explicativa, con un método Inductivo – Deductivo, la fuente de datos utilizada fue primaria y secundaria se utilizó un Diseño de investigación Transeccional con un Nivel Correlacional.

El presente trabajo de investigación contiene cinco Capítulos de los cuales: El Primer Capítulo, corresponde a la Introducción, Planteamiento del Problema, Formulación del Problema, Hipótesis de la Investigación, Justificación de la Investigación, Alcances o Delimitación de la Investigación, Limitaciones y Objetivos; El Segundo Capítulo, comprende Marco Teórico: Antecedentes Teóricos, Bases Teóricas, Definición de algunos términos básicos que le dan sustento a la Investigación; el Tercer Capítulo, corresponde a los Materiales y Métodos como a la Ubicación de la Investigación, la Accesibilidad, el Clima, los Aspectos Geológicos presentes en el campo y la Metodología para la recopilación de la información

obtenida como Materiales y Métodos, Tipo de Investigación, Técnicas de la Investigación; el Cuarto Capítulo constituye el Análisis y Discusión de Resultados, y el Quinto Capítulo, incluye Conclusiones y Recomendaciones; finalmente se muestra la lista de Referencias Bibliográficas consultadas y Anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Considerando que el Tajo Norte Apumayo Norte, cuenta con ingeniería de detalle para su diseño y análisis previos a las condiciones actuales del presente trabajo de investigación, de cuyos resultados se tomarán algunos datos geotécnicos para la evaluación de estabilidad de cada uno de los componentes.

DCR Ingenieros S.R.Ltda (2010), Geomecánica en Minería y Obras. Desarrolló el Estudio de estabilidad de taludes de tajos Apumayo y Huamanloma, donde señala que los análisis de estabilidad realizados por falla planar han indicado factores de seguridad mayores que los mínimos requeridos. Para la falla en cuña los factores de seguridad son aún más altos. Sin embargo estos resultados revelan que con los ángulos de taludes finales globales propuestos para el Tajo Apumayo Norte en dos sectores no cumplen con los factores de seguridad mínimos requeridos siendo estos factores 1.0 en condiciones pseudoestáticas no drenadas y 1.4 estático drenado.

Gonzales Paihua (2010), Desarrolló la Tesis titulada “Diseño de Minas a Tajo Abierto”, donde analiza y señala cada una de las etapas que se deben llevar a cabo para hacer el diseño de mina, en donde la información geológica/geotécnica es de vital importancia en todas la etapas de los proyectos.

Geología de Mallorca (2006), Desarrolló el Estudio de Estabilidad de Taludes de la Cantera Coma de S’Aigua, (Campanet), en donde señala que a partir del

desarrollo del análisis de estabilidad según rotura en cuña y planar, se calculó el factor de seguridad obteniendo valores que se encuentran al límite para el caso de roturas en cuña, mientras que es inestable en condiciones saturadas. Y frente a rotura planar siempre se encuentra inestable.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ESTABILIDAD DE TALUDES

Budhu (2007). Define como talud a una masa de suelo con una superficie externa inclinada con respecto a la horizontal. Cuando el talud se forma de manera natural, sin la intervención del hombre, se denomina ladera natural o ladera. Cuando la inclinación en la masa de suelo es generada por la intervención de la actividad humana, excavaciones o rellenos, se denomina talud.

La falla de un talud se presenta tanto en taludes naturales como en los construidos por el hombre. Muchos proyectos de ingeniería resultan afectados o afectan la estabilidad de taludes al producir modificaciones en la topografía, condiciones de flujo de agua, pérdida de resistencia, cambios en el estado de esfuerzos, por mencionar algunos factores.

En este caso, la finalidad de los análisis de estabilidad de taludes es estimar la posibilidad de falla de éstos al provocarse un deslizamiento de la masa de suelo que lo forma, buscando que el diseño de la explotación a tajo abierto que da lugar a un talud se realice de forma segura y económica.

El análisis convencional de estabilidad de taludes en dos dimensiones busca determinar la magnitud de las fuerzas o momentos actuantes (que provoquen el movimiento) y determinar la magnitud de las fuerzas o momentos resistentes (que se opongan al movimiento) que actúan en los suelos que forman al talud.

Para lograr lo anterior se calcula la relación entre las fuerzas o momentos resistentes y las fuerzas o momentos actuantes obteniendo un factor seguridad que está afectado por las incertidumbres de los parámetros que le dieron origen, por lo

cual, a todo factor de seguridad intrínsecamente va ligado un grado de incertidumbre.

2.2.1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESTABILIDAD DE UN TALUD

La falla de un talud se debe a un incremento en los esfuerzos actuantes o a una disminución de resistencia al esfuerzo cortante. Esta variación, en general, es causada por efectos naturales y actividades humanas. Según Budhu (2007) los factores principales que afectan la estabilidad de un talud son:

Erosión. El agua y el viento continuamente afectan a los taludes erosionándolos. La erosión modifica la geometría del talud y por tanto los esfuerzos a los que está sometido, resultando un talud diferente al inicialmente analizado o en una modificación de las condiciones que tenía, figura 1.

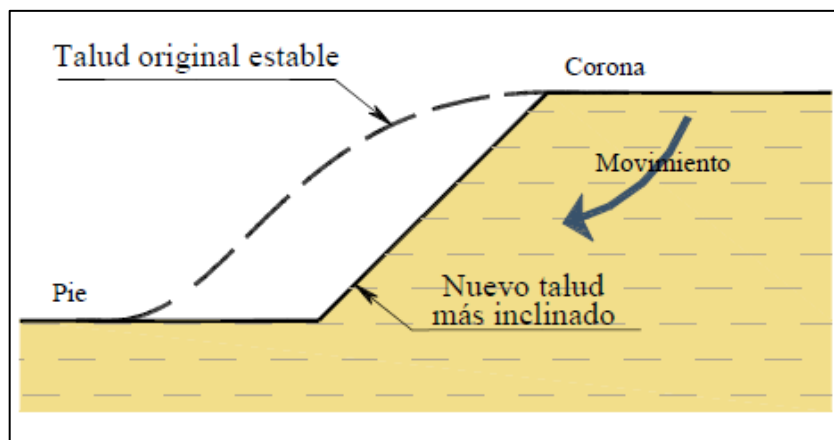


Figura 1 Variación de la geometría de un talud por erosión.

Fuente: Budhu (2007)

Lluvia. Durante el periodo de lluvias, los taludes se ven afectados al introducirse agua en las grietas que presente el talud se origina un incremento en las fuerzas actuantes o aparición de fuerzas de filtración, figura 2.

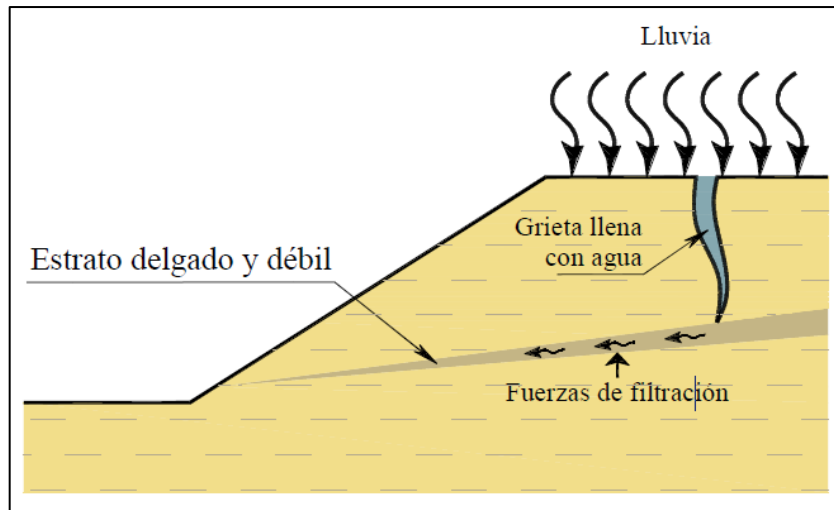


Figura 2 Talud sometido a lluvia.

Fuente: Budhu (2007)

Sismo. Los sismos suman fuerzas dinámicas a las fuerzas estáticas actuantes a las que está sometido un talud, provocando esfuerzos cortantes dinámicos que reducen la resistencia al esfuerzo cortante, debilitando al suelo. Un aumento en la presión de poro en taludes formados por materiales granulares puede provocar el fenómeno conocido como licuación, figura 3.

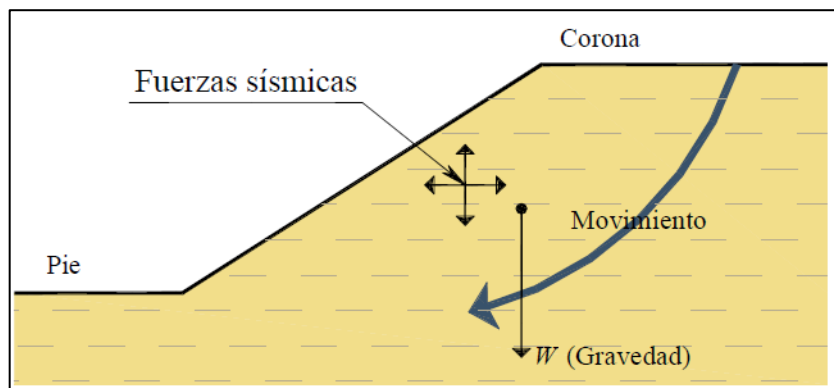


Figura 3 Fuerzas debidas a la gravedad y fuerza provocadas por sismos.

Fuente: Budhu (2007)

Aspectos geológicos. Algunas fallas de taludes son provocadas por aspectos geológicos no detectados durante el levantamiento y exploración de campo, los cuales, al no ser considerados durante la evaluación de la estabilidad del talud, aumentan la incertidumbre del factor de seguridad calculado, figura 4.

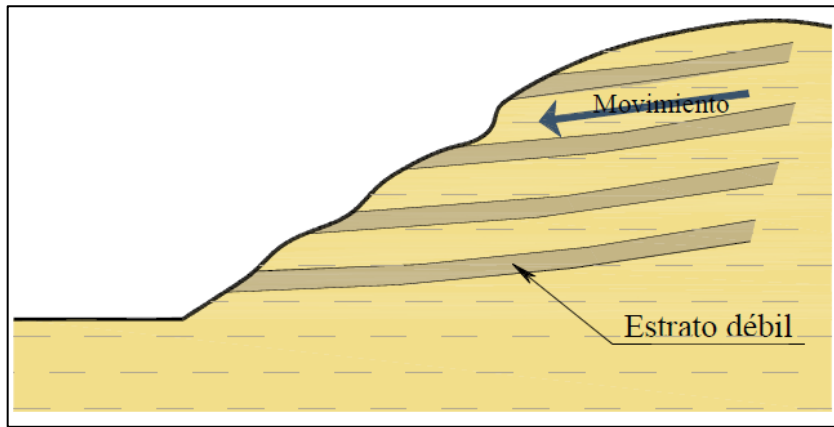


Figura 4 Aspectos geológicos que pueden provocar la falla de un talud.

Fuente: Budhu (2007)

Cargas externas. La aplicación de cargas sobre la corona del talud provocan un aumento en las fuerzas actuantes, lo cual puede llevar a la falla del talud si estas cargas no son controladas o tomadas en cuenta durante la evaluación de la estabilidad del talud, figura 5.

En algunos casos esta situación se remedia mediante la excavación de una o más bermas en el cuerpo del talud, lo que reduce las fuerzas actuantes en éste.

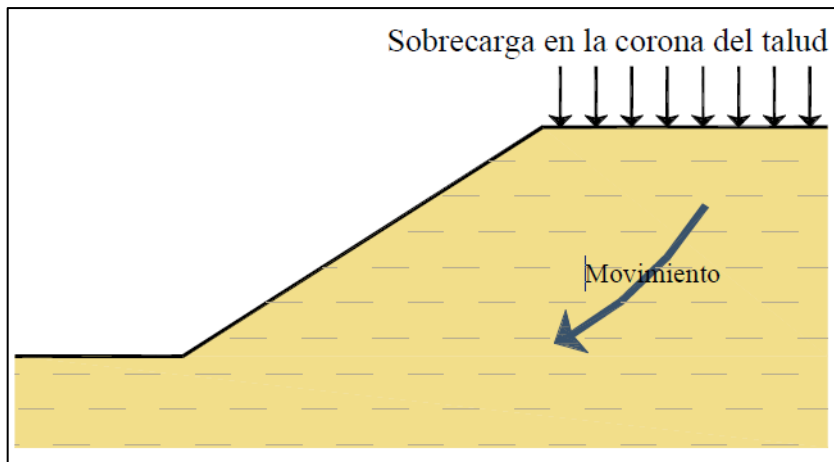


Figura 5 Sobrecarga en la corona del talud.

Fuente: Budhu (2007)

Excavaciones y/o rellenos. Las actividades de construcción realizadas al pie de un talud o colocación de una sobrecarga en la corona, pueden causar la falla de éste al modificar la condición de esfuerzos a las que está sometido. Generalmente, estas actividades de construcción corresponden a trabajos donde se realizan excavaciones y/o rellenos. Cuando se realiza una excavación al pie del talud, el esfuerzo total se disminuye, generando en el suelo un incremento negativo en la presión de poro. Durante el tiempo en que este incremento de presión de poro se disipa, puede presentarse la falla del talud al disminuir la resistencia al esfuerzo cortante, figura 6.

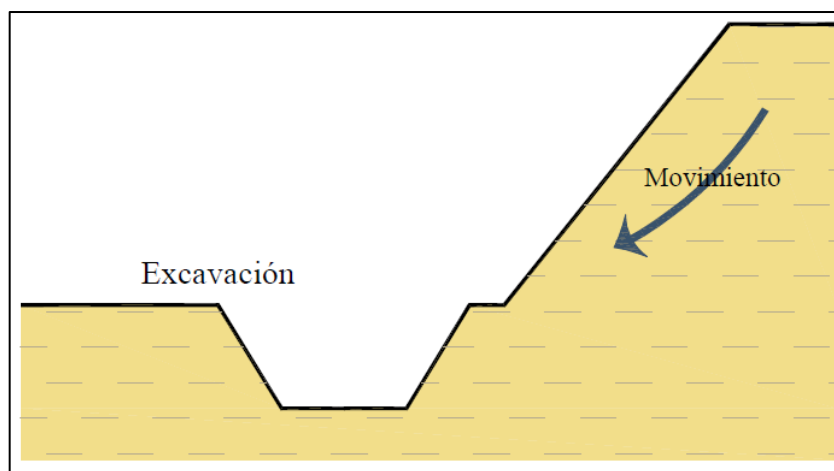


Figura 6 Excavación en el pie de un talud.

Fuente: Budhu (2007)

2.2.1.2. TIPOS DE FALLA DE TALUDES

Todo macizo rocoso que constituya un talud o corte, presenta una tendencia a desplazarse hacia la parte baja y al frente por efecto de su propio peso. Cuando la resistencia al esfuerzo cortante contrarresta esa tendencia, el talud es estable; en caso contrario, se produce un deslizamiento. La clasificación de deslizamientos se basa en la forma que se produce el movimiento, como se trata a continuación.

Falla por deslizamiento superficial. Rico (2000) define esta falla como “un proceso más o menos continuo y por lo general lento de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunos taludes”.

Este tipo de falla suele afectar grandes áreas de terreno. El movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y la masa inmóvil más profunda. No se presenta una superficie de falla definida.

Terzaghi (1948) distingue dos clases de deslizamiento superficial: 1) el estacional, que afecta sólo a la corteza superficial del talud cuyas capas débiles sufren la influencia de los cambios climáticos en forma de expansiones y contracciones humedecimiento y secado; 2) el masivo, que afecta a capas de suelo más profundas presentes en el macizo rocoso, no afectadas por el clima, por lo que sólo se puede atribuir al efecto de factores internos que actúan en las rocas.

El deslizamiento superficial estacional produce movimientos que pueden variar con la época del año; el masivo presenta movimiento constante. La velocidad del movimiento rara vez excede algunos centímetros por año.



Figura 7 Fallas por deslizamiento superficial.

Fuente: Budhu (2007)

En general este tipo de movimiento está asociado a estratigrafías cuyo ángulo de reposo está en dirección del talud y que además se acelera al presentarse flujo de agua dentro del cuerpo del talud, figura 8.

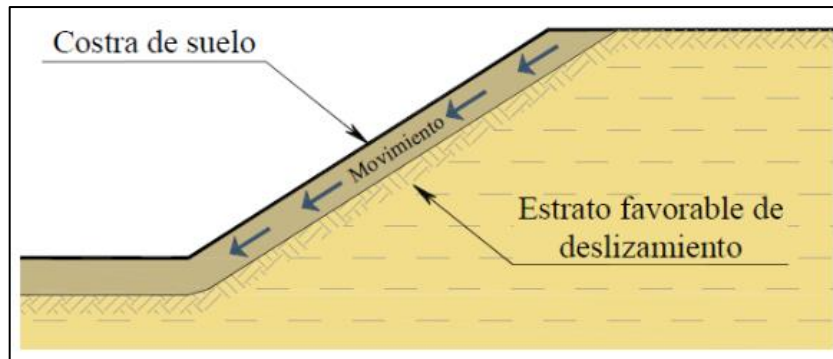


Figura 8 Falla por deslizamiento superficial sobre un estrato favorable al deslizamiento.

Fuente: Budhu (2007)

Falla por rotación. El deslizamiento ocurre abarcando una masa considerable de suelo que afecta a profundidad la geometría del talud. Este tipo de falla presenta una superficie cilíndrica o concoidal, sobre la cual se produce el movimiento, generalmente de forma súbita. La falla por rotación se clasifica con respecto a la profundidad en que se presenta la superficie de falla y el punto donde esta superficie corta a los planos que forman la geometría externa del talud.

Falla por traslación. Esta falla se presenta como un movimiento importante del cuerpo del talud sobre una superficie relativamente plana asociada a estratos poco resistente localizada en las cercanías del pie del talud. La superficie de falla se desarrolla paralela a la estratificación de suelos débiles, terminando generalmente sobre planos de agrietamientos verticales. Los estratos débiles que propician la aparición de este mecanismo de falla por lo general corresponden a arcillas blandas, arenas finas o limos no plásticos, que se encuentran empacados entre estratos de suelos de mayor resistencia. Generalmente el factor que provoca la activación del mecanismo de falla es un aumento en las condiciones de presión de poro en el estrato débil.

Falla en taludes en roca. Este tipo de roturas se producen cuando se trata de macizos rocosos heterogéneos cuyo comportamiento está determinado por la existencia de varias familias de discontinuidades que intersectan entre sí, y cuya orientación es desfavorable respecto a la del talud considerado.

Rotura en cuña. Se produce a favor de una superficie preexistente. La condición básica para que ésta se produzca es la presencia de dos planos de discontinuidad cuya línea de intersección presenta un buzamiento a favor del talud y con su misma dirección, cumpliéndose la condición $\Psi > \alpha > \phi$. Siendo Ψ la pendiente del talud, α el ángulo de la línea de intersección y ϕ el rozamiento interno del material.

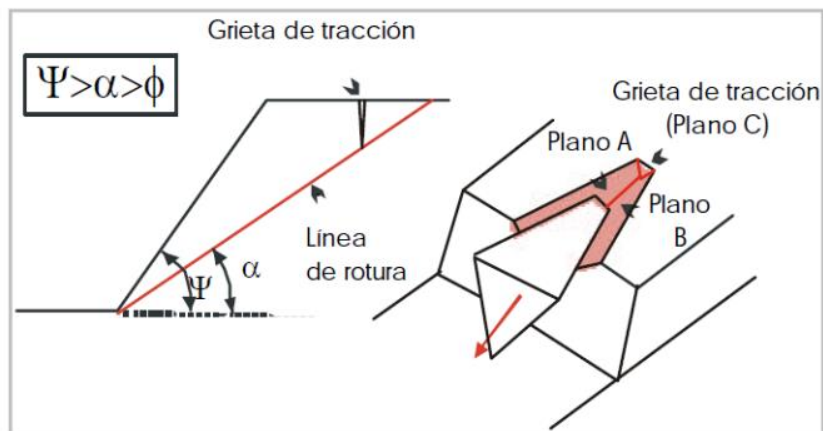


Figura 9 Rotura por cuña.

Fuente: Budhu (2007)

Deslizamientos planares. Se producen a favor de una superficie preexistente. La condición básica para que ésta se produzca es la presencia de discontinuidades con un buzamiento a favor del talud y con su misma dirección, cumpliéndose la condición $\Psi > \alpha > \phi$, siendo Ψ la pendiente del talud, α el ángulo de la línea de intersección y ϕ el rozamiento interno del material.

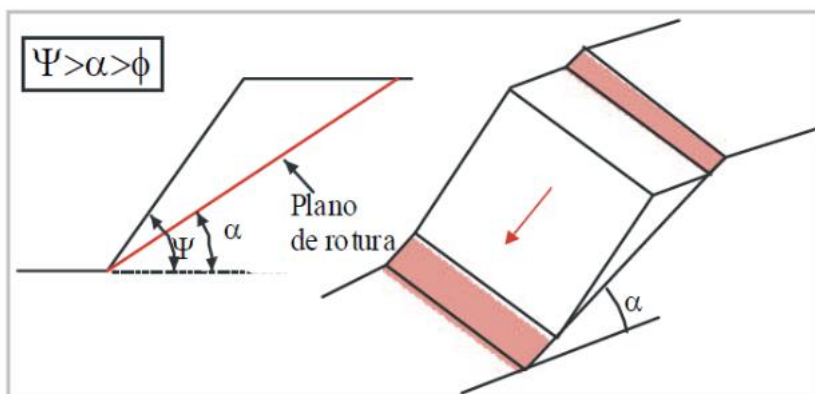


Figura 10 Deslizamiento Planar.

Fuente: Budhu (2007)

2.2.2. CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

Las clasificaciones geomecánicas tienen como objetivo el de proporcionar una evaluación geomecánica del macizo rocoso que se estudia a partir de ensayos simples, y observaciones de campo.

2.2.2.1. ROCK MAS RATING (RMR)

González de Vallejo (2002) indica que el RMR, introducido por Bieniawski en 1989, es posiblemente la clasificación geomecánica más usada, inicialmente pensado para valorar la estabilidad y los soportes requeridos en túneles, y ha resultado ser apto también para la valoración de la estabilidad en taludes. El RMR permite la obtención de la cohesión y ángulo de fricción, parámetros resistentes del criterio de Mohr-Coulomb. En las siguientes ecuaciones se muestran las relaciones entre RMR y los parámetros resistentes.

$$c = 5\text{RMR (KPa)}$$

$$\phi = 5 + \frac{\text{RMR}}{2} \text{ (deg)}$$

Donde c es la cohesión y ϕ es el ángulo de fricción.

El RMR es una clasificación geomecánica, en la que se tienen en cuenta los siguientes parámetros del macizo rocoso:

(1) Resistencia del material intacto que se obtiene mediante ensayo de carga puntual o compresión simple.

(2) RQD

(3) Espaciado de las discontinuidades, hace referencia a la longitud entre discontinuidades dentro de la zona a estudio.

(4) Condición de las discontinuidades, que incluye:

- i. Longitud de la discontinuidad
- ii. Abertura
- iii. Rugosidad
- iv. Relleno
- v. Alteración

(5) Presencia de agua subterránea.

A cada uno de los parámetros anteriores se le asigna un valor, el RMR se obtiene como la suma de todos ellos.

$$\text{RMR} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

Hay que tener en cuenta que existen dos versiones para la obtención del RMR, el RMR76, del año 1976, y el RMR89, del año 1989. La diferencia reside en los valores que se le asignan a los parámetros de: presencia de agua subterránea, condición de las discontinuidades, y RQD conjuntamente con el espaciado de las discontinuidades. En la Tabla 1 se muestra la diferencia entre valores que se le dan a los parámetros según el criterio.

Tabla 1 Diferencias de valores entre RMR76 y RMR89.

Parámetro	RMR ₇₆	RMR ₈₉
RQD y Espaciado de las discontinuidades	8 – 50	8 – 40
Condición de las discontinuidades	0 – 25	0 – 30
Presencia de agua subterránea	0 – 10	0 – 15

Fuente: Bieniawski (1989)

En la Tabla 2, se muestran los valores que se le asignan a cada parámetro, para el cálculo del RMR89.

Tabla 2 Clasificación geomecánica, parámetros de clasificación RMR89.

Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo puntual carga	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MP	< 1 MPa
	valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	valor		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm		
	valor		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
valor	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo		
	valor	15	10	7	4	0			

Fuente: Bieniawski (1989)

Una vez obtenido el RMR para el macizo, se pueden obtener los parámetros resistentes, cohesión y el ángulo de fricción, mediante las ecuaciones antes descritas.

2.2.2.2. ÍNDICE DE CALIDAD DE LAS ROCAS, RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION INDEX)

Fue desarrollado por Deere (1967), para estimar cuantitativamente la calidad del macizo rocoso basándose en la recuperación de un testigo. Depende indirectamente del número de fracturas y del grado de alteración del macizo. El diámetro del testigo tiene que ser igual o superior a 57.4 mm. El RQD es el porcentaje de fragmentos de longitud superior a 10 cm, sobre la longitud total del testigo. Su expresión es:

$$RQD = \frac{\sum \text{longitud de fragmentos} \geq 10\text{cm}}{\text{longitud total perforada}} \times 100$$

Según Priest y Hudson, 1976, el RQD Determinado en el campo, en un tramo longitudinal de talud expuesto viene dado por:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda} \times (0.1\lambda + 1)$$

Dónde: λ = Nro. De Fisuras / Longitud

Una vez obtenido el valor de RQD, la calidad de la roca viene dada según la Tabla 3.

Tabla 3 Relación entre el valor del RQD y la calidad de la roca.

RQD (%)	Calidad de roca
< 25	muy mala
25 - 50	mala
50 - 75	regular
75 - 90	buena
90 - 100	excelente

Fuente: Deere (1967)

2.2.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN DOS DIMENSIONES

Los procedimientos para el análisis de taludes en dos dimensiones se pueden agrupar, con respecto a su complejidad, en los siguientes métodos: empíricos, simplificados y detallados o rigurosos, el desarrollo de la investigación se realizará con un método detallado o riguroso como se detalla a continuación.

Métodos detallados o rigurosos

Estos métodos se basan en procedimientos que toman en cuenta el equilibrio de fuerzas y/o momentos actuantes en el talud para determinar su factor de seguridad. Requieren de parámetros obtenidos en combinación de un programa de exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio. La investigación se realizará mediante la utilización del método de Bishop modificado, como sigue:

Bishop (1954), propuso un método que considera una superficie de falla cilíndrica y una masa de suelo que gira sobre un punto, el cual corresponde al centro del círculo que define la superficie de falla. No considera la fricción entre dovelas, solamente las fuerzas normales a éstas. Considerando que se establece el equilibrio vertical de todas las fuerzas que actúan sobre cada dovela, y que el factor de seguridad es la relación entre la sumatoria de los momentos resistentes y la sumatoria de los momentos actuantes.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Extraído de: Glosario Técnico Minero, Bogotá D.C, Agosto del 2013.

Alteración.- Cambio en la composición química o mineralógica de una roca, producido generalmente por meteorización o por acción de soluciones hidrotermales.

Ángulo de deslizamiento.- La pendiente, medida desde la horizontal, en la cual materiales sólidos sueltos o fragmentados comenzarán a deslizarse; es un ángulo un poco mayor que el ángulo de reposo. Ángulo de reposo El ángulo máximo que

forma con la horizontal, al cual un material permanecerá en una superficie, sin deslizarse o rodarse.

Calicata.- Trinchera o apique abierto para estudiar en forma detallada el perfil de un suelo o de una formación superficial.

Deslizamiento.- Es un movimiento abrupto del suelo y las rocas subyacentes en una ladera muy pendiente en repuesta a la fuerza de gravedad. Los deslizamientos pueden ser ocasionados por un terremoto u otro fenómeno natural.

Diaclasa.- Fractura en las rocas. No existe desplazamiento de sus componentes sobre el plano resultante.

Erosión.- Fenómeno de descomposición y desintegración de materiales de la corteza terrestre por acciones mecánicas o químicas.

Estabilidad.- Resistencia de una estructura, un talud o un muro de contención, a la falla por deslizamiento o colapso bajo condiciones normales, para las que fue diseñado. Estabilidad del talud.

Estabilización de taludes.- Medidas de precaución y obras correctoras que se le hacen a los taludes que están o fueron explotados en operaciones mineras a cielo abierto, para evitar deslizamientos o caídas de piedras, o que los taludes se derrumben, y al mismo tiempo dejar estructuras que permitan la siembra y la plantación; las obras que se usan son, por ejemplo, muros de contención, gaviones.

Fractura.- Ruptura de la roca, haya o no desplazamiento a lo largo del plano de ruptura.

Peso específico.- Relación existente entre el peso de un volumen determinado de una sustancia y el de igual volumen de agua destilada a la temperatura de 4°C. La determinación del peso específico o densidad solamente es posible mediante aparatos de precisión. Tratándose de minerales metalíferos o feldespatos, el peso específico puede determinarse por tanteo, sopesándolos con la mano o por

comparación. En alguna nomenclatura utilizan el término "densidad relativa" para designar el peso específico, especialmente en líquidos.

Talud.- Resalte o inclinación de la topografía, natural o artificial, cuya pendiente es generalmente más suave que la de los acantilados (desde plano inclinado hasta subvertical), su altura es menor a los 8m.

Vibración.- Fenómeno físico cuyas características se repiten más o menos regularmente en el tiempo. Hay vibración de un cuerpo cuando éste se halla animado de un movimiento oscilatorio alrededor de una posición de referencia. Las vibraciones debidas a operaciones mineras son producidas por la energía liberada en la ejecución de voladuras o por el funcionamiento de equipos y pueden ocasionar molestias a las personas que se encuentren próximas, daños estructurales y arquitectónicos en edificaciones e inestabilidad en los macizos rocosos.

Yacimiento mineral.- Es una acumulación natural de una sustancia mineral o fósil, cuya concentración excede el contenido normal de una sustancia en la corteza terrestre (que se encuentra en el subsuelo o en la superficie terrestre) y cuyo volumen es tal que resulta interesante desde el punto de vista económico, utilizable como materia prima o como fuente de energía.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El Proyecto Apumayo se ubica entre los distritos de Cora Cora de la provincia de Lucanas, del departamento de Ayacucho, a una altura aproximadamente de 4200 metros sobre el nivel del mar, entre las coordenadas geográficas 14° 58' 33" Latitud Sur y 73° 50' 10" de Longitud Oeste.

En la figura 11 se puede observar la ubicación satelital de la zona de investigación, en el círculo rojo se encuentra señalado la zona del Tajo Apumayo Norte, en la figura 12 se observa el Tajo Apumayo Norte en el cual se realizó la investigación.



Figura 11 Vista satelital de la ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth 2016.



Figura 12 Vista satelital de la ubicación del Tajo Apumayo Norte.

Fuente: Google Earth 2016.

3.2. ACCESIBILIDAD

El área de estudio es accesible desde la ciudad de Lima mediante la vía asfaltada Lima – Nazca, por la Panamericana Sur, desviándose en la ciudad de Nazca hacia la ciudad de Puquio mediante vía asfaltada, para luego dirigirse a través de la carretera afirmada Puquio - Chaviña (hasta el desvío de Sancos) recorriendo 81 km, dirigiéndose por la trocha carrozable hacia Sancos aproximadamente unos 20 km se llega al proyecto Apumayo.

3.3. CLIMA

El área de proyecto se encuentra localizada en su totalidad sobre la vertiente occidental de la cordillera de los andes, entre altitudes que van desde los 3 600 metros sobre el nivel del mar en su nivel inferior hasta los 4200 metros sobre el

nivel del mar en sus partes más altas, configurando de este modo, un medio altoandino de poca diversidad climática, relacionada con la pequeña dimensión del área del Proyecto, y su escasa diferencia de altitud. (Fuente: Walsh Perú S.A. 2010, Estudio Hidrológico - Hidrogeológico del Proyecto Apumayo).

Para caracterizar las condiciones climáticas del área del proyecto considerando los factores climáticos se ha utilizado la data meteorológica de estaciones más próximas al proyecto, aunque de las seleccionadas ninguna se halla dentro del área de estudio. En base a la información meteorológica se ha generado información estadística (estación representativa) mediante el método de correlación lineal tomando como base las estaciones vecinas, esto aprovechando la buena correlación que presentan la temperatura y la precipitación, los dos parámetros definitorios del clima, con la altitud.

En efecto, para conocer el comportamiento de las variables meteorológicas del ámbito de influencia directa e indirecta del proyecto, se ha contemplado una red de nueve (9) estaciones meteorológicas entre las que se encuentran: Coracora, Puquio, Lucanas, Paucacorral, Sancos, Chaviña, Cecchapampa, San Pedro de Ceccha y Cceccaña las mismas que cuentan con registro histórico de parámetros meteorológicas por lo general de precipitación. El área de influencia directa del proyecto está bajo la influencia climatológica de la estación de Chaviña y Sancos.

3.3.1. LA RED DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

Para evaluar las condiciones climáticas del área del proyecto se ha recurrido a la información pluviométrica de estaciones regionales próximas al proyecto. La red de estaciones climatológica corresponde a una red de nueve (9) estaciones meteorológicas que se encuentran ubicadas en las cuencas de los ríos Acarí y Yauca. Estando distribuidas de la siguiente manera:

- En la cuenca del río Acarí, las estaciones meteorológicas que han sido consideradas son las siguientes: Lucanas, Puquio, Paucacorral, Cecchapampa y, San Pedro de Ceccha.

- En la cuenca del río Yauca, la estación meteorológica que han sido consideradas son las siguientes: Coracora, Chavina y Cceccaña.

En la Tabla 4, se muestra la ubicación política, geográfica e hidrográfica de las estaciones meteorológicas que han sido consideradas para caracterizar las condiciones climáticas del área del proyecto las mismas que se detallan a continuación:

Tabla 4 Ubicación de las Estaciones Meteorológicas.

Estaciones	Tipo	Coordenada Geográfica		Altitud (msnm)	Cuenca	Ubicación			Periodo (años)
		Latitud (S)	Longitud (W)			Dpto.	Provincia	Distrito	
Coracora	CLI	15°1'1"	73°47'1"	3172	Yauca	Ayacucho	Parinacochas	Coracora	1964-2014
Puquio	CLI	14°42'42"	74°8'8"	2977	Acari	Ayacucho	Lucanas	Puquio	1964-2014
Lucanas	CLI	14°37'37"	73°50'1"	3297	Acari	Ayacucho	Lucanas	Chipao	1965-2014
Paralizadas									
Paucacorral	PLU	14°40'1"	76°6'1"	3398	Acari	Ayacucho	Lucanas	Lucanas	1964-1997
Cecchapampa	PLU	14°50'1"	74°00'1"	3900	Acari	Ayacucho	Lucanas	San Pedro	1964-1981
Sancos	PLU	15°4'11"	73°57'1"	2721	Yauca	Ayacucho	Lucanas	Sancos	1975-1980
Chaviña	PLU	14°59'1"	73°50'1"	3207	Yauca	Ayacucho	Lucanas	Chaviña	1977-1983
San Pedro de Ceccha	PLU	14°46'1"	74°6'1"	3100	Acari	Ayacucho	Lucanas	San Pedro	1964-1999
Cceccania	PLU	14°36'1"	74°0'1"	4406	Yauca	Ayacucho	Lucanas	Puquio	1964-1981

Fuente: SENAMHI Ayacucho (2015)

De la tabla se puede observar que las estaciones meteorológicas más próximas al proyecto, en el orden de menor a mayor distancia son Sancos, Chaviña, Coracora, y Cecchapampa. La de mayor altitud es la estación de Cceccania y la de menor altitud es la estación de Sancos.

3.3.2. PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS

Los parámetros contemplados para evaluar las características climáticas del proyecto se detallan a continuación:

Temperatura

De las cuatro estaciones meteorológicas más próximas al proyecto solamente la estación meteorológica de Coracora ubicada a una altitud de 3207 msnm registra este parámetro. En este sentido, para evaluar este parámetro se ha consideraron los valores de temperatura mensuales medios, mínimos y máximos que son registrados en la esta estación dentro del periodo 1963 hasta el 2014, cuyos valores que se muestran en la siguiente tabla y gráfico.

Tabla 5 Temperatura (°C) – Estación Coracora

Temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
Promedio	12.16	11.96	11.81	11.90	11.38	10.70	10.70	11.24	12.08	12.56	12.73	12.52	11.81
Mínimo	6.20	6.21	6.25	5.32	4.56	3.70	3.56	3.97	4.43	4.89	4.75	5.61	4.95
Maximo	17.57	17.06	17.10	17.81	18.28	17.87	18.14	18.46	18.69	18.81	18.59	18.38	18.06

Fuente: SENAMHI Ayacucho (2015)

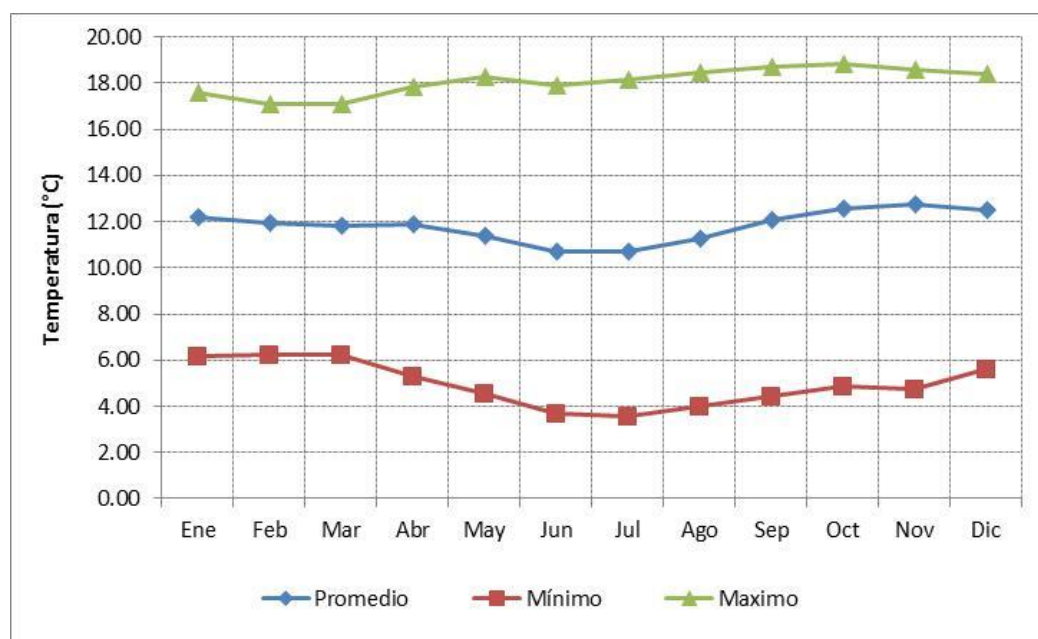


Figura 13 Temperatura (°C) - Estación Coracora

Fuente: SENAMHI Ayacucho (2015)

De la tabla y gráfico anterior se puede deducir que la temperatura media anual es de 11.81 °C, la temperatura media mínima es de 4.95 °C y la temperatura media máxima es de 18.6 °C. (Fuente: SENAMHI, Ayacucho 2015).

En cuanto a la fluctuación de la temperatura durante el día es variable dependiendo del mes de referencia; las máximas temperaturas ocurren al medio día disminuyendo bruscamente en la noche. Los meses más fríos son junio, julio y agosto; y los meses más calurosos son octubre, noviembre y diciembre.

Se puede decir que siempre existe la tendencia a presentar las temperaturas más altas durante los meses de primavera y verano, descendiendo estos valores durante los meses más fríos de la estación invernal, pero la oscilación entre los meses cálidos y los meses más fríos es relativamente muy reducida.

En el área de influencia indirecta cuya altitud es de 4000 msnm., los valores de la temperatura mensuales medios, mínimos y máximos han sido estimados a partir de los valores de las estaciones considerada estableciéndose que en el área de estudio presenta una temperatura promedio anual alrededor de 7.33 °C, la temperatura media mínima es de -0.04 °C y la temperatura media máxima es de 13.01 °C debido a que este parámetro disminuye conforme aumenta la altitud en aproximadamente de 0.5 °C por cada cien metros de ascenso. (Fuente: SENAMHI, Ayacucho 2015).

Los valores de temperatura en la estación hipotética del proyecto se muestran en la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 6 Temperatura (°C) – Estación representativa (4000 msnm)

Temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
Promedio	7.80	7.70	7.50	7.40	6.50	5.90	5.70	6.60	7.40	8.30	8.70	8.50	7.33
Mínimo	1.70	1.50	1.50	0.50	-0.40	-1.30	-1.30	-1.30	-0.60	-0.60	-0.30	0.10	-0.04
Maximo	13.60	11.50	11.20	12.20	12.40	12.10	12.00	12.90	14.20	14.60	15.00	14.40	13.01

Fuente: SENAMHI Ayacucho (2015)

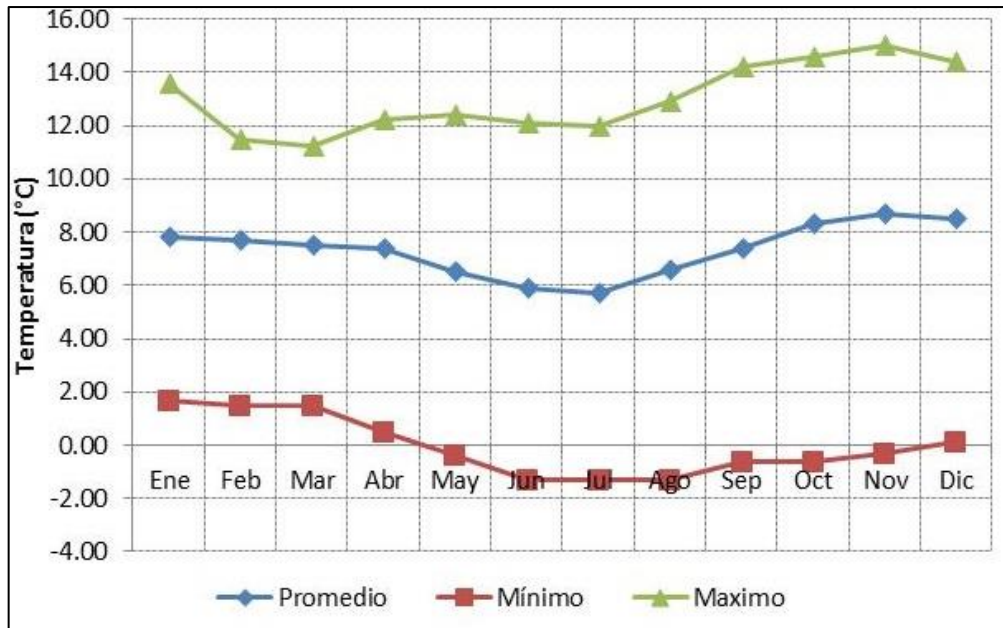


Figura 14 Temperatura (°C) - Estación representativa (4000 msnm)

Fuente: SENAMHI Ayacucho (2015)

En síntesis el área de estudio configura un clima de altitud donde las temperaturas tienen una fuerte variabilidad expresada principalmente en las diferencias que hay a nivel diario, en momentos de sol a sombra y entre el día y la noche. Sin embargo el régimen anual no presenta grandes diferencias, no existiendo diferencias mayores a 3 °C entre cada mes, pero si presentando una ligera inflexión negativa en los meses de junio y julio.

Precipitación

La precipitación en el área de influencia del proyecto, al igual que las estaciones ubicadas en la sierra central, presentan un régimen pluvial estacional, ya que las lluvias tienen sus inicios en los meses de primavera (setiembre a diciembre) y van cobrando mayor intensidad en los meses de verano (enero a marzo), para luego decrecer bruscamente a finales del mes de abril dando inicio a un período de estiaje que se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones muy escasas o por la ausencia definitiva de estas en algunos meses, especialmente durante los meses más fríos de junio hasta agosto.

Para conocer con mayor aproximación el comportamiento de la precipitación en el área del proyecto se ha contemplado la información histórica de nueve (9) estaciones pluviométricas de las cuales tres (3) estaciones pluviométricas (Coracora, Puquio y Lucanas) disponen de registros mensuales relativamente continuos desde 1963 hasta el 2014, las otras seis (6) estaciones pluviométricas disponen de registros mensuales relativamente continuos desde 1964 hasta 1982 con excepción de las estaciones pluviométricas de Paucacorral y San Pedro de Ccecha presentan registros hasta los años 1997 y 1999 respectivamente. (Fuente: Whalsh Perú S.A. 2010, *Estudio Hidrológico - Hidrogeológico del Proyecto Apumayo*).

Tabla 7 Precipitación Total Mensual (mm)

Estación Meteorológica	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Coracora	5.25	6.77	9.05	40.52	100.25	115.40	108.67	23.46	1.90	0.91	1.78	2.42	416.37
Lucanas	4.52	14.83	19.74	53.15	116.69	145.08	146.61	45.32	6.38	2.04	2.41	4.03	560.81
Puquio	5.38	6.29	14.07	40.24	95.76	105.11	98.58	21.26	4.51	1.01	1.30	3.50	396.99
Paucacorral	8.58	10.41	11.36	43.87	121.87	132.21	147.85	28.08	3.36	0.14	0.55	2.35	510.64
Cechapampa	7.20	11.57	13.45	50.44	115.03	161.99	174.84	52.07	4.78	0.54	2.43	5.48	599.81
Cceccania	22.64	29.65	41.44	80.76	138.49	167.05	162.68	48.05	6.38	4.14	6.17	11.97	719.42
Chaviña	9.04	10.98	13.62	51.28	112.79	125.30	152.72	31.27	10.07	0.37	1.61	2.97	522.01
San Pedro de Ccecha	10.46	12.34	24.40	43.34	106.03	121.17	89.80	37.56	21.64	7.90	4.01	11.28	489.92
Sancos	0.35	1.53	0.58	19.78	94.35	94.91	97.62	6.64	0.00	0.00	0.15	0.00	315.90

Fuente: SENAMHI Ayacucho (2015)

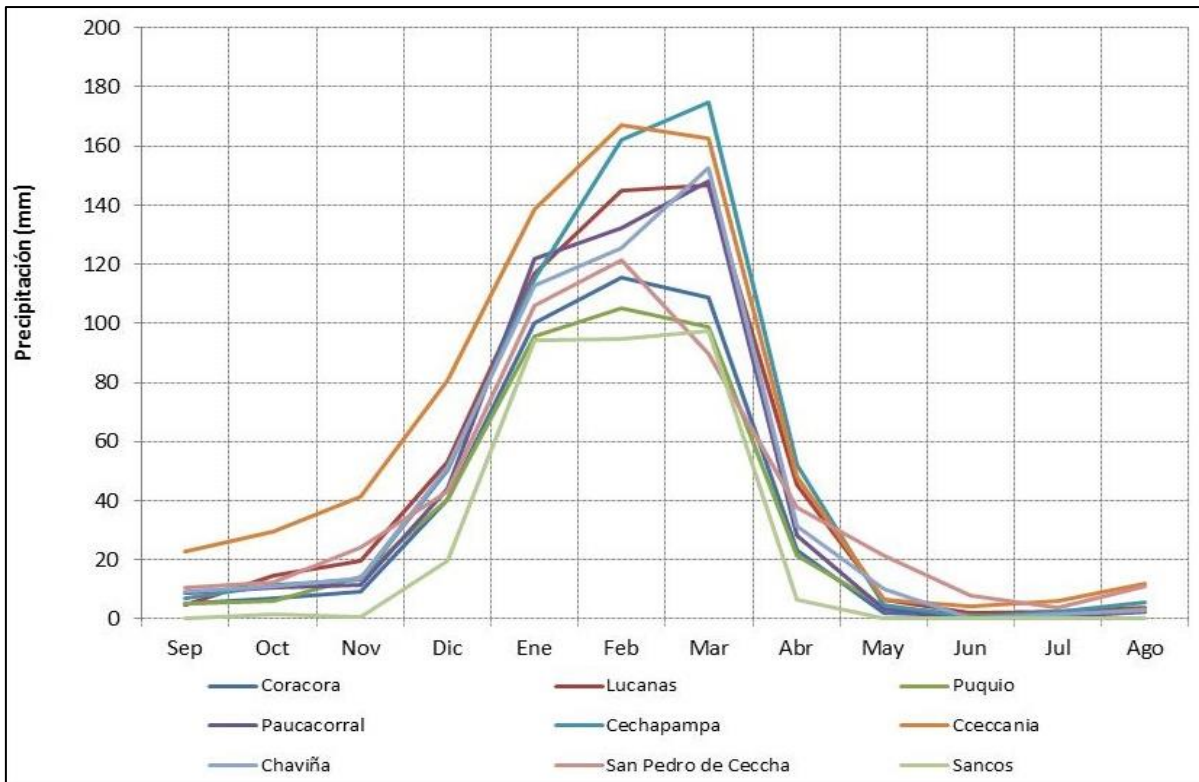


Figura 15 Comportamiento de la Precipitación Total Mensual (mm)

Fuente: SENAMHI Ayacucho (2015)

Del gráfico anterior se puede observar que el año hidrológico se inicia en el mes de setiembre y finaliza en el mes de agosto, es decir que la precipitación se inicia en el mes de setiembre cuya frecuencia e intensidad se va incrementando paulatinamente hasta finales de diciembre, a partir de enero hasta marzo es aún más frecuente e intensa, disminuyendo bruscamente durante el mes de abril e iniciando un periodo seco con escasa a nula precipitación a partir de mes de mayo a agosto.

Existen métodos para determinar la precipitación media. El método de los polígonos de Thiessen establece que en cualquier punto de la cuenca, la lluvia es igual a la que se registra en el pluviómetro más cercano; por lo que la precipitación registrada en un pluviómetro dado se aplica hasta la mitad de la distancia a la siguiente estación pluviométrica en cualquier dirección. La precipitación total mensual estimada para el área del proyecto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8 Precipitación Total Mensual (mm)

Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
8.18	12.62	14.80	48.27	124.90	173.20	188.41	56.02	11.40	0.80	1.50	6.40	646.50

Fuente: SENAMHI Ayacucho (2015)

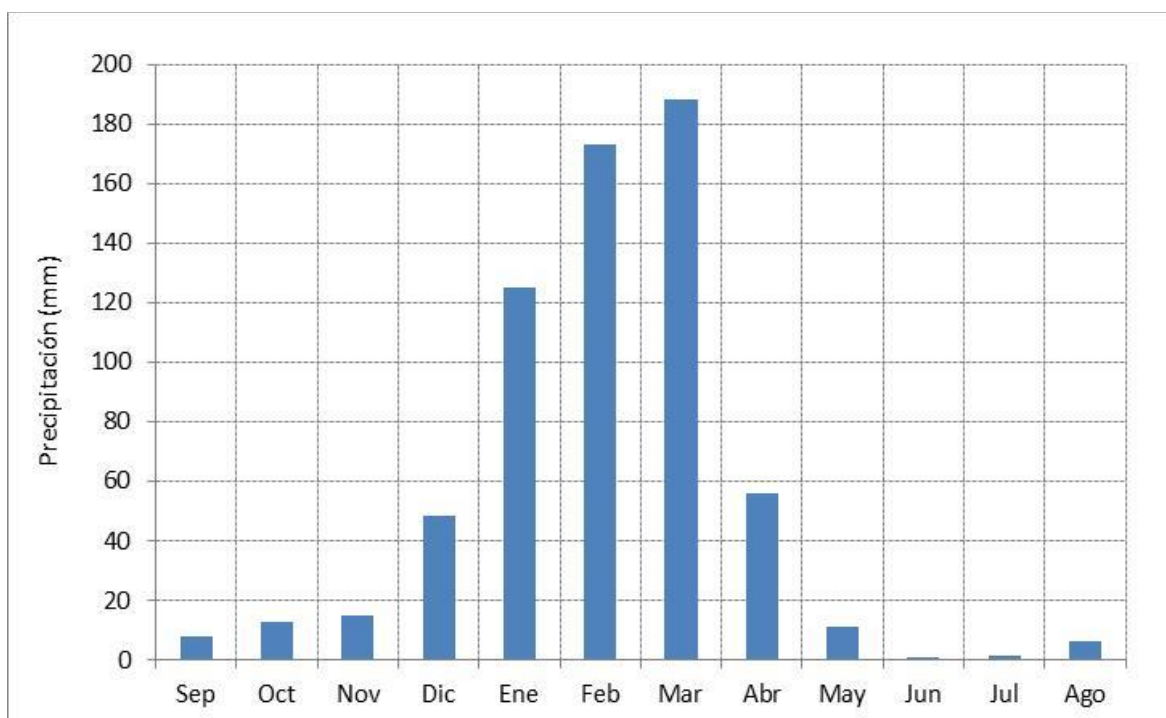


Figura 16 Análisis de la Precipitación Total Mensual (mm)

Fuente: SENAMHI Ayacucho (2015)

Del gráfico se puede deducir que las mayores precipitaciones se concentran en los meses de enero a marzo, durante dicho periodo la precipitación representa aproximadamente el 78% de la precipitación total anual. Esto confirma la estacionalidad de la mayoría de las fuentes de agua existente en las cinco microcuencas.

3.4. GEOLOGÍA LOCAL

El proyecto Apumayo se encuentra ubicado sobre una secuencia de rocas del Grupo Barroso constituido por andesita lávica y tufo fino, mientras que las brechas afloran en los cerros Huamanloma y Auqueato en forma de cono volcánico.

3.5. LITOLOGÍA

Según los estudios de las exploraciones geológicas realizadas la litología del área del proyecto corresponde a:

Andesitas Fresca.- Estas lavas tienen amplia exposición y son de 2 tipos: andesitas de grano medio a grueso, que se ubican en la parte superior de algunos sectores del depósito y en los alrededores cercanos al mismo. El otro tipo de andesitas es de grano fino, caracterizadas por su lajamiento, se ubican en la parte basal y periférica del centro de alteración.

Andesitas Porfíricas, Sericitizadas, Argilitizadas.- Con un fracturamiento que varía desde débil a fuerte, en profundidad aproximadamente a 100m. de la superficie se observa pirita finamente diseminadas y en vetillas.

Sílice Masiva.- Puede presentar el grado externo de salificación epitermal mas somera ya que aparece relleno los vacíos originados comúnmente en la matriz de las brechas hidrotermales. También tiene relevante importancia por su afinidad a precipitar oro. Esta alteración se encuentra principalmente en el tajo principal.

Arcillas.- Producto de la alteración hidrotermal es un proceso que involucra cambios químicos, mineralógicos y texturales, que resultan del cambio de temperatura y presión en las rocas de la superficie, son consideradas como una roca débil.

Sílice Residual.- Este tipo de alteración en masa conforma el cuerpo central del sistema epitermal de alta sulfuración. Presenta las típicas rocas silicificadas, muy porosas y masivas, de color blanco-grisáceo a pardo con textura porfírica relíctica y notable presencia de fenos ovoides de cuarzo con bordes corroídos.

Sílice Alunita.- Se encuentra como alteración de la roca Andesita con una presencia de alunita entre el 25 y el 60 % y sílice entre el 30% y el 75 %.

Depósitos Coluviales.- Se depositan en las laderas de los valles y quebradas, como producto de meteorización, erosión y mínimo transporte hacia los canales principales. Constituyen depósitos inclinados y lenticulares, con sus mayores grosores al pie de las pendientes. Están compuestos por arenas, guijarros y cantos con dimensiones de 2 a 30cm. de diámetro y ocasionalmente mayores; los materiales están sueltos o pobremente aglutinados por matriz arenosa, limosa o limoarcilloso. Se les encuentra en toda el área estudiada.

Depósitos Aluviales.- Constituyen depósitos transportados por la corriente de los ríos, flujos de agua y corrientes laminares producto de las precipitaciones pluviales. Litológicamente están compuestas por niveles intercalados de arenas, limos, arcillas y conglomerados polimícticos y heteromícticos.

3.6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Se observan centros de alteración epitermal, que se caracterizan por ser afloramientos estructurales silicificados, con rumbo preferencial N60°W, de forma irregular y extensión variable entre 50m., a 300m. Otras estructuras son las brechas hidrotermales, que presentan una silificación masiva, con forma de canales verticales, de grosores variables de 10cm. hasta 7m., y son polidireccionales.

Las rocas hospedantes son las andesitas porfiríticas, las brechas silíceas y las rocas piroclásticas. Los cráteres de explosión, son estructuras semicirculares, con diámetros de hasta 700m., las cuales se encuentran rellenas por brechas silicificadas. La zona presenta fallas locales, las cuales están relacionadas a falla regional andina con dirección NW, como también las fallas transversales.

3.7. GEOMORFOLOGÍA

El Tajo Apumayo Norte, se encuentra en el piso superior de la Cordillera Occidental de los Andes, entre los 4,000 a 4,300 msnm.

Las dos quebradas principales en el área de estudio son: por el Sureste la quebrada Auqueato y por el Oeste la quebrada Selloccasa. Por estas quebradas discurren riachuelos de escaso caudal la mayor parte del año, salvo en los meses de lluvias. Los suelos presentan superficies con escasa cobertura vegetal.

El área de estudio se encuentra circunscrita en su mayor parte en la unidad geomorfológica denominada zona de planicies y un pequeño porcentaje de las denominadas colinas.

3.7.1. PLANICIES

Constituyen una unidad geomórfica de amplia exposición en el área estudiada. Están representadas por una superficie subhorizontal de relieve suave, cotas comprendidas entre los 4,000 y 4,500msnm. Esta unidad corresponde a la llamada "Superficie Puna" descrita por Bowman, N. (1916) y Mc. Laughlin, D.H. (1924). Casi la totalidad de la superficie se encuentra cubierta por derrames y piroclásticos del volcanismo plio-cuaternario.

3.7.2. COLINAS

Son predominantes en la zona, fueron formados por las fases de disección consecutivas al levantamiento andino. De esta manera, las colinas son los relieves resultantes de la excavación causada por las corrientes de agua actuando en un medio volcánico sub horizontal en proceso de levantamiento, proceso que provocaba el encajonamiento de las corrientes de agua. En el área las colinas tienen no más de 200 o 250m. de altura medidos entre las cimas y sus bases, mientras que en zonas cercanas.

Las pendientes de estos relieves se establecen mayoritariamente entre 10° a 20° como valor predominante para las laderas de las colinas, aunque con una presencia apreciable de sectores de laderas de menor pendiente, y sectores puntuales muy localizados de pendiente mayor, e incluso de pequeños escarpes subverticales.

3.8. HIDROGEOLOGÍA

Los principales sistemas hidrogeológicos, se recargan fundamentalmente a partir de la infiltración de las precipitaciones, por aporte laterales de las unidades hidrogeológicas locales adyacentes y por infiltración de aguas a partir de los cauces superficiales.

Se tiene un sistema de recarga producto de la lluvia en la microcuenca del río Calicanto. El trasvase de agua subterránea desde las microcuencas vecinas (Auqueato y Humanloma) se realiza por fallas geológicas.

3.8.1. DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO

Se tiene direcciones preferenciales de flujo y de velocidades altas a lo largo de las zonas de falla o zonas de contacto geológico. El flujo está controlado por los cerros Huamán Loma y Auqueato.

La zona del tajo Apumayo tienen una dirección de flujo Sureste hacia el río Calicanto.

3.8.2. ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA

El relieve topográfico juega un papel importante en la recarga del acuífero, la zonas de planicie del cerro Huamán Loma y del cerro Auqueato permiten la recepción de las precipitaciones que ocurren en el área, que se encargan de alimentar anualmente al sistema acuífero mediante la infiltración del agua a través de los suelos, fracturas y fallas, aunque hay una disminución durante los meses de mayo, junio, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre, sin embargo en los demás meses se incrementa. Es debido a este proceso de recarga natural, que existe una napa freática que en general fluctúa, cuando se satura el acuífero el nivel freático sube.

Una manifestación importante del proceso de descarga del agua subterránea, es la existencia de algunas zonas de humedad como manantiales y bofedales que en

forma local indican la proximidad del nivel freático. Esta manifestación se presenta en todo el Tajo Apumayo Norte.

La principal fuente de alimentación o de recarga del acuífero es el flujo subterráneo proveniente de la infiltración, producto de las precipitaciones. La zona de descarga del acuífero en la zona son las mismas quebradas existentes en la zona como son la Quebrada Sellocasa, Sua, Paracapancha, entre otras.

3.9. ASPECTOS SÍSMICOS

Los sismos de la región Sur del Perú se originan en las fricciones corticales debidas a la subducción de la placa oceánica bajo la continental, resulta que a igualdad de condiciones los sismos resultan más intensos en las regiones costeras, decreciendo generalmente hacia la sierra y selva, donde la subducción y fricción cortical es paulatinamente más profunda.

La región de Ayacucho está influenciada por los sismos generados en la placa de Nazca y por los sismos producidos por deformaciones y está asociada a las fallas tectónicas activas existentes en el Perú, esta actividad sísmica es de menor frecuencia y de magnitudes moderadas.

En la zona de estudio la sismicidad tiene distintas consecuencias según la naturaleza de las formaciones rocosas y del suelo. Considerando el nivel de riesgo sísmico de los depósitos cuaternarios que tienen escasa consolidación y además por tener generalmente un espesor de 0,50 m y en pocos áreas llega hasta los 1,50 m, tendrían bajo riesgo frente a la amplificación de las ondas, sin embargo podrían originarse movimientos de masa si estos depósitos estuvieran saturados por aguas de las precipitaciones. (Fuente: Bradley - MDH, 2015. *Informe de Peligro Sísmico*).

En las formaciones rocosas, el riesgo potencial debido a la amplificación de ondas por refracción es bajo, sin embargo los movimientos sísmicos pueden desencadenar caída de rocas y derrumbes en los sectores de pendiente escarpada, especialmente en aquellos sectores afectados por fracturamiento o intensa meteorización. Cabe resaltar que los efectos de las ondas sísmicas se incrementan

cuando hay presencia de fallas activas. A partir de la información macrosísmica se ha determinado que la intensidad máxima en la Escala Modificada de Mercalli (EMM), de los sismos que han ocurrido cerca de la región de Apumayo, varía entre VI y VII grados, debido a que no se tienen datos registrados en la misma zona de estudio.

Las aceleraciones y periodos de retorno de localidades importantes con influencia en el Proyecto Minero Apumayo, para periodos de retorno de 30, 50, 100, 200, 400, 475 y 1 000 años varía entre 0,179 y 0,395 g. en relación a las aceleraciones espectrales e intensidades máximas, para la zona corresponden a la zona 2. La zona 2 corresponde a una intensidad máxima de IX EMM y para un período de retorno de 100 años, con aceleración máxima de 0,3 g. (Fuente: Bradley - MDH, 2015. Informe de Peligro Sísmico).

3.9.1. DETERMINACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

Una vez conocidas la sismicidad de las fuentes y los patrones de atenuación de las ondas generadas en cada una de ellas, incluyendo los efectos de la geología local, puede calcularse el efecto del peligro sísmico considerando la suma de los efectos de la totalidad de las fuentes sísmicas y la distancia entre cada fuente y el sitio donde se encuentre el proyecto. Se ha determinado el peligro sísmico de la localidad de ubicación del proyecto, utilizando la siguiente coordenada geográfica del lugar de estudio:

LUGAR	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
PAD APUMAYO	-73.92° , -14.95°

En la siguiente Cuadro se presentan las aceleraciones máximas para los distintos periodos de retorno:

Tabla 9 Peligro Sísmico – Aceleraciones máximas esperadas

Periodo de Retorno en Años	Aceleración Máxima Esperada (%g)	Probabilidad Anual de Excedencia
100	0.20	1.E-02
475	0.32	2.E-03
1000	0.40	1.E-03
2000	0.47	5.E-04
5000	0.58	2.E-04
10000	0.69	1.E-04

Fuente: Bradley - MDH, 2015. Informe de Peligro Sísmico.

La selección del movimiento sísmico de diseño depende del tipo de obra. Para la zona en estudio se considera un período de retorno de 475 años para el sismo de diseño, que corresponde a estructuras con una vida útil de 50 años y un nivel de excedencia del valor propuesto del 10%.

El coeficiente de aceleración sísmica horizontal se calculó a partir de la Aceleración Máxima considerada como 0.3g según el Reglamento Nacional de Construcciones, 2016. Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, resultando 0.16. Mostrándose en la Figura 17 la zonificación sísmica a nivel del país con sus respectivas aceleraciones máximas en la Tabla N° 1 denominada Factores de zona “Z”.

Coeficiente horizontal de Aceleración sísmica	0.16
---	------

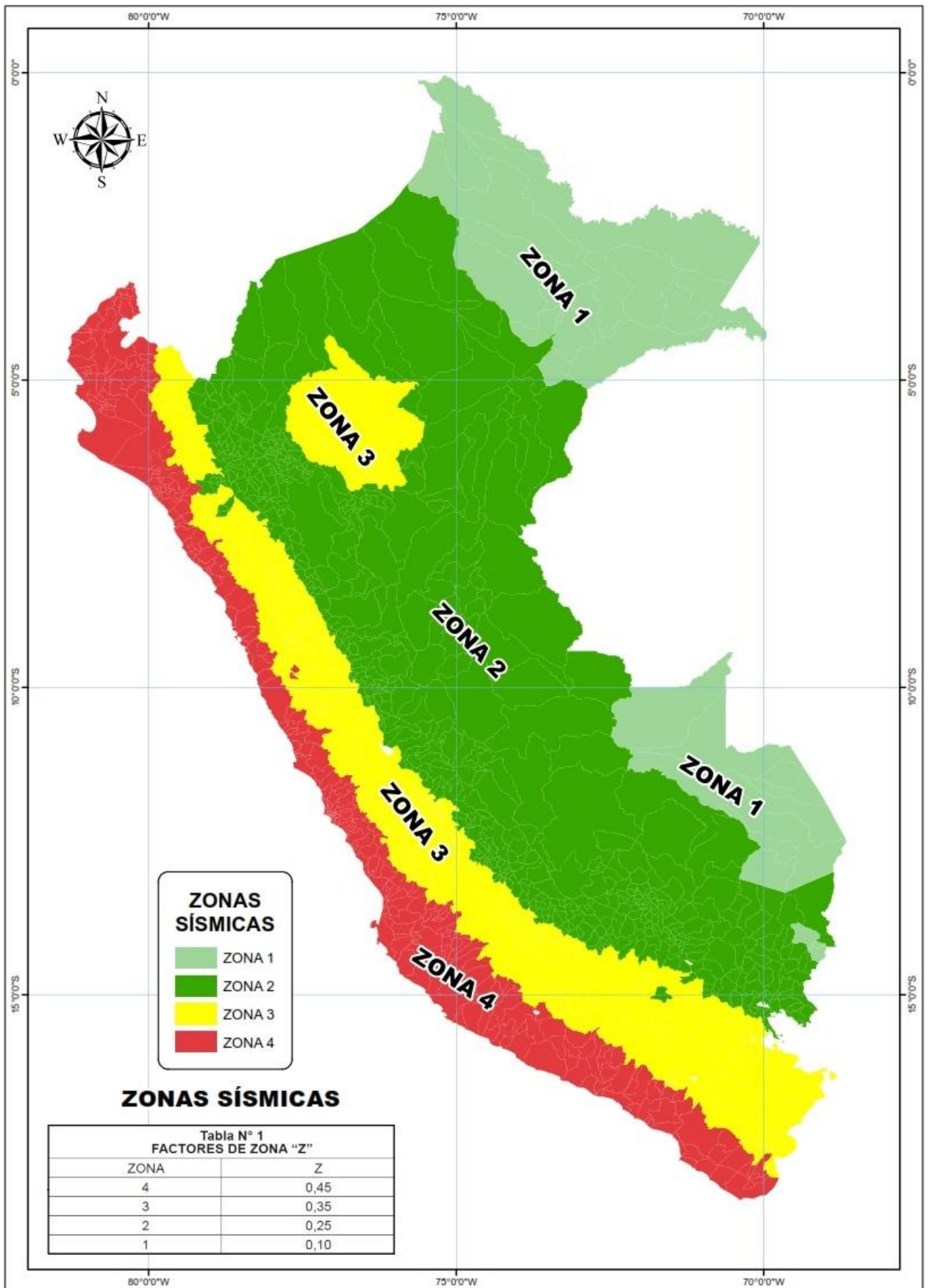


Figura 17 Zonificación sísmica del Perú Fuente: Reglamento Nacional de Construcciones, 2016. Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda.

3.10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- Cuantitativa: Porque para las fallas y fracturas se tomarán datos de rumbos, buzamientos, longitudes, espaciamientos, grado de erosión de las paredes de las estructuras presentes en los estratos.

Tipo de Investigación	Descriptiva - Explicativa
Nivel de la Investigación	Correlacional
Diseño de la Investigación	Transeccional
Método de Investigación	Deductivo - Inductivo

3.11. TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Se empleó la técnica de la observación, la que consiste en describir y definir las propiedades del macizo rocoso, análisis documental y de datos obtenidos en campo mediante el cartografiado geológico geotécnico, lo que servirá para la interpretación de los resultados obtenidos de los ensayos realizados en campo.

3.11.1. Procedimiento:

A. Etapa de gabinete I

Recopilación de información bibliográfica. Esta etapa consistió en la revisión de toda la información existente de trabajos realizados sobre el área de estudio. Se hizo una revisión y análisis minucioso sobre las técnicas aplicadas en cálculos de esfuerzos para aplicarlos en la cinemática del plegamiento y la generación de los diferentes tipos de fallas y fracturas

Para realizar este trabajo de investigación se optó por seguir el siguiente procedimiento:

- División del área en varios sectores, los cuales se estudiaron en forma sistemática.

- Utilización del “método de la mano derecha” para la toma del azimut y buzamiento de las fallas, fracturas, pliegues, contactos geológicos y que fue controlado con la toma simultánea de la dirección del buzamiento para llevar un control de calidad en las tomas de datos.

B. Etapa de Campo

Se orientó los trabajos a la ejecución de investigaciones básicas de campo, con el fin de obtener la información necesaria, que permita encontrar los principales parámetros geomecánicos, que se utilizarán para construir el modelo geomecánico del área. Para la toma de datos de coordenadas se utilizó GPS (Sistema de Posicionamiento Global) tipo Garmin en el DATUM WGS - 84. Además de realizó la recolección de muestras de rocas y suelo en el campo con la utilización de picota y bolsas herméticas para su análisis geomecánico respectivo en los laboratorios correspondientes.

C. Etapa de Gabinete II

Se realizó el procesamiento de la información obtenida durante las investigaciones básicas y los análisis de laboratorio, con el fin de determinar las condiciones de estabilidad del tajo. Según los resultados obtenidos en la etapa de gabinete I y los resultados de laboratorio (Ver Anexo I), se determinó las zonas geomecánicas.

Los datos de las mediciones de azimut de los estratos, fallas, fracturas, son trabajados con el software DIPS 5.1, AUTOCAD 2010, SLIDE 6.0, para el cálculo y para la elaboración de los mapas geológicos, topográficos, pendientes de alturas.

3.12. INSTRUMENTOS DE RECOPLICACIÓN DE DATOS Y EQUIPOS DE MEDICIÓN

El principal instrumento de recolección de datos en cada estación geomecánica es la Matriz Geológico - Geotécnica para registro de datos de campo. (Tolentino, 2008 y Rodríguez, 2016), modificado por la tesista. (Ver Anexo II).

Materiales y Equipos

- Brújula tipo Brunton
- GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Garmin 64 csx
- Protactor (escala 1/1000)
- Lupa 10x y 20x
- Rayador
- Picota para geólogo
- Ácido clorhídrico
- Plano Base Topográfico a detalle, (escala 1:2500)
- Imagen satelital
- Wincha y Flexómetro (3m - 30m)

3.13. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

El análisis de datos se realizará en la etapa de gabinete, con la interpretación y análisis de los datos mediante, secciones geológicas, base realizar el análisis geotécnico utilizando los softwares: Dips 5.1, AutoCad 2010 y Slide 6.0.:

- Dips 5.1: programa utilizado para el procesamiento de los datos de Rumbo y Buzamiento obtenidos en campo mediante la brújula.
- Autocad 2010: es un programa, en el que se puede realizar todo tipo de diseños técnicos, pudiendo crear diseños de todo tipo en 2d y 3d, planos, objetos, cortes de objetos, en él se realizó los planos correspondientes y las secciones para el posterior análisis.
- Slide 6.0: en este software se realizó el análisis de estabilidad de taludes, con el análisis de manera estática, pseudoestática, y con presencia de nivel freático.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Hoy en día para llevar a cabo cualquier proyecto de laboreo superficial es imprescindible conocer las características del macizo rocoso, para poder diseñar lo más adecuadamente posible las estructuras que estarán en contacto con él, así como los taludes externos de cada labor; y minimizar así los costes económicos de dichas obras, esta evaluación consta de un análisis geomecánico – estructural, así como las condiciones físicas y mecánicas de los materiales encontrados en el Tajo Apumayo Norte.

4.1. GEOMECÁNICA Y GEOTECNIA

Con el fin de la realización del análisis geotécnico se realizaron en campo las actividades que a continuación se describen:

Tabla 10 Calicatas ejecutadas en el área de Tajo Apumayo Norte

Calicata	Profundidad	Clasificación SUCS	Descripción	Observación
CTA-01	0.0 - 2.4	SM	Material de arena limosa	
CTA-02	0.0 - 2.0	SM	Material de arena limosa	
CTA-03	0.0 - 3.2	SM	Material de arena limosa	
CTA-04	0.0 - 2.7	ML	Material limoso de baja plasticidad	
CTA-05	0.0 - 4.0	MH	Material limoso de alta plasticidad	Sin cobertura, ubicado en la parte alta del tajo Apumayo.
TRTA-01	1.1	ML	Material limoso de baja plasticidad	Ubicado abajo del tajo Apumayo.
TTAN-01	8.0	SM	Material de arena limosa	Ubicado en la cabecera dirección oeste del tajo Apumayo.
TTAN-02	5.0	GM	Material gravoso limoso	Ubicado en la cabecera dirección oeste del tajo Apumayo.
TTAS-01	4.0	SC	Material de arena arcillosa	Ubicado en el tajo Aumayo.
TTAS-02	16.0	SM	Material de arena limosa	Ubicado en el tajo Aumayo.

Tabla 11 Resultados de ensayo de densidad de campo Tajo Apumayo Norte

Calicata	Densidad húmeda (gr/cm ³)	Densidad seca (gr/cm ³)	Contenido de humedad (%)	Profundidad
CTA-01 DCTA-01	2.16	1.95	10.4	1.0
CTA-03 DCTA-02	1.47	1.21	21.6	3.1
TRTA-01 DCTA-03	2.00	1.64	21.7	1.1
TTAS-01 DCTAD-01	2.01	1.66	21.1	40.0
TTAS-02 DCTAN-02	1.96	1.55	26.5	16.0
TTAN-01 DCTAN-01	1.69	1.38	22.6	5.0
TTAN-02 DCTAN-02	1.68	1.55	8.8	4.0

4.1.1. ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS

Los ensayos se realizaron en los siguientes laboratorios: E y P Ingeniería SAC, Ingeotest, Laboratorio de Mecánica de Suelos N° 2 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (FIC-UNI), de acuerdo a la siguiente relación:

Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422, Clasificación de Suelos ASTM D-2487, Contenido de humedad ASTM D-2426, Límite líquido ASTM D-423, Límite plástico ASTM D-424, Triaxial CU ASTM D-4767, Corte Directo ASTM D-3080

Los resultados obtenidos de cada ensayo de laboratorio mencionado anteriormente se presentan en el Anexo I (Ensayos de laboratorio).

Ensayos estándar

Los ensayos estándar de suelos en laboratorio, incluyen los procedimientos de clasificación de suelo, obtención de los límites líquidos, límites plásticos e índices plásticos, así como el contenido de humedad de la muestra.

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se han realizado los ensayos correspondientes para la granulometría, límite líquido, límite plástico y contenido de humedad, según se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 12 Ensayos Estándar para las muestras de suelo del Tajo Apumayo Norte

Calicata	CTA-01		CTA-03	CTA-04	CTA-05
Muestra	M-1		M-1	M-1	M-1
Profundidad(m)	2.4		3.2	2.7	4.0
% Gravas	24.5		7.6	6.2	5.8
% Arenas	33.3		47.6	34.9	41.5
% Finos	42.2		44.8	58.9	52.7
L.L.	20		45	46	51
L.P.	17		29	34	36
I.P.	3		16	12	15
H %	10.4		21.6	17.5	30.5
SUCS	SM		SM	ML	MH
Calicata	TRTA-01	TTAN-01	TTAN-02	TTAS-01	TTAS-02
Muestra	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
Profundidad(m)	1.0-1.1	8.0	5.0	4.0	16.0
% Gravas	8.9	7.2	44.1	6.4	6.1
% Arenas	26.7	50.2	42.9	45.4	58.6
% Finos	64.4	42.6	13.0	48.2	35.3
L.L.	48	54	30	35.6	42
L.P.	39	41	24	22.5	34
I.P.	9	13	6	13.1	8
H %	21.7	22.6	8.8	21.1	26.5
SUCS	ML	SM	GM	SC	SM

Fuente: Resultados de los Ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de FIC-UNI. 2015

Ensayos de corte directo – ASTM D3080

Se realizó el ensayo de corte directo a las muestras de suelo remoldeado del material para tajo Apumayo, con la finalidad de determinar su resistencia al corte.

Tabla 13 Ensayos de Corte Directo para las muestras de suelo del Tajo Apumayo Norte.

Calicata	Clasificación	Muestra	Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo de Fricción (°)	Densidad Natural (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
TTAS-01	SC	M1	0.05	28.5	2.01	1.66
CAYA-04	GM	M1	0.05	28.3	1.93	1.72
CBA-08	SC	M1	0.05	28.8	2.07	1.87
CHL-01	SW-SM	M1	0.00	30.8	1.66	1.58
CHL-08	GM	M1	0.01	31.3	1.80	1.62

Fuente: Resultados de los Ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de FIC-UNI. 2015

4.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO DE ROCAS

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Rocas de la Facultad Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería, de las muestras extraídas de roca a nivel superficial y de las calicatas, a ensayar, se procedió a realizar los ensayos de:

Propiedades físicas - ASTM 2216-02

Se realizaron en las muestras talladas de roca, cuyos resultados se presentan a continuación:

Tabla 14 Ensayos de Propiedades Físicas para las muestras de roca del Tajo Apumayo Norte

Calicata	Muestras	Densidad seca (g/cm ³)	Densidad húmeda (g/cm ³)	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Peso específico (kN/m ³)
CTA-01	R-M2	2.42	2.55	13.33	5.51	23.81
Tajo Norte	M1	2.57	2.60	3.26	1.27	25.63

Fuente: Resultados de los Ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de FIGMM-UNI. 2015

Corte directo - ASTM D 5607-95

Se realizaron en las muestras talladas de roca, se procedió a realizar el ensayo:

Tabla 15 Ensayos de Corte Directo para las muestras de roca del Tajo Apumayo Norte.

Componente	Muestra	Criterio	Parámetros de resistencia	
			Cohesión (MPa)	Ángulo de fricción (°)
Tajo Apumayo	M-1	Mohr-Coulomb	0.156	28.32
Tajo Apumayo	M-2	Mohr-Coulomb	0.125	23.17

Fuente: Resultados de los Ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de FIGMM-UNI. 2015

Carga puntual - ASTM D5731-02

Se realizaron en las muestras talladas de roca, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 16 Ensayos Carga Puntual para las muestras de roca del Tajo Apumayo Norte

Componente	Calicata	Muestras	Is	Resistencia a la compresión simple (MPa)
Tajo Apumayo	CTA-01	R-M2	3.96	81.9
	Tajo Apumayo	M1	5.74	128.3
	Tajo Apumayo	M2	4.57	99.6

Fuente: Resultados de los Ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de FIGMM-UNI. 2015

4.2. COMPORTAMIENTO DE LOS TALUDES Y ESTRUCTURAS

Los resultados de las características de distribución de los sistemas de discontinuidades estructurales presentes en el Tajo, se muestran en el Anexo III. En el cuadro siguiente se muestra un resumen de las direcciones de buzamiento y buzamiento de los sistemas de discontinuidades ubicados en cada Estación Geotécnica.

Tabla 17 Distribución de las discontinuidades – Tajo Apumayo Norte

DESCRIPCIÓN	ESTACIÓN	COORDENADAS (DATUM WGS 84)		SISTEMA DE DISCONTINUIDADES DIP / DIP DIRECTION		
		ESTE (m)	NORTE (m)	Nº 1	Nº 2	Nº 3
Tajo Norte	E-1	616936	8345811	-	-	-
	E-2	616816	8345984	72/268	77/352	45/100
	E-3	616810	8345843	72/260	62/310	45/060
	E-4	616916	8346016	-	-	-

4.2.1. INVESTIGACIÓN GEOMECÁNICA

Se analizaron las condiciones de los bloques, de la misma forma se analizaron las condiciones de estabilidad de los taludes bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas, utilizando modelos en base a la evaluación de los mecanismos de falla potencial de la masa rocosa.

Las investigaciones geomecánicas fueron llevadas a cabo con la finalidad de evaluar las características y propiedades de las rocas conformantes del tajo.

Para la caracterización de la masa rocosa del área del estudio, se registraron datos a partir del mapeo geomecánico de campo, que se llevó a cabo utilizando el “Método de celdas”. Mediante este método se realizaron mediciones sistemáticas de las discontinuidades presentes en una Estación Geomecánica.

Los parámetros de observación y medición, fueron registrados en formatos diseñados para la toma de datos en campo, adecuándolos a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM).

Las estaciones geomecánicas se han establecido según los dominios encontrados en el campo, ya sean por dominios predominantemente geológicos como son tipo de litología o por patrones de discontinuidades muy representativos. La ubicación de las estaciones geomecánicas en el Tajo se muestra a continuación:

Tabla 18 Ubicación de estaciones Geomecánicas – Tajo Apumayo

DESCRIPCIÓN	ESTACIÓN	COORDENADAS (DATUM WGS 84)		COTA msnm
		ESTE (m)	NORTE (m)	
Tajo Norte	E-1	616936	8345811	4188
	E-2	616816	8345984	4157
	E-3	616810	8345843	4146
	E-4	616916	8346016	4160

4.2.2. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Para realizar la valoración geomecánica se usó la clasificación geomecánica de Bieniawski del año 1989, la cual establece cinco parámetros para evaluar la caracterización del macizo.

Los parámetros usados son: resistencia de la roca intacta que correlaciona la dureza de la roca, el grado de fracturamiento definido por el RQD de Deere, el espaciamiento medio del sistema dominante el cual definirá en el espacio los tamaños de bloques que se generen, las condiciones de las discontinuidades que involucran: la apertura, que viene a ser la abertura entre las paredes de la discontinuidad, la rugosidad, que mide el grado de aspereza, la persistencia, que es tendencia de continuidad de la discontinuidad, el relleno, que es el material que se encuentra dentro de la discontinuidad y el grado de alteración, que está en función de las condiciones climatológicas de la zona.

Cada uno de estos parámetros es valorado independientemente, los cuales en conjunto dan la clasificación de Bieniawski llamado también RMR.

El resumen de los resultados de la clasificación geomecánica obtenidos, se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 19 Clasificación de la masa rocosa – Tajo Apumayo Norte

DESCRIPCIÓN	ESTACIÓN	COORDENADAS (DATUM WGS 84)		RMR	RQD	CALIDAD DE ROCA
		ESTE (m)	NORTE (m)			
Tajo Norte	E-1	616936	8345811	37	43	IV-A
	E-2	616816	8345984	49	53	III-B
	E-3	616810	8345843	46	48	III-B
	E-4	616916	8346016	39	45	IV-A

En el Anexo II se presentan los detalles de las caracterizaciones geomecánicas estructurales de cada una de las estaciones.

En campo se calculó la dureza de la roca, para lo cual se usó un martillo de geólogo (martillo Smith) y se golpeó la superficie de la roca, notándose que esta se rompe con más de un golpe del martillo.

Los resultados del ensayo de laboratorio de mecánica de rocas, arrojaron valores cercanos a los hallados en campo, donde se reportó una densidad promedio de 2.75 gr/cc, un ángulo de fricción residual de 29.0° aproximadamente y la cohesión residual entre 80 a 100kPa. Ver Anexo I (Ensayos de laboratorio).

Finalmente evaluando las características generales de campo con la clasificación geomecánica y los ensayos de laboratorio, se ha definido parámetros representativos conservadores que serán utilizados en los trabajos del Tajo.

4.3. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Durante el desarrollo de los trabajos de ejecución del Tajo Apumayo, para sus condiciones actuales y proyectadas, debido a los trabajos de movimiento de tierras, se presentaran la conformación de taludes derivados de los trabajos de corte y relleno, los mismos que deben mantenerse estables con el fin de garantizar la seguridad del personal que trabajara en las áreas de influencia de cada componente, así como de no representar peligro de pérdidas de equipos, por ello se hace necesario la realización de la verificación de la estabilidad física de los taludes presentes en cada componente, en condiciones estáticas y bajo ocurrencia

de sismo, a fin de garantizar su estabilidad para las condiciones actuales y las condiciones proyectadas. Con la finalidad de verificar la estabilidad física de los taludes, se presenta la descripción de las consideraciones del diseño geotécnico tomadas en cuenta para cada componente arás sus condiciones de sitio, condiciones geométricas y propiedades geotécnicas de los materiales de suelo presentes en cada uno de ellos.

4.3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO ADOPTADOS

Los parámetros de diseño adoptados son los siguientes:

a) Factores de Seguridad

Para la evaluación de la estabilidad del tajo, se tomaron en cuenta los factores de seguridad mínimos recomendados por el Ministerio de Energía y Minas, los cuales son mostrados a continuación:

Tabla 20 Factores de Seguridad – Condición Estático

Descripción	Valor
Estabilidad global	1.5

Tabla 21 Factores de Seguridad – Condición Pseudoestática

Descripción	Valor
Estabilidad global	1.0

b) Parámetros de Resistencia utilizados

Es importante definir las propiedades de los materiales utilizados en lo ejecución de los distintos componentes, los mismos que son utilizados en el análisis de estabilidad correspondiente al Tajo Apumayo Norte, dichos parámetros han sido definidos en base a los resultados de los ensayos de laboratorio y campo de las muestras obtenidas en campo, complementados por los parámetros tomados de

los resultados de los ensayos de laboratorios existentes. Las lista de los materiales usados en este análisis y sus propiedades se encuentran en el siguiente cuadro:

Tabla 22 *Propiedades mecánicas de los materiales considerados en el Tajo Apumayo Norte*

Material	Criterio	Peso unitario (kN/m ³)	Parámetros de resistencia		
			Compresión Uniaxial kPa	m	s
Sílice Granular	Hoek - Brown	24.2	61500	1.005	0.0011
Sílice Clay	Hoek - Brown	22.0	61000	0.418	0.0002
Sílice Alunita	Hoek - Brown	21.2	86000	0.809	0.0011
Propilítico	Hoek - Brown	24.4	51000	0.582	0.0006
Sílice Masiva	Hoek - Brown	25.6	128000	0.521	0.0003

4.3.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Para efectuar los análisis de estabilidad de taludes, se emplearán los parámetros físicos y de resistencia que se indican en el cuadro anterior de acuerdo a cada componente que está siendo evaluado, las mismas que corresponden a las propiedades de los materiales presentes en cada uno de ellos, considerando inicialmente los estudios previos y tomando en cuenta lo observado campo.

Los análisis han sido desarrollados usando el programa de estabilidad Rocscience, módulo SLIDE 6.0 aplicando el método Bishop Modificado, que es usado y recomendado para el análisis de taludes de suelo y roca, para el caso de cada uno de los materiales rocosos se ha tomado en cuenta las condiciones de las mismas, en cuanto a su estado natural observado.

Se ha procedido a evaluar una sección más crítica para el tipo de depósito de mineral, de desmonte y tipo de corte del terreno para el caso de los tajos en estudio, y para las condiciones de campo encontrados, tomando en cuenta los factores de seguridad recomendados para la estabilidad física de los taludes.

Las condiciones críticas analizadas son:

- Condiciones actuales.
- Condiciones Proyectadas.

- Condición Estática.
- Condición de ocurrencia de evento sísmico y/o voladura de rocas.

Se realizaron los respectivos análisis de estabilidad en las denominadas secciones críticas, obteniendo los siguientes resultados:

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA CONDICIONES ACTUALES Y PROYECTADAS DEL TAJO APUMAYO NORTE

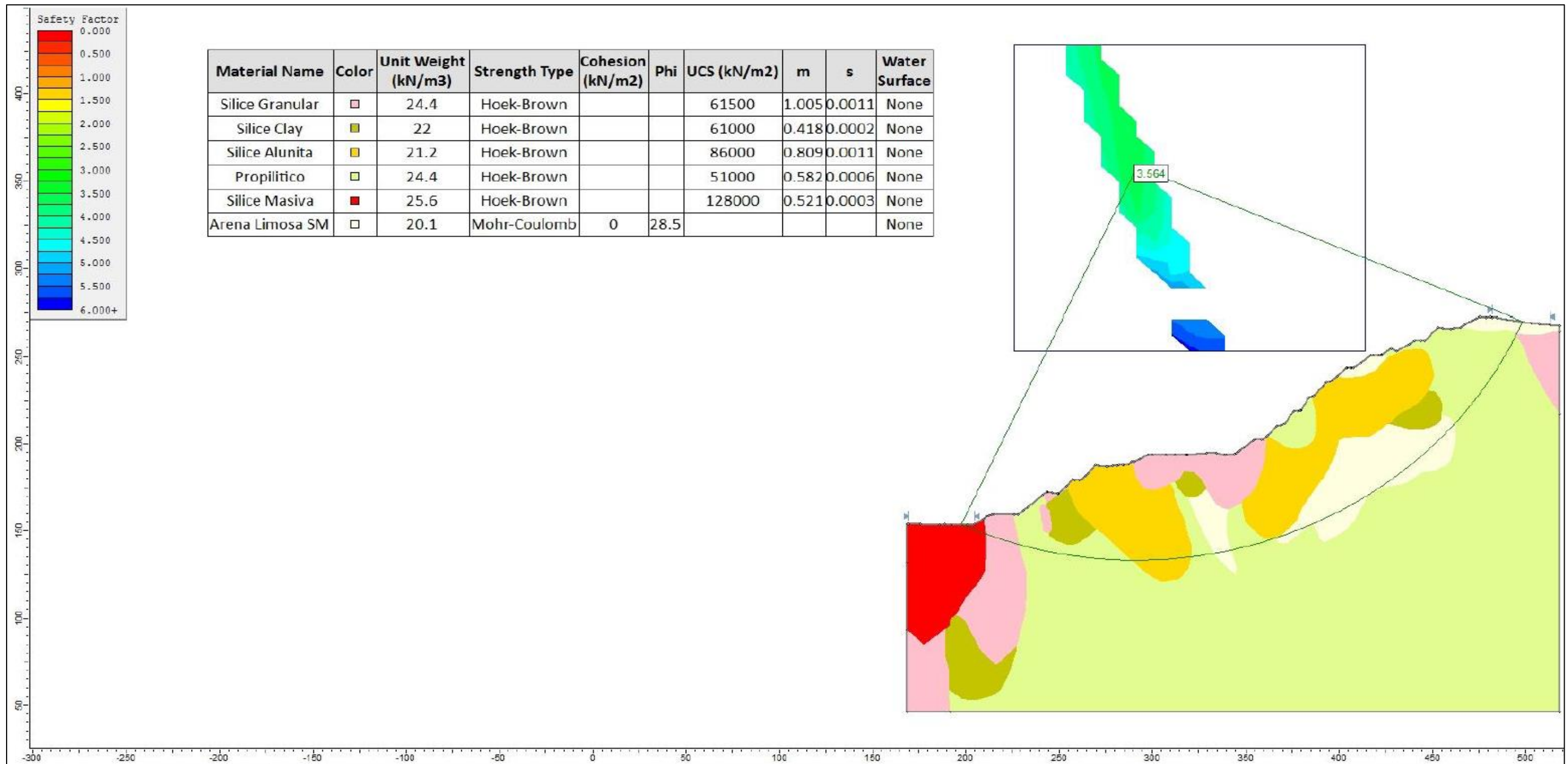


Figura 18 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático.
 Análisis Global.
 Falla circular.
 Factor de Seguridad = 3.56.

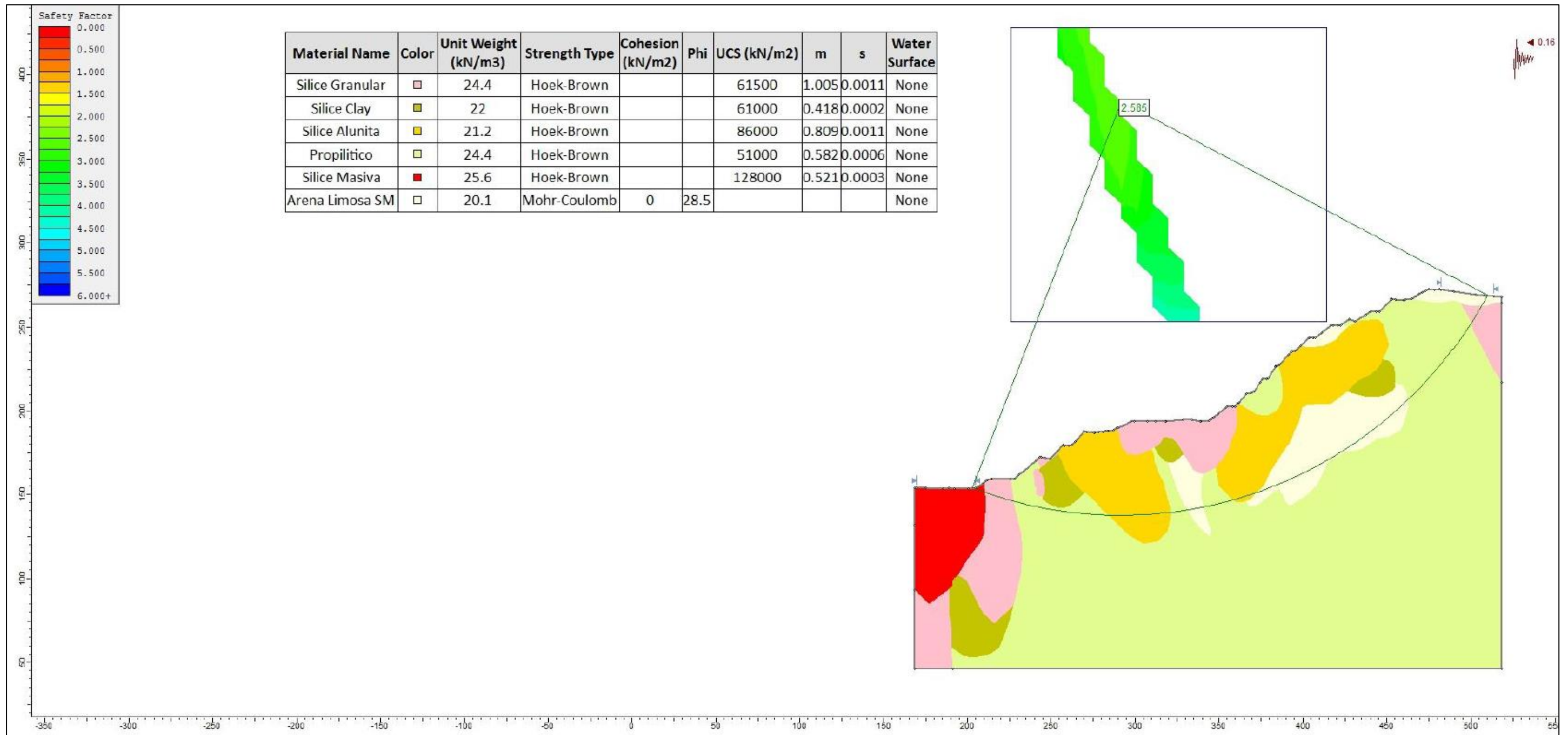


Figura 19 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático.

Análisis Global.

Falla circular.

Factor de Seguridad = 2.58

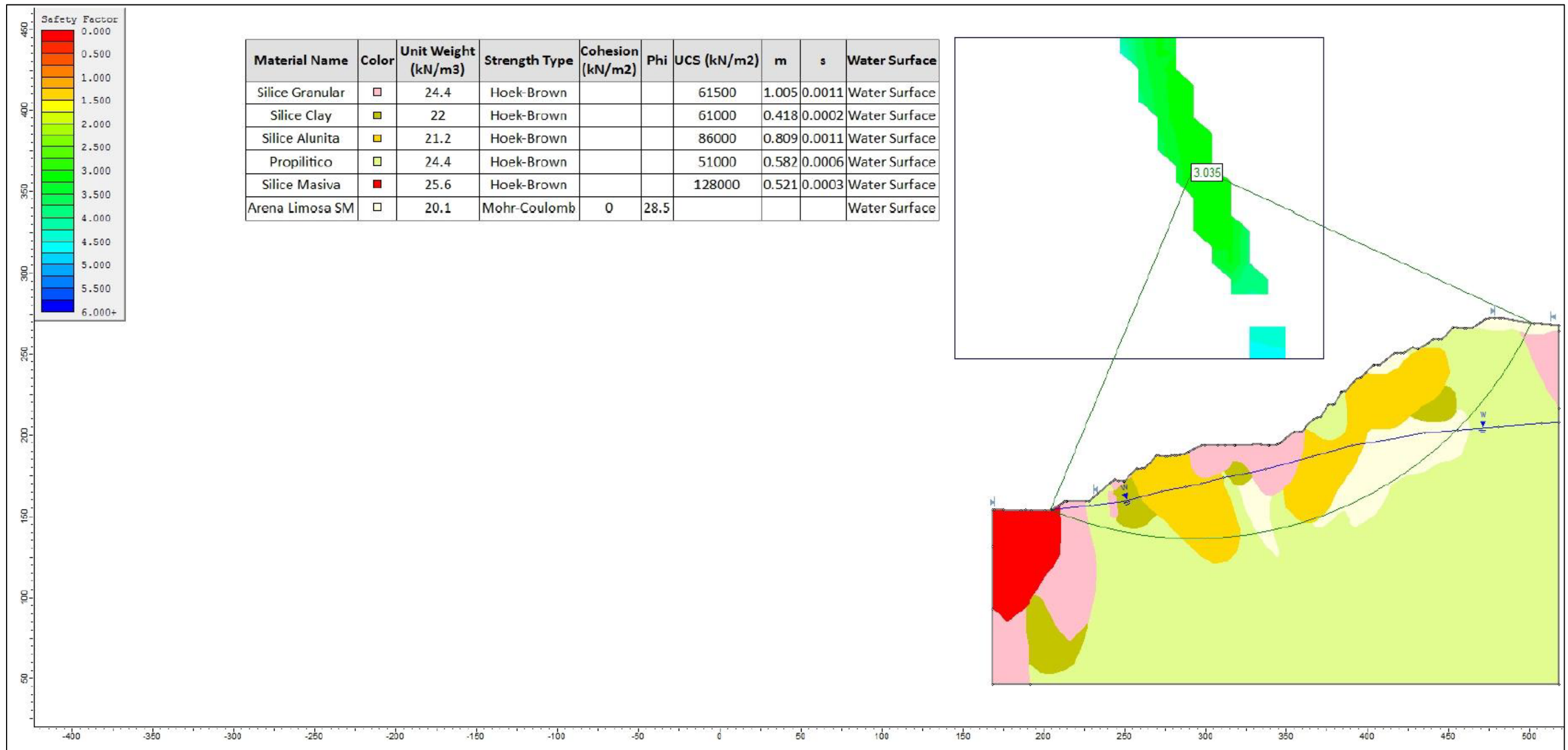


Figura 20 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático con nivel freático.

Análisis Global.

Falla circular.

Factor de Seguridad = 3.03

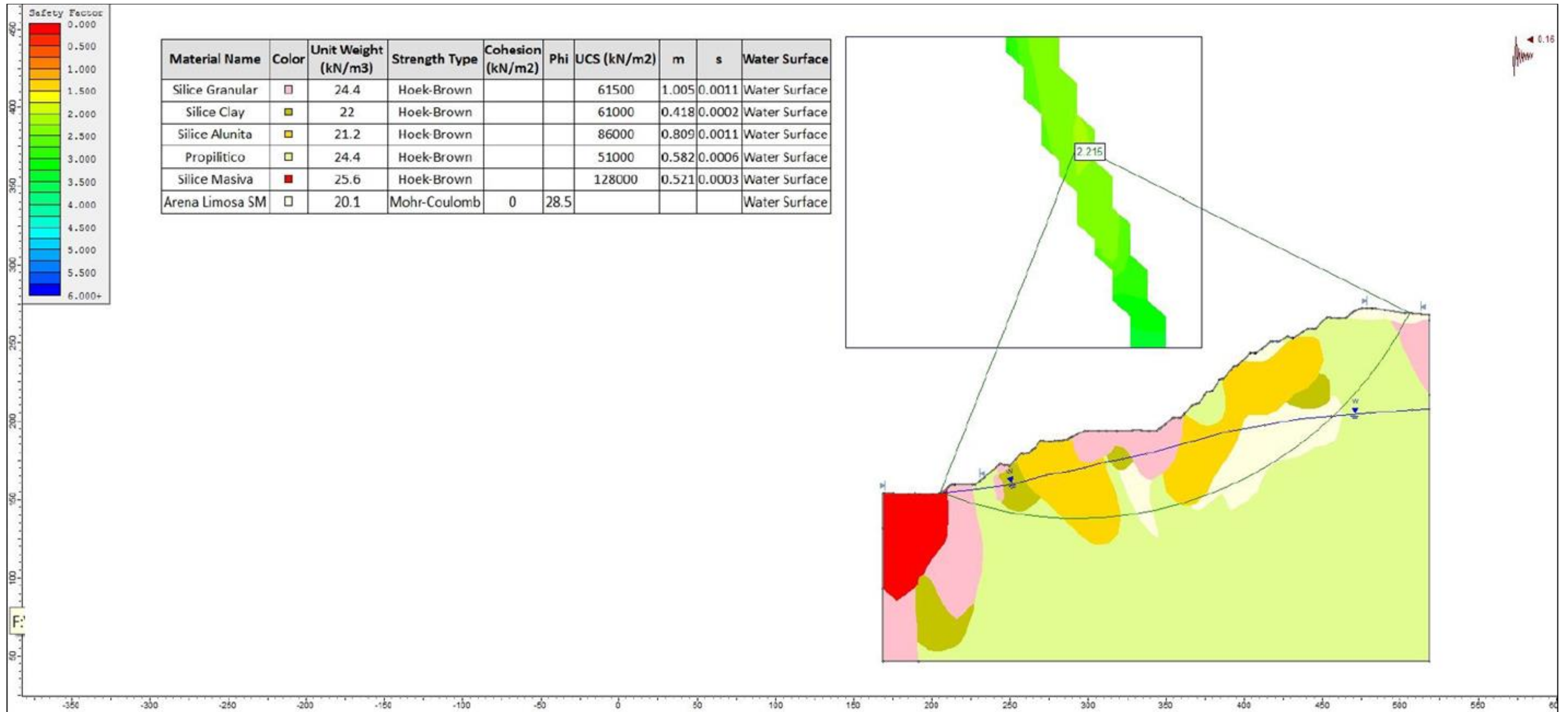


Figura 21 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático con nivel freático.
 Análisis Global.
 Falla circular.
 Factor de Seguridad = 2.21

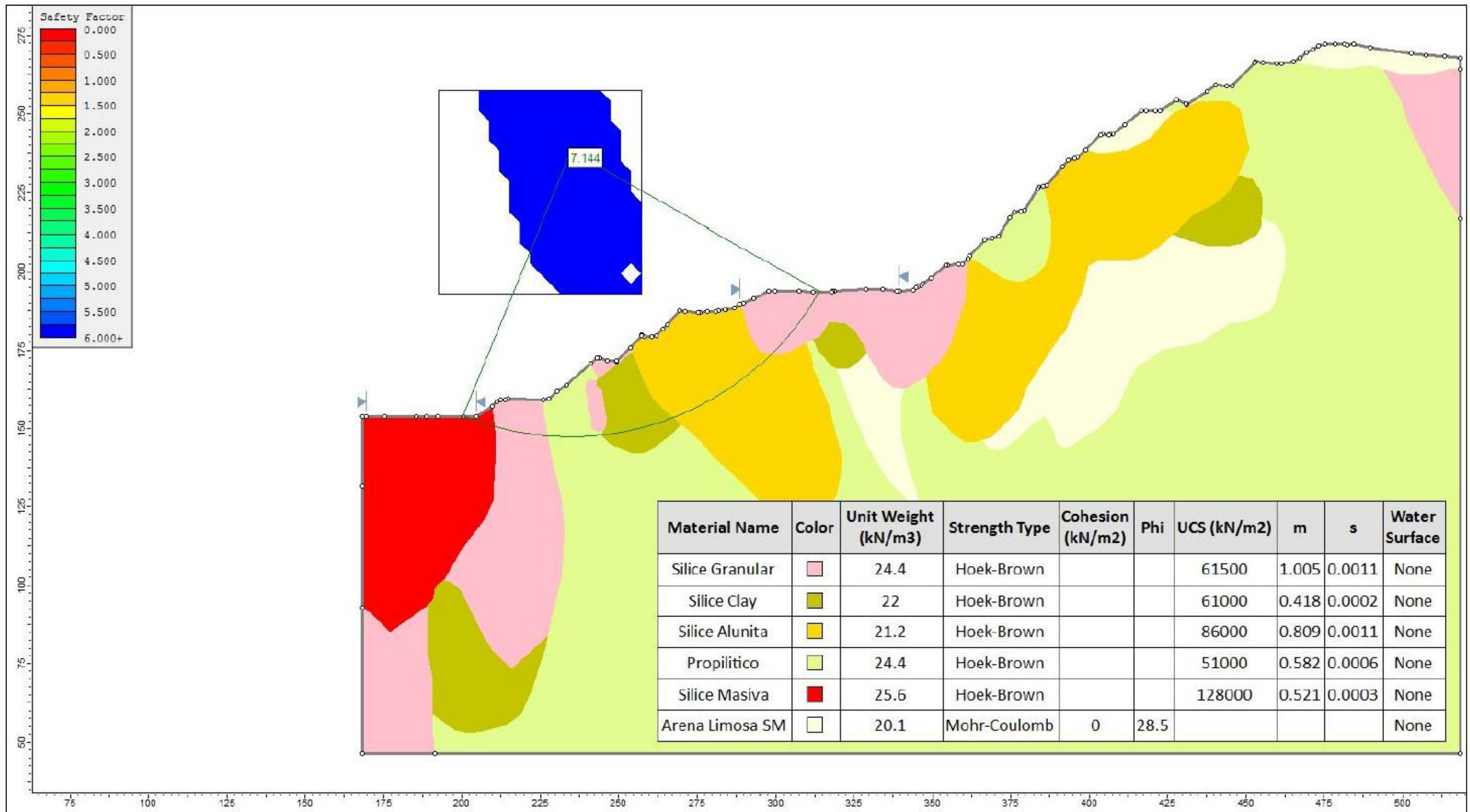


Figura 22 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático local pie.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 7.14

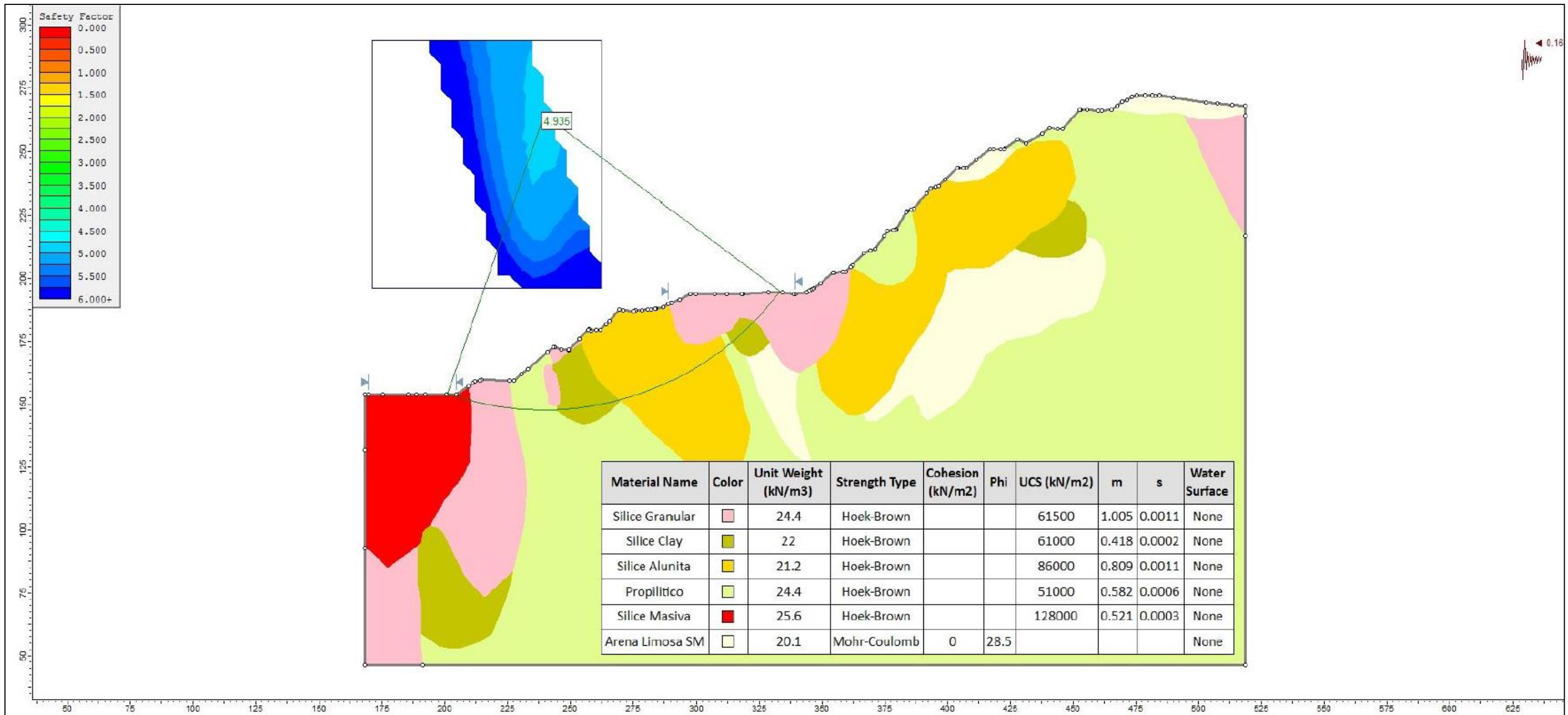


Figura 23 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático local pie.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 4.93

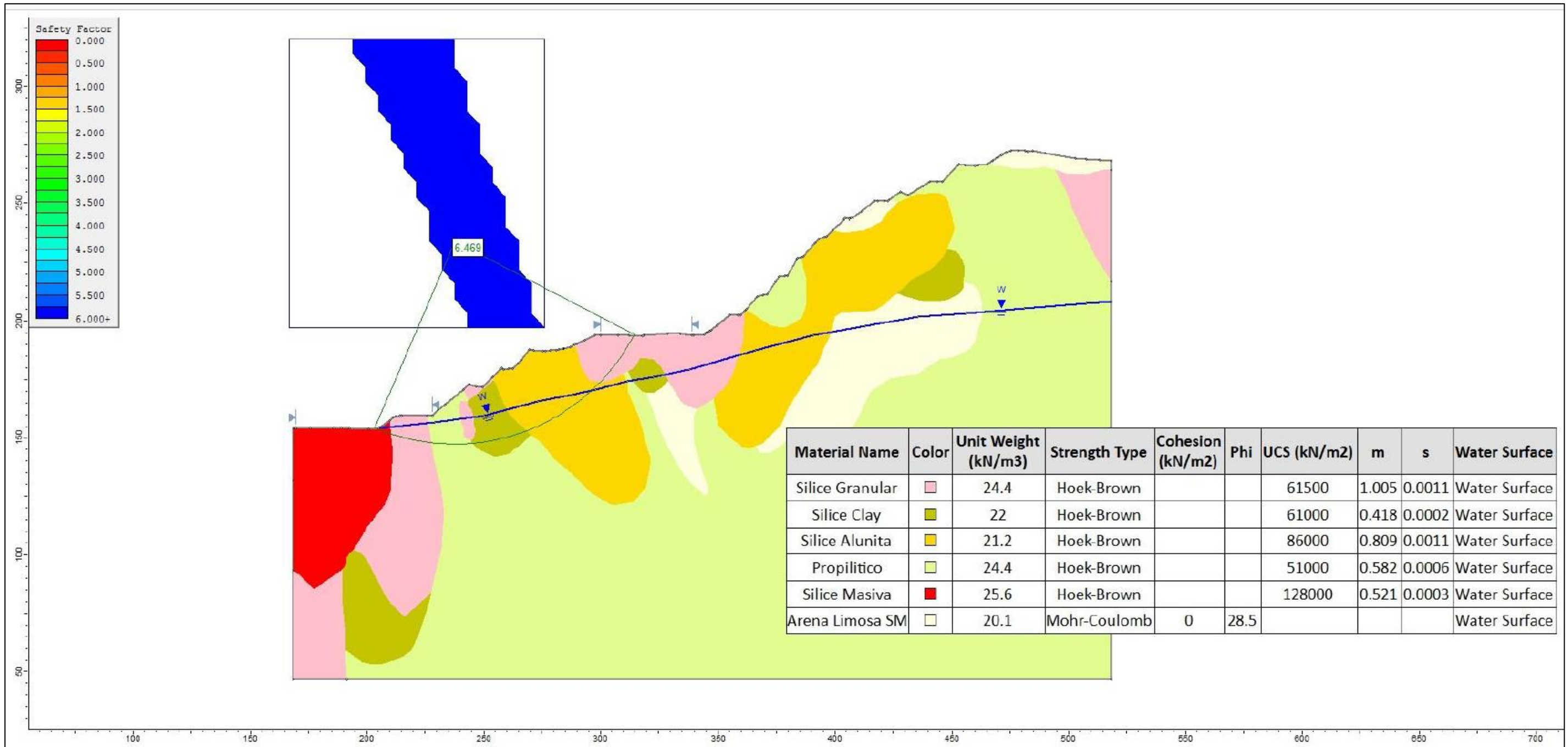


Figura 24 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático con nivel freático, local pie.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 6.46

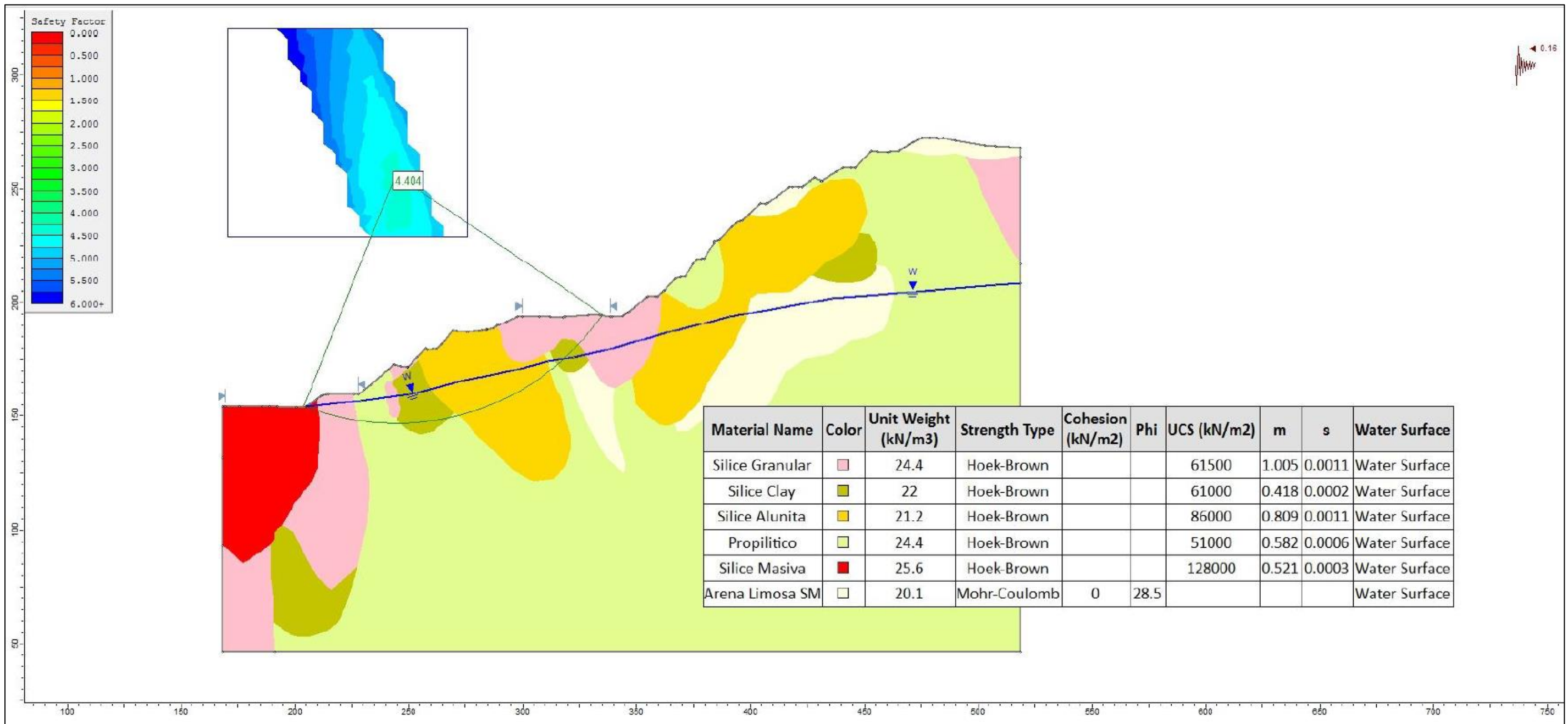


Figura 25 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático con Nivel Freático, local pie.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 4.40

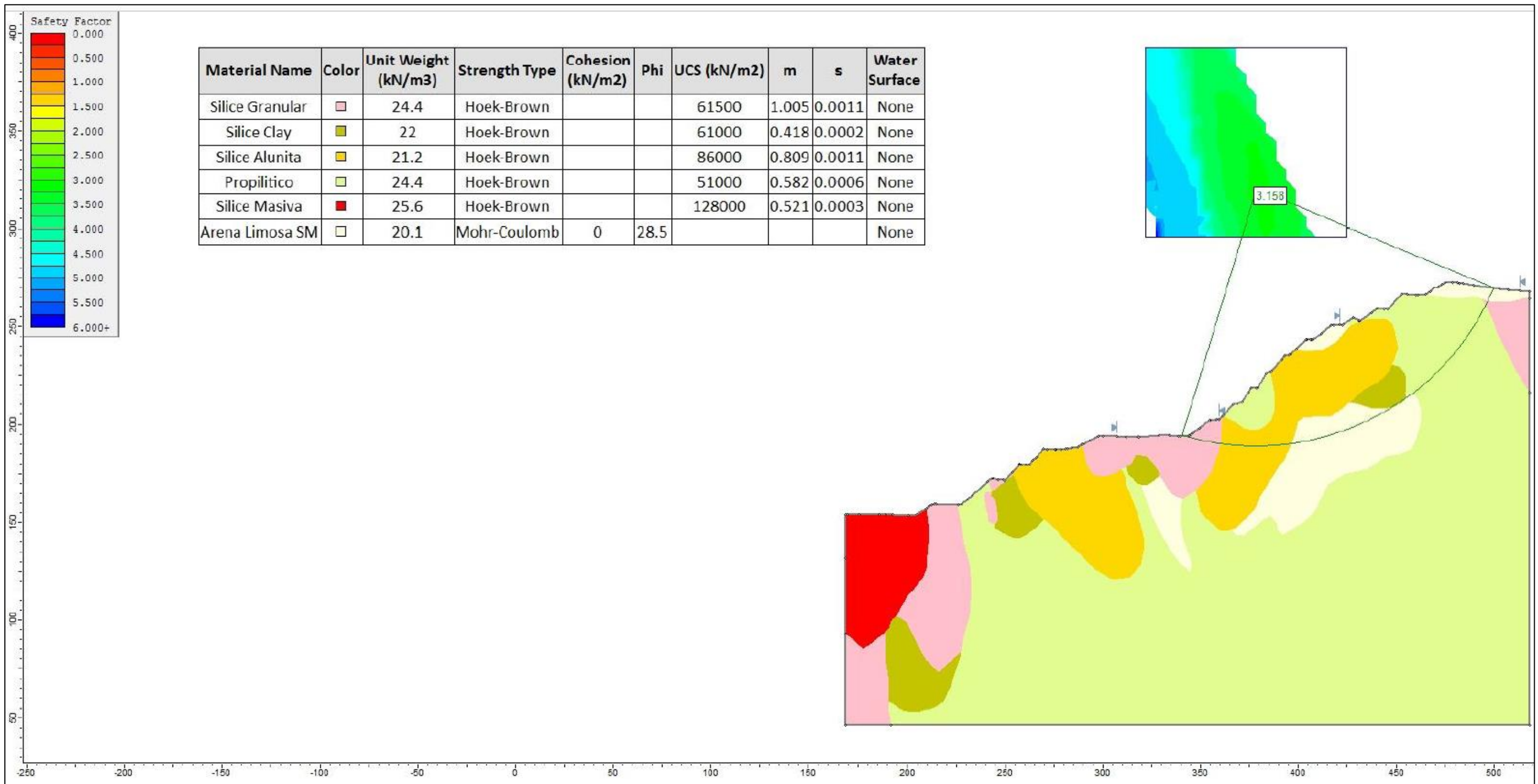


Figura 26 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, estático, local cumbre
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 3.16

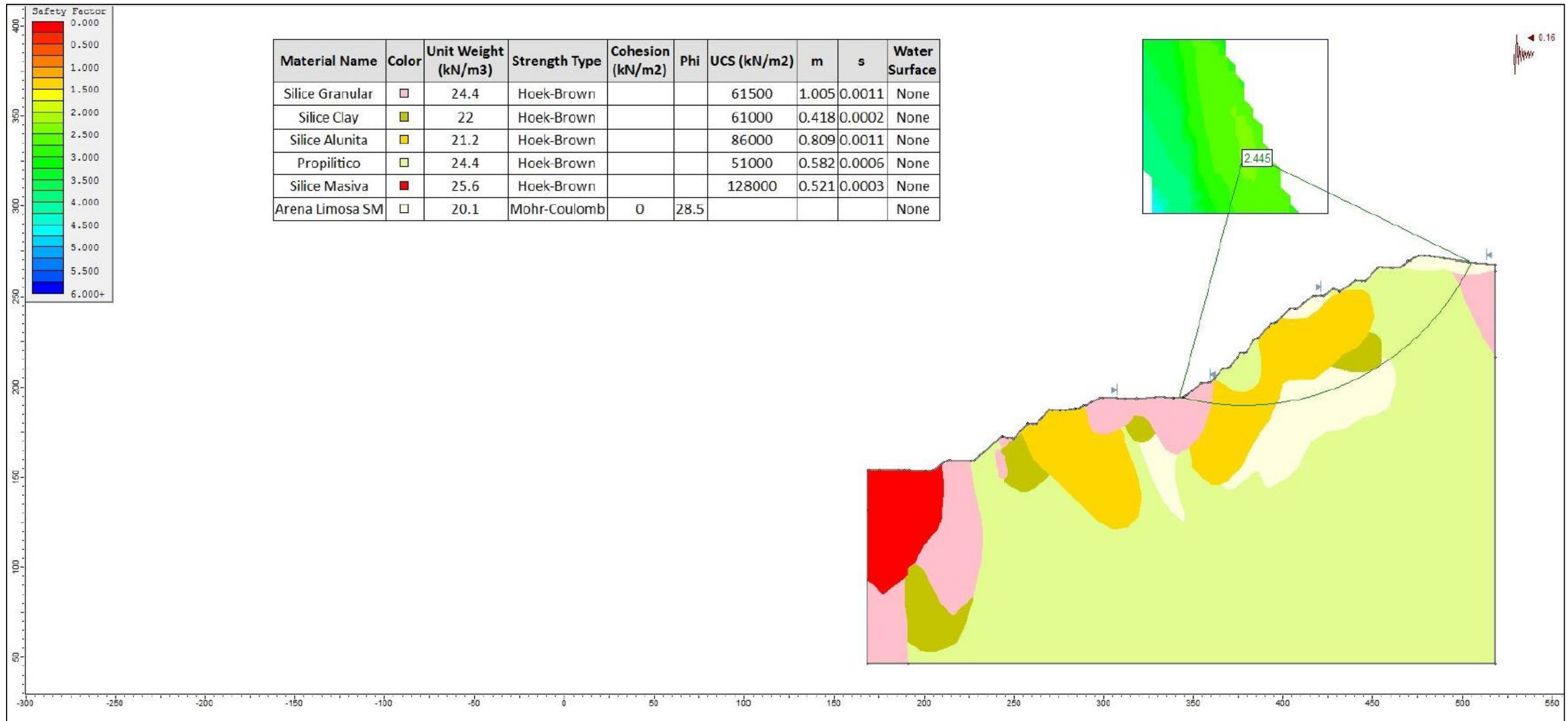


Figura 27 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición actual, pseudoestático, local cumbre.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 2.45

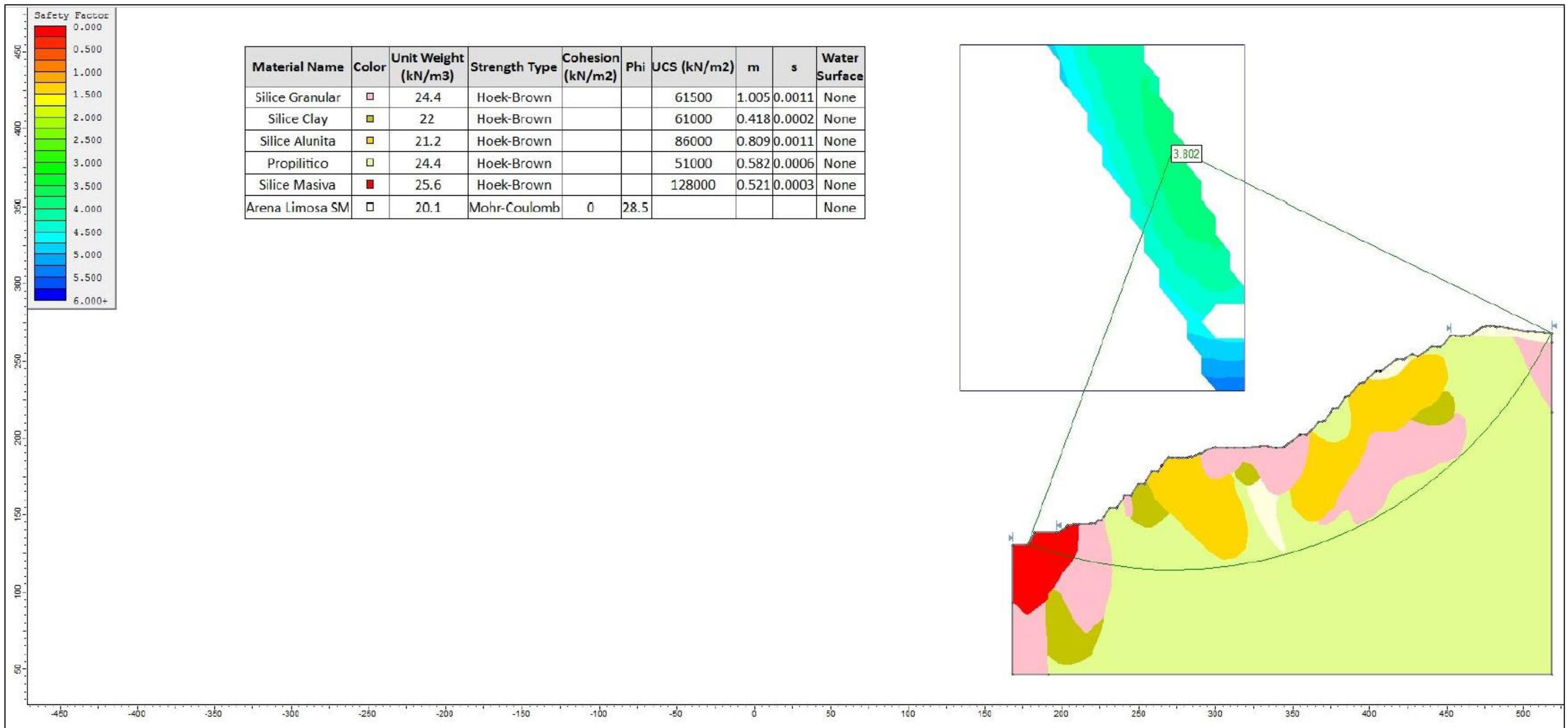


Figura 28 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectoado, estático.
 Análisis Global
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 3.8

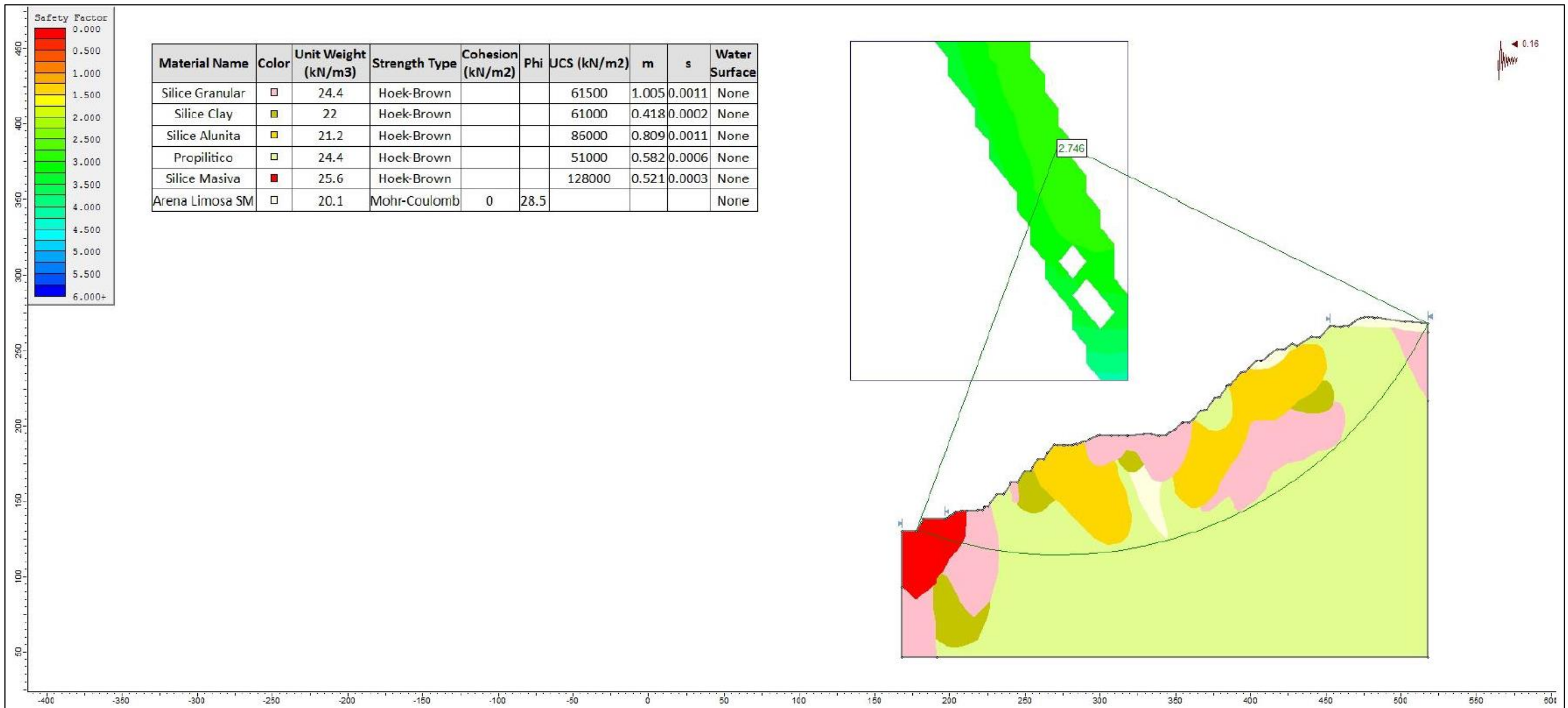


Figura 29 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectado, pseudoestático.
 Análisis Global.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 2.74

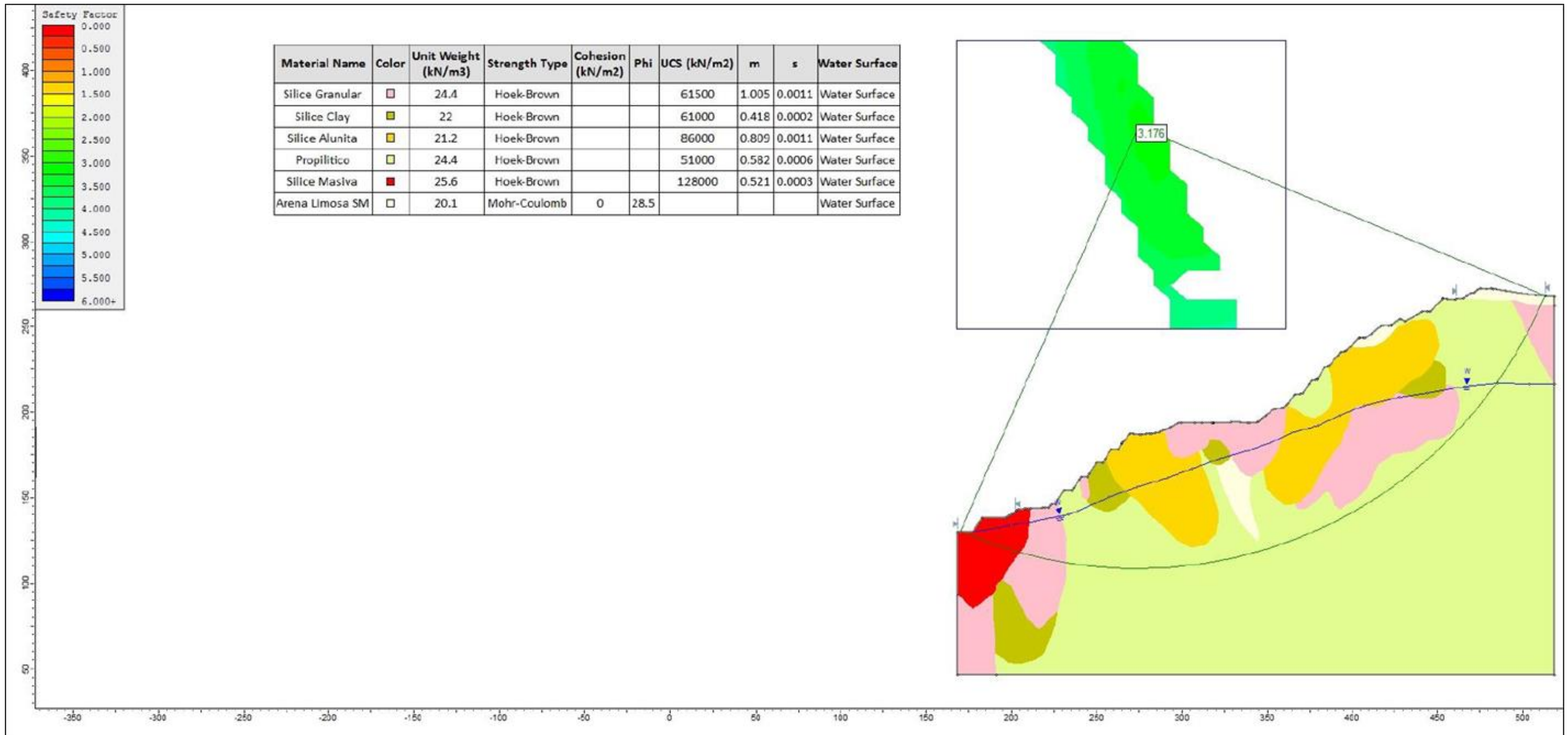


Figura 30 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición *Proyectado*, estático con nivel freático.
 Análisis Global.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 3.17

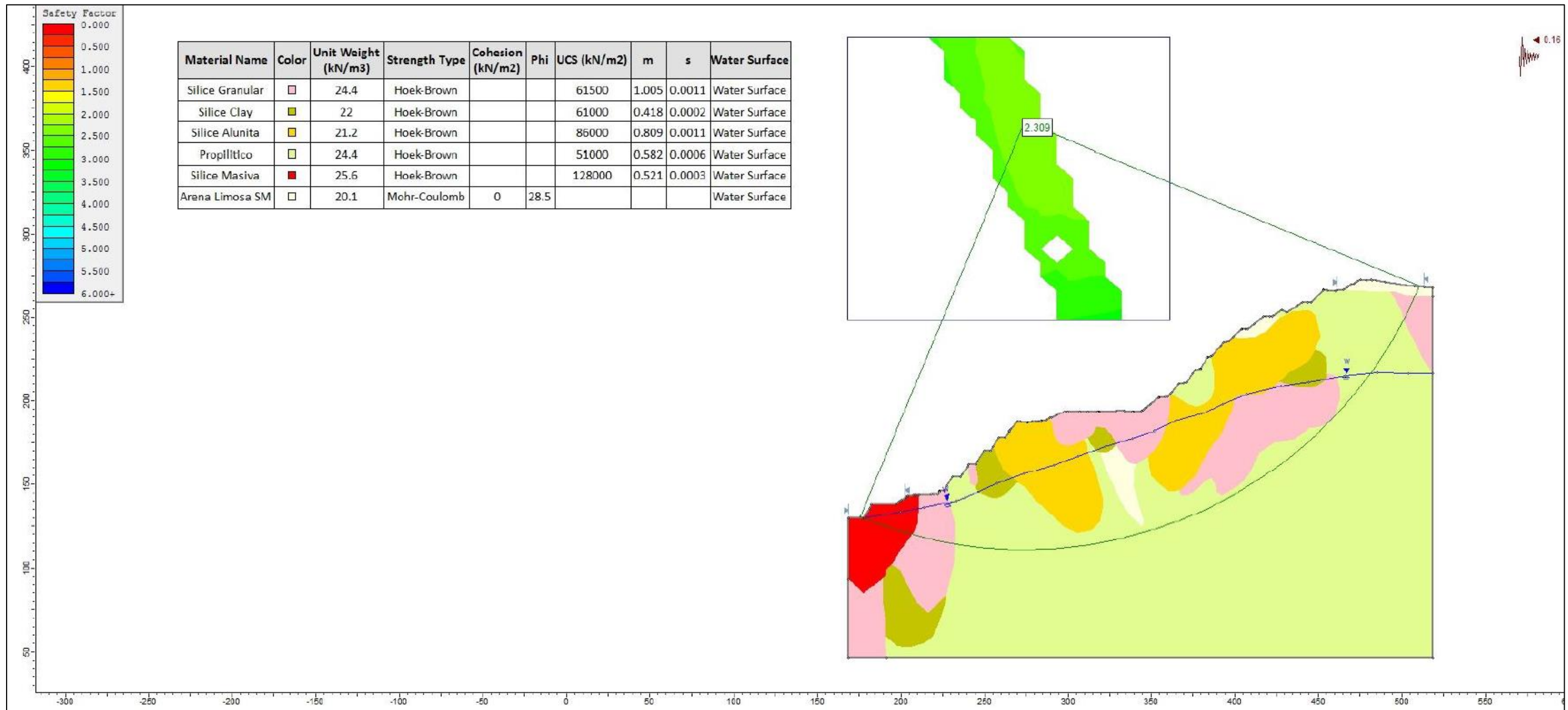


Figura 31 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición *Proyectado*, pseudoestático con nivel freático.
 Análisis Global.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 2.30

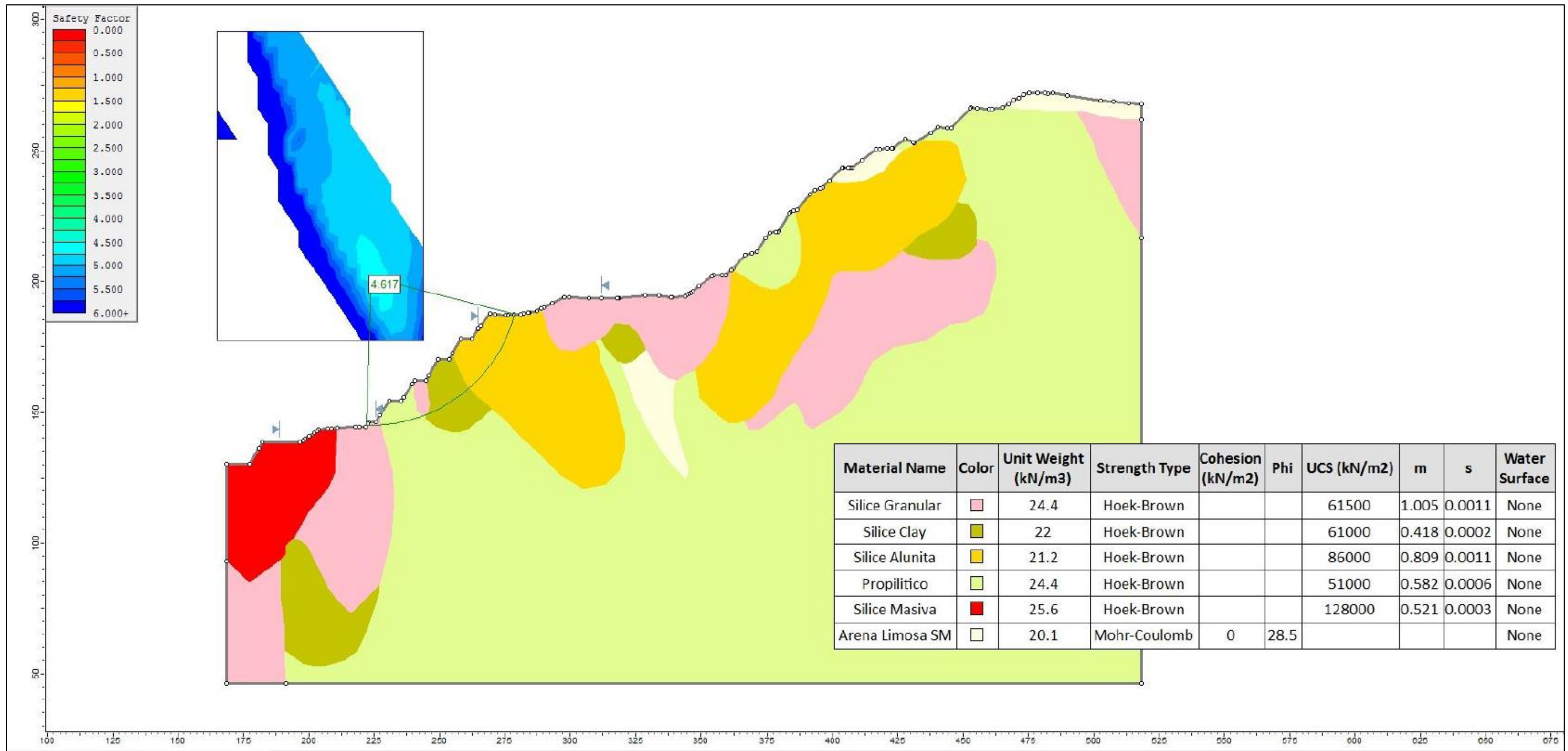


Figura 32 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectado, estático, local pie.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 4.61

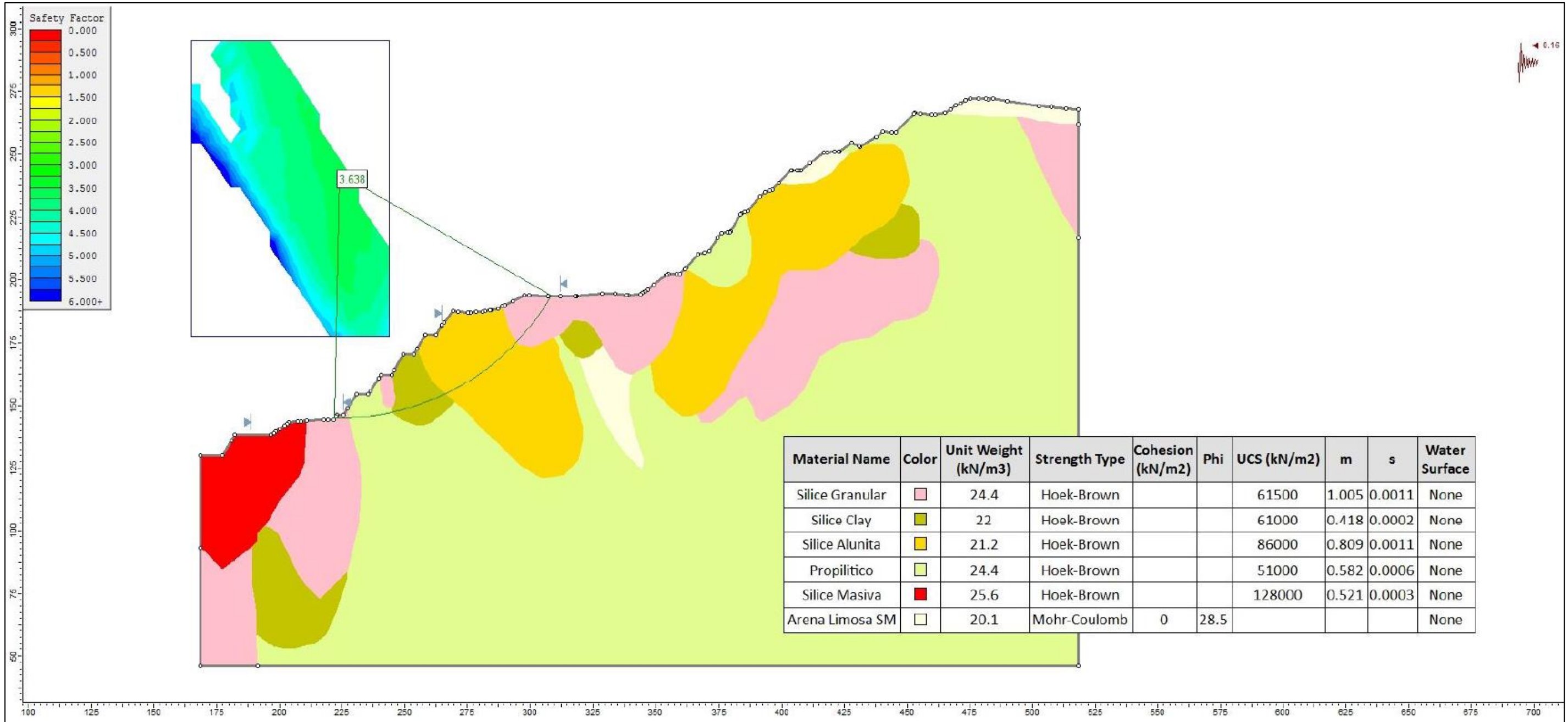


Figura 33 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectado, pseudoestático, local pie.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 3.63

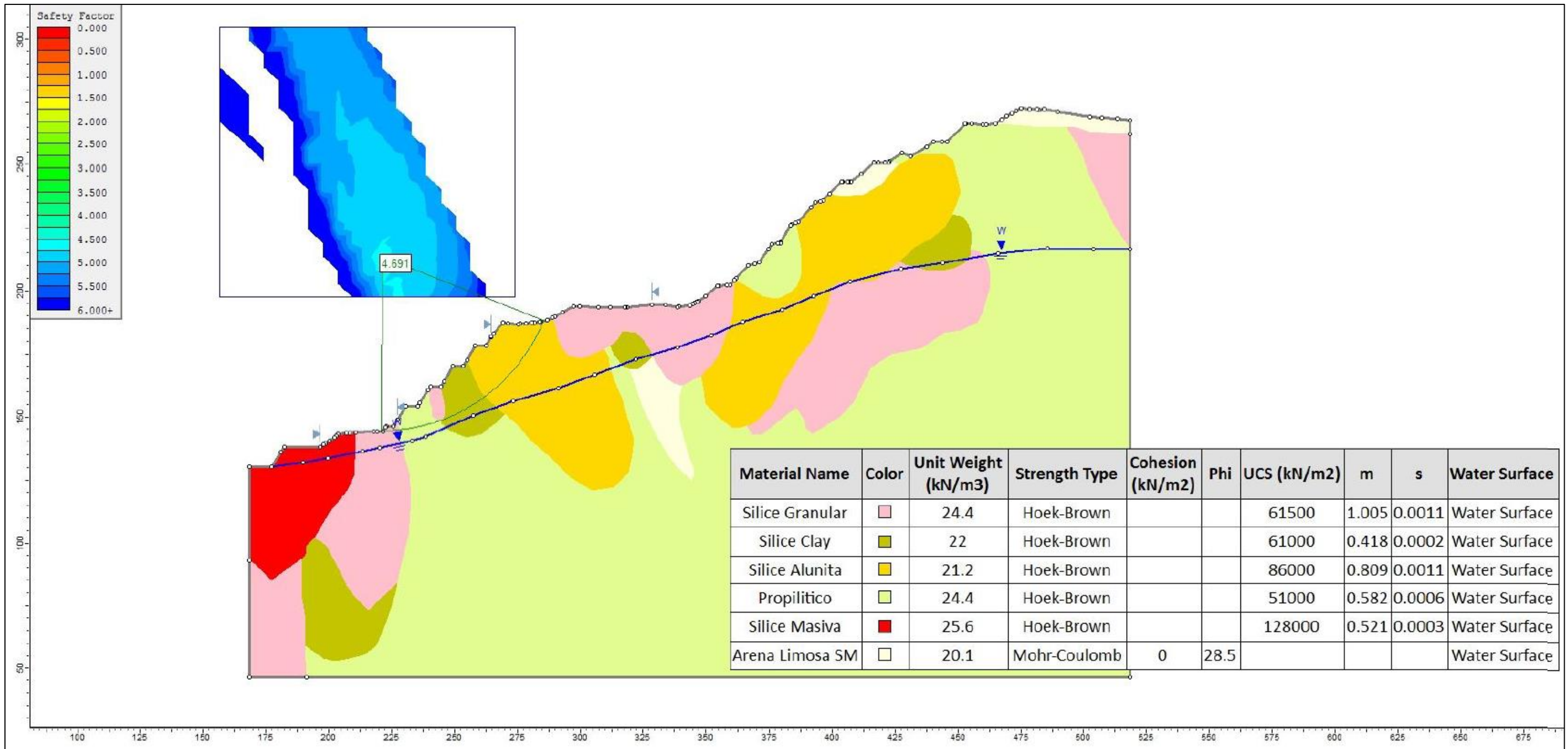


Figura 34 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectado, estático con nivel freático, local pie.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 4.69

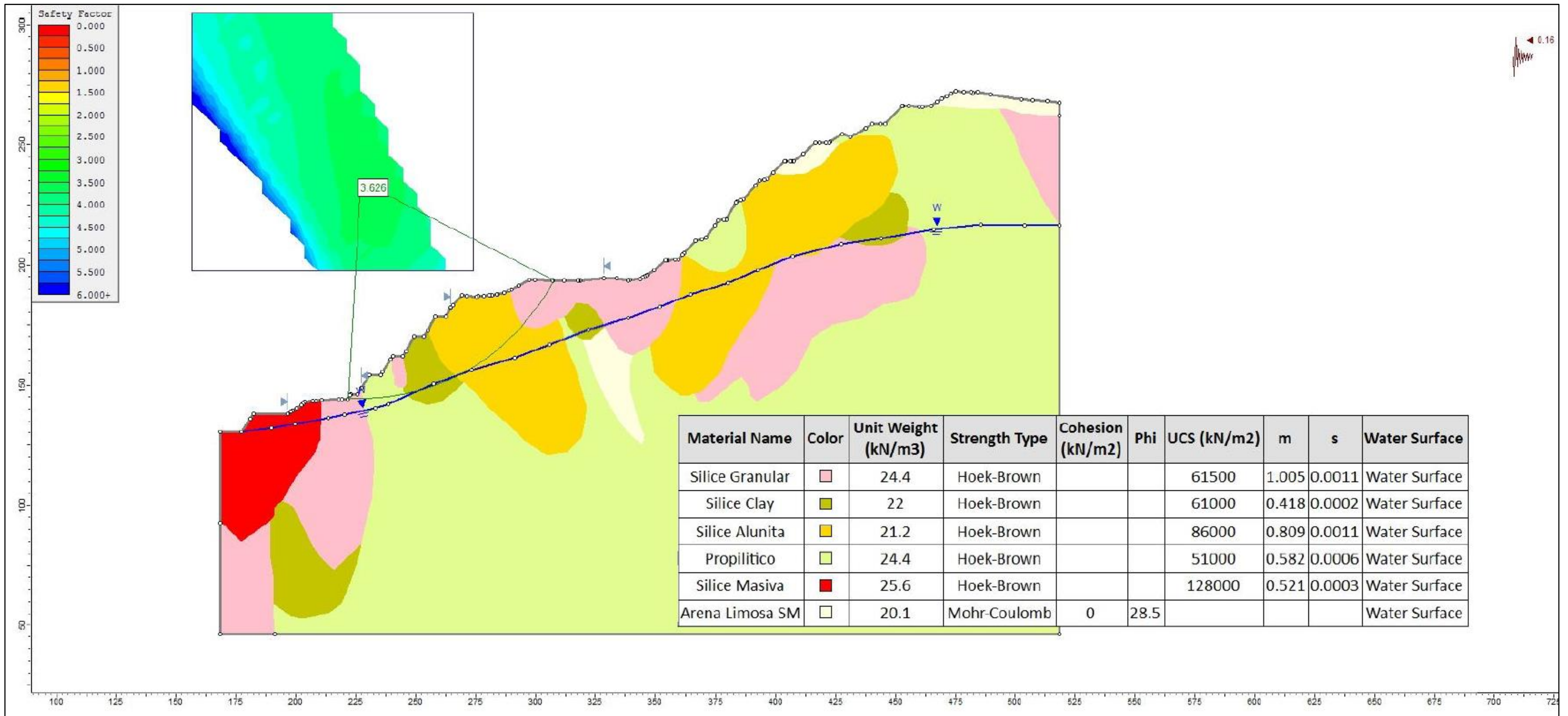


Figura 35 Sección 1 - 1. Tajo Apumayo Norte condición Proyectado, pseudoestático con nivel freático, local pie.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 3.62

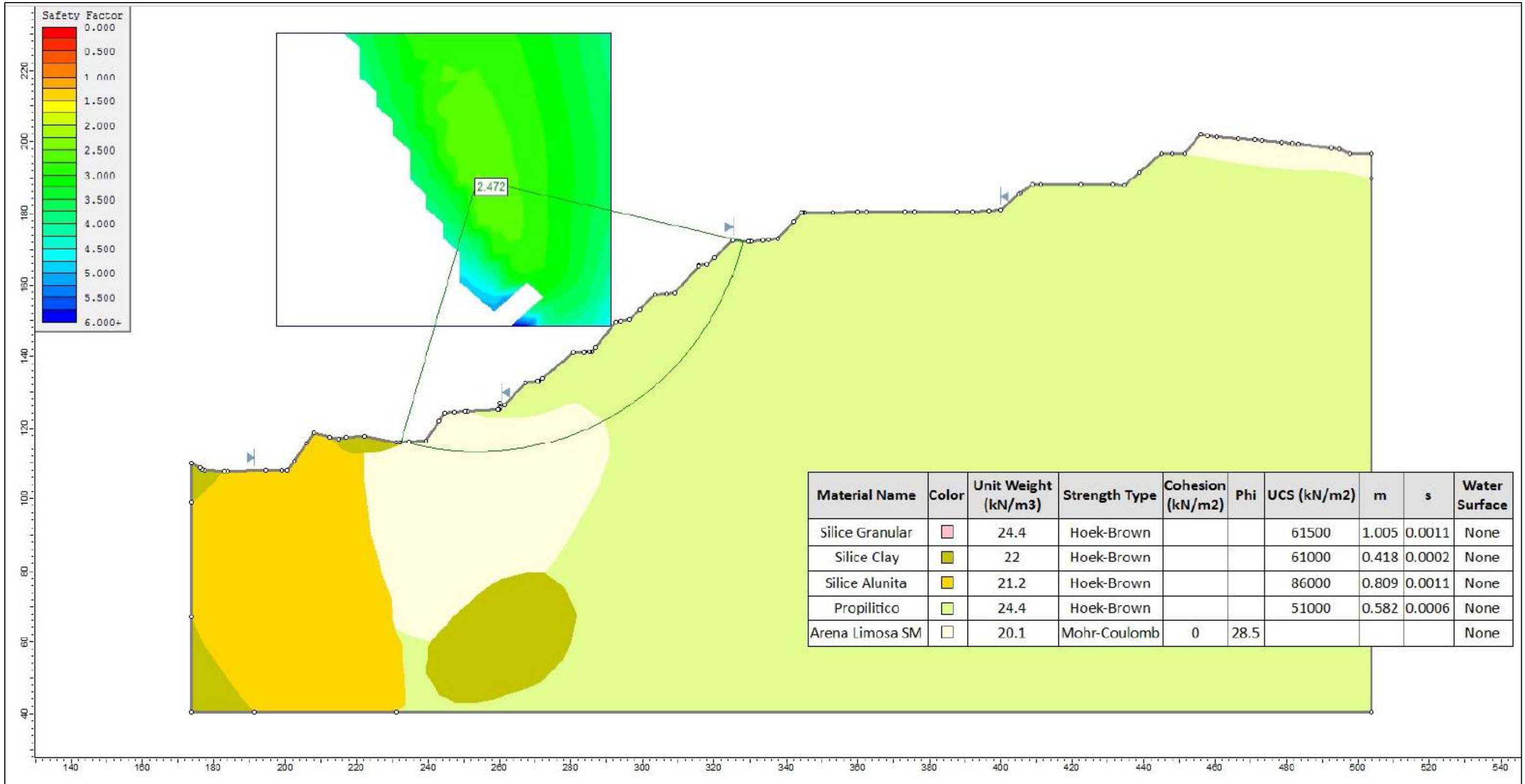


Figura 36 Sección 2 - 2. Tajo Apumayo Norte condición Actual, estático.
 Análisis Global.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 2.47

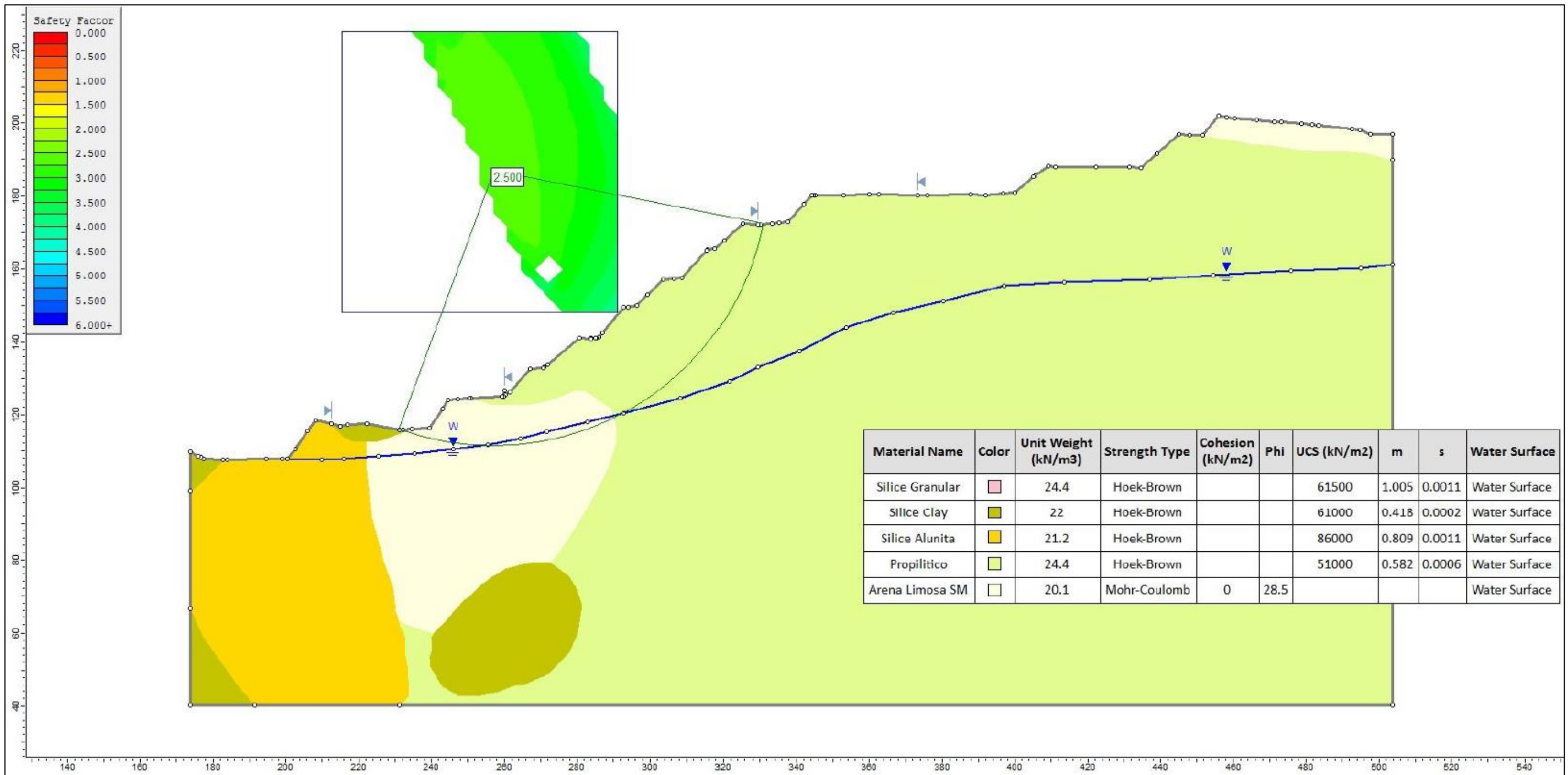


Figura 37 Sección 2 - 2. Tajo Apumayo Norte condición Actual, estático con nivel freático.
 Análisis Global.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 1.85

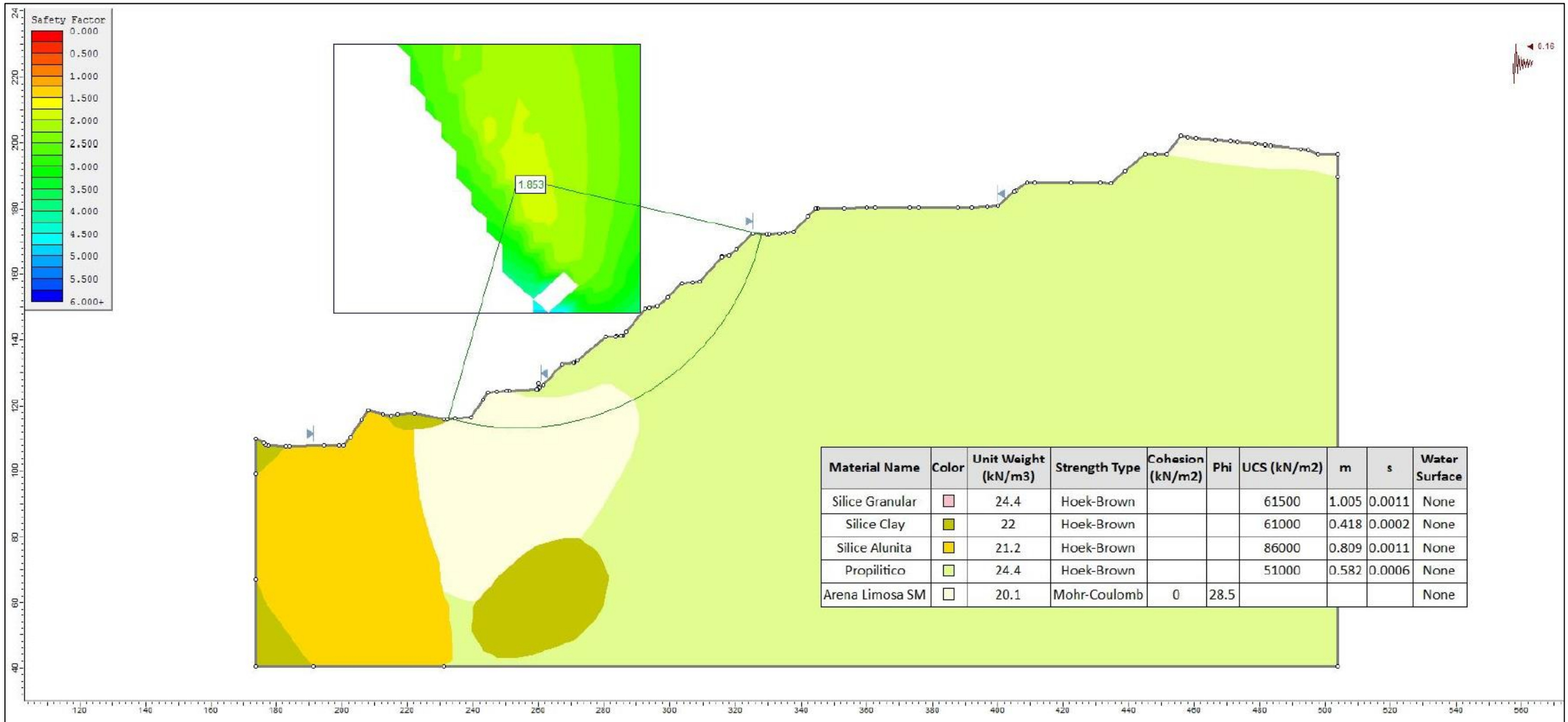


Figura 38 Sección 2 - 2. Tajo Apumayo Norte condición Actual, pseudoestático.
 Análisis Global.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 2.50

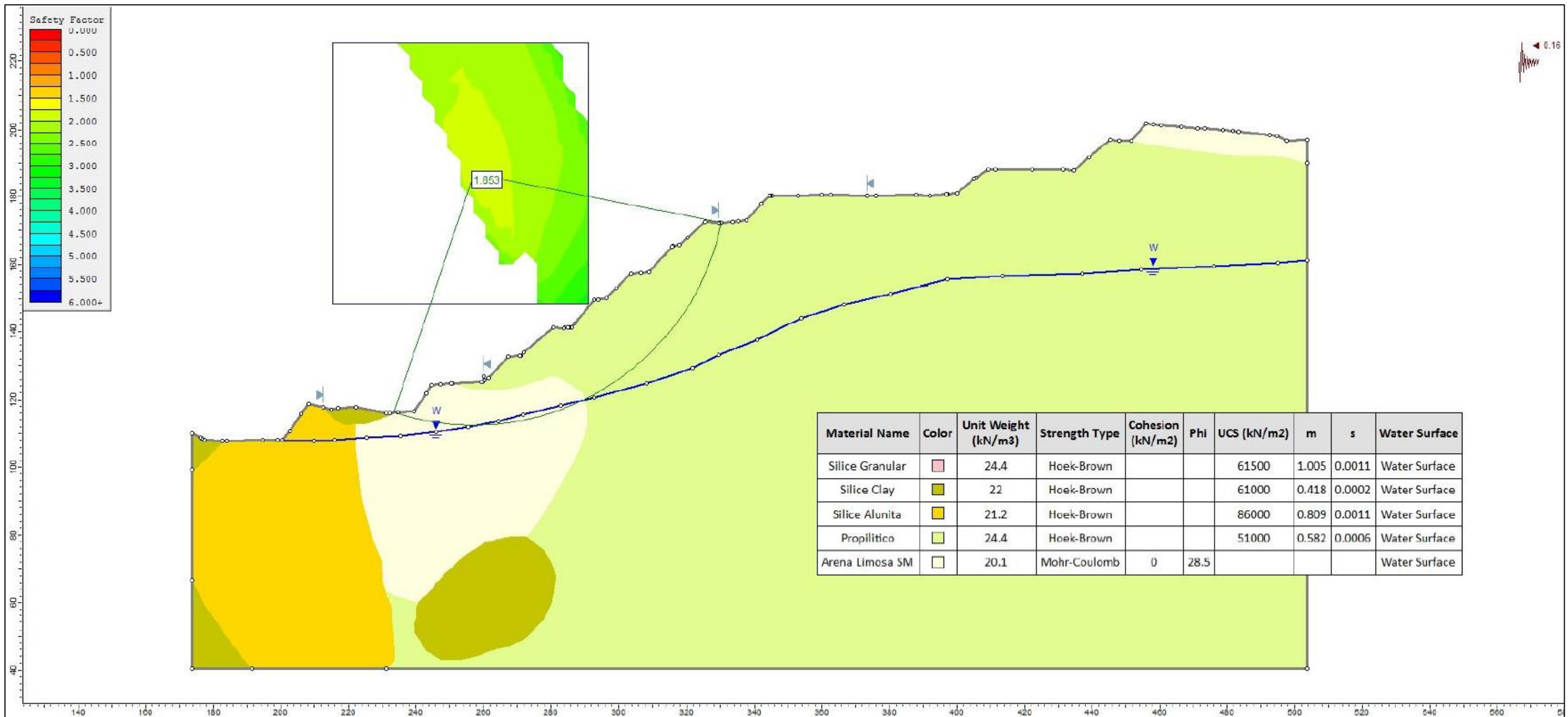


Figura 39 Sección 2 - 2. Tajo Apumayo Norte condición Actual, pseudoestático con nivel freático.
 Análisis Global.
 Falla Circular.
 Factor de Seguridad = 1.85

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de los análisis de estabilidad del Tajo Apumayo Norte realizadas para las consideradas secciones críticas, el análisis de estabilidad se efectuó para condiciones actuales y proyectadas a la finalización del proyecto en la Sección 1 – 1, para la Sección 2 – 2 se realizó el análisis a condiciones actuales debido a que a la fecha de la investigación no se proyectaba la profundización en esta zona:

Tabla 23 Resumen de resultados del análisis de estabilidad realizado en el Tajo Apumayo Norte

Condición	Sección	Condición de análisis	Factor de Seguridad	Factor de seguridad mínimo requerido	CUMPLE
TAJO APUMAYO NORTE ACTUAL	Sección 1-1 Análisis Global	Estático	3.56	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	2.58	1.0	SI
	Sección 1-1 Análisis Global Nivel Freático	Estático	3.03	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	2.21	1.0	SI
	Sección 1-1 Análisis Local Pie del Talud	Estático	7.14	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	4.93	1.0	SI
	Sección 1-1 Análisis Local Pie del Talud Nivel Freático	Estático	6.46	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	4.40	1.0	SI
	Sección 1-1 Análisis Local Cumbre del Talud Nivel Freático	Estático	3.16	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	2.45	1.0	SI
TAJO APUMAYO NORTE PROYECTADO	Sección 1-1 Análisis Global	Estático	3.80	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	2.74	1.0	SI
	Sección 1-1 Análisis Global Nivel Freático	Estático	3.17	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	2.30	1.0	SI
	Sección 1-1 Análisis Local Pie del Talud	Estático	4.61	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	3.63	1.0	SI
Sección 1-1 Análisis Local Pie del Talud Nivel Freático	Estático	4.69	1.5	SI	
	Pseudoestático a=0.16	3.62	1.0	SI	
TAJO APUMAYO NORTE ACTUAL	Sección 2-2 Análisis Global	Estático	2.47	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	1.85	1.0	SI
	Sección 2-2 Análisis Global Nivel Freático	Estático	2.50	1.5	SI
		Pseudoestático a=0.16	1.85	1.0	SI

4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La investigación permitió definir que la hipótesis inicialmente planteada no se cumple, con lo cual podemos decir que al contrastar la Hipótesis de Investigación esta sería contraria, ya que la caracterización geomecánica realizada en el Tajo Apumayo Norte que se encuentra alterado, fracturado y que además está siendo afectado por las precipitaciones pluviales y su infiltración, así como por las vibraciones de la voladura cuenta con factores de seguridad que se encuentran por encima del mínimo requerido siendo estos factores 1.5 para condiciones estáticas y 1.0 para condiciones pseudoestáticas, siendo la principal condicionante para que estas condiciones de estabilidad se cumplan el ángulo de talud con la que se desarrolle el tajo que debe ser como máximo 48° a 50°.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis geotécnico del Tajo Apumayo Norte, en la sección 1 – 1, para sus condiciones actuales, dio como resultado factores de seguridad por encima de los mínimos recomendados (1.5 para condiciones estáticas y 1.0 para condiciones pseudoestáticas), siendo en promedio 4.67 para condiciones estáticas y 3.31 para condiciones pseudoestáticas.

- El análisis geotécnico del Tajo Apumayo Norte, en la sección 1 – 1, para sus condiciones proyectadas, dio como resultado factores de seguridad por encima de los mínimos recomendados (1.5 para condiciones estáticas y 1.0 para condiciones pseudoestáticas), siendo en promedio 4.10 para condiciones estáticas y 3.10 para condiciones pseudoestáticas.

- El análisis geotécnico del Tajo Apumayo Norte, en la sección 2 – 2, para sus condiciones actuales, dio como resultado factores de seguridad por encima de los mínimos recomendados (1.5 para condiciones estáticas y 1.0 para condiciones pseudoestáticas), siendo en promedio 2.41 para condiciones estáticas y 1.85 para condiciones pseudoestáticas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Perfilar los taludes hasta obtener la estabilidad, con un ángulo máximo de 50°, y no más de 4m metros de alto. a fin de evitar probables accidentes por medio de caída de material, otra alternativa es el de evitar el acceso a personal no autorizado a la zona de taludes, y colocar señalización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bishop, A. W. y Morgenstern, N. R. (1960), "Coeficientes de estabilidad para pendientes de tierra", Geotecnia.
- Bradley – MDH. (2015). "Informe de Peligro Sísmico".
- Budhu, M. (2007), "Mecánica de suelos y fundación", 2 ° Ed., John Wiley and Sons, Nueva York.
- Geoma (2006), "Estudio de estabilidad de taludes", Geología de Mallorca.
- Glosario Técnico Minero (2013), Bogotá D.C.
- Gonzales de Vallejo (2202), "Ingeniería Geológica", Pearson, Madrid.
- Terzaghi, K., Peck, R y Mesri, G. (1996). "Mecánica del Suelo en la Práctica de Ingeniería", 3rd Ed, John Wiley and Sons.
- Tolentino, 2008 y Rodríguez (2016). "Matriz Geológico - Geotécnica para registro de datos de campo".
- Walsh Perú S.A. (2010), "Estudio Hidrológico - Hidrogeológico del Proyecto Apumayo".

ANEXOS

Anexo I Resultados de Laboratorio

Anexo 1.1 Resultados de Laboratorio – Compresión Triaxial y Corte Directo

Anexo 1.2 Resultados de Laboratorio – Carga Puntual

Anexo II Estaciones Geomecánicas

Anexo 2.1 Ubicación de Estaciones Geomecánicas

Anexo 2.2 Caracterización Geomecánica

Anexo III Distribución de las Discontinuidades (DIPS)

Anexo IV Planos

Anexo 4.1 Plano Geológico

Anexo 4.2 Plano Estructural

Anexo 4.3 Plano de Zonificación Geomecánica

Anexo I Resultados de Laboratorio

Anexo 1.1 Resultados de Laboratorio - Compresión Triaxial y Corte Directo

Lima, 27 de setiembre de 2010

Carta N° 048/LMR/PUCP

Señor
Ing. Ramón Zuloaga
Arasi S.A.C.
Presente.-

Estimado ingeniero:

Por medio de la presente tengo a bien saludarlo y aprovecho la oportunidad para enviar el informe final de los resultados de los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Rocas, perteneciente al Proyecto Apumayo.

Sin otro particular, me despido de usted.

Cordialmente,



Ing. Mario Cedrón Lassús
Coordinador de la Sección Minas



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

***ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS
ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
ENSAYOS DE COMPRESIÓN TRIAXIAL***

Solicitado por:
Arasi S.A.C.

Muestra:
Bloque de roca

Fecha
Setiembre 27, 2010

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852

www.pucp.edu.pe/secc/minas



ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM C 97 – 02

Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Probeta</i>	<i>Peso saturado (gr)</i>	<i>Peso suspendido (gr)</i>	<i>Peso seco (gr)</i>	<i>Densidad Seca (gr/cm³)</i>	<i>Densidad Saturada (gr/cm³)</i>	<i>Porosidad Aparente (%)</i>	<i>Absorción (%)</i>
GEO - 01	A	188.63	113.70	185.63	2.477	2.517	4.004	1.616
	B	192.28	116.39	189.33	2.495	2.534	3.887	1.558
	C	164.94	99.93	162.40	2.498	2.537	3.907	1.564
	D	149.70	90.37	147.59	2.488	2.523	3.556	1.430
	E	132.33	80.20	130.74	2.508	2.538	3.050	1.216
				Promedio	2.493	2.530	3.681	1.477
GEO - 03	A	162.19	101.28	161.24	2.647	2.663	1.560	0.589
	B	157.93	98.56	156.92	2.643	2.660	1.701	0.644
	C	158.26	98.84	157.35	2.648	2.663	1.531	0.578
	D	139.47	87.00	138.57	2.641	2.658	1.715	0.649
	E	137.17	85.53	136.30	2.639	2.656	1.685	0.638
				Promedio	2.644	2.660	1.638	0.620



ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS (continuación)

<i>Muestra</i>	<i>Probeta</i>	<i>Peso saturado (gr)</i>	<i>Peso suspendido (gr)</i>	<i>Peso seco (gr)</i>	<i>Densidad Seca (gr/cm³)</i>	<i>Densidad Saturada (gr/cm³)</i>	<i>Porosidad Aparente (%)</i>	<i>Absorción (%)</i>
GEO - 06	A	183.47	98.75	168.75	1.992	2.166	17.375	8.723
	B	152.47	83.39	142.18	2.058	2.207	14.896	7.237
	C	128.92	71.49	120.94	2.106	2.245	13.895	6.598
	D	122.08	68.27	115.18	2.140	2.269	12.823	5.991
	E	121.05	67.12	113.90	2.112	2.245	13.258	6.277
				Promedio	2.082	2.226	14.449	6.965
CC - 46	A	212.82	113.62	188.14	1.897	2.145	24.879	13.118
	B	141.09	77.01	126.52	1.974	2.202	22.737	11.516
	C	138.93	76.37	125.06	1.999	2.221	22.171	11.091
	D	132.27	73.24	119.40	2.023	2.241	21.802	10.779
	E	109.25	58.46	96.29	1.896	2.151	25.517	13.459
				Promedio	1.958	2.192	23.421	11.993
Bloque Si con óxidos	A	198.22	115.51	193.84	2.344	2.397	5.296	2.260
	B	178.62	106.17	175.74	2.426	2.465	3.975	1.639
	C	176.50	103.33	174.13	2.380	2.412	3.239	1.361
	D	162.19	94.66	158.53	2.348	2.402	5.420	2.309
	E	133.78	78.03	132.17	2.371	2.400	2.888	1.218
				Promedio	2.373	2.415	4.164	1.757

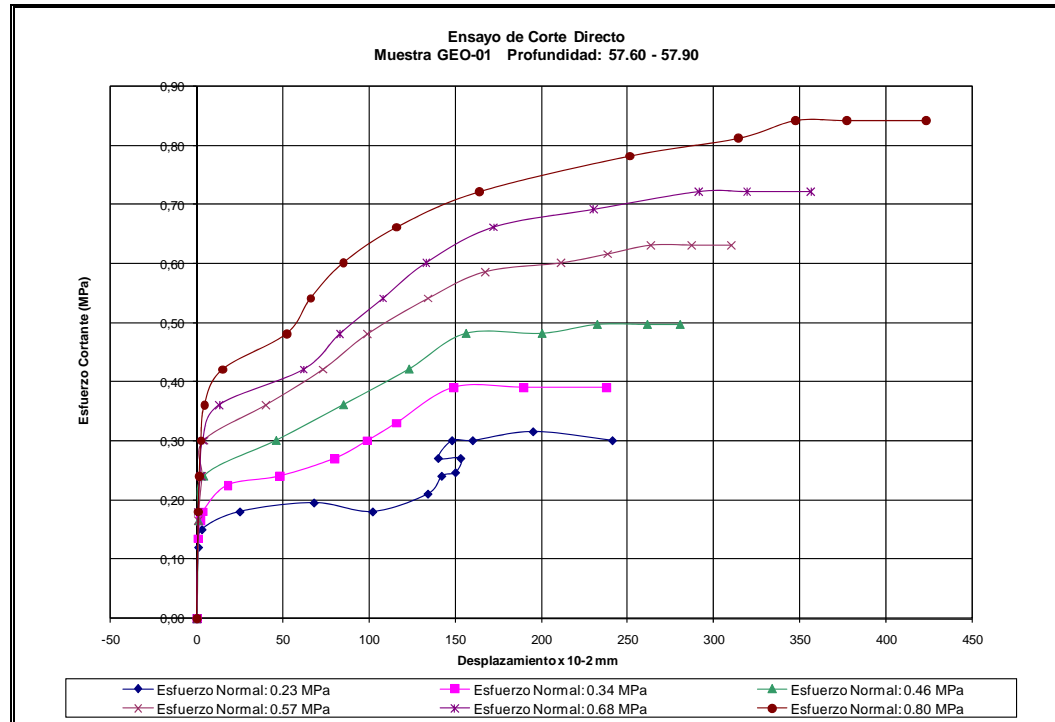


ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

Los ensayos se realizaron sobre discontinuidad simulada con caras paralelas a la dirección de corte, según norma ASTM D 5607-95

Los resultados son los siguientes:

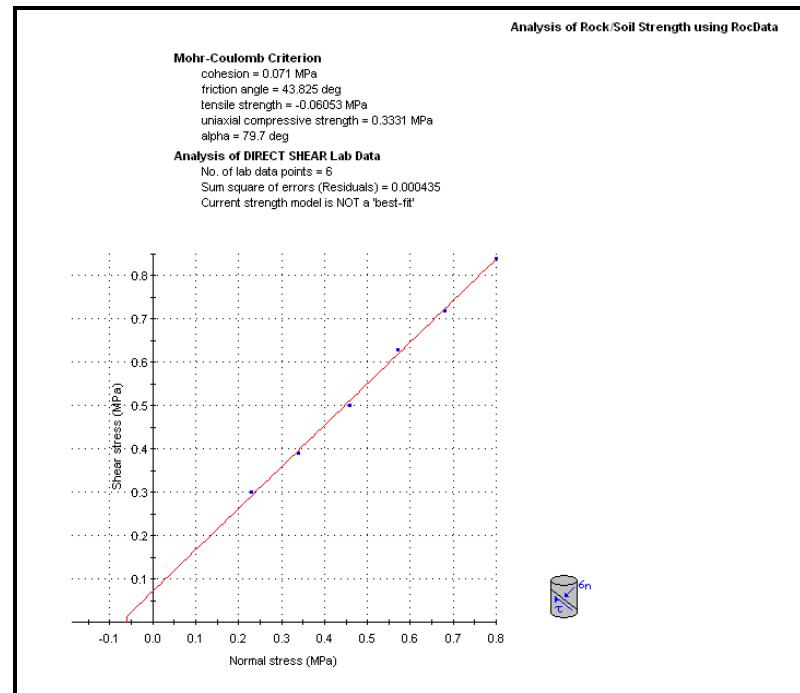
<i>Muestra</i>	<i>Profundidad (m)</i>	<i>Ángulo de Fricción (°)</i>	<i>Cohesión (MPa)</i>
<i>GEO - 01</i>	<i>57.60 - 57.90</i>	<i>43.825</i>	<i>0.071</i>
<i>GEO - 03</i>	<i>141.60 - 142.22</i>	<i>46.547</i>	<i>0.109</i>
<i>Bloque</i>	<i>N8346438 E617188</i>	<i>26.907</i>	<i>0.152</i>





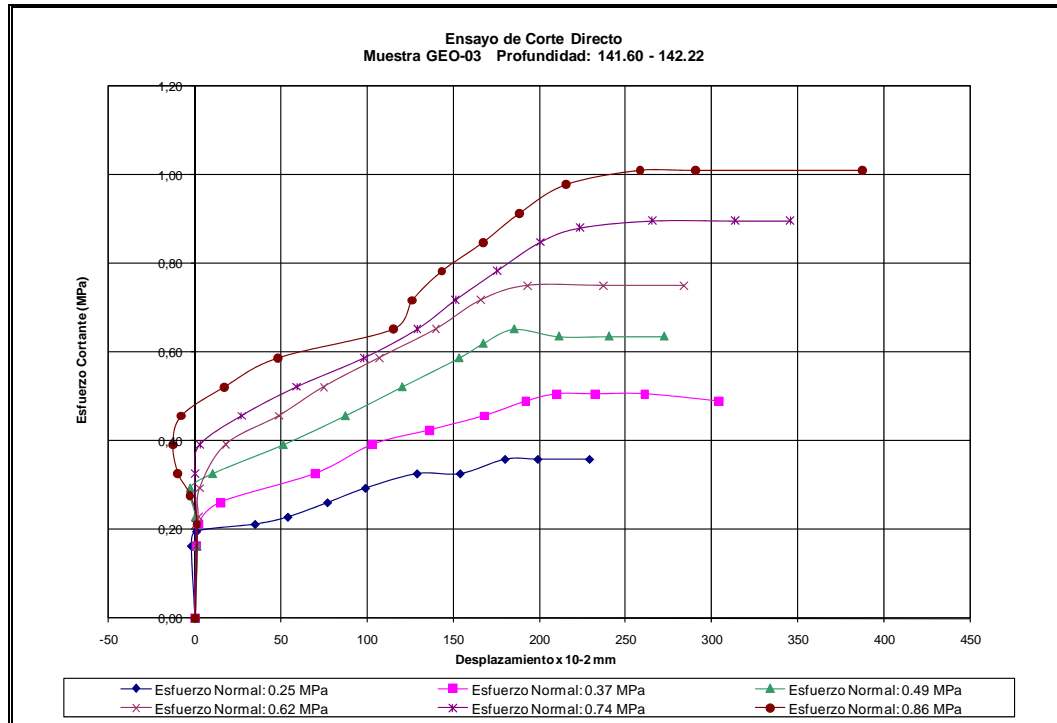
PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852

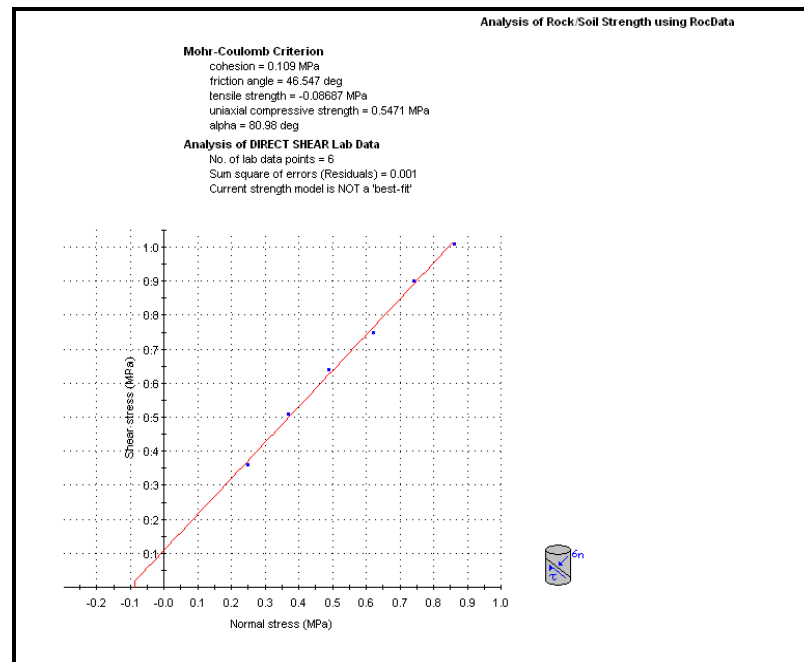
www.pucp.edu.pe/secc/minas





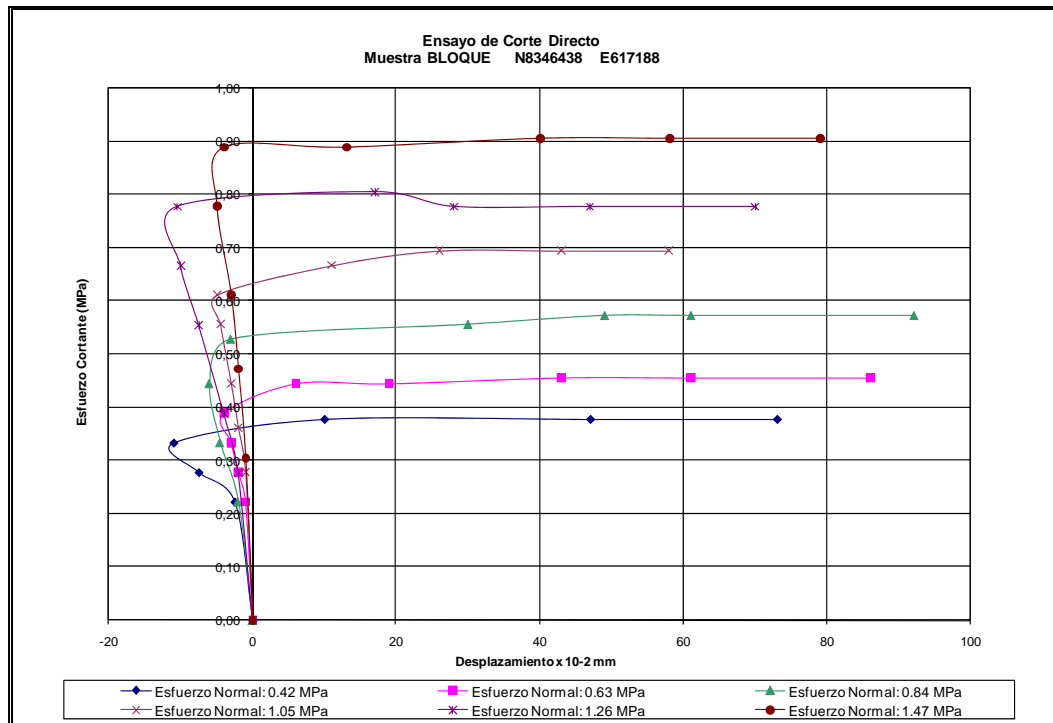
PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852

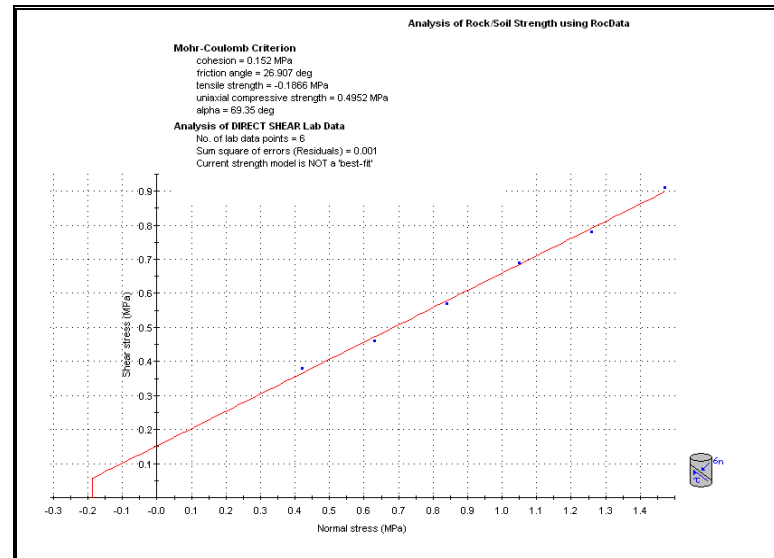
www.pucp.edu.pe/secc/minas





PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852

www.pucp.edu.pe/secc/minas



ENSAYOS DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Se han ensayado 8 testigos en la muestra *Bloque*, 12 testigos en las muestras *GEO-01* y 10 testigos en las muestras *GEO-03*, *GEO-06* y *CC-46*. Estos ensayos se realizaron según la norma ASTM 2664-95. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

<i>Muestra</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Probeta</i>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Longitud (cm)</i>	<i>Carga</i>	σ_{1max} (MPa)	σ_3 (MPa)
<i>GEO - 01</i>	64.25 - 64.90	A	6.34	13.12	34600.00	107.48	2,00
	64.25 - 64.90	B	6.34	13.02	46200.00	143.51	2,00
	66.88 - 67.10	C	6.34	13.10	52800.00	164.02	4,00
	67.25 - 67.82	D	6.34	12.93	53400.00	165.88	4,00
	67.25 - 67.82	E	6.34	13.08	53200.00	165.26	6,00
	67.25 - 67.82	F	6.34	13.17	51400.00	159.67	6,00
	69.65 - 70.10	G	6.34	13.05	46000.00	142.89	8,00
	69.65 - 70.10	H	6.34	13.26	52800.00	164.02	8,00
	72.46 - 72.79	I	6.34	13.25	47200.00	146.62	10,00
	72.46 - 72.79	J	6.34	13.02	63400.00	196.94	10,00
	64.25 - 64.90	K	6.34	13.20	54200.00	168.36	7,00
	57.60 - 57.90	L	6.34	12.85	39400.00	122.39	3,00



ENSAYOS DE COMPRESIÓN TRIAXIAL (continuación)

<i>Muestra</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Probeta</i>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Longitud (cm)</i>	<i>Carga</i>	σ_{1max} (MPa)	σ_3 (MPa)
GEO - 03	65.75 - 66.18	A	6.34	12.76	26800.00	83.25	2.00
	70.80 - 71.20	B	6.34	13.02	30000.00	93.19	2.00
	70.80 - 71.20	C	6.34	13.22	40200.00	124.88	4.00
	70.80 - 71.20	D	6.34	13.17	39600.00	123.01	4.00
	81.70 - 81.95	E	6.34	12.88	46400.00	144.13	6.00
	81.95 - 82.27	F	6.34	13.15	50600.00	157.18	6.00
	81.95 - 82.27	G	6.34	12.90	53000.00	164.64	8.00
	87.30 - 87.70	H	6.34	12.57	51000.00	158.26	8.00
	87.30 - 87.70	I	6.34	13.10	56800.00	176.44	10.00
	88.58 - 88.90	J	6.34	13.12	48000.00	149.11	10.00
GEO - 06	69.70 - 70.05	A	6.33	12.95	20000.00	62.32	2.00
	69.70 - 70.05	B	6.33	13.02	23000.00	71.67	2.00
	73.65 - 74.00	C	6.33	12.99	36600.00	114.05	4.00
	74.15 - 74.55	D	6.33	13.11	21800.00	67.93	4.00
	74.15 - 74.55	E	6.33	13.10	31600.00	98.47	6.00
	76.10 - 76.60	F	6.33	13.00	23400.00	72.92	6.00
	76.10 - 76.60	G	6.33	13.09	27000.00	84.14	8.00
	76.10 - 76.60	H	6.33	12.95	25600.00	79.77	8.00
	76.80 - 77.21	I	6.33	13.15	31200.00	97.22	10.00
	79.29 - 79.50	J	6.33	13.01	24200.00	75.41	10.00



ENSAYOS DE COMPRESIÓN TRIAXIAL (continuación)

<i>Muestra</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Probeta</i>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Longitud (cm)</i>	<i>Carga</i>	σ_{1max} (MPa)	σ_3 (MPa)
CC - 46	92.40 - 92.60	A	6.30	12.98	17600.00	55.37	2.00
	93.43 - 93.74	B	6.29	13.11	14600.00	46.08	2.00
	93.43 - 93.74	C	6.29	13.06	14200.00	44.81	4.00
	95.27 - 95.47	D	6.31	13.08	15600.00	48.92	4.00
	95.47 - 95.65	E	6.31	13.10	15800.00	49.55	6.00
	95.85 - 96.02	F	6.29	13.18	16400.00	51.76	6.00
	96.37 - 96.52	G	6.32	13.06	29800.00	93.16	8.00
	99.55 - 99.72	H	6.32	13.03	18000.00	56.27	8.00
	103.50 - 103.72	I	6.27	12.93	16000.00	50.82	10.00
	106.38 - 106.60	J	6.32	12.18	18200.00	56.64	10.00
Bloque	N8346438 E617188	A	5.50	11.25	10200.00	42.10	2.00
		B	5.50	10.64	7800.00	32.07	2.00
		C	5.50	10.75	13600.00	55.98	3.00
		D	5.50	11.26	13600.00	56.14	4.00
		E	5.50	10.10	13600.00	55.54	6.00
		F	5.50	11.32	15400.00	63.57	6.00
		G	5.50	11.15	23000.00	94.94	8.00
		H	5.50	11.35	21400.00	88.33	8.00



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

Nota:

- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el cliente.

Ing. Mario Cedrón Lassús
Coordinador de la Sección Minas



Fotos Compresión Triaxial

Antes:





Después:





Antes:





Después:





Antes:





Después:





Antes:





Después:





Antes:





Después:





Fotos Ensayo de Corte Directo
Antes:



Después:





Antes:



Después:





Antes:



Después:



Lima, 20 de Noviembre del 2014

Informe N° 249/14/LMR/UNI

Señores
GRAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
Presente.-

De nuestra consideración:

Sírvanse encontrar adjunto los resultados de los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Rocas asociados al proyecto **“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL TAJO APUMAYO”**, ubicado en el distrito de Chaviña, provincia de Lucanas departamento de Ayacucho.

Atentamente,



MSc. Ing. Néstor David Córdova Rojas
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Rocas
Universidad Nacional de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

INFORME N°249/14/LMR/UNI

**ENSAYO DE PROPIEDADES FISICAS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL**

Solicitado por:
GRAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Muestra: Bloques Rocosos

Fecha: 20 de Noviembre del 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

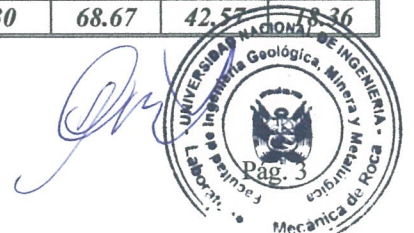
Informe: N° 249/14/LMR/UNI
Empresa: GRAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
Proyecto: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL TAJO APUMAYO"
Fecha: 20/11/2014

ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 2216-02, dando los siguientes resultados:

N°	Calicata	Muestra	Profund. (m)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Densid. Seca (g/cm ³)	Densid. Húmeda (g/cm ³)	Porosid. Aparente (%)	Absorc. (%)	Peso Específ. Aparente (kN/m ³)
TAJO APUMAYO	CTA-01	R M-2	2.4	14.04*	3.10	2.37	2.50	13.00	5.49	23.27
				12.96*	2.50	2.42	2.58	16.27	6.73	23.81
				12.58*	2.70	2.48	2.59	10.72	4.32	24.36
Promedio						2.42	2.55	13.33	5.51	23.81
TAJO APUMAYO	TAJO NORTE	M-1	-	4.43	1.97	2.55	2.59	3.36	1.31	25.42
				4.43	2.02	2.60	2.63	2.99	1.15	25.91
				4.43	2.10	2.56	2.60	3.43	1.34	25.57
Promedio						2.57	2.60	3.26	1.27	25.63
TAJO APUMAYO	TAJO SUR	M-1	-	4.43	1.97	2.34	2.38	4.41	1.89	23.13
				4.43	1.96	2.36	2.40	4.24	1.80	23.31
				4.43	1.93	2.33	2.38	5.21	2.24	23.00
Promedio						2.34	2.39	4.62	1.97	23.15
PROYECTO TAJO AYAHUANCA	CAYA-04	R M-2	4.4	12.95*	3.30	2.39	2.45	5.94	2.49	23.47
				13.68*	3.40	2.45	2.51	6.19	2.52	24.09
				13.65*	3.50	2.39	2.44	4.42	1.85	23.54
Promedio						2.41	2.47	5.52	2.29	23.70
PROYECTO TAJO AYAHUANCA	CAYA-05	R M-2	-	17.86*	3.70	1.82	1.96	14.69	8.09	18.12
				20.40*	3.40	1.67	2.04	37.37	22.44	17.28
				15.99*	3.60	1.65	2.06	40.91	24.85	16.96
Promedio						1.71	2.02	30.99	18.46	17.45
PROYECTO TAJO AYAHUANCA	TAJO AYAHUANCA	M-1	-	4.43	1.93	2.44	2.47	2.55	1.05	24.02
				4.43	2.02	2.35	2.39	3.40	1.45	23.11
Promedio						2.40	2.43	2.98	1.25	23.57
PROYECTO TAJO AYAHUANCA	TAJO AYAHUANCA	M-2	-	4.41	1.99	2.12	2.27	15.03	7.11	20.94
				4.41	1.92	2.15	2.28	13.57	6.32	21.29
				4.41	2.10	2.14	2.31	16.55	7.73	21.36
Promedio						2.14	2.29	15.05	7.05	21.20
PAD APUMAYO	CPA-03	R M-2	1.8-3.5	30.87*	3.10	1.62	2.33	71.51	44.18	18.39
				27.00*	3.70	1.59	2.30	71.19	44.85	18.21
				24.75*	3.60	1.64	2.27	63.32	38.68	18.47
Promedio						1.61	2.30	68.67	42.57	18.26

* Se ha considerado el área.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 249/14/LMR/UNI
Empresa: GRAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
Proyecto: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL TAJO APUMAYO"
Fecha: 20/11/2014

.....continuación

N°	Calicata	Muestra	Profund. (m)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Densid. Seca (g/cm ³)	Densid. Húmeda (g/cm ³)	Porosid. Aparente (%)	Absorc. (%)	Peso Específ. Aparente (kN/m ³)
PAD APUMAYO	CPA-04	R M-1	0.1-1.1	21.42*	2.68	2.82	2.85	2.96	1.05	27.95
				20.50*	2.35	2.89	2.91	2.18	0.75	28.55
				20.16*	2.60	2.85	2.87	2.25	0.79	28.14
Promedio						2.85	2.88	2.46	0.86	28.22
BOTADERO APUMAYO	CBA-08	R M-2	3.1	21.12*	2.55	2.61	2.66	4.60	1.76	26.06
				20.21*	3.10	2.65	2.70	5.36	2.03	26.45
				14.04*	2.90	2.63	2.68	5.06	1.93	26.19
Promedio						2.63	2.68	5.01	1.90	26.24
TAJO HUAMANLOMA	TAJO	M-1	-	4.43	2.26	2.15	2.29	13.92	6.48	21.12
				4.43	1.90	2.09	2.23	14.79	7.09	20.51
				4.43	1.77	2.12	2.27	15.18	7.16	20.84
Promedio						2.12	2.26	14.63	6.91	20.82
TAJO HUAMANLOMA	TAJO	M-2	-	20.64*	3.30	2.34	2.41	6.52	2.79	23.00
				15.99*	3.30	2.28	2.34	6.12	2.69	22.36
				16.81*	3.40	2.27	2.32	5.16	2.28	22.28
Promedio						2.29	2.35	5.93	2.58	22.55

* Se ha considerado el área.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Los ensayos se realizaron sobre discontinuidad con caras paralelas a la dirección de corte, según norma ASTM D5607-95, dando los siguientes resultados.

N°	Calicata	Muestra	Profund. (m)	Tipo de discontinuidad	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción Residual (°)
TAJO APUMAYO	TAJO NORTE	M-1	-	Simulada	0.156	28.32
	TAJO SUR	M-1	-	Simulada	0.125	23.17
PROYECTO TAJO AYAHUANCA	TAJO AYAHUANCA	M-1	-	Simulada	0.144	24.82
TAJO HUAMANLOMA	TAJO	M-1	-	Simulada	0.099	29.57



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 249/14/LMR/UNI
Empresa: GRAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
Proyecto: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL TAJO APUMAYO"
Fecha: 20/11/2014

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D5731-02, dando los siguientes resultados:

N°	Calicata	Muestra	Profund. (m)	De (mm)	Carga (kN)	I _s (MPa)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
TAJO APUMAYO	CTA-01	R M-2	2.4	37.5	5.0	3.55	73.0
				39.1	7.0	4.57	95.2
				34.7	6.0	4.97	99.8
				38.2	5.2	3.56	73.6
				43.0	5.8	3.14	67.5
Promedio						3.96	81.9
TAJO APUMAYO	TAJO NORTE	M-1	-	48.9	13.0	5.45	122.8
				47.2	12.1	5.43	120.9
				56.8	15.5	4.80	114.9
				47.3	13.8	6.18	137.6
				41.6	11.8	6.83	145.3
Promedio						5.74	128.3
TAJO APUMAYO	TAJO SUR	M-1	-	52.4	10.0	3.64	84.4
				42.5	7.0	3.87	83.0
				38.3	8.4	5.74	118.7
				50.0	10.9	4.37	99.3
				42.6	9.5	5.24	112.3
Promedio						4.57	99.6
PROYECTO TAJO AYAHUANCA	CAYA-04	R M-2	4.4	41.7	13.2	7.60	161.7
				53.6	16.0	5.58	130.3
				38.7	12.1	8.08	167.9
				36.6	10.1	7.53	153.7
				40.1	12.0	7.48	157.1
Promedio						7.25	154.2
PROYECTO TAJO AYAHUANCA	CAYA-05	R M-2	-	59.6	7.5	2.11	51.5
				54.8	4.5	1.50	35.4
				54.5	6.0	2.02	47.6
				45.1	3.5	1.72	37.6
				46.0	3.5	1.65	36.5
Promedio						1.80	41.7
PROYECTO TAJO AYAHUANCA	TAJO AYAHUANCA	M-1	-	33.7	9.3	8.20	163.1
				36.5	14.0	10.52	214.5
				30.6	10.0	10.66	206.3
				37.1	10.1	7.34	150.5
				38.7	11.9	7.95	165.1
Promedio						8.93	179.9





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 249/14/LMR/UNI
Empresa: GRAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
Proyecto: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL TAJO APUMAYO"
Fecha: 20/11/2014

.....continuación

N°	Calicata	Muestra	Profund. (m)	De (mm)	Carga (kN)	I _s (MPa)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
PROYECTO TAJO AYAHUANCA	TAJO AYAHUANCA	M-2	-	44.9	10.0	4.96	108.4
				39.8	10.1	6.39	133.9
				43.1	10.8	5.82	125.3
				39.5	10.1	6.46	135.1
				36.1	7.5	5.75	116.8
Promedio						5.87	123.9
PAD APUMAYO	CPA-03	R M-2	1.8-3.5	54.1	0.8	0.27	6.4
				47.9	0.7	0.31	6.8
				52.4	0.7	0.25	5.9
				56.4	1.0	0.31	7.5
				54.8	0.6	0.20	4.7
Promedio						0.27	6.3
PAD APUMAYO	CPA-04	R M-1	0.1-1.1	41.0	16.0	9.52	201.6
				47.9	15.0	6.54	146.5
				40.1	17.0	10.58	222.4
				38.5	16.0	10.81	224.2
				43.5	16.0	8.47	183.0
Promedio						9.19	195.5
BOTADERO APUMAYO	CBA-08	R M-2	3.1	52.1	12.4	4.58	105.8
				45.1	10.1	4.97	108.8
				48.1	13.0	5.61	125.8
				50.8	14.8	5.73	131.1
				41.4	11.0	6.43	136.5
Promedio						5.46	121.6
TAJO HUAMANLOMA	TAJO	M-1	-	37.8	2.2	1.54	31.8
				35.9	2.0	1.55	31.5
				38.4	2.2	1.49	30.9
				42.5	2.3	1.27	27.3
				42.5	2.0	1.11	23.7
Promedio						1.39	29.0
TAJO HUAMANLOMA	TAJO	M-2	-	46.8	10.0	4.56	101.3
				40.9	12.4	7.42	157.0
				42.0	10.9	6.17	131.8
				45.7	11.9	5.69	125.2
				33.9	8.1	7.07	140.8
Promedio						6.18	131.2

Nota:

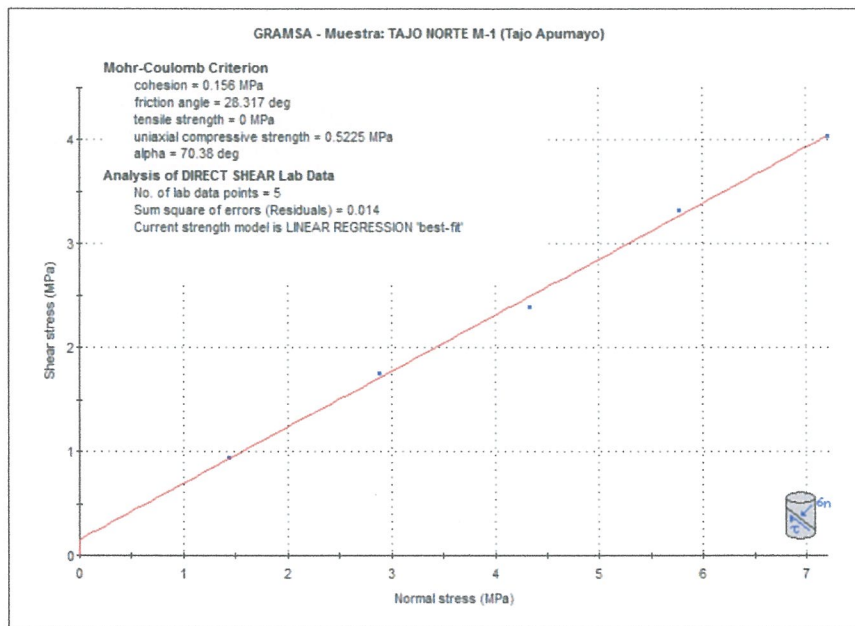
- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el cliente.



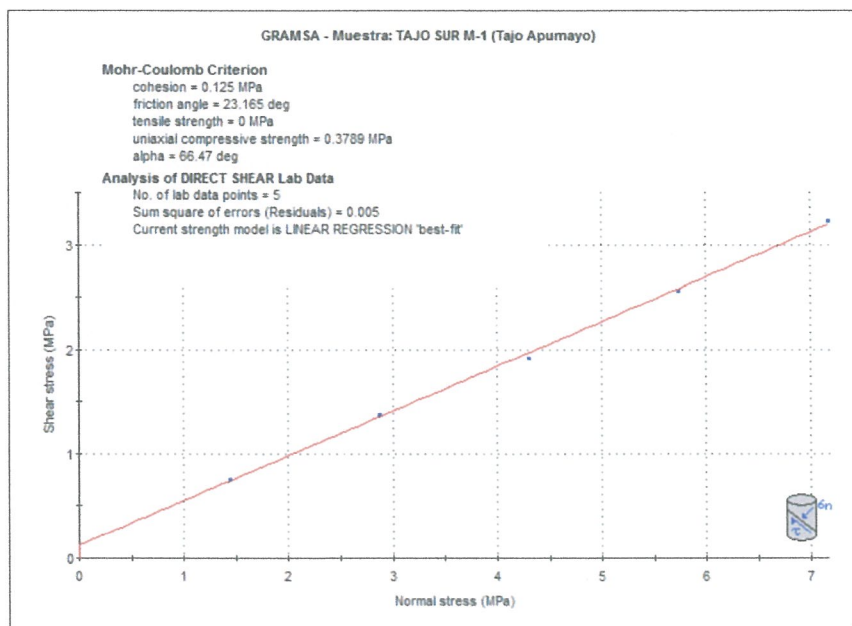


GRAFICOS: CORTE DIRECTO

Muestra: TAJO NORTE M-1 (Tajo Apumayo)

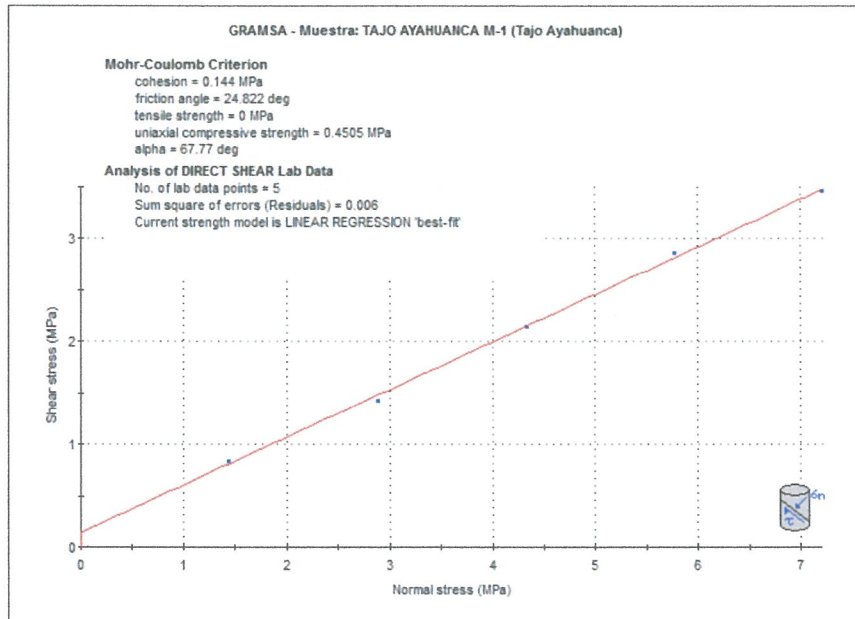


Muestra: TAJO SUR M-1 (Tajo Apumayo)





Muestra: TAJO AYAHUANCA M-1 (Tajo Ayahuanca)



Muestra: TAJO M-1 (Tajo Huamanloma)

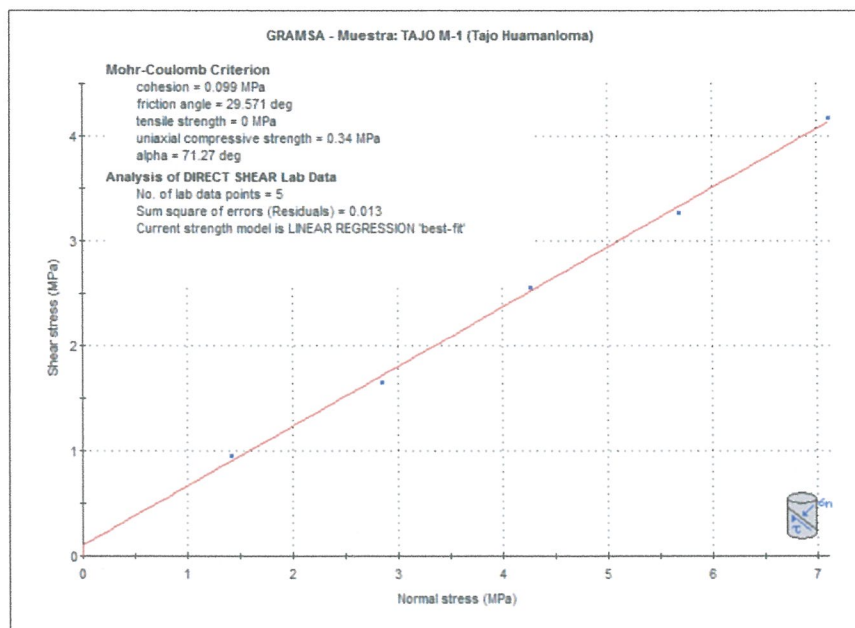
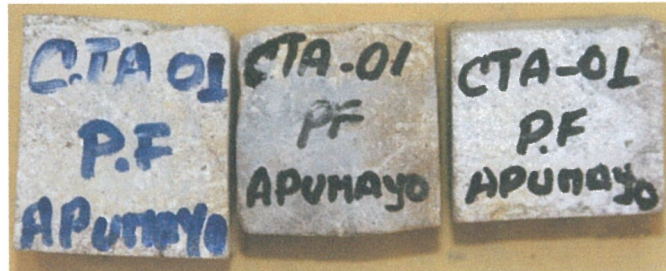


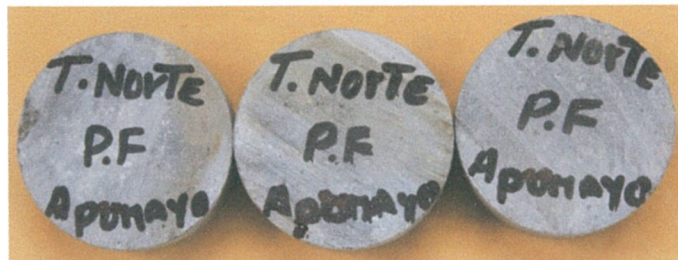


FOTO: PROPIEDADES FISICAS

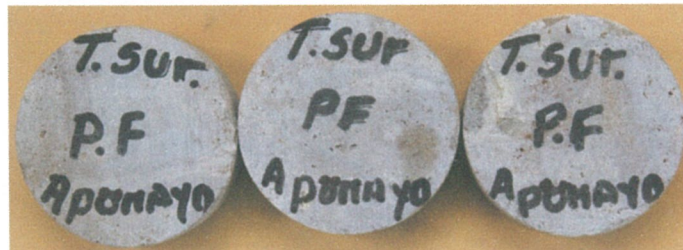
Muestra: CTA-01 / R M-2 (Tajo Apumayo)



Muestra: TAJO NORTE / M-1 (Tajo Apumayo)



Muestra: TAJO SUR / M-1 (Tajo Apumayo)



Muestra: CAYA-04 / R M-2 (Proyecto Tajo Ayahuanca)





Muestra: CAYA-05 / R M-2 (Proyecto Tajo Ayahuanca)



Muestra: TAJO AYAHUANCA / M-1 (Proyecto Tajo Ayahuanca)



Muestra: TAJO AYAHUANCA / M-2 (Proyecto Tajo Ayahuanca)



Muestra: CPA-03 / R M-2 (Pad Apumayo)





Muestra: CPA-04 / R M-1 (Pad Apumayo)



Muestra: CBA-08 / R M-2 (Botadero Apumayo)



Muestra: TAJO / M-1 (Tajo Huamanloma)



Muestra: TAJO / M-1 (Tajo Huamanloma)

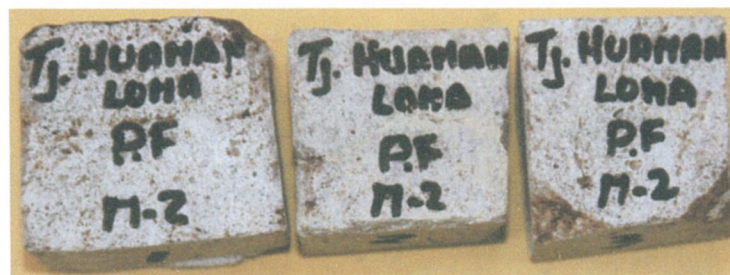




FOTO: CORTE DIRECTO

Muestra: TAJO NORTE / M-1 (Tajo Apumayo)



Muestra: TAJO SUR / M-1 (Tajo Apumayo)





Muestra: TAJO AYAHUANCA / M-1 (Proyecto Tajo Ayahuanca)



Muestra: TAJO / M-1 (Tajo Huamanloma)





FOTO: CARGA PUNTUAL

Muestra: CTA-01 / R M-2 (Tajo Apumayo)

Antes

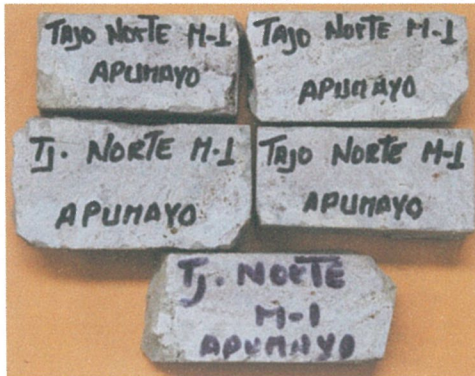


Después

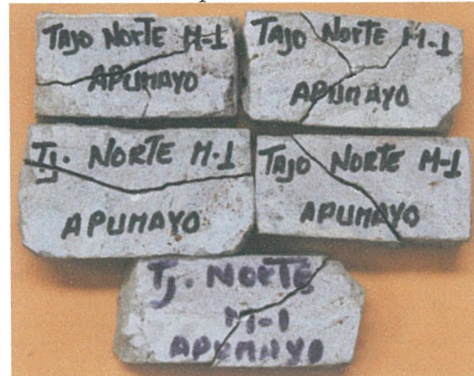


Muestra: TAJO NORTE / M-1 (Tajo Apumayo)

Antes



Después

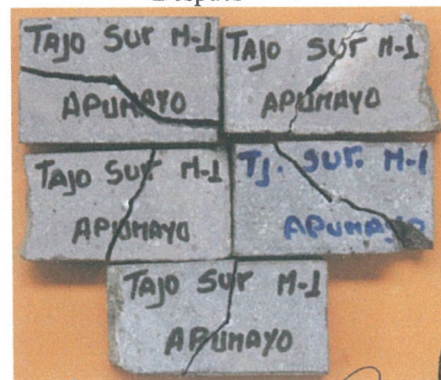


Muestra: TAJO SUR / M-1 (Tajo Apumayo)

Antes



Después





Muestra: CAYA-04 / R M-2 (Proyecto Tajo Ayahuanca)

Antes



Después



Muestra: CAYA-05 / R M-2 (Proyecto Tajo Ayahuanca)

Antes



Después



Muestra: TAJO AYAHUANCA / M-1 (Proyecto Tajo Ayahuanca)

Antes



Después



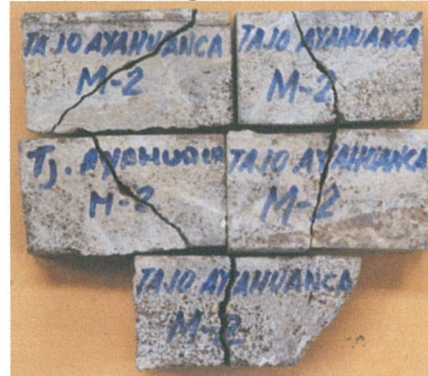


Muestra: TAJO AYAHUANCA / M-2 (Proyecto Tajo Ayahuanca)

Antes

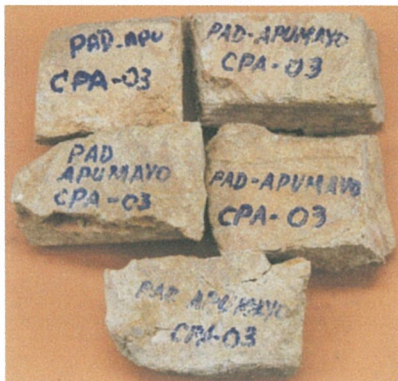


Después

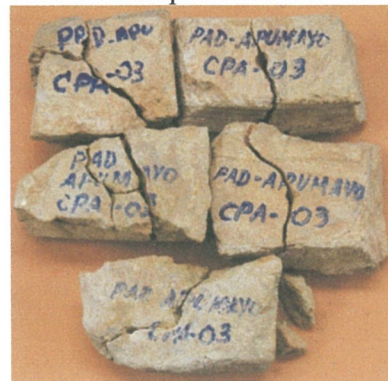


Muestra: CPA-03 / R M-2 (Pad Apumayo)

Antes

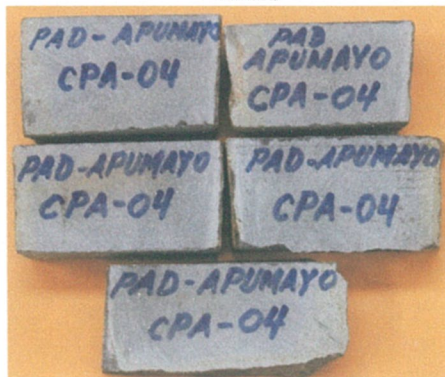


Después

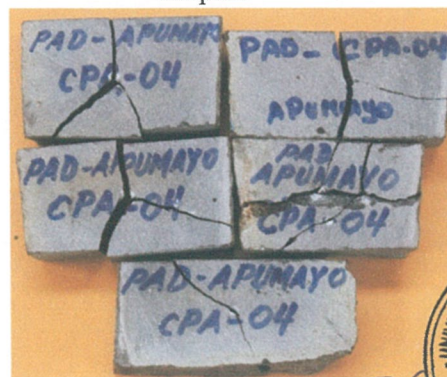


Muestra: CPA-04 / R M-1 (Pad Apumayo)

Antes



Después



Muestra: CBA-08 / R M-2 (Botadero Apumayo)

Antes



Después

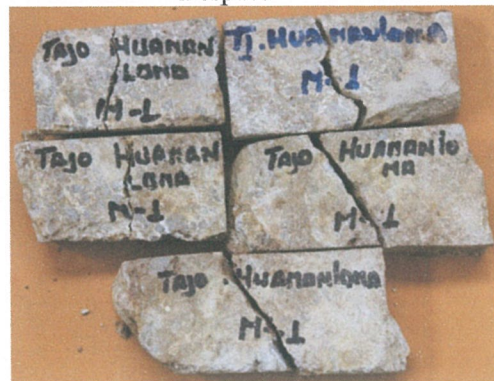


Muestra: TAJO / M-1 (Tajo Huamanloma)

Antes



Después



Muestra: TAJO / M-2 (Tajo Huamanloma)

Antes



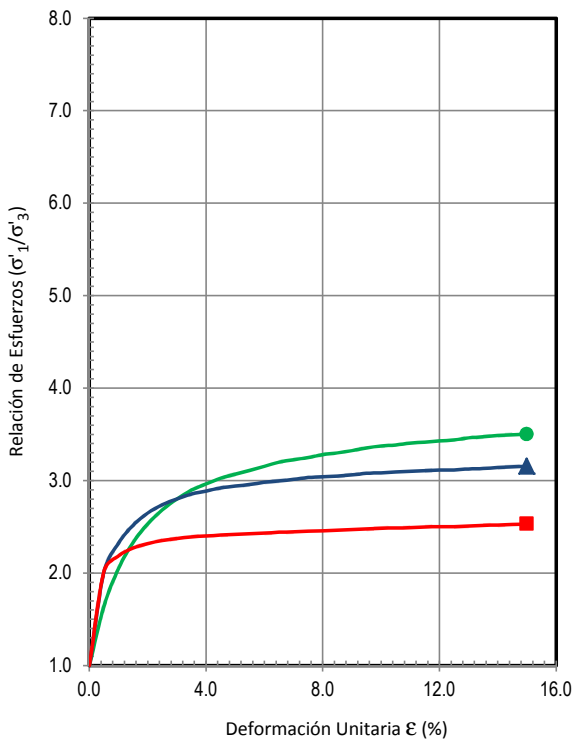
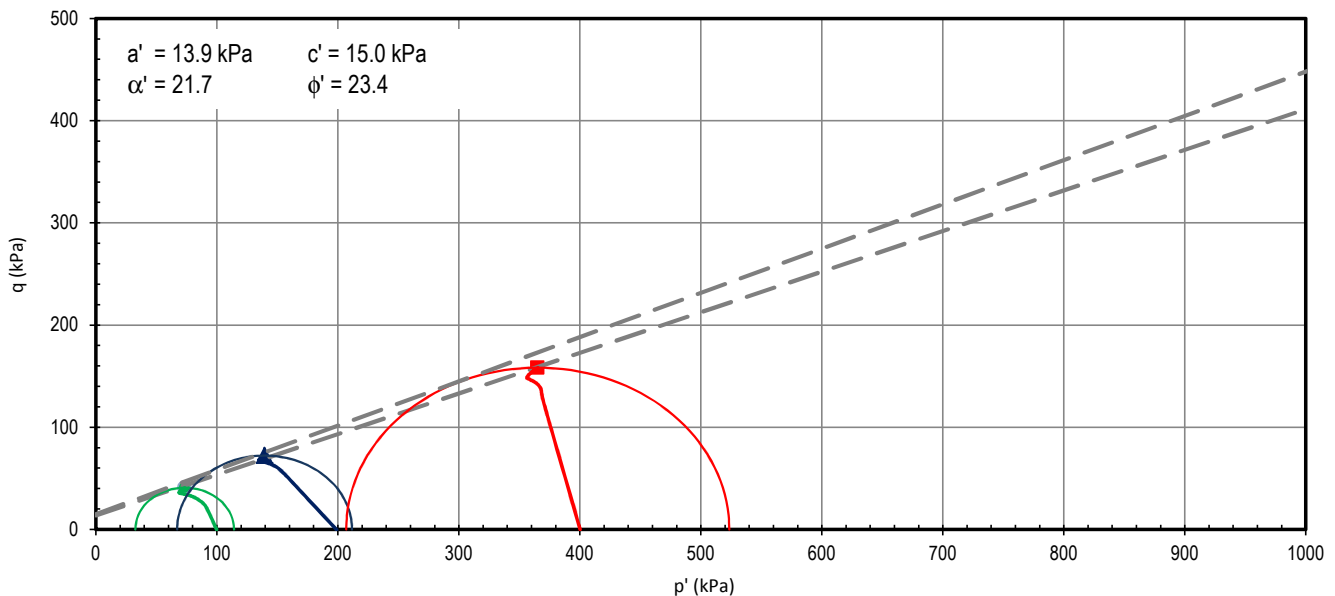
Después



Ensayo de Compresión Triaxial
Consolidado - No Drenado (CU)
(ASTM D 4767)

Informe 14D4767-047-001
Solicitante Gramsa Contratistas Generales S.A.
Proyecto Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo
Ubicación Chaviña-Lucanas-Ayacucho

Fecha 24-Nov-2014
Sondaje CBA-05
Muestra M-1
Prof. (m) 0.60-5.00



Símbolo		●	▲	■	
Ensayo N°		01	02	03	
Muestra		Remoldeado			
Inicio	Diámetro	mm	71.6	71.6	71.6
	Altura	mm	151.0	151.0	151.0
	Contenido de humedad	%	20.5	20.5	20.5
	Densidad Seca	N/m ³	14,971	14,971	14,971
	Saturación	%	72.1	72.1	72.1
	Relación de vacíos		0.769	0.769	0.769
Antes del Corte	Contenido de humedad	%	25.4	21.1	24.9
	Densidad Seca	N/m ³	15,711	16,881	15,824
	Saturación	%	100.0	100.0	100.0
	Relación de vacíos		0.690	0.570	0.670
Esfuerzo Efectivo Vertical Consolid.		kPa	99.8	198.6	400.2
Esfuerzo Cortante		kPa	40.8	72.3	158.3
Deformación en la Falla		%	15.0	15.0	15.0
Velocidad de Deformación		mm/min	0.075		
Gravedad Especifica Estimada			2.70		
Límite Líquido		%	-		
Límite Plástico		%	-		
Valor B			0.95	0.95	0.95

Observaciones:

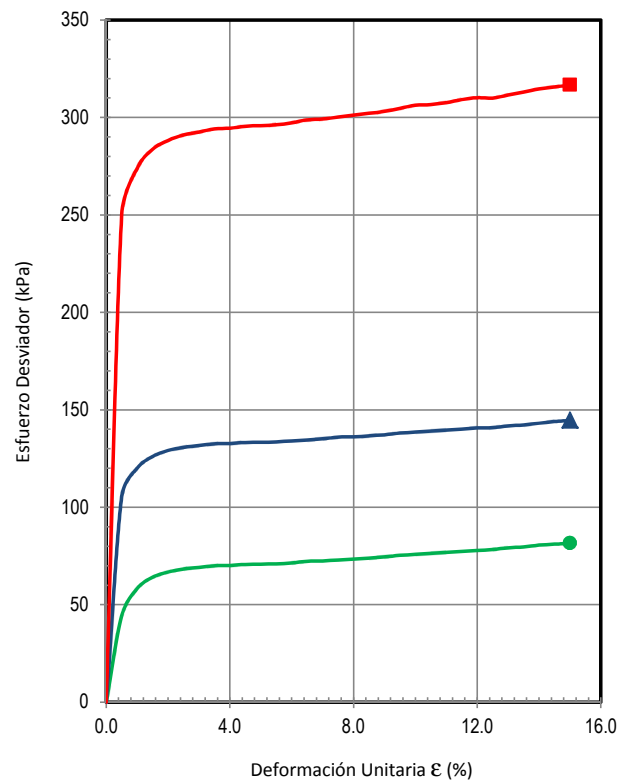
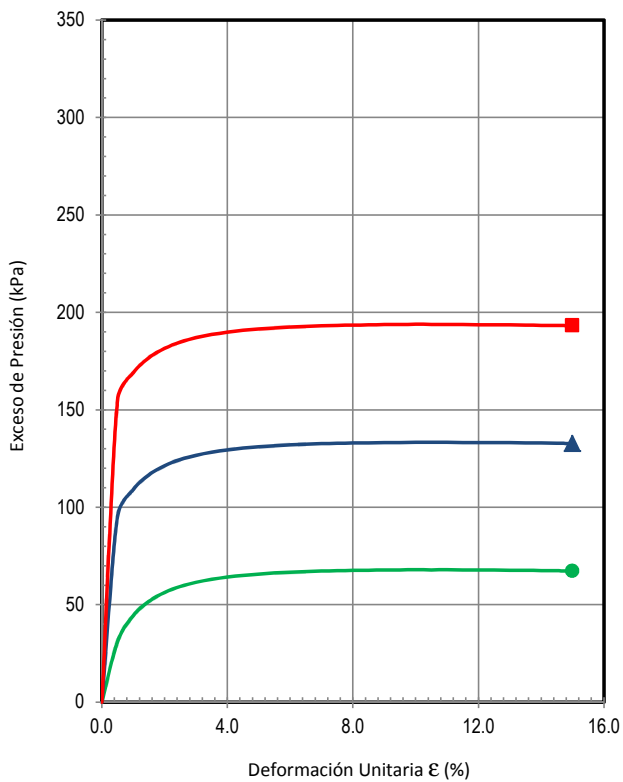
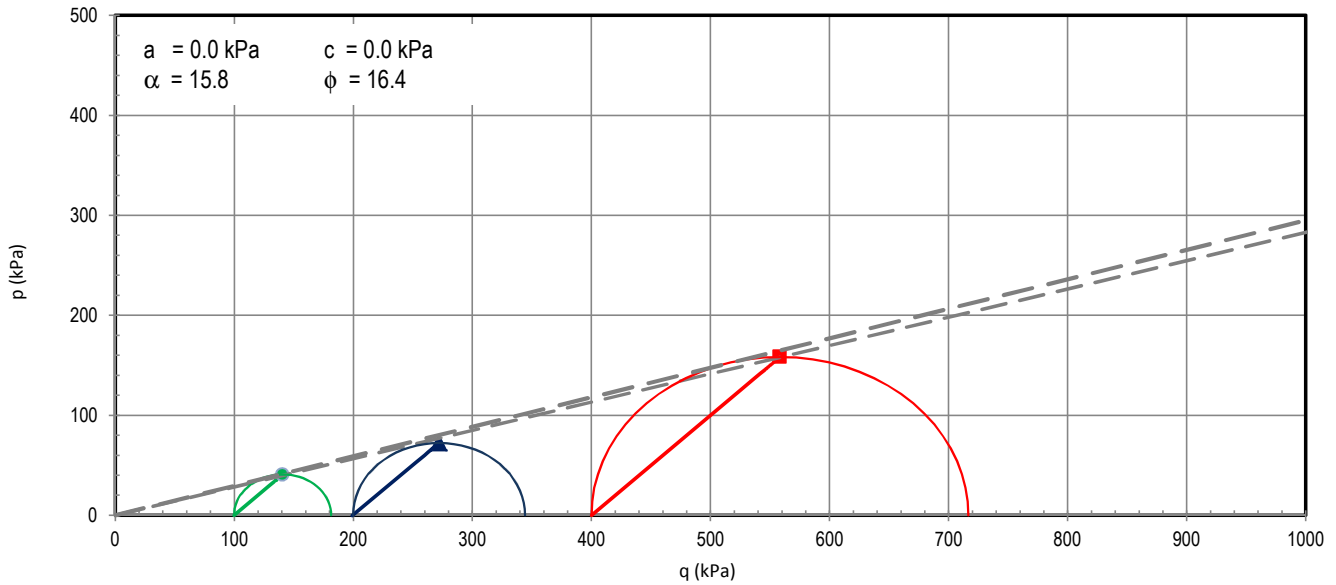
Los parámetros de resistencia del suelo del presente informe, podrán ser reinterpretados en caso de ser considerado pertinente por un profesional especialista en geotecnia.
Densidad Seca = 1.53 gr/cm³ y Contenido de Humedad = 20.5 %, datos proporcionados por el cliente.



Ensayo de Compresión Triaxial
Consolidado - No Drenado (CU)
(ASTM D 4767)

Informe 14D4767-047-001
Solicitante Gramsa Contratistas Generales S.A.
Proyecto Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo
Ubicación Chaviña-Lucanas-Ayacucho

Fecha 24-Nov-2014
Sondaje CBA-05
Muestra M-1
Prof. (m) 0.60-5.00



**Ensayo de Compresión Triaxial
 Consolidado - No Drenado (CU)
 (ASTM D 4767)**

Informe	14D4767-047-001	Fecha	24-Nov-14
Solicitante	Gramsa Contratistas Generales S.A.	Sondaje	CBA-05
Proyecto	Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo	Muestra	M-1
Ubicación	Chaviña-Lucanas-Ayacucho	Prof. (m)	0.60-5.00

ESPECIMEN N° 01 - 100 kPa

Vertical Strain	Deviator Stress	Pore Pressure	Total Vertical Stress	Total Horizontal Stress	Efective Vertical Stress	Efective Horizontal Stress	Excess Pore Pressure	Effective p	q
%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	Kpa
0.0	0.0	705.09	804.9	804.9	99.8	99.8	0.0	99.8	0.0
0.5	44.2	736.13	849.2	805.0	113.1	68.8	31.0	91.0	22.1
1.0	58.3	749.45	863.2	805.0	113.8	55.5	44.4	84.6	29.1
1.5	64.1	756.81	869.1	805.0	112.3	48.2	51.7	80.2	32.0
2.0	66.7	761.38	871.7	805.0	110.3	43.6	56.3	77.0	33.4
2.5	68.3	764.44	873.3	805.0	108.9	40.6	59.4	74.7	34.1
3.0	69.2	766.56	874.1	805.0	107.6	38.4	61.5	73.0	34.6
3.5	70.0	768.12	875.0	805.0	106.9	36.9	63.0	71.9	35.0
4.0	70.2	769.23	875.1	805.0	105.9	35.7	64.1	70.8	35.1
4.5	70.7	770.13	875.7	805.0	105.6	34.9	65.0	70.2	35.3
5.0	70.8	770.79	875.8	805.0	105.0	34.2	65.7	69.6	35.4
5.5	71.0	771.35	875.9	805.0	104.6	33.6	66.3	69.1	35.5
6.0	71.5	771.80	876.4	805.0	104.6	33.2	66.7	68.9	35.7
6.5	72.3	772.08	877.3	805.0	105.2	32.9	67.0	69.0	36.2
7.0	72.5	772.36	877.4	804.9	105.0	32.6	67.3	68.8	36.2
7.5	73.0	772.52	877.9	805.0	105.4	32.5	67.4	68.9	36.5
8.0	73.5	772.75	878.4	805.0	105.7	32.2	67.7	69.0	36.7
8.5	74.0	772.80	878.9	805.0	106.1	32.2	67.7	69.2	37.0
9.0	74.5	772.97	879.5	805.0	106.5	32.1	67.9	69.3	37.2
9.5	75.3	772.97	880.3	805.0	107.3	32.0	67.9	69.7	37.7
10.0	75.8	773.08	880.8	805.0	107.8	31.9	68.0	69.9	37.9
10.5	76.3	772.97	881.3	805.0	108.3	32.0	67.9	70.2	38.2
11.0	76.8	773.02	881.8	805.0	108.8	32.0	67.9	70.4	38.4
11.5	77.3	772.97	882.3	805.0	109.3	32.0	67.9	70.7	38.7
12.0	77.8	772.97	882.9	805.0	109.9	32.1	67.9	71.0	38.9
12.5	78.3	772.91	883.4	805.0	110.4	32.1	67.8	71.3	39.2
13.0	79.2	772.80	884.2	805.0	111.4	32.2	67.7	71.8	39.6
13.5	79.7	772.80	884.7	805.0	111.9	32.2	67.7	72.1	39.8
14.0	80.6	772.58	885.5	805.0	112.9	32.4	67.5	72.7	40.3
14.5	81.1	772.52	886.1	805.0	113.6	32.5	67.4	73.0	40.5
15.0	81.6	772.36	886.5	805.0	114.2	32.6	67.3	73.4	40.8

**Ensayo de Compresión Triaxial
Consolidado - No Drenado (CU)
(ASTM D 4767)**

Informe	14D4767-047-001	Fecha	24-Nov-14
Solicitante	Gramsa Contratistas Generales S.A.	Sondaje	CBA-05
Proyecto	Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo	Muestra	M-1
Ubicación	Chaviña-Lucanas-Ayacucho	Prof. (m)	0.60-5.00

ESPECIMEN N° 02 - 200 kPa

Vertical Strain	Deviator Stress	Pore Pressure	Total Vertical Stress	Total Horizontal Stress	Efective Vertical Stress	Efective Horizontal Stress	Excess Pore Pressure	Effective p	q
%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	Kpa
0.0	-0.9	695.2	893.8	894.7	198.6	199.5	0.0	199.1	-0.5
0.5	105.5	790.5	1000.4	894.9	209.9	104.3	95.3	157.1	52.8
1.0	120.0	804.2	1014.9	894.9	210.6	90.6	109.0	150.6	60.0
1.5	126.0	811.8	1020.9	894.9	209.1	83.0	116.6	146.1	63.0
2.0	129.1	816.5	1024.0	894.9	207.5	78.3	121.3	142.9	64.6
2.5	130.8	819.7	1025.6	894.9	206.0	75.2	124.5	140.6	65.4
3.0	131.7	821.8	1026.6	894.9	204.7	73.1	126.7	138.9	65.8
3.5	132.5	823.5	1027.5	894.9	204.0	71.5	128.3	137.7	66.3
4.0	132.7	824.6	1027.6	894.9	203.0	70.3	129.4	136.7	66.3
4.5	133.2	825.5	1028.1	894.9	202.6	69.3	130.3	136.0	66.6
5.0	133.4	826.2	1028.3	894.9	202.1	68.7	131.0	135.4	66.7
5.5	133.5	826.8	1028.4	894.9	201.7	68.2	131.6	134.9	66.8
6.0	134.1	827.2	1028.9	894.9	201.7	67.7	132.0	134.7	67.0
6.5	134.6	827.5	1029.4	894.9	202.0	67.4	132.3	134.7	67.3
7.0	135.1	827.8	1030.0	894.9	202.2	67.1	132.6	134.7	67.5
7.5	136.0	828.0	1030.8	894.9	202.9	66.9	132.8	134.9	68.0
8.0	136.1	828.2	1031.1	894.9	202.9	66.7	133.0	134.8	68.1
8.5	136.7	828.3	1031.6	894.9	203.3	66.7	133.1	135.0	68.3
9.0	137.2	828.4	1032.1	894.9	203.7	66.6	133.2	135.1	68.6
9.5	138.1	828.4	1032.9	894.9	204.5	66.4	133.3	135.5	69.0
10.0	138.6	828.5	1033.6	895.0	205.1	66.5	133.3	135.8	69.3
10.5	139.1	828.5	1034.1	895.0	205.6	66.5	133.3	136.0	69.6
11.0	139.6	828.5	1034.6	895.0	206.1	66.5	133.3	136.3	69.8
11.5	140.2	828.4	1035.1	895.0	206.7	66.5	133.3	136.6	70.1
12.0	140.7	828.4	1035.6	895.0	207.2	66.5	133.3	136.9	70.3
12.5	140.8	828.4	1035.8	895.0	207.4	66.6	133.2	137.0	70.4
13.0	141.7	828.3	1036.7	895.0	208.4	66.7	133.1	137.5	70.9
13.5	142.2	828.2	1037.2	895.0	209.0	66.8	133.0	137.9	71.1
14.0	143.1	828.2	1038.1	895.0	209.9	66.8	133.0	138.4	71.6
14.5	144.0	828.0	1039.0	895.0	211.0	67.0	132.9	139.0	72.0
15.0	144.5	827.8	1039.5	895.0	211.7	67.2	132.6	139.4	72.3

**Ensayo de Compresión Triaxial
Consolidado - No Drenado (CU)
(ASTM D 4767)**

Informe	14D4767-047-001	Fecha	24-Nov-14
Solicitante	Gramsa Contratistas Generales S.A.	Sondaje	CBA-05
Proyecto	Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo	Muestra	M-1
Ubicación	Chaviña-Lucanas-Ayacucho	Prof. (m)	0.60-5.00

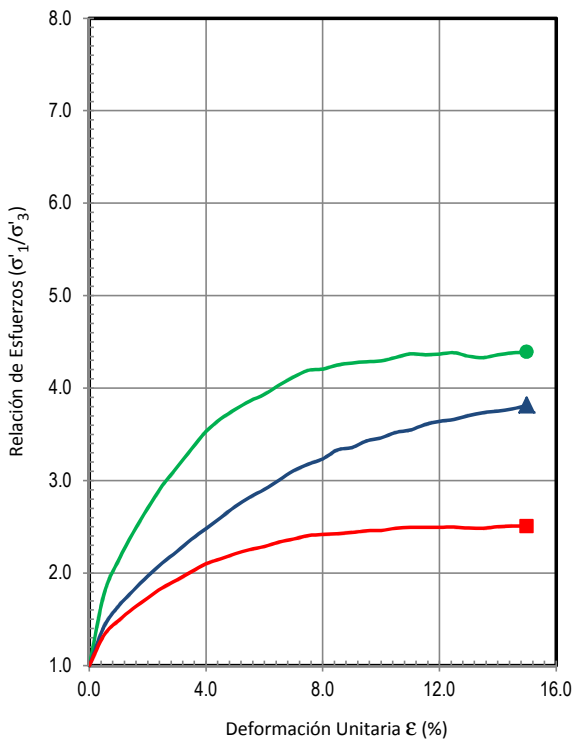
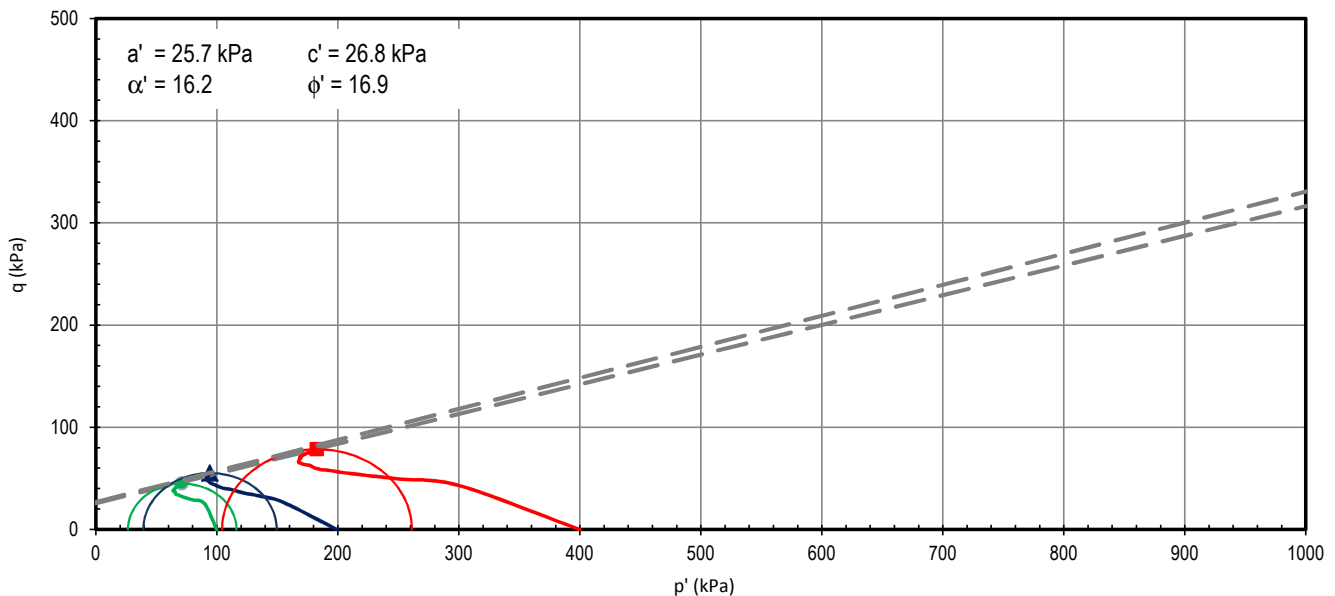
ESPECIMEN N° 03 - 400 kPa

Vertical Strain	Deviator Stress	Pore Pressure	Total Vertical Stress	Total Horizontal Stress	Efective Vertical Stress	Efective Horizontal Stress	Excess Pore Pressure	Effective p	q
%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	Kpa
0.0	0.0	694.9	1095.1	1095.1	400.2	400.2	0.0	400.2	0.0
0.5	249.7	849.8	1344.6	1094.9	494.8	245.1	154.9	370.0	124.9
1.0	273.8	863.8	1368.7	1094.9	504.9	231.1	168.9	368.0	136.9
1.5	283.7	871.6	1378.7	1095.0	507.1	223.4	176.7	365.2	141.8
2.0	288.2	876.4	1383.2	1095.0	506.8	218.6	181.5	362.7	144.1
2.5	291.0	879.7	1385.9	1094.9	506.2	215.3	184.8	360.7	145.5
3.0	292.6	881.9	1387.5	1094.9	505.6	213.0	187.0	359.3	146.3
3.5	294.1	883.5	1389.1	1095.0	505.6	211.5	188.6	358.5	147.1
4.0	294.5	884.7	1389.5	1095.0	504.8	210.3	189.8	357.6	147.3
4.5	295.5	885.7	1390.5	1095.0	504.8	209.4	190.8	357.1	147.7
5.0	295.9	886.4	1390.9	1095.0	504.5	208.6	191.5	356.6	147.9
5.5	296.2	886.9	1391.2	1095.0	504.3	208.1	192.1	356.2	148.1
6.0	297.2	887.4	1392.2	1095.0	504.8	207.6	192.5	356.2	148.6
6.5	298.8	887.7	1393.8	1095.0	506.1	207.3	192.8	356.7	149.4
7.0	299.2	888.0	1394.2	1095.0	506.2	207.0	193.1	356.6	149.6
7.5	300.2	888.2	1395.2	1095.0	507.0	206.8	193.3	356.9	150.1
8.0	301.1	888.4	1396.1	1095.0	507.7	206.6	193.5	357.2	150.6
8.5	302.1	888.5	1397.1	1095.0	508.7	206.6	193.6	357.6	151.1
9.0	303.1	888.6	1398.1	1095.0	509.5	206.4	193.7	357.9	151.6
9.5	304.7	888.6	1399.7	1095.0	511.1	206.4	193.7	358.7	152.3
10.0	306.2	888.8	1401.2	1095.0	512.5	206.2	193.9	359.3	153.1
10.5	306.6	888.7	1401.6	1095.0	512.9	206.3	193.8	359.6	153.3
11.0	307.6	888.7	1402.5	1094.9	513.8	206.2	193.8	360.0	153.8
11.5	309.2	888.6	1404.3	1095.1	515.6	206.5	193.7	361.1	154.6
12.0	310.2	888.6	1405.2	1095.0	516.6	206.4	193.7	361.5	155.1
12.5	310.0	888.6	1405.0	1095.0	516.4	206.4	193.7	361.4	155.0
13.0	311.5	888.5	1406.4	1094.9	518.0	206.5	193.6	362.2	155.8
13.5	313.1	888.4	1408.1	1095.0	519.7	206.6	193.5	363.1	156.5
14.0	314.6	888.2	1409.9	1095.3	521.7	207.1	193.3	364.4	157.3
14.5	315.6	888.2	1410.6	1095.0	522.5	206.8	193.3	364.7	157.8
15.0	316.6	888.0	1411.5	1094.9	523.5	206.9	193.1	365.2	158.3

Ensayo de Compresión Triaxial
Consolidado - No Drenado (CU)
(ASTM D 4767)

Informe 14D4767-047-002
Solicitante Gramsa Contratistas Generales S.A.
Proyecto Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo
Ubicación Chaviña-Lucanas-Ayacucho

Fecha 24-Nov-2014
Sondaje CPA-05
Muestra M-1
Prof. (m) 0.00-4.30



Símbolo		●	▲	■	
Ensayo N°		01	02	03	
Muestra		Remoldeado			
Inicio	Diámetro	mm	71.6	71.6	71.6
	Altura	mm	151.0	151.0	151.0
	Contenido de humedad	%	46.9	46.9	46.9
	Densidad Seca	N/m ³	9,213	9,213	9,213
	Saturación	%	67.6	67.6	67.6
	Relación de vacíos		1.874	1.874	1.874
Antes del Corte	Contenido de humedad	%	51.3	48.2	50.4
	Densidad Seca	N/m ³	11,107	11,511	11,212
	Saturación	%	100.0	100.0	100.0
	Relación de vacíos		1.380	1.300	1.360
Esfuerzo Efectivo Vertical Consolid.		kPa	99.8	199.1	399.8
Esfuerzo Cortante		kPa	44.9	55.2	78.4
Deformación en la Falla		%	15.0	15.0	15.0
Velocidad de Deformación		mm/min	0.075		
Gravedad Especifica Estimada			2.70		
Límite Líquido		%	-		
Límite Plástico		%	-		
Valor B			0.95	0.95	0.95

Observaciones:

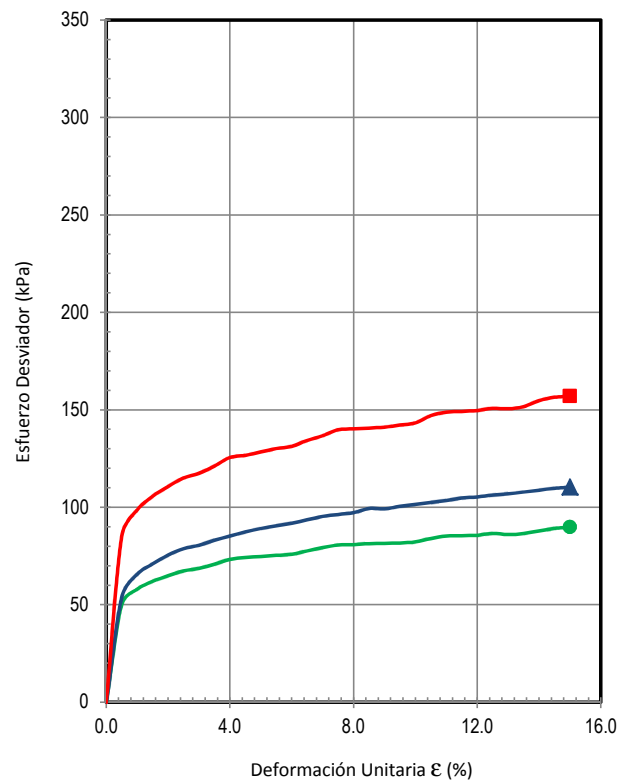
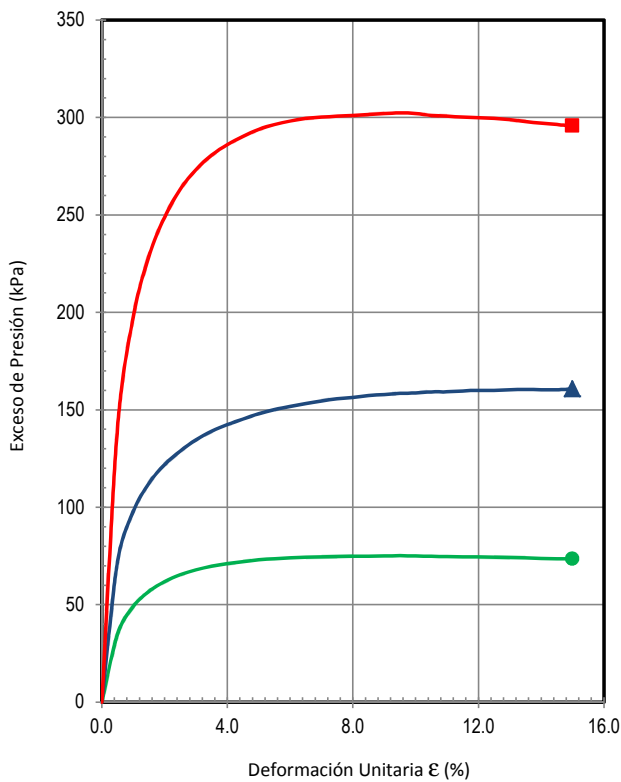
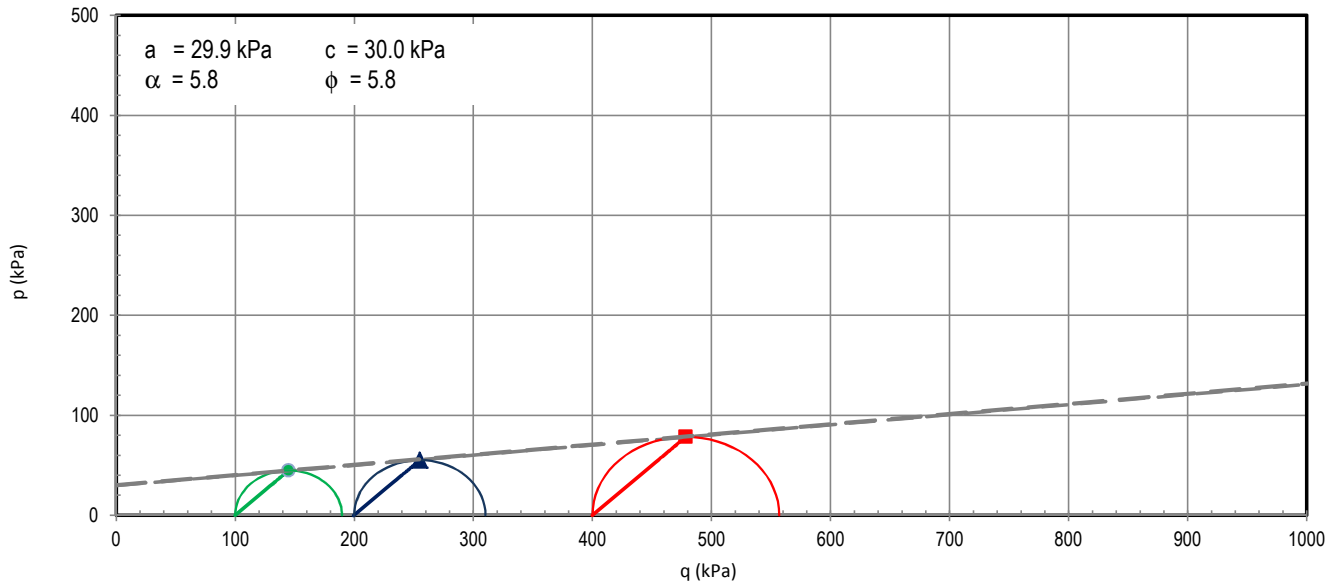
Los parámetros de resistencia del suelo del presente informe, podrán ser reinterpretados en caso de ser considerado pertinente por un profesional especialista en geotecnia.
Densidad Seca = 0.94 gr/cm³ y Contenido de Humedad = 46.9 %, datos proporcionados por el cliente.



Ensayo de Compresión Triaxial
Consolidado - No Drenado (CU)
(ASTM D 4767)

Informe 14D4767-047-002
Solicitante Gramsa Contratistas Generales S.A.
Proyecto Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo
Ubicación Chaviña-Lucanas-Ayacucho

Fecha 24-Nov-2014
Sondaje CPA-05
Muestra M-1
Prof. (m) 0.00-4.30



**Ensayo de Compresión Triaxial
 Consolidado - No Drenado (CU)
 (ASTM D 4767)**

Informe	14D4767-047-002	Fecha	24-Nov-14
Solicitante	Gramsa Contratistas Generales S.A.	Sondaje	CPA-05
Proyecto	Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo	Muestra	M-1
Ubicación	Chaviña-Lucanas-Ayacucho	Prof. (m)	0.00-4.30

ESPECIMEN N° 01 - 100 kPa

Vertical Strain	Deviator Stress	Pore Pressure	Total Vertical Stress	Total Horizontal Stress	Efective Vertical Stress	Efective Horizontal Stress	Excess Pore Pressure	Effective p	q
%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	Kpa
0.0	-0.1	615.02	714.9	715.0	99.8	99.9	0.0	99.9	-0.1
0.5	50.0	650.02	765.0	715.0	114.9	64.9	35.0	89.9	25.0
1.0	57.9	664.07	772.9	715.0	108.8	50.9	49.1	79.8	29.0
1.5	61.9	671.87	777.0	715.0	105.1	43.1	56.9	74.1	31.0
2.0	64.8	676.83	779.8	715.0	103.0	38.1	61.8	70.5	32.4
2.5	67.3	680.40	782.3	715.0	101.9	34.6	65.4	68.3	33.7
3.0	68.6	682.90	783.6	715.0	100.7	32.1	67.9	66.4	34.3
3.5	70.8	684.74	785.7	715.0	101.0	30.2	69.7	65.6	35.4
4.0	73.2	686.08	788.3	715.0	102.2	28.9	71.1	65.6	36.6
4.5	74.2	687.14	789.1	715.0	102.0	27.8	72.1	64.9	37.1
5.0	74.7	688.03	789.8	715.0	101.7	27.0	73.0	64.4	37.4
5.5	75.3	688.64	790.3	715.0	101.6	26.3	73.6	64.0	37.6
6.0	75.9	689.09	790.8	715.0	101.7	25.9	74.1	63.8	37.9
6.5	77.6	689.42	792.6	715.0	103.2	25.6	74.4	64.4	38.8
7.0	79.3	689.59	794.3	715.0	104.7	25.4	74.6	65.1	39.6
7.5	80.6	689.70	795.6	715.0	105.9	25.3	74.7	65.6	40.3
8.0	80.8	689.81	795.8	715.0	106.0	25.2	74.8	65.6	40.4
8.5	81.3	689.93	796.3	715.0	106.4	25.0	74.9	65.7	40.7
9.0	81.5	690.04	796.5	715.0	106.4	24.9	75.0	65.7	40.8
9.5	81.7	690.15	796.7	715.0	106.5	24.9	75.1	65.7	40.8
10.0	82.2	690.04	797.2	715.0	107.2	25.0	75.0	66.1	41.1
10.5	84.0	689.81	799.0	715.0	109.2	25.2	74.8	67.2	42.0
11.0	85.3	689.70	800.3	715.0	110.6	25.3	74.7	68.0	42.6
11.5	85.5	689.59	800.5	715.0	110.9	25.4	74.6	68.1	42.7
12.0	85.6	689.54	800.6	715.0	111.0	25.4	74.5	68.2	42.8
12.5	86.6	689.42	801.6	715.0	112.2	25.6	74.4	68.9	43.3
13.0	86.0	689.26	800.9	715.0	111.7	25.7	74.2	68.7	43.0
13.5	86.5	689.03	801.5	715.0	112.5	26.0	74.0	69.2	43.3
14.0	87.8	688.81	802.8	715.0	114.0	26.2	73.8	70.1	43.9
14.5	89.2	688.64	804.2	715.0	115.5	26.4	73.6	71.0	44.6
15.0	89.7	688.48	804.7	715.0	116.2	26.5	73.5	71.3	44.9

**Ensayo de Compresión Triaxial
Consolidado - No Drenado (CU)
(ASTM D 4767)**

Informe	14D4767-047-002	Fecha	24-Nov-14
Solicitante	Gramsa Contratistas Generales S.A.	Sondaje	CPA-05
Proyecto	Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo	Muestra	M-1
Ubicación	Chaviña-Lucanas-Ayacucho	Prof. (m)	0.00-4.30

ESPECIMEN N° 02 - 200 kPa

Vertical Strain	Deviator Stress	Pore Pressure	Total Vertical Stress	Total Horizontal Stress	Efective Vertical Stress	Efective Horizontal Stress	Excess Pore Pressure	Effective p	q
%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	Kpa
0.0	-0.6	695.1	894.3	894.9	199.1	199.7	0.0	199.4	-0.3
0.5	53.6	767.3	948.5	894.9	181.3	127.7	72.1	154.5	26.8
1.0	65.6	793.0	960.6	895.0	167.7	102.1	97.9	134.9	32.8
1.5	70.9	807.4	965.9	895.0	158.5	87.6	112.3	123.1	35.5
2.0	75.4	817.0	970.4	895.0	153.4	78.0	121.9	115.7	37.7
2.5	78.8	824.0	973.7	895.0	149.8	71.0	128.8	110.4	39.4
3.0	80.5	829.7	975.5	895.0	145.8	65.3	134.6	105.6	40.3
3.5	83.0	834.1	978.0	895.0	143.9	60.8	139.0	102.4	41.5
4.0	85.2	837.5	980.2	895.0	142.7	57.5	142.4	100.1	42.6
4.5	87.3	840.3	982.3	895.0	142.0	54.6	145.2	98.3	43.7
5.0	89.1	843.1	984.1	895.0	140.9	51.8	148.0	96.4	44.5
5.5	90.4	845.3	985.4	895.0	140.2	49.7	150.1	94.9	45.2
6.0	91.8	846.8	986.8	895.0	140.0	48.2	151.7	94.1	45.9
6.5	93.6	848.3	988.5	895.0	140.2	46.7	153.2	93.5	46.8
7.0	95.3	849.7	990.3	895.0	140.5	45.2	154.6	92.9	47.7
7.5	96.3	850.7	991.2	895.0	140.5	44.2	155.6	92.4	48.1
8.0	97.2	851.5	992.2	895.0	140.7	43.5	156.3	92.1	48.6
8.5	99.4	852.4	994.4	895.0	142.0	42.6	157.3	92.3	49.7
9.0	99.2	853.0	994.2	895.0	141.2	42.1	157.8	91.6	49.6
9.5	100.5	853.6	995.5	895.0	141.9	41.4	158.5	91.6	50.3
10.0	101.5	853.8	996.4	895.0	142.7	41.2	158.6	91.9	50.7
10.5	102.4	854.3	997.4	895.0	143.1	40.7	159.2	91.9	51.2
11.0	103.4	854.4	998.4	895.0	144.0	40.6	159.2	92.3	51.7
11.5	104.8	854.8	999.8	895.0	145.0	40.2	159.7	92.6	52.4
12.0	105.3	855.2	1000.4	895.0	145.2	39.9	160.0	92.5	52.7
12.5	106.3	855.1	1001.3	895.0	146.2	39.9	160.0	93.1	53.1
13.0	106.9	855.4	1001.8	895.0	146.4	39.5	160.3	93.0	53.4
13.5	107.8	855.6	1002.8	895.0	147.2	39.4	160.5	93.3	53.9
14.0	108.8	855.4	1003.7	895.0	148.3	39.5	160.3	93.9	54.4
14.5	109.7	855.4	1004.7	895.0	149.3	39.5	160.3	94.4	54.9
15.0	110.3	855.8	1005.3	895.0	149.5	39.2	160.7	94.4	55.2

**Ensayo de Compresión Triaxial
 Consolidado - No Drenado (CU)
 (ASTM D 4767)**

Informe	14D4767-047-002	Fecha	24-Nov-14
Solicitante	Gramsa Contratistas Generales S.A.	Sondaje	CPA-05
Proyecto	Análisis de Estabilidad Física del Tajo Apumayo	Muestra	M-1
Ubicación	Chaviña-Lucanas-Ayacucho	Prof. (m)	0.00-4.30

ESPECIMEN N° 03 - 400 kPa

Vertical Strain	Deviator Stress	Pore Pressure	Total Vertical Stress	Total Horizontal Stress	Efective Vertical Stress	Efective Horizontal Stress	Excess Pore Pressure	Effective p	q
%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	Kpa
0.0	-0.2	694.9	1094.7	1094.9	399.8	400.0	0.0	399.9	-0.1
0.5	85.0	835.8	1179.9	1094.9	344.1	259.1	140.9	301.6	42.5
1.0	98.6	892.3	1193.6	1095.0	301.2	202.7	197.4	252.0	49.3
1.5	105.6	923.7	1200.6	1095.0	276.8	171.3	228.8	224.1	52.8
2.0	110.6	943.7	1205.6	1095.0	261.9	151.3	248.8	206.6	55.3
2.5	115.0	958.1	1209.9	1094.9	251.8	136.8	263.2	194.3	57.5
3.0	117.4	968.2	1212.4	1095.0	244.3	126.9	273.3	185.6	58.7
3.5	121.1	975.6	1216.1	1095.0	240.6	119.4	280.7	180.0	60.6
4.0	125.5	980.9	1220.5	1095.0	239.6	114.1	286.1	176.8	62.8
4.5	126.6	985.2	1221.6	1095.0	236.4	109.8	290.3	173.1	63.3
5.0	128.4	988.8	1223.4	1095.0	234.6	106.2	293.9	170.4	64.2
5.5	130.1	991.3	1225.1	1095.0	233.9	103.7	296.4	168.8	65.1
6.0	131.2	993.1	1226.2	1095.0	233.2	101.9	298.2	167.6	65.6
6.5	134.3	994.4	1229.3	1095.0	234.9	100.6	299.5	167.7	67.1
7.0	136.7	995.1	1231.7	1095.0	236.6	99.9	300.2	168.3	68.4
7.5	139.8	995.5	1234.8	1095.0	239.2	99.5	300.6	169.4	69.9
8.0	140.2	996.0	1235.1	1094.9	239.1	98.9	301.1	169.0	70.1
8.5	140.6	996.4	1235.6	1095.0	239.2	98.6	301.5	168.9	70.3
9.0	141.1	996.9	1236.1	1095.0	239.2	98.1	302.0	168.7	70.5
9.5	142.2	997.3	1237.1	1094.9	239.8	97.6	302.4	168.7	71.1
10.0	143.3	996.9	1238.3	1095.0	241.4	98.1	302.0	169.8	71.6
10.5	147.0	996.0	1242.0	1095.0	246.0	99.0	301.1	172.5	73.5
11.0	148.8	995.5	1243.8	1095.0	248.2	99.5	300.6	173.8	74.4
11.5	149.2	995.1	1244.2	1095.0	249.1	99.9	300.2	174.5	74.6
12.0	149.6	994.9	1244.6	1095.0	249.8	100.2	300.0	175.0	74.8
12.5	150.7	994.4	1245.7	1095.0	251.3	100.6	299.5	176.0	75.4
13.0	150.5	993.7	1245.5	1095.0	251.8	101.3	298.8	176.5	75.3
13.5	151.6	992.8	1246.6	1095.0	253.8	102.2	297.9	178.0	75.8
14.0	154.7	991.9	1249.7	1095.0	257.7	103.1	297.1	180.4	77.3
14.5	156.4	991.3	1251.4	1095.0	260.2	103.7	296.4	182.0	78.2
15.0	156.9	990.6	1251.8	1094.9	261.2	104.3	295.7	182.8	78.4

ESTACIONES GEOMECAICAS
TAJO NORTE

Estación Geomecánica E - 1:



Caracterización Geomecánica

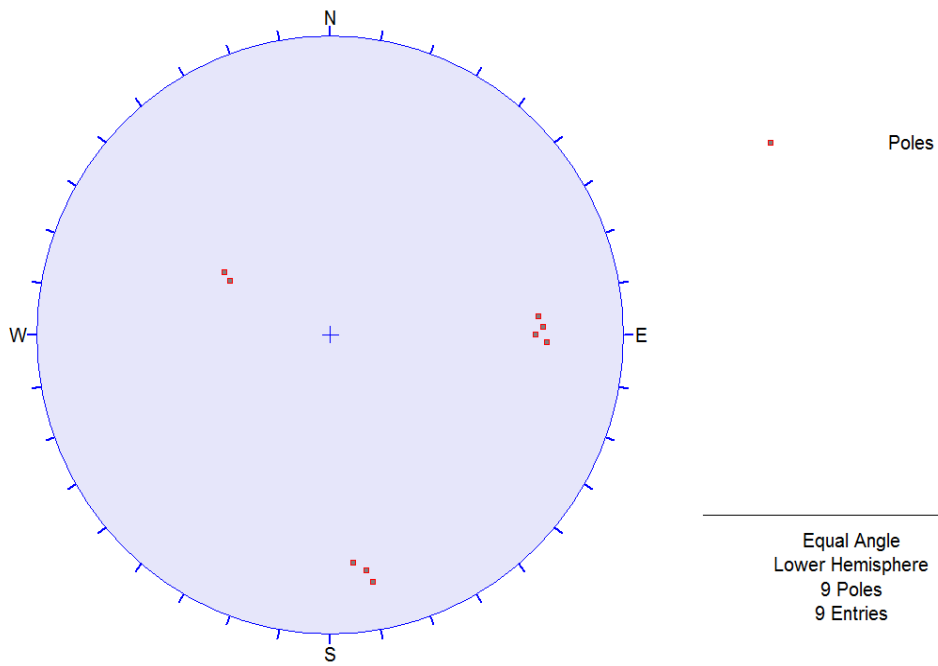
Estación	COORDENADAS UTM		RMR	RQD	Tipo de Roca
	ESTE	NORTE			
E - 1	616,936	8'34,5811	37	43	IV-A

ESTACIONES GEOMECANICAS TAJO NORTE

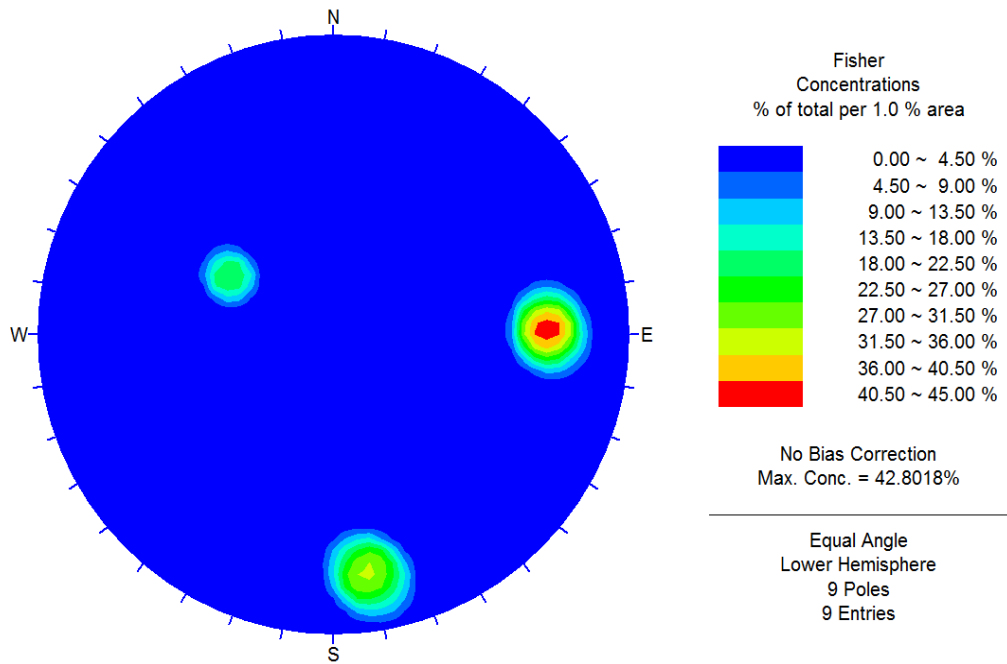
Estación Geomecánica E - 2:



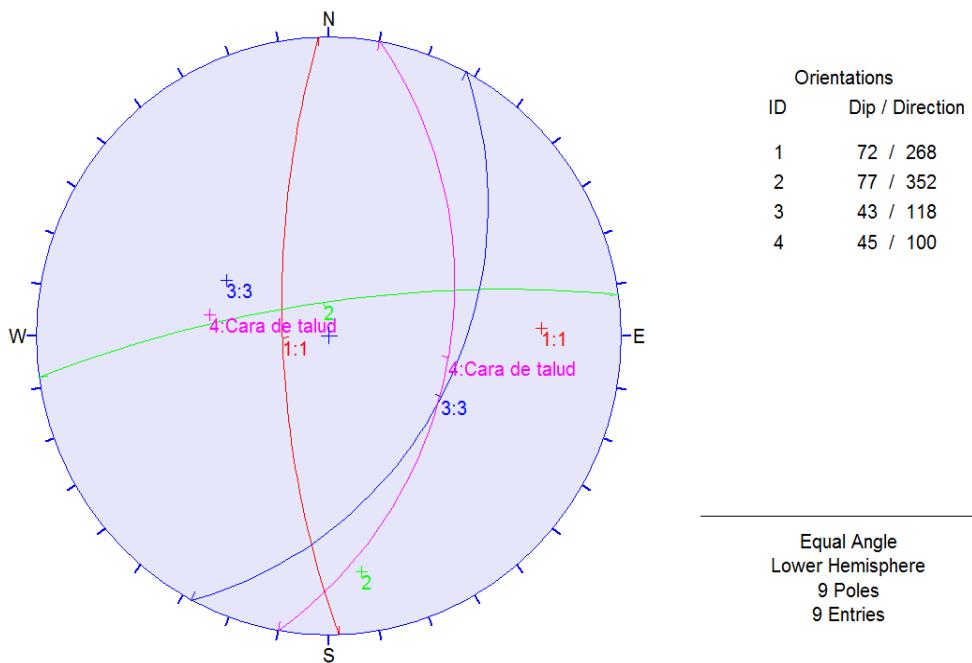
Plot:



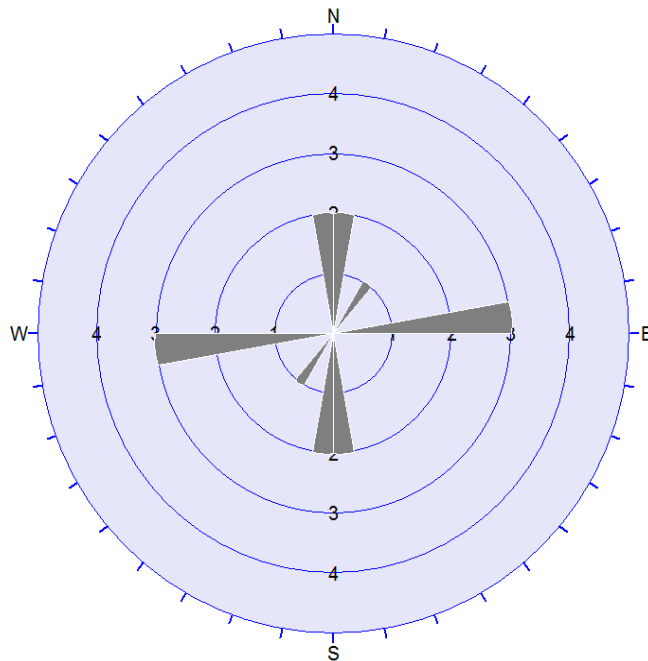
Curvas Isovaloricas:



Círculos Máximos:



Roseta de Informaciones :



Apparent Strike
5 max planes / arc
at outer circle

Trend / Plunge of
Face Normal = 0, 90
(directed away from viewer)

No Bias Correction

8 Planes Plotted
Within 45 and 90
Degrees of Viewing
Face

Dips Document Information

Document Name:

Estacion 02.dip

Document Title:

Document Setup:

Traverses: 0
Data is DIP/DIPDIRECTION format
Magnetic Declination (E pos): 0 degrees
Multiple Data Flag (Quantity) is OFF
3 Extra Data Columns
9 Poles from 9 Entries

Global Mean Vector:

Unweighted TREND/PLUNGE = 125.457/42.4292
Weighted TREND/PLUNGE = 125.457/42.4292
Unweighted DIP/DIPDIRECTION = 47.5708/305.457
Weighted DIP/DIPDIRECTION = 47.5708/305.457

Added Planes (via Add Plane Option):

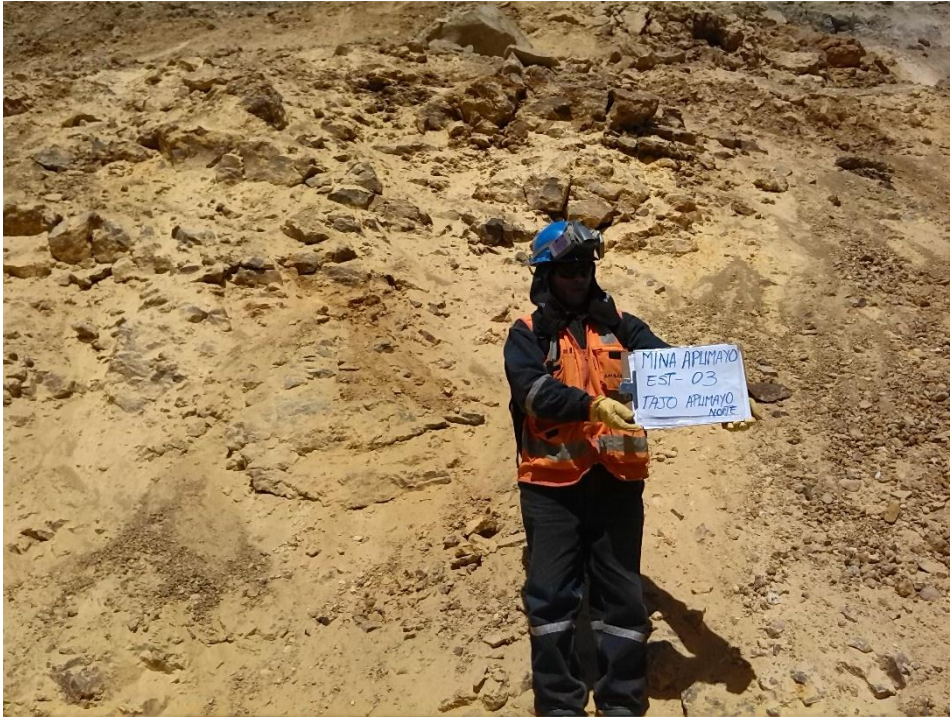
<u>ID</u>	<u>TREND/PLUNGE</u>	<u>DIP/DIPDIRECTION</u>	<u>LABEL</u>
1	88/18	72/268	1
2	172/13	77/352	2
3	298/47	43/118	3
4	280/45	45/100	Cara de talud

Caracterización Geomecánica

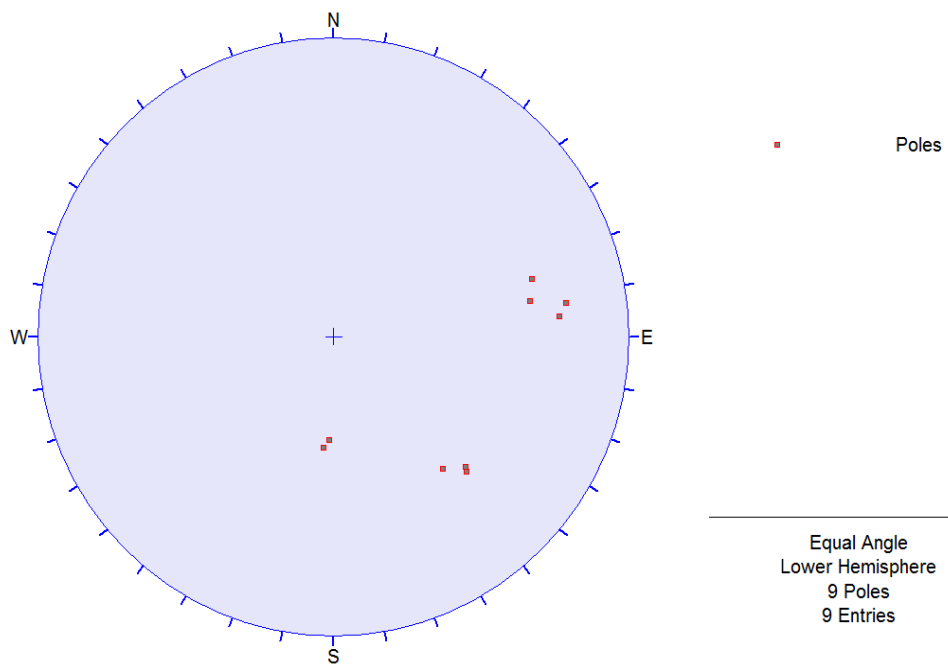
Estación	COORDENADAS UTM		RMR	RQD	Tipo de Roca
	ESTE	NORTE			
E - 2	616,816	8'34,5984	49	53	III-B

ESTACIONES GEOMECANICAS TAJO NORTE

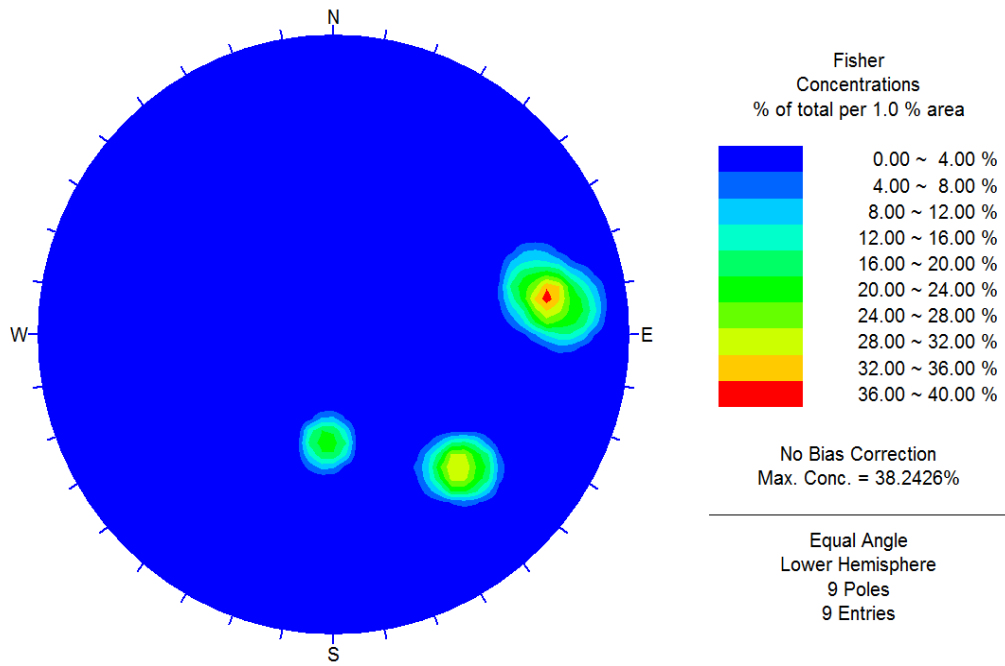
Estación Geomecánica E - 3:



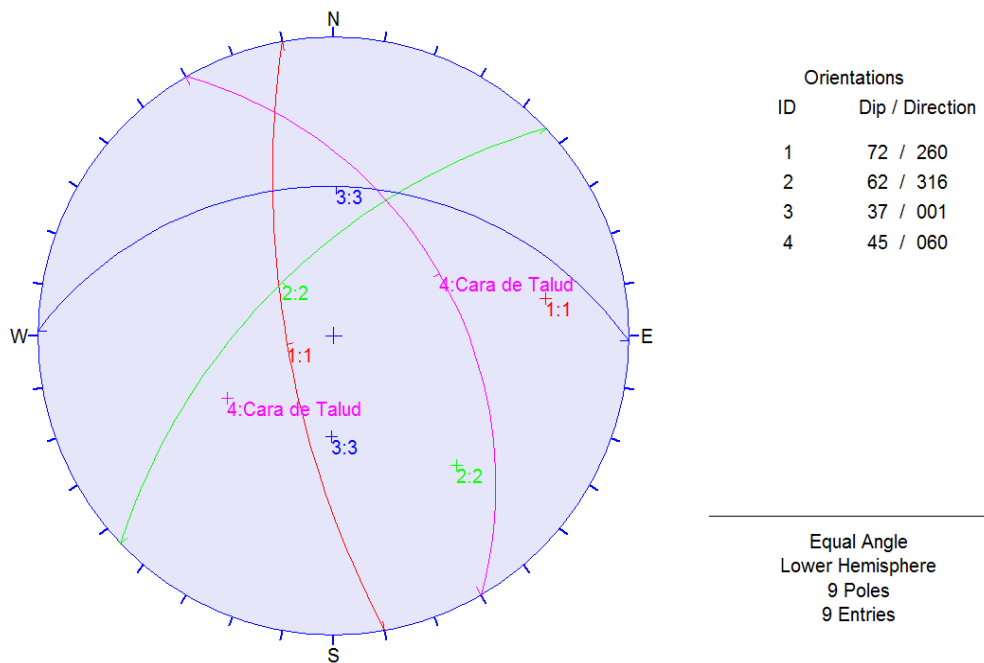
Plot:



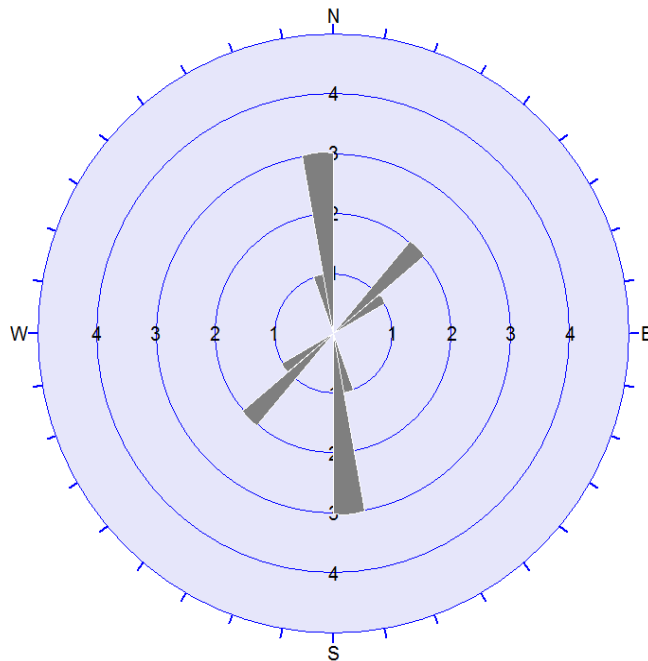
Curvas Isovaloricas:



Círculos Máximos:



Roseta de Informaciones :



Apparent Strike
5 max planes / arc
at outer circle

Trend / Plunge of
Face Normal = 0, 90
(directed away from viewer)

No Bias Correction

7 Planes Plotted
Within 45 and 90
Degrees of Viewing
Face

Dips Document Information

Document Name:
Estacion 03.dip

Document Title:

Document Setup:
Traverses: 0
Data is DIP/DIPDIRECTION format
Magnetic Declination (E pos): 0 degrees
Multiple Data Flag (Quantity) is OFF
3 Extra Data Columns
9 Poles from 9 Entries

Global Mean Vector:
Unweighted TREND/PLUNGE = 114.904/34.0476
Weighted TREND/PLUNGE = 114.904/34.0476
Unweighted DIP/DIPDIRECTION = 55.9524/294.904
Weighted DIP/DIPDIRECTION = 55.9524/294.904

Added Planes (via Add Plane Option):

<u>ID</u>	<u>TREND/PLUNGE</u>	<u>DIP/DIPDIRECTION</u>	<u>LABEL</u>
1	80/18	72/260	1
2	136/28	62/316	2
3	181/53	37/1	3
4	240/45	45/60	Cara de Talud

Caracterización Geomecánica

Estación	COORDENADAS UTM		RMR	RQD	Tipo de Roca
	ESTE	NORTE			
E - 3	616,810	834,5843	46	48	III-B

ESTACIONES GEOMECANICAS **TAJO NORTE**

Estación Geomecánica E - 4:



Caracterización Geomecánica

Estación	COORDENADAS UTM		RMR	RQD	Tipo de Roca
	ESTE	NORTE			
E - 4	616,916	8'34,6016	39	45	IV-A

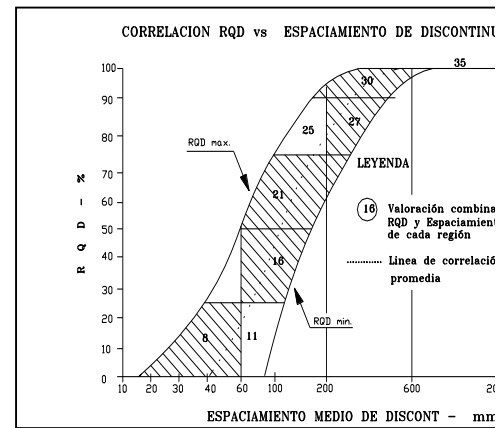
Anexo 2.2 Caracterización Geomecánica

DATOS DE MAPEO GEOMECANICO COMPAÑIA MINERA APUMAYO TAJO APUMAYO NORTE

LUGAR: **0616936/8345811**
NIVEL: **4188**
LABOR:

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA GALERIA		TRAMO		VALORACION D	
	RUMBO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA		
E-1			0	20		
TIPO DE ROCA					PARAMETRO	
A	%	B	%	Nº Fract. / ml.	R. COMPRE. UNIAXIAL (MPa)	
					250 (15) 100-250	
					RQD %	
					90-100 (20) 75-90	
TIPO ESTRUCC.	ORIENTACION		RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO (m)
	DIR. BUZAMIENT.	BUZAMIENTO	TIPO	ESPESOR		-2 (20) 0,6-2
D	56	81	2.0 mm	Ox,Arc		PERSISTENCIA
D	57	80	2.0 mm	Ox,Arc		<1m long. (6) 1-3 m Long.
D	58	83	1.5-2.0 mm	Ox,Arc		ABERTURA
						Cerrada (6) <0.1mm apert.
						RUGOSIDAD
						Muy rugosa (6) X Rugosa
						RELLENO
						Limpia (6) Duro < 5mm
						ALTERACION
						Sana (6) Lig. Alterada.
						AGUA SUBTERRANEA
						Seco (15) X Humedo
					VALOR TOTAL RMR (S)	
					CLASE DE M	
					RMR	100 - 81 80 - 61
					DESCRIPCION	I MUY BUENA II BUENA

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250



GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales.
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVI. ESPACIAMIENTO
1 > 2 m
2 0.6 - 2 m
3 0.2 - 0.6 m
4 0.06 - 0.2 m
5 < 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPO:
Ox OXIDO
Bx BRECHA
Arc ARCILLA
Pnz PANIZO
Cal CALCITA

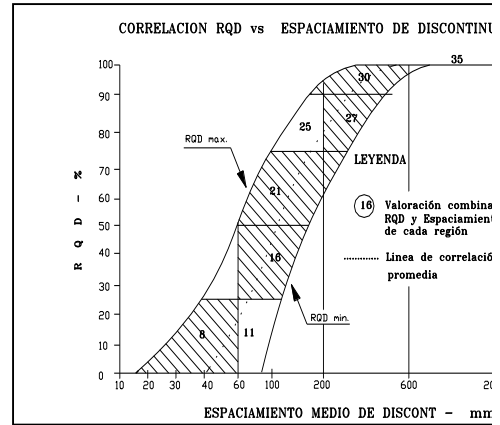
DATOS DE MAPEO GEOMECANICO CIEMSA GRAN TAJON NORTE

LUGAR:
NIVEL:
LABOR:

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA GALERIA		TRAMO		VALORACION D	
	TREND	PLUNGE	DESDE	HASTA		
E-1			0	20		
TIPO DE ROCA					PARAMETRO	
A	%	B	%	Nº Fract. / ml.	R. COMPRE. UNIAXIAL (MPa)	
					250 (15) 100-250	
					RQD %	
					90-100 (20) 75-90	
TIPO ESTRUCC.	ORIENTACION		RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO (m)
	DIR. BUZAMIENT.	BUZAMIENTO	TIPO	ESPESOR		-2 (20) 0,6-2
D	56	81	2.0 mm	Ox,Arc		PERSISTENCIA
D	57	80	2.0 mm	Ox,Arc		<1m long. (6) 1-3 m Long.
D	58	83	1.5-2.0 mm	Ox,Arc		ABERTURA
						Cerrada (6) <0.1mm apert.
						RUGOSIDAD
						Muy rugosa (6) X Rugosa
						RELLENO
						Limpia (6) Duro < 5mm

D						ALTERACION	Sana	(6)	Lig. Alterada.
D						AGUA SUBTERRANEA	X Seco	(15)	Humedo
D						VALOR TOTAL RMR (si			
D						CLASE DE M			
D						RMR	100 - 81		80 - 61
D						DESCRIPCION	I MUY BUENA		II BUENA

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250



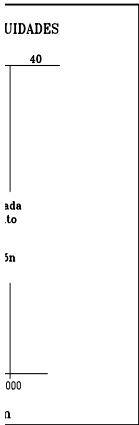
GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVI.	ESPACIAMIENTO
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPO:	
Ox	OXIDO
Bx	BRECHA
Arc	ARCILLA
Pnz	PANIZO
Cal	CALCITA

POR: R.T.P.
 FECHA: 26/09/2014
 HOJA: 1

MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
RANGO DE VALORES									VALORACI.		
VALOR ESTIMADO											
(12)	50-100	(7)	<input checked="" type="checkbox"/>	25-50	(4)	<input type="checkbox"/>	<25(2)	<5(1)	<1(0)	1	4
(17)	50-75	(13)	<input checked="" type="checkbox"/>	25-50	(8)	<input type="checkbox"/>	<25		(3)	2	8
(15)	0.2-0.6	(10)	<input checked="" type="checkbox"/>	0.06-0.2	(8)	<input checked="" type="checkbox"/>	< 0.06		(5)	3	5
(4)	0-10m	(2)	<input checked="" type="checkbox"/>	10-20 m	(1)	<input type="checkbox"/>	> 20 m		(0)	4A	1
(5)	<input checked="" type="checkbox"/> 0.1-1.0mm	(4)	<input type="checkbox"/>	1 - 5 mm	(1)	<input type="checkbox"/>	> 5 mm		(0)	4B	4
(5)	<input checked="" type="checkbox"/> Lig.rugosa	(3)	<input type="checkbox"/>	lisa	(1)	<input type="checkbox"/>	Espejo de falla		(0)	4C	3
(4)	<input checked="" type="checkbox"/> Duro> 5mm	(2)	<input type="checkbox"/>	Suave < 5 mm	(1)	<input type="checkbox"/>	Suave > 5 mm		(0)	4D	2
(5)	Mod.Alterada.	(3)	<input type="checkbox"/>	Muy Alterada.	(2)	<input checked="" type="checkbox"/>	Descompuesta		(0)	4E	0
(10)	Mojado	(7)	<input type="checkbox"/>	Boteco	(4)	<input type="checkbox"/>	Flujo		(0)	5	10
suma de valoracion de 1 al 5)											37
MACIZO ROCOSO											IV - A
60 - 41			40 - 21			20 - 0					
III REGULAR			IV MALA			V MUY MALA					



ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Min	Mineral
Cz	Caliza
Di	Diorita
Ar	Arenisca

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
D	DIACLASA
Fn	FALLA
V	VETA
E	ESTRATO
Vn	VENILLA
Gt	GRIETAS

ESPESORES DE RELLENO

COMENTARIOS ADICIONALES

POR: A.T.P.
 FECHA: 11/10/2011
 HOJA: 1

MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
RANGO DE VALORES									VALORACI.		
VALOR ESTIMADO											
(12)	50-100	(7)	<input checked="" type="checkbox"/>	25-50	(4)	<input type="checkbox"/>	<25(2)	<5(1)	<1(0)	1	4
(17)	50-75	(13)	<input checked="" type="checkbox"/>	25-50	(8)	<input type="checkbox"/>	<25		(3)	2	8
(15)	0.2-0.6	(10)	<input checked="" type="checkbox"/>	0.06-0.2	(8)	<input type="checkbox"/>	< 0.06		(5)	3	8
(4)	<input checked="" type="checkbox"/> 0-10m	(2)	<input type="checkbox"/>	10-20 m	(1)	<input type="checkbox"/>	> 20 m		(0)	4A	2
(5)	<input checked="" type="checkbox"/> 0.1-1.0mm	(4)	<input type="checkbox"/>	1 - 5 mm	(1)	<input type="checkbox"/>	> 5 mm		(0)	4B	4
(5)	Lig.rugosa	(3)	<input type="checkbox"/>	lisa	(1)	<input type="checkbox"/>	Espejo de falla		(0)	4C	5
(4)	Duro> 5mm	(2)	<input checked="" type="checkbox"/>	Suave < 5 mm	(1)	<input type="checkbox"/>	Suave > 5 mm		(0)	4D	1

(5)	Mod. Alterada.	(3)	<input checked="" type="checkbox"/> Muy Alterada.	(2)	Descompuesta	(0)	4E	2
(10)	Mojado	(7)	Soteco	(4)	Flujo	(0)	5	15
suma de valoracion de 1 al 5)								49

ACIZO ROCOSO			III - B
60 - 41	40 - 21	20 - 0	
III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	

UNIDADES

40

ida

to

5n

000

n

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Min	Mineral
Cz	Caliza
Di	Diorita
Ar	Arenisca

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
D	DIACLASA
Fn	FALLA
V	VETA
E	ESTRATO
Vn	VENILLA
Gt	GRIETAS

S DE RELLENO

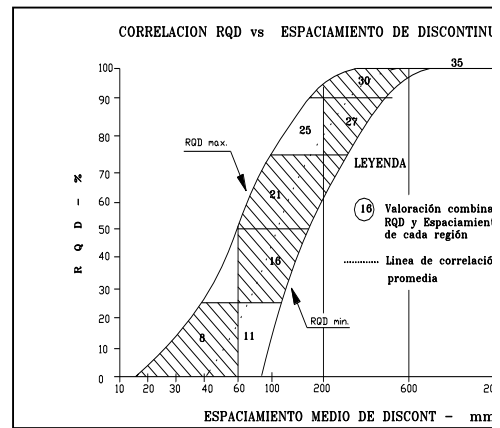
COMENTARIOS ADICIONALES

DATOS DE MAPEO GEOMECANICO
COMPAÑÍA MINERA APUMAYO
TAJO APUMAYO NORTE

LUGAR: **0616816/8345984**
 NIVEL: **4157**
 LABOR: _____

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA GALERIA		TRAMO		VALORACION D	
	RUMBO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA		
E-2			0	20		
TIPO DE ROCA					PARAMETRO	
A		B		FRECUENCIA FRACTURA	R. COMPRE. UNIAxIAL (MPa)	
	%	%	%	Nº Fract. / ml.	<250 (15) 100-250	
					RQD %	
					90-100 (20) 75-90	
TIPO ESTRUc.	ORIENTACION		RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO (m)
	DIR. BUZAMIENT.	BUZAMIENTO	TIPO	ESPEsOR		<2 (20) 0,6-2
D	270	70				PERSISTENCIA
D	268	72				<1m long. (6) 1-3 m Long.
D	265	71				CONDICION DE ABERTURA
D	272	73				Cerrada (6) <0.1mm apert.
D	350	80				DE RUGOSIDAD
D	351	77				Muy rugosa (6) X Rugosa
D	12	45				JUNTAS RELLENO
D	118	42				Limpia (6) Duro < 5mm
						ALTERACION
						Sana (6) Lig. Alterada.
						AGUA SUBTERRANEA
						X Seco (15) Humedo
					VALOR TOTAL RMR (S)	
					CLASE DE M	
					RMR	100 - 81 80 - 61
					DESCRIPCION	I MUY BUENA II BUENA

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250



GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMP.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVI. ESPACIAMIENTO
1 > 2 m
2 0.6 - 2 m
3 0.2 - 0.6 m
4 0.06 - 0.2 m
5 < 0.06 m

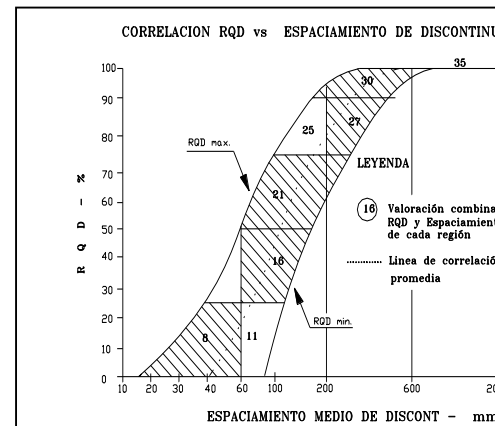
ABREVIATURAS DE TIPO
Ox OXIDO
Bx BRECHA
Arc ARCILLA
Pnz PANIZO
Cal CALCITA

DATOS DE MAPEO GEOMECANICO
COMPAÑÍA MINERA APUMAYO
TAJO APUMAYO NORTE

LUGAR: **0616810/8345843**
 NIVEL: **4146**
 LABOR: _____

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA GALERIA		TRAMO		VALORACION D	
	RUMBO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA		
E-3			0	20		
TIPO DE ROCA					PARAMETRO	
A		B		FRECUENCIA FRACTURA	R. COMPRE. UNIAxIAL (MPa)	
	%	%	Nº Fract. / ml.		<250 (15) 100-250	
					RQD %	
					90-100 (20) 75-90	
TIPO ESTRUc.	ORIENTACION		RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO (m)
	DIR. BUZAMIENT.	BUZAMIENTO	TIPO	ESPEsor		<2 (20) 0,6-2
D	265	75				PERSISTENCIA
D	262	77				<1m long. (6) 1-3 m Long.
D	260	68				CONDICION DE ABERTURA
D	254	70				Cerrada (6) <0.1mm apert.
D	320	60				DE RUGOSIDAD
D	315	65				Muy rugosa (6) Rugosa
D	314	64				JUNTAS RELLENO
D	5	41				Limpia (6) Duro < 5mm
D	2	38				ALTERACION
						Sana (6) Lig. Alterada.
						AGUA SUBTERRANEA
						X Seco (15) Humedo
					VALOR TOTAL RMR (S)	
					CLASE DE M	
					RMR	100 - 81 80 - 61
					DESCRIPCION	I MUY BUENA II BUENA

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250



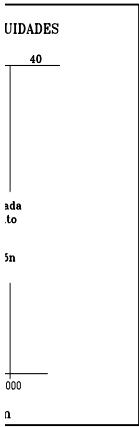
GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMP.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVI. ESPACIAMIENTO
1 > 2 m
2 0.6 - 2 m
3 0.2 - 0.6 m
4 0.06 - 0.2 m
5 < 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPO:
Ox OXIDO
Bx BRECHA
Arc ARCILLA
Pnz PANIZO
Cal CALCITA

POR: R.T.P.
 FECHA: 26/09/2014
 HOJA: 1

RANGO DE VALORES										VALORACI.
VALOR ESTIMADO										
(12)	X	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2)	<5(1)	<1(0)	1	7
(17)		50-75	(13)	X	25-50	(8)	<25		(3)2	8
(15)		0.2-0.6	(10)	X	0.06-0.2	(8)	< 0.06		(5)3	8
(4)		0-10m	(2)	X	10-20 m	(1)	> 20 m		(0)4A	1
(5)		0.1-1.0mm	(4)	X	1 - 5 mm	(1)	> 5 mm		(0)4B	1
(5)	X	Lig.rugosa	(3)		lisa	(1)	Espejo de falla		(0)4C	3
(4)		Duro> 5mm	(2)	X	Suave < 5 mm	(1)	Suave > 5 mm		(0)4D	1
(5)		Mod.Alterada.	(3)	X	Muy Alterada.	(2)	Descompuesta		(0)4E	2
(10)		Mojado	(7)		Gotero	(4)	Flujo		(0)5	15
suma de valoracion de 1 al 5)										46
MACIZO ROCOSO										III - B
60 - 41			40 - 21			20 - 0				
III REGULAR			IV MALA			V MUY MALA				



ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Min	Mineral
Cz	Caliza
Di	Diorita
Ar	Arenisca

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
D	DIACLASA
Fn	FALLA
V	VETA
E	ESTRATO
Vn	VENILLA
Gt	GRIETAS

S DE RELLENO

COMENTARIOS ADICIONALES

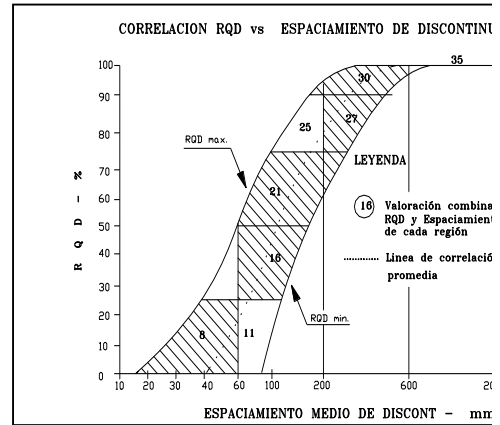
DATOS DE MAPEO GEOMECANICO
COMPAÑÍA MINERA APUMAYO
TAJO APUMAYO NORTE

LUGAR:
NIVEL:
LABOR:

0616916/8346016
4160

N° ESTACION	ORIENTACION DE LA GALERIA		TRAMO		VALORACION D					
	TREND	PLUNGE	DESDE	HASTA						
E-4			0	20						
TIPO DE ROCA					PARAMETRO					
A		%	B		%	N° Fract. / ml.				
					R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	<250 (15)	100-250			
					RQD %	90-100 (20)	75-90			
					ESPACIAMIENTO (m)	<2 (20)	0,6-2			
TIPO ESTRUc.	ORIENTACION		RELLENO		CONDICION DE JUNTAS					
	DIR. BUZAMIENT.	BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO	TIPO				PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long.
				ESPESOR				ABERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert.
				COMENTARIOS				RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa
								RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm
DESCOMPUESTO					ALTERACION	Sana (6)	Lig. Alterada.			
					AGUA SUBTERRANEA	X Seco (15)	Humedo			
VALOR TOTAL RMR (SI)										
CLASE DE M										
					RMR	100 - 81	80 - 61			
					DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA			

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

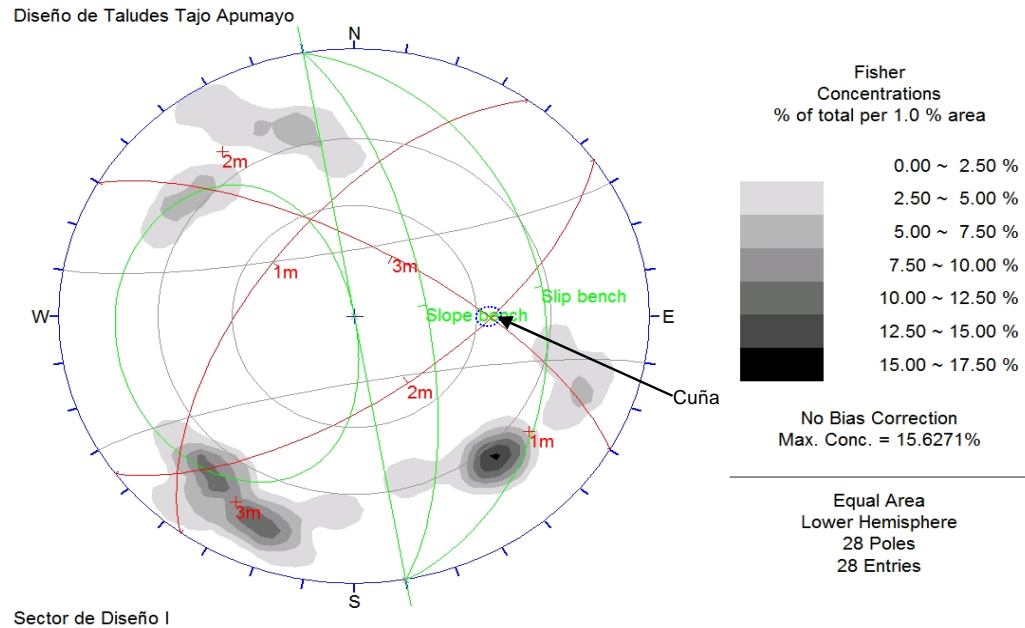


GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVI. ESPACIAMIENTO
1 > 2 m
2 0.6 - 2 m
3 0.2 - 0.6 m
4 0.06 - 0.2 m
5 < 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPO:
Ox OXIDO
Bx BRECHA
Arc ARCILLA
Pnz PANIZO
Cal CALCITA

Anexo III Distribución de las Discontinuidades (DIPS)



a) Estructuras menores

Tipo de roca:	Andesita		
Tipo de discontinuidad:	Junta		
Sets de discontinuidades:	Nº	Dip / Dip Direction	
	# 1	62 / 306	
	# 2	65 / 144	
	# 3	69 / 030	

Orientación del talud de banco

Buzamiento : 70°
 Dirección de buzamiento : 080°

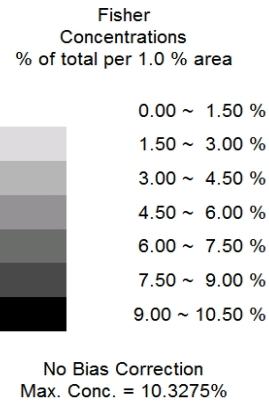
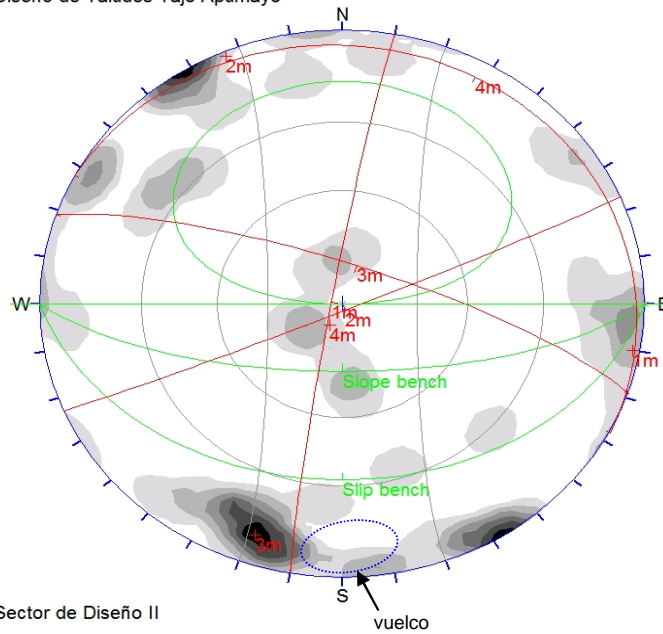
Modo de inestabilidad potencial: Cuña: potencial, sets (# 2, # 3)

Suposiciones y consideraciones de estabilidad:

- 1) Dirección de buzamiento nominal del Sector I es 080
- 2) Un ángulo de fricción de 34 se asumió para las discontinuidades
- 3) Inestabilidad por formación de cuña potencial se presenta en el talud de banco.
- 4) El talud de banco será definido por métodos cuantitativos.

ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE TAJO APUMAYO		
RESULTADOS DEL ANALISIS CINEMATICO TAJO APUMAYO SECTOR I		
FIGURA 4.1		

Diseño de Taludes Tajo Apumayo



Equal Area
Lower Hemisphere
42 Poles
42 Entries

Sector de Diseño II

a) Estructuras menores

Tipo de roca:	Brecha	
Tipo de discontinuidad:	Junta	
Sets de discontinuidades:	N°	Dip / Dip Direction
	# 1	87 / 280
	# 2	88 / 157
	# 3	78 / 019
	# 4	07 / 028

Orientación del talud de banco

Buzamiento : 70°
Dirección de buzamiento : 180°

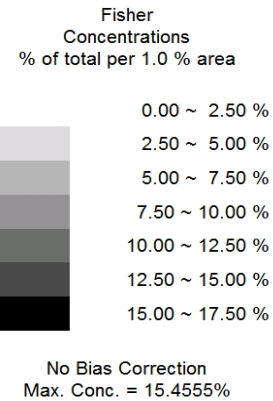
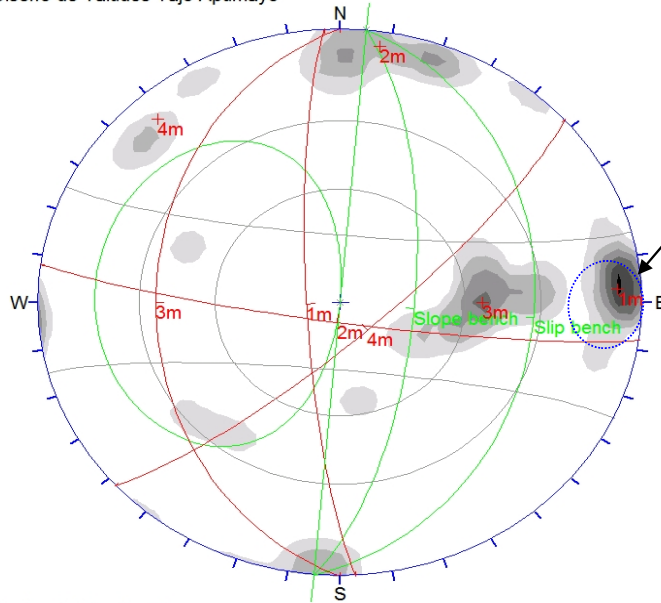
Modo de inestabilidad potencial: Vuelco: menor, set # 3

Suposiciones y consideraciones de estabilidad:

- 1) Dirección de buzamiento nominal del Sector II es 180
- 2) Un ángulo de fricción de 34 se asumió para las discontinuidades
- 3) Inestabilidad menor por vuelco se presenta en el talud de banco.
- 4) Talud de banco de 65 se recomienda.

ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES TAJO APUMAYO		
RESULTADOS DEL ANALISIS CINEMATICO TAJO APUMAYO SECTOR II		
FIGURA 4.2		

Diseño de Taludes Tajo Apumayo



Equal Area
Lower Hemisphere
35 Poles
35 Entries

Sector de Diseño III

a) Estructuras menores

Tipo de roca:	Brecha		
Tipo de discontinuidad:	Junta		
Sets de discontinuidades:	Nº	Dip / Dip Direction	
	# 1	81 / 267	
	# 2	84 / 188	
	# 3	39 / 270	
	# 4	79 / 138	

Orientación del talud de banco

Buzamiento : 70°
Dirección de buzamiento : 095°

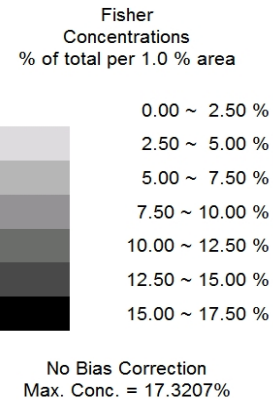
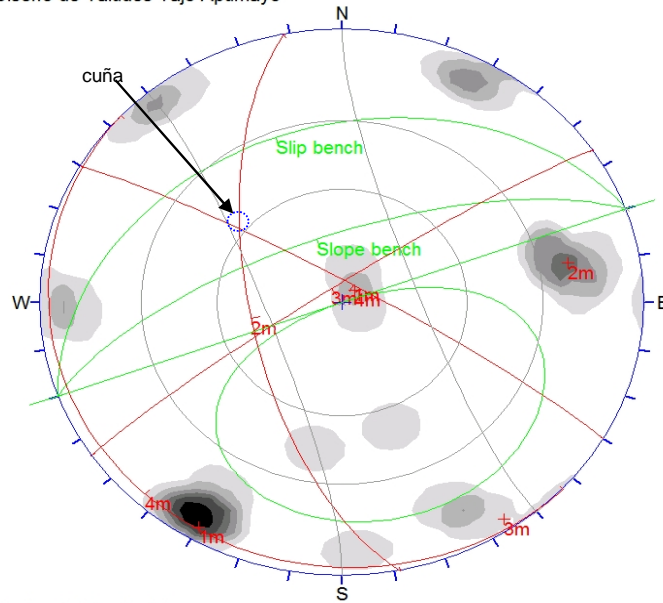
Modo de inestabilidad potencial: Vuelco: potencial, set # 1

Suposiciones y consideraciones de estabilidad:

- 1) Dirección de buzamiento nominal del Sector III es 095
- 2) Un ángulo de fricción de 34 se asumió para las discontinuidades
- 3) Inestabilidad potencial por vuelco se presenta en talud de banco.
- 4) Se recomienda un talud de banco de 65 .

	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE TAJO APUMAYO		
	RESULTADOS DEL ANALISIS CINEMATICO TAJO APUMAYO SECTOR III		
	FIGURA 4.3		

Diseño de Taludes Tajo Apumayo



Equal Area
Lower Hemisphere
22 Poles
22 Entries

Sector de Diseño IV

a) Estructuras menores

Tipo de roca:	Andesita	
Tipo de discontinuidad:	Junta	
Sets de discontinuidades:	Nº	Dip / Dip Direction
	# 1	84 / 030
	# 2	65 / 259
	# 3	85 / 326
	# 4	05 / 223

Orientación del talud de banco

Buzamiento : 70°
Dirección de buzamiento : 340°

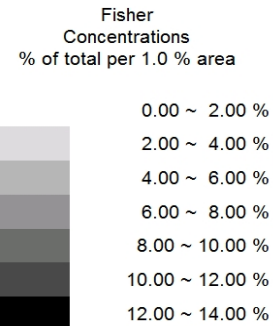
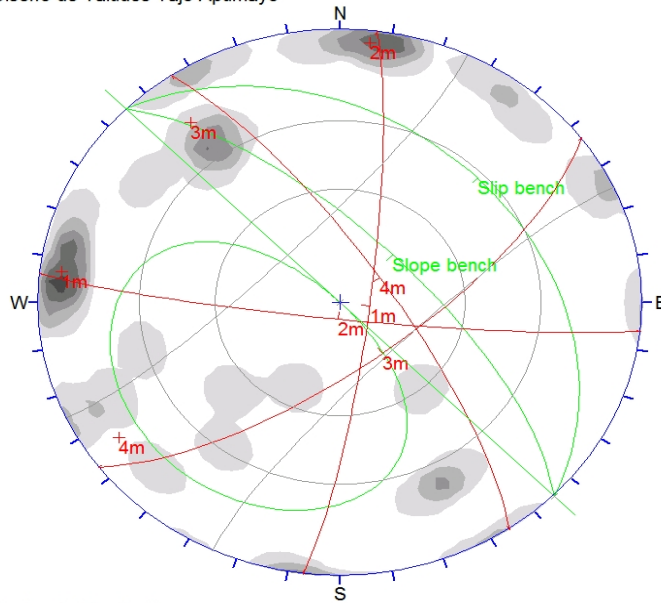
Modo de inestabilidad potencial: Cuña: potencial, sets (# 1, # 2)

Suposiciones y consideraciones de estabilidad:

- 1) Dirección de buzamiento nominal del Sector IV es 340
- 2) Un ángulo de fricción de 34 se asumió para las discontinuidades
- 3) Inestabilidad potencial por formación de cuñas se presenta en el talud de banco.
- 4) El talud de banco sera definido por metodos cuantitativos.

ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE TAJO APUMAYO		
RESULTADOS DEL ANALISIS CINEMATICO TAJO APUMAYO SECTOR IV		
FIGURA 4.4		

Diseño de Taludes Tajo Apumayo



No Bias Correction
Max. Conc. = 10.9269%

Equal Area
Lower Hemisphere
28 Poles
28 Entries

Sector de Diseño V

a) Estructuras menores

Tipo de roca:	Brecha		
Tipo de discontinuidad:	Junta		
Sets de discontinuidades:	Nº	Dip / Dip Direction	
	# 1	82 / 097	
	# 2	85 / 186	
	# 3	71 / 143	
	# 4	77 / 056	

Orientación del talud de banco

Buzamiento : 70°
Dirección de buzamiento : 045°

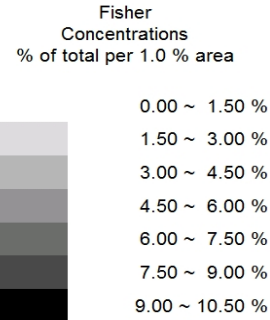
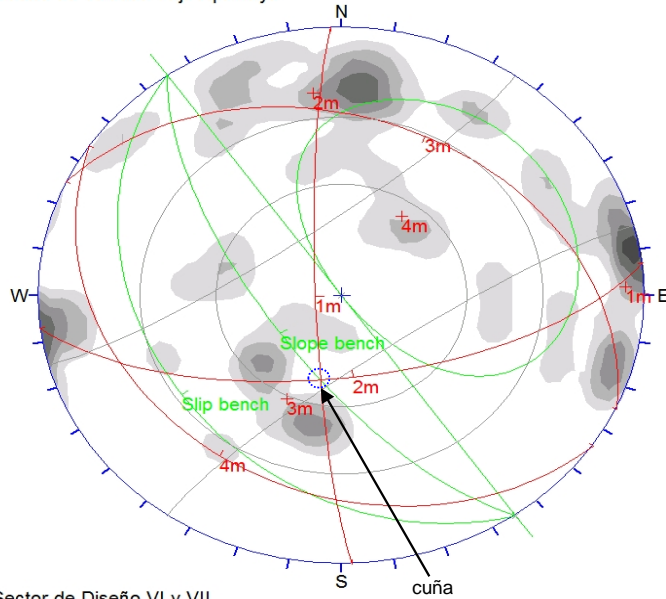
Modo de inestabilidad potencial: Falla: planar, set (# 4), si talud > 75°
Vuelco: juntas aleatorias

Suposiciones y consideraciones de estabilidad:

- 1) Dirección de buzamiento nominal del Sector V es 045
- 2) Un ángulo de fricción de 34 se asumió para las discontinuidades
- 3) Arreglo estructural adverso insignificante en el talud de banco.
- 4) Es probable alcanzar un talud de banco de 70 .

	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE TAJO APUMAYO		
	RESULTADOS DEL ANALISIS CINEMATICO TAJO APUMAYO SECTOR V		
	FIGURA 4.5		

Diseño de Taludes Tajo Apumayo



No Bias Correction
Max. Conc. = 8.4497%

Equal Area
Lower Hemisphere
58 Poles
58 Entries

Sector de Diseño VI y VII

a) Estructuras menores

Tipo de roca:	Brecha	
Tipo de discontinuidad:	Junta	
Sets de discontinuidades:	Nº	Dip / Dip Direction
	# 1	83 / 268
	# 2	65 / 173
	# 3	35 / 025
	# 4	29 / 214

Orientación del talud de banco

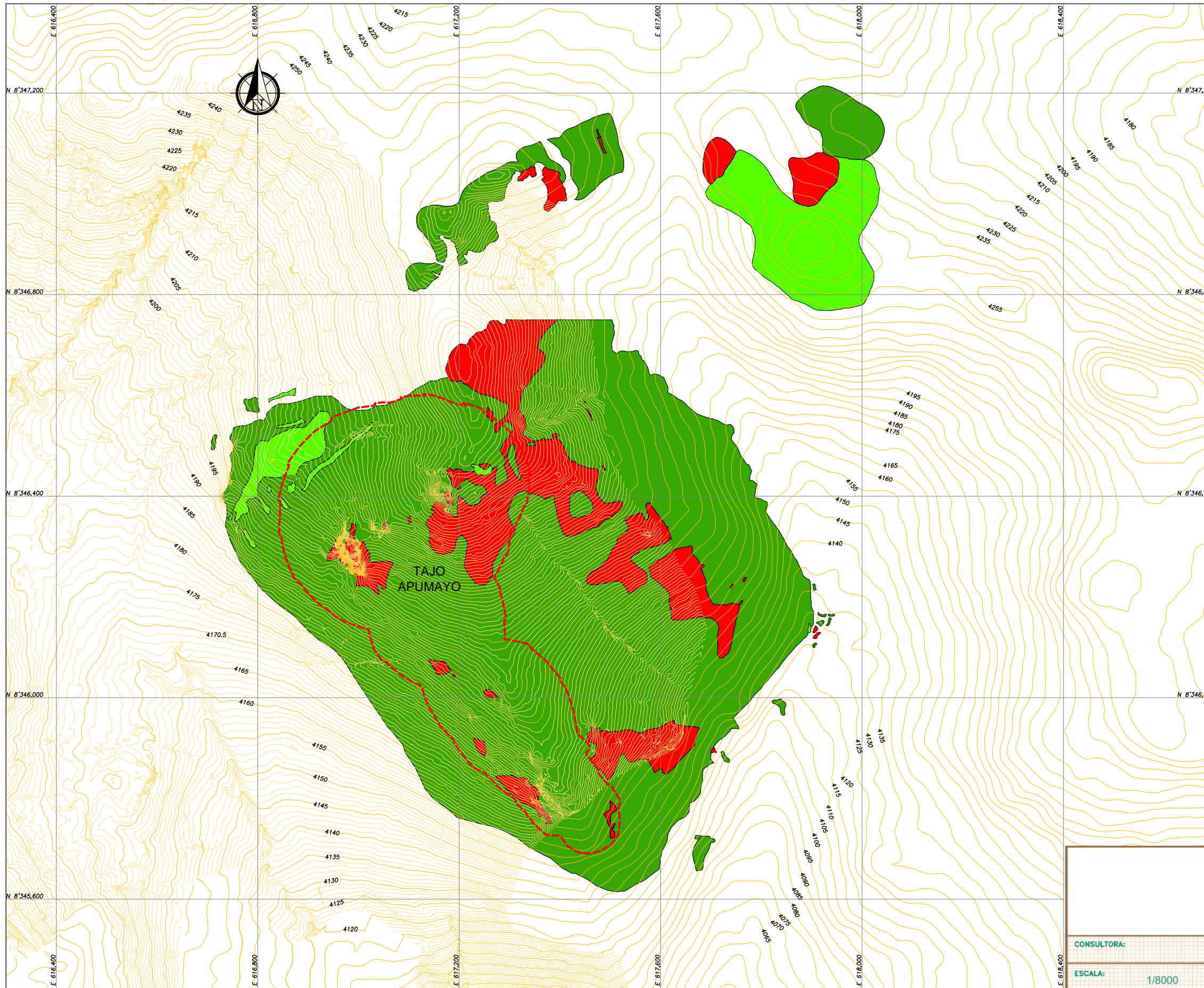
Buzamiento : 70°
Dirección de buzamiento : 235°

Modo de inestabilidad potencial: Falla: planar, set # 4, estable
Cuña: sets (# 1, # 2)

Suposiciones y consideraciones de estabilidad:

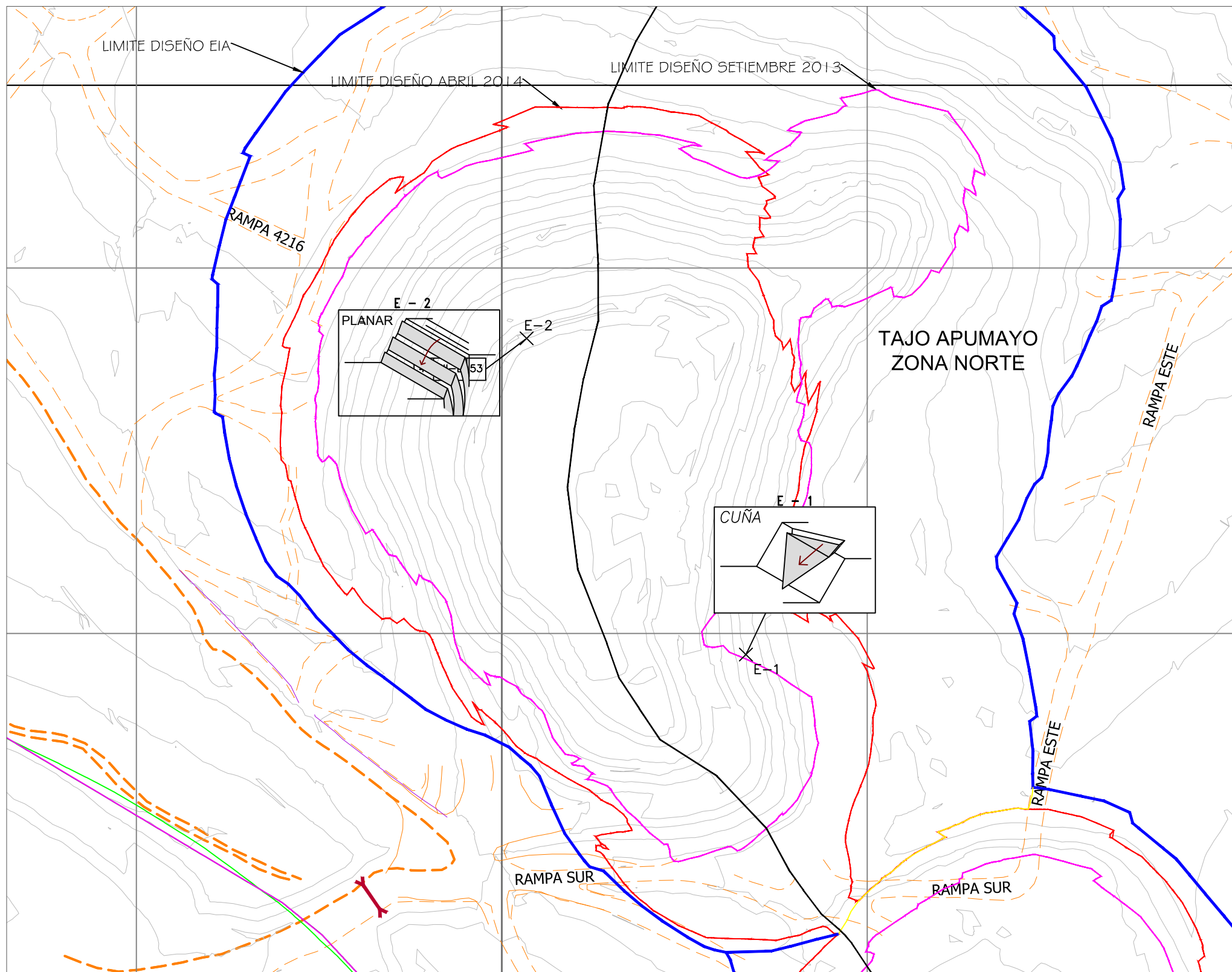
- 1) Dirección de buzamiento nominal del Sector VI y VII es 235
- 2) Un ángulo de fricción de 34 se asumió para las discontinuidades
- 3) Inestabilidad tipo cuña menor se presenta en el talud de banco.
- 4) Un talud de banco de 70 es probable alcanzar.

	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES		
	DE TAJO APUMAYO		
	RESULTADOS DEL ANALISIS CINEMATICO TAJO APUMAYO SECTORES VI Y VII		
	FIGURA 4.6		

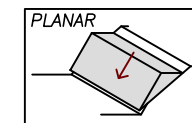


SIMBOLOGIA:	
	CURVAS DE NIVEL DEL TERRENO EXISTENTE
	LIMITE DEL TAJO
	CONTACTO LITOLOGICO
LITOLOGIA	
	ANDESITA
	BRECHA

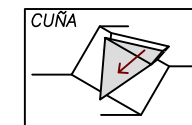
CONSULTORA:		FECHA:	Marzo 2017
ESCALA:		DISEÑO:	E. Cruzado
TITULO:		GIS:	E. Cruzado
REVISION:		REVISADO:	
APROBADO:			
<p style="text-align: center;">PLANO GEOLÓGICO</p>			
<p style="text-align: center;">MODELO GEOMECANICO "TAJO NORTE"</p>		PLANO:	GEO - 01



LEYENDA	
Est. Geomecánica	E N°
Grilla	—
Curvas Mayores	—
Curvas Menores	—
Limite Final del Tajo	—
Acceso	—



FALLA PLANAR

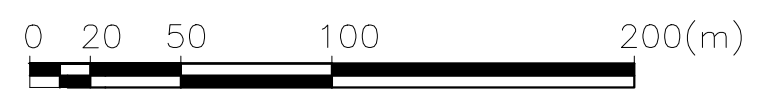
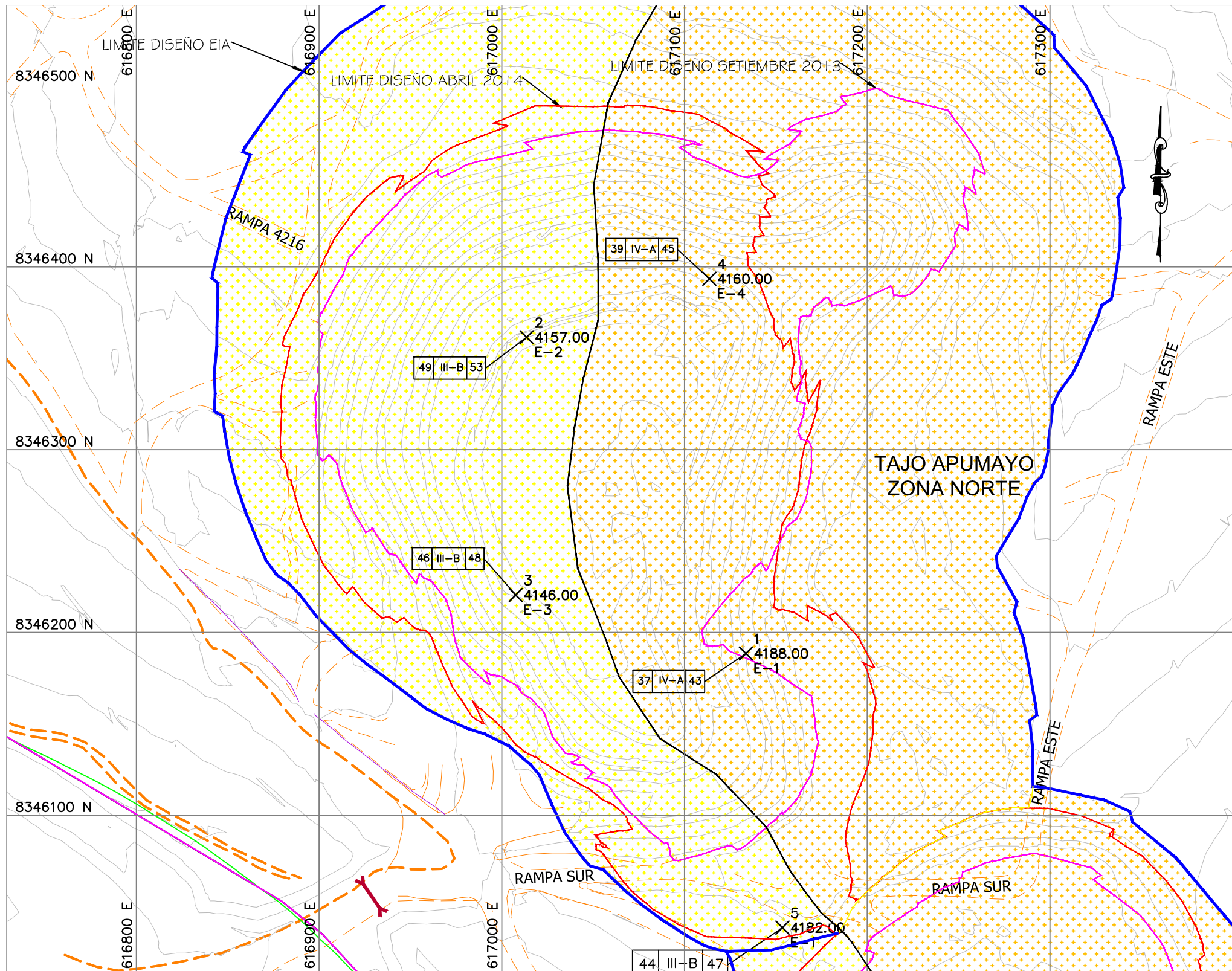


FALLA TIPO CUÑA



ESCALA 1:2500

CONSULTORA:		FECHA:	Marzo 2017	
ESCALA:		1/2500	REVISIÓN:	A
TÍTULO:		PLANO ESTRUCTURAL		
MODELO GEOMECANICO "TAJO NORTE"		PLANO:	GEO - 02	



ESCALA 1:2500

Sistema RMR		
RMR	Calidad	
< 20	Muy Mala	V
21 a 30	Mala B	IV b
31 a 40	Mala A	IV a
41 a 50	Regular B	III b
51 a 60	Regular A	III a
61 a 80	Buena	II
81 a 100	Muy Buena	I

LEYENDA		
Est. Geomecánica		E N°
Grilla		—
Curvas Mayores		—
Curvas Menores		—
Limite Final del Tajo		—
Acceso		—
	RMR	CLASE RQD
	67	II-B 62

GEOMECANICA - Tajo Norte

LEYENDA - Calidad de Roca		
CLASE	RMR	DESCRIPCION
	41 - 50	Regular B
	31 - 40	MALA A

CONSULTORA:	FECHA: Marzo 2017
ESCALA: 1/2500	REVISIÓN: A
TÍTULO: PLANO DE ZONIFICACION GEOMECANICA	REVISADO:
MODELO GEOMECANICO "TAJO NORTE"	APROBADO:
	PLANO: GEO - 03