

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Determinar los parámetros geométricos para la estabilidad del tajo Huamanloma NW-Cía.
Minera Apumayo S.A.C.2019

Presentado por:

Mafaela Lopinta Quispe

Para optar el Título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS GEOMÉTRICOS PARA LA ESTABILIDAD DEL TAJO HUAMANLOMA NW – CÍA. MINERA APUMAYO S.A.C. 2019.”

Presentado por: **Bach. MAFAELA LOPINTA QUISPE**, para optar el título de:
INGENIERO DE MINAS

Sustentado y aprobado el 19 de marzo del 2021 ante el jurado:

Presidente:


Mg. Feliciano Escobedo Silva

Primer Miembro:


Ing. Hilario Carrasco Kolque

Segundo Miembro:


Ing. Darío D. Sánchez Castillo

Asesor:


Dr. Leoncio T. Carrero Carrero

ii



Agradecimientos

Expreso mi gratitud al Dr. Leoncio Teófilo Carnero Carnero, por sus valiosos consejos y recomendaciones como asesor, las que hicieron posible la culminación del presente trabajo.

A minera Apumayo S.A.C., Unidad económica Apumayo, por permitirme desarrollar esta tesis. A los Ingenieros Roció, Wilson y Eduardo por sus importantes enseñanzas y constante apoyo.

Asimismo, agradezco a mi madre: Bertha Quispe Carbajal, por su apoyo abnegado para hacer de sus hijos profesionales, quien me apoyo de manera incondicional. Igualmente agradezco a mis hermanos por su motivaron y apoyo desprendido en la culminación de este trabajo.

A la memoria de mi padre que me dio la vida, que a pesar de haberlo perdido a muy temprana edad, ha estado siempre acompañándome desde la eternidad.

Mi agradesimiento a dios, por darme la vida, salud, felicidad y sabiduría.



Dedicatoria

A Dios, quien me regala la sabiduría y el valor para enfrentar los retos me pone la vida

A mi abnegada e inseparable amiga mi madre, hermanos y a la memoria de mi querido padre, por su apoyo incondicional, enseñanzas y eterna paciencia.

A Ing. Oliver Gago Porras, superintendente de la unidad minera Apumayo, por darme la oportunidad y las facilidades para el desarrollo de la presente investigación.



“Determinar los parámetros geométricos para la estabilidad del tajo Huamanloma NW-Cía.
Minera Apumayo S.A.C.2019”

Línea de investigación: Geología, geotecnia y medio ambiente

Esta publicación está bajo una licencia Creative Commons



INDICE

INDICE.....	I
INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA	7
1.2.1. Problema General.....	7
1.2.2. Problemas Específicos	7
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	7
CAPÍTULO II.....	8
OBJETIVOS E HIPOTESIS	8
2.1. OBJETIVOS.....	8
2.1.1. Objetivo General.....	8
2.1.2. Objetivos Específicos.....	8
2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.2.1. Hipótesis General.....	8
2.2.2. Hipótesis Específica.....	8
2.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES	8
2.3.1. Variable Independiente	8
2.3.2. Variable dependiente.....	9
2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	9
CAPITULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	10
3.1. ANTECEDENTES	10
3.1.1. A nivel internacional.....	10
3.1.2. A nivel Nacional	11
3.1.3. A nivel Local.....	16
3.2. GENERALIDADES DE LA MINA	16
3.2.1. Ubicación geográfica del Estudio	16
3.2.2. Accesibilidad a la mina	17
3.2.3. Aspectos generales de la mina Apumayo	18
3.2.4. Área de concesión	18
3.2.5. Recursos minerales	18
3.2.6. Aspectos geológicos.....	19



3.2.7. Geología local	20
3.2.8. Geología estructural	20
3.2.9. Hidrogeología	21
3.2.10. Ciclo de minado	21
3.2.11. Cierre de Mina	25
3.2.12. Ambiente Biológico	25
3.2.13. Seguridad y salud ocupacional.....	25
3.2.14. Área de estudio Social	26
3.3. MARCO REFERENCIAL / BASE TEÓRICA.....	26
3.3.1. Parámetros geométricos	26
3.3.2. Estabilidad Física de taludes	31
3.3.3. Comportamiento del Material	35
3.3.4. Litología.....	36
3.3.5. Estructuras Geológicas.....	39
3.3.6. Presencia de Agua.....	40
3.4. DEFINICIÓN DE TERMINOS / MARCO CONCEPTUAL.....	40
3.4.1. Parámetros geométricos	41
3.4.2. Ancho de berma	41
3.4.3. Altura de banco	41
3.4.4. Angulo de banco	41
3.4.5. Ángulo global.....	41
3.4.6. Altura interrampa	42
3.4.7. Ángulo interrampa	42
3.4.8. Berma.....	42
3.4.9. Factor de seguridad	42
3.4.10. Condición estática	43
3.4.11. Condición Pseudoestática	43
3.4.12. Criterio de rotura de Mohr Coulomb	43
3.4.13. Criterio de rotura de Hoek-Brown	43
3.4.14. Diseño de tajos abiertos	43
3.4.15. Límite final del tajo.....	43
3.4.16. Tajo abierto	44
3.4.17. Talud	44
3.4.18. Deslizamientos	44
3.4.19. Programa computacional SLIDE V.6.0 (Versión estudiantil)	44
3.4.20. Métodos de análisis de estabilidad de taludes.....	45
3.4.21. Método de equilibrio limite	45
3.4.22. Estabilización por modificación geométrica.....	47
3.4.23. Parámetros que afectan la estabilidad	48
3.4.24. SMR	52
3.4.25. Índice Q.....	53
3.4.26. Tipos de rotura de las estructuras Geológicas.....	54
CAPÍTULO IV.....	60
METODOLOGÍA.....	60



4.1.	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	60
4.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	61
4.2.1.	Población.....	61
4.2.2.	Muestra	61
4.3.	PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	61
4.4.	MATERIAL DE INVESTIGACIÓN	62
4.4.1.	Instrumentos de Investigación	63
4.4.2.	Plan de Tratamiento de Datos	63
CAPÍTULO V		65
RESULTADOS Y DISCUSIONES		65
5.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS	65
5.1.1.	Caracterización Geológica	65
5.2.	INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS	68
5.2.1.	Calicatas	68
5.2.2.	Ensayos de densidad de campo	70
5.2.3.	Estaciones geomecánicas	72
5.2.4.	Perforaciones geotécnicas	73
5.2.5.	Ensayos de Laboratorio.....	75
5.2.6.	Caracterización Geomecánica.....	85
5.2.7.	Parámetros geotécnicos.....	90
5.2.8.	Análisis Geomecánico	93
5.2.9.	Condiciones de agua subterránea.....	97
5.2.10.	Peligro sísmico.....	97
5.2.11.	Análisis por el método de equilibrio Limite	99
5.2.12.	Diseño de taludes	106
5.3.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	122
5.3.1.	Hipotesis Estadísticas.....	122
5.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	125
5.4.1.	Resultados y Definición de los Parámetros Geotécnicos.....	125
5.4.2.	Análisis Geomecánico en talud.....	127
5.4.3.	Ejecución de Análisis en condiciones Estáticas y Pseudo estáticas.....	136
5.4.4.	Determinación de los parámetros geométricos óptimos del talud	136
CAPÍTULO VI.....		138
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		138
6.1.	CONCLUSIONES	138
6.2.	RECOMENDACIONES	140
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		142
ANEXOS		146



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Resultados de factor de seguridad para el material Sílice Masiva.....	5
Figura 2 Ubicación de los componentes de la Unidad Minera Apumayo.....	17
Figura 3 En la foto de lado izquierdo se muestra la Brecha hidrotermal cortando al tufo; en cambio en la imagen de margen derecha se muestra una brecha hidrotermal.....	20
Figura 4 Diagrama del proceso de minado de la unidad Minera Apumayo.....	21
Figura 5 Se muestra los parámetros geométricos de un talud de mina.	27
Figura 6 Grafico controles del ángulo de talud inter rampa.....	31
Figura 7 Análisis pseudoestático de una falla curva.	35
Figura 8 Representación de Buzamiento y dirección de Buzamiento de un plano.	40
Figura 9 Métodos de cálculo para análisis de estabilidad de taludes.	45
Figura 10 Paralelismo de las fuerzas entre dovelas en el método Spencer	47
Figura 11 Métodos de estabilización de taludes por excavación	48
Figura 12 Modificación de las trayectorias de los esfuerzos horizontales originales como consecuencia de la excavación.	50
Figura 13 Representación gráfica de un fracturamiento mediante el diagrama de Schmidt. .	54
Figura 14 Grado de fracturamiento desordenada	55
Figura 15 Representación mediante el diagrama de Shmidt del deslizamiento de un bloque a lo largo de un plano.	55
Figura 16 Condiciones para la rotura Plana	56
Figura 17 Diagrama de Shmidt, mostrando rotura tipo Cuña	57
Figura 18 Condiciones para la rotura en cuña	57
Figura 19 Diagrama de Shmidt, donde se presenta una rotura tipo Vuelco	58
Figura 20 Gráfico de rotura en basculamiento.	59
Figura 21 plano Geológico estructural a nivel superficial.....	66
Figura 22 Brecha Hidrotermal cortando al Tufo	67
Figura 23 Modelo Geológico del Tajo Huamanloma NW en base a alteraciones	68
Figura 24 Plano de Clasificación del Macizo Rocosó y ubicación de las estaciones geomecánica	90
Figura 25 Secciones críticas de análisis y sección de detalle 2-2'	103



Figura 26	Resultados de factor de seguridad para el material “Clay” o arcilla.....	109
Figura 27	Resultados de factor de seguridad para el material Sílice “Clay”.....	111
Figura 28	Resultados de factor de seguridad para el material Sílice Masiva.	112
Figura 29	Resultados de factor de seguridad para el material Sílice Granular Deleznable. .	113
Figura 30	Resultados de factor de seguridad para el material Sílice Granular Moderada. ...	114
Figura 31	Esquema de diseño de ancho de rampa.....	120
Figura 32	Gráfico de parámetros geométricos de la zona 1.	120
Figura 33	Campana de Gauss de los Factores de Seguridad determinados.	122



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Factores geotécnicos del suelo	15
Tabla 2	Ubicación geográfica Mina Apumayo.....	16
Tabla 3	Ruta hacia el Campamento Apumayo	17
Tabla 4	Concesiones Mineras	18
Tabla 5	Criterio de diseño operativo del Pad de Lixiviación	24
Tabla 6	Criterios de aceptabilidad típicos para F.S estático y pseudoestático.	33
Tabla 7	Valores de K recomendados para el análisis pseudoestático.....	34
Tabla 8	Clasificación de RQD	38
Tabla 9	Clasificación del macizo rocoso determinado del total de Ratings.	38
Tabla 10	Clasificación de Barton de los macizos rocosos (Índice de calidad Q).....	53
Tabla 11	Variables e Indicadores	9
Tabla 12	Resumen de Calicatas	69
Tabla 13	Resumen de ensayos de densidad natural.....	71
Tabla 14	Resumen de estaciones geomecánicas.....	72
Tabla 15	Resumen de perforaciones geotécnicas	73
Tabla 16	Resumen de perforaciones infill drilling	74
Tabla 17	Resumen de los resultados de los ensayos de carga puntual	77
Tabla 18	Resumen de los resultados de ensayos de compresión uniaxial - Sondaje.....	78
Tabla 19	Resumen de los resultados de ensayos de compresión uniaxial - Estaciones Geomecánicas y Calicatas	79
Tabla 20	Resumen de los resultados de ensayos de compresión triaxial – Sondajes.....	81
Tabla 21	Resumen de los resultados de ensayos de compresión triaxial - Estaciones geomecánicas y Calicatas	82
Tabla 22	Resumen de ensayos de propiedades físicas de la roca - Sondajes	84
Tabla 23	Resumen de ensayos de propiedades físicas de la roca - Estaciones geomecánicas y Calicatas	85
Tabla 24	87
Tabla 25	Resumen RMR	88
Tabla 26	Resumen de valoración del GSI	89
Tabla 27	Parámetros de resistencia de la masa rocosa	92



Tabla 28 Resumen de propiedades de los Suelos	93
Tabla 29 Resumen de familias de discontinuidades	94
Tabla 30 Resumen de familias de discontinuidades por dominio estructural	96
Tabla 31 Aceleraciones Horizontales Máximas del Análisis Probabilístico	98
Tabla 32 Factores de seguridad típicos - Criterio de aceptabilidad (Read y Stacey, 2009) ..	100
Tabla 33 Resumen de análisis de estabilidad de bancos.....	102
Tabla 34 Resumen de resultados de análisis de estabilidad - Tajo Huamanloma NW- Diseño Inicial.....	105
Tabla 35 Resultados de factores de seguridad – “Clay”o arcilla.....	109
Tabla 36 Resultados de factores de seguridad - Sílice “Clay”	110
Tabla 37 Resultados de factores de seguridad - Sílice Masiva.....	111
Tabla 38 Resultados de factores de seguridad - Sílice Granular Deleznable	112
Tabla 39 Resultados de factores de seguridad - Sílice Granular Moderada.....	114
Tabla 40 Resumen de parámetros geométricos recomendado.....	121
Tabla 41 Resumen de resultados de análisis de estabilidad - Tajo Huamanloma NW.....	121
Tabla 42 Parámetros de resistencia de la masa rocosa	126
Tabla 43 Resumen de propiedades de los Suelos	127
Tabla 44 Resumen de familias de discontinuidades por dominio estructural	128
Tabla 45 Resumen de análisis de estabilidad de bancos.....	135
Tabla 46 Resumen de parámetros geométricos recomendado.....	136
Tabla 47 Resumen de resultados de análisis de estabilidad - Tajo Huamanloma NW.....	137
Tabla 48 Resumen de parámetros geométricos recomendados	138
Tabla 49	139
Tabla 50	139



INTRODUCCIÓN

Considerándose que la investigación se realizó en la mina a tajo abierto Apumayo en la región de Ayacucho, Para la explotación de tajos abiertos es necesario definir los parámetros geométricos que sirven para establecer un diseño de tajo adecuado y conformación de un talud: altura, ancho y ángulos operativos; que actúan en forma conjunta para garantizar la estabilidad de los mismos en el tajo y evitar procesos de inestabilidad durante la etapa operativa. Se eligió el tema de investigación a fin de solucionar una problemática presente, además de motivar a profesionales mineros que se inclinen al área de geotecnia, por ser hoy la geotecnia el área que va de la mano con las áreas productivas de mina; la geología, planeamiento y operaciones mineras, tanto en procesos de minado de tajos como apilamiento de desmonte y pilas de seguridad de procesamiento de mineral por lixiviación. De acuerdo a la visualización de alcance el presente trabajo de investigación es Transversal – Descriptivo, cuya población está compuesta por la mina Apumayo y la muestra para el tema de análisis, el Tajo Huamanloma NW. Respecto a la metodología, es una investigación realizada en campo en ella se ha obtenido las muestras para los ensayos de laboratorio, procesamiento de datos y la aplicación de herramientas computarizadas. La determinación de características de las familias de discontinuidades en el tajo se ha realizado por mapeo geomecánico, se ha realizado ensayos de laboratorio con muestras tomadas de campo para determinar las características geotécnicas de la roca intacta (resistencia a la compresión, ángulo de fricción, cohesión, etc.). Se ha utilizado el software roclab y el criterio de rotura de Hoek and Brown y Morh Coulomb para determinar las propiedades de resistencia del macizo rocoso. El análisis de estabilidad se ha determinado por equilibrio límite mediante el software Slide y obteniendo factores de seguridad en condiciones estáticas y pseudo estáticas para finalmente definir la sección de talud óptimo analizado en software.

En todo diseño es necesario partir del conocimiento geotécnico, interpretando la variabilidad de litologías existentes en las zonas de trabajo, durante el proceso operativo de los Tajos Apumayo y Ayahuanca se observó la presencia de material de baja resistencia (“clay” o arcilla y sílice granular deleznable) en los taludes, condiciones que no fueron considerados al ejecutar el diseño de los tajos, afectando la viabilidad del proyecto y condicionando técnica y económicamente los trabajos operacionales. Por tal razón es necesario determinar los



parámetros geométricos óptimos para garantizar la estabilidad del tajo y no generar sobrecostos operacionales.

La investigación realizada en la zona de estudio, plantea como objetivo principal determinar los parámetros geométricos para la estabilidad del Tajo Huamanloma NW en la etapa operativa y cierre.

El análisis de estabilidad de taludes no es una tarea fácil. Variables como la forma de la pendiente, el nivel del agua subterránea, la resistencia sísmica, la estratificación del suelo y sus propiedades de corte. Ofrecen una amplia gama de combinaciones de fuerzas de reacción y efectos para evaluación. Sin embargo, este proyecto de investigación tiene como objetivo armonizar estas variables y asignarlas a través de una metodología que garantice su estabilidad en la aplicación. Todos estos aspectos se resumen en los siguientes temas: El Capítulo 1 describe un problema que se está investigando a partir de la necesidad de determinar los parámetros geométricos del talud que justifican el diseño del tajo Huamanelloma NW. El Capítulo II describe la razón fundamental para respaldar y completar el conocimiento analítico descrito. Parámetros geométricos de taludes, parámetros que afectan la estabilidad, modos de falla, métodos de estabilidad, métodos de análisis de estabilidad de taludes, revisiones sísmicas cinemáticas, diseño a cielo abierto, NS. El capítulo III, describe el diseño metodológico para la ejecución del proyecto, contiene la definición de variables, hipótesis de la investigación, tipo y diseño de la investigación y el procedimiento que se siguió en la investigación. El capítulo IV, describe los resultados y análisis de datos, donde se destaca la esencia de la investigación. El capítulo V, se exponen las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos de la investigación.



RESUMEN

La forma final del talud representa la optimización del par en términos de seguridad y economía. Por tanto, para estudiar la estabilidad de taludes a cielo abierto, es necesario acceder directamente a los documentos de interés para determinar la forma de la excavación. Esta forma tiene en cuenta la determinación de los ángulos de inclinación individuales, los ángulos generales, el tamaño de la orilla y la altura del banco. En función a parámetros geológicos, geotécnicos, hidrogeológicos e hidrogeológicos, etc. Este estudio se realizó con el objetivo de determinar los parámetros geométricos para asegurar la estabilidad del NW Tajo de Huamanloma de acuerdo con la petrología existente. Para los planes de estudio, no es experimental y utiliza un plan descriptivo transversal para tomar muestras de suelo de una vez y explicar las variables y su análisis. Impacto de la realización de trabajos geotécnicos. Los cálculos muestrados del Huamanloma NW Taje de la empresa minera Apumayo SAC determinan los parámetros óptimos para el talud y logran su estabilidad. La metodología empleada para la realización de este trabajo se basó en determinar los parámetros geométricos del talud, con la recopilación de información necesaria para el análisis de la estabilidad de taludes, las muestras de campo y ensayos de laboratorio se ejecutaron de acuerdo a las unidades litológicas; para posteriormente realizar un análisis de datos en función a los cambios geométricos haciendo uso de herramientas tecnológicas “Software” y la interpretación y/o cuantificación de los parámetros geométricos. En la ejecución de trabajos de campo se utilizó como instrumentos; equipos mecánicos (perforadoras, excavadora, etc.), equipos manuales (GPS, martillo de Geólogo, etc.). Los resultados evidencian la variabilidad de los parámetros geométricos en función a la litología existente en el tajo. Por lo tanto, se puede concluir que la metodología utilizada determinó los parámetros óptimos de diseño geométrico del talud para asegurar la estabilidad del talud. Es importante destacar que los valores obtenidos y analizados se obtuvieron de un total de 39 pruebas comparadas en condiciones estáticas y pseudoestáticas. El método utilizado para evaluar la forma óptima se realiza considerando el área de fractura no circular utilizando el método de Spencer para el análisis de pendientes, teniendo en cuenta el equilibrio entre fuerza y momento. La determinación de parámetros geométricos de diseño, se desarrolló para cada alteración, con la finalidad de obtener una configuración geométrica de taludes locales, interrampa y globales. Llegando a la conclusión de sectorizar o zonificar 04 áreas dentro del área de estudio. De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad con los parámetros recomendados, los factores de seguridad a nivel global e interrampa cumplen con el mínimo establecido por los criterios de aceptabilidad en las condiciones actuales y de cierre progresivo.

Palabras clave: *Parámetros Geométricos, Estabilidad de Tajo, Factor de Seguridad Estática, Factor de Seguridad Pseudoestático, Estabilización por Modificación Geométrica y Estudio Geotécnico.*



ABSTRACT

The final geometry of the pit represents the optimization of a binomial that involves safety and economy, thus the study of the stability of the slopes of an open pit mine implies the determination of the excavation geometry with direct access to the material of interest and as safely as possible. This geometry contemplates the determination of individual slope angles, global angle, berm dimensions and bank height, based on geological, geotechnical, hydrogeological and hydrogeological parameters, etc. The study was carried out with the purpose of demonstrating that the determination of the geometric parameters affects the design and stability of the Huamanloma NW Tagus according to the existing lithology. Regarding the research design, it is of the non-experimental type, the type of design to be used is the cross-sectional-descriptive design, since soil samples were taken at a single moment, in a single time in order to describe the variables and analyze the influence it has when performing geotechnical calculations and thus determine the optimal parameters of the slope and achieve its stability, the Tajo Huamanloma NW belonging to the mining company Apumayo SAC was taken as a sample. The methodology used to carry out this work was based In determining the geometric parameters of the slope, with the compilation of information necessary for the analysis of slope stability, field samples and laboratory tests were executed according to lithological units; to later perform a data analysis based on geometric changes using technological tools "Software" and the interpretation and / or quantification of geometric parameters. In the execution of field work it was used as instruments; mechanical equipment (drilling machines, excavator, etc.), manual equipment (GPS, Geologist's hammer, etc.). The results show the variability of the geometric parameters depending on the existing lithology in the pit. Therefore, it is concluded that with the methodology used, optimal geometric design parameters for the slope were determined in order to guarantee its stability. It is important to highlight that the values obtained and analyzed were from a total of 39 tests, which were compared under static and pseudo-static conditions. The methods used for the evaluation of the optimal geometry were carried out considering a non-circular rupture area using the Spencer method for the analysis of slopes, taking into account the balance of forces and moments. The determination of geometric design parameters was developed for each alteration, in order to obtain a geometric configuration of local, inter-ramp and global slopes. Reaching the conclusion of sectorizing or zoning 04 areas within the study area. According to the results obtained from the stability analyzes with the recommended parameters, the safety factors at the global and inter-ramp levels meet the minimum established by the acceptability criteria under current conditions and progressive closure.

Keywords: *Geometric Parameters, Pit Stability, Static Safety Factors, Pseudostatic Safety Factor, Stabilization by Geometric Modification and Geotechnical Study*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

La estabilidad de los taludes es un tema importante en el concepto y diseño de las minas a cielo abierto, tanto en términos económicos como de seguridad. Durante los últimos años las estadísticas de accidentes mortales ocurridos en el sector minero, nos manifiesta que la mayoría de las causas está relacionado al desprendimiento y/o deslizamiento de taludes, información que se encuentra disponible en la base de datos del Ministerio de Energía y Minas (MINEM, cuadro estadístico de accidentes mortales 2020); razón de la preocupación del estado, empresas privadas y trabajadores en general, para establecer controles a fin de prevenir su ocurrencia.

La actividad minera es considerada como actividad de alto riesgo debido a las condiciones propias de su operación. Durante el proceso operativo de los Tajos Apumayo y Ayahuanca se observó la presencia de material de baja resistencia (“clay” o arcilla y sílice granular deleznable) en los taludes, condiciones que deben ser controladas al ejecutar el diseño del tajo Huamanloma NW, que presenta características similares en cuanto a su litología. Ver la figura 1, donde se observa deslizamientos del Tajo Apumayo.

Figura 1

Resultados de factor de seguridad para el material Sílice Masiva.



Nota: Apumayo S.A.C.

Se tiene casos en proyectos que no cuentan con un diseño adecuado de sus taludes, Las complejidades del talud afectan la seguridad y viabilidad de un proyecto, las regulaciones técnicas y la economía operativa las que pueden causar problemas durante la operación. Estos factores son responsables de los principales problemas de geoingeniería, como la inestabilidad y la falla del techo etc. Todo esto relacionados a estructuras geológicas como fallas, fracturas, pliegues, filtraciones de agua, etc., que son condiciones geotécnicas desfavorables; por lo tanto, resulta evidente que en todo diseño es necesario partir del conocimiento geotécnico, interpretando la variabilidad de litologías existentes en las zonas de trabajo, que influyen de manera directa la estabilidad de taludes; y ocasionan deslizamientos que bien puede evitarse llevando un mejor control en el diseño de los parámetros geométricos para cada tipo de litología existente y predecir el comportamiento del terreno.

La inestabilidad de las pendientes es un fenómeno que debe ser estudiado, y uno de los principales factores es la forma propuesta e implementada, la cual ha sido estudiada en la literatura por Mendoza (2017), aquí se analizó la estabilidad de taludes de más de 100 metros de suelos de la mina Antapaccay y basado en los cálculos de factores de seguridad se determinó los parámetros geométricos de diseño. En cambio, existe un estudio de López (2016) que analiza la estabilidad de la pendiente final en un foso en pendientes superiores a 45° , los resultados preliminares del estudio en las operaciones mineras, indicaron factores de seguridad por debajo del criterio de aceptabilidad establecido. Por lo tanto para cada sector estructural de la mina se debe ajustar un diseño adecuado en donde la influencia de la variación de parámetros geométricos (ángulo, altura de banco) y geotécnicos (ángulo de fricción, cohesión).

Las causas de deslizamiento pueden ser múltiples, pero en la presente investigación se ha considerado la geometría del banco, la variabilidad de los materiales, la presencia de agua y tipos de discontinuidades ya que son los principales factores que condicionan los procesos de deslizamiento. Por lo que:

Se vio por conveniente en el estudio propuesto ejecutar el cálculo de los parámetros geométricos para cada tipo de alteración existente con el objetivo de obtener los parámetros geométricos óptimos del talud, para el diseño del tajo Huamanloma NW de la mina Apumayo, de propiedad de la compañía minera Apumayo S.A.C.



1.2. Enunciado del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo se determina los parámetros geométricos para la estabilidad del Tajo Huamanloma NW – CIA. Minera Apumayo S.A.C. 2019?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿En qué medida influirán los parámetros geométricos en la estabilidad del Tajo Huamanloma NW?
- ¿De qué manera se determina la estabilidad del tajo Huamanloma NW?
- ¿Qué otros parámetros afectan la estabilidad del Tajo Huamanloma NW?

1.3. Justificación de la investigación

La investigación es justificada porque permitirá incluir los defectos geoestructurales y materiales de baja resistencia existentes que no fueron tomadas en cuenta en el cálculo geotécnico de estabilidad en el diseño, en la etapa inicial del proyecto, en la unidad minera Apumayo, para lograr la estabilidad del tajo Huamanloma NW y se tenga una operación continua del minado. Además de contribuir con el conocimiento científico sobre estabilidad de taludes en zonas de macizo de clase IV y V, considerando la clasificación geomecánica de Bieniawski.

Al cumplirse con los objetivos de la investigación se contribuye con la Cía. Minera Apumayo S.A.C. y se beneficiara asegurando la continuidad del ciclo operacional, cumpliendo con sus metas de producción mensual, y reduciendo los costos de operación según el plan mensual y anual establecido. Para para la Escuela Académico de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac pesa un aporte en la formación de futuros profesionales y personalmente obtener el título de ingeniero de minas.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

Determinar los parámetros geométricos para la estabilidad del tajo Huamanloma NW-Cía. Minera Apumayo S.A.C.2019

2.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de los parámetros geométricos en la estabilidad del tajo Huamanloma NW.
- Determinar la estabilidad del Tajo Huamanloma NW.
- Determinar demás parámetros que afectan la estabilidad del Tajo Huamanloma NW.

2.2. Hipótesis de la Investigación

2.2.1. Hipótesis General

La determinación de parámetros geométricos garantizase la estabilidad del Tajo Huamanloma NW - Cía. Minera Apumayo S.A.C. 2019

2.2.2. Hipótesis Específica

- Influirá los parámetros geométricos en la estabilidad del Tajo Huamanloma NW.
- Con la determinación de los factores de seguridad se garantizará la estabilidad del tajo Huamanloma NW.
- Estos parámetros afectaran la estabilidad del Tajo Huamanloma NW de la mina Apumayo.

2.3. Definición de Variables

2.3.1. Variable Independiente

Parámetros geométricos de banco y de talud final.



2.3.2. Variable dependiente

Estabilidad del tajo Huamanloma NW.

2.4. Operacionalización de Variables

Para el presente estudio “Determinación de parámetros geométricos para la estabilidad del tajo Huamanloma NW – CÍA. minera Apumayo S.A.C. 2019” se generó la siguiente tabla N°12 de operacionalización de variables:

Tabla 1

Variables e Indicadores

Variables	Definición de Variables	Indicadores	Unidad de Medición
X Independiente	Parámetros geométricos de banco y de talud final.	Ancho de berma	m
		Ancho de banco	m
		Altura de banco	m
		Angulo del talud de banco	°
		Angulo de talud Final del Tajo	°
Y Dependiente	Estabilidad del Huamanloma NW Tajo	Factor de seguridad Estático	Adimensional
		Factor de Seguridad Pseudo Estática	Adimensional
		Comportamiento del material	C, ϕ , γ
		Litología	GSI, RQD, RMR
		Estructuras Geológicas	Dirección de Buzamiento y Buzamiento volumen
	Presencia de Agua		

Nota: Elaboración Propia

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel internacional

En el ámbito exterior existen investigaciones, así:

Morales & Valiente (2017), en la investigación presentada a la universidad de Cartagena; Colombia titulada Evaluación geotécnica de inestabilidad de taludes menciona que “ha evaluado geotécnicamente la inestabilidad de los taludes donde se localiza el jardín social Lipaya al suroccidental de la ciudad de Barranquilla, mediante el análisis de los factores de seguridad por los métodos de equilibrio límite para determinar el nivel de riesgo de la zona y diseñar conceptualmente obras de mitigación y control”. Los factores de seguridad hallados en dicha investigación respecto a las superficies de falla varían entre 0.8 y 1.3.

Fernández (2017), en el estudio presentado a la universidad Politécnica de Cartagena; Colombia titulada “Estudio de la influencia de parámetros geométricos y geotécnicos en la estabilidad de taludes mediante el programa Geoslope” estudió la influencia de la variación de los parámetros geométricos y geotécnicos sobre el factor de seguridad del talud y se evaluó el factor de seguridad sobre la estabilidad del talud a partir de la teoría del equilibrio límite mediante el método de corte utilizando el software Geoslope

Gutiérrez & Vélez (2016), en la investigación presentada a la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña; Colombia denominada Análisis probabilístico y de sensibilidad en la estabilidad de taludes utilizando la aplicación SLOPE/W Menciona. “Se analizó la estabilidad de taludes por medio de un método no determinístico, en el cual el software SLOPE/W con ayuda del método Montecarlo asocio el factor de seguridad a una probabilidad de falla, se realizaron 12160 simulaciones de taludes delimitados por su altura, ángulo de inclinación altura piezométrica y parámetros resistentes del suelo. Dichos



cálculos y análisis se realizaron a través del software SLOPE/W con el método Morgenstern- Price”.

Svetlana Melentijevic, (2005), en el artículo de tesis doctoral, presentado a la Universidad Politécnica de Madrid intitulada Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada, en ella menciona “Se evaluó la mayor parte de los problemas de análisis para estabilidad de taludes en macizos rocosos, tanto con hipótesis de deslizamiento plano como con deslizamiento circular, considero que suelen suponer una ley de fluencia asociada. Sin embargo, el valor del coeficiente de seguridad de un talud se sobreestima siempre y cuando se emplea la hipótesis de la ley de fluencia asociada tanto bajo un criterio de rotura lineal, como bajo un criterio de rotura no lineal. El presente trabajo determino conocer la influencia del ángulo de dilatación a la estabilidad general de taludes, empleando para ello un criterio de rotura no lineal”. También se pudo analizar variables las cuantitativas donde se determinó que: este estudio es válido para taludes en macizos rocosos homogéneos e isotrópicos, lo que es imprescindible para poder aplicar el criterio de rotura de Hoek & Brown (2002). Es decir, preferentemente es aplicable a los macizos rocosos de muy baja calidad que se pueden clasificar casi como suelos duros, o para macizos rocosos muy fracturados, en los cuales la estabilidad no está condicionada por unos defectos singulares del macizo rocoso. Se ha demostrado la hipótesis de no asociatividad es decir la ley de fluencia no se asocia a los factores de seguridad (FS).

3.1.2. A nivel Nacional

En el ámbito nacional existen investigaciones, así:

Mendoza (2017), en la investigación presentada a la Pontificia Universidad Católica del Perú, titulada Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay, propone “calcular los factores de seguridad y determinar los parámetros de diseño de taludes de suelos de más de 100 metros de altura en la mina Antapaccay ubicado en la provincia de Espinar, región de Cusco. En cuanto a la metodología eligió aquella que superaba ligeramente los criterios de aceptabilidad, $F.S > 1.3$ en condiciones estáticas y $F.S < 1.0$ en condiciones pseudoestáticas”. El estudio se ha realizado por equilibrio límite. Los métodos utilizados para calcular el factor de seguridad son Bishop, Spencer y



Monrgenster Price. Cabe señalar que para el cálculo se tomaron 6 muestras de suelo de diferentes partes del área de estudio; Las pruebas elementales utilizados en el laboratorio son: corte directo para determinar la humedad, la densidad, los límites de densidad, las mediciones de partículas, la permeabilidad y las propiedades clave de la geoingeniería; finalmente se afirma que “se determinó los siguientes parámetros geométricos: 37° de ángulo de banco, 28° de ángulo global, 10 m. de altura de banco y 4.2 m. de ancho e banco, además se incluyó una plataforma de 20 m. de ancho a mitad del talud. Los factores de seguridad mínimo a nivel de banco resultaron 1.937 y 1.419 a nivel global en condiciones estáticas; mientras que, en condiciones pseudoestáticas 1.525 a nivel de banco y 1.084 a nivel global”.

López (2016), en la investigación presentada a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, titulada Estudio geotécnico y diseño del talud final de una mina a cielo abierto aplicando modelos numéricos se propone analizar la estabilidad del talud del tajo de una mina de caolín situada en Francia, en pendiente mayor a 45°, menciona que “La metodología empleada fue hacer un análisis computacional, con la utilización de software de especialidad, se realizaron los trabajos de modelamiento geotécnico, se utilizó en esta etapa, la información recopilada de campo (in situ), obtenidos durante los trabajos de mapeo geotécnico en el tajo. Para los trabajos de laboratorio se realizaron ensayos con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de la roca. Finalmente, para el cálculo de la estabilidad del talud se empleó el método de equilibrio limite (Jambu), haciendo uso del software especializado y así obtuvo un diseño de 60° de talud que hace estable para cada uno de los dominios estructurales definidos en la mina”.

Cantera (2014), propone como objetivo como objetivo evaluación de estabilidad física de componentes de la cantera Moisés Randy 2010. y señala que: “La metodología empleada para el modelamiento de los taludes, se usó un programa de cómputo especializado. Para calcular el factor de seguridad se usó el concepto de equilibrio límite, método de Bishop. Se ha considerado que las propiedades de los materiales que conforman el perfil del tajo final son homogéneos e isotrópicos y los datos de ingeniería incluidos en este informe han sido obtenidos a partir de presunciones razonables e información bibliográfica proporcionada por la cantera, para ello se consideró las siguientes características geotécnicas del



yacimiento: densidad 1.95 KN/m³, cohesión de 0.6 KPa y ángulo de fricción de 35.44°”. Legando a los siguientes resultados:

“En condiciones estáticas 1.89 y pseudoestático de 1.85, estos valores han sido mayor que el recomendado para este tipo de tajo de 1.1 por lo tanto se ha considerado el tajo final estable. Finalmente, los parámetros obtenidos son: altura de banco 5 m. banqueta de 3 m. ángulo de la cara del banco de 32° y un ángulo de interrampa de 24°”.

Alvarado et al., (2004), en la investigación de grado titulada estabilización de taludes en la costa verde-Callao tramo Av. Santa Rosa-Jr. Viru (1.3 Km). En la Universidad San Martín de Porres, facultad de ingeniería y Arquitectura, formula como objetivo fue “Elaborar el estudio de la estabilización de talud entre la Av. Santa Rosa-Jr. Viru (1.3Km); que permitirá evitar el riesgo de vidas e incrementar la calidad de la vida de la población asimismo la obstrucción de tránsito de acuerdo a las normas vigentes del ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) y otras normas relacionadas. El tipo de investigación realizada por los autores es cuantitativo. Las herramientas utilizadas fueron los ensayos geotécnicos (trabajos de campo, ensayos estándares y especiales de laboratorio) y el modelamiento para identificar las zonas inestables y plantear alternativa de solución. La investigación, en opinión del suscrito es interesante en el planeamiento de la solución, pues de esta manera desarrolla y estudia para el entendimiento del comportamiento de los materiales involucrados, para luego hacer un modelamiento y plantear una solución práctica y económica. Por lo que hay cosas rescatables que ayudan a la presente investigación”.

Callupe, (2011). En su investigación intitulada estabilidad de taludes de plan de minado para la vida de la mina (VDM) 2011 – Tajo abierto Pierina. Considera que “las evaluaciones técnicas y económicas de los proyectos mineros están basadas en los planes de minado que se desarrollan con la finalidad recuperar la mayor cantidad de mineral con eficiencia, es decir; que el minado sea realizado operacional, ambiental y geotécnicamente seguras. Por lo tanto, los planes de minado deben cumplir ciertas validaciones, una de ellas desde la perspectiva geotécnica cumpliendo con el criterio de aceptabilidad establecido de lograr un factor de seguridad mínimo de 1.2”, y menciona que:



Para el desarrollo de los planes de minado, se requiere que los modelos geológicos, geológico-estructural, geotécnico e hidrogeológico sean actualizados y confiables. Las validaciones de los modelos involucrados deben ser realizadas por consultoras especializadas de primer nivel. Este es un procedimiento usual corporativo que minera Barrick Misquichilca S.A. (MBM) sigue para validar los planes de minado. En muchos de los proyectos mineros estos modelos no son actualizados por los altos costos que se requieren, por el largo tiempo que toma en desarrollarlos, así como los recursos que demanda. Considerando la relevancia de estos modelos, en la mina Pierina han sido actualizados durante el año 2010 para usarlos en las diferentes etapas de minado, particularmente para realizar el plan de minado para la vida de la mina (VDM) 2011 y específicamente para realizar el análisis de estabilidad de taludes del tajo abierto Pierina, motivo de la presente tesis. Se ha analizado el diseño de las fases en las secciones críticas que abarcan todo el tajo abierto usando el método de equilibrio límite en las dimensiones. De igual manera, se estimaron los parámetros de deformaciones del macizo rocoso consistentes en los módulos de elasticidad de la roca intacta y del macizo rocoso, para el análisis de esfuerzo deformación en el talud de la pared suroeste del tajo para ver el grado de deformaciones que los taludes tendrían como respuesta al desarrollo del plan de minado propuesto. Asimismo, en el análisis de deformaciones se utilizó el método de elementos finitos con la ayuda del software phase 8. Se estimó deformaciones de 10 m en la mitad del talud en las últimas etapas de minado. El plan de minado para la VDM 2011 incluye las fases 7, 5C y 8. Los resultados preliminares indicaron factores de seguridad debajo del criterio de aceptabilidad establecido. Luego de las modificaciones realizadas a las geometrías de estas fases se han logrado FdS estáticos requeridos y se ha generado las fases 5C-3C y 8-3C. El análisis de estabilidad de taludes para la VDM2011 fue desarrollado por el autor de la tesis, validado por la consultora Piteau en noviembre del 2010 y aprobado por la empresa en diciembre 2010. Se ha determinado que este plan de minado es factible desde el punto de vista operacional, geotécnico y económicamente rentable. Callupe, (2011)

Granados (2006), ha realizado el estudio intitulada Estabilización del talud de la costa verde en la zona del distrito de Barranco, en la que sostiene que “los mayores valores de cohesión y fricción resultaron para el caso dinámico debido a que es para estas condiciones que el terreno necesito de mayor capacidad; por lo tanto,



para los posteriores análisis de estabilidad se utilizaran las siguientes propiedades”:

Tabla 2

Factores geotécnicos del suelo

Material	Cohesión (Kg/cm²)	Angulo de fricción
Grava	0.86	54°
Limo	0.4	20°

Nota: Granados (2006)

Para cumplir con los factores de seguridad recomendados tanto en la norma peruana E-050 y normas internacionales, es necesario reducir la pendiente de todo el tramo del talud, mediante la aplicación de movimientos masivos de tierra, generalmente como cortes. “En el caso de secciones que no tengan estructuras por encima de ellas se deberá lograr un ángulo de 40°”, (mostajo, 2009).

Rodríguez et al., (2003), en la investigación intitulada Evaluación de la estabilidad de taludes en la mina Lourdes-Tacna, menciona que “la mina Lourdes explota recursos no metálicos por el método de canteras a cielo abierto, ocasionando grandes modificaciones al perfil original del terreno, con el fin de mejorar las explotaciones debe implementar un método de minado superficial por bancos que permita un mejor control de la estabilidad del terreno. Esto implica la necesidad de establecer parámetros geomecánicos y establecer los dominios geotécnicos del área de la explotación que permitan un diseño seguro de bancos de taludes en roca y en los botaderos de desmonte. Con el objeto de obtener resultados óptimos en el manejo de taludes en operaciones mineras, obras civiles o riesgos geodinámicas; se recomienda la aplicación del modelo de gestión de taludes. El cual constituye un procedimiento organizado para el control económico y seguro de taludes que permitan mejorar la rentabilidad económica de una operación minera superficial; la vida útil de una obra civil o minimizar el riesgo geodinámica de un deslizamiento de suelos o rocas. Dado esto se procedió al análisis de estabilidad para la condición de máximo encampane, es decir de 60 m (98 pies) de alto; estimando las fuerzas que tienden a producir el deslizamiento y las fuerzas

resistentes. Obteniéndose un factor de seguridad de 2.13, lo que manifiesta la estabilidad de diseño para cada banco final propuesto en la pared sur de la cantera”.

3.1.3. A nivel Local

Se ha realizado una revisión de información teórica y no se ha encontrado similares trabajos de investigación al propuesto.

3.2. Generalidades de la mina

3.2.1. Ubicación geográfica del Estudio

3.2.1.1 Ubicación nacional, regional y local

La zona de estudio está ubicada entre los distritos de Chaviña y Sancos, provincia de Lucanas y departamento de Ayacucho, aproximadamente a una distancia de 672 km de la ciudad de Lima, a una altura aproximada de 4200 msnm., ubicada en la parte central de la planicie volcánica Tambillos, entre los cerros Huamanloma y Auquiato, entre las coordenadas: ver tabla N° 02

Tabla 3

Ubicación geográfica Mina Apumayo

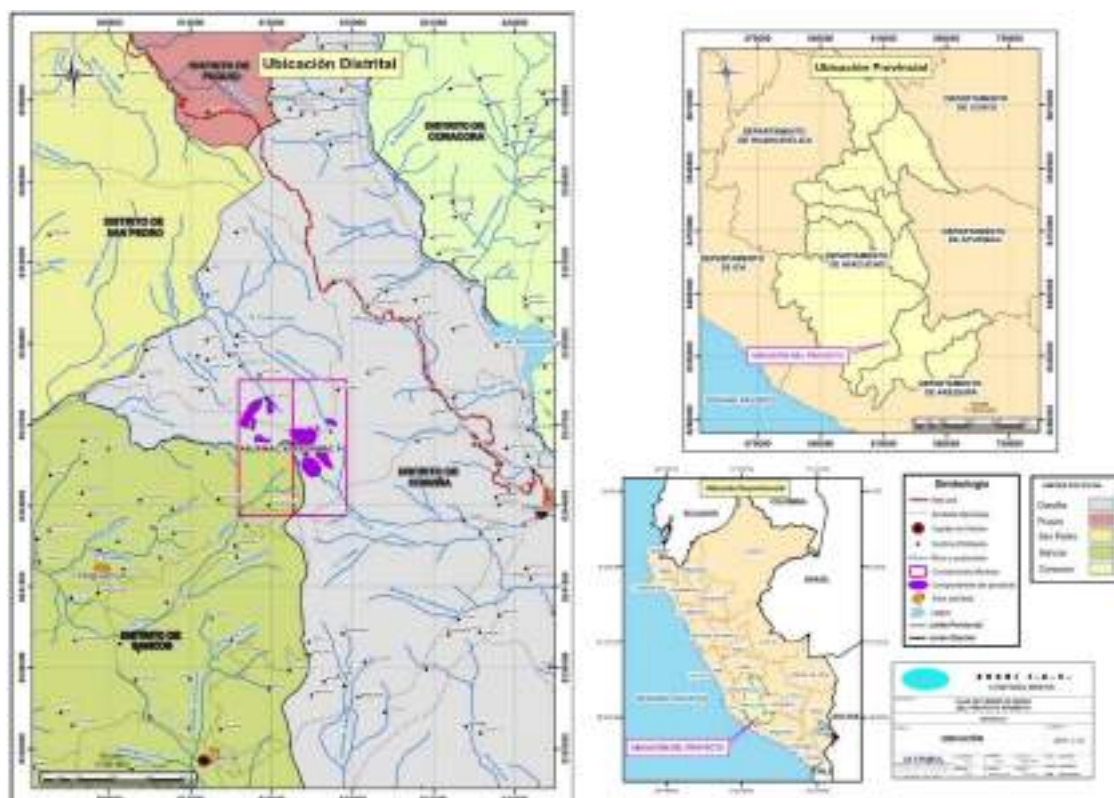
Proyecto	Coordenada UTM		Sistema
	Este	Norte	
Apumayo	614000	8349000	PSAD 56, zona
Apumayo	618000	8344000	PSAD 56, zona

Nota: Geo estudios Ambientales SAC, 2016

En la figura N°01, presentamos el plano de ubicación de los componentes mineros. Así mismo en el anexo A se muestra los planos de ubicación.

Figura 2

Ubicación de los componentes de la Unidad Minera Apumayo



Nota: Geoestudios Ambientales SAC, 2016

3.2.2. Accesibilidad a la mina

El acceso desde Lima al campamento base del proyecto Apumayo, es la que se presenta en la tabla adjunta: ver tabla N°03

Tabla 4

Ruta hacia el Campamento Apumayo

Ruta	Distancia (Km)	Carretera	Condición	Tiempo (hr.)
Lima - Nazca	444	Asfaltada	Buena	06
Nazca - Puquio	157	Asfaltada	Buena	03
Puquio - Desvío Sancos	58	Afirmada	Regular	2.5
Desvío Sancos - Campamento Apumayo	13	Trocha	Mala	0.5

Nota: Geoestudios Ambientales SAC, 2016

3.2.3. Aspectos generales de la mina Apumayo

El estudio se realizará en la unidad minera Apumayo que se encuentra localizada en los distritos de Chaviña y Sancos, Apumayo S.A.C. es una empresa minera de mediana minería que se encarga de la extracción de metales (oro y plata) por el método de explotación a cielo abierto. A continuación, se describirá algunos aspectos referentes a la mina Apumayo:

3.2.4. Área de concesión

En la tabla N°04 se presenta las concesiones mineras que pertenecen al Proyecto Minero Apumayo.

Tabla 5

Concesiones Mineras

Ítem	Nombre	Coordenadas UTM-WGS 84, Zona 18		Área (Ha)
		Este	Norte	
01	Apurímac 41	615 773	8 348 636	1 000
		617 773	8 348 636	
		617 773	8 343 636	
		615 773	8 343 636	
02	Apurímac 42	613 773	8 348 636	1 000
		615 773	8 348 636	
		615 773	8 343 636	
		613 773	8 343 636	

Nota: Horizonte Consultores S.R.L., Octubre-2015

3.2.5. Recursos minerales

El tipo de mineralización es de oro y plata, diseminados de baja ley en roca huésped (rocas volcánicas piroclásticas y de flujos así como de estructuras tipos brechas y stockworks) silicificada y argilizada. La mena para el oro es una metasomatita de goethita, limonita, jarosita, escorodita y pirita rellenando fracturas, oquedades y diseminado en alteración de sílice vesicular y aquerosa

“vuggy silica” que es un producto residual de la lixiviación ácida (hidrolisis extrema) y brechas hidrotermales. La mena para la plata es una metasomatita de cuarzo, hematita, rutilo, jarosita, platas rojas y pirita.

3.2.6. Aspectos geológicos.

En el proyecto del Tajo Huamanloma NW, la mineralización está directamente relacionada a un cuerpo de brecha hidrotermal la cual tiene una tendencia NW-SE que llega a aflorar en superficie, cortando a los tufos.

La geología del lugar muestra la siguiente litología:

- **Brecha Hidrotermal:** La brecha hidrotermal se caracteriza, por la presencia de moderada a fuerte oxidación, con algunas evidencias de fluidización, además de presentar algunos relictos de fragmentos sub angulosos que evidencias su protofito tufo.
- **Tufo:** Esta roca, se caracteriza por presentar fragmentos sub redondeados masivos de color gris oscuro, con presencia de óxidos de moderada a baja intensidad. Esta roca se encuentra mineralizada en algunos sectores debido al halo de influencia de la brecha hidrotermal.
- **Andesita:** Esta roca se encuentra en menor proporción que las rocas antes mencionadas. Se encuentra al borde del sistema de alteración hidrotermal.¹
- **Brecha Freatomagmática:** Se caracteriza por presentar fragmentos medios a finos, esta aflora principalmente en el sector sur del área mineralizada y de forma puntual en algunos taladros.

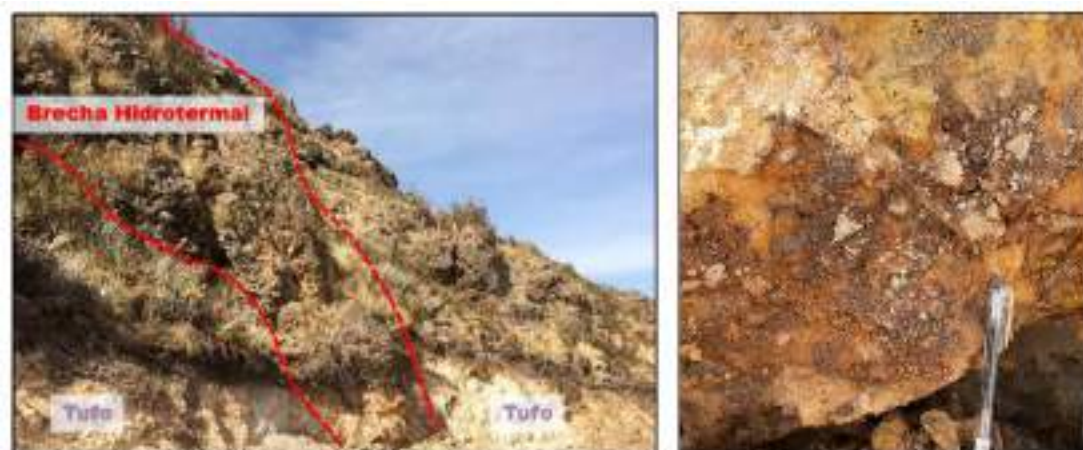
En la litología presente se encuentran las siguientes alteraciones

- **Sílice Granular (SG):** Que es la alteración de mayor predominancia en el cuerpo mineralizado de Au, cuya intensidad es moderada a compacta y se presenta principalmente en la brecha hidrotermal y en parte de los tufos.
- **Sílice Masiva (SM):** Se presenta en algunos afloramientos e identificándose de forma puntual un cuerpo en el sector sur del proyecto.
- **Sílice Clay (SC):** Que se encuentra más en los bordes del cuerpo mineralizado, principalmente en los tufos y andesita.
- **Clay (C):** Se presenta en el borde de todo el sistema hidrotermal.

La presencia de la sílice alunita se muestra en algunos taladros.

Figura 3

En la foto de lado izquierdo se muestra la Brecha hidrotermal cortando al tufo; en cambio en la imagen de margen derecha se muestra una brecha hidrotermal.



Nota: Apumayo S.A.C

3.2.7. Geología local

En el área del yacimiento Apumayo, la litología dominante lo conforman rocas de origen volcánica, principalmente piroclásticos y derrames lávicos de composición andesítica, cuya secuencia grada de andesita porfirítica a andesita afanítica y ríodacita. Esta secuencia volcánica se encuentra intruida por domos y stocks ríodacíticos producto de eventos tardíos a la secuencia volcánica principal. El yacimiento muestra el típico patrón de alteración de depósitos epitermales de alta sulfuración en donde el oro y la plata se presentan en forma diseminada y de baja ley en la roca silicificada y argilizada. Hacia el sector noreste, se observa la predominancia de rocas dacíticas.

3.2.8. Geología estructural

De acuerdo a la revisión de información realizada, se observa que los cuerpos de brechas tienen una orientación preferente NW-SE, coincidente con el fallamiento regional. Además, se ha revisado que la región está afectada por una tectónica de fallamientos en bloque; en donde se pueden distinguir tres franjas estructurales principales:

- Franja occidental; afectada por fallas gravitacionales predominantes a lo largo del franco continental de la Cordillera de la Costa.

- Franja central; que corre a lo largo de la depresión Preandina y la porción oriental de la Cordillera de la Costa, con fallamiento de desplazamiento de rumbo.
- Franja oriental; a lo largo del frente andino, con fallas gravitacionales. En las dos primeras franjas, las fallas gravitacionales son superiores a las de desplazamiento de rumbo.

3.2.9. Hidrogeología

Para optimizar el planteamiento de las medidas de drenaje que cumplan con los objetivos de garantizar la estabilidad de los taludes, se requiere de un buen entendimiento del comportamiento de flujo subterráneo en el entorno, partiendo de un análisis detallado de la geología estructural y culminando con una fase de modelamiento que represente lo más aproximado posible las interacciones entre el flujo subterráneo y el medio.

3.2.10. Ciclo de minado

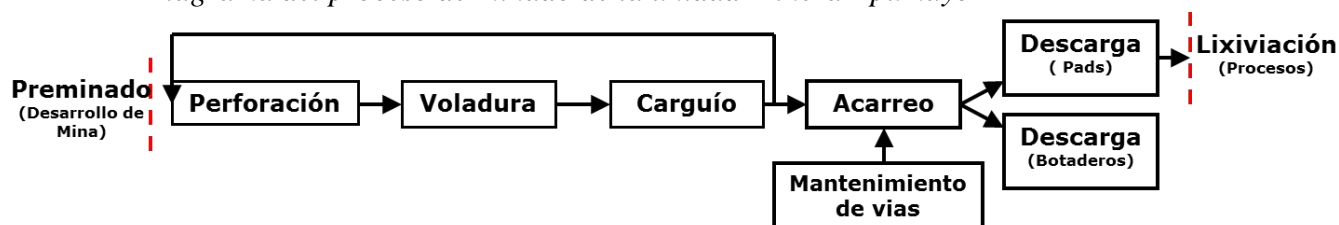
La minería en Apumayo es un proceso sistemático que implica fragmentar, extraer, transportar (minar) y transportar materiales valiosos que contienen oro desde lugares naturales en las colinas hasta campos lavados (Pads)

La mano de obra, los materiales y el equipo minero cortan y pelan continuamente materiales del área de la mina en capas horizontales para formar aberturas en el suelo de manera continua y ordenada.(tajo abierto).

En la siguiente Figura N°03 se muestra el proceso del minado:

Figura 4

Diagrama del proceso de minado de la unidad Minera Apumayo



Nota: Apumayo S.A.C

a) Perforación

La perforación es la apertura de taladros en el macizo rocoso con la finalidad de alojar explosivos. La empresa Apumayo cuenta con 03 perforadoras DM

con un diámetro de barra perforación de 6 ¾”, con longitudes de perforación hasta los 9 m. asimismo cuenta con un equipo de perforación para el control de taludes (Taladros precorte) Rockdrill.

b) Voladura

El objetivo es romper los cimientos con un explosivo. Los taladros están cargada con aproximadamente 170 kg de explosivos y accesorios de voladura que garantizan la mayor seguridad posible y la mejor fragmentación del material. En este sentido, se realizan las siguientes pruebas: calibración de la ranura de mezcla, medición de la densidad de nitratos, medición de la dispersión en el túnel e histéresis.. En la empresa Apumayo la voladura está a cargo de la empresa FAMESA EXPLOSIVOS.

c) Carguío

Para la extracción diaria se realiza una programación en coordinación estrecha con operaciones Mina y Geología (Ore Control) teniendo en cuenta el tipo de ley, accesibilidad y granulometría del mineral que se va a extraer.

Para esta actividad contamos con equipos de carguío de mediana productividad, como excavadoras y cargador frontal, que ejecutan el carguío del material ya sea a un carril o ambos carriles, dependiendo de las condiciones que exija la operación.

La incorrecta selección de un equipo de carguío en un frente de trabajo repercute en el avance del planeamiento a corto plazo; esto aparte de traer como consecuencia el no cumplimiento de la producción mineral y desmonte, traería consigo un incremento de los costos unitarios del carguío.

d) Transporte

El acarreo en APUMAYO S A C de los distintos frentes de trabajo a las descargas de mineral y desmonte se realizan con volquetes de 22 m³ de capacidad en una cantidad de 24 volquetes.

Para el acarreo de mineral se utilizaran volquetes de la empresa MUR WY para transportar del tajo al PAD de lixiviación por una rampa con una pendiente máxima de 10% y 12 m de ancho mínimo.



El transporte del material se realiza por las vías designadas y habilitadas para la circulación de volquetes, teniendo en cuenta la velocidad máxima permisible de las vías.

e) Mantenimiento de vías

El mantenimiento de vías se realiza con la finalidad de mantener en buenas condiciones las vías para el transporte de los volquetes con el uso de equipos auxiliares como: motoniveladora, retroexcavadora, rodillo, cisterna, tractor, etc.

f) Descarga

La descarga de material se realizara ya sea en el Botadero o Pad de Lixiviación. Verificar la plataforma de descarga, muro de seguridad con un ancho de 1.0 m. y una altura de 0.90 m. aproximadamente, y que el piso este nivelado. Hacer cumplir el ingreso de los volquetes a la plataforma de la zona de descarga de izquierda a derecha. El cuadrador deberá colocar su cono a 1.0 m perpendicular al muro de seguridad. Levantar los brazos horizontalmente y dirigir al operador del volquete cuidando que la posición del volquete sea perpendicular al muro de seguridad.

g) Beneficio

El mineral extraído de la mina se envía al circuito de trituración y se recupera mediante lavado convencional de pilas. La solución abundante se trata con el método Merrill Claw, se seca y se funde en una barra de oro (una mezcla de oro y plata).

La Lixiviación consiste en filtrar a través de una solución de cianuro de sodio en una pila de minerales sobre el suelo, y por su vía o permeación en la solución, el cianuro se filtra a través de la porosidad del mineral, alcanzando el oro y la plata físicamente libres. Se recolectaron muchas soluciones en suelo tampón impermeable y se utilizaron para la recuperación de metales preciosos mediante el método Merrill-Crowe.

La recuperación de los metales preciosos tiene el siguiente proceso metalúrgico.



- Riego de mineral apilado, por el sistema de riego por goteo, la solución atravesara la pila de mineral y se colectara en el piso impermeabilizado del pad.
- Conducción y recepción de las soluciones, en las pozas PLS (poza de solución rica) e ILS (poza de solución intermedia).
- Tratamiento de recuperación de los valores de la solución por el proceso Merrill Crowe.
- Recirculación por bombeo de la solución pobre que sale de la planta Merrill Crowe, hacia el pad, para continuar con la lixiviación del mineral.
- Recirculación directa por bombeo de la solución intermedia hacia el pad, para continuar con la lixiviación y elevar su ley.
- Secado y fundición del producto de la planta Merrill Crowe, para obtener arras dore.

Tabla 6*Criterio de diseño operativo del Pad de Lixiviación*

Descripción – Características del mineral	Unidad	Criterio Usado
Tipo de mineral a procesar		ROM
Tiempo de operación	años	4.2
Tamaño máximo del mineral	mm	400
Tasa de producción máxima diaria	TM/día	15000
Ley promedio del mineral	g/t	0.39
Densidad promedio del mineral roto en minado	TM/m ³	1.6
Humedad del mineral en pila	%	8.0
Ciclo de lixiviación	días	80
Descripción – sistema de transporte del mineral		
Camiones o fajas transportadoras		camiones

Nota: Apumayo S.A.C.

h) Comercialización

Una vez culminado el proceso de secado y fundido hasta obtener barras doré (mezcla de oro más plata) del mineral, se procede a la venta o comercialización del mineral.

3.2.11. Cierre de Mina

El objetivo principal del plan de cierre es restaurar las condiciones de calidad necesarias para asegurar su sostenibilidad, la del entorno en el que se desarrolla la operación minera lo más cerca posible de lo que fue antes de que comience la operación minera. Además, las condiciones de uso sean ecológicamente sostenibles y al mismo tiempo corresponden a las características específicas de la zona.

3.2.12. Ambiente Biológico

ONERN (1976) en el Mapa Ecológico del Perú, ha publicado y elaborado sobre la base del sistema de clasificación de Holdridge, según el cual las zonas de vida que corresponden al área de estudio son: Estepa–Montano Subtropical (e-MS) y Páramo húmedo – Subalpino Subtropical (ph-SaS). Considerando otras regionalizaciones ecológicas puede indicarse que el área se localiza en la ecorregión Puna y los Altos Andes.

Flora: El pajonal es la comunidad vegetal más común en el área e estudio, correspondiendo a la ffituca, espita ichu y calamagrosis las especies dominantes de tal asociación (pastos de alta montaña). Estos pastos localmente son conocidos como ichu o paja y ocasionalmente es posible identificar algunas especies herbáceas y arbustivas en las zonas adyacentes.

Fauna: En general la fauna silvestre en el área del proyecto es escasa y ocasional, lo que está íntimamente relacionado a las asociaciones vegetales existentes, que como ya se indicó resultan igualmente restringidas. Entre las especies de fauna silvestre se puede identificar algunos mamíferos menores, como la vizcacha, zorro andino, vicuña y ciertas aves propias de la zona ato andina como perdices, kulle kulle, chenco, tórtola, y otros.

3.2.13. Seguridad y salud ocupacional

Describe las medidas para controlar o minimizar los impactos previamente identificados de la implementación de las actividades del proyecto minero. Su

objetivo principal es prevenir el impacto y tomar medidas para controlar o mitigar los riesgos de dicha actividad basados en la normativa de seguridad y salud ocupacional.

3.2.14. Área de estudio Social

El Proyecto Minero Apumayo determina dos áreas de estudio, un Área de Influencia Directa (AID) y un Área de Influencia Indirecta (AII).

Área de Influencia Directa (AID), aquí se desarrollará el proyecto y será influenciado directamente por sus actividades. Comprende el área delimitada por las concesiones mineras: Apurímac 41 y Apurímac 42, donde el proyecto cuenta con derecho de uso de la superficie, en las que se citan los componentes del Proyecto. En el AID no se ha identificado población, ni actividades económicas que puedan ser afectadas directamente.

Área de Influencia Indirecta (AII). Área donde podrían ocasionar efectos indirectos (secundarios) del Proyecto. Se determina en tomando los siguientes criterios:

- Criterio de cambio de uso de tierra, La comunidad campesina que se considera como AII es aquella en cuyo territorio están ubicados los componentes del proyecto (zona en la que el proyecto minero cuenta con derecho de uso superficial).
- Ubicación Geopolítica del proyecto, es considerada el distrito de Chaviña como parte del AII pues los componentes del proyecto se ubican en su jurisdicción.
- Proximidad al Proyecto, como parte del AII son consideradas algunas localidades de Sancos por estar próximas al proyecto y podrían ser beneficiarias del requerimiento de mano de obra local.

3.3. Marco Referencial / Base Teórica

3.3.1. Parámetros geométricos

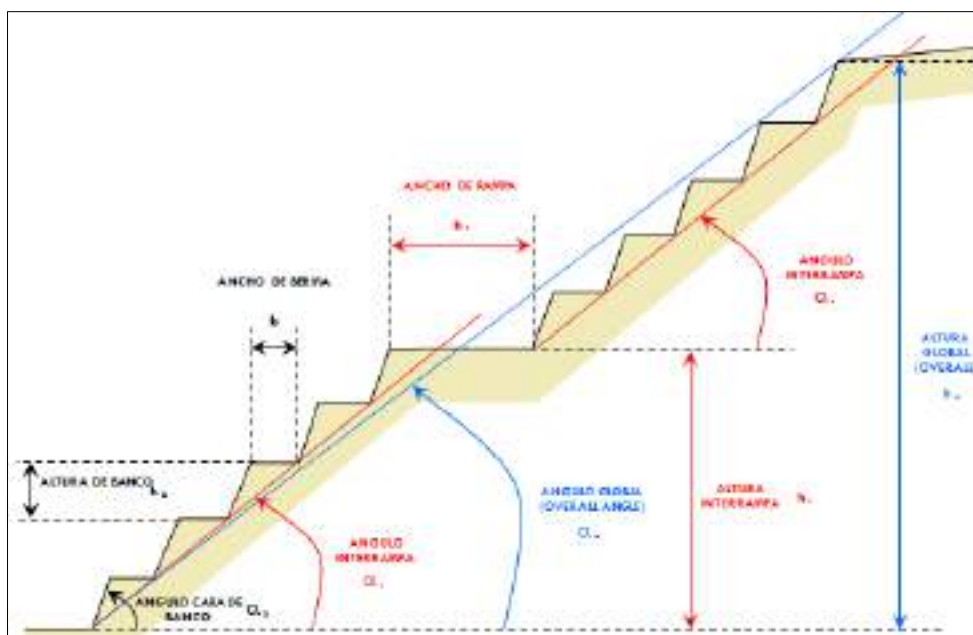
Gonzales de Vallejo (2006), “se conoce como parámetro al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. Sin duda uno de los parámetros geométricos más significativos de la explotación de un tajo son los ángulos de talud, ya que en la explotación misma



una de las restricciones operacionales más relevantes es garantizar la estabilidad de cada uno de los sectores comprometidos, para ello se requiere mantener una geometría de diseño óptima, es decir que permita un máximo beneficio económico en función de un mínimo factor de riesgos de que ocurra algún siniestro geomecánico”.

Figura 5

Se muestra los parámetros geométricos de un talud de mina.



Nota: (Galdámez, Vásquez, & Fiebig, 2 010)

Los parámetros geométricos sirven para establecer un diseño de tajos, para ellos se tiene los siguientes parámetros que definen un talud de mina:

3.3.1.1 Ancho de Berma

Mendoza (2014), “el ancho de berma es la distancia entre el pie del banco y la cresta del mismo inmediatamente inferior. Esta distancia queda definida por el volumen de los derrames producidos por las inestabilidades”.

3.3.1.2 Ancho de Banco

Mendoza (2014), “El ancho de banco es la distancia entre cresta de banco a cresta del banco inferior”.

3.3.1.3 Altura de banco, Hb

De las características físicas del depósito depende la altura de banco, y el grado de selectividad en la separación del mineral y del desmonte con el equipo de carguío; “el ratio de producción, el tamaño del equipo y el tipo de equipo para satisfacer los requerimientos de producción y de las condiciones climáticas” (Mendoza, 2014).

“La altura de banco debe ser tan alta como sea posible, dentro de los límites del tamaño y tipo de equipo seleccionado para la producción deseada, el banco no debe de ser tan alto que pueda presentar problemas de inestabilidad o caída de rocas disparadas o materiales no disparados” (Gonzales, T,).¹

3.3.1.4 Angulo de Talud de Banco

“Representa la inclinación de la pared del banco. Este ángulo se mide del pie del banco a la cresta”.²

“Los ángulos de talud del pit usados en el proceso de optimización, están basados en las recomendaciones del estudio geotécnico realizado por Golder/Itasca/Piteau. Las recomendaciones del ángulo de la pared final del pit dependen de los siguientes factores”³:

- El tipo de roca expuesto en la superficie del pit final.
- Superficie de contacto en la pared del pit final.
- Dominios estructurales.
- Azimut (dirección) de la pared del pit final.

“Estos factores geológicos/geométricos fueron usados para construir un conjunto de polígonos sectorizados para controlar el ángulo de talud de la pared del pit final durante el proceso de optimización de pit”.⁴

¹ Universidad nacional de ingeniería – Diseño de minas, Tomaz Gonzales.

² Universidad de Chile – Facultad de ciencias físicas y matemáticas-Departamento de ingeniería de minas-M158A Diseño de minas a cielo abierto.

³ Universidad de Chile – Facultad de ciencias físicas y matemáticas-Departamento de ingeniería de minas-M158A Diseño de minas a cielo abierto.

⁴ Estudio geotécnico realizado por Golder/Itasca/Piteau

3.3.1.5 Angulo de talud Final

“Representa la inclinación de la pared del tajo. Este ángulo se mide desde el pie del banco más profundo hasta la cresta del banco más superior”.⁵

3.3.1.6 Banco

“Cada banco corresponde a uno de los horizontes mediante los cuales se extrae el mineral. El banco se va cortando por el horizonte inferior, es decir hacia abajo, generando una superficie escalonada o pared del rajo. El espesor de estos horizontes es la altura de banco”.⁶

3.3.1.7 Berma

“Es la franja de la cara horizontal de un banco, como un borde, que se deja especialmente para detener los derrames de material que se puedan producir al interior del rajo”.¹

3.3.1.8 Angulo de talud Interrampa

“Representan la inclinación con que queda el conjunto de bancos que se sitúan entre una rampa y la rampa consecutiva. Se mide desde el pie del banco interior hasta el pie del banco superior”.⁷

“Para la determinación del talud inter-rampas en minería superficial los taludes de un tajo abierto tienen tres componentes: los bancos, el ángulo de talud inter-rampa y el ángulo de talud general”.

A su vez, los bancos están definidos por “su altura, su ángulo de cara y el ancho de berma de seguridad. Estos tres componentes están relacionados entre sí con el ángulo de talud inter-rampa, mediante la relación siguiente”:

$$W = hb (\cot \alpha_r - \cot \alpha_b)$$

$$\alpha_r = \text{Ángulo de Talud Interrampa}$$

⁵ Universidad de Chile – Facultad de ciencias físicas y matemáticas-Departamento de ingeniería de minas-M158A Diseño de minas a cielo abierto.

⁶ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso “Extracción a cielo Abierto-Nomenclatura Básica de un Rajo”

⁷ Universidad de Chile – Facultad de ciencias físicas y matemáticas-Departamento de ingeniería de minas-M158A Diseño de minas a cielo abierto.



α_b = Ángulo de Cara de Banco

hb = Altura de Banco

W = Ancho de Berma de Seguridad

Por otro lado “la dimensión del ancho de berma de seguridad depende sobre todo de la altura de banco. Se debe recordar que dicha berma tiene por finalidad el contener las rocas que podrían desprenderse desde la cresta de cualquier banco, evitando así que caigan o rueden hasta el fondo del tajo, donde podrían ocasionar daños al personal o al equipo”.

“La relación empírica más empleada para determinar el ancho de berma de seguridad se desprende de los criterios desarrollados por Ritchie” (1963), modificados posteriormente por (Call & Savelly, 1990; Call, 1992), y se expresa mediante las relaciones:

$W = 0.2 hb + 2.0$, para altura de bancos (hb) menores o iguales a 9.0 metros

$W = 0.2 hb + 4.5$, para altura de bancos (hb) Mayores a 9.0 metros

El ángulo de talud del banco, junto con el ancho del banco de seguridad, proporciona un control geométrico en el ángulo inter-rampa. “El ángulo inter-rampa no puede ser más pronunciado que esta restricción geométrica. El ángulo inter-rampa se determina, por restricciones de estabilidad (macizo rocoso, estructura o una combinación de ambos) o por la geometría del banco”.



Figura 6

Grafico controles del ángulo de talud inter rampa



Nota. Call & Savelly, 1990; Call, 1992

3.3.2. Estabilidad Física de taludes

“La estabilidad de taludes en una explotación a cielo abierto tiene una importancia fundamental en lo que se refiere a la seguridad y rentabilidad de la misma, debiéndose considerar en las etapas iniciales del proyecto. Los factores más importantes que afecten a la seguridad de las operaciones son los siguientes”:⁸

- Caída o deslizamiento de materiales sueltos.
- Colapso parcial de un banco.
- Colapso general del talud de la excavación.

Las recomendaciones, con relación al control y eliminación de tales riesgos, implican la adopción de las siguientes medidas:

- Diseño adecuado de bancos y plataformas para retener los desprendimientos de materiales.
- Determinación y mantenimiento adecuado de taludes generales seguros.

Control de voladuras en el perímetro de la excavación, de cara a reducir los daños en el macizo remanente.

⁸ Abramson, L.W.; Lee, T.; Sharma, S.; Boyce, G... (2002). “Slope stability and stabilization methods”. 2 nd. Ed. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-38493-3. New York, U.S.A.

- Aplicación de sistema de drenaje de los macizos para reducir los esfuerzos originados por el agua (presiones neutras).
- Saneamiento sistemático y efectivo de materiales colgados.

Gonzales de Vallejo (2006), “la estabilidad física es un objetivo considerado desde el diseño para las etapas de construcción, operación, cierre y post cierre”.

Para el tajo, el método de estabilización apropiado, es mediante banquetas, el cual implicaría tomar las consideraciones durante el proceso de explotación, de manera que al final del minado se tenga taludes y banquetas estables.

“La explotación minera requiere alcanzar una profundidad determinada por debajo de la superficie por lo que se precisa la excavación de taludes. Los taludes se construyen con la pendiente más elevada que permita la resistencia del terreno, manteniendo unas condiciones aceptables de estabilidad” (Gonzales de Vallejo, 2006).

“Los análisis de estabilidad permiten diseñar los taludes, mediante el cálculo de su factor de seguridad, y definir el tipo de medidas correctoras o estabilizadores que deben ser aplicadas en caso de roturas reales o potenciales. Es necesario el conocimiento geológico y geomecánico de los materiales que forman el talud, de los posibles modelos o mecanismos de rotura que pueden tener lugar y de los factores que influyen, condicionan y desencadenan las inestabilidades” (Gonzales de Vallejo, 2006).

3.3.2.1 Factor de Seguridad

Willie, DC et al. (2001), “El factor de seguridad se asume que es igual para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla, por lo tanto este valor representa un promedio del valor total en toda la superficie de falla”.

Das, (2001), “El factor de seguridad se define como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de la superficie supuesta de posible falla”.

$$F.S = \frac{\sum \text{Resistencia al corte}}{\sum \text{Esfuerzos al corte}}$$



En superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$F.S = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{\sum \text{Momentos actuantes}}$$

“El valor FS=1 señala la frontera en la cual un talud es o deja de ser estable. La necesidad de utilizar valores de FS>1 surge como consecuencia de los siguientes factores” (Das, 2001):

- Posible existencia de características geológicas y estructurales del talud, que no han sido detectadas en el estudio geotécnico.
- Los posibles errores en los ensayos para caracterizar al macizo.
- La heterogeneidad y anisotropía presente del macizo.
- La determinación y variabilidad de las presiones de agua en el talud.
- Los errores derivados de las supuestas superficies de rotura utilizadas.
- Los errores en los cálculos.

En cuanto a los valores estáticos y pseudoestáticos típicos usados en la industria minera se resumen en la siguiente tabla N°6:

Tabla 7

Criterios de aceptabilidad típicos para F.S estático y pseudoestático.

Criterios de aceptabilidad			
Escala de Talud	Consecuencias de la falla	FS (min) estático	FS (min) pseudoestático
Local Interrampa	Baja-Alta	1.1	-
	Baja	1.15 – 1.2	1.0
	Moderada	1.2	1.0
	Alta	1.2 – 1.3	1.1
Global	Baja	1.2 – 1.3	1.0
	Moderada	1.3	1.05
	Alta	1.3 – 1.5	1.1

Nota: Read & Stacey, (2009) F.S: Factor de seguridad



3.3.2.2 Consideraciones dinámicas, método pseudoestático – sísmicas

Suarez (2009), “en el análisis pseudostático, se añade sobre todos los elementos en análisis una fuerza horizontal igual a K por el peso del elemento”. Terzaghi (1959) propuso que “la aplicación de esta fuerza debería ser al medio de cada rebanada; sin embargo existen otros autores que recomiendan aplicar la fuerza por encima del centro de las rebanadas basándose en que la aceleración aumenta de abajo hacia arriba”.

“Este método es igual que el resto de métodos de equilibrio límite, con la diferencia de que se aumentan fuerzas horizontal y vertical debido al sismo. Estas fuerzas son proporcionales al peso del bloque potencial de deslizamiento. Los coeficientes sísmicos son K_v y K_h están en función de la aceleración de la gravedad. Por lo general se asume K_v igual a cero debido a que su valor no es muy representativo mientras que, en un análisis conservador K_h debe ser igual a la máxima aceleración pico esperada en la zona. No obstante, este criterio podría ocasionar problemas numéricos para K_h mayores a 0.4” Terzaghi (1959). (ver tabla N°7)

Tabla 8

Valores de K recomendados para el análisis pseudoestático

Coefficiente sísmico K	Observaciones
0.10	Sismo importantes, $FS > 1$ (Cuerpo de ingenieros. 1982)
0.15	Sismo de gran magnitud, $FS > 1$ (Cuerpo de ingenieros. 1982)
0.15 a 0.25	Japón $FS > 1$
0.05 a 0.15	Estado de California
0.15	(Seed, 1979) con $FS > 1.15$ y un 20% de reducción de resistencia
1/3 a 1/2 de la aceleración pico superficial	(Marcuson y Franklin, 1983) $FS > 1$
1/2 de la aceleración pico superficial	(Hynes, Griffin y Franklin, 1984) $FS > 1$ y un 20% de reducción de resistencia.

Nota.- Suarez, Comportamiento sísmico de taludes, 2 009.

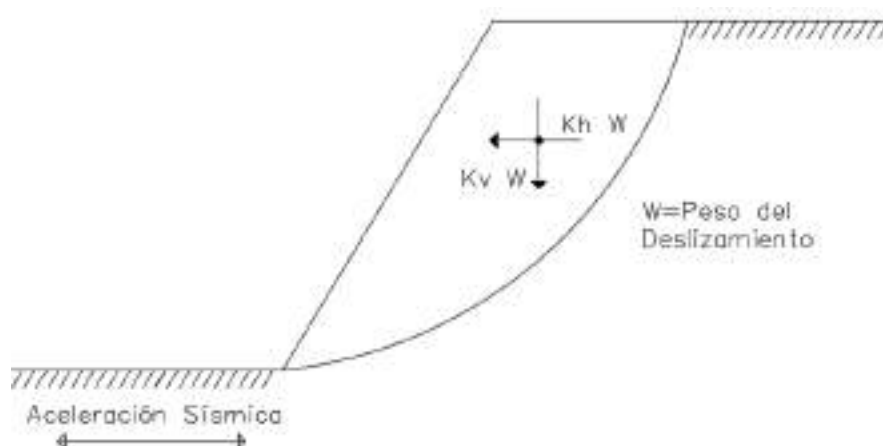


En el caso de una curva, el factor de seguridad para condiciones sísmicas se realiza a partir de una modificación de la fórmula empleada en método de Jambu (ver figura N°06):

$$F.S.d = \sum (w \tan \phi + C d \cos \alpha) /$$

Figura 7

Análisis pseudoestático de una falla curva



Nota. Suarez, Comportamiento sísmico de taludes, 2 009

3.3.3. Comportamiento del Material

Gonzales de Vallejo (2006), “sostiene que la posible rotura de un talud a favor de una determinada superficie depende de la resistencia al corte de la misma. En primera instancia, la resistencia depende de los parámetros resistentes del material: cohesión y rozamiento interno (ángulo de fricción)”.

“La influencia de la naturaleza de los suelos en sus propiedades mecánicas, implica que la selección de los parámetros resistentes representativos de la resistencia al corte, debe ser realizada teniendo en cuenta la historia geológica del material” (Gonzales de Vallejo, 2006).

“En macizos rocosos, las propiedades resistentes de las discontinuidades y de la matriz rocosa son las que controlan el comportamiento mecánico. La resistencia al corte de los planos de debilidad depende de su naturaleza y origen, continuidad, espaciado, rugosidad, tipo y espesor de relleno, presencia de agua, etc. Siendo el aspecto más importante para determinar la estabilidad del macizo rocoso” (Gonzales de Vallejo, 2006).

3.3.3.1 Cohesión

Hoyos (2001), “es una característica propia de los materiales que presentan resistencia al corte bajo un esfuerzo normal nulo. Es una componente de la resistencia al corte del suelo dado por el término (c) en la ecuación de Coulomb”.

3.3.3.2 Fricción

Hoyos (2001), “ángulo entre el eje de esfuerzos normales y la tangente a la envolvente de Mohr en un punto que representa una condición dada de esfuerzo de ruptura de un material sólido. Este ángulo es útil para el cálculo de factores de seguridad de estabilidad de taludes y se expresa como (ϕ)”.

3.3.3.3 Peso Especifico

Gonzales de Vallejo (2006), “Los problemas de estabilidad de taludes pueden formularse correctamente en términos de esfuerzos totales, utilizando pesos unitarios totales y límites externos de presión de poros. Los pesos unitarios totales son pesos húmedos por encima del nivel freático, y saturados por debajo del nivel freático. En el caso de que se utilicen pesos sumergidos, se debe ignorar la presencia del nivel freático”.

3.3.4. Litología

Gonzales de Vallejo (2006), “sostiene que la geología define las características o propiedades del suelo o roca. Por lo tanto para la caracterización de los macizos rocosos se cuenta con las siguientes clasificaciones”:





3.3.4.1 GSI

Hoek & Brown (1998). “Han propuesto un índice geológico de resistencia GSI (Geological strength index), que evalúa la calidad del macizo rocoso en función del grado y las características de la fracturación, estructura geológica, tamaño de los bloques y alteración de las discontinuidades”.⁹

⁹ Francisco Bongiorno, Universidad de los Andes, facultad de ingeniería. “Índice de calidad de la roca RQD. Clasificaciones de los macizos rocosos según: Barton, Bieniawski, Hoek y Brown”

Figura 8

Caracterización de macizos rocosos en base a descripciones geológicas

INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA GSI (geological strength index)		CONDICION DEL FRENTE				
ESTRUCTURA		MUY BUENAS (MB) Superficies muy rugosas sin alterar	BUENAS (B) Superficies rugosas ligeramente alteradas con patinas de oxidación	MEDIA (M) Superficies suaves moderadamente alteradas	POBRE (P) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos.	MUY POBRE (MP) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos arcillosos
	BLOQUES REGULARES (BR) Macizo rocoso sin alterar. Bloques en contacto de forma cúbica formados por tres familias de discontinuidades ortogonales, sin relleno.	80	70			
	BLOQUES IRREGULARES (BI) Macizo rocoso parcialmente alterado, bloques en contacto de forma angular formados por cuatro o más familias de discontinuidades con rellenos con baja proporción de finos.		60	50		
	BLOQUES Y CAPAS (BC) Macizo alterado, plegado y fracturado con múltiples discontinuidades que forman bloques angulosos y con baja proporción de finos.			40	30	
	FRACTURACION INTENSA (FI) Macizo rocoso muy fracturado formado por bloques angulosos y redondeados, con alto contenido de finos.				20	10

Nota: Hoek & Brown, (1998), “Based on Rock Slope Engineering”

3.3.4.2 RQD

Deree et al, (1967), RQD (rock quality designation) “se basa en la recuperación modificada de un testigo. Depende indirectamente del número de fracturas y del grado de alteración del macizo rocoso. Se cuenta solamente fragmentos iguales o superiores a 10 cm de longitud”.

$$R.Q.D = \frac{\sum(\text{Longitud de fragmentos} \geq 10\text{cm})}{\text{Longitud total perforada}} \times 100$$

Cuando no hay sondeos, se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$RQD = 115 - 3.3 J_v \text{ para } J_v > 4.5 \qquad RQD = 100 \text{ para } J_v \leq 4.5$$

J_v : número de juntas identificadas en el macizo rocoso por m^3 . En la siguiente tabla se muestra la clasificación de RQD:

Tabla 9

Clasificación de RQD

RQD	Calidad de la Roca
< 25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Regular
75 - 90	Buena
90 - 100	Excelente

Nota: Universidad de los Andes, “Índice de calidad de la roca RQD. Clasificaciones de los macizos rocosos según: Barton, Bieniawski, Hoek y Brown”.

3.3.4.3 RMR

Bieniawski (1989), RMR (Rock Mass Rating) “es independiente de la estructura a construir y se obtiene sumando los ratings de cinco (5) parámetros: resistencia de la matriz rocosa a la compresión simple, RQD (índice de calidad de la roca), frecuencia de las diaclasas (espaciamiento), agua dentro del macizo rocoso y condición de las diaclasas (abertura, persistencia, rugosidad y meteorización)”.

Tabla 10

Clasificación del macizo rocoso determinado del total de Ratings.

Rating	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca justa	Roca mala	Roca muy mala
Cohesión del macizo rocoso (Kpa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Angulo de fricción interna (°)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

Nota: Universidad de los Andes, “Índice de calidad de la roca RQD. Clasificaciones de los macizos rocosos según: Barton, Bieniawski, Hoek y Brown”



3.3.5. Estructuras Geológicas

Gonzales de Vallejo (2006), “En los suelos residuales y rocas; la estratigrafía y las discontinuidades actúan como planos de debilidad o como conductores de corrientes de agua subterránea. La presencia de estos planos de debilidad buzando hacia el frente del talud supone la existencia de planos de rotura y deslizamientos potenciales, y su orientación y disposición condiciona los tipos, modelos y mecanismos de inestabilidad”.

Ragan, D.M. (1987), Un levantamiento estructural tiene como objetivo:

- Conocimiento de la orientación de los planos geológicos (se utiliza la brújula para medir los planos).
- Identificación y clasificación de los planos geológicos (fallas, diaclasas, Estratificación).
- Descripción de los planos y fracturas
- Entender la cronología de la formación de las fracturas.

3.3.5.1 Buzamiento

Ragan, D.M. (1987), “Conocido también como inclinación o mateo, es el ángulo que forma respecto de la horizontal de un plano medido este en una dirección estrictamente perpendicular a la dirección del plano. En inglés denominado (dip) es decir, es el ángulo de inclinación máxima que representa ese plano. Sus valores varían de 0° a 90° (horizontal a vertical)”.

3.3.5.2 Dirección de Buzamiento

Ragan, D.M. (1987), “Se define como la dirección respecto al norte geográfico de la representación horizontal de la línea de máxima pendiente de un plano inclinado. En inglés denominado dip direction”.



Figura 9

Representación de Buzamiento y dirección de Buzamiento de un plano.



Nota: Ragan, D.M. (1987), Geología Estructural

3.3.6. Presencia de Agua

Gonzales de Vallejo (2006), “considera que los parámetros hidrológicos e hidrogeológicos, en la mayoría de las roturas se producen por los efectos del agua en el terreno, como la generación de presiones intersticiales, o los arrastres y erosión, superficial o interna, de los materiales que forman el talud. En general, puede decirse que el agua es el mayor enemigo de la estabilidad de los taludes. Los efectos más importantes que causa la presencia de agua en un talud, son”:

- Reducción de la resistencia al corte de los planos de rotura, al disminuir la tensión normal efectiva.
- La presión ejercida sobre las grietas de tracción, aumentan las fuerzas que tienden al deslizamiento.
- Aumento del peso del material por saturación.
- Erosión interna por flujo sub superficial o subterráneo.
- Meteorización y cambios en la composición mineralógica de los minerales.
- Apertura de discontinuidades por agua congelada.

3.4. Definición De Terminos / Marco Conceptual.

La presente definición de términos es para conducir a una mejor comprensión de la investigación.

3.4.1. Parámetros geométricos

Gonzales de Vallejo (2006), “se conoce como parámetro al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. Sin duda uno de los parámetros geométricos más significativos de la explotación de un tajo son los ángulos de talud, ya que en la explotación misma una de las restricciones operacionales más relevantes es garantizar la estabilidad de cada uno de los sectores comprometidos, para lo cual se requiere mantener una geometría de diseño óptima, es decir que permita un máximo beneficio económico en función de un mínimo factor de riesgos de que ocurra algún siniestro geomecánico”.

3.4.2. Ancho de berma

Mendoza (2014). “El ancho de berma es la distancia entre el pie del banco y la cresta del mismo inmediatamente inferior. Esta distancia queda definida por el volumen de los derrames producidos por las inestabilidades”.

3.4.3. Altura de banco

Mendoza (2014), “corresponde a la altura de un talud único. Normalmente, queda definida por consideraciones operacionales, más no geotécnicas”.

Herrera (2007), “es la distancia vertical entre dos niveles o lo que es lo mismo, entre el pie y la cresta del talud”.

3.4.4. Ángulo de banco

Morales (2009), “está definido como es ángulo que forma la cara del banco y la horizontal. La finalidad del ángulo de banco es reducir el potencial de deslizamiento.

Es la medida de la inclinación de la cara de banco. En el ámbito minero se mide en grados ($^{\circ}$). Generalmente este parámetro queda definido por las características geotécnicas del terreno a nivel de banco, pero también depende fuertemente de la acción sísmica que se desarrolla en la zona”.

3.4.5. Ángulo global

Mendoza (2017), “es el ángulo que se encuentra conformado por la horizontal inferior y la línea imaginaria que une el pie de banco más inferior con la cresta del banco más superior, este valor se determina geoméricamente a partir de

parámetros ya definidos como la altura de banco, ángulo de banco, berma, ancho de rampa, número de bancos y número de rampas”.

3.4.6. Altura interrampa

Esta altura está representada como la altura máxima entre rampas. Este valor está determinado de acuerdo a las características geotécnicas de los materiales.

Morales (2009), “corresponde a la altura máxima permisible entre rampas, este valor queda definido por el producto de la altura de banco y el número de bancos que se componen entre rampas”.

3.4.7. Ángulo interrampa

“Es el ángulo que forma la horizontal y la línea que une todas las patas de los bancos. Este valor corresponde a la inclinación geotécnica del talud; sin embargo, es empleado para la planificación minera” (Morales, 2009).

Morales (2009), “corresponde a la inclinación respecto a la horizontal de una línea imaginaria que une las patas de los bancos, este valor es utilizado en el plan minero. El ángulo se determina trigonométricamente a partir de la definición del ancho de berma, ángulo y altura de banco, la abreviación para el ángulo interrampa es IRA”.

3.4.8. Berma

Universidad de Chile (2010), “las bermas de seguridad o para la contención de bermas, se diseñan en función de la probabilidad de que ocurra algún siniestro geomecánico, como el desplazamiento de una cuña o volcamiento de una roca (según sea el caso o la situación geomecánica), por lo que será de mucha importancia realizar un buen estudio de dicha probabilidad, ya que el ángulo de talud final de la zona estudiada depende de la longitud de berma recomendada. Debemos recordar que el ancho de berma no necesariamente será uno en todo el rajo, si no que dependerá de las condiciones y características geomecánicas de cada sector”.

3.4.9. Factor de seguridad

Willie DC et al, (2001), “es la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla. En el caso de un FS menor a 1 se afirma que el movimiento a lo largo de la superficie de deslizamiento



es posible. A partir de $FS=1$, es posible determinar el máximo ángulo de inclinación que un talud podría tener para permanecer estable. Mientras que para taludes definitivos debería emplearse un $FS=1.5$ ”.

3.4.10. Condición estática

Hace referencia a la evaluación de estabilidad de los taludes en condiciones normales, los cuales permitirán una operación segura.

3.4.11. Condición Pseudoestática

Es la evaluación de estabilidad en la cual se toma en consideración la condición sísmica extrema.

3.4.12. Criterio de rotura de Mohr Coulomb

Gonzales de Vallejo (2004), “según la teoría de Mohr los materiales se rompen debido a una combinación entre esfuerzo cortante y normal. Aprovechando esta teoría, Coulomb propuso un criterio de rotura para los suelos que relaciones tensiones efectivas y normales actuando en cualquier plano del suelo”.

3.4.13. Criterio de rotura de Hoek-Brown

Este criterio Hoek-Brown (1980), “inicialmente, fue propuesto para el diseño de excavaciones subterráneas en macizos rocosos resistentes. A diferencia de Mohr Coulomb, este considera un criterio de rotura no lineal”.

3.4.14. Diseño de tajos abiertos

Universidad de Chile (2010), “consiste en una matriz de dimensiones definidas por su largo, ancho y alto, este último valor corresponderá a la altura de los bancos del futuro tajo. Dicha altura será definida principalmente en función de las características del yacimiento y la elección de los equipos de explotación”.

3.4.15. Límite final del tajo

Universidad de Chile (2010), “dentro de las actividades a desarrollar en el diseño de una explotación a tajo abierto, se encuentra la que dice relación con definir los límites físicos de dicha explotación, ya que ante la presencia de un yacimiento podemos pensar en extraer todo el mineral o extraer solamente lo que más nos convenga. Esta última proposición es la que finalmente tendrá que prevalecer, ya que es la razón por la cual se explota un recurso, y es esta conveniencia la que nos introduce el concepto de optimizar la explotación de nuestro yacimiento,

optimización que se traduce en cuidadosos análisis económicos y operacionales que permanentemente van en busca de ese mejor aprovechamiento global de los recursos”.

3.4.16. Tajo abierto

Universidad de Chile (2010), “es un método de explotación superficial. Es el frente de minado, lugar donde se ejecuta la explotación. La explotación de un yacimiento por el método de tajo abierto, requiere de datos iniciales, provenientes de las campañas de exploración (Sondajes), los cuales serán procesados de modo de obtener un modelo de bloque (Krigeage, Ivor, etc.). Este modelo de bloque consiste en una matriz tridimensional de bloques de dimensiones definidas por su largo, ancho (ambos iguales por lo general) y alto, este último valor corresponderá a la altura del banco a su vez define en la estimación de reservas la altura que tendrán los compósitos en la campaña de sondajes”.

3.4.17. Talud

Gerscovivh (2013), “se denomina talud a cualquier superficie inclinada, de un macizo rocoso o suelo, que forme un ángulo con la horizontal. Los taludes pueden ser clasificados en taludes naturales, que básicamente son las pendientes naturales, y en taludes construidos que pueden ser los terraplenes o los cortes de terreno”.

3.4.18. Deslizamientos

Hoyos (2001), “término genérico que comprende una amplia variedad de procesos de erosión en masa que incluye el transporte, pendiente debajo de masa de suelo o de roca. Esta misma se desplaza a lo largo de una superficie de deslizamiento”.

3.4.19. Programa computacional SLIDE V.6.0 (Versión estudiantil)

“Actualmente, existe una infinidad de herramientas computacionales para el análisis de estabilidad de taludes. En esta oportunidad se eligió el software SLIDE versión 6.0 distribuido por la empresa Rocscience. El programa calcula los factores de seguridad para distintas geometrías, dibujadas por el propio usuario o importadas desde algún programa de dibujo. Se pueden analizar tanto suelos como rocas, por ello, el software incluye los criterios de rotura”: Mohr-Coulomb; Hoek y Brown (1980); Hoek y Brown Generalizado (1995); Barton y Brandis. “Por otro lado, incorpora las funciones de anisotropía y otras variaciones como condiciones



de sobrecarga, estructuras de contención, suelo grampeado y geotextiles. Por otro lado, se puede seleccionar entre diversos métodos de análisis, tales como: Fellenius, Bishop Simplificado, Jambu generalizado y corregido, Spencer, Morgentern-Price, entre otros. Además, se pueden realizar análisis estadísticos de sensibilidad y probabilísticos”.

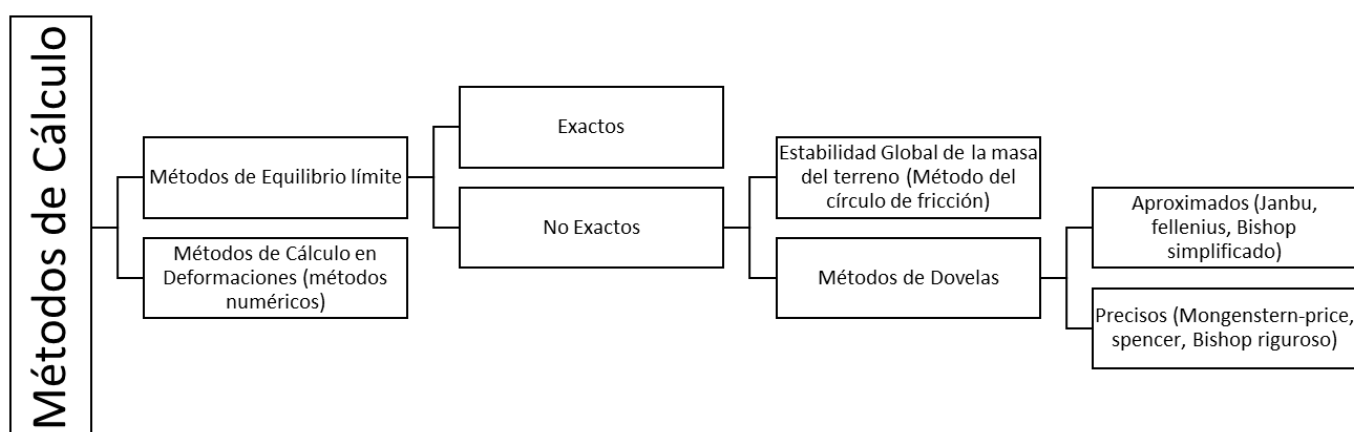
3.4.20. Métodos de análisis de estabilidad de taludes

Los métodos de cálculo para analizar la estabilidad de un talud se pueden clasificar en dos grandes grupos: ver figura N°08

- Método tenso – deformacional
- Método de equilibrio limite

Figura 10

Métodos de cálculo para análisis de estabilidad de taludes.



Nota: Instituto Tecnológico Geo Minero de España (2006) Manual de Ingeniería de taludes

3.4.21. Método de equilibrio limite

Gonzales de Vallejo (2006), “se basan exclusivamente en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. No tienen en cuenta las deformaciones del terreno. Suponen que la resistencia al corte se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de rotura. Se basa en”:

- La selección de una superficie teórica de rotura en el talud.
- El criterio de rotura de Mohr – Coulomb.
- La definición de factor de seguridad.

“Una vez evaluado el factor de seguridad de la superficie supuesta, es necesario analizar otras superficies de rotura, cinemáticamente posibles, hasta encontrar aquella que tenga el menor factor de seguridad, la cual se admite como superficie potencial de rotura del talud” (Gonzales de Vallejo, 2006).

Las fuerzas que actúan sobre un plano de rotura o deslizamiento potencial, suponiendo que no existan fuerzas externas sobre el talud, son las debidas al peso del material (W), a la cohesión (c), y a la fricción (ϕ), del plano.

Los análisis proporcionan el valor del factor de seguridad (F) del talud para la superficie analizada, referido al equilibrio estricto o límite entre las fuerzas que actúan.

$$F = \frac{\text{Tensiones} - \text{tangenciales} - \text{resistentes}}{\text{Tensiones} - \text{tangenciales} - \text{deslizantes}}$$

Los análisis proporcionan el valor del factor de seguridad (F) del talud para la superficie analizada, referido al equilibrio estricto o límite entre las fuerzas que actúan.

Suarez (1998), “El método de equilibrio límite se basa en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. Para ello supone que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1”.

El método de equilibrio límite considera el método de las dovelas o rebanadas y estabilidad global de la masa del terreno.

a) Métodos que consideran la masa dividida en rebanadas o dovelas

Gonzales de Vallejo et al. (2003) “Pueden considerar materiales no homogéneos, y conllevan a una serie de hipótesis propias sobre la localización, posición y distribución de las fuerzas que actúan sobre las rebanadas en que se ha dividido el talud, integrándose finalmente los resultados obtenidos. Las hipótesis previas se refieren generalmente a las fuerzas laterales entre las dovelas y existen una gran cantidad de métodos que consideran diferentes hipótesis”.

Gonzales de Vallejo et al. (2003), “Los métodos de las dovelas consideran el problema bidimensional por lo que la estabilidad del talud se analiza en una

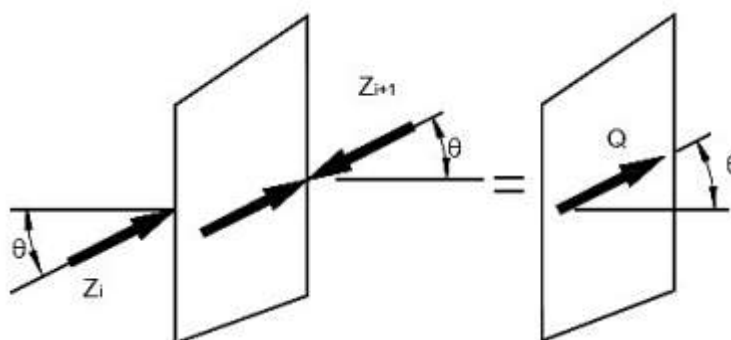
sección transversal del mismo y consiste en dividir la superficie de deslizamiento en varios segmentos (dovelas) de igual ancho y analizar las condiciones de equilibrio de cada uno”.

Los métodos de dovelas pueden clasificarse en dos grupos: precisos y aproximados.

- **Métodos precisos o completos:** Los métodos precisos cumplen todas las ecuaciones de la estática. Estos métodos necesitan para su resolución, sistemas de ecuaciones y procesos de cálculos iterativos, en esta categoría se encuentran los siguientes métodos:
- **Método de Spencer (1967):** Suarez (2009), “Este método supone que la interacción entre dovelas actúa como una componente de empuje con un ángulo de inclinación constante, por lo que; mediante iteraciones, se analiza tanto el equilibrio de momentos como de fuerzas en función a ese ángulo (Θ). El método Spencer es aplicable para casi todo tipo de geometría de talud y perfiles de suelo para el cálculo de factor de seguridad”.

Figura 11

Paralelismo de las fuerzas entre dovelas en el método Spencer



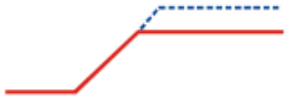



Nota: Suarez, 2009

3.4.22. Estabilización por modificación geométrica

Gonzales d Vallejo et al, (2003), “mediante la modificación de la geometría de los taludes se distribuyen las fuerzas debidas al peso de los materiales, obteniéndose una nueva configuración más estable. Las actualizaciones más frecuentes son”: ver fig. N°10:

Figura 12

Métodos de estabilización de taludes por excavación

ESQUEMA	METODO APLICABLE	COMENTARIOS
I EXCAVACION		
	1. Reducir la altura del talud con excavaciones en la partes superior.	En el área debe ser accesible al equipo de construcción. Se requiere de un lugar apropiado para colocar el suelo excavado. Algunas veces se incorpora drenaje a este método.
	2. Tendido el ángulo del talud	
	3. Excavar banqueta en la parte superior del talud	
	4. Excavar completamente la masa de deslizamiento	

Nota: Alva (2016), modificado de Turnbull & Hvorslev, (1967)

3.4.23. Parámetros que afectan la estabilidad

Gonzales de Vallejo (2006), “considera que la estabilidad del talud está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (que condicionan la presencia de planos, zonas de debilidad y anisotropía en el talud), factores hidrogeológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánicos del terreno (resistencia y deformabilidad) y factores ambientales y antrópicos”.

La combinación de los factores citados puede determinar la condición rotura a lo largo de una o varias superficies.

3.4.23.1 Parámetros geotécnicos

Gonzales de Vallejo (2006), “sostiene que la posible rotura de un talud a favor de una determinada superficie depende de la resistencia al corte de la misma. En primera instancia, la resistencia depende de los parámetros resistentes del material: cohesión y rozamiento interno (ángulo de fricción)”.

“La influencia de la naturaleza de los suelos en sus propiedades mecánicas, implica que la selección de los parámetros resistentes

representativos de la resistencia al corte, debe ser realizada teniendo en cuenta la historia geológica del material. En macizos rocosos, las propiedades resistentes de las discontinuidades y de la matriz rocosa son las que controlan el comportamiento mecánico. La resistencia al corte de los planos de debilidad depende de su naturaleza y origen, continuidad, espaciado, rugosidad, tipo y espesor de relleno, presencia de agua, etc. Siendo el aspecto más importante para determinar la estabilidad del macizo rocoso” (Gonzales de Vallejo, 2006),

Resistencia al corte: Representa la modelación física del fenómeno de deslizamiento. Los parámetros de ángulo de fricción y cohesión determinan el factor de seguridad de una posible superficie de deslizamiento.

Los ángulos de fricción varían de cero en materiales muy blandos a 50° en gravas angulosas o mantos de areniscas, y las cohesiones de cero en materiales granulares limpios a más de 10 Kg/cm^2 en suelos muy bien cementados y valores superiores en rocas masivas.

La resistencia al corte puede ser medida en dos formas:

- En el laboratorio o ensayos de campo, de tal forma que las cargas aplicadas, sean lo suficientemente lentas para que se produzca drenaje.
- En el laboratorio utilizando ensayos consolidados no drenados.

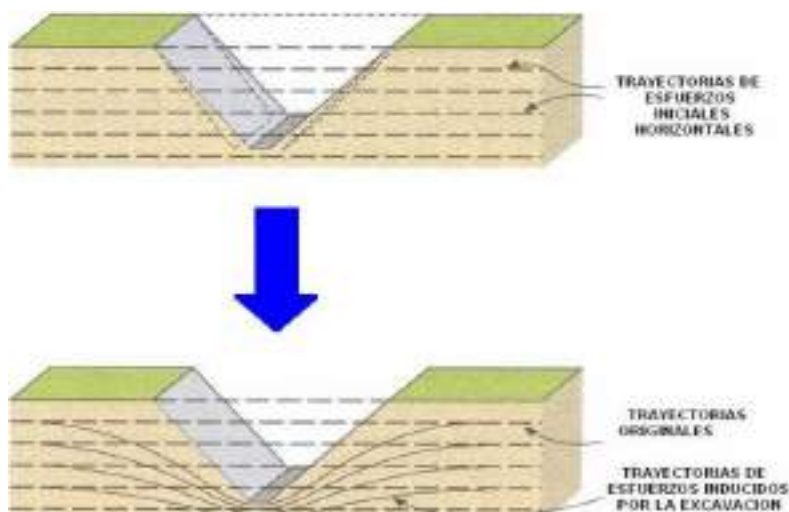
3.4.23.2 Parámetros geométricos

Gonzales de Vallejo (2006), “considera que la conformación topográfica del talud: altura, pendiente, curvatura, largo y ancho, actúan de forma conjunta o separada, afectan la estabilidad de un talud, por cuanto determina los niveles de esfuerzos totales y las fuerzas de gravedad que provocan los movimientos”.



Figura 13

Modificación de las trayectorias de los esfuerzos horizontales originales como consecuencia de la excavación



Nota: Luis Gonzales de Vallejo, (2006). Ingeniería Geológica cap. IX, P 438

Gonzales de Vallejo (2006) “En taludes para cada formación, en un estado determinado de meteorización existe un ángulo de talud a partir del cual un talud es inestable, en suelos granulares, limpios y secos. El ángulo de inclinación del talud no debe sobrepasar el ángulo de fricción del material. Asimismo la curvatura define una concavidad o convexidad ya sea tanto en el sentido longitudinal como transversal y afecta el equilibrio de la masa en sí. Entre más largo sea un talud, mayor recorrido tendrán las aguas de escorrentías sobre este y por lo tanto el talud estará más expuesto a la erosión superficial. Es importante identificar las áreas de infiltración arriba del talud que coinciden con depresiones topográficas. Entre más grande sea la zona que aporte agua al talud, será mayor la cantidad de agua que está afectando la estabilidad del talud”.

- a) **Pesos unitarios:** “Los problemas de estabilidad de taludes pueden formularse correctamente en términos de esfuerzos totales, utilizando pesos unitarios totales y límites externos de presión de poros. Los pesos unitarios totales son pesos húmedos

por encima del nivel freático, y saturados por debajo del nivel freático. En el caso de que se utilicen pesos sumergidos, se debe ignorar la presencia del nivel freático” (Gonzales de Vallejo, 2006).

- b) **Permeabilidad:** “La permeabilidad mide la resistencia interna de los materiales al flujo de agua y puede definir el régimen de agua subterránea, concentración de corriente, etc. Los valores del coeficiente de permeabilidad varían de 100 cm/seg. en roca fracturada o suelos compuestos por arenas y gravas, y hasta 10^{-10} cm/seg. en arcillas impermeables, pizarras y granitos sanos” (Gonzales de Vallejo, 2006).
- c) **Expansividad:** “Los suelos arcillosos en contacto con el agua expanden su volumen produciéndose movimientos de extensión dentro de la masa del suelo. La expansividad en suelo se puede medir por medio de ensayos de presión de expansión o expansión libre o por su relación con los límites de plasticidad. La expansividad de los suelos arcillosos en los rellenos de juntas puede generar deslizamientos de rocas” (Gonzales de Vallejo, 2006).

3.4.23.3 Parámetros geológicos

Gonzales de Vallejo (2006), “sostiene que la geología define las características o propiedades del suelo o roca. Los elementos geológicos principales a estudiar son los siguientes”:

- a) **Formación Geológica:** Los materiales de origen ígneo - metamórfica poseen un comportamiento diferente a los suelos de origen sedimentario, aluviones, coluviones, etc.
- b) **Estratigrafía y litología:** “Las propiedades físicas y resistentes de cada tipo de material, junto con la presencia de agua, gobiernan su estabilidad. En los suelos que generalmente se pueden considerar homogéneos, las diferencias en el grado de compactación, cimentación o granulometría predisponen zonas de debilidad y la circulación de agua, que pueden generar inestabilidad” (Gonzales de Vallejo, 2006).



- c) **Estructura y discontinuidades:** “En los suelos residuales y rocas; la estratigrafía y las discontinuidades actúan como planos de debilidad o como conductores de corrientes de agua subterránea. La presencia de estos planos de debilidad buzando hacia el frente del talud supone la existencia de planos de rotura y deslizamientos potenciales, y su orientación y disposición condiciona los tipos, modelos y mecanismos de inestabilidad” (Gonzales de Vallejo, 2006).
- d) **Meteorización:** “La descomposición física o química produce alteraciones en la roca o suelo, las cuales modifican sustancialmente los parámetros de resistencia y permeabilidad, facilitando la ocurrencia de los deslizamientos” (Gonzales de Vallejo, 2006).

3.4.24. SMR

Romana (1993), “la clasificación SMR es un método de determinación de los factores de ajuste adecuados para aplicar la clasificación RMR a los taludes. Después de su publicación el inglés, la clasificación SMR ha despertado cierto interés y el propio Bieniawski la recomienda en su libro para su aplicación en taludes”.

$$SMR = RMR + (F1 * F2 * F3) + F4$$

Donde:

RMR= Valor básico de la clasificación geomecánica (0-100)

F1: Depende del paralelismo entre el rumbo de las juntas y de la cara del talud.

F2: Depende del buzamiento de la diaclasa en rotura plana.

F3: Refleja la relación entre los buzamientos de la diaclasa y el talud.

F4: Indica el factor de ajuste de acuerdo al método de excavación.



3.4.25. Índice Q

Barton, Lien y Lunde, (1974), “estos autores consideran esta clasificación tomando en cuenta el R.Q.D relacionándolo con diversos parámetros, que serán considerados a continuación y que están relacionados con la siguiente formula”:¹⁰

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Dónde:

RQD: Índice de calidad de la roca.

J_n: Número de familias de diaclasas.

J_r: Rugosidad de las superficies de las discontinuidades.

J_a: Alteración de las diaclasas.

J_w: Coeficiente reductor. Presencia del agua.

SRF: Factor reductor de esfuerzo.

Tabla 11

Clasificación de Barton de los macizos rocosos (Índice de calidad Q).

Tipo de Roca	Valor de Q
Excepcionalmente Mala	10 ⁻³ -10 ⁻²
Extremadamente Mala	10 ⁻² -10 ⁻¹
Muy mala	10 ⁻¹ -1
Mala	1-4
Media	4-10
Buena	10-40
Muy buena	40-100
Extremadamente buena	100-400
Excepcionalmente buena	400-1000

Nota: Universidad de los Andes, “Índice de calidad de la roca RQD. Clasificaciones de los macizos rocosos según: Barton, Bieniawski, Hoek y Brown”

¹⁰ Jaeger, J., Cook, N., Zimmerman, R. (2007). “Fundamentals of Rock Mechanics”. Blackwell. ISBN 978-0-632-05759-7. Australia.

3.4.26. Tipos de rotura de las estructuras Geológicas

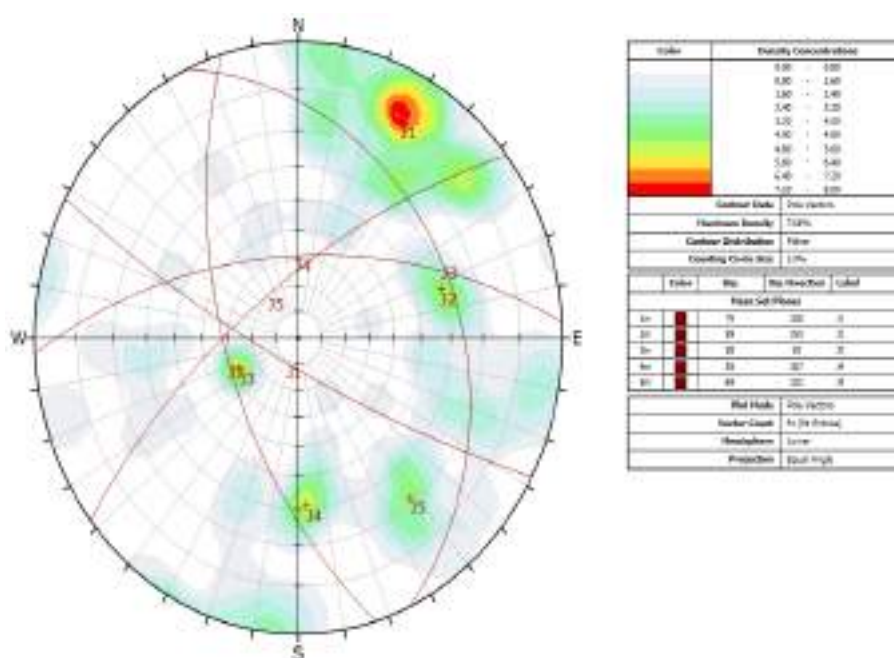
3.4.26.1 Circular

Gonzales de Vallejo et al, (2004), “considera que este tipo de cizallamiento circular se produce en las rocas dúctiles sin zonas débil y que no presentan orientación crítica, pero se pueden combinar algunas veces con un plano de deslizamiento” (ver figura N°12 y 13). Este tipo de rotura se presenta en las siguientes formas:

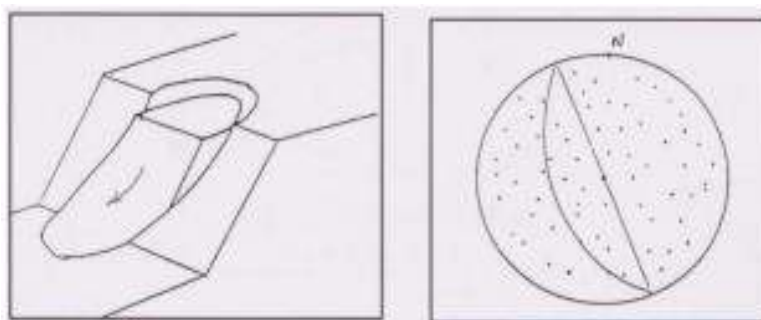
- Talud pronunciado
- Talud suave

Figura 14

Representación gráfica de un fracturamiento mediante el diagrama de Schmidt.



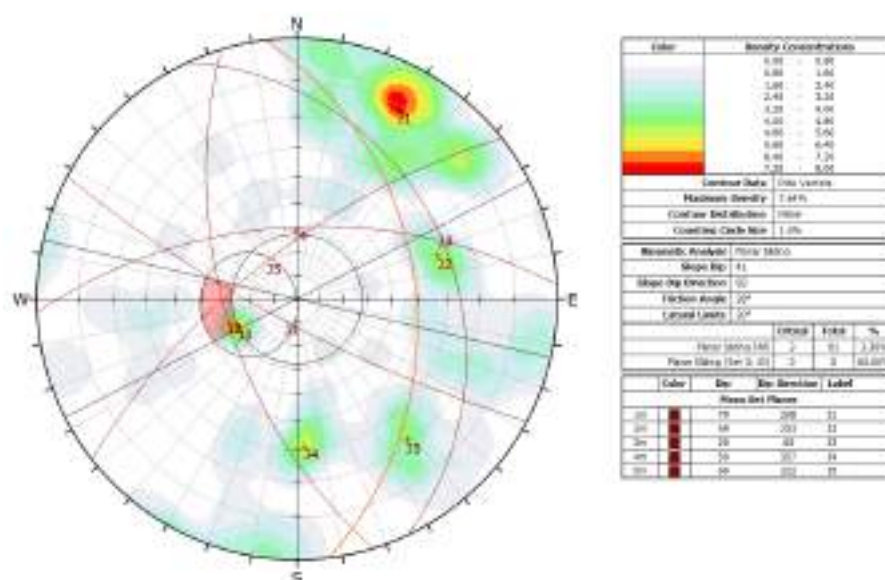
Nota. Elaboración propia

Figura 15*Grado de fracturamiento desordenada***3.4.26.2 Plana**

Gonzales de Vallejo et al, (2004), “sostiene que el deslizamiento de un bloque se produce a lo largo de un plano caracterizado por una familia de discontinuidades que presenta una misma dirección que el talud y una pendiente de mismo sentido pero menos inclinada que la del talud” (ver figura N°14).

Figura 16

Representación mediante el diagrama de Shmidt del deslizamiento de un bloque a lo largo de un plano.

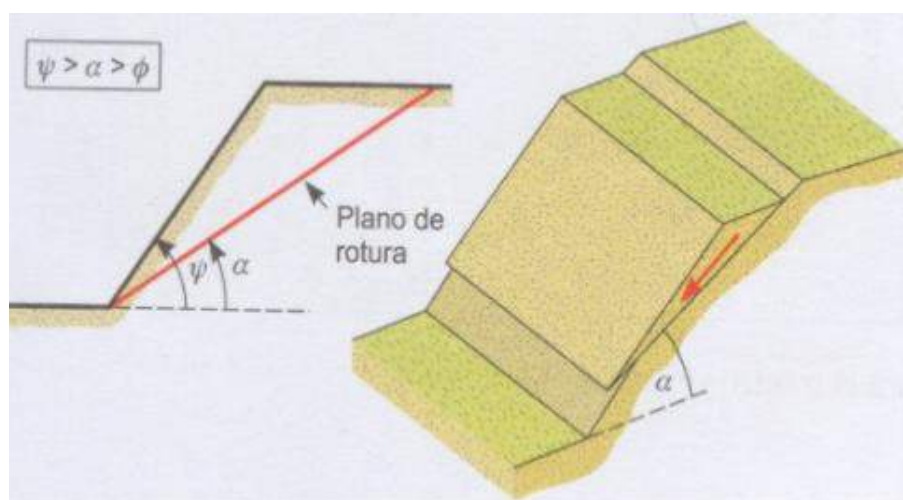


Nota: Elaboración propia

“Se produce a favor de una superficie preexistente, que puede ser la estratificación, una junta, una falla, etc. La condición básica es la presencia de discontinuidades buzando a favor del talud y con su misma dirección, cumpliéndose la condición de que la discontinuidad debe estar descalzada por el talud ($\psi > \alpha$) y su buzamiento debe ser mayor que su ángulo de rozamiento interno ($\alpha > \phi$)” (Gonzales de Vallejo et al, 2004).

Figura 17

Condiciones para la rotura Plana

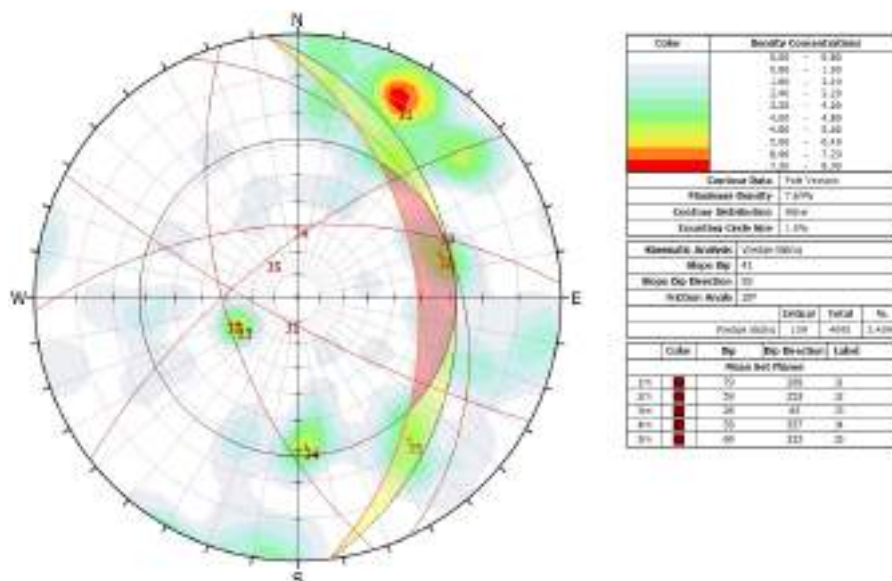


3.4.26.3 Cuña

Gonzales de Vallejo et al, (2004), “asimismo los autores consideran que el deslizamiento de un bloque se produce a lo largo de una de sus aristas que es la recta de intersección de dos planos definidos por dos familias de discontinuidades que interceptan ese bloque (ver figura N°16)”.

Figura 18

Diagrama de Shmidt, mostrando rotura tipo Cuña

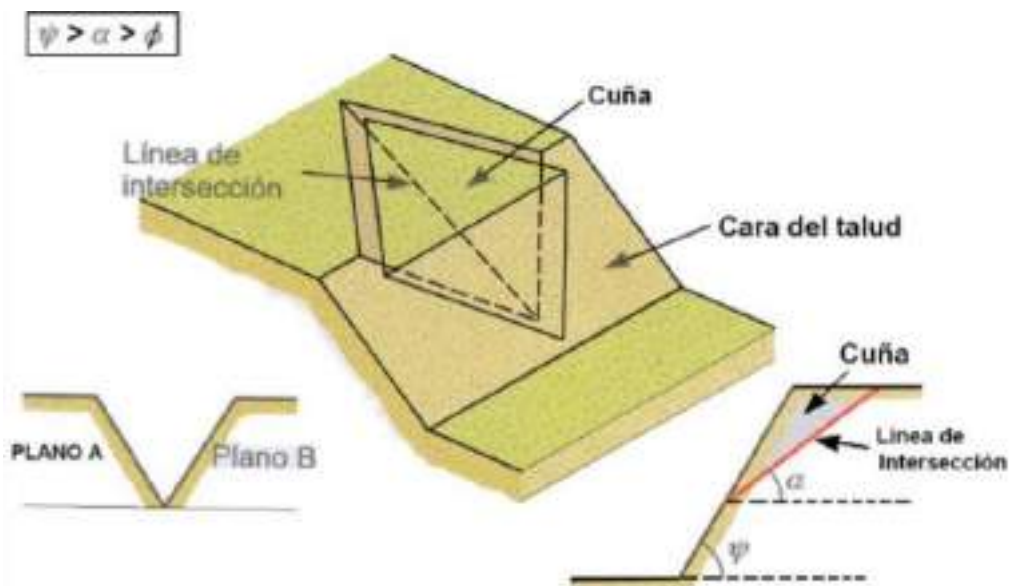


Nota: Elaboración propia

Corresponde al deslizamiento de un bloque en forma de cuña, formado por dos planos de discontinuidad, a favor de su línea de intersección.

Figura 19

Condiciones para la rotura en cuña



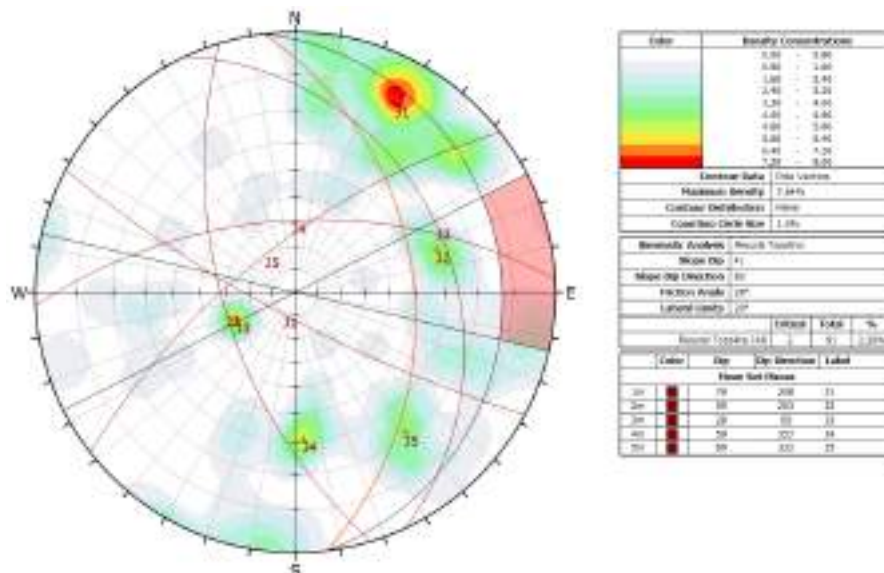
3.4.26.4 Vuelco

Gonzales de Vallejo et al, (2004), “este, es el caso donde una familia de discontinuidades de orientación preferencial, está caracterizado

por una misma dirección de pendiente que el talud y un sentido opuesto (ver figura N°18)”.

Figura 20

Diagrama de Shmidt, donde se presenta una rotura tipo Vuelco

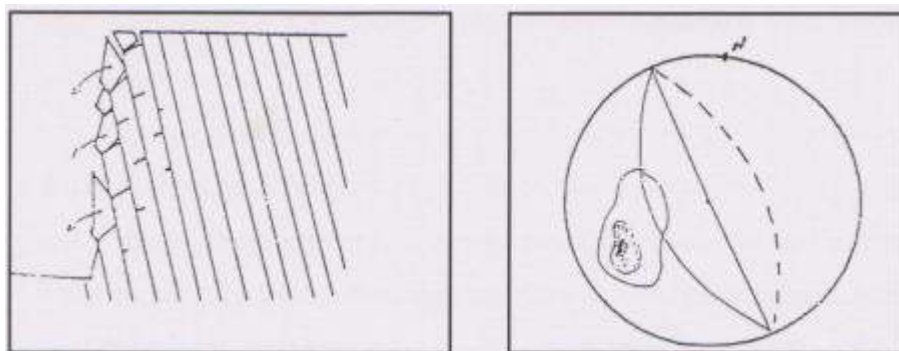


Nota: elaboración propia

“Este tipo de roturas se produce a favor de planos de estratificación paralelos al talud ($\alpha=\phi$), con buzamiento mayor que el ángulo de rozamiento interno ($\alpha>\phi$). La rotura puede ocurrir con o sin flexión del estrato; la condición necesaria es que los estratos sean suficientemente esbeltos, en relación con la altura del talud, para poder pandear” (Gonzales de Vallejo et al, 2004).

Figura 21

Gráfico de rotura en basculamiento



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Tipo y diseño de la Investigación

La determinación de los parámetros geométricos para la estabilidad del tajo Huamanloma NW –Cía. Minera Apumayo S.A.C. 2019, “según el grado de abstracción el presente proyecto de investigación es contemplado con fines aplicativos, ya que, la investigación consiste en el empleo práctico de los conocimientos y teorías fundamentales de estabilidad de taludes con el objetivo de determinar los parámetros geométricos óptimos del talud, para garantizar la estabilidad del diseño del Tajo Huamanloma NW” (Minera Apumayo S.A.C., 2019)

Con respecto a los datos es de tipo cualitativo, dado que se los datos son de factores que cuyo cálculo se hace uso de criterios geotécnicos y criterios ingenieriles para establecer dichos parámetros y lograr su estabilidad del diseño propuesto.

En diseño es del tipo no experimental, transversal – descriptivo, ya que no se ha manipulado ninguna variable para medir su efecto. Pues solo se ha tomado datos del suelo con la finalidad de describir las variables y analizar la influencia que tiene al realizar los cálculos geotécnicos y así determinamos los parámetros óptimos del talud para lograr su estabilidad

Con referencia a la metodología de investigación se utilizó la metodología de investigación propuesto por (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).



Figura 22*Diseño de investigación Cualitativa*

Fase 1 IDEA	• Analizar la estabilidad de taludes
Fase 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	• Determinar los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del diseño del tajo Huamanloma NW
Fase 3 INMERSIÓN INICIAL EN EL CAMPO	• Recopilar información relacionado al campo de la estabilidad de taludes
Fase 4 CONCEPCIÓN DEL DISEÑO DEL ESTUDIO	• Investigar los métodos de estabilidad de taludes
Fase 5 DEFINICIÓN DE LA MUESTRA INICIAL DE ESTUDIO Y ACCESO A ESTA	• Toma de muestras del yacimiento en la unidad minera Apumayo
Fase 6 RECOLECCION DE DATOS	• Las muestras corresponden al número de unidades litológicas del perfil estratigráfico del yacimiento
Fase 7 ANÁLISIS DE DATOS	• Analizar la estabilidad de taludes en función a los cambios geométricos
Fase 8 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	• Aplicación de la metodología para determinar los parámetros geométricos
Fase 9 ELABORACIÓN DEL REPORTE DE RESULTADOS	• Cuantificar la detriminación de los parámetros geométricos óptimos del talud, para el diseño del Tajo.

Nota: Elaboración propia a partir de Hernández et al. (2014)

4.2. Población y Muestra

En el presente proyecto de investigación se midió o evaluó la variable independiente, determinación de parámetros geométricos para la estabilidad del tajo Huamanloma NW – CÍA. minera Apumayo S.A.C. 2019.

4.2.1. Población

La población está compuesta por la mina Apumayo.

4.2.2. Muestra

La muestra está constituida por el Tajo Huamanloma NW.

4.3. Procedimiento de la Investigación

El procedimiento que se siguió en la investigación fueron:

a) Trabajos de campo:

- Observación directa y controlada.
- Anotación de datos referenciales y exploratorios.

- Levantamiento topográfico.
- Apertura de calicatas.
- Perforaciones geológicas / geotécnicas.
- Seguimiento al personal encargado de los trabajos de campo.
- Mapeo “insitu” de las estructuras geológicas.

b) Trabajos de gabinete:

- Recojo de datos referenciales y exploratorios
- Toma de imágenes y planos.
- Análisis de los datos.
- Revisión de estudios.

c) Trabajos de tecnología:

- Características geológicas y topográficas.
- Procesamiento de resultados de ensayos de laboratorio
- Uso de herramientas informáticas

La recolección de información y datos fueron desarrollados mediante dos formas, haber sido parte de proyectos en el área de operación, geología, geotecnia, planeamiento y topografía y a la técnica de revisión de la literatura de Notas primarias y secundarias; la que cubre toda la bibliografía disponible sobre el tema de estudio, tales como publicación de artículos, tesis, libros, documentos electrónicos, informes de compañía, entre otros.

Esta etapa de investigación bibliográfica se llevó a cabo para apoyar, analizar y proponer una metodología aplicada y eficiente para la toma de decisión al problema de la determinación de parámetros geométricos más óptimo para la estabilidad del Tajo Huamanloma NW.

4.4. Material de Investigación

En la investigación propuesta se utilizó los materiales de la misma empresa minera Apumayo:

- GPS
- Brújula
- Martillo de Schmitt
- Cámara fotográfica

4.4.1. Instrumentos de Investigación

En la investigación propuesta se utilizó los instrumentos de la misma empresa minera Apumayo:

- Excavadora / Retroexcavadora
- Perforadora
- Estación total
- Sonda piezométrica

4.4.2. Plan de Tratamiento de Datos

La información recolectada fue evaluada y analizada tanto tecnológica y práctica; para la adecuada determinación de parámetros geométricos y garantizar la estabilidad del Tajo Huamanloma NW, estos datos se procesan haciendo uso de programas y/o herramientas informáticas y de análisis, tales como:

- Microsoft Excel
- AutoCAD, Civil 3D
- Minesight
- Slide 6.0, Rock Data, Dips, Rocplane, Swedge.

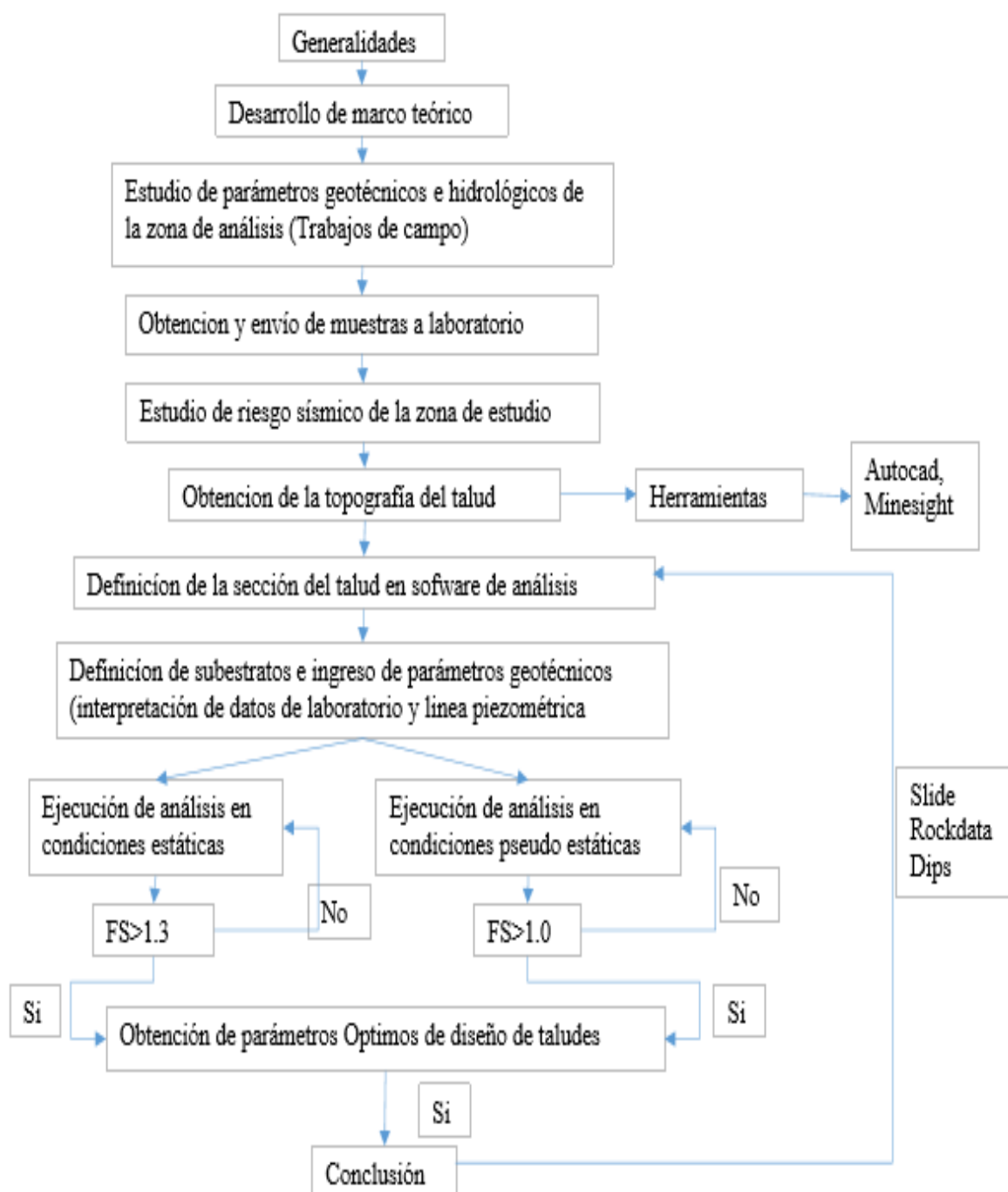
Se ha evaluado y analizado los datos en software especializado en dicho análisis, y para efecto la presentación de datos se muestra a través de:

- Cuadros estadísticos
- Gráficos estadísticos

En la tabla N°14, se muestra la metodología aplicada, para la ejecución del proyecto de investigación:

Figura 23

Esquema de metodología empleada



Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Descripción de los Resultados

Se determinaron los resultados obtenidos en campo y gabinete en cálculos de diseños de los parámetros geométricos y la utilización del “software” por medio de la determinación del factor de seguridad. Para ello exponemos los elementos necesarios para realizar un análisis detallado de la geometría de los taludes para el proceso operativo.

5.1.1. Caracterización Geológica

En el área del Tajo Huamanloma NW, la mineralización está directamente relacionada a un cuerpo de brecha hidrotermal la cual tiene una tendencia NW-SE que llega a aflorar en superficie, cortando a los tufos.

La geología del lugar muestra la siguiente litología:

5.1.1.1 Brecha Hidrotermal

La brecha hidrotermal se caracteriza, por la presencia de moderada a fuerte oxidación, con algunas evidencias de fluidización, además de presentar algunos relictos de fragmentos sub angulosos que evidencias su protofito tufo.

5.1.1.2 Tufo

Esta roca, se caracteriza por presentar fragmentos sub redondeados masivos de color gris oscuro, con presencia de óxidos de moderada a baja intensidad. Esta roca se encuentra mineralizada en algunos sectores debido al halo de influencia de la brecha hidrotermal.

5.1.1.3 Andesita

Esta roca se encuentra en menor proporción que las rocas antes mencionadas. Se encuentra al borde del sistema de alteración hidrotermal.



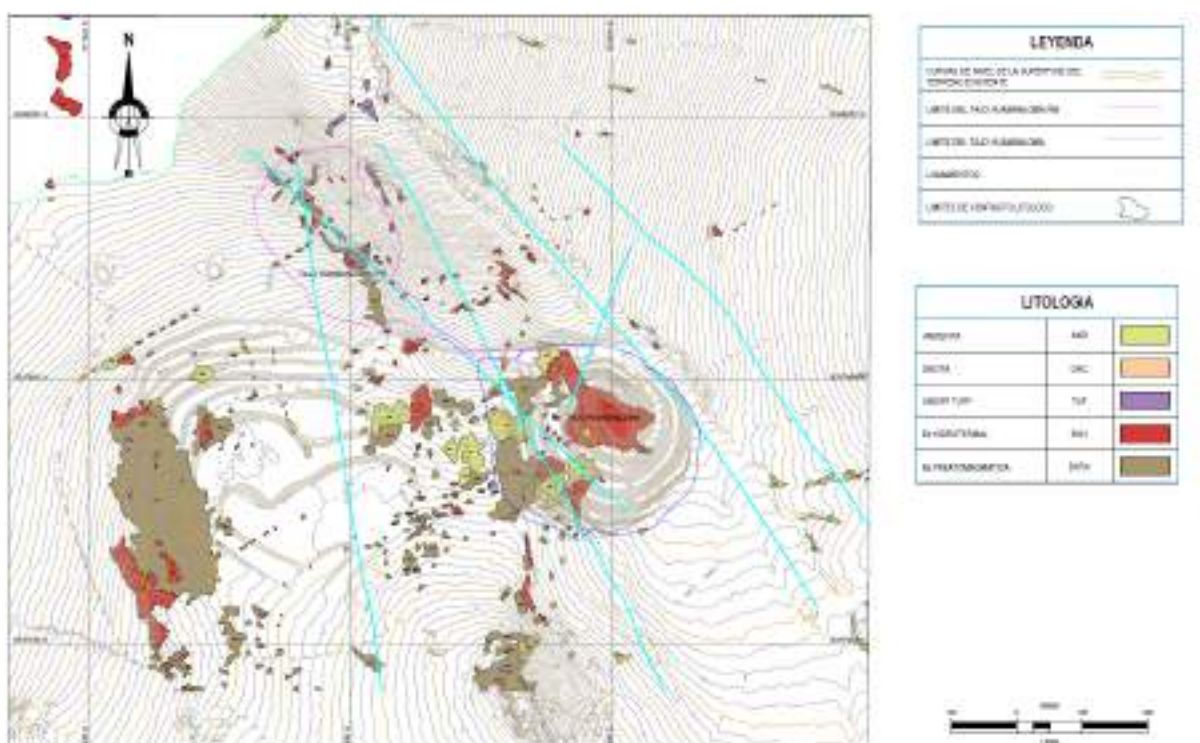
5.1.1.4 Brecha Freatomagmática

Se caracteriza por presentar fragmentos medios a finos, esta aflora principalmente en el sector sur del área mineralizada y de forma puntual en algunos taladros.

En la figura N°20 se muestra la litología a nivel superficial, asimismo estos planos se encuentra en el anexo A.

Figura 24

plano Geológico estructural a nivel superficial



Nota: Apumayo S.A.C.

En la litología presente se encuentran las siguientes alteraciones:

5.1.1.5 Sílice Granular (SG)

Que es la alteración de mayor predominancia en el cuerpo mineralizado de Au, cuya intensidad es moderada a compacta y se presenta principalmente en la brecha hidrotermal y en parte de los tufos.

5.1.1.6 Sílice Masiva (SM)

Se presenta en algunos afloramientos e identificándose de forma puntual un cuerpo en el sector sur del proyecto.

5.1.1.7 Sílice Clay (SC)

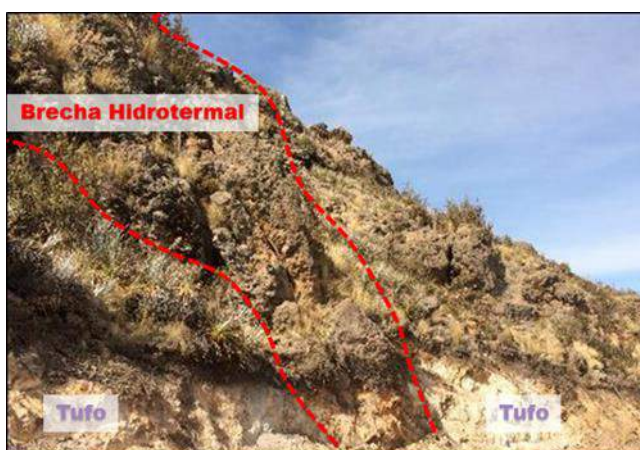
Que se encuentra más en los bordes del cuerpo mineralizado, principalmente en los tufos y andesita.

5.1.1.8 Clay (C)

Se presenta en el borde de todo el sistema hidrotermal.

Figura 25

Brecha Hidrotermal cortando al Tufo

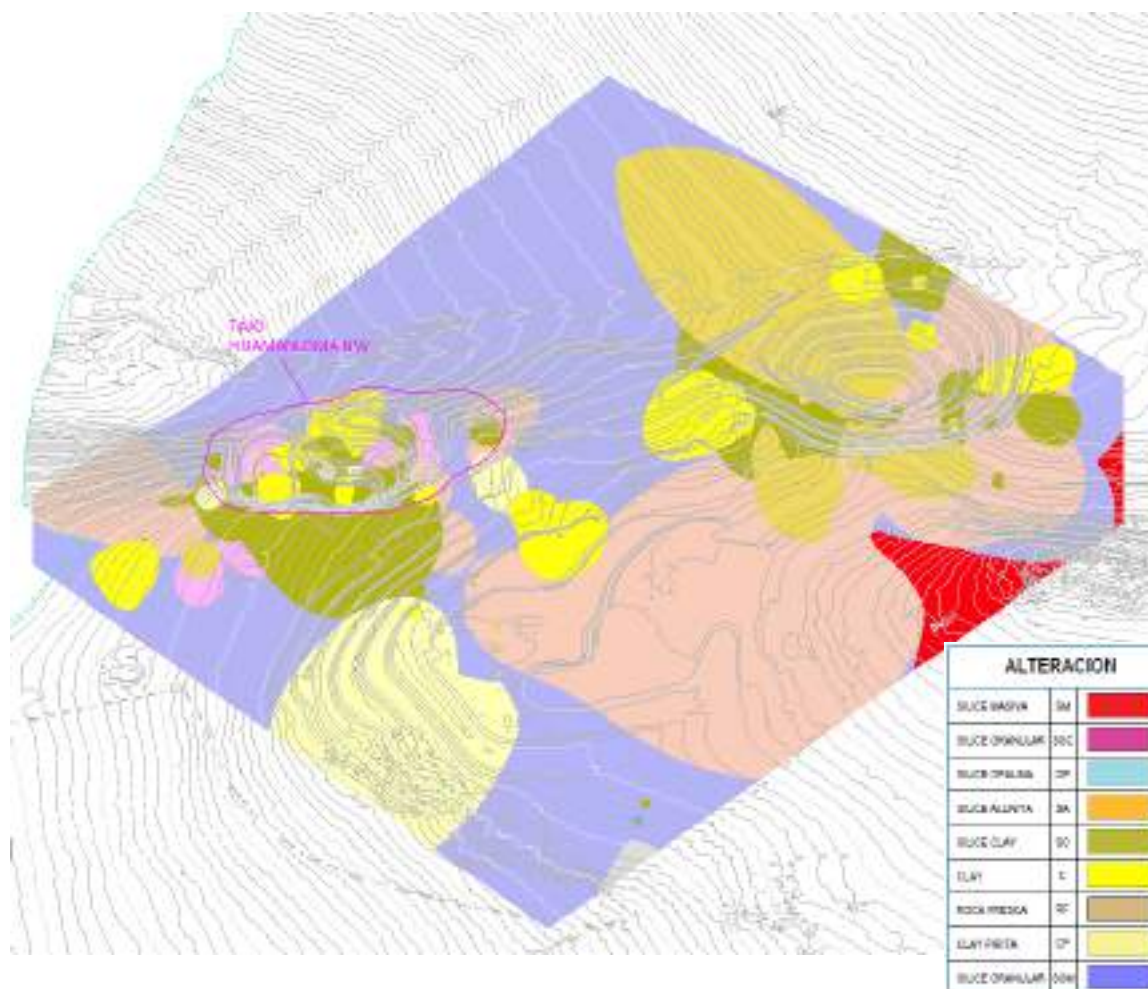


Nota: Apumayo S.A.C.

En la figura N°21 se muestra el modelo geológico del Tajo Huamanloma NW en base a alteraciones:

Figura 26

Modelo Geológico del Tajo Huamanloma NW en base a alteraciones



Nota: Apumayo S.A.C.

5.2. Investigaciones Geotécnicas

En el estudio realizado se estableció un programa de investigaciones geotécnicas de campo, que consistió en la excavación de calicata, mapeos superficial mediante estaciones geomecánicas, ensayos “insitu”; para la caracterización de la masa rocosa del área de estudio, se registraron datos a partir del mapeo geotécnico de afloramientos rocosos ubicados en el área del futuro tajo, así como el registro geotécnico de testigos rocosos orientados y toma de muestras representativas para los ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete.

5.2.1. Calicatas

Se realizaron 25 calicatas debidamente ubicadas y distribuidas en el área del futuro tajo, con la finalidad de evaluar las condiciones geotécnicas de los

materiales. En la ejecución de cada una de ellas se realizó una descripción detallada de los estratos registrados de acuerdo a la norma ASTM D 2488. Posteriormente se tomaron muestras disturbadas y representativas y efectuar ensayos para su caracterización física y mecánica. Los registros de las calicatas se presentan en el anexo B. En la tabla N°15 se muestra el resumen de las calicatas.

Tabla 12*Resumen de Calicatas*

Calicatas					
Tajo Huamanloma Nw					
N°	Calicata	Coordenadas WGS-84			Profundidad Calicata (m)
		Este	Norte	Cota	
1	C-01	614810.57	8347865.07	4102	4.10
2	C-03	614691.75	8347969.26	4080	2.2
3	C-04	614650.02	8348005.97	4068	1.90
4	C-06	614603.94	8347959.42	4102	1.8
5	C-07	614591.00	8347883.00	4116	1.00
6	C-08	614565.00	8347770.00	4146	1.90
7	C-09	614546.00	8347605.00	4164	1.67
8	C-10	614521.00	8347481.00	4158	1.05
9	C-11	614390.00	8347814.00	4130	1.00
10	C-12	614325.00	8347895.00	4094	1.70
11	C-13	614506.53	8347930.99	4100	3.50
12	C-14	614541.19	8347964.49	4094	2.1
13	C-15	614579.81	8348002.05	4082	1.2
14	C-16	614586.19	8348073.17	4044	2.70
15	C-18	614507.58	8348004.35	4084	1.7
16	C-19	614473.22	8348001.24	4086	2.5
17	C-20	614499.80	8348033.81	4078	3.4
18	C-21	614525.69	8348065.52	4064	3.3
19	C-22	614560.00	8348100.00	4038	2.70
20	C-23	614498.13	8348086.27	4060	1.6
21	C-24	614455.77	8348083.29	4066	3.6
22	C-25	614497.13	8348141.34	4032	2.26
23	C-26	614525.72	8348118.01	4036	3.15
24	C-27	614577.97	8348128.77	4016	1.90
25	C-30	614649.87	8348069.37	4040	5.30

Nota: Elaboración Propia

5.2.2. Ensayos de densidad de campo

Se efectuaron 15 ensayos de densidad de campo por el método de reemplazo de agua, ubicados y distribuidos dentro del área del futuro tajo con la finalidad de determinar la densidad natural de los materiales residuales. Posteriormente, dicha información fue empleada para definir la densidad de remoldeo de las muestras de suelo para el desarrollo de los ensayos especiales de laboratorio. Los registros de las densidades de campo se presentan en el anexo C. En la tabla N°16 se muestra el resumen de los ensayos de densidad.

Se realiza la excavación dentro de la calicata o cada estrato, haciendo uso de una placa de diámetro 0.3 m y a una profundidad de excavación de 0.3 m, el material obtenido de la excavación es pesado en una balanza, posteriormente se procede a cubrir el hoyo con un material impermeable (plástico) para posteriormente agregar agua hasta cubrir al 100% el hoyo. Para tal caso la muestra obtenida se lleva a laboratorio para el cálculo de contenido de humedad.

Para determinar la densidad de campo natural se realizaron los siguientes cálculos:

$$DensidadHúmeda = \frac{Vol. Agua}{Pesodelsuelohúmedo}$$

Reemplazando los datos:

$$DensidadHúmeda = \frac{36700g}{21500ml} = 1.71 \text{ g/ml}$$

$$DensidadHúmeda = 1.71 \text{ g/ml} \equiv 1.71 \text{ g/cm}^3$$

El resultado de contenido de humedad obtenido en laboratorio para la calicata C-10 (M-1) es 9.55 %.

$$Densidadseca = \frac{DensidadHúmeda}{1 + \left(\frac{CH}{100}\right)}$$

$$Densidadseca = \frac{1.71}{1 + \left(\frac{9.55}{100}\right)} = 1.56 \text{ g/cm}^3$$

Tabla 13*Resumen de ensayos de densidad natural*

N°	Calicata	Muestra	Profundidad muestra	Ensayo	Material	Densidad Campo	Contenido Humedad
1	C-10	M-1	1.05	Reemplazo de agua	Terreno fundación (SGD)	1.707	9.55
2	C-09	M-2	1.67	Reemplazo de agua	Desmonte mina	1.664	9.29
3	C-08	M-3	1.90	Reemplazo de agua	Desmonte mina	1.793	3
4	C-11	M-4	1.00	Reemplazo de agua	Desmonte mina	1.442	6.97
5	C-12	M-5	1.70	Reemplazo de agua	Terreno fundación (SGD)	1.483	7.62
6	C-07	M-6	1.00	Reemplazo de agua	Terreno Fundación SGM-C	1.918	12.25
7	C-24	M-8	1.20	Reemplazo de agua	C ("Clay" o arcilla)	1.692	14.09
8	C-26	M-11	1.20	Reemplazo de agua	C ("Clay" o arcilla)	1.761	19.43
9	C-22	M-12	1.20	Reemplazo de agua	C ("Clay" o arcilla)	2.102	16.03
10	C-16	M-13	1.30	Reemplazo de agua	C ("Clay" o arcilla)	1.883	14.89
11	C-30	M-14	5.30	Reemplazo de agua	C ("Clay" o arcilla)	1.711	22.56
12	C-27	M-15	0.90	Reemplazo de agua	Limo	1.997	12.23
13	C-04	M-16	1.90	Reemplazo de agua	SGD	1.688	10.58
14	C-13	M-22	1.60	Reemplazo de agua	C ("Clay" o arcilla)	1.768	22.03
15	C-01	M-26	1.30	Reemplazo de agua	C ("Clay" o arcilla)	1.704	14.17

Nota: Elaboración Propia. SGD: Sílice granular deléznale. SGM-C: Sílice granular moderada a compacta.



5.2.3. Estaciones geomecánicas

Los mapeos geotécnicos de los afloramientos rocosos superficiales, se llevaron a cabo utilizando el método directo de estaciones geomecánicas. Mediante este método se realizaron mediciones de las principales discontinuidades presentes en los afloramientos rocosos, incluida la orientación, la longitud máxima y el espaciamiento promedio. Se desarrolló 10 estaciones geomecánicas.

Esta información es útil para definir las condiciones geomecánicas superficiales del tajo en su condición actual y poder definir dominios estructurales predominantes del mismo. Los registros de las estaciones geomecánicas se presentan en el anexo D. El resumen de las estaciones se muestra en la tabla N°17.

Tabla 14

Resumen de estaciones geomecánicas.

Estaciones Geomecánicas				
Tajo Huamanloma Nw				
Estación	Coordenadas (WGS-84)			Alteración
	Este	Norte	Cota	
EG-01	614682.5	8348088.0	4038.5	SG
EG-02	614639.5	8348119.5	4021.0	SM
EG-03	614524.5	8348150.5	4035.0	SM
EG-04	614482.0	8348121.5	4057.0	SG
EG-05	614530.5	8348088.5	4059.0	SM
EG-06	614600.0	8348002.0	4094.0	SM
EG-07	614624.5	8347984.5	4093.5	SM
EG-08	614634.0	8347954.0	4115.0	SM
EG-09	614773.0	8347917.5	4103.5	SG
EG-10	614653.0	8347908.5	4130.0	SM

Nota: Elaboración Propia

SG: Sílice granular

SM: Sílice masiva



5.2.4. Perforaciones geotécnicas

Se registraron 02 sondajes representativos del área de estudio, con la máquina perforadora LD250 #7, con tuberías de diámetro HQ (96mm); para el muestreo de material existente, cabe indicar que se ha tratado de aprovechar toda la información de interés para el presente estudio. Asimismo se realizaron 25 perforaciones de infill drilling para la determinación del modelo geológico, con la máquina perforadora DML, con tuberías de diámetro (149 mm). El resumen de dichos registros de perforaciones geológicas y geotécnicas determinados en campo se encuentra en el anexo E. El resumen de las perforaciones geotécnicas se muestra en la tabla N°18 y las perforaciones de infill drilling se muestra en la tabla N°18.

Tabla 15

Resumen de perforaciones geotécnicas

SONDAJES GEOTECNICOS							
TAJO HUAMANLOMA NW							
Ite m	Sondaje	Coordenadas WGS - 84			Buzami ento (°)	Azimu t (°)	Profundi dad (m)
		Norte	Este	Cota			
1	HUA-DH- 01	8348044. 12	614393.786 9	4074.2 9	70	N61°	100.0
2	HUA-DH- 02	8347881. 69	614736.55	4104.36	70	N316°	130.0

Nota: Elaboración Propia

Tabla 16
Resumen de perforaciones infill drilling

SONDAJES						GEOLOGICOS	
TAJO HUAMANLOMA NW							
Ite m	Sondaje	Coordenadas WGS - 84			Buzamiento (°)	Azimut (°)	Profundidad (m)
		Norte	Este	Cota			
1	HLM-03	8347956.83	614587.45	4099.78	60	60	124.8
2	PDM-295	8348040.51	614514.43	4074.37	90	0	100.0
3	PDM-296	8347977.69	614593.72	4094.51	90	0	62.0
4	PDM-406	8348009.01	614624.42	4071.70	90	0	54.0
5	PDM-407	8348086.98	614541.03	4044.94	90	0	54.0
6	PDM-408	8348123.49	614579.75	4019.97	90	0	54.0
7	PDM-414	8348116.23	614560.92	4027.72	90	0	90.0
9	PDM-415	8347980.24	614611.13	4090.30	90	0	104.0
10	PDM-416	8348016.69	614586.37	4073.19	90	0	100.0
11	PDM-417	8348024.82	614552.38	4075.11	90	0	100.0
12	PDM-418	8348033.95	614599.24	4062.38	90	0	90.0
13	PDM-419	8348064.35	614558.76	4053.21	90	0	64.0
14	PDM-420	8348016.03	614643.86	4065.72	90	0	76.0
15	PDM-423	8348027.23	614574.73	4069.79	90	0	24.0
16	PDM-424	8347994.47	614575.04	4087.82	90	0	10.0
17	PDM-425	8348047.32	614611.40	4054.33	90	0	54.0
18	PDM-426	8348046.78	614574.71	4059.92	90	0	72.0
19	PDM-421	8348023.31	614611.04	4066.22	90	0	108.0
20	PDM-422	8348077.04	614519.57	4057.50	90	0	100.0
21	PDM-427	8348104.22	614522.35	4042.05	90	0	72.0
22	PDM-428	8348003.62	614558.40	4084.50	90	0	72.0
23	PDM-429	8348035.68	614627.52	4058.17	90	0	90.0
24	PDM-423A	8348026.81	614577.99	4069.43	90	0	86.0
25	PDM-424A	8347994.83	614570.15	4087.88	90	0	86.0

Nota: Elaboración Propia



5.2.5. Ensayos de Laboratorio

En los materiales obtenidos del muestreo descrito en el ítem anterior, se realizaron ensayos de laboratorio con la finalidad de determinar parámetros geotécnicos de resistencia cortante para el análisis de estabilidad física de los taludes.

En este ítem solo se realiza la interpretación y/o resumen de los resultados de ensayos.

Los ensayos de laboratorio se ejecutaron por el laboratorio de mecánica de rocas y suelos de la universidad nacional de ingeniería (UNI) las cuales nos proporcionan los certificados de los ensayos, los resultados se presentan en el Anexo F.

5.2.5.1 Ensayos de Carga Puntual

Con la finalidad de obtener de manera indirecta la resistencia a la compresión y caracterizar la roca presente, se realizaron ensayos de carga puntual en muestras de rocas obtenidas durante los trabajos de campo y las perforaciones realizadas. Los ensayos de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de mecánicas de rocas y suelos de la universidad nacional de ingeniería. En la tabla N°20 se presenta, como resultados, los índices de carga puntual corregidos L_s (50) y su grado de dureza.

Para el cálculo de ensayos de laboratorio de carga puntual diametral, se debe contar con cores de una relación longitud/diámetro superior a 1.

Para el cálculo de ensayos de laboratorio de carga puntual axial, se debe contar con cores de una relación longitud/diámetro entre 0.3 y 1 para poder realizar el ensayo de acuerdo a la norma.

El modelo matemático utilizado para los ensayos de carga puntual es el principio de Pascal y la teoría de Bieniawski.

El índice de carga puntual no corregida L_s , se obtiene de la expresión:

$$L_s = P/D^2$$

Dónde:

P: Carga KN.



D: diámetro equivalente cm.

$$L_s = P/D^2 = \frac{4.1 \frac{KN*1000}{9.81} Kg/cm^2}{6.08^2} = 11.3059664 \text{ Kg/cm}^2$$

El índice de carga puntual corregida $L_s(50)$, se obtiene de la expresión:

$$L_s(50) = F * L_s$$

Dónde:

P: Carga KN.

D: diámetro equivalente cm.

Factor de corrección por tamaño o extracción de muestra si es cercano a 50 mm (este factor depende del laboratorio):

$$F = (D/50)^{0.5}$$

$$F = \sqrt{\frac{6.08cm * 10mm/cm}{50mm}} = 1.1027239$$

$$L_s(50) = F * L_s$$

$$L_s(50) = 1.1027239 * 11.3059664 \text{ Kg/cm}^2 = 12.87 \text{ Kg/cm}^2$$

Resistencia compresiva (Mpa)

$$\sigma_c = (20 \text{ a } 25) L_s(50)$$

$$\sigma_c = 24 * 12.4673 \text{ Kg/cm}^2 * 0.0980665 \text{ MPa} = 30.3 \text{ MPa.}$$

Tabla 17*Resumen de los resultados de los ensayos de carga puntual*

Sondaje	Alteración	Profund.	Is (50) (MPa)	Resistencia Compresiva (MPa)
HUA-DH-01	SAC	27.48 - 28.02	12.87	30.3
HUA-DH-01	SAC	29.75 - 29.95	1.29	26.7
HUA-DH-01	SAC	51.00 - 51.20	2.52	51.5
HUA-DH-01	SM	61.70 - 62.00	1.56	31.9
HUA-DH-01	SM	70.60 - 70.80	0.93	19.0
HUA-DH-01	SM	95.20 - 95.50	1.52	31.0
HUA-DH-01	SM	97.00 - 97.40	63.07	148.4
HUA-DH-01	SM	99.85 - 100.00	6.07	123.6
HUA-DH-02	SA	20.10 - 20.18	1.64	33.6
HUA-DH-02	SA	30.35 - 30.70	0.58	12.0
HUA-DH-02	SA	41.60 - 41.93	2.22	45.6
HUA-DH-02	SA	50.50 - 50.83	0.55	11.0
HUA-DH-02	SA	71.40 - 71.65	0.94	19.4
HUA-DH-02	SAC	84.20 - 84.40	1.13	23.5
HUA-DH-02	SAC	94.10 - 94.30	0.32	6.7
HUA-DH-02	CP	103.62 - 103.85	0.63	13.4
HUA-DH-02	CP	115.10 - 115.35	0.29	6.0
HUA-DH-02	CP	126.40 - 126.53	4.69	93.9
HUA-DH-02	CP	127.30 - 127.74	6.89	16.2

Nota: Laboratorio de Mecánica de Rocas y suelo Universidad Nacional de Ingeniería

SM = sílice masiva, SA sílice alunita, SAC sílice alunita clay, SC sílice clay, C alteración clay, CP clay pirita

5.2.5.2 Ensayos de compresión Uniaxial

Se realizaron ensayos de compresión uniaxial en muestras obtenidas de las estaciones geomecánicas, calicatas y los sondajes geotécnicos, con la finalidad de estimar de manera directa la resistencia a la



compresión no confinada de la roca intacta y a su vez poder calibrar los ensayos de carga puntual realizados en el laboratorio. Los ensayos de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de mecánicas de rocas y suelos de la universidad nacional de ingeniería. El resumen de resultados de estos ensayos es presentado en la tabla N°21 y 22.

Para el cálculo de ensayos de laboratorio de compresión Uniaxial, se debe contar con cores de una relación longitud ≥ 2 diámetro.

Se aplica la carga a la velocidad que especifica la norma correspondiente y se registra el valor, F, al que se produce la rotura.

El modelo matemático utilizado para los ensayos de compresión uniaxial es el principio de Pascal.

La Resistencia compresiva (Mpa) Uniaxial se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$\sigma_c = P/A \quad \sigma_1 \neq 0; \sigma_2 = \sigma_3 = 0$$

Dónde:

P: Carga de Rotura KN (obtenida en laboratorio).

A: Área

$$\sigma_c = \frac{98.3 * 1000 / 9.81 \text{ kg}}{\frac{\pi}{4} * (6.10 \text{ cm})^2} = 343 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c = 342.87 \text{ kg/cm}^2 * 0.0980665 \text{ MPA} = 33.7 \text{ MPA}.$$

Tabla 18

Resumen de los resultados de ensayos de compresión uniaxial - Sondaje

Sondaje	Alteración	Profundidad (m)	Resistencia compresiva	
			Kg/cm ²	MPa
HUA-DH-01	SAC	27.48 - 28.02	343.0	33.7
HUA-DH-01	SM	77.45 – 77.65	163.0	15.9
HUA-DH-02	SM	82.35 - 82.65	108.0	10.5

Nota: Laboratorio de Mecánica de Rocas y suelo Universidad Nacional de Ingeniería.

SM = sílice masiva, SA sílice alunita, SAC sílice alunita clay.

Tabla 19

Resumen de los resultados de ensayos de compresión uniaxial - Estaciones Geomecánicas y Calicatas

Ítem	Código	Alteración	Profundidad (m)	Resistencia compresiva MPa.
Estaciones Geomecánicas	EG-1	SGM	-	44.5
	EG-2	SGC	-	13.1
	EG-3	SGC	-	104.4
	EG-4	SGC	-	67.4
	EG-5	SGM	-	24.4
	EG-6	SGM	-	27.6
	C-23	SC	1.6	8.3
	C-24	C	3.6	17.7
	C-25	C	2.26	19.4
	C-20	PROP.	3.4	36.9
	C-21	SGM	3.3	28.3
	C-19	SA	2.5	13.4
	C-18	SA	1.7	9.6
	C-15	SGC	1.2	19.6
Calicatas	C-14	SA	2.1	25
	C-6	SGM	1.8	12.9
	C-3	SGC	2.2	29.7
	C-5	SGM	1.9	15

Nota: Laboratorio de Mecánica de Rocas y suelo Universidad Nacional de Ingeniería

SGM = sílice granular moderado, SGC = sílice granular compacto, C = “Clay” o arcilla, SC = Sílice Clay, SA = sílice alunita, SAC = sílice alunita clay, PROP = Propilítico

5.2.5.3 Ensayo de compresión triaxial

Se realizó ensayos triaxial en muestras de roca representativa del afloramiento rocoso y sondajes geotécnicos. El objetivo de estos ensayos es obtener parámetros de resistencia intrínsecos de la roca intacta.



“Otro parámetro importante y de interés para el presente, es la constante m de la roca intacta del criterio de falla” según afirma Hoek & Brown (2002-2007). Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de mecánicas de rocas y suelos de la universidad nacional de ingeniería. Estos valores fueron obtenidos a partir de los ensayos triaxiales y procesados utilizando el programa ROCDATA (2004) cuyos resultados se presentan en la tabla N°23 y 24.

Según Laura V. Galvis ET AL, (2019) “define al cálculo de la resistencia de compresión triaxial con confinamiento como el máximo esfuerzo que soporta la roca sometido a compresión con confinamiento. Uno de los métodos de determinación de esta propiedad es usualmente realizada en el laboratorio incrementando la carga axial y de confinamiento simultáneamente hasta alcanzar el esfuerzo hidrostático recomendado, luego, la presión de confinamiento es mantenida constante mientras la carga axial se va incrementando hasta que la falla ocurra”.

“Este ensayo determina la resistencia a la compresión de un testigo cilíndrico de roca en estado no drenado bajo una presión de confinamiento. Nos provee valores necesarios para graficar la envolvente de esfuerzos (Mohr) y a partir de esta calcular el valor del ángulo de fricción interna y la cohesión aparente de la roca” (V. Galvis ET AL, 2019).

Los testigos deben ser cilíndricos circulares con una relación longitud-diámetro (L/D) entre 2 y 2.5. El número de testigos a ensayar depende del número de las diferentes presiones de confinamiento con las que se desea ensayar (V. Galvis ET AL, 2019).

“La resistencia a la compresión (σ_1) se calcula dividiendo el máximo valor de la carga aplicada al testigo y el área de la sección transversal del testigo. Las presiones de confinamiento con sus correspondientes valores máximos de resistencia a la compresión se grafican; el valor de presión de confinamiento en las abscisas y el valor de resistencia a la compresión en las ordenadas” (V. Galvis ET AL, 2019).



Se juntan los puntos con una línea que para consideraciones prácticas será una recta caracterizada por su pendiente "m" y su ordenada de origen "b"

Con m y b obtenemos el ángulo de fricción ϕ y el valor de cohesión aparente C usando:

$$\phi = \sin^{-1} \left(\frac{m - 1}{m + 1} \right)$$

$$C = \frac{b * (1 - \sin\phi)}{2 * \cos\phi}$$

“La forma más directa de hallar ϕ y C es graficar la envolvente de los círculos de Mohr: σ_1 y σ_3 en las abscisas y la resistencia al corte en las ordenadas. También será necesario el valor de tracción indirecta y compresión simple. Luego se traza una recta tangente a los círculos. El ángulo que forma esta recta con el eje de las abscisas será el valor de ϕ y la intersección de la recta con el eje de las ordenadas será el valor de C” (V. Galvis ET AL, 2019).

El modelo matemático utilizado para los ensayos de compresión triaxial es el modelo de Mohr-Coulomb.

Tabla 20

Resumen de los resultados de ensayos de compresión triaxial – Sondajes

ondaje	Alteración	Profundidad (m)	Confinamiento. Sigma 3 (MPa)	Esfuerzo Rotura Sigma 1 (MPa)	Resistencia Compresiva (MPa)	mi
HUA-DH-02	CP	92.58 -	2	32.9	21.52	11.5
		93.00	4	42.2		
			6	50.1		
HUA-DH-01	SM	49.00 -	2	65.5	50.53	14.55
		49.13	4	78.0		
		49.13 -	6	89.5		
		49.43				
		49.55 -				
		49.75				

Nota: Laboratorio de Mecánica de Rocas y suelo Universidad Nacional de Ingeniería.

SM = sílice masiva, CP = clay piritita

Tabla 21

Resumen de los resultados de ensayos de compresión triaxial - Estaciones geomecánicas y Calicatas

Ítem	Código	Alteración	Profundidad (m)	Resistencia compresiva (MPa).	Cohesión (MPa)	Angulo de fricción (°)	Constante mi
Estaciones Geomecánicas	EG-1	SGM	-	23.99	4.94	48.6	18.81
	EG-2	SGC	-	12.94	3.15	43.45	15.3
	EG-3	SGC	-	86.36	15.74	51.03	18.37
	EG-4	SGC	-	53.11	10.68	48.53	17.54
	EG-5	SGM	-	26.93	5.13	50.38	19.68
	EG-6	SGM	-	23.79	4.83	49.1	19.46
	C-23	SC	1.6	8.44	2.39	41.87	17.17
	C-24	C	3.6	19.27	4.28	47.77	20.18
	C-25	C	2.26	16.67	3.96	43.79	14.86
	C-20	PROP.	3.4	36.47	6.79	51.87	22.27
Calicatas	C-21	SGM	3.3	21.86	4.34	49.87	20.53
	C-19	SA	2.5	11.79	3.05	42.86	16.12
	C-18	SA	1.7	6.29	1.92	40.89	17.9
	C-15	SGC	1.2	16.24	3.78	45.09	16.48
	C-14	SA	2.1	13.39	3.27	44.78	17.66
	C-6	SGM	1.8	13.11	3.36	44.18	18.04
	C-3	SGC	2.2	24.83	4.86	49.92	19.87
	C-5	SGM	1.9	9.66	2.73	43	18.95

Nota: Laboratorio de Mecánica de Rocas y suelo Universidad Nacional de Ingeniería.

SGM = sílice granular moderado, SGC = sílice granular compacto, C = “Clay” o arcilla, SC = Sílice Clay, SA = sílice alunita, SAC = sílice alunita clay, PROP = Propilítico.

5.2.5.4 Ensayo de Propiedades físicas

Se seleccionaron muestras representativas de las estaciones geomecánicas, calicatas y sondajes, para obtener sus propiedades físicas. Los ensayos de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de mecánicas de rocas y suelos de la universidad nacional de ingeniería.



El resumen de resultados de los ensayos de propiedades físicas se presenta en la tabla N°25 y 26.

Las expresiones matemáticas para el cálculo de las propiedades físicas son:

$$DensidadSeca \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{MuestraSeca}{VolumenTotal}$$

$$PorosidadAparente(\%) = \frac{PesoSaturado - Pesoseco}{Densidaddelagua \left(\frac{g}{cm^3} \right) * Volumen} * 100\%$$

$$Absorcion(\%) = \frac{Pesoempleadoeneltiempo - PesosecodelaMuestra}{Pesosecodelamuestra} * 100$$

$$PesoEspecifico \left(\frac{KN}{m^3} \right) = \frac{PesoSeco}{VolumenTotal} * 9.81$$

$$Volumen Total = \pi * r^2 * L = \pi * (6.10/2)^2 * 2.03 = 59.3260 \text{ cm}^3$$

$$Peso seco = 59.3260 \text{ cm}^3 * 2.22 \frac{g}{cm^3} = 131.703878 \text{ g.}$$

$$Peso Húmedo = 14.23 \% * 1 \frac{g}{cm^3} / 100 * 59.3260 \text{ cm}^3 + 131.70 \text{ g.} = 140.146097 \text{ g.}$$

Reemplazando en las fórmulas:

$$DensidadSeca \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{MuestraSeca}{VolumenTotal} = 131.70 \text{ g.} / 59.3260 \text{ cm}^3 = 2.22 \frac{g}{cm^3}$$

$$PorosidadAparente(\%) = \frac{PesoSaturado - Pesoseco}{Densidaddelagua \left(\frac{g}{cm^3} \right) * Volumen} * 100\%$$

$$PorosidadAparente(\%) = \frac{140.146097 \text{ g.} - 131.703878 \text{ g.}}{1 * 59.3260 \text{ cm}^3} * 100 = 14.23 \%$$



$$\text{Absorción}(\%) = \frac{\text{Peso empleado en el tiempo} - \text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso seco de la muestra}} * 100$$

$$\text{Absorción}(\%) = \frac{140.146097g - 131.703878g}{131.703878g} * 100 = 6.41 \%$$

$$\text{Peso Específico} \left(\frac{KN}{m^3} \right) = \frac{\text{Peso Seco}}{\text{Volumen Total}} * 9.81 = \frac{131.703878g}{59.3260cm^3} * 9.81 = 22.03 \frac{KN}{m^3}$$

Tabla 22

Resumen de ensayos de propiedades físicas de la roca - Sondajes

Sondaje	Alteración	Profundidad (m)	Densidad seca gr / cm ³	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Peso Específico (kN/m ³)
HUA-DH-	SAC	27.12 –	2.22	14.36	6.41	22.03
HUA-DH-	SAC	40.20 -	2.34	12.42	5.31	23.06
HUA-DH-	SM	82.35 –	1.96	14.25	7.27	20.17
HUA-DH-	CP	115.10 –	2.08	24.52	11.82	21.96

Nota: Laboratorio de Mecánica de Rocas y suelo Universidad Nacional de Ingeniería.

CP = clay pirita, SM = sílice masiva, C = “Clay” o arcilla, SAC = sílice alunita clay.

Tabla 23

Resumen de ensayos de propiedades físicas de la roca - Estaciones geomecánicas y Calicatas

Ítem	Muestr a	Alteració n	Densidad seca	Porosida d	Absorción (%)	Peso Específico
Estaciones Geomecánicas	EG-01	SGM	2.39	7.15	3.06	23.52
	EG-02	SGC	2.15	18.67	8.72	21.21
	EG-03	SGC	2.32	9.86	4.28	22.78
	EG-04	SGC	2.19	17.04	7.83	21.75
	EG-05	SGM	2.14	14.28	6.66	21.18
	EG-06	SGM	2.00	22.66	11.36	19.87
	C-23	SC	2.03	22.90	11.31	20.49
	C-24	C	1.98	23.24	11.75	19.50
	C-25	C	2.08	24.01	11.53	20.60
	C-20	PROP	2.35	10.90	4.66	23.19
Calicatas	C-21	SGM	2.14	16.23	7.60	21.14
	C-19	SA	2.19	19.26	8.84	22.06
	C-18	SA	1.93	25.20	13.08	19.08
	C-15	SGC	2.11	17.32	8.22	21.18
	C-14	SA	2.27	15.78	6.96	22.64
	C-06	SGM	2.02	22.76	11.30	20.04
	C-03	SGC	2.11	13.25	6.30	20.86
	C-05	SGM	1.96	16.17	8.26	19.43

Nota: Laboratorio de Mecánica de Rocas y suelo Universidad Nacional de Ingeniería.

SGM = sílice granular moderado, SGC = sílice granular compacto, C = "Clay" o arcilla, SC = Sílice Clay, SA = sílice alunita, PROP = Propilítico.

5.2.6. Caracterización Geomecánica

5.2.6.1 Dureza

De acuerdo a la información obtenida en campo, se determinó la dureza de las rocas que se encuentran en el modelo geológico para el Tajo Huamanloma NW. Mediante el uso del martillo Schmidt. El resumen de las durezas según alteración, se indican en la tabla N°27.

Para el cálculo de durezas realizadas en campo se realizó los siguientes pasos:








Se obtiene 18 ensayos con el martillo de Schmidt en un material de tipo Sílice Masiva: 45, 44, 45, 44, 47, 49, 46, 43, 47, 43, 40, 49, 42, 48, 43, 45, 42 y 42.

Posteriormente se realiza el promedio de todos los resultados:

$$P = \frac{45 + 44 + 45 + 44 + 47 + 49 + 46 + 43 + 47 + 43 + 40 + 49 + 42 + 48 + 43 + 45 + 42 + 42}{18}$$

P= 44.7 R (rebotes).

El valor corregido de acuerdo a la posición

				
		x		

Los valores de corrección son tomados del manual de operación del martillo de Schmidt demarca PROCEQ del año 2016, en este caso se tomó el factor (-5.99333333333333) para la dirección señalada líneas arriba.

$$\text{Valor corregido} = 44.7 + (-5.99333333333333) = 38.7$$

Para la determinación de la resistencia a la compresión simple de la roca se utilizó la relación gráfica entre el valor obtenido del martillo y la resistencia (Deere y Miller, 1968)

$$\sigma_C \text{ (MPa)} = \text{POTENCIA}(10;((0.00088*38.7 * 23.9 \text{ KN/m}^3)+1.01))$$

$$\sigma_C \text{ (MPa)} = 67 \text{ MPa}$$

Tabla 24*Resumen de durezas por alteración*

Tajo	Material	σ_c (MPa)	Grado de Dureza
HUAMANLO	Sílice Masiva	67	R4
MA NW	Sílice Granular	53	R4
	Sílice Granular	44	R3
	“Clay” o arcilla	18	R2
	Sílice Clay	19	R2
	Sílice Alunita Clay	27	R3
	Sílice Alunita	24	R2
	Clay piritita	19	R2
	Propilitico	36	R3

*Nota: Elaboración Propia***5.2.6.2 Grado de fracturamiento**

De acuerdo a la información de las estaciones geomecánicas, se registra una variabilidad en el grado de fracturamiento, el que puede tener un impacto importante en la estabilidad de los bancos y taludes interrampa. Los tramos que presenten más de 30 fracturas por metro evaluado se considera el RQD=0.

Cuando la roca es muy fracturada (RQD<50), generalmente las estructuras tienen un impacto menor en la cara inclinada del banco. Sin embargo, la resistencia y calidad general del macizo rocoso se verá reducida, lo cual tiene un impacto significativo en los taludes interrampa.

5.2.6.3 Clasificación RMR

A partir de los registros de estaciones geomecánicas realizadas, se ha efectuado la caracterización del macizo rocoso superficial en los taludes de los tajos según la clasificación RMR (Bieniawski 1989). En el anexo C se puede verificar el registro de datos y el cálculo del RMR y SMR. En la tabla N° 28 el resumen de la clasificación del RMR.



Tabla 25
Resumen RMR

Estacion Geomecanica Huamanloma Nw			
Estación	Rmr	Clasificación	Alteración
EG-01	61	II Buena	SG
EG-02	62	II Buena	SM
EG-03	60	II Buena	SM
EG-04	57	III Regular	SG
EG-05	67	II Buena	SM
EG-06	63	II Buena	SM
EG-07	63	II Buena	SM
EG-08	68	II Buena	SM
EG-09	66	II Buena	SG
EG-10	65	II Buena	SM

Nota: Elaboración Propia

Abreviatura:

RMR: Rock mass rating, SM=sílice masiva, SG=sílice granular.

5.2.6.4 GSI (índice geológico de resistencia)

Como parte de los parámetros que integran algunos criterios de rotura de resistencia de la roca, se encuentra el llamado GSI, este valor ha sido estimado de la revisión de la información obtenida de las estaciones geomecánicas. Para la evaluación de la estabilidad física en las secciones críticas se ha tenido en cuenta la degradación del material por meteorización que afecta directamente al GSI.

Para el cálculo del GSI, para la estación geomecánica EG-01 se realizó el siguiente criterio:

$$\text{GSI} = \text{RMR básico} - 5$$

$$\text{GSI} = 61 - 5 = 56, \text{ cuya clasificación corresponde III regular.}$$



En la tabla N°29 se encuentra el resumen de los valores del GSI para cada una de las alteraciones encontradas en el área de estudio.

Tabla 26

Resumen de valoración del GSI

Estacion	Coordenadas (Datum Wgs-84)			Gsi	Clasificacion	Alt.
	Este	Norte	Cota			
EG-01	614682. 5	8348088.0	4038.5	56	III Regular	SG
EG-02	614639. 5	8348119.5	4021.0	57	III Regular	SM
EG-03	614524. 5	8348150.5	4035.0	55	III Regular	SM
EG-04	614482. 0	8348121.5	4057.0	52	III Regular	SG
EG-05	614530. 5	8348088.5	4059.0	62	II Buena	SM
EG-06	614600. 0	8348002.0	4094.0	58	III Regular	SM
EG-07	614624. 5	8347984.5	4093.5	58	III Regular	SM
EG-08	614634. 0	8347954.0	4115.0	63	II Buena	SM
EG-09	614773. 0	8347917.5	4103.5	61	II Buena	SG
EG-10	614653. 0	8347908.5	4130.0	60	III Regular	SM

Nota: Elaboración Propia

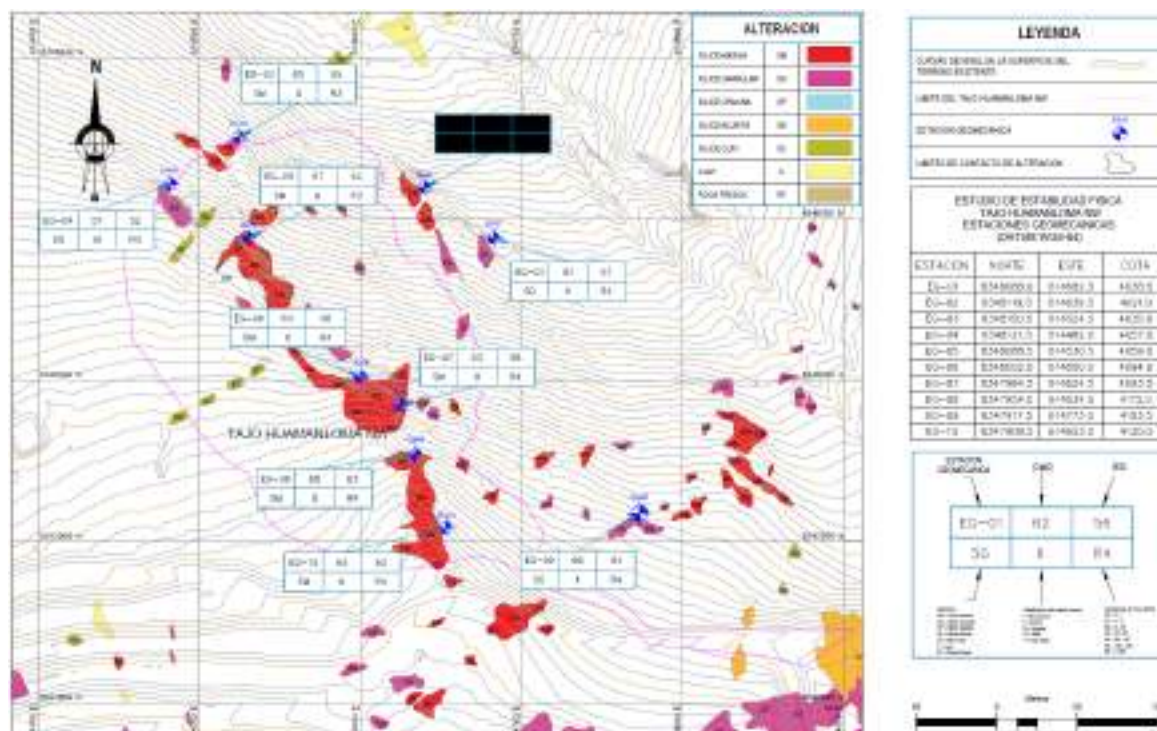
Abreviatura:

GSI: índice geológico de resistencia, SG=sílice granular, SM=sílice masiva



Figura 27

Plano de Clasificación del Macizo Rocosó y ubicación de las estaciones geomecánica



Nota: Elaboración Propia

5.2.7. Parámetros geotécnicos

Se presenta la descripción de las propiedades de los materiales que fueron utilizados para la determinación de parámetros geométricos del Tajo Huamanloma NW en base a la evaluación de estabilidad física. Respecto a la determinación de los parámetros geotécnicos se desarrolló en base a las investigaciones geotécnicas de campo y laboratorio.

Para el análisis de estabilidad de bancos, taludes interrampa y taludes globales del tajo se usó el modelo generalizado de Hoek y Brown (1995) para rocas, y el modelo Mohr-Coulomb para suelos y discontinuidades. Las condiciones de contorno del modelo, han sido obtenidas en función de la topografía y geología local.

Para el caso del basamento rocoso se utilizaron valores de disturbancia (D) de 0.85 y 0 considerando conservadoramente los valores para diferentes profundidades según la configuración de zonificación de la disturbancia generalizada, estos valores consideran el efecto de disturbancia producido por el desconfinamiento y la voladura en tajos abiertos. Todos estos datos son

procesados utilizando el software ROCLAB, para obtener las constantes m , b y a .

A continuación, se presenta un resumen de los materiales con sus respectivos parámetros:

5.2.7.1 Sílice granular Moderada

Para el modelamiento de esta alteración se usó el criterio de rotura de Hoek-Brown (2002), con resistencias de compresión no confinada (UCS) de 44.5 MPa, índice geológico de resistencia (GSI) de 37, índice de roca intacta (m_i) de 14.6 y factor de disturbancia (D) de 0.85, el cual se escoge dependiendo de la profundidad. El peso específico considerado a humedad natural es de 20.86 KN/m³.

5.2.7.2 Sílice Masiva

Para el modelamiento de esta alteración se usó el criterio de rotura de Hoek-Brown (2002), con resistencias de compresión no confinada (UCS) de 67.4 MPa, índice geológico de resistencia (GSI) de 43, índice de roca intacta (m_i) de 14.6 y factor de disturbancia (D) de 0.85, el cual se escoge dependiendo de la profundidad. El peso específico considerado a humedad natural es de 24.2 KN/m³.

5.2.7.3 Sílice Granular Deleznable

Para el modelamiento de esta alteración se usó el criterio de rotura de Mohr Coulomb (2005), con una cohesión nula (0 KPa), un ángulo de fricción 38.5° y factor de disturbancia (D) de 0.85, el cual se escoge dependiendo de la profundidad. El peso específico considerado a humedad natural es de 16.57 KN/m³.

5.2.7.4 Sílice “Clay”

Para el modelamiento de esta alteración se usó el criterio de rotura de Hoek-Brown (2002), con resistencias de compresión no confinada (UCS) de 19 MPa, índice geológico de resistencia (GSI) de 30, índice de roca intacta (m_i) de 11 y factor de disturbancia (D) de 0.85, el cual se escoge dependiendo de la profundidad. El peso específico considerado a humedad natural es de 20.49 KN/m³.

5.2.7.5 “Clay” o arcilla

Para el modelamiento de esta alteración se usó el criterio de rotura de Mohr Coulomb (2005), con una cohesión nula (15.2 KPa), un ángulo de fricción 34° y factor de disturbancia (D) de 0.85, el cual se escoge dependiendo de la profundidad. El peso específico considerado a humedad natural es de 20.05 KN/m³.

5.2.7.6 Resumen de parámetros geotécnicos

En la tabla N° 30, se presenta el resumen de los parámetros según el criterio Hoek-Brown usados en el macizo rocoso.

Tabla 27

Parámetros de resistencia de la masa rocosa

Material	Sílice Masiva	Sílice Granular Compacta	Sílice Granular Moderada	Sílice Alunita	Sílice Clay	Propilitic o	Sílice Alunita Clay	Clay Pirita
UCS	67.4	53.65	44.5	24.32	19	36.9	27.74	19.4
GSI	43	40	37	30	30	35	28	29
mi	14.6	14.6	14.6	10.7	11	11	10.7	11.5
Peso Específico (KN/m ³)	24.2	21.65	20.86	21.26	20.49	23.19	22.03	21.96
Resistencia del Macizo Rocos No Disturbado								
Factor	0	0	0	0	0	0	0	0
Disturbancia (D)								
mb	1.907	1.713	1.539	0.878	0.903	1.079	0.818	0.911
s	0.001776	0.0012726	0.0009119	0.00004	0.00041	0.0007302	0.0003355	0.0003749
a	1			189	89			
a	0.5093	0.5114	0.5139	0.5223	0.5223	0.5159	0.5256	0.5239
Resistencia del Macizo Rocos Disturbado								
Factor	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Disturbancia (D)								
mb	0.423	0.351	0.300	0.138	0.142	0.194	0.122	0.140
s	0.000145	0.0000912	0.0000057	0.00001	0.00001	0.0000420	0.0000142	0.0000166
a	2		3	94	94			
a	0.5093	0.5114	0.5139	0.5223	0.5223	0.5159	0.5256	0.5239

Nota: Elaboración Propia

En la tabla N° 31, se presenta el resumen de los parámetros según el criterio Mohr- Coulomb determinados en los suelos.

Tabla 28*Resumen de propiedades de los Suelos*

Material	γ Total (Kn/m³)	C (KPa)	ϕ (°)
Suelo residual	20	10	34
Sílice Granular Deleznable	16.57	0	38.5
“Clay” o arcilla	20.05	15.2	34

Nota: Elaboración Propia *γ = peso específico, C=cohesión, ϕ = ángulo de fricción.*

En el anexo F, se muestran los resultados de ensayos de laboratorio de los materiales extraídos durante las investigaciones de campo.

5.2.8. Análisis Geomecánico

5.2.8.1 Análisis estructural

La información de planos de las discontinuidades registradas en las estaciones geomecánicas y perforaciones geotécnicas se presentan en el anexo A.

5.2.8.2 Análisis estereográfico y análisis estadístico de las familias de las discontinuidades

Este análisis se realiza para identificar las familias de discontinuidades principales y secundarias que se usa para determinar los dominios estructurales del tajo. Los datos obtenidos de la revisión de información de las anotaciones de campo han sido procesados con el apoyo del software Dips V6 (Rocscience).

El mapeo geotécnico ha sido realizado en el área del tajo, haciendo uso del software DIPS, para determinar la familia de las discontinuidades se ha realizado mediante la estadística en la zona. Este análisis se realizó para los parámetros de orientación “dip direction” (dirección de buzamiento) y “dips” (buzamiento) de las discontinuidades presentes.

Porcentaje de Polos Familia J1

$\% = ((\text{Nro. Discont. En familia J1}) / (\text{Nro. Total de Discont.})) \times 100$

% polos en familia J1 = 51.08%



Calculo de la media aritmética del “Dips Direction”

$A_m = \text{Sumatoria del Dips Direct.} / \text{Nro. Discont Familia J1}$

$$A_m = 21797 / 71 = 307$$

Calculo de la desviación estándar del “Dips Direction”

$$D_s = ((\text{Sumatoria } (A - A_m)^2 / \text{Nro. De discontinuidades Fam J1}))^{0.5}$$

$$D_s = 11$$

Calculo de la media aritmética del “Dips”

$B_m = \text{Sumatoria del Dips} / \text{Nro. Discont Familia J1}$

$$B_m = 3905 / 71 = 55$$

Calculo de la desviación estándar del “Dips”

$$D_s = ((\text{Sumatoria } (B - B_m)^2 / \text{Nro. De discontinuidades Fam J1}))^{0.5}$$

$$D_s = 11$$

Todos los dominios estructurales son mostrados en detalle en el Anexo G. En la tabla N°32, se presentan la orientación y el buzamiento promedio de las familias principales y secundarias de discontinuidades halladas en cada dominio estructural. Asimismo, también se lista los valores de desviación estándar y su rango, con la finalidad de representar su dispersión.

Tabla 29

Resumen de familias de discontinuidades

Dominio estructural	Familia	Buzamiento (°)				Dirección de Buzamiento (°)			
		Media	DS	Min	Max	Mediana	DS	Min	Max
Estaciones	J1	55	11	35	75	307	11	285	330
Geomecánicas	J2	58	10	40	75	257	6	250	268
	J3	59	15	30	74	154	5	145	160
	J4	49	8	32	66	123	9	110	136
	J5	60	13	36	78	227	9	210	240

Nota: Elaboración Propia

Abreviaturas: Min: Valor Mínimo Max: Valor Máximo J1: Familia principal de diaclasas DS: Desviación Estándar



5.2.8.3 Análisis cinemático

Estructuralmente los mecanismos de falla en la roca se producen como resultado del deslizamiento a lo largo de un plano pre-existente (discontinuidades). Los tres mecanismos básicos de fallas estructuralmente controlados en taludes de roca son las siguientes: falla planar, falla tipo cuña y fallas por vuelco, los cuales se describen a continuación.

El mecanismo de falla del tipo planar se produce cuando una discontinuidad geológica sumerge de la pendiente del talud en un ángulo menor (más horizontal) y a su vez, su buzamiento es mayor que un ángulo de fricción. La falla planar por lo general se desarrolla si la diferencia de azimut entre la discontinuidad geológica y cara del talud no es mayor a 20° .

El mecanismo de falla tipo cuña ocurre cuando las discontinuidades geológicas se cruzan para formar una cuña inestable. Para que se produzca esta falla, la línea de intersección de la cuña debe tener una inclinación favorable con respecto a la inclinación de la pendiente, pero más empinada que el ángulo efectivo de fricción a lo largo de las discontinuidades.

El mecanismo de falla tipo vuelco, se desarrolla cuando el macizo de roca contiene paralelismo entre fracturas, buzamiento de estructuras geológicas continuas (estratificación y/o foliación).

La magnitud y la frecuencia de los mecanismos de falla estructuralmente controlados están directamente relacionadas con la continuidad y el espaciamiento de las estructuras a lo largo de las cuales pueda existir ocurrencia de deslizamiento. La estabilidad de estos mecanismos se ve seriamente afectada por las presiones de agua dentro de la discontinuidad.

Para el análisis cinemático, la resistencia al corte a lo largo de las familias se asume que está representado por un ángulo de fricción según el tipo de material encontrado y sin cohesión, basada en la evaluación empírica de la resistencia al corte a lo largo de las discontinuidades y en el concepto de cono fricción, el cual no incluye valores de cohesión.



Los resultados de la evaluación cinemática se presentan en el anexo H, donde se presentan los resultados del mecanismo de falla planar, cuña, y vuelco. Para estos análisis se han considerado las orientaciones de los taludes en las diferentes zonas del tajo. En la tabla N°33 se presentan los resultados del análisis cinemático, mostrando las familias de discontinuidades que determinan un potencial mecanismo de falla.

Tabla 30

Resumen de familias de discontinuidades por dominio estructural

Dominio Estructural	Familia de discontinuidades (Buz/Dir.Buz)	Zona	Diseño de talud (Buz/Dir.Buz)	Mecanismos de falla		
				Plana	Cuña	Vuelco
HUAMANLOMA NW	J1:55° / 307°	Zona 1	68°/200°	J5	J1,J2,J3,J4,J	-
	J2:58° / 257°	Zona 2	51°/290°	-	J3,J1	J4
	J3:59° / 154°	Zona 3	57°/15°	-	-	J5
	J4:49° / 123°	Zona 4	63°/135°	J3,j4	J4,J5,J2,J3	J1

Nota: Elaboración Propia

Abreviaturas:

Buz. Buzamiento

Dir. Buz: Dirección de Buzamiento

J1: Familia principal de diaclasas.

De la tabla N°33 se puede apreciar:

- Para el dominio estructural en la zona N°1, al considerar un ángulo de 68°, se genera una condición de inestabilidad por falla tipo cuña y planar.
- Para el dominio estructural en la zona N°2, al considerar un ángulo de 51°, se genera una condición de inestabilidad por falla tipo cuña y vuelco.
- Para el dominio estructural en la zona N°3, al considerar un ángulo de 57°, se genera una condición de inestabilidad por falla tipo vuelco.

- Para el dominio estructural en la zona N°4, al considerar un ángulo de 63° , se genera una condición de inestabilidad por falla tipo planar, cuña y vuelco.

5.2.9. Condiciones de agua subterránea

El efecto principal de la presencia del agua subterránea en el macizo rocoso, es la presión que ejerce en las discontinuidades, disminuyendo la resistencia al corte y favoreciendo la inestabilidad.

En base al modelo numérico hidrogeológico implementado para el proyecto, las líneas de flujo de las agua van de las zonas de mayor altura a las zonas más deprimidas lo cual indica que no habrá descenso del nivel piezométrico ya que el mismo se encuentra por debajo del nivel de explotación máxima del tajo.

El nivel freático medido en el sondaje HUA-DH-01 aproximadamente está en la cota 3983 msnm, por tanto, a fin de considerar los efectos del agua sobre las condiciones de estabilidad de los taludes del futuro tajo Huamanloma NW, en los análisis de estabilidad se considerara un nivel freático de categoría 2, según criterio. En el anexo I, se presenta el registro de niveles piezométricos.

5.2.10. Peligro sísmico

Conociendo la actividad sísmica de las Notas y la tendencia decreciente de las ondas generadas en cada epicentro, podemos calcular el riesgo sísmico considerando la suma de los efectos de todos los epicentros y las distancias entre ellos, incluyendo la influencia de la geología en el área origen y ubicación del proyecto

El área de estudio está considerado como una zona de alta sismicidad (Zona 3) de acuerdo a la zonificación sísmica actualizada por la norma E.030 Diseño sismo resistente (2016) del reglamento nacional de edificaciones, el cual registra una aceleración sísmica de 0.35 g .

A continuación, se muestran las máximas aceleraciones esperadas para diferentes periodos de retorno.

Tabla 31*Aceleraciones Horizontales Máximas del Análisis Probabilístico*

Combinación de leyes de atenuación	Clasificación de sitio IBC(2012)	PGA para Tr (años)				
		100	475	1000	2475	10000
(0.25 youngs+0.35 zhao +0.4 bhydro)+NGA west 2	Tipo B(roca)	0.19	0.36	0.464	0.61	0.892
(0.40 zhao +0.6 bhydro)+NGA	Tipo C (suelo muy)	0.26	0.48	0.622	0.83	1.198

Nota: Anddes 2018

Abreviaturas: PGA: Aceleración Horizontal Pico, Tr: Periodo de retorno.

“La selección del movimiento sísmico de diseño depende del tipo de obra. Para la zona en estudio se considera un periodo de retorno de 475 años para el sismo de diseño, que corresponde a las estructuras son una vida útil de 50 años y un nivel de excedencia del valor propuesto de 10%” (Marcuson, 1981).

“Para el análisis pseudoestático se considera un coeficiente sísmico de ½ de valor de la aceleración horizontal máxima (PGA) considerada, más el 25%, igual a 0.24.” (Marcuson, 1981).

“Generalmente, el coeficiente sísmico pseudoestatico corresponde a una aceleración horizontal y usualmente no se tienen en cuenta las aceleraciones verticales, sin embargo, de incluirse en un estudio las aceleraciones verticales, la norma E.030 indica que; para el análisis en la dirección vertical podrá usarse valores iguales a los 2/3 de la aceleración máxima empleado para las direcciones horizontales” (Marcuson, 1981).

Realizando los cálculos según Marcuson 1981, se tiene:

S: el factor para la ampliación sísmica varía entre 1/3 y 1/2; considerando un valor intermedio 0.4.

PGA: aceleración máxima del suelo para un periodo de 475 años es 0.364

Por lo tanto, la aceleración máxima de diseño es:

$$A_{(\text{max-d})} = S * \text{PGA} + (25\% \text{PGA})$$

$$A_{(\text{max-d})} = 0.4 * 0.364 + (25\% 0.364)$$

$$A_{(\text{max-d})} = 0.2366 = 0.24$$

5.2.11. Análisis por el método de equilibrio Limite

Se considera utilizar el método de equilibrio límite, para analizar la estabilidad física de los taludes críticos que son representativos de todos los sectores del tajo en estudio, este tipo de análisis requiere información sobre los parámetros de resistencia del macizo rocoso (roca intacta y discontinuidades) y sus materiales residuales.

El sistema de equilibrio supone que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1.0.

El análisis de estabilidad por equilibrio limite fue desarrollado a nivel de banco (talud local), y a nivel de una secuencia de bancos (taludes interrampa y global). Para el análisis de talud local se usaron los programas de cómputo: RocPlane versión 2.0 (falla planar) y Swedge versión 4.0 (falla por cuña). Para el análisis de taludes a nivel interrampa y global se usó el programa de computo Slide versión 6.0. Todos los programas mencionados fueron desarrollados por la compañía canadiense Rocsciencie.

5.2.11.1 Criterios de aceptabilidad

Para el análisis de estabilidad física de taludes en el tajo es típico el uso de factores de seguridad (FS) para determinar si un diseño es aceptable. Read & Stacey (2009) sugirieron una serie de valores como criterio de aceptación para varias escalas de taludes.

Los factores de seguridad típicamente recomendados como criterio de aceptación en el diseño de taludes del tajo son resumidos en la tabla N°35.

Tabla 32

Factores de seguridad típicos - Criterio de aceptabilidad (Read y Stacey, 2009)

Escala de Talud	Consecuencias de la falla	Criterios de aceptabilidad	
		FS (min) estático	FS (min) pseudoestático
Local	Baja-Alta	1.1	-
Interrampa	Baja	1.15 – 1.2	1.0
	Moderada	1.2	1.0
	Alta	1.2 – 1.3	1.1
Global	Baja	1.2 – 1.3	1.0
	Moderada	1.3	1.05
	Alta	1.3 – 1.5	1.1

Nota: Read y Stacey, 2009

FS. = Factor de seguridad.

En el presente estudio los factores de seguridad mínimos considerados para los taludes local, interrampa y global en condiciones estáticas, son: FS (min) = 1.3, 1.2, 1.5; respectivamente. Para condiciones pseudoestáticas el factor de seguridad es 1.0 en todos los casos.

5.2.11.2 Análisis de estabilidad física de los bancos

Para la evaluación de estabilidad física de taludes locales, se realizó un análisis por equilibrio límite por la presencia de los mecanismos de fallas (plana, cuña y vuelco), en el macizo rocoso. En el anexo H se encuentran el análisis cinemático que sirvió para identificar los mecanismos de falla mencionados. Además, este análisis permitió identificar zonas con similares condiciones geomecánicas para la estabilidad física de los taludes locales.

Metodología de análisis

El análisis de estabilidad física de taludes a nivel local se realizó con los programas de cómputo del paquete Rocscience, los cuales están basados en los siguientes criterios:

- El cálculo del factor de seguridad se realiza hallando la relación de la sumatoria de fuerzas que favorecen a la falla respecto a la sumatoria de fuerzas que resisten al colapso para cada tipo de mecanismos de falla, sea plana, cuña o por vuelco.
- Como hipótesis de análisis se considera que las propiedades de los materiales que conforman la estructura, son homogéneas e isotrópicas y que el colapso se producirá como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento.
- El análisis de estabilidad en condición pseudoestática considera que la masa involucrada en la falla está sometida a una fuerza horizontal igual a un coeficiente sísmico multiplicado por el peso de la masa deslizante, a fin de tomar en cuenta de manera aproximada y simplificada el efecto de las fuerzas inerciales producidas por el sismo de diseño.

Consideraciones de análisis

El análisis de equilibrio límite permite definir el grado de estabilidad de los taludes de roca en las condiciones del diseño actual bajo el sistema de mecanismos de fallas detectadas. Se ha tomado en cuenta las siguientes condiciones para el análisis:

- Se consideró la condición actual del macizo rocoso y sus discontinuidades, con el propósito de realizar las recomendaciones necesarias, a fin de garantizar la estabilidad después del corte.
- Las propiedades de los materiales fueron obtenidos a partir ensayos de campo y los resultados de ensayos de laboratorio realizados en muestras representativas.
- Para el análisis de estabilidad por equilibrio límite, se consideró la configuración de banco más desfavorable según la zona de análisis.
- El coeficiente sísmico horizontal utilizado en el análisis pseudoestático es de 0.24, el cual representa el 50% de la máxima aceleración horizontal, en roca, para un periodo de retorno de 100 años.



Resultados obtenidos

En el anexo J se representan los resultados de los análisis de equilibrio límite obtenidos de los programas Rocplane y Swedge.

En la tabla N°36 se presenta un resumen de los factores de seguridad de los mecanismos de fallas analizados que se generan para las estaciones geomecánicas y taludes locales (bancos).

Tabla 33

Resumen de análisis de estabilidad de bancos

Tajo / Dominio	Familias de discontinuidad	Zona	Talud (Buz/D ir. Buz)	Banco			Mecanismos de Falla										
				Alt. (m)	Anc (m)	ACs (m)	Falla Planar			Falla en Cuña			Falla en Vuelco				
							FD	FSE	FSP	FD	FSE	FSP	F	FSE	FS		
Tajo Huamanloma NW	J1:55° / 307°	Zona 1	68°/20°	16	4.5	0	J5	1.34	0.86	0.86	J4/J	1.82	1.52	-	-	-	
	J2:58° / 257°										J3/J	1.72	1.33				
	J3:59° / 154°	Zona	51°/29°	8	5	0	-	-	-	J2/J	3.34	2.20	J4				
	J4:49° / 123°	Zona 2	57°/15°	8	3.6	0	-	-	-	J1/J	15.7	9.20	J5				
	J5:60°	Zona 4	63°/13°	16	4.6	0	J3	7.62	6.15	J4/J	5.77	4.39	J1				
							J4	8	9	3	4	8					
								3.96	2.87	14/I	7.78	5.66					

Nota: Elaboración propia

Abreviaturas:

Buz: Buzamiento

Dir. Buz: Dirección de buzamiento

ACs: ángulo de la cara superior

FD: Familia de discontinuidad

FSE: Factor de seguridad en condiciones estáticas

FSP: Factor de seguridad en condiciones pseudoestáticas

J1: Familia principal de discontinuidades

J3: Familia secundaria de discontinuidades

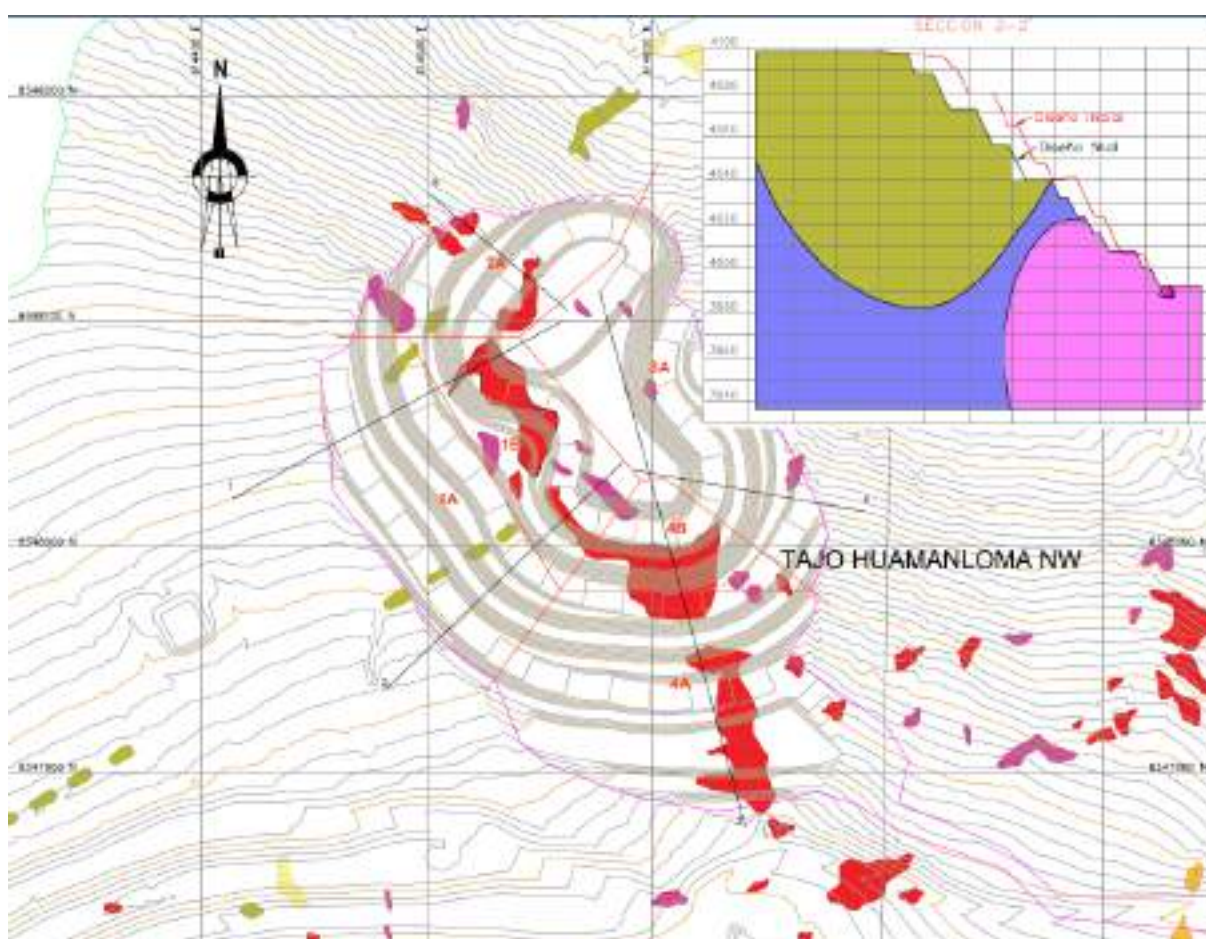
5.2.11.3 análisis de estabilidad física de los taludes interrampa y global

Para esta evaluación se consideró una superficie de rotura no circular del macizo rocoso. Con este análisis se podrá determinar si las

condiciones de diseño propuestas en la zonificación geomecánica serán las adecuadas. En el anexo A se muestran los planos de planta y secciones de análisis. Asimismo en la figura N°23 se muestra las secciones de análisis y corte de la sección 2-2'.

Figura 28

Secciones críticas de análisis y sección de detalle 2-2'



Nota: Elaboración propia

Metodología de análisis

Para el análisis de estabilidad 2D por el método de equilibrio Limite, se utilizó el programa de computo Slide Versión 6.0, el cual permite modelar configuraciones complejas. Definir modelos para el suelo y roca tales como: Mohr-Coulomb, Hoek-Brown anisotrópico, Hoek-Brown generalizado, función esfuerzo normal – corte, entre otros.

El cálculo del factor de seguridad 2D se realiza en una sección donde se tienen las condiciones más críticas, lo que permite llevar a cabo un

análisis de forma bidimensional y aproximado; el problema a un estado de deformaciones planas, basada en el método de equilibrio límite, incorporando el procedimiento riguroso de Spencer para el cálculo de factores de seguridad, el cual satisface simultáneamente todas las ecuaciones de equilibrio estático (fuerzas y momentos), además de ser considerado el más estable numéricamente.

La hipótesis del análisis 2D es que las propiedades de los materiales que componen la estructura son uniformes e isotrópicas, y que la longitud de desintegración causada por fallas simultáneas a lo largo de la superficie deslizante es infinita. Deslizamiento vertical. Además, la orientación de la sección seleccionada también asume que la orientación de la diapositiva coincide con esa orientación.

En el análisis de estabilidad en condiciones pseudoestáticas, se asume que la masa contenida en la falla recibe una fuerza horizontal igual al coeficiente sísmico multiplicado por el peso de la masa deslizante, y el diseño sísmico se hace aproximado y simple. La fuerza de inercia producida por

Consideraciones de análisis

Se tomó las siguientes consideraciones para los análisis de estabilidad del tajo Huamanloma NW:

- El análisis considero la configuración desfavorable representada por las secciones 1-1', 2-2', 3-3', 4-4 y 5-5'.
- De acuerdo al mapeo geológico- geotécnico realizado a los sondajes y al modelo de alteraciones y litológicos, modelo predictivo se encuentra conformada por material residual, alteraciones "clay"o arcilla, sílice "clay", sílice granular, sílice granular moderada, sílice granular compacta, sílice granular deleznable, sílice masiva, sílice alunita y conformada por el basamento rocoso, constituido por andesitas y brecha silícea.
- Las propiedades de los materiales que conforman los taludes en el área de estudio fueron obtenidas a partir de ensayos de campo, ensayos de laboratorio, y considerando la experiencia.



- El análisis fue realizado considerando un fallamiento del tipo no circular, a través del cuerpo del talud.
- El análisis se realizó en condiciones estáticas y pseudoestáticas para evento sísmico de periodo de retorno de 475 años que corresponde para un estado final (cierre) del tajo.
- Se evaluó la condición pseudoestática con coeficiente sísmico de 0.24, obtenidos a partir de la aceleración pico del terreno (PGA) correspondiente a suelo tipo B y C (de acuerdo al IBC), respectivamente, para el basamento rocoso y material residual de alteraciones.

Resultados obtenidos

En la tabla N°37, se presentan los resultados de los análisis de estabilidad desarrollados por el programa Slide, los cuales muestran los análisis de equilibrio límite realizado a los taludes globales del tajo. Dichas salidas contienen información de todas las secciones analizadas, propiedades de los materiales y ubicación de la superficie de rotura crítica con el menor factor de seguridad. A continuación, se lista los resultados obtenidos:

Tabla 34

Resumen de resultados de análisis de estabilidad - Tajo Huamanloma NW- Diseño Inicial

Sección	Talud - Margen	Condición	Factor de seguridad	
			Estático	Pseudoestatic
1-1'	Interrampa	Inicial	1.178	1.174
2-2'	Interrampa	Inicial	1.431	0.993
3-3'	Interrampa	Inicial	1.957	1.340
4-4'	Interrampa	Inicial	1.196	0.998
5-5'	Interrampa	Inicial	1.418	1.059
1-1'	Global	Inicial	1.589	1.051
2-2'	Global	Inicial	1.191	0.824
3-3'	Global	Inicial	1.752	1.061
4-4'	Global	Inicial	1.084	0.735
5-5'	Global	Inicial	1.419	1.059

Nota: Elaboración propia



De los resultados presentados se observa que: Los factores de seguridad de las secciones analizadas son menores que los mínimos recomendados en los criterios de aceptabilidad establecidos, para su condición actual y cierre.

5.2.12. Diseño de taludes

En esta sección se determinarán los parámetros geométricos elementales como son la altura de banco, ancho de banquetta, ancho de berma y ángulo de banco o talud de banco; para determinar este último se aplicara la metodología propuesta en la tabla N°13.

5.2.12.1 Determinación de la altura de banco

Se cumplen los criterios operativos, incluida la verificación de las características del tramo del dispositivo de carga y / o el perfil seleccionado para la operación y determinar la altura del piso.

Se tiene la altura máxima del cucharón de la excavadora 365CL-10 con una altura máxima de excavación de 9 m, excavadora Ex. 374DL /374FL con altura máxima de excavación 8.0 m y para el equipo de perfilado Excavadora 345CL-08 con una altura máxima de excavación de 9 m., asimismo se cuenta con DM45 #10 perforadoras con 9 m de longitud de barra y si se busca aprovechar la eficiencia de los equipos de carguío y perforación, por lo tanto la altura de banco para esta operación es de 8 m.

5.2.12.2 Determinación del ancho de berma

Basado en la ecuación desarrollada por *Ritchie (1963)* y modificado por *Evans y Call en 1992*; “se calcula el ancho de berma del talud, sin embargo, existe condiciones en la selección de la ecuación; si el talud es mayor o menor a 9.0 m”.

Se calcula utilizando la ecuación (1):

$$W = 0.2*(H)+2.0$$

Remplazando los datos se tiene, para un banco simpe:

$$W = 0.2*8+2.0$$

$$W = 3.6 \text{ m}$$

Remplazando datos para un banco doble:

$$W = 0.2 * 16 + 4.5$$

$$W = 7.7 \text{ m}$$

5.2.12.3 Determinación del ancho de banco

A partir del ancho de berma se calcula el ancho de banco, mediante la expresión matemática:

De los siguientes valores:

- Angulo de banco, $a_b = 65^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 8 \text{ m}$
- Ancho de berma, $B = 3.6 \text{ m}$

Ecuación para calcular el ancho de banco:

$$Wb = hb * ctg(ab) + B$$

Remplazando los datos se tiene, para un banco simple:

$$W = 8 * ctg65^\circ + 3.6 = 7.33 \text{ m}$$

De los siguientes valores:

- Angulo de banco, $a_b = 65^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16 \text{ m}$
- Ancho de berma, $B = 7.7 \text{ m}$

Ecuación para calcular el ancho de banco:

$$Wb = hb * ctg(ab) + B$$

Remplazando los datos se tiene, para un banco simple:

$$Wb = 16 * ctg65^\circ + 7.7 = 15.16 = 15 \text{ m}$$

De los siguientes valores:

- Angulo de banco, $a_b = 50^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16 \text{ m}$
- Ancho de berma, $B = 7.7 \text{ m}$

Ecuación para calcular el ancho de banco:

$$Wb = hb * ctg(ab) + B$$



Remplazando los datos se tiene, para un banco simple:

$$Wb = 16 * ctg50^{\circ} + 7.7 = 21.13 = 21 \text{ m}$$

De los siguientes valores:

- Angulo de banco, $a_b 75^{\circ}$
- Altura de banco, $h_b = 16 \text{ m}$
- Ancho de berma, $B = 7.7 \text{ m}$

Ecuación para calcular el ancho de banco:

$$Wb = hb * ctg(ab) + B$$

Remplazando los datos se tiene, para un banco simple:

$$Wb = 16 * ctg75^{\circ} + 7.7 = 11.99 = 12 \text{ m}$$

5.2.12.4 Determinación de talud de banco

Este parámetro generalmente se determina en función de las características de geingeniería del terreno. Por lo tanto, la prueba se realiza de acuerdo con los pasos del diagrama de flujo para determinar los parámetros geométricos óptimos para la pendiente como se muestra en la Tabla No. 13.

El Apéndice K presenta pruebas para encontrar el ángulo de inclinación óptimo utilizando software petrográfico geotécnico existente y / o litología primaria en condiciones estáticas y pseudoestáticas en diversas variaciones de inclinación. Eso es un total de 39 pruebas obtenidas con el método de análisis de Spencer.

5.2.12.4.1. Resultado para la litología 1 - “clay” o arcilla

En la siguiente tabla 38 se muestra los factores de seguridad obtenidos por cada ángulo de talud de las pruebas, para material tipo “clay”o arcilla:

Tabla 35

Resultados de factores de seguridad – “Clay” o arcilla

Angulo de talud (°)	F.S Estático	F.S. Pseudoestát
40	1.855	1.302
45	1.684	1.217
50	1.539	1.134
55	1.411	1.054
60	1.268	1.013
65	1.171	0.939
70	1.139	0.862

Nota: Elaboración propia

F.S=Factor de seguridad

Para el material “clay” o arcilla se ha identificado un talud óptimo de 50° por cumplir el factor mínimo requerido para su estabilidad, el ángulo óptimo seleccionado se presenta en la figura N°24

Figura 29

Resultados de factor de seguridad para el material “Clay” o arcilla



Nota: Elaboración propia.

5.2.12.4.2. Resultado para la litología 2 - Sílice “Clay”

En la siguiente tabla 39 se muestra los factores de seguridad obtenidos por cada ángulo de talud de las pruebas, para materiales sílice “clay”:

Tabla 36

Resultados de factores de seguridad - Sílice “Clay”

Angulo de talud (°)	F.S Estático	F.S. Pseudoestático
40	2.607	1.814
45	2.339	1.66
50	2.112	1.521
55	1.91	1.384
60	1.728	1.255
65	1.561	1.124
70	1.404	0.991
75	1.252	0.842
80	1.106	0.784

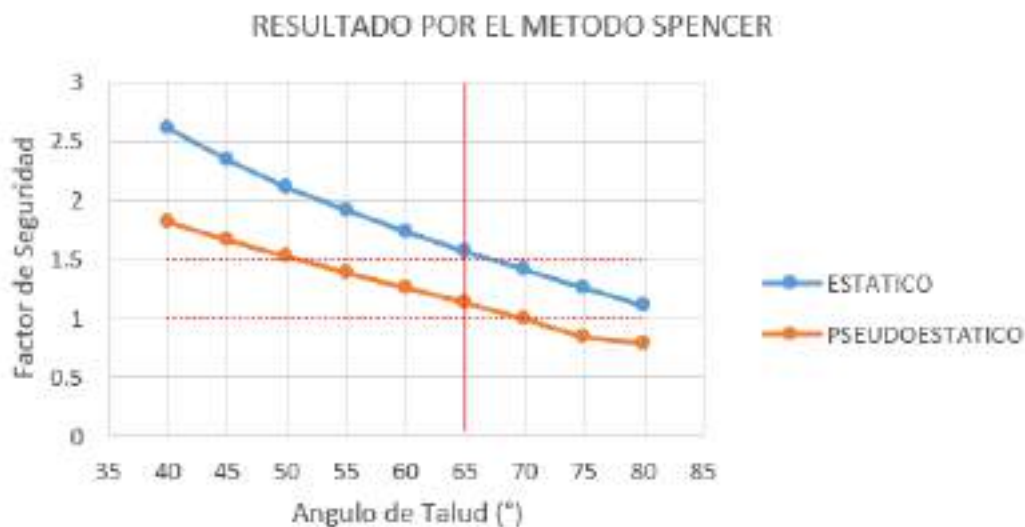
Nota: Elaboración propia

F.S=Factor de seguridad

Para el material sílice “clay” se ha identificado un talud óptimo de 65° por cumplir el factor mínimo requerido para su estabilidad, el ángulo óptimo seleccionado se presenta en la figura N°25.

Figura 30

Resultados de factor de seguridad para el material Sílice "Clay"



Nota: Elaboración propia

5.2.12.4.3. Resultado para la litología 3 - Sílice Masiva

En la siguiente tabla 40 se muestra los factores de seguridad obtenidos por cada ángulo de talud de las pruebas, para materiales sílice masiva:

Tabla 37

Resultados de factores de seguridad - Sílice Masiva

Angulo de talud (°)	F.S Estático	F.S. Pseudoestático
40	4.288	3.005
45	3.859	2.762
50	3.486	2.535
55	3.146	2.315
60	2.829	2.094
65	2.521	1.853
70	2.209	1.593
75	1.887	1.273
80	1.713	1.144

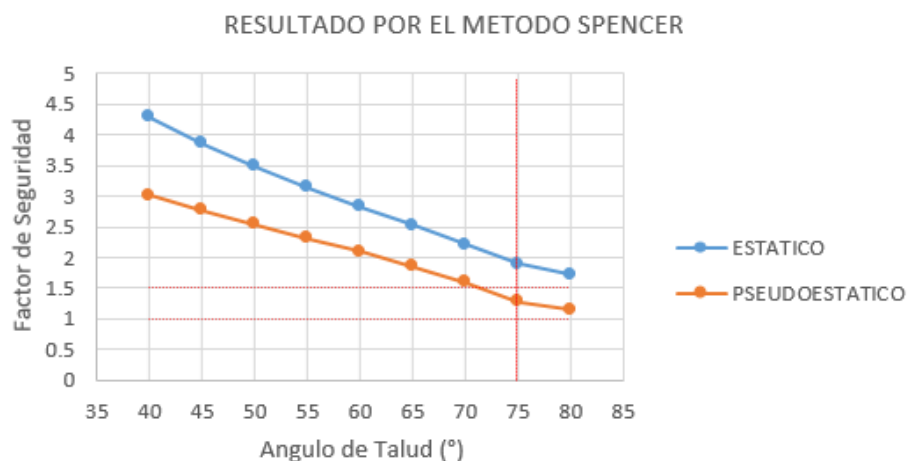
Nota: Elaboración propia

F.S=Factor de seguridad

Para el material sílice granular se ha identificado un talud óptimo de 75° por cumplir el factor mínimo requerido para su estabilidad, el ángulo óptimo seleccionado se presenta en la figura N°26

Figura 31

Resultados de factor de seguridad para el material Sílice Masiva



Nota: Elaboración propia

5.2.12.4.4. Resultado para la litología 4 - Sílice Granular Deleznable

En la siguiente tabla 41 se muestra los factores de seguridad obtenidos por cada ángulo de talud de las pruebas, para materiales sílice granular deleznable:

Tabla 38

Resultados de factores de seguridad - Sílice Granular Deleznable

Angulo de talud (°)	F.S Estático	F.S. Pseudo estático
40	1.978	1.521
45	1.761	1.338
50	1.53	1.199
55	1.336	0.952
60	1.171	0.842
65	1.023	0.693

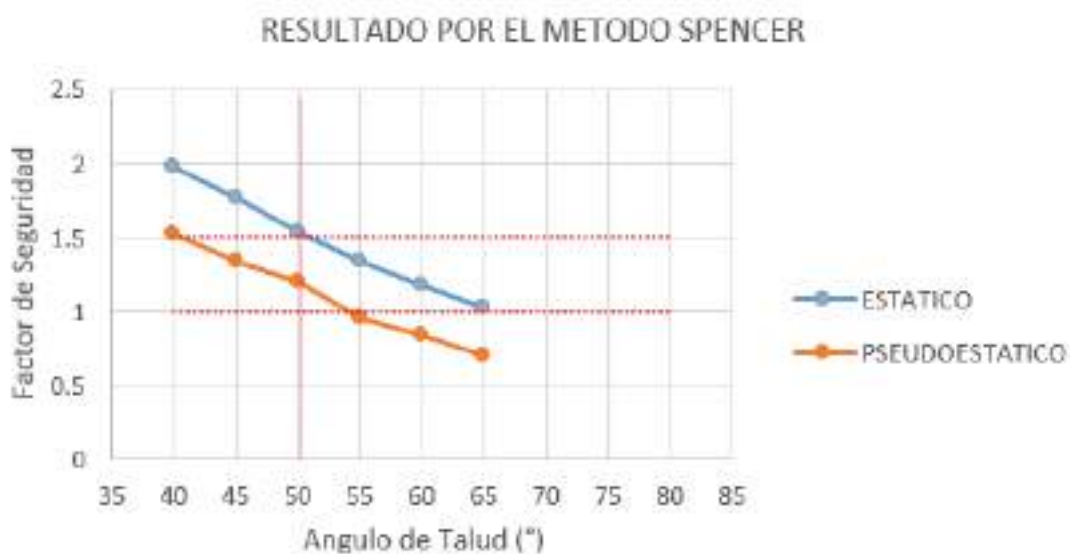
Nota: Elaboración propia

F.S=Factor de seguridad

Para el material sílice granular deleznable se ha identificado un talud óptimo de 50° por cumplir el factor mínimo requerido para su estabilidad, el ángulo óptimo seleccionado se presenta en la figura N°27

Figura 32

Resultados de factor de seguridad para el material Sílice Granular Deleznable



Nota: Elaboración propia

5.2.12.4.5. Resultado para la litología 5 - Sílice Granular Moderada

En la siguiente tabla 42 se muestra los factores de seguridad obtenidos por cada ángulo de talud de las pruebas, para materiales sílice granular moderada:

Tabla 39

Resultados de factores de seguridad - Sílice Granular Moderada

Angulo de talud (°)	F.S Estático	F.S. Pseudoestático
40	3.116	2.142
45	2.765	1.932
50	2.455	1.728
55	2.171	1.521
60	1.894	1.305
65	1.622	1.069
70	1.329	0.829
75	1.046	0.743

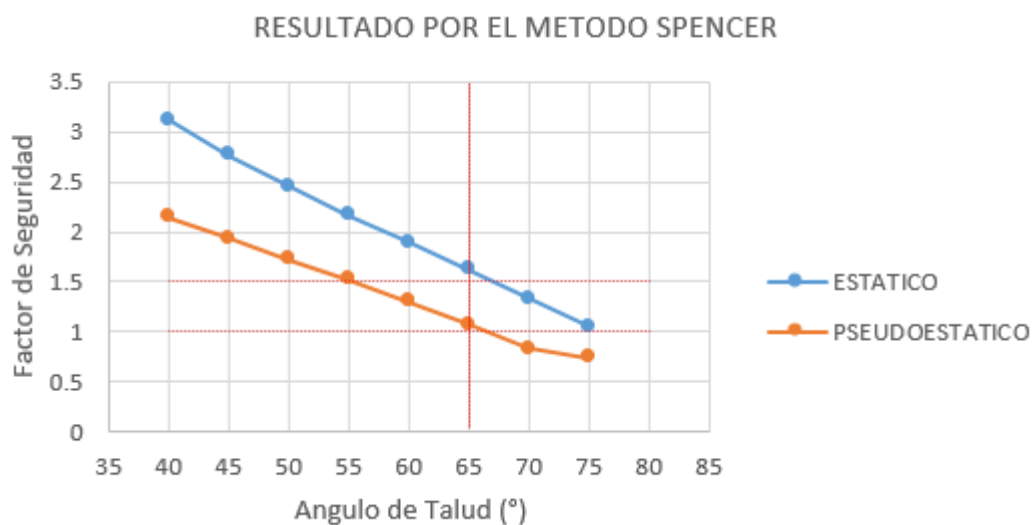
Nota: Elaboración propia

F.S=Factor de seguridad

Para el material sílice granular moderada se ha identificado un talud óptimo de 65° por cumplir el factor mínimo requerido para su estabilidad, el ángulo óptimo seleccionado se presenta en la figura N°28

Figura 33

Resultados de factor de seguridad para el material Sílice Granular Moderada



Nota: Elaboración propia

Para tal efecto se seleccionará el ángulo de talud del material predominante.

5.2.12.5 Determinación del talud interrampa

De los siguientes valores (Z1)-1:

- Angulo de banco, $a_b = 65^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m
- Ancho de berma, $B = 7.7$ m
- Angulo interrampa, a_r

Ecuación para calcular el ángulo interrampa:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{h_b}{h_b * \cot a_b + B} \right)$$

Reemplazando valores:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{16}{16 * \cot(65^\circ) + 7.7} \right) = 46.5^\circ$$

De los siguientes valores (Z1)-2:

- Angulo de banco, $a_b = 65^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 8$ m
- Ancho de berma, $B = 3.6$ m
- Angulo interrampa, a_r

Ecuación para calcular el ángulo interrampa:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{h_b}{h_b * \cot a_b + B} \right)$$

Reemplazando valores:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{8}{8 * \cot(65^\circ) + 3.6} \right) = 47.5^\circ$$

De los siguientes valores (Z2):

- Angulo de banco, $a_b = 65^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m
- Ancho de berma, $B = 7.7$ m
- Angulo interrampa, a_r

Ecuación para calcular el ángulo interrampa:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{h_b}{h_b * \cot a_b + B} \right)$$

Remplazando valores:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{16}{16 * \cot(65^\circ) + 7.7} \right) = 46.5^\circ$$

De los siguientes valores (Z3):

- Angulo de banco, $a_b = 50^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m
- Ancho de berma, $B = 7.7$ m
- Angulo interrampa, a_r

Ecuación para calcular el ángulo interrampa:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{h_b}{h_b * \cot a_b + B} \right)$$

Remplazando valores:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{16}{16 * \cot(50^\circ) + 7.7} \right) = 37.1^\circ$$

De los siguientes valores (Z4):

- Angulo de banco, $a_b = 75^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m
- Ancho de berma, $B = 7.7$ m
- Angulo interrampa, a_r

Ecuación para calcular el ángulo interrampa:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{h_b}{h_b * \cot a_b + B} \right)$$

Remplazando valores:

$$a_r = \tan^{-1} \left(\frac{16}{16 * \cot(75^\circ) + 7.7} \right) = 53.2^\circ$$

5.2.12.6 Determinación del talud global

El ángulo global del talud es calculado geoméricamente a partir de los parámetros elementales, y se calcula mediante la ecuación:

$$a_0 = \tan^{-1} \left(\frac{\lambda b * h_b}{\lambda b * h_b * \cot a_b + (\lambda b - 1)B} \right)$$

Donde (Z1):

- Angulo global, a_0
- Angulo de banco, $a_b = 65^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m
- Ancho de berma, $B = 7.7$ m
- Numero de bancos, $\lambda_b = 7$

Remplazando los valores se tiene:

$$a_0 = \tan^{-1} = 48.7^\circ$$

Donde (Z2):

- Angulo global, a_0
- Angulo de banco, $a_b = 65^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m
- Ancho de berma, $B = 7.7$ m
- Numero de bancos, $\lambda_b = 3$

Remplazando los valores se tiene:

$$a_0 = \tan^{-1} = 51.8^\circ$$

Donde (Z3):

- Angulo global, a_0
- Angulo de banco, $a_b = 50^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m
- Ancho de berma, $B = 7.7$ m
- Numero de bancos, $\lambda_b = 4$

Remplazando los valores se tiene:

$$a_0 = \tan^{-1} = 39.8^\circ$$

Donde (Z4):

- Angulo global, a_0
- Angulo de banco, $a_b = 75^\circ$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m
- Ancho de berma, $B = 7.7$ m
- Numero de bancos, $\lambda_b = 8$

Reemplazando los valores se tiene:

$$\alpha = \tan^{-1} 1 = 55.4^\circ$$

5.2.12.7 Determinación de la altura global

La altura total se puede calcular a partir de la altura total entre pendientes, o el producto de la altura del relleno y el número de terraplenes presentes en la pendiente. Actualmente, se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$h_0 = N_b * h_b$$

Donde (Z1):

- Altura global, h_0
- Numero de banco, $\lambda_b = 3$ y 6
- Altura de banco, $h_b = 16$ y 8 m

Reemplazando los valores se tiene:

$$h_b = 3*16 + 6*8 = 48+48 = 96 \text{ m}$$

Donde (Z2):

- Altura global, h_0
- Numero de banco, $\lambda_b = 4$ y 6
- Altura de banco, $h_b = 16$ y 8 m

Reemplazando los valores se tiene:

$$h_b = 4*16 + 6*8 = 64 + 48 = 112 \text{ m}$$

Donde (Z3):

- Altura global, h_0
- Numero de banco, $\lambda_b = 8$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m

Reemplazando los valores se tiene:

$$h_b = 8*16 = 128 \text{ m}$$

Donde (Z4):

- Altura global, h_0
- Numero de banco, $\lambda b = 4$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m

Remplazando los valores se tiene:

$$h_b = 4 * 16 = 64 \text{ m}$$

Donde (Z5):

- Altura global, h_0
- Numero de banco, $\lambda b = 3$
- Altura de banco, $h_b = 16$ m

Remplazando los valores se tiene:

$$h_b = 3 * 16 = 48 \text{ m}$$

5.2.12.8 Determinación del ancho de rampa

El ancho de la rampa debe mantenerse a un ancho mínimo de 3,5 veces el ancho del vehículo de carga máxima que pasa por la mina. El ancho de la carretera se puede estimar mediante la siguiente fórmula:

$$A = a (0.5 + 1.5n)$$

Dónde:

A = Anchura total de la vía (m)

a = Anchura del vehículo en (m)

n = Número de carriles deseados

Reemplazando datos en la ecuación, se tiene:

$$A = 3.15 * (0.5 + 1.5 * 2)$$

$$A = 11.025 \text{ m}$$

Considerando el ancho de muro de seguridad y el ancho de la cuneta

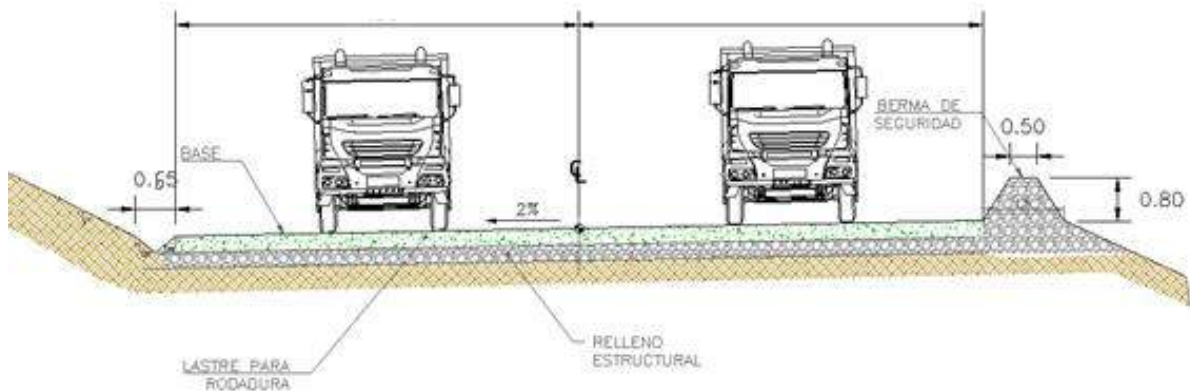
$$A = 11.025 + 0.5 + 0.65$$

$$A = 12.175 \text{ m.}$$



Figura 34

Esquema de diseño de ancho de rampa

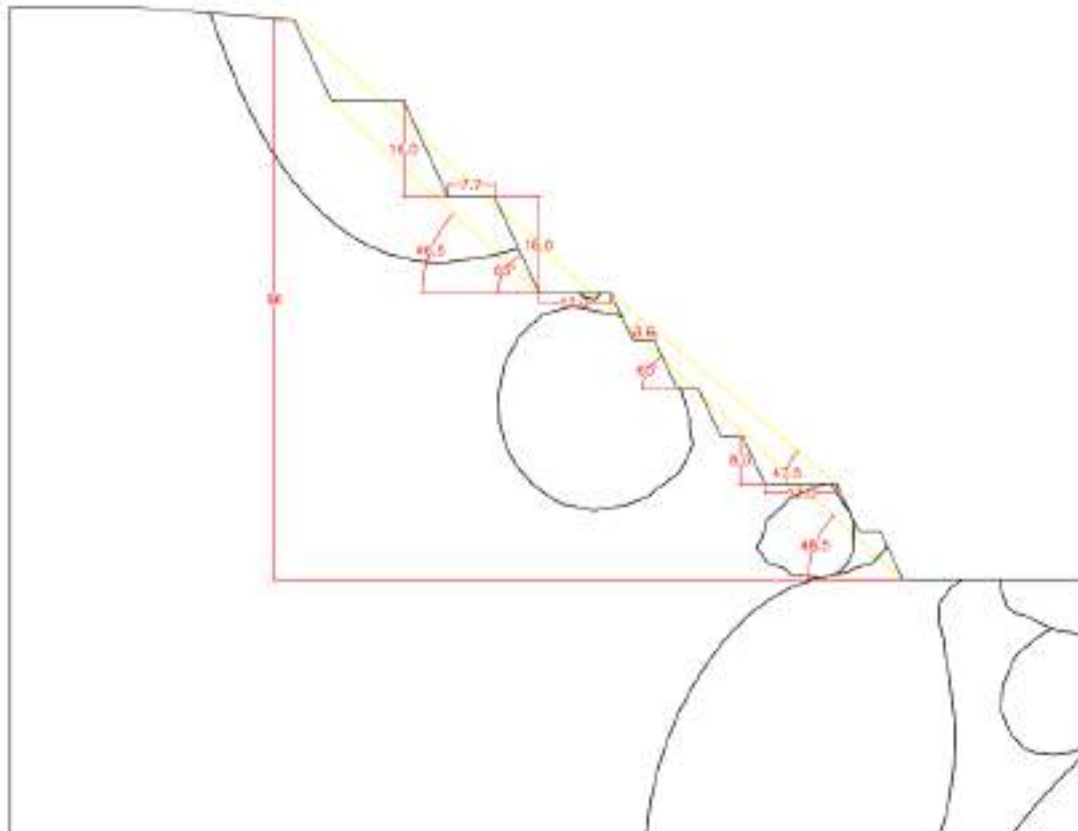


Nota: Apumayo S.A.C.

En la figura N°31 se muestra la sección de detalle de la zona 1, determinados en el presente estudio. Asimismo, en el anexo A se muestra los planos en planta y de detalle de los sectores determinados.

Figura 35

Gráfico de parámetros geométricos de la zona 1



Nota: Elaboración propia

En la tabla N° 43 se presenta la geometría de los taludes recomendados para el diseño del tajo Huamanloma NW:

Tabla 40

Resumen de parámetros geométricos recomendado

Sector de Diseño	Subsector de Diseño	Talud de Banco			Talud Interrampa - Global		
		Talud de banco (°)	Altura de banco (m)	Ancho de berma (m)	Ancho de banco (m)	Talud interrampa	Talud Global (°)
1	A(superior 4040)	65	16	7.7	15.16	46.5	48.5
	B (inferior 4040)	65	8	3.6	7.33	47.5	
2	A	65	16	7.7	15.16	46.5	51.8
3	A	50	16	7.7	21.13	37.1	39.8
4	A(superior 4050)	75	16	7.7	11.99	53.2	55.4
	B(inferior 4050)	65	16	7.7	15.16	47	

Nota: Elaboración Propia

Una vez determinada los parámetros geométricos para el diseño del Tajo Huamanloma NW, se realiza los análisis de estabilidad física y los resultados se muestran en la tabla N° 44:

Tabla 41

Resumen de resultados de análisis de estabilidad - Tajo Huamanloma NW

Sección	Talud - Margen	Condición	Factor de seguridad	
			Estático	Pseudoestat
1-1'	Interrampa	Final	2.336	1.676
2-2'	Interrampa	Final	1.808	1.208
3-3'	Interrampa	Final	1.457	1.134
4-4'	Interrampa	Final	1.768	1.181
5-5'	Interrampa	Final	2.857	1.877
1-1'	Global	Final	1.857	1.339
2-2'	Global	Final	1.503	1.027
3-3'	Global	Final	1.533	1.118
4-4'	Global	Final	1.779	1.235
5-5'	Global	Final	2.358	1.594

Nota: Elaboración propia

De los resultados presentados se observa que: Los factores de seguridad de las secciones analizadas son mayores que los mínimos recomendados en los criterios de aceptabilidad establecidos, para su condición actual y cierre. En el Anexo L se presenta los resultados de análisis de estabilidad de los taludes globales con los parámetros determinados para cada litología.

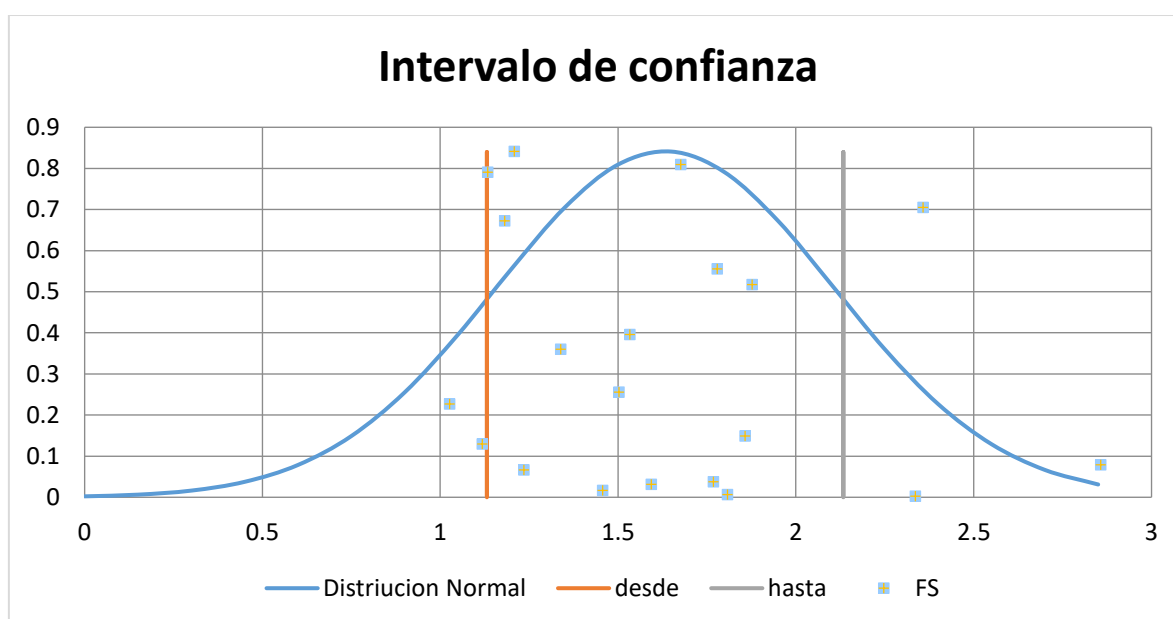
5.3. Contratación de Hipótesis

5.3.1. Hipotesis Estadísticas

Según la distribución de la campana de Gauss, los resultados muestran un grado de confianza al 95% en cuanto a los factores de seguridad determinados tanto para condiciones Pseudoestaticas y condiciones estáticas.

Figura 36

Campana de Gauss de los Factores de Seguridad determinados



Nota: Elaboración propia

5.3.1.1 Hipótesis Estadísticas (nula y alterna)

a) Hipótesis General

Ho: Los parámetros geométricos determinados no garantizan la estabilidad del Tajo Huamanloma NW - Cía. Minera Apumayo S.A.C.2019.

H1: Los parámetros geométricos determinados garantizan la estabilidad del Tajo Huamanloma NW - Cía. Minera Apumayo S.A.C.2019.

Mediante la aplicación de la metodología de diagrama de flujo propuesto se determina los parámetros geométricos óptimos del talud a fin de garantizar la estabilidad del tajo Huamanloma NW-Cía. Minera Apumayo S.A.C.2019.

b) Hipótesis Subsidiarias

Ho: Los parámetros geométricos no influirán en la estabilidad del tajo Huamanloma NW.

H1: Los parámetros geométricos influirán en la estabilidad del tajo Huamanloma NW.

El parámetro de mayor influencia en la estabilidad del tajo es “el ángulo de banco que para determinar el ángulo de banco del talud, se planteó presentar cambios de ángulo de talud mediante pruebas, realizando iteraciones hasta que cumpla las condiciones de estabilidad, debido a que la estabilidad de un talud depende tanto de su geometría (pendiente y altura); así como de las características geotécnicas del material que lo forma (ángulo de fricción, cohesión, UCs, etc.) que definen su resistencia al corte” (Bañon & Bevia, 2000). En base a ello se realizaron 39 pruebas de análisis de estabilidad con apoyo de herramientas tecnológicas (software Rocscience), el ángulo que cumple las condiciones de estabilidad para la litología Sílice Clay es 65°, “Clay”o arcilla es 50°, Sílice Masiva es 75°, Sílice Granular Moderada es 65°, sílice granular deleznable es 50°. Por el método Spencer.

Con todo lo anterior se acepta la hipótesis que afirma que: los parámetros geométricos (el ángulo de talud) influye en la estabilidad del Tajo Huamanloma NW.



Ho: Con la determinación de los factores de seguridad no se garantizará la estabilidad del tajo Huamanloma NW.

H1: Con la determinación de los factores de seguridad se garantizará la estabilidad del tajo Huamanloma NW.

Para el análisis de estabilidad física de taludes en el tajo es típico el uso de factores de seguridad (FS) para determinar si un diseño es aceptable. Read & Stacey (2009) sugirieron una serie de valores como criterio de aceptación para varias escalas de taludes.

La condición del análisis es: si el factor de seguridad resultante no cumple con las condiciones de estabilidad, tanto en el análisis estático y pseudo estático.

- Condición estática - Local : F.S>1.3
- Condición estática - Global : F.S>1.5
- Condición estática - Interrampa : F.S>1.2
- Condición pseudo estática : F.S>1.0

Los factores de seguridad obtenidos en las secciones 1-1', 2-2', 3-3', 4-4' y 5-5' son mayores que los mínimos recomendados en los criterios de aceptabilidad establecidos, para su condición actual y cierre. Con lo que se afirma la hipótesis que: los factores de seguridad obtenidos son los adecuados para garantizar la estabilidad del diseño del tajo Huamanloma NW.

Ho: Al caracterizar demás parámetros no se optimizara la estabilidad del Tajo Huamanloma NW.

H1: Al caracterizar demás parámetros se optimizara la estabilidad del Tajo Huamanloma NW.

Para la evaluación de estabilidad física de taludes locales, se determinó los dominios estructurales en base a las 10 estaciones geomecánicas, posterior a ello se realizó el análisis cinemático y un análisis por equilibrio límite por la presencia de los mecanismos de fallas (plana, cuña y vuelco), en el macizo rocoso. Además, este

análisis permitió identificar zonas con similares condiciones geomecánicas para la estabilidad física de los taludes locales.

El análisis de estabilidad física de taludes a nivel local se realizó con los programas de cómputo del paquete Rocscience (Rocplane y Swedge), los cuales están basados en los siguientes criterios:

El cálculo del factor de seguridad se realiza hallando la relación de la sumatoria de fuerzas que favorecen a la falla respecto a la sumatoria de fuerzas que resisten al colapso para cada tipo de mecanismos de falla, sea plana, cuña o por vuelco.

El supuesto analítico es que las propiedades del material que compone la estructura son uniformes e isotrópicas, y que el colapso ocurre debido a fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento.

En el análisis de estabilidad bajo condiciones pseudo-estáticas, se asume que la masa contenida en la falla recibe una fuerza igual al factor sísmico multiplicado por el peso de la masa deslizante, y se hace el dimensionamiento sísmico aproximado y simplificado. método. La fuerza de la inercia debida.

Con todo lo anterior se acepta la hipótesis que afirma que: Al caracterizar demás parámetros como las estructuras geológicas se optimizara la geometría y estabilidad del talud del Tajo Huamanloma NW.

5.4. Discusión de Resultados

5.4.1. Resultados y Definición de los Parámetros Geotécnicos

Para la evaluación y determinación de parámetros geotécnicos se realizó investigaciones de campo (apertura de calicatas, ensayos de densidad “insitu”, mapeo de estaciones geomecánicas, perforaciones geológicas y geotécnicas), posterior a ello realizar ensayos de laboratorio según la litología encontrada, con apoyo de los software geotécnicos y experiencia de trabajo se procedió a caracterizar y/o zonificar el área de estudio obteniéndose así las unidades geotécnicas para rocas y suelos: ver tablas N°30 y 31.



Tabla 42

Parámetros de resistencia de la masa rocosa

Material	Sílice Masiva	Sílice Granular Compacta	Sílice Granular Moderada	Sílice Alunita	Sílice Clay	Propilitico	Sílice Alunita Clay	Clay Pirita
UCS	67.4	53.65	44.5	24.32	19	36.9	27.74	19.4
GSI	43	40	37	30	30	35	28	29
mi	14.6	14.6	14.6	10.7	11	11	10.7	11.5
Peso Específico (KN/m ³)	24.2	21.65	20.86	21.26	20.49	23.19	22.03	21.96
Resistencia del Macizo Rocoso No Disturbado								
Factor	0	0	0	0	0	0	0	0
Disturbancia (D)								
mb	1.907	1.713	1.539	0.878	0.903	1.079	0.818	0.911
s	0.0017	0.001272	0.000911	0.0000	0.0004	0.00073	0.00033	0.00037
a	761	6	9	4189	189	02	55	49
a	0.5093	0.5114	0.5139	0.5223	0.5223	0.5159	0.5256	0.5239
Resistencia del Macizo Rocoso Disturbado								
Factor	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Disturbancia (D)								
mb	0.423	0.351	0.300	0.138	0.142	0.194	0.122	0.140
s	0.0001	0.000091	0.00000	0.0000	0.0000	0.00004	0.00001	0.00001
a	452	2	573	194	194	20	42	66
a	0.5093	0.5114	0.5139	0.5223	0.5223	0.5159	0.5256	0.5239

Nota: Elaboración Propia

Tabla 43*Resumen de propiedades de los Suelos*

Material	γ Total (Kn/m³)	C (KPa)	φ (°)
Suelo residual	20	10	34
Sílice Granular Deleznable	16.57	0	38.5
“Clay” o arcilla	20.05	15.2	34

Nota: Elaboración Propia *γ =peso específico, C=cohesión, φ =Angulo de fricción.*

Para el macizo rocoso se tomó en consideración el criterio de ruptura de Hoek-Brown Generalizado y para los suelos el criterio de Mohr Coulomb

Previas configuraciones se seleccionó el método de análisis de estabilidad de taludes (Equilibrio Límite) y el método para calcular el factor de seguridad (Spencer).

5.4.2. Análisis Geomecánico en talud

Para la evaluación de estabilidad física de taludes locales, se realizó un análisis por equilibrio límite por la presencia de los mecanismos de fallas (plana, cuña y vuelco), en el macizo rocoso. Además, este análisis permitió identificar zonas con similares condiciones geomecánicas para la estabilidad física de los taludes locales.

El análisis de estabilidad física de taludes a nivel local se realizó con los programas de cómputo del paquete Rocscience.

Tabla 32*Resumen de familias de discontinuidades*

Dominio estructura	Familia	Buzamiento (°)				Dirección de Buzamiento (°)			
		Media	DS	Min	Max	Media	DS	Min	Max
I									
Estaciones	J1	55	11	35	75	307	11	285	330
Geomecáni	J2	58	10	40	75	257	6	250	268
cas	J3	59	15	30	74	154	5	145	160
	J4	49	8	32	66	123	9	110	136
	J5	60	13	36	78	227	9	210	240

Nota: Elaboración Propia

Abreviaturas:

Min: Valor Mínimo *Max:* Valor Máximo *J1:* Familia principal de diaclasas *DS:* Desviación Estándar

Tabla 44

Resumen de familias de discontinuidades por dominio estructural

Dominio Estructural	Familia de discontinuidades	Zona	Diseño de talud	Mecanismos de falla		
				Plana	Cuña	Vuelc
HUAMANLOM A NW	J1:55° / 307°	Zona 1	68°/200°	J5	J1,J2,J3,J4,J	-
	J2:58° / 257°	Zona 2	51°/290°	-	J3,J1	J4
	J3:59° / 154°	Zona 3	57°/15°	-	-	J5
		Zona 4	63°/135°	J3,j4	J4,J5,J2,J3	J1

Nota: Elaboración Propia

Abreviaturas:

Buz. Buzamiento

Dir. Buz: Dirección de Buzamiento

J1: Familia principal de diaclasas

Tabla 45

Resumen de análisis de estabilidad de bancos

Tajo	Dominio / estructural	de Familias discontinuidades (Dir./Dir. Buz.)	Zona	Talud (Buz/D ir. Buz.)	Banco			Mecanismos de Falla								
					Al t. (m)	A nc (m)	A C (°)	Falla Planar FD FS FS	Falla en Cuña FD FS FS			Falla en FD FS FS				
Tajo Huamanloma NW	J1:55° 307°	/	Zona 1	68°	16	4.	0	J5	1.3	0.8	J4/	1.8	1.5	-	-	-
				/20		5			49	681	J5	26	28			
				0°												
	J2:58° 257°	/	Zona 2	51°	8	5	0	-	-	-	J1/	15.	9.2	J4		
												J3/	1.7	1.3		
	J3:59° 154°	/	Zona 3	57°	8	3.	0	-	-	-	-	-	-	J5		
				/15		6										
	J4:49° 123°	/	Zona 4	63°	16	4.	0	J3	7.6	6.1	J4/	5.7	4.3	J1		
				/13		6			28	59	J3	74	98			
	J5:60° 227°	/			5°			J4								
									3.9	2.8	J4/	7.7	5.6			
									66	7	J5	8	67			
										J4/	10.	6.9				
										J2	58	67				

Nota: Elaboración propia

Abreviaturas:

Buz: Buzamiento.

Dir. Buz: Dirección de buzamiento.

ACs: ángulo de la cara superior.

FD: Familia de discontinuidad.

FSE: Factor de seguridad en condiciones estáticas.

FSP: Factor de seguridad en condiciones pseudoestáticas.

J1: Familia principal de discontinuidades.

J3: Familia secundaria de discontinuidades

5.4.3. Ejecución de Análisis en condiciones Estáticas y Pseudo estáticas

Las constantes sísmicas correspondientes al área de estudio se ingresaron en el software para calcular el factor de seguridad en condiciones sísmicas.

Coefficiente de carga sísmica : $K_h=0.24$

En condiciones estáticas, sin embargo, la constante sísmica es cero. Las condiciones de análisis son las siguientes. Cuando el factor de seguridad obtenido no satisface las condiciones de estabilidad para análisis estático y pseudoestático.

5.4.4. Determinación de los parámetros geométricos óptimos del talud

Se cuantificó la determinación del ángulo de inclinación óptimo, y finalmente, con base en el análisis de estabilidad de inclinación desarrollado para la fosa Huamanloma NW, se obtuvieron los siguientes parámetros geométricos de inclinación óptima: (ver la tabla N°43)

Tabla 46

Resumen de parámetros geométricos recomendado

Sector de Diseño	Subsector de Diseño	Talud de Banco				Talud Interrampa -	
		Talud de	Altura de banco	Ancho de berma	Ancho de banco	Talud interrampa	Talud Global
1	A(superior 4040)	65	16	7.7	15.16	46.5	48.5
	B	65	8	3.6	7.33	47.5	
2	(inferior A)	65	16	7.7	15.16	46.5	51.8
3	A	50	16	7.7	21.13	37.1	39.8
4	A(superior 4050)	75	16	7.7	11.99	53.2	55.4
	B(inferior 4050)	65	16	7.7	15.16	47	

Nota: Elaboración Propia

Una vez determinada los parámetros geométricos para el diseño del Tajo Huamanloma NW, se realiza los análisis de estabilidad física y los resultados se muestran en la tabla N° 44:

Tabla 47*Resumen de resultados de análisis de estabilidad - Tajo Huamanloma NW*

Sección	Talud - Margen	Condición	Factor de seguridad	
			Estático	Pseudoestático
1-1'	Interrampa	Final	2.336	1.676
2-2'	Interrampa	Final	1.808	1.208
3-3'	Interrampa	Final	1.457	1.134
4-4'	Interrampa	Final	1.768	1.181
5-5'	Interrampa	Final	2.857	1.877
1-1'	Global	Final	1.857	1.339
2-2'	Global	Final	1.503	1.027
3-3'	Global	Final	1.533	1.118
4-4'	Global	Final	1.779	1.235
5-5'	Global	Final	2.358	1.594

Nota: Elaboración propia

De los resultados presentados se observa que: Los factores de seguridad de las secciones analizadas son mayores que los mínimos recomendados en los criterios de aceptabilidad establecidos, para su condición actual y cierre.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Mediante la aplicación de la metodología de diagrama de flujo propuesto se determina los parámetros geométricos del talud para la estabilidad del tajo Huamanloma NW, Los métodos utilizados para la evaluación de la geometría óptima fueron realizados considerando un área de ruptura no circular mediante el método Spencer para el análisis de taludes tomando en cuenta el equilibrio de fuerzas y momentos. La determinación de parámetros geométricos, se desarrolló para cada alteración. Llegando a la conclusión de sectorizar o zonificar 04 áreas dentro del área de estudio. El resumen de los parámetros geométricos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 48

Resumen de parámetros geométricos recomendados

Sector de Diseño	Subsector de Diseño	Talud de Banco				Talud Interrampa - Global	
		Talud de	Altura de banco	Ancho de berma	Ancho de banco	Talud interrampa	Talud Global (°)
1	A(superior 4040)	65	16	7.7	15.16	46.5	48.5
	B (inferior 4040)	65	8	3.6	7.33	47.5	
2	A	65	16	7.7	15.16	46.5	51.8
3	A	50	16	7.7	21.13	37.1	39.8
4	A(superior 4050)	75	16	7.7	11.99	53.2	55.4
	B(inferior 4050)	65	16	7.7	15.16	47	

Nota: Elaboración Propia

- Para determinar el ángulo de banco del talud, se planteó presentar cambios de ángulo de talud mediante pruebas, realizando iteraciones hasta que cumpla las condiciones de estabilidad, debido a que la estabilidad de un talud depende tanto de su geometría (pendiente y altura); así como de las características geotécnicas del material que lo forma (ángulo de fricción, cohesión, UCs, etc.) que definen su resistencia al corte

(Bañon & Bevia, 2000). En base a ello se realizaron 39 pruebas de análisis de estabilidad con apoyo de herramientas tecnológicas (software Rocscience), el ángulo que cumple las condiciones de estabilidad para la litología Sílice Clay es 65°, “Clay”o arcilla es 50°, Sílice Masiva es 75°, Sílice Granular Moderada es 65°, sílice granular deleznable es 50°.

- Se garantiza la estabilidad física del Tajo Huamanloma NW por medio de la obtención del factor de seguridad, los resultados de factor de seguridad superan el mínimo requerido de 1.3 para condiciones operativas, 1.5 para condiciones de cierre y 1 para condiciones pseudo estáticas. De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad con los parámetros recomendados, los factores de seguridad a nivel global e interrampa cumplen con el mínimo establecido por los criterios de aceptabilidad, en conclusión la condición es estable.

Tabla 49

Sección	Talud - Margen	Factor de seguridad -		Factor de seguridad -	
		Estático	Pseudoestático	Estático	Pseudoestático
1-1'	Interrampa	1.178	1.174	2.336	1.676
2-2'	Interrampa	1.431	0.993	1.808	1.208
3-3'	Interrampa	1.957	1.340	1.457	1.134
4-4'	Interrampa	1.196	0.998	1.768	1.181
5-5'	Interrampa	1.418	1.059	2.857	1.877
1-1'	Global	1.589	1.051	1.857	1.339
2-2'	Global	1.191	0.824	1.503	1.027
3-3'	Global	1.752	1.061	1.533	1.118
4-4'	Global	1.084	0.735	1.779	1.235
5-5'	Global	1.419	1.059	2.358	1.594

Tabla 50

Sección	Talud - Margen	Factor de seguridad -		Factor de seguridad - Final	
		Estático	Pseudoestático	Estático	Pseudoestático
C	Local	-	-	1.539	1.134
SC	Local	-	-	1.561	1.124
SGD	Local	-	-	1.530	1.199
SGM	Local	-	-	1.622	1.069
SM	Local	-	-	1.887	1.273

- El análisis de la distribución de discontinuidades ha demostrado mediante los factores de seguridad para cada mecanismo de rotura del macizo rocoso de los taludes en general, que en el área de estudio; las estructuras geológicas no marcan un riesgo potencial en los taludes. La evaluación estructural permitió identificar los mecanismos de falla planar, de cuña y por vuelco. Sin embargo, luego de realizar el análisis de estabilidad local mediante el método de equilibrio límite, en condición estática y pseudoestático, se encontró que los factores de seguridad se encuentran por encima del mínimo requerido (ver tabla N°36). En conclusión las estructuras geológicas para este tajo no influyen en la geometría y estabilidad.

Figura 37

Resumen de análisis de estabilidad de bancos

Tajo Desarrollo estructural	# Fallas Alcance en (Osc.Dc. Dm)	Zona	Tikal (Osc.Dc. Dm)	Banco			Mecanismos de Falla								
				Alt. (m)	An. (m)	VCS (m)	Falla Planar			Falla en Cuña			Falla en Vuelco		
							FD	FSE	FSP	FD	FSE	FSP	FD	FSE	FSP
Tajo Huanabana N°1	5 11:59° / 307° 11:58° / 257° 11:59° / 194° 11:49° / 123° 11:49° / 123°	Zona 1	68°200°	16	4.5	3	11	1.346	0.6281	14.05	1.352	1.332	-	-	-
		Zona 2	37°290°	1	1	0	-	-	-	11.03	15.74	4.201	14		
		Zona 3	57°115°	1	3.6	1	-	-	-	-	-	-	15		
		Zona 4	42°112°	16	4.6	1	11	1.628	6.134	14.05	5.794	4.348	11		
						14	3.966	2.87	14.05	7.78	5.667				
									14.02	10.92	4.967				

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Recomendaciones

- La metodología empleada en el presente estudio; para el cálculo de parámetros geométricos se desarrolló mediante el método de equilibrio limite, por lo tanto se recomienda plantear la aplicación de método de elementos finitos en los macizos rocosos, estos materiales por lo general son discontinuos, anisotropicos, no homogéneos y no elásticos, por ello debe considerarse las características y limitaciones del método. Siendo necesario profundizar los estudios, en el análisis de esfuerzos y deformaciones en la etapa de post rotura.
- Para el cálculo del ángulo de talud continuar con la realización de trabajos similares para la obtención de un banco de datos cada vez mayor, se conseguirá implementar enfoques estadísticos de los análisis de estabilidad de los taludes estudiados, considerando la variabilidad de los parámetros geotécnicos del suelo y/o roca.

- Se recomienda determinar factores de seguridad mediante el método GLE/Mongenster-Price, para verificar la variación de los factores de seguridad en comparación con el método Spencer.
- Implementar más campañas de perforación diamantina para una mejor zonificación y caracterización de los suelos y rocas encontradas en el área de estudio. Asimismo complementar un modelo estructural a nivel global.



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abramson, L.W.; Lee, T.; Sharma, S.; Boyce, G... (2002). "Slope stability and stabilization methods". 2 nd. Ed. John Willey & Sons, Inc. ISBN 0-471-38493-3. New York, U.S.A.
- Alvarado Salazar et al., (2004). En su investigación "Estabilización de taludes en la costa verde-Callao tramo Av. Santa Rosa-Jr. Viru (1.3 Km). Tesis para optar el título de ingeniero civil, Lima": Universidad San Martín de Porres, facultad de ingeniería y Arquitectura 2014 (pag.175).
- Alva, J. (2016), Análisis de estabilidad de taludes. [diapositivas en PDF]. Recuperado el 15 de Setiembre de 2017 de: <http://www.jorgealvahurtado.com/files/Analisis%20de%20Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>
- Braja M. Das (2004) Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.- México, editorial Thomson Learning, Cap. 10
- Cantera Moises Randy 2010. (2014) Evaluación de estabilidad física de componentes de la cantera Moises Randy 2010. Recuperado de GREM.
- Call, R.D. 1992. Chapter 10.4, Slope stability. In SME Mining Engineering Handbook, 2nd ed., Vol. 2. Edited by H.L. Hartman. Littleton, CO: SME.
- Das, B. (2001). Resistencia cortante del suelo. En fundamentos de ingeniería geotécnica. México Thomson Learning, (pp.207-247).
- Duncan C. Wyllie, Christopher W. Mah, (2004), Rock slope engineering: civil and mining—4th ed. p. cm, India, Newgen Imaging Systems (p) Ltd, Chennai.
- Fernández, J. (2017), Estudio de la influencia de parámetros geométricos y geotécnicos en la estabilidad de taludes mediante el programa Geoslope. Universidad Politécnica de Cartagena. Colombia.
- Francisco Bongiorno, (2012). "Índice de calidad de la roca RQD. Clasificaciones de los macizos rocosos según: Barton, Bieniawski, Hoek y Brown". Venezuela, Mérida. Universidad de los Andes, facultad de ingeniería.
- Geoestudios Ambientales SAC. (2016), Modificatoria del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Apumayo, Lima, Cía. Minera Apumayo Cap. II.
- Gerscovich, D. (2013). Estabilidad de taludes. São Paulo: Oficina de Textos.



- Gonzales de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortaño, L. & Oteo, C. (2003). Taludes. En ingeniería geológica. Madrid Pearson, (pp. 430-510).
- Granados, A. (2006). Estabilización del talud de la costa verde en la zona del distrito de Barranco. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gutiérrez, J. & Vélez, M. (2016). Análisis probabilístico y de sensibilidad en la estabilidad de taludes utilizando la aplicación SLOPE/W. Colombia. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México, McGraw-Hill, Sexta edición.
- Herrera, J. (2007), Diseño de explotación de cantera. España, Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Minas, (pp. 7).
- Hoek E. and Bray J., (1981). “Based on Rock Slope Engineering (third edition, 1981) London, British Library and Copyright Clearance Centre Inc.
- Hoek, E. (2000). Rock mass properties. En E. Hoek, Rock engineering (págs. 161203). Vancouver, Canada. Edit Rock engineering.
- Hoyos, F. (2001), Geotecnia. Diccionario Básico. Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Escuela de Ingeniería Civil - Facultad de Minas.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España (2006) Manual de Ingeniería de Taludes.- Madrid, ITGE.
- Instituto Tecnológico Geominero de España (1995). Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto, Madrid, España, Editorial IGME.
- Jaeger, J., Cook, N., Zimmerman, R. (2007). “Fundamentals of Rock Mechanics”. Australia, Blackwell. ISBN 978-0-632-05759-7.
- Jaime Suarez Díaz (2004) Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales.- Bucaramanga- Colombia, Cap. 4. Colombia, Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander.
- José David Rodríguez Copare, Dante Ulises Morales Cabrera y Luisa Paredes Lupaca (2003), “Evaluación de la estabilidad de taludes en La mina Lourdes -Tacna”. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Laura V. Galvis et al. Ingeniería y Ciencia, “Estimación de propiedades mecánicas de roca utilizando inteligencia artificial”, ISSN 1794-9165, Volumen 7, julio-diciembre de 2011.



- López, E. (2016). Estudio geotécnico y diseño del talud final de una mina a cielo abierto aplicando modelos numéricos. Lima, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Luis Gonzales de Vallejo (2004) Ingeniería geológica.- Madrid - España, editorial Pearson Educación.
- Luis Gonzales de Vallejo (2006) Ingeniería Geológica, Madrid – España, editorial Pearson, Cap. 9, p 446
- Mendoza, J. (2017). Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Morales, H. & Valiente, M. (2017). Evaluación geotécnica de inestabilidad de taludes. Caso estudio Institución social Jardín Infantil. Colombia, Universidad de Cartagena.
- Morales, M. (2009). Caracterización geotécnica y determinación de ángulos de talud en yacimiento Franke, Chile, Universidad de Chile - Departamento de Ingeniería de Minas (pp. 72-74).
- Ragan, D.M. (1987). Geología Estructural: Introducción a las técnicas geométricas. Barcelona. Edición Omega S.A.
- Read, J., & Stacey, P. (2009). Guidelines for Open Pit Slope Design. Australia, CSIRO, Collingwood (pp. 223, 235).
- Ritchie (1963), Evans y Call, (1992). Terminología aplicada en una mina a cielo abierto:
<https://www.monografias.com/trabajos-pdf/planificacion-minera-diseno-cantera-pifo/planificacion-minera-diseno-cantera-pifo2.shtml>
- Suarez, J. (2009). Comportamiento sísmico de taludes. En Deslizamiento: Análisis Geotécnico, Bucaramanga – Colombia, Universidad Industrial de Santander (pp. 268-306).
- Suarez, J. (1998), Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Colombia, Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga.
- Svetlana Melentijevic, (2005), “Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada”, artículo de tesis doctoral. MADRID, Universidad Politécnica de Madrid.
- Tomas Gonzales, (2010). Diseño de minas a tajo abierto. Lima, Universidad Nacional de Ingeniería.



- Universidad de Chile, (2010), Diseño de minas a cielo abierto. Santiago, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas – M158A.
- Instituto Tecnológico Geo Minero, (2006). Manual de Ingeniería de taludes. España, empresa Estudios y Proyectos Técnicos Industriales, S.A. (EPTISA).
- Will Honorato Callupe Arzapalo, (2011). Estabilidad de Taludes del plan de minado para la vida de la mina (VDM) 2011 - Tajo Abierto Pierina. Lima, Universidad Nacional de Ingeniería – Perú.
- Willie, DC; Mah, C., W. (2001), “Rock slope engineering: Civil and Mining. New York, Institute of Mining and Metallurgy. ISBN: 0-415-28001-X.



ANEXOS

Anexo A: Planos

Anexo B: Registro de Calicatas.

Anexo C: Registro de densidad de Campo.

Anexo D: Registro de estaciones geomecánicas.

Anexo E: Registro de perforaciones geotécnicas.

Anexo F: Ensayos de Laboratorio.

Anexo G: Dominios Estructurales.

Anexo H: Análisis Cinemático.

Anexo I: Registro de Piezómetros.

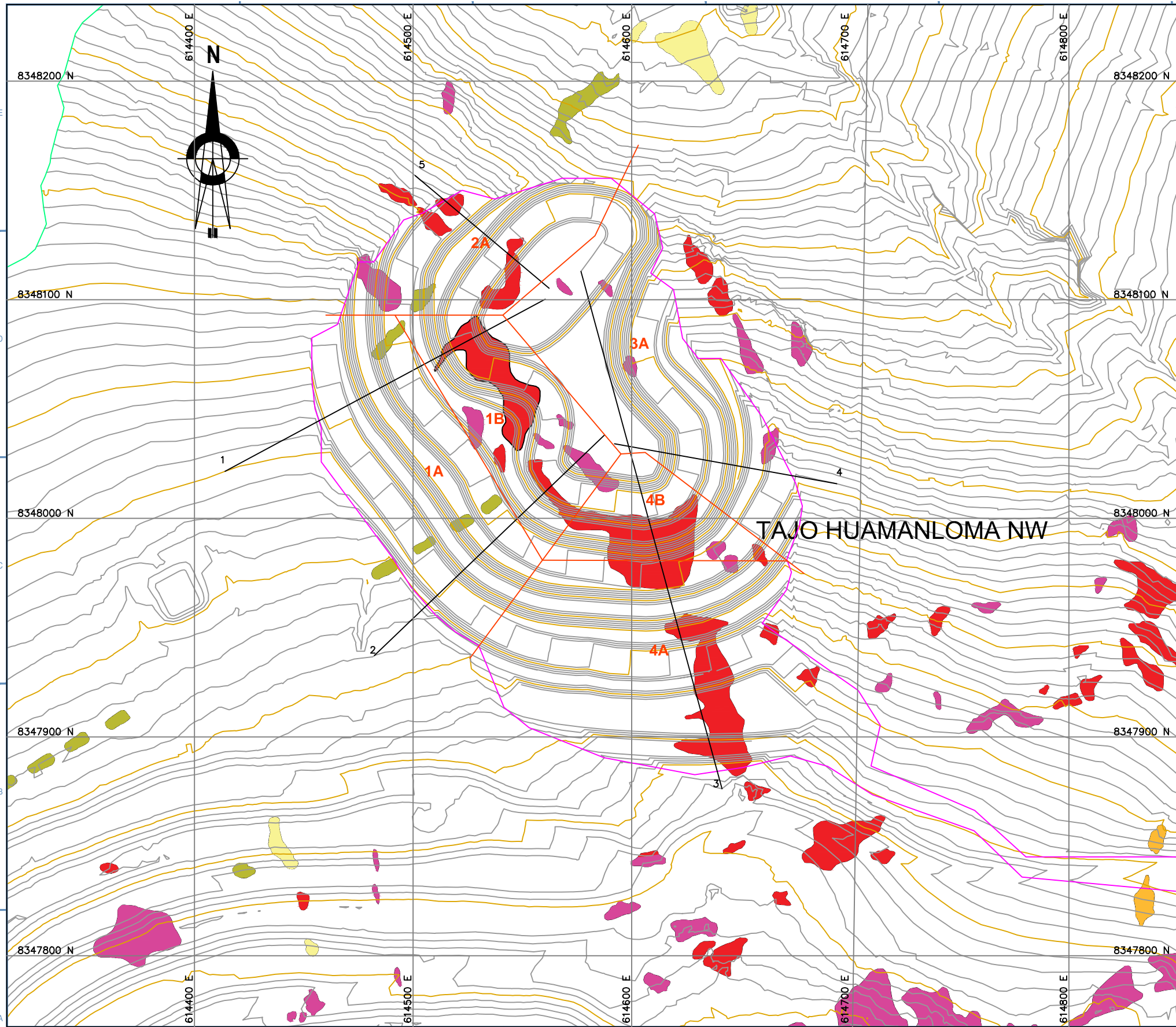
Anexo J: Registro de los análisis de equilibrio límite / mecanismos de falla.

Anexo K: Determinación del ángulo de talud por Litología.

Anexo L: Resultado de análisis de estabilidad a taludes Globales con parámetros determinados para cada litología.

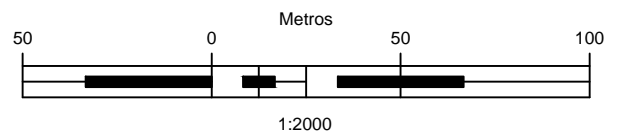
Anexo M: Registro Fotográfico.





LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	
LIMITE DEL TAJO HUAMANLOMA NW	
SECTORIZACION DE TAJO	
SECCIONES CRITICAS	

ALTERACION		
SILICE MASIVA	SM	
SILICE GRANULAR	SG	
SILICE OPALINA	OP	
SILICE ALUNITA	SA	
SILICE CLAY	SC	
CLAY	C	
ROCA FRESCA	RF	



OBSERVACIONES:

PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO

CAD:	M.LOPINTA
REVISADO:	M.LOPINTA
DISEÑADO:	M.LOPINTA
APROBADO:	M.LOPINTA
FECHA:	15/11/2019

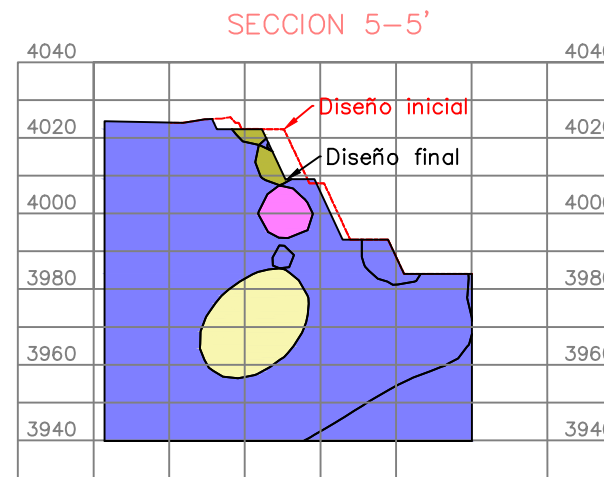
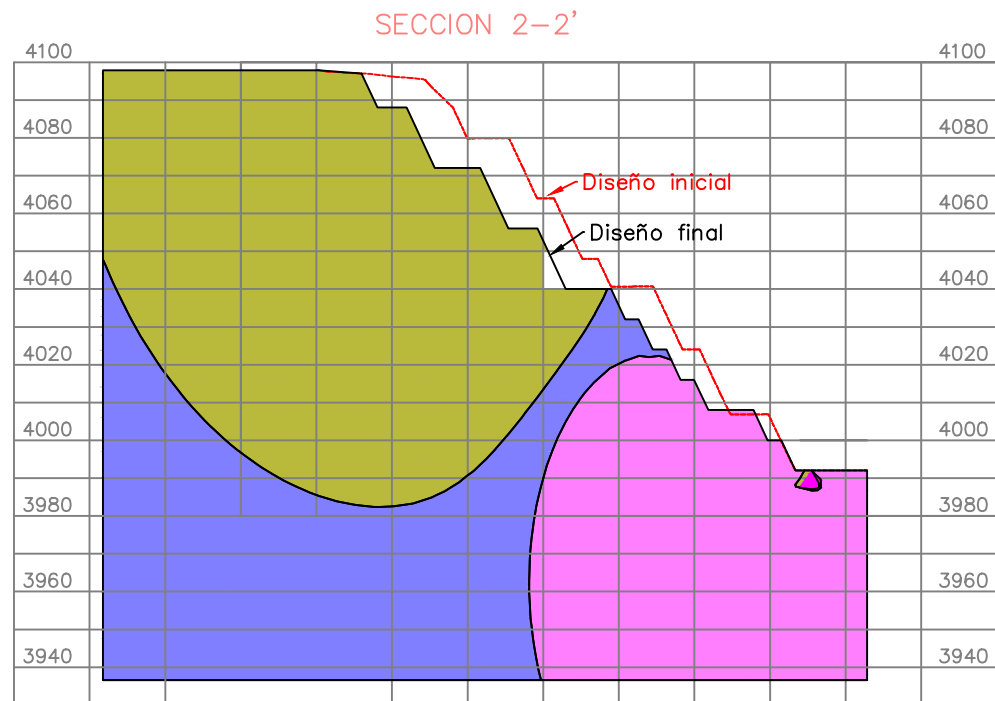
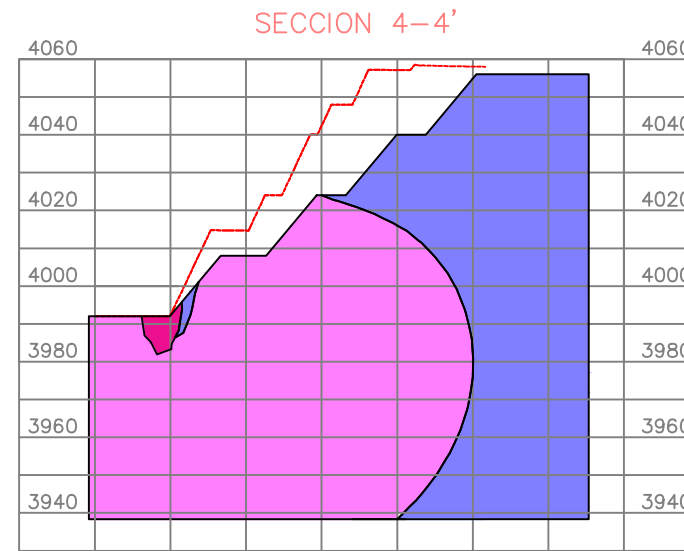
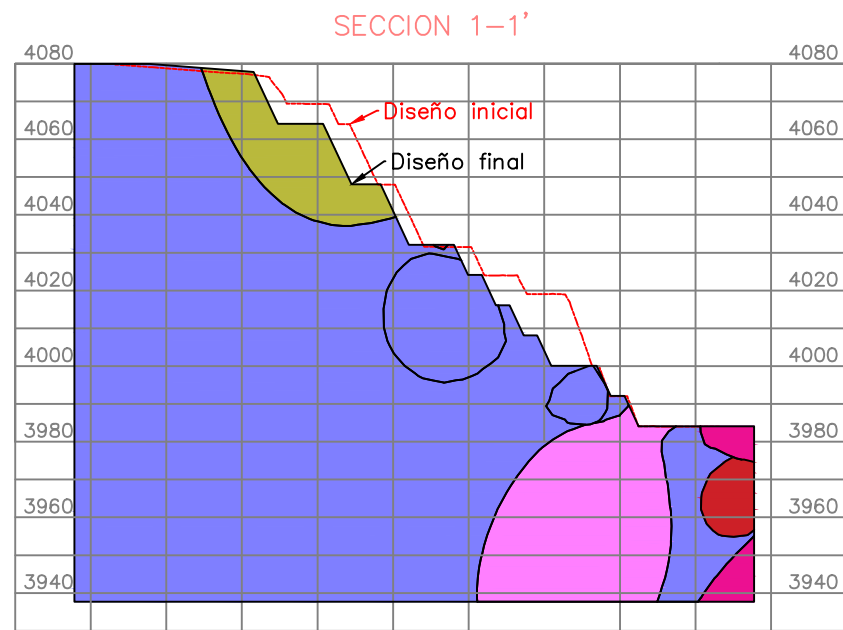


EMPRESA:	APUMAYO SAC
PROYECTO:	ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW
TITULO:	DISEÑO INICIAL TAJO HUAMANLOMA NW
REGION:	AYACUCHO
DPTO:	AYACUCHO

PROVINCIA:	LUCANAS
DISTRITO:	CHAVIÑA
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	15/11/2019

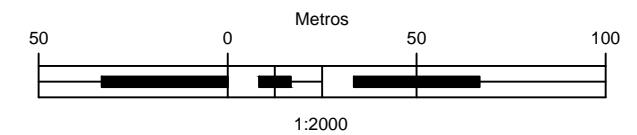
N° LAMINA: **01**
EEF-001





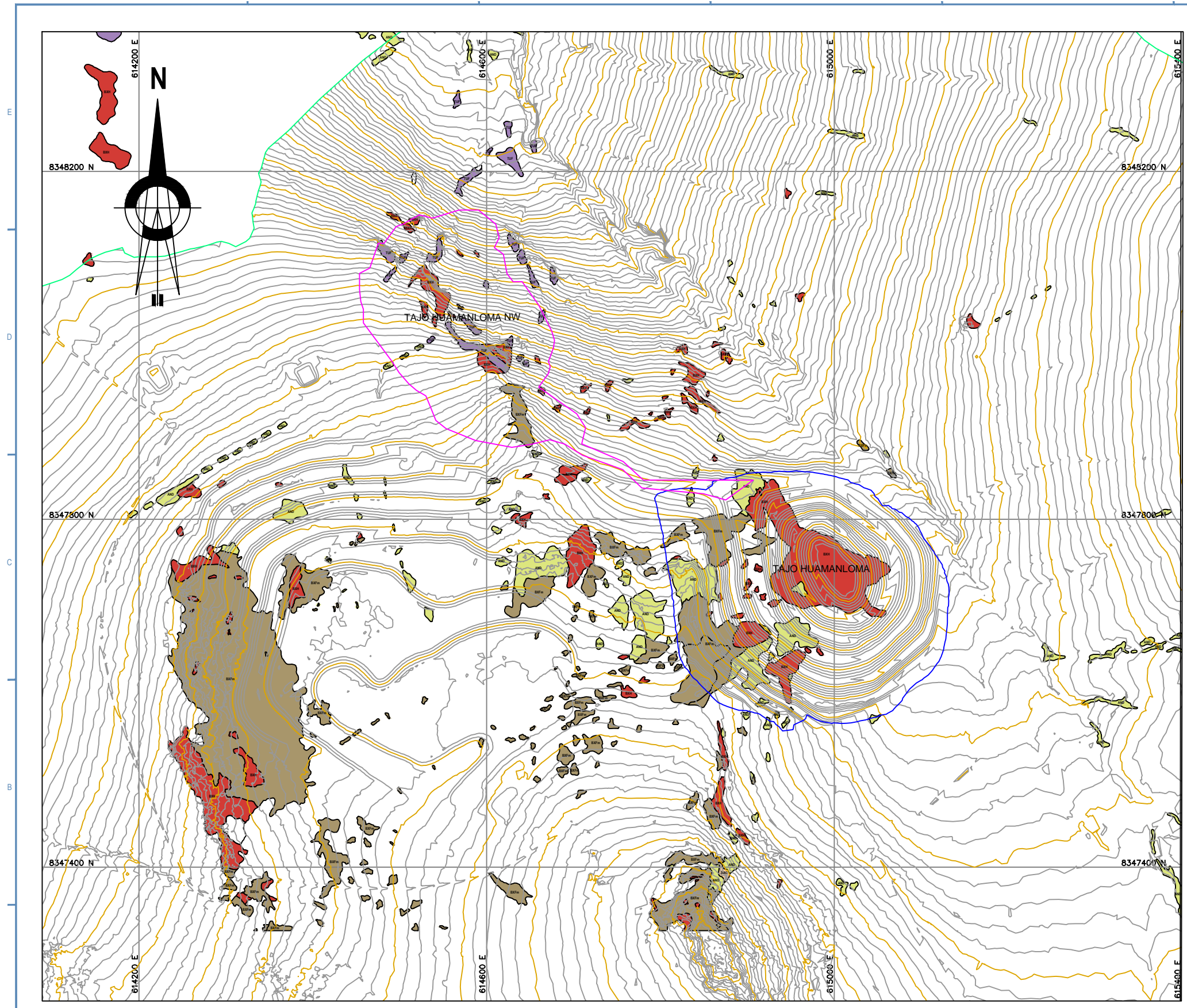
LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	
DISEÑO INICIAL	
DISEÑO FINAL	

ALTERACION		
SILICE MASIVA	SM	
SILICE GRANULAR	SGC	
SILICE OPALINA	OP	
SILICE ALUNITA	SA	
SILICE CLAY	SC	
CLAY	C	
ROCA FRESCA	RF	
CLAY PIRITA	CP	
SILICE GRANULAR	SGM	



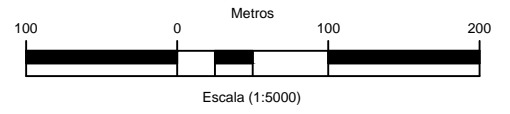
OBSERVACIONES:										CAD: M.LOPINTA		EMPRESA: APUMAYO SAC			
										REVISADO: M.LOPINTA		PROYECTO: ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW			
										DISEÑADO: M.LOPINTA		TITULO: SECCIONES DE DETALLE		N° LAMINA: 01-A	
										APROBADO: M.LOPINTA		TAJO HUAMANLOMA NW		EEF-001	
										FECHA: 23/02/21		REGION: AYACUCHO		INDICADA	
												DPTO: AYACUCHO		23/02/21	
												PROVINCIA: LUCANAS		ESCALA:	
												DISTRITO: CHAVIÑA		FECHA:	
												DATUM: WGS-84			





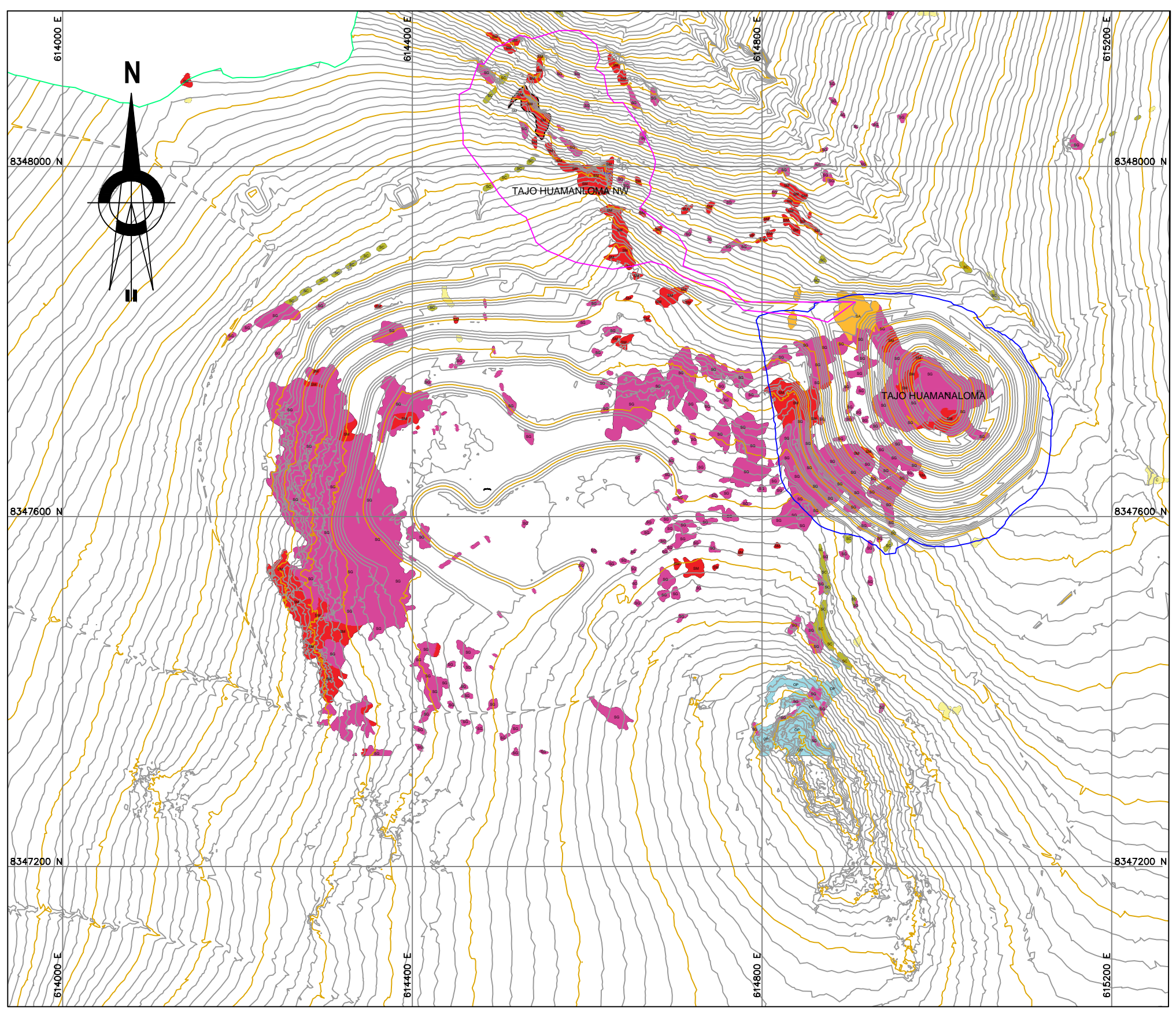
LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	
LIMITE DEL TAJO HUAMANLOMA NW	
LIMITE DEL TAJO HUAMANLOMA	
LIMITES DE CONTACTO LITOLOCO	

LITOLOGIA		
ANDESITA	AND	
DACITA	DAC	
UNDIFF TUFF	TUF	
Bx HIDROTERMAL	BXH	
Bx FREATOMAGMATICA	BXFm	



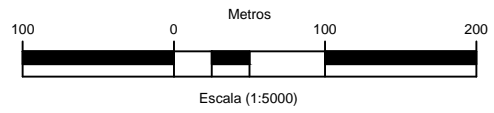
OBSERVACIONES:										CAD: M. LOPINTA		EMPRESA: APUMAYO SAC		
										REVISADO: M. LOPINTA		PROYECTO: ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW		
										DISEÑADO: M. LOPINTA		TITULO: PLANOS GENERALES		N° LAMINA: 02
										APROBADO: M. LOPINTA		PLANOS GENERALES - LITOLOGIA		
										FECHA: 15/11/2019		REGION: AYACUCHO		ESCALA: INDICADA
										PROYECCION: UTM ZONA 18S		DPTO: AYACUCHO		FECHA: 15/11/2019
										DATUM: WGS-84		PROVINCIA: LUCANAS		
												DISTRITO: CHAVIÑA		
PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO	





LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	
LIMITE DEL TAJO HUAMANLOMA NW	
LIMITE DEL TAJO HUAMANLOMA	
LIMITES DE CONTACTO ALTERACION	

ALTERACION		
SILICE MASIVA	SM	
SILICE GRANULAR	SG	
SILICE OPALINA	OP	
SILICE ALUNITA	SA	
SILICE CLAY	SC	
CLAY	C	
ROCA FRESCA	RF	

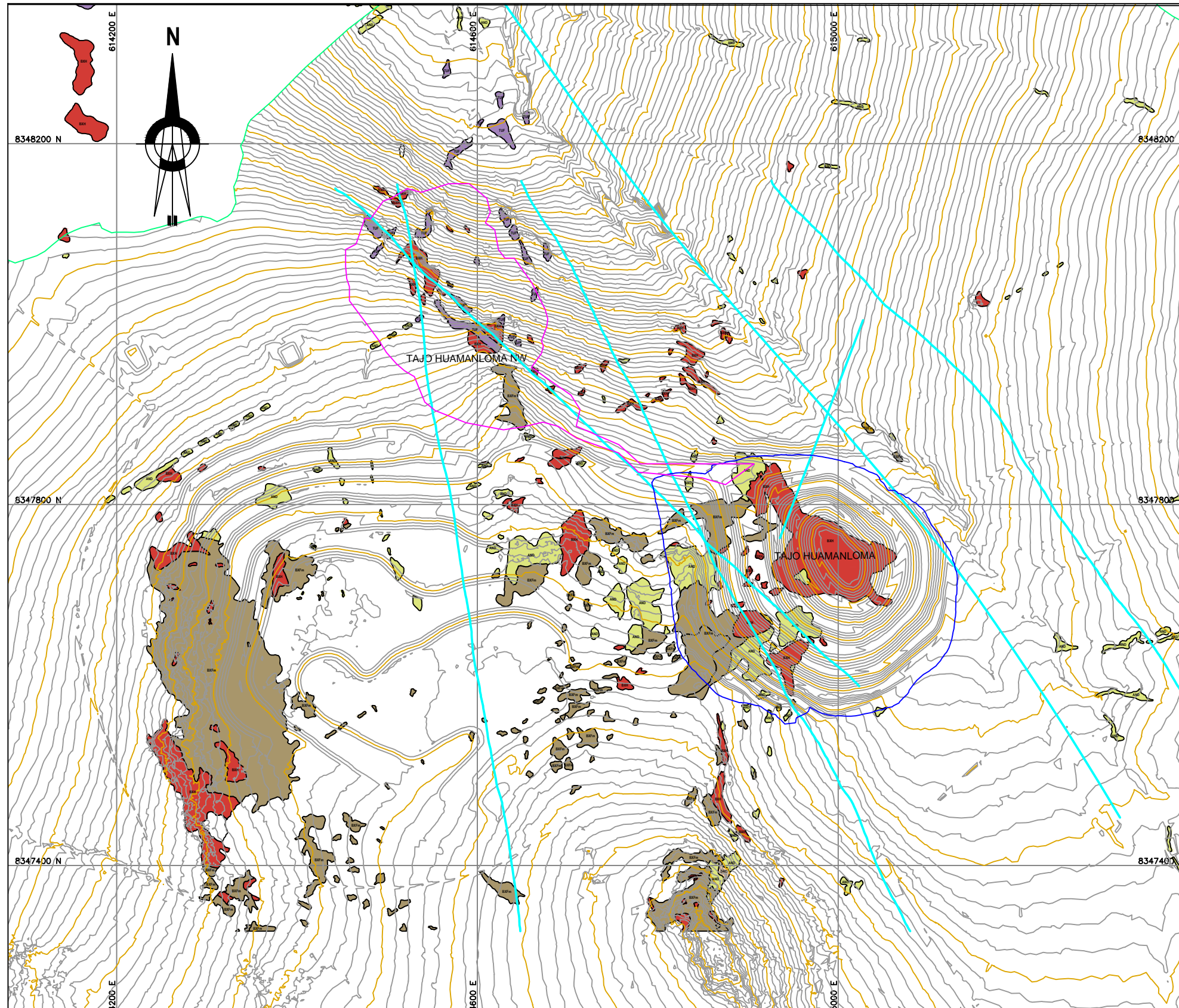


OBSERVACIONES:																																			
<table border="1"> <tr> <td>PLANO N°</td> <td>REFERENCIA DE PLANOS</td> <td>REV.</td> <td>CAD</td> <td>FECHA</td> <td>DESCRIPCION</td> <td>REVISADO</td> <td>APROBADO</td> <td>REV.</td> <td>CAD</td> <td>FECHA</td> <td>DESCRIPCION</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION												
PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION																								

CAD:	M.LOPINTA
REVISADO:	M.LOPINTA
DISEÑADO:	M.LOPINTA
APROBADO:	M.LOPINTA
FECHA:	15/11/2019
PROYECCION:	UTM ZONA 18S
DATUM:	WGS-84

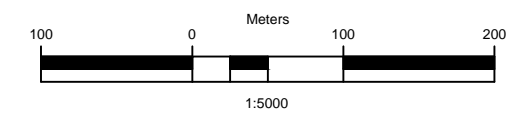
EMPRESA:		APUMAYO SAC			
PROYECTO:		ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW			
TITULO:		PLANOS GENERALES		N° LAMINA: 03	
		PLANO GEOLOGICO - ALTERACION			
REGION:	AYACUCHO	PROVINCIA:	LUCANAS	ESCALA:	INDICADA
DPTO:	AYACUCHO	DISTRITO:	CHAVIÑA	FECHA:	15/11/2019





LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	
LIMITE DEL TAJO HUAMANLOMA NW	
LIMITE DEL TAJO HUAMANLOMA	
LINIAMIENTOS	
LIMITES DE CONTACTO LITOLÓGICO	

LITOLOGIA		
ANDESITA	AND	
DACITA	DAC	
UNDIFF TUFF	TUF	
Bx HIDROTHERMAL	BXH	
Bx FREATOMAGMATICA	BXFm	



OBSERVACIONES:

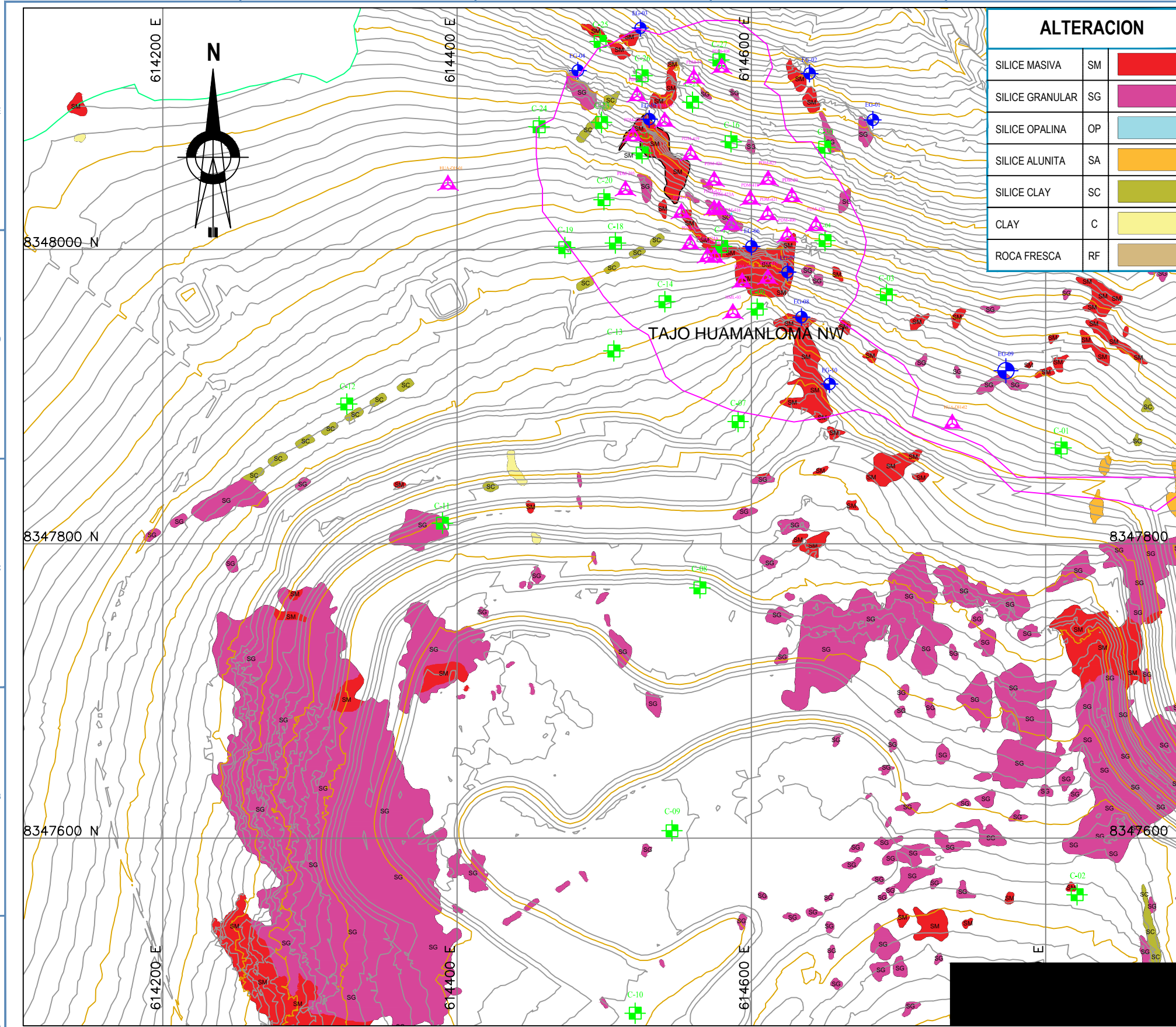
PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO

CAD:	M.LOPINTA
REVISADO:	M.LOPINTA
DISEÑADO:	M.LOPINTA
APROBADO:	M.LOPINTA
FECHA:	15/11/2019
PROYECCION:	UTM ZONA 18S
DATUM:	WGS-84



EMPRESA:	APUMAYO SAC		
PROYECTO:	ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW		
TITULO:	PLANOS GENERALES		N° LAMINA:
	PLANO GEOLOGICO - ESTRUCTURAL		04
REGION:	AYACUCHO	PROVINCIA:	LUCANAS
DPTO:	AYACUCHO	DISTRITO:	CHAVIÑA
ESCALA:	INDICADA		EEF-001
FECHA:	15/11/2019		





ALTERACION		
SILICE MASIVA	SM	[Red Box]
SILICE GRANULAR	SG	[Pink Box]
SILICE OPALINA	OP	[Light Blue Box]
SILICE ALUNITA	SA	[Orange Box]
SILICE CLAY	SC	[Green Box]
CLAY	C	[Yellow Box]
ROCA FRESCA	RF	[Brown Box]

LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	[Contour Line]
LIMITE DEL TAJO HUAMANLOMA NW	[Pink Line]
ESTACION GEOMECANICA	[Blue Circle with Crosshair]
CALICATA	[Green Square]
PERFORACIONES GEOLOGICAS	[Pink Triangle]
PERFORACIONES GEOTECNICAS	[Purple Triangle]

ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW ESTACIONES GEOMECANICAS (DATUM WGS-84)			
ESTACION	NORTE	ESTE	COTA
EG-01	8348088.0	614682.5	4038.5
EG-02	8348119.5	614639.5	4021.0
EG-03	8348150.5	614524.5	4035.0
EG-04	8348121.5	614482.0	4057.0
EG-05	8348088.5	614530.5	4059.0
EG-06	8348002.0	614600.0	4094.0
EG-07	8347984.5	614624.5	4093.5
EG-08	8347954.0	614634.0	4115.0
EG-09	8347917.5	614773.0	4103.5
EG-10	8347908.5	614653.0	4130.0

ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW CALICATAS (DATUM WGS-84)			
ESTACION	NORTE	ESTE	COTA
C-01	8347885.07	614810.57	4102.00
C-02	8347561.49	614821.34	4166.00
C-03	8347969.26	614691.75	4080.00
C-04	8348005.97	614650.02	4068.00
C-05	8347576.47	614828.13	4184.00
C-06	8347959.42	614603.94	4102.00
C-07	8347883.00	614591.00	4116.00
C-08	8347770.00	614565.00	4146.00
C-09	8347605.00	614546.00	4184.00
C-10	8347481.00	614521.00	4158.00
C-11	8347390.00	614390.00	4130.00
C-12	8347895.00	614325.00	4094.00
C-13	8347930.99	614506.53	4100.00
C-14	8347964.49	614541.19	4094.00
C-15	8348002.05	614579.81	4082.00
C-16	8348073.17	614586.19	4044.00
C-18	8348004.35	614507.58	4084.00
C-19	8348001.24	614473.22	4086.00
C-20	8348033.81	614499.80	4078.00
C-21	8348065.52	614525.69	4064.00
C-22	8348100.00	614560.00	4038.00
C-23	8348086.27	614498.13	4060.00
C-24	8348083.29	614455.77	4066.00
C-25	8348141.34	614497.13	4032.00
C-26	8348118.01	614525.72	4036.00
C-27	8348128.77	614577.97	4016.00
C-30	8348089.37	614649.87	4040.00

ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW PERFORACIONES (DATUM WGS-84)			
ESTACION	NORTE	ESTE	COTA
HLM-03	8347956.83	614587.45	4099.78
PDM-295	8348040.51	614514.43	4074.37
PDM-296	8347977.69	614593.72	4094.51
PDM-406	8348009.01	614624.42	4071.70
PDM-407	8348086.98	614541.03	4044.94
PDM-408	8348123.49	614579.75	4019.97
PDM-414	8348116.23	614560.92	4027.72
PDM-415	8347980.24	614611.13	4090.30
PDM-416	8348016.69	614586.37	4073.19
PDM-417	8348024.82	614552.38	4075.11
PDM-418	8348033.95	614599.24	4062.38
PDM-419	8348064.35	614558.76	4053.21
PDM-420	8348016.03	614643.86	4065.72
PDM-421	8348023.31	614611.04	4066.22
PDM-422	8348077.04	614519.57	4057.50
PDM-423	8348027.23	614574.73	4069.79
PDM-423A	8348026.81	614577.99	4069.43
PDM-424	8347994.47	614575.04	4087.82
PDM-424A	8347994.83	614570.15	4087.88
PDM-425	8348047.32	614611.40	4054.33
PDM-426	8348046.78	614574.71	4059.92
PDM-427	8348104.22	614522.35	4042.05
PDM-428	8348003.82	614558.40	4084.50
PDM-429	8348035.68	614627.52	4058.17
HUA-DH-01	8348044.12	614393.77	4074.29
HUA-DH-02	8347881.69	614736.55	4104.36

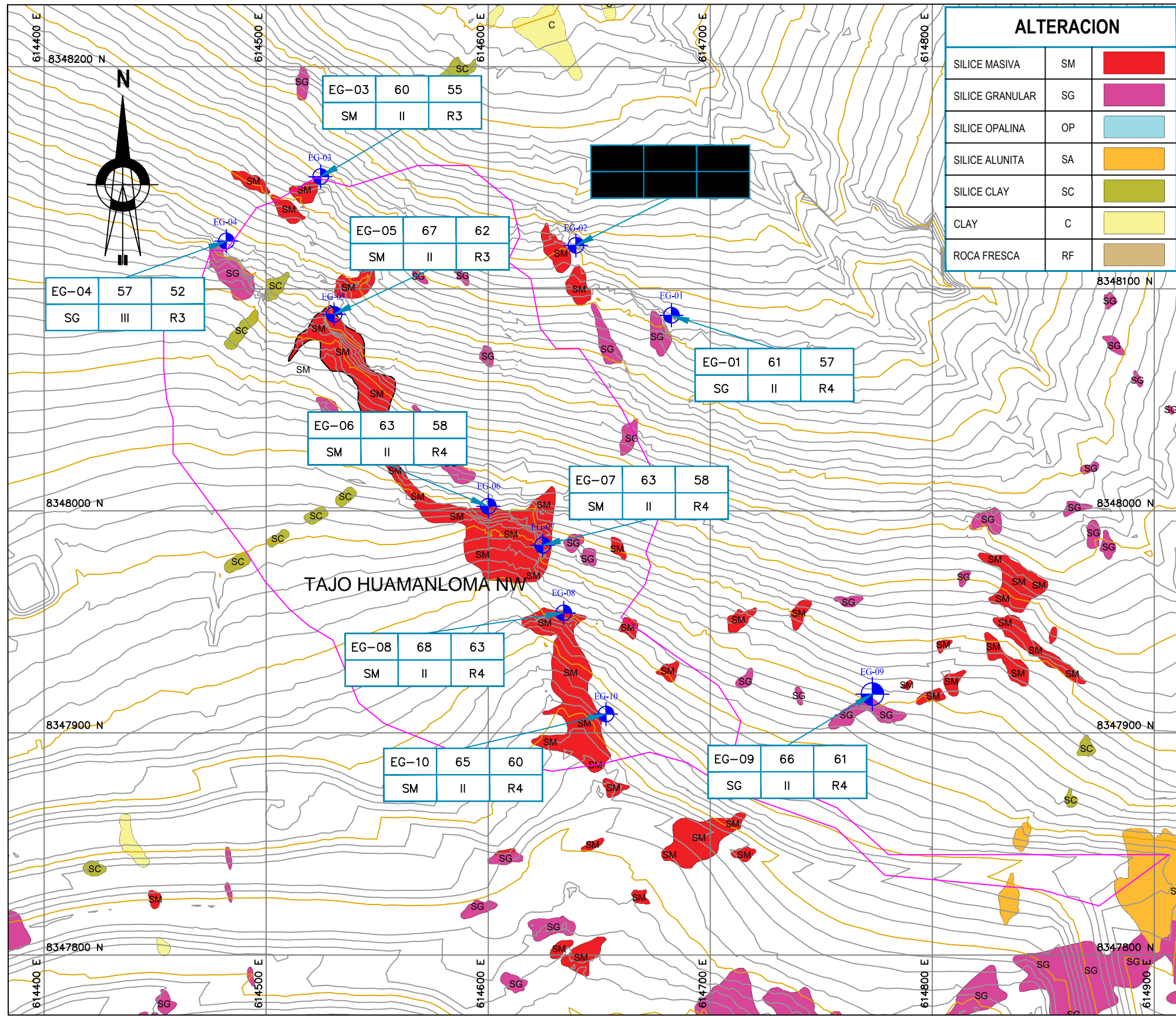
PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO

PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	CAD	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO

CAD:	M.LOPINTA
REVISADO:	M.LOPINTA
DISEÑADO:	M.LOPINTA
APROBADO:	M.LOPINTA
FECHA:	15/11/2019
PROYECCION:	UTM ZONA 18S
DATUM:	WGS-84

EMPRESA:	APUMAYO SAC
PROYECTO:	ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW
TITULO:	INVESTIGACIONES GEOTECNICAS TAJO HUAMANLOMA NW
REGION:	AYACUCHO
DPTO:	AYACUCHO
PROVINCIA:	LUCANAS
DISTRITO:	CHAVIÑA
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	15/11/2019

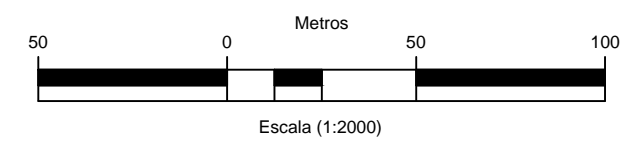
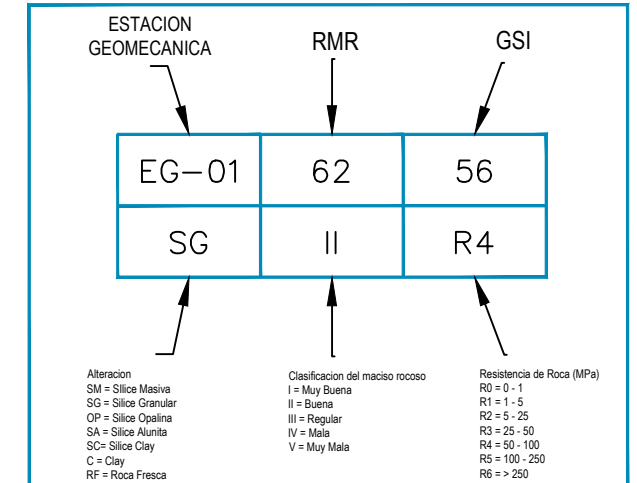
N° LAMINA: 05
EEF-001



ALTERACION		
SILICE MASIVA	SM	
SILICE GRANULAR	SG	
SILICE OPALINA	OP	
SILICE ALUNITA	SA	
SILICE CLAY	SC	
CLAY	C	
ROCA FRESCA	RF	

LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	
LIMITE DEL TAJO HUAMANLOMA NW	
ESTACION GEOMECANICA	
LIMITES DE CONTACTO DE ALTERACION	

ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW ESTACIONES GEOMECANICAS (DATUM WGS-84)			
ESTACION	NORTE	ESTE	COTA
EG-01	8348088.0	614682.5	4038.5
EG-02	8348119.5	614639.5	4021.0
EG-03	8348150.5	614524.5	4035.0
EG-04	8348121.5	614482.0	4057.0
EG-05	8348088.5	614530.5	4059.0
EG-06	8348002.0	614600.0	4094.0
EG-07	8347984.5	614624.5	4093.5
EG-08	8347954.0	614634.0	4115.0
EG-09	8347917.5	614773.0	4103.5
EG-10	8347908.5	614653.0	4130.0



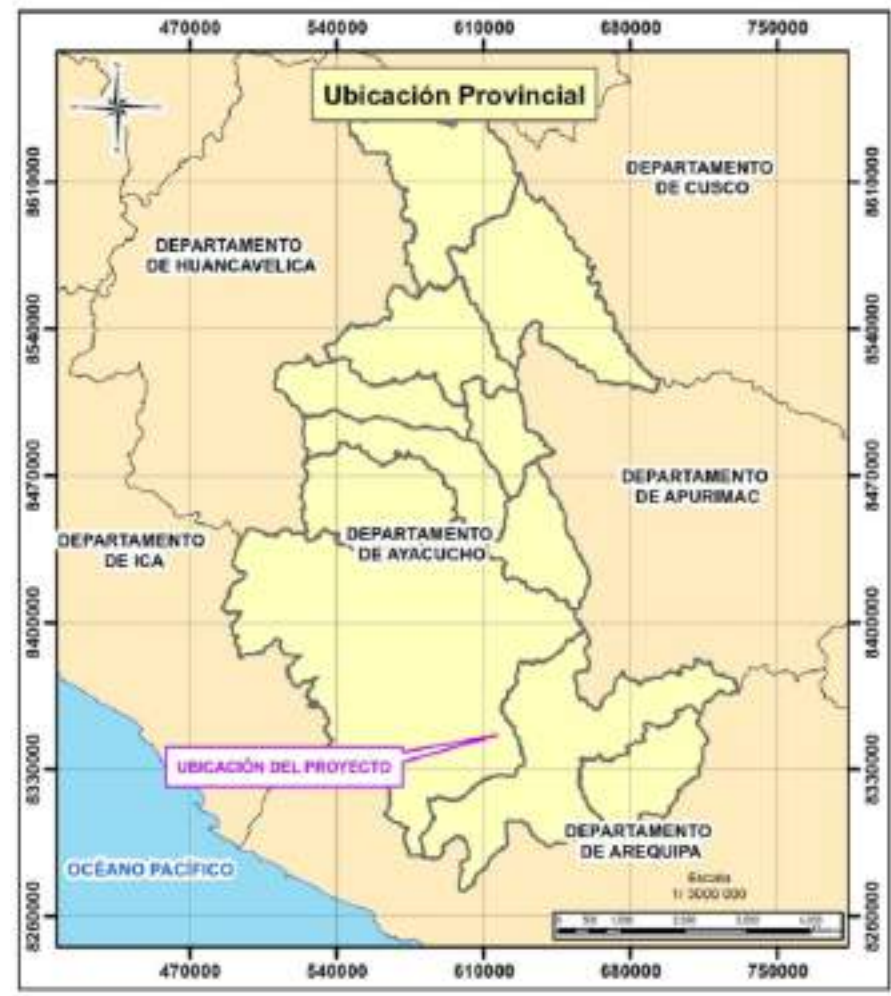
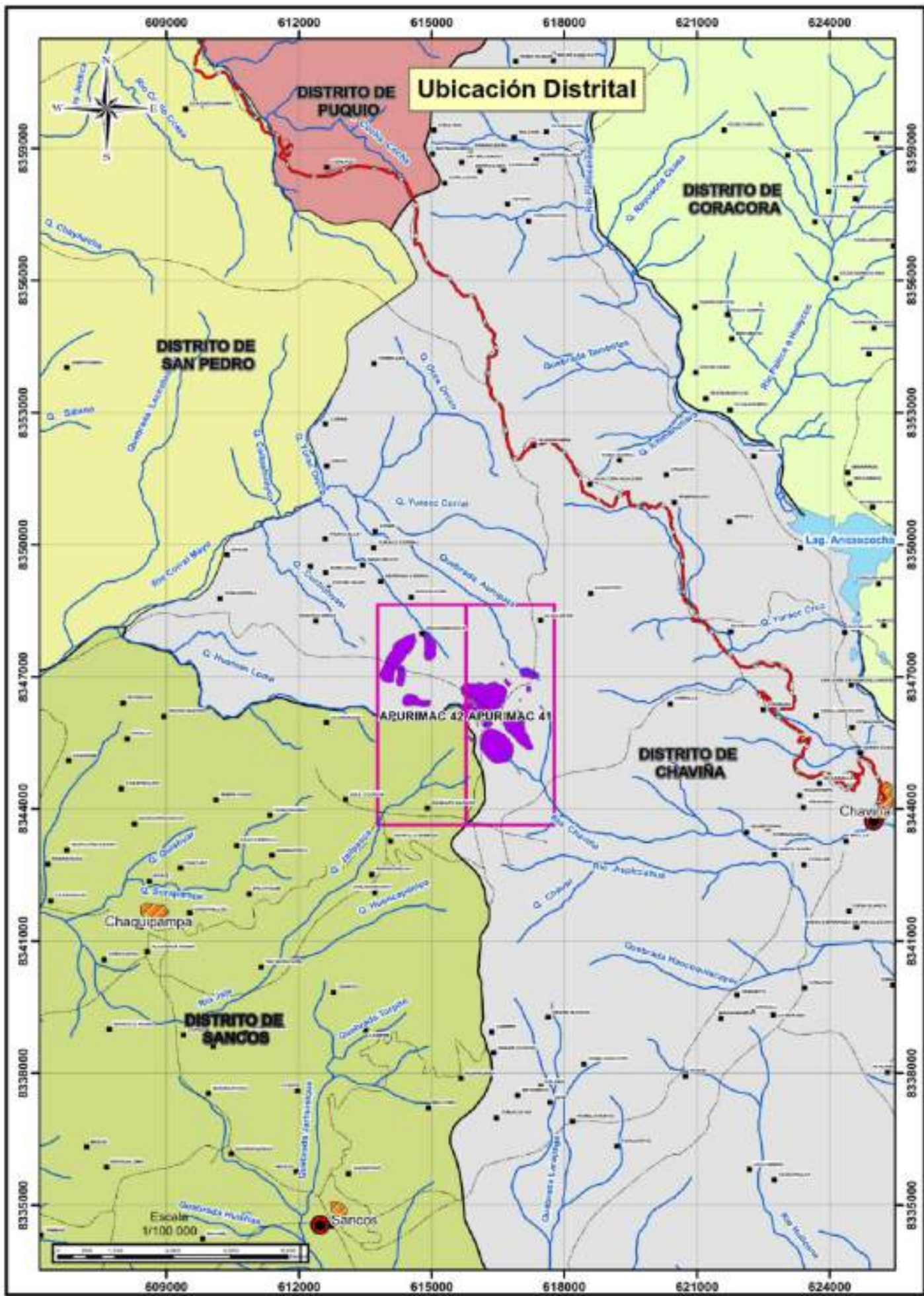
OBSERVACIONES:

PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	CAD.	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO	REV.	CAD.	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO

PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	CAD.	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO	REV.	CAD.	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO	APROBADO

CAD:	M.LOPINTA
REVISADO:	M.LOPINTA
DISEÑADO:	M.LOPINTA
APROBADO:	M.LOPINTA
FECHA:	15/11/2019
PROYECCION:	UTM ZONA 18S
DATUM:	WGS-84

EMPRESA:	APUMAYO SAC				
PROYECTO:	ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA TAJO HUAMANLOMA NW				
TITULO:	CLASIFICACION DEL MACISO ROCOSO (RMR)				
TAJO HUAMANLOMA NW	N° LAMINA: 07				
REGION:	AYACUCHO	PROVINCIA:	LUCANAS	ESCALA:	INDICA
DPTO:	AYACUCHO	DISTRITO:	CHAVIÑA	FECHA:	15/11/2019



ESCALA	LA INDICADA				
DATUM	WGS-84				
ZONA	18				

ADVERTENCIA

Si esta barra no mide 2cm, el Plano no está a Escala

0.0 0.5 1.0 2.0

DISEÑADO APU
 DIBUJADO VCU
 REVISADO ACP
 JEFE DE PROYECTO JFR
 FECHA 26-Oct-2015

ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINAS DE LA UNIDAD MINERA APURÍMAC

LÁMINA DE UBICACIÓN







REVISIÓN 1

PROYECTO HC-2015-035








LÁMINA 035-03-01












UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC		Ubicación : TAJO HUAMANLOMA NW		CALICATA (WGS-84) C-01			
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW		Fecha de Excavación : 17/01/2018		Norte : 8347865.07			
		Fecha de Registro : 17/01/2018		Este : 614810.574			
		Equipo de Excavación: EXC-336 D		Elevación (msnm) : 4102			
		Operador de equipo : VICTOR RIVAS		Prof. Napa Freatica : NO ENCONTRADA			
		Dimension Calicata : 2.10 x 8.60 m		Prof.de Calicata: 4.1			
Registrado por : RNQ - MLQ		Condicion Superficial : LADERA					
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	GM						Presencia de raíces
0.3							
1.0	CL						
2							
3	SC-SP				 26	M-26	Profundidad de muestra: 1.30 m P= 37.48 Kg V= 22 L. Tipo: Suelo
4							
4.1							
							Limite de Excavación
5							
6							
7							



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC		Ubicación : TAJO HUAMANLOMA NW		CALICATA (WGS-84) C-02			
		Fecha de Excavación : 18/01/2018		8347561.492			
		Fecha de Registro : 18/01/2018		614821.341			
		Equipo de Excavación: Retroexcavadora		Norte : Este :			
		Operador de equipo : Daniel Flores		Elevación (msnm) : 4166			
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW		Dimension Calicata : 2.20 x 4.30		Prof. Napa Freatica : NO ENCONTRADA			
		Registrado por : VLM		Prof.de Calicata: 1.0 m			
		Condicion Superficial : CABECERA DE LADERA					
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	GM			Limo gravoso, plasticidad baja, marron oscuro, blando, húmedo, sin olor, estructura homogénea. Limo 60%, grava 30%, arcilla 10%, tamaño máximo 4", partículas subangulosas.			Presencia de raíces
0.1							
1.0	ROCA			Roca (SGD), grano grueso, muy blanda, altamente alterada, no se evidencian fracturas, húmedo, color blanco con tonos cremas.	28	M-28	Profundidad muestra: 1.0 m Peso: 34.84 Kg Volumen: 20.5 L. Tipo: Suelo (Roca alterada SGD)
				Limite de Excavación			
2							
3							
4							
5							
6							
7							








	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW		
	Fecha de Excavación :	17/01/2018		
	Fecha de Registro :	17/01/2018	CALICATA (WGS-84) C-03	
	Equipo de Excavación:	EXC-336 D	Norte :	8347969.26
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este :	614691.75
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimension Calicata :	2.50 x 6.70	Elevación (msnm) :	2.2
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NO ENCONTRADA
	Condicion Superficial :	LADERA	Prof.de Calicata:	2.2



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	ML						Presencia de raíces
0.3				Limo arcilloso, plasticidad media, blanda, húmedo, marron oscuro, sin olor, estructura homogénea. Limo 50%, arcilla 40%, grava 10%, partícula subangulosa, tamaño máximo 4"			
1	ROCA				 25	M-25	Profundidad de muestra: 2.20 m
2				Roca de grano medio, resistencia blanda, moderadamente alterada, medianamente fracturada, húmedo, color blanco con tonos mostaza			
2.2							Límite de Excavación
3							
4							
5							
6							
7							








 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	 CALICATA (WGS-84) C-04	
	Fecha de Excavación :	15/01/2018		
	Fecha de Registro :	15/01/2018	Norte :	8348005.97
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Este :	614650.02
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Elevación (msnm) :	4068
	Dimension Calicata :	2.10X4.50 m	Prof. Napa Freatica :	NE
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Total de Calicata:	1.90 m.
Condicion Superficial :	LADERA			



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
				DISTURBADA			
				EN BLOQUE			
			DESCRIPCION				
0	ML			Limo arcilloso con gravas, plasticidad media, blanda,humedo,marron oscuro, sin olor, homogéneo, limo 50%, arcilla 30%, grava 20%, tamaño máximo 2", particulas subangulosas.			
0.15							
1	SP			Arena gravosa, plasticidad nula, densa, húmedo, blanco, sin olor, , homogéneo, arcilla 50%, grava 30%, limo 10%, tamaño máximo 6", particulas angulosas y subangulosas.	16	M-16	Vol. Agua = 24.5 L Peso = 41.36 Kg Prof.Muestra = 1.90 m Tipo: Suelo (Roca alterada)
1.9				Límite de Excavación			
2							
3							
4							
5							
6							
7							








	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW		
	Fecha de Excavación :	17/01/2018		
	Fecha de Registro :	17/01/2018	CALICATA (WGS-84) C-05	
	Equipo de Excavación:	EXC-336 D	Norte :	8347576.471
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	LUIS	Este :	614828.131
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimension Calicata :	2.20 x 5.60	Elevación (msnm) :	4164
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NO ENCONTRADA
	Condicion Superficial :	CABECERA DE LADERA	Prof.de Calicata:	1.90 m

PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA	 EN BLOQUE			
DESCRIPCION							
0	ML		Limo arcilloso, plasticidad, blanda, húmedo, marron oscuro, sin olor, estructura homogénea. Limo 60%, arcilla 30%, grava 10%, tamaño máximo 4", partículas subangulosas				Presencia de raíces
0.4							
1.0	ROCA		Roca (SGM), grano grueso, muy blanda, altamente alterada, no se evidencian fracturas, húmedo, color blanco con tonos cremas.		 27	M-27	Profundidad muestra: 1.90 m Tipo: Roca alterada (SGM)
1.9			Límite de Excavación				
2							
3							
4							
5							
6							
7							









 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	 CALICATA (WGS-84) C-06	
	Fecha de Excavación :	16/01/2018		
	Fecha de Registro :	16/01/2018	Norte :	8347959.42
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Este :	614603.94
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Elevación (msnm) :	4102
	Dimension Calicata :	2.70X6.80 m	Prof. Napa Freatica :	NE
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Total de Calicata:	1.80 m.
	Condicion Superficial :	ZONA ALTA DE LA LADERA		

PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA	 EN BLOQUE			
			DESCRIPCION				
0	ML						Presencia de raíces
0.3			Limo arcillosa, plasticidad media, blanda, húmedo, marrón oscuro, sin olor, estructura homogénea. Limo 50%, arcilla 30%, grava 20%. Tamaño máximo 3", partículas subangulosas.				
1	ROCA				 24	M-24	Profundidad muestra: 1.80 m Tipo: Roca alterada
1.8			Roca, grano medio, duro, ligeramente alterada, medianamente fracturado, húmedo, negrusco con tonos rojizos y blancos.				
2			Límite de Excavación				
3							
4							
5							
6							
7							









	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW		
	Fecha de Excavación :	13/01/2018		
	Fecha de Registro :	13/01/2018		
	Equipo de Excavación:	RETROEXCAVADORA	Norte :	8347883
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	ELVIS COYLLA	Este :	614591
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimension Calicata :	1.15X2.80 m	Elevacion (msnm) :	4116
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NO ENCONTRADA
	Condicion Superficial :	LIMITE DEL TAJO	Prof. Total de Calicata:	1.00 m.

PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	ML			Limo arcillogravoso, plasticidad media, denso, muy humedo, marron oscuro, sin olor, homogéneo, limo 40%, arcilla 30%, partículas subangulosas y redondeadas, tamaño máximo 1".			Material organico, presencia de raices material suelto en las paredes
0.4	SP			Arena arcillagravosa, mediana plasticidad, denso, humedo, marron con tonos blancos, sin olor, homogéneo, gravas 50%, arcilla 20%, arena 20%, bolones 10%, partículas subangulosas y angulosas, tamaño máximo 8".	6	M-6	Vol. Agua = 20 L Peso = 38.2Kg Prof. muestra = 1.0 m Tipo: Roca alterada (Terreno de fundación)
1				Límite de Excavación			
2							
3							
4							
5							
6							
7							







 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	 CALICATA (WGS-84) C-08	
	Fecha de Excavación :	13/01/2018		
	Fecha de Registro :	13/01/2018	Norte :	8347770
	Equipo de Excavación:	RETROEXCAVADORA	Este :	614565
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Operador de equipo :	ELVIS COYLLA	Elevación (msnm) :	4146
	Dimension Calicata :	1.60*3.50 m	Prof. Napa Freatica :	NO ENCONTRADA
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Total de Calicata:	1.90 m.
	Condicion Superficial :	PLATAFORMA- BANQUETA		

PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	GM						Desmonte mina de fácil excavación.
0.60	SP						Desmonte mina de fácil excavación.
0.75	SP					M-3	Desmonte mina de fácil excavación. Vol. Agua = 36 L Peso = 64.54 Kg Prof.muestra = 1.90 m
1					3		
1.90							
2							Limite de Excavación
3							
4							
5							
6							
7							







	Ubicación	BOTADERO HUAMANLOMA	CALICATA (WGS-84) C-09 	
	Fecha de Excavación :	13/01/2018		
	Fecha de Registro :	13/01/2018		
	Equipo de Excavación:	RETROEXCAVADORA	Norte :	8347605
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	ELVIS COYLLA	Este :	614546
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimension Calicata :	1.24x3.30 m	Elevación (msnm) :	4164
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NO ENCONTRADA
	Condición Superficial :	PLATAFORMA	Prof. Total de Calicata:	1.67 m.



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA	 EN BLOQUE			
DESCRIPCION							
0	GM				 2	M-2	Fácil excavación, material desmonte mina. Vol. Agua = 26 L Peso = 43.26 Kg Prof. Muestra = 1.67 m
1			Limo con gravas, plasticidad nula, muy denso, humedo, marron, sin olor, homogéneo, limo 40%, grava 40%, bolones 20%, tamaño máximo 16", partículas subangulosas.				
1.67	----- Límite de Excavación -----						
2							
3							
4							
5							
6							
7							







	Ubicación :	BOTADERO HUAMANLOMA	CALICATA (WGS-84) C-10 	
	Fecha de Excavación :	13/01/2018		
	Fecha de Registro :	13/01/2018	Norte :	8347481
	Equipo de Excavación:	RETROEXCAVADORA	Este :	614521
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	ELVIS COYLLA	Elevación (msnm) :	4158
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NO ENCONTRADA
	Condición Superficial :	PLATAFORMA	Prof. Total de Calicata:	1.05 m.



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	SP			Arena con gravas, plasticidad nula, muy denso, humedo, marron, sin olor, homogéneo, arena 50%, grava 30%, bolones 20%, partículas subangulosas, tamaño máximo 6.5"			Desmante
0.25	SP			Arena con gravas, plasticidad nula, muy denso, humedo, blanquesino, sin olor, homogéneo, arena 50%, grava 30%, bolones 20%, partículas subangulosas, tamaño máximo 6"	1	M-1	Dificultad para excavar Terreno de Fundación Vol. Agua = 21.5 L Peso = 36.7 Kg Profundidad muestra: 1.05m
1				Límite de Excavación			
1.05							
2							
3							
4							
5							
6							
7							








	Ubicación :	BOTADERO HUAMANLOMA	CALICATA (WGS-84) C-11 	
	Fecha de Excavación :	13/01/2018		
	Fecha de Registro :	13/01/2018	Norte	8347814
	Equipo de Excavación:	RETROEXCAVADORA	Este	614390
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	ELVIS COYLLA	Elevación (msnm) :	4130
	Dimension Calicata :	1.60*3.20 m	Prof. Napa Freatica :	NO ENCONTRADA
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Total de Calicata:	1.00 m.
	Condicion Superficial :	PLATAFORMA- BANQUETA		



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA	 EN BLOQUE			
			DESCRIPCION				
0	GM		<input checked="" type="checkbox"/>		 4	M-4	Desmonte mina de fácil excavación, paredes inestable. Vol. Agua = 27 L Peso = 38.94 Kg Profundidad muestra: 1.0 m
1			Limo con gravas, plasticidad nula, denso, humedo, marron- mostasa, sin olor homogéneo, Limo 30%, Grava 40%, bolones 20%, bloques 10%, partículas angulosas y subangulosas, tamaño máximo de 9".				
			----- Limite de Excavación				
2							
3							
4							
5							
6							
7							









	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW		
	Fecha de Excavación :	13/01/2018		
	Fecha de Registro :	13/01/2018		
	Equipo de Excavación:	RETROEXCAVADORA	Norte :	8347895
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	ELVIS COYLLA	Este :	614325
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimension Calicata :	1.20*2.80 m	Elevacion (msnm) :	4094
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NO ENCONTRADA
	Condicion Superficial :	LADERA PENDIENTE MENOR	Prof. Total de Calicata:	1.70 m.

PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	GM						Presencia de raíces, paredes estable.
0.4							
1	SP			 5	M-5	Profundidad muestras =1.70 m Vol. Agua = 28.10 L Peso = 41.66 Kg	
1.7							
2			Límite de Excavación				
3							
4							
5							
6							
7							




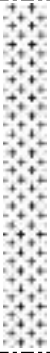



	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW		
	Fecha de Excavación :	16/01/2018		
	Fecha de Registro :	16/01/2018	CALICATA (WGS-84) C-13	
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Norte :	8347930.99
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este :	614506.53
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimensión Calicata :	2.40X9.50 m	Elevación (msnm) :	4100
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NE
	Condición Superficial :	ZONA PLANA	Prof. Total de Calicata:	3.50 m.



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA	 EN BLOQUE			
DESCRIPCION							
0	ML						Presencia de raíces
0.35							
	GM-GC						
1							
1.25							
	CL				22	M-22	Tipo: Suelo (roca alterada "SC o C") Prof.Muestra = 1.60 m Vol. Agua = 24 L Peso = 42.42Kg
2							
3							
3.5							
			Límite de Excavación				
4							
5							
6							
7							







	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW		
	Fecha de Excavación :	16/01/2018		
	Fecha de Registro :	16/01/2018	CALICATA (WGS-84) C-14	
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Norte :	8347964.49
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este :	614541.19
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimensión Calicata :	2.10X6.00 m	Elevación (msnm) :	4094
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NE
	Condición Superficial :	PLATAFORMA	Prof. Total de Calicata:	2.10 m.


PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0 0.3	ML						
1 2 2.1	ROCA				 23	M-23	Profundidad muestra: 2.10 m Tipo: Roca (SG)
				Límite de Excavación			
3							
4							
5							
6							
7							







 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	 CALICATA (WGS-84) C-15	
	Fecha de Excavación :	16/01/2018		
	Fecha de Registro :	16/01/2018	Norte :	8347999
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Este :	614574
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Elevación (msnm) :	4082
	Dimension Calicata :	3.60X5.00 m	Prof. Napa Freatica :	NE
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Total de Calicata:	1.20 m.
	Condicion Superficial :	LADERA		



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	ROCA			Roca SDC, grano medio, roca dura, ligeramente alterada, medianamente fracturada, negrusco con tonos rojizos y blancos, húmedo.	21	M-21	Prof.Muestra = 1.20 m Tipo: Roca dura
1.2							
2							
3							
4							
5							
6							
7							








 UNIVERSIDAD NACIONAL MICHAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	 CALICATA (WGS-84) C-16	
	Fecha de Excavación :	15/01/2018		
	Fecha de Registro :	15/01/2018	Norte :	8348073.17
	Equipo de Excavación:	EXC-336 D	Este :	614586.19
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Elevación (msnm) :	4044
	Dimensión Calicata :	2.30X9.10 m	Prof. Napa Freatica :	NE
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Total de Calicata:	2.70 m.
	Condición Superficial :	LADERA		



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	ML						Presencia de raíces
0.2				Limo arcillo gravoso, plasticidad media, blanda, humedo, marron oscuro, sin olor, homogéneo, limo 50%, arcilla 30%, bolones 10%, partículas subangulosas, tamaño máximo 1.5".			
1	CL				13	M-13	Vol. Agua = 27.250 L Peso = 51.30Kg Prof. Muestra = 1.30 m Tipo: Suelo de baja permeabilidad.
2				Arcilla con grava, plasticidad alta, rígido, muy húmedo, color mostaza, sin olor, estructura homogénea, Arcilla 50%, grava 30%, limo 10%, partículas angulosas, tamaño máximo 3".			
2.7							Límite de Excavación
3							
4							
5							
6							
7							









 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	 CALICATA (WGS-84) C-18	
	Fecha de Excavación :	16/01/2018		
	Fecha de Registro :	16/01/2018		
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Norte :	8348004.35
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este :	614507.58
	Dimension Calicata :	3.10X5.50 m	Elevacion (msnm) :	4084
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NE
	Condicion Superficial :	ZONA PLANA	Prof. Total de Calicata:	1.70 m.



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	ML						Presencia de raices.
0.3	CL						
0.6							
1	ROCA				20	M-20	Prof.Muestra = 1.70 m Tipo: Roca alterada
1.7							Límite de Excavación
2							
3							
4							
5							
6							
7							



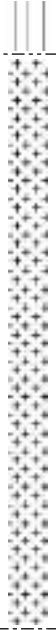



 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	 CALICATA (WGS-84) C-19	
	Fecha de Excavación :	16/01/2018		
	Fecha de Registro :	16/01/2018		
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Norte :	8348001.24
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este :	614473.22
	Dimension Calicata :	2.50X4.90 m	Elevación (msnm) :	4086
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NE
	Condicion Superficial :	LADERA	Prof. Total de Calicata:	2.50 m.



PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA	 EN BLOQUE			
			DESCRIPCION				
0	GM-GC		Limo gravoso con arcilla, blanda, húmedo, marrón oscuro, sin olor, homogénea, limo 50%, Grava 30%, arcilla 20%, partículas subangulosas, tamaño máximo 3".				Presencia de raíces,
0.4							
1	CL		Arcilla con grava, firme, húmedo, marrón claro, sin olor, homogénea, arcilla 50%, grava 40%, limo 10%, partículas subangulosas, tamaño máximo 6".				
1.4							
2	ROCA		Roca alterada , grano medio , blanda, moderadamente alterada , medianamente fracturada, blanco con tonos violeta y oxidos, húmedo.		 19	M-19	Prof. Muestra = 2.50 m Tipo: Roca alterada
2.5			Límite de Excavación				
3							
4							
5							
6							
7							



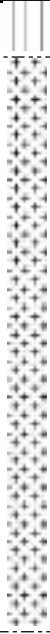



	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW		
	Fecha de Excavación :	16/01/2018		
	Fecha de Registro :	16/01/2018	CALICATA (WGS-84) C-20	
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Norte :	8348033.81
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este :	614499.8
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimensión Calicata :	2.50X4.90 m	Elevación (msnm) :	4078
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NE
	Condición Superficial :	ZONA PLANA	Prof. Total de Calicata:	3.40 m.





PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRÁFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	ML						Presencia de raíces
0.2			Limo arcilloso, blanda, plasticidad media, húmedo, marrón oscuro, sin olor, homogénea, Limo 50%, arcilla 30%, grava 20%, tamaño máximo 1", partículas subangulosas.				
1							
2	ROCA				 17	M-17	Prof. Muestra = 3,40 m Tipo : Roca alterada
3							
3.4							Límite de Excavación
4							
5							
6							
7							





 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	 CALICATA (WGS-84) C-21	
	Fecha de Excavación :	16/01/2018		
	Fecha de Registro :	16/01/2018	Norte :	8348060
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Este :	614519
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Elevación (msnm) :	4064
	Dimensión Calicata :	2.50X4.90 m	Prof. Napa Freatica :	NE
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Total de Calicata:	3.30 m.
	Condición Superficial :	LADERA		



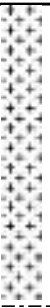
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	ML			Limo arcilloso, plasticidad media,blanda humedo, marron, sin olor, homogenea, Limo 50%, arcilla 30%, grava 20%, particulas subangulosas, tamaño máximo 2".			Presencia de raices, Paredes de las calicatas estable.
0.2	ROCA			Roca de grano fino a medio, roca muy blanda, altamente meteorizada, medianmente fracturada, blanco con tonos de óxido, húmedo.	 18	M-18	Prof.Muestra = 3.30 m Tipo: Roca alterada
3.3				Límite de Excavación			
4							
5							
6							
7							



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC		Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW		CALICATA (WGS-84) C-22		
		Fecha de Excavacion :	14/01/2018				
		Fecha de Registro :	14/01/2018				
		Equipo de Excavacion:	EXC- 336D		Norte	8348100	
		Operador de equipo :	VICTOR RIVAS		Este	614560	
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW		Dimension Calicata :	2.40X5.60 m		Elevacion (msnm)	4038	
		Registrado por :	RNQ-MLQ		Prof. Napa Freatica	NE	
		Condicion Superficial :	LADERA		Prof. Total de Calicata	2.70 m.	
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA	 EN BLOQUE			
DESCRIPCION							
0	CH					M-12	Vol. Agua = 23.20 L Peso = 48.76Kg Prof.muestra = 1.20 m Tipo: Suelo (Roca alterada)
1			Arcilla, plasticidad alta, muy rígida, húmedo, color rojizo con trazas blancas, sin olor, estructura homogénea, tamaño máximo 11", partículas subangulosas.				
2							
2.7	----- Límite de Excavación						
3							
4							
5							
6							
7							








	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA	CALICATA (WGS-84) C-23 	
	Fecha de Excavación :	14/01/2018		
	Fecha de Registro :	14/01/2018		
	Equipo de Excavación:	EXC-336D	Norte	8348086.7
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este	614498.13
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimension Calicata :	2.0x4.70 m	Elevación (msnm) :	4060
	Registrado por :	RNQ-MLQ	Prof. Napa Freatica :	NE
	Condicion Superficial :	ACCESO-RAMPA	Prof. Total de Calicata:	1.60 m.

PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	ROCA				7	M-7	Profundidad muestra : 1.60m Tipo: Roca alterada
1			Roca de grano medio, blanda, moderadamente alterada, medianamente fracturada.				
1.6			----- Limite de Excavación				
2							
3							
4							
5							
6							



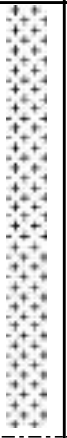


	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	CALICATA (WGS-84) C-24 	
	Fecha de Excavación :	14/01/2018		
	Fecha de Registro :	14/01/2018		
	Equipo de Excavación:	EXC-336D	Norte :	8348083.29
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este :	614455.77
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimension Calicata :	1.90x4.70 m	Elevación (msnm) :	4066
	Registrado por :	RNQ-MLQ	Prof. Napa Freatica :	NE
	Condicion Superficial :	LADERA CON ROCAS SUPERPUESTAS	Prof. Total de Calicata:	3.60 m.

PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			DISTURBADA	EN BLOQUE			
DESCRIPCION							
0							
0.15	CL						presencia de rocas
	CL				8	M-8	Volumen = 23 Lt Peso= 38.92 Kg Profundidad de muestra = 1.20 m. Tipo: Suelo
1							
2							
	ROCA				9	M-9	Profundidad muestra: 3.60m Tipo: Roca
3							
3.6							Límite de Excavación
4							
5							
6							
7							



	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW		CALICATA (WGS-84) C-25 
	Fecha de Excavación :	14/01/2018		
	Fecha de Registro :	14/01/2018		
	Equipo de Excavación:	EXC-336 D	Norte	8348141.34
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este	614497.13
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Dimension Calicata :	2.20X6.10 m	Elevacion (msnm) :	4032
	Registrado por :	RNQ-MLQ	Prof. Napa Freatica :	NE
	Condicion Superficial :	LADERA	Prof. Total de Calicata:	2.26 m.




PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0							
1	ROCA			Roca de grano fino, blanda, moderadamente alterada, medianmente fracturada.	10	M-10	Profundidad de muestra = 2.26 m. Material tipo roca
2							
2.26				Límite de Excavación			
3							
4							
5							
6							








UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC		Ubicación : TAJO HUAMANLOMA NW		CALICATA (WGS-84) C-26			
		Fecha de Excavacion : 14/01/2018					
		Fecha de Registro : 14/01/2018					
		Equipo de Excavacion: EXCAVADORA 336		Norte	8348118.01		
		Operador de equipo : VICTOR RIVAS		Este	614525.72		
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW		Dimension Calicata : 1.50*5.00 m		Elevacion (msnm) :	4036		
		Registrado por : RNQ-MLQ		Prof. Napa Freatica :	NE		
		Condicion Superficial : LADERA		Prof. Total de Calicata:	3.15 m.		
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			DISTURBADA	EN BLOQUE			
DESCRIPCION							
0	ML		Limo arcilla grava, plasticidad media, blanda, humeda, marron oscuro, sin olor, homogénea, limo 50%, arcilla 30%, grava 20%, particulas angulosas, tamaño máximo 4".				Presencia de raíces
0.2							
1							
CL			Arcilla garvosa, rígido, muy húmedo, color mostaza, sin olor, estructura homogénea, arcilla 60%, grava 30%, bolones 10%, tamaño máximo 4".		11	M-11	Profundidad de muestra = 1.20 m. Volumen = 27.5 Lt. Peso = 48.42 Kg. Tipo: Suelo (Roca alterada)
2							
3							
3.15			Límite de Excavación				
4							
5							
6							
7							



 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	Ubicación :	TAJO HUAMANLOMA NW	CALICATA (WGS-84) C-27 	
	Fecha de Excavación :	15/01/2018		
	Fecha de Registro :	15/01/2018		
	Equipo de Excavación:	EXCAVADORA	Norte :	8348128.77
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW	Operador de equipo :	VICTOR RIVAS	Este :	614577.97
	Dimension Calicata :	2.60X8.20 m	Elevacion (msnm) :	4016
	Registrado por :	RNQ - MLQ	Prof. Napa Freatica :	NE
	Condicion Superficial :	LADERA	Prof. Total de Calicata:	1.90 m.

PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA  EN BLOQUE	DESCRIPCION			
0	ML						Presencia de raices
0.3				Limo arcilloso gravoso, blanda, humedo, marron oscuro, sin olor, homogéneo, limo 50%, arcilla 30%, grava 20%, plasticidad media, particulas subangulosas, tamaño máximo 4".			
1	GM-GC				15	M-15	Vol. Agua = 22.850 L Peso = 45.64Kg Prof.Muestra = 0.90 m Tipo: Suelo (Roca alterada)
1.9				Grava limosa con arcilla, plasticidad baja, densa, húmedo, color rojizo, sin olor, homogéneo, garva 50%, limo 404, arcilla 10%, particulas subangulosas, tamaño máximo 6".			
2			Límite de Excavación				
3							
4							
5							
6							
7							



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC		Ubicación : TAJO HUAMANLOMA NW		CALICATA (WGS-84) C-30			
		Fecha de Excavacion : 15/01/2018					
		Fecha de Registro : 15/01/2018					
		Equipo de Excavacion: EXC- 336D		Norte : 8348069.37			
		Operador de equipo : VICTOR RIVAS		Este : 614649.87			
DISPOSICIÓN DE DESMONTE EN EL TAJO HUAMANLOMA Y TAJO HUAMANLOMA NW		Dimension Calicata : 2.60X7.60 m		Elevacion (msnm) : 4040			
		Registrado por : RNQ - MLQ		Prof. Napa Freatica : NE			
		Condicion Superficial : LADERA		Prof. Total de Calicata: 5.30 m.			
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	GRAFICO	CONDICION DE MUESTRA		MUESTRA	CODIGO MUESTRA	COMENTARIOS
			 DISTURBADA	 EN BLOQUE			
DESCRIPCION							
0	ML		Limo arcilloso con gravas, plasticidad media , blanda, humedo, marron oscuro, sin olor, homogéneo, limo 50%, arcilla 30%, grava 20%, tamaño máximo 1.5".				Presencia de raices
0.3							
1							
2							
2	CL		Arcilla con grava, plasticidad alta, firme , humedo, mostaza, sn olor, homogéneo, subangulosos, arcilla 60%, grava 30%, limo 10%, tamaño máximo 6", particulas subangulosas y angulosas.		 14	M-14	Vol. Agua = 23.750 L Peso = 40.64Kg Prof.Muestra = 5.30 m Tipo: Suelo
3							
4							
5							
5.3			Limite de Excavación				
6							
7							







DENSIDAD DE CAMPO MÉTODO DEL REEMPLAZO DE AGUA
/ASTM D 5030 - 89



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC		Prueba Por:	Mafaela Lopinta Quispe				
		Comprobado Por:	Mafaela Lopinta Quispe				
Cliente:	Apumayo SAC	Proyecto:	Tajo Huamanloma NW			Número de Proyecto:	1
Ubicación:	Lucanas - Ayacucho						
Calicata:	C-10	C-09	C-08	C-11	C-12	C-07	
Código del Ensayo:	DN-HML-NW-01	DN-HML-NW-02	DN-HML-NW-03	DN-HML-NW-04	DN-HML-NW-05	DN-HML-NW-06	
Descripción del suelo:	SGD	Desmonte Mina	Desmonte Mina	Desmonte Mina	SGD	SGM-C	
Localización de la Prueba	Norte	8,347,481	8,347,605	8,347,770	8,347,814	8,347,895	8,347,883
	Este	614,521	614,546	614,565	614,390	614,325	614,591
	Profundidad (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Dimensiones Plantilla circular de metal:	Diámetro=12" (30,0 cm)						
Densidad Agua (g/cm³) Nivel	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Densidad Húmeda del Suelo (g/cm³)							
Volumen de Agua (mL)**:	21,500	26,000	36,000	27,000	28,100	20,000	
Peso Suelo Húmedo (g):	36,700	43,260	64,540	38,940	41,660	38,200	
Contenido de Humedad (W%):	9.6	9.3	3.0	7.0	7.6	12.3	
Densidad Húmeda (g/cm³)	1.71	1.66	1.79	1.44	1.48	1.91	
Densidad Seca (g/cm³)	1.56	1.52	1.74	1.35	1.38	1.70	
(**): volumen del agua que ocupa la excavación.							





DENSIDAD DE CAMPO MÉTODO DEL REEMPLAZO DE AGUA
/ASTM D 5030 - 89



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC		Prueba Por:		Mafaela Lopinta Quispe			
		Comprobado Por:		Mafaela Lopinta Quispe			
Cliente:	Apumayo SAC	Proyecto:	Tajo Huamanloma NW			Número de Proyecto:	1
Ubicación:	Lucanas - Ayacucho						
Fecha:	C-24	C-26	C-22	C-16	C-30	C-27	
Código del Ensayo:	DN-HML-NW-08	DN-HML-NW-11	DN-HML-NW-12	DN-HML-NW-13	DN-HML-NW-14	DN-HML-NW-15	
Descripción del suelo:	C	C	C	C	C	LIMO	
Localización de la Prueba	Norte	8,348,083	8,348,118	8,348,100	8,348,073	8,348,069	8,348,129
	Este	614,456	614,526	614,560	614,586	614,650	614,578
	Profundidad (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Dimensiones Plantilla circular de metal:	Diámetro=12" (30,0 cm)						
Densidad Agua (g/cm³) Nivel	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Densidad Húmeda del Suelo (g/cm³)							
Volumen de Agua (mL)**:	23,000	27,500	23,200	27,250	23,750	22,850	
Peso Suelo Húmedo (g):	38,920	48,420	48,760	51,300	40,640	45,640	
Contenido de Humedad (W%):	14.1	19.4	16.0	14.9	22.6	12.2	
Densidad Húmeda (g/cm³)	1.69	1.76	2.10	1.88	1.71	2.00	
Densidad Seca (g/cm³)	1.48	1.47	1.81	1.64	1.40	1.78	

(**): volumen del agua que ocupa la excavación.





DENSIDAD DE CAMPO MÉTODO DEL REEMPLAZO DE AGUA
/ASTM D 5030 - 89



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC		Prueba Por:		Mafaela Lopinta Quispe		
		Comprobado Por:		Mafaela Lopinta Quispe		
Cliente:	Apumayo SAC	Proyecto:	Tajo Huamanloma NW		Número de Proyecto:	1
Ubicación:	Lucanas - Ayacucho					
Fecha:	C-04	C-13	C-01			
Código del Ensayo:	DN-HML-NW-16	DN-HML-NW-22	DN-HML-NW-26			
Descripción del suelo:	SGD	C	C			
Localización de la Prueba	Norte	8,348,006	8,347,931	8,348,118		
	Este	614,650	614,507	614,526		
	Profundidad (m)	0.3	0.3	0.3		
Dimensiones Plantilla circular de metal:	Diámetro=12" (30,0 cm)					
Densidad Agua (g/cm³) Nivel	1.000	1.000	1.000			
Densidad Húmeda del Suelo (g/cm³)						
Volumen de Agua (mL)**:	24,500	24,000	22,000			
Peso Suelo Húmedo (g):	41,360	42,420	37,480			
Contenido de Humedad (W%):	10.6	22.0	14.2			
Densidad Húmeda (g/cm³)	1.69	1.77	1.70			
Densidad Seca (g/cm³)	1.53	1.45	1.49			
(**): volumen del agua que ocupa la excavación.						







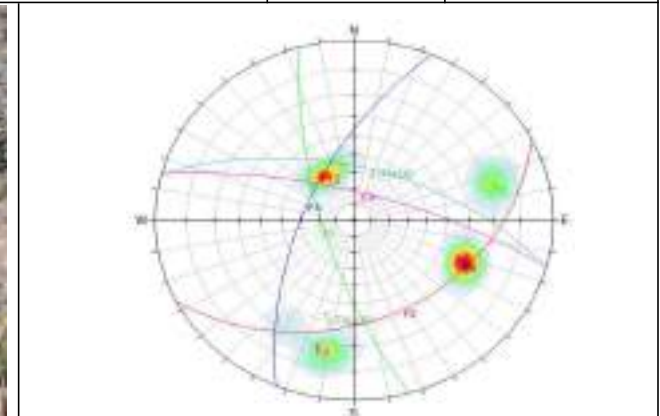
GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-01

Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,688	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apumayo	Norte (m)	8,348,079	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	4039	

Geometría	
Longitud:	30 m
Altura máxima:	7 m
Buzamiento :	77 °
Dirección de buz. del talud:	60 °



Geología	
Alteración:	SG
Tipo de roca:	Volcánica
Tipo de estructura:	Juntas

Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	72	254	Presenta mecanismo de falla: Vuelco : J4
J2	32	153	
J3	62	293	
J4	72	15	

Fotografía de la estación geomecánica

Proyección estereográfica de las discontinuidades

Parámetros	Resistencia de la roca		Índice de la calidad de roca	Espaciado de la discontinuidad		Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación															
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)		RQD (%)	Espaciado (mm)		Continuidad (m)			Abertura (mm)		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)														
Rangos y valores	> 250	100-250	90-100	Muy juntas	Según dirección de buzamiento	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blanco <5mm	Relleno blanco > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ°F3)+F4	ψ	0.15			
	15	12	7	4																									2	1	0	20	17
Valores	7		20	10		2			3		3		6		3		7		-4														

Valor total RMR básico= 61

Valor total SMR = 57

Clase de macizo rocoso

SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	IIIA Regular A
Descripción	I Muy buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy mala	





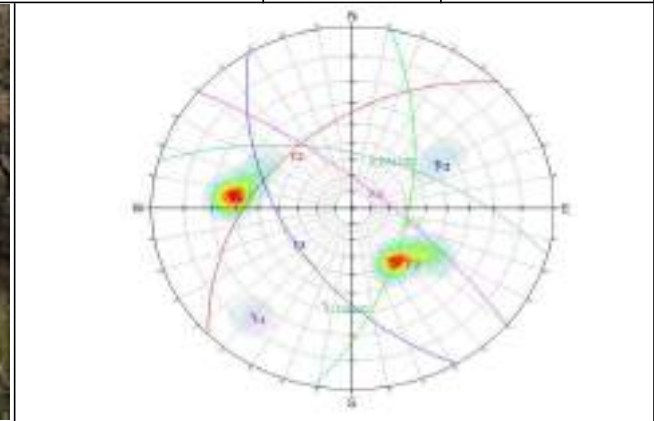
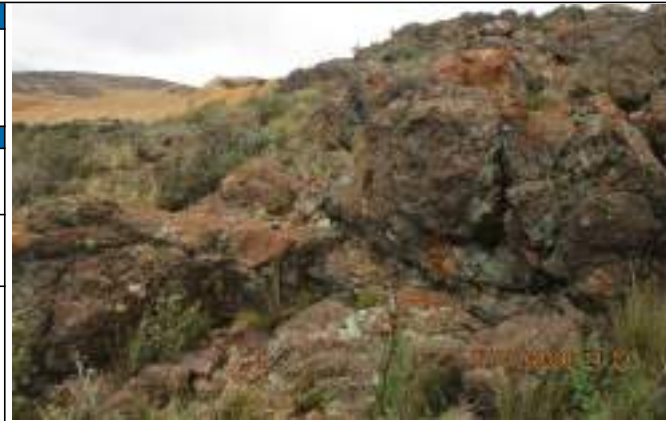
GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-02

Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,644	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apumayo	Norte (m)	8,348,117	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	4020	

Geometría	
Longitud:	20 m
Altura máxima:	6 m
Buzamiento :	57 °
Dirección de buz. del talud:	15 °



Geología	
Alteración:	SM
Tipo de roca:	Volcánica
Tipo de estructura:	Juntas

Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	59	101	Presenta mecanismo de falla: Vuelco : J2 Cuña: J2 /J4
J2	43	316	
J3	52	239	
J4	75	40	

Fotografía de la estación geomecánica

Proyección estereográfica de las discontinuidades

Parámetros	Resistencia de la roca					Índice de la calidad de roca					Espaciado de la discontinuidad					Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación																						
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)					RQD (%)					Espaciado (mm)					Continuidad (m)		Abertura (mm)		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)																						
Rangos y valores	> 250	100-250	50-100	50-25	25-5	5-1	<1	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	Muy juntas	Juntas	Moderm. juntas	Separadas	Muy separadas	Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ°F3)+F4	ψ	0.105			
	15	12	7	4	2	1	0	20	17	13	8	3	<60	≥60, <200	≥200, <600	≥600, <2000	≥2000	<1	≥1, <3	≥3, <10	≥10, <20	≥20	ninguna	<0,1 mm	≥0,10, <1 mm	≥1, <5mm	≥5mm	6	5	3	1	0	6	4	3	2	0	6	5	3	1	0	15	10		7	4	0	F3	-60
	7					20					10					2		6		1		6		3		7		-7		F4	0																			
	Valores																																																	

Valor total RMR básico= 62

Valor total SMR = 55

Clase de macizo rocoso

SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	IIIA Regular A
Descripción	I Muy buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy mala	





GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-03

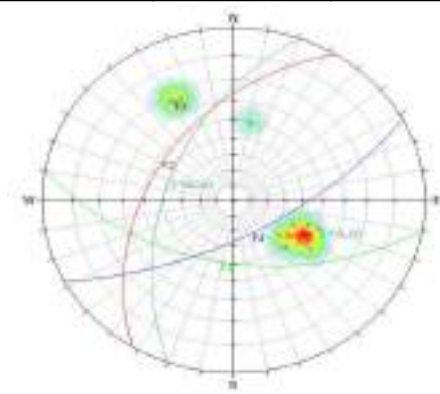
Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,529	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apumayo	Norte (m)	8,348,151	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	4033	

Geometría	
Longitud:	40 m
Altura máxima:	8 m
Buzamiento :	51 °
Dirección de buz. del talud:	290 °



Fotografía de la estación geomecánica



Proyección estereográfica de las discontinuidades

Geología			
Alteración:	SM		
Tipo de roca:	Volcánica		
Tipo de estructura:	Juntas		
Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	50	190	Presenta mecanismo de falla: Vuelco : J2
J2	43	302	
J3	66	152	

Parámetros	Resistencia de la roca					Índice de la calidad de roca	Espaciado de la discontinuidad				Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación																								
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)					RQD (%)	Espaciado (mm)				Continuidad (m)		Abertura (mm)		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)																								
Rangos y valores	> 250	100-250	50-100	50-25	25-5	5-1	<1	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	Muy juntas	Juntas	Moderm. juntas	Separadas	Muy separadas	Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ°F3)+F4	ψ	0.0225
	15	12	7	4	2	1	0	20	17	13	8	3	5	8	10	15	20	6	4	2	1	0	6	5	3	1	0	6	4	3	2	0	6	5	3	1	0	15	10	7	4	0	F3	-60			
Valores	4					20		10				2		3		5		6		3		7		-2																							

Valor total RMR básico= 60

Valor total SMR = 58

Clase de macizo rocoso

SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	III A Regular A
Descripción	I Muy buena	II Buena	III A Regular A	III B Regular B	IV A Mala A	IV B Mala B	V Muy mala	





GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-04

Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,491	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apumayo	Norte (m)	8,348,118	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	4058	

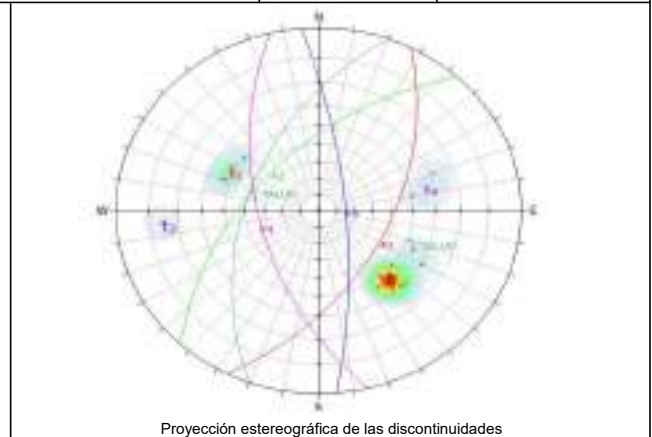
Geometría	
Longitud:	30 m
Altura máxima:	7 m
Buzamiento :	51 °
Dirección de buz. del talud:	290 °

Geología	
Alteración:	SG
Tipo de roca:	Volcánica
Tipo de estructura:	Juntas

Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	55	313	No Presenta mecanismo de falla:
J2	52	117	
J3	75	85	
J4	57	256	



Fotografía de la estación geomecánica



Proyección estereográfica de las discontinuidades

Parámetros	Resistencia de la roca		Índice de la calidad de roca	Espaciado de la discontinuidad		Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación																																								
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)		RQD (%)	Espaciado (mm)		Continuidad (m)		Abertura (mm)		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)																																								
Rangos y valores	> 250	100-250	90-100	Muy juntas	Según dirección de buzamiento	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blanco <5mm	Relleno blanco > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ°F3)+F4	ψ	0.0225																													
	15	12	7	4																								2	1	0	20	17	13	8	3	5	8	10	15	20	<1	≥60, <200	≥200, <600	≥600, <2000	≥2000	<1	≥1, <3	≥3, <10	≥10, <20	≥20	ninguna	< 0,1 mm	≥0,10, <1 mm	≥1, <5mm	≥5mm	6	5	3
Valores	4		20	15		2		1		3		2		3		7		-2																																								

Valor total RMR básico= 57

Valor total SMR = 55

Clase de macizo rocoso

SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	III A Regular A
Descripción	I Muy buena	II Buena	III A Regular A	III B Regular B	IV A Mala A	IV B Mala B	V Muy mala	





GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-05

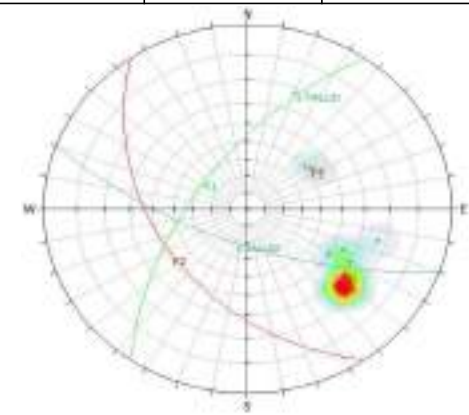
Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,533	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apumayo	Norte (m)	8,348,083	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	4060	

Geometría	
Longitud:	30 m
Altura máxima:	7 m
Buzamiento :	68 °
Dirección de buz. del talud:	200 °



Fotografía de la estación geomecánica



Proyección estereográfica de las discontinuidades

Geología	
Alteración:	SM
Tipo de roca:	Volcánica
Tipo de estructura:	Juntas

Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	61	305	No Presenta mecanismo de falla:
J2	42	235	

Parámetros	Resistencia de la roca				Índice de la calidad de roca				Espaciado de la discontinuidad				Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación																						
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				RQD (%)				Espaciado (mm)				Continuidad (m)		Abertura (mm)		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)																						
Rangos y valores	> 250	100-250	50-100	50-25	25-5	5-1	<1	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	Muy juntas	Juntas	Modern. juntas	Separadas	Muy separadas	Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ°F3)+F4	ψ	0.0225
	15	12	7	4	2	1	0	20	17	13	8	3	5	8	10	15	20	6	4	2	1	0	6	5	3	1	0	6	5	3	2	0	6	5	3	1	0	15	10	7	4	0	F3	-60			
Valores	4				20				15				2		5		5		6		3		7		-2																						

Valor total RMR básico= 67

Valor total SMR = 65

Clase de macizo rocoso

SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	II Buena
Descripción	I Muy buena	II Buena	III Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy mala	





GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-06

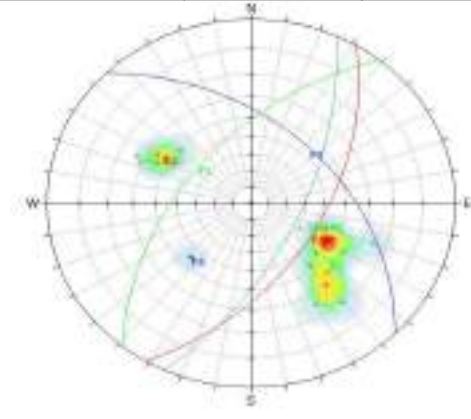
Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,612	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apumayo	Norte (m)	8,348,002	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	4090	

Geometría	
Longitud:	24 m
Altura máxima:	7 m
Buzamiento :	63 °
Dirección de buz. del talud:	115 °



Fotografía de la estación geomecánica



Proyección estereográfica de las discontinuidades

Geología	
Alteración:	SM
Tipo de roca:	Volcánica
Tipo de estructura:	Juntas

Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	54	309	Presenta mecanismo de falla: Vuelco : J2
J2	52	121	
J3	45	45	

Parámetros	Resistencia de la roca					Índice de la calidad de roca					Espaciado de la discontinuidad					Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación																					
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)					RQD (%)					Espaciado (mm)					Continuidad (m)		Abertura (mm)			Rugosidad			Relleno				Meteorización			Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)																
Rangos y valores	> 250	100-250	50-100	50-25	25-5	5-1	<1	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	Muy juntas	Juntas	Modern. juntas	Separadas	Muy separadas	Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blanco <5mm	Relleno blanco > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ*F3)+F4	ψ	0.0225		
	15	12	7	4	2	1	0	20	17	13	8	3	<60	≥60, <200	≥200, <600	≥600, <2000	≥2000	<1	≥1, <3	≥3, <10	≥10, <20	≥20	ninguna	< 0,1 mm	≥0,10, <1 mm	≥1, <5mm	≥5mm	6	5	3	1	0	6	4	3	2	0	6	5	3	1	0	15	10		7	4	0	F3
Valores	7					20					10					2					3					5					6					3					7					-2			

Valor total RMR básico= 63
Valor total SMR = 61

Clase de macizo rocoso							
SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0
Descripción	I Muy buena	II Buena	III Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy mala
							IIIA Regular A





GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-07

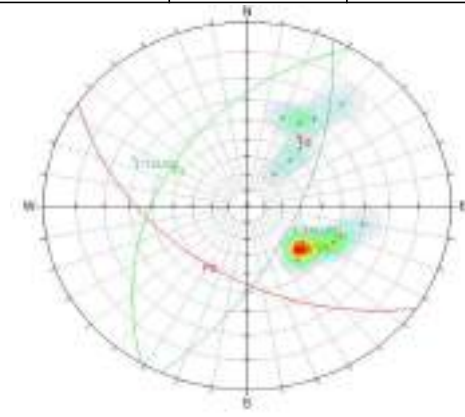
Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,626	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apumayo	Norte (m)	8,347,977	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	40697	

Geometría	
Longitud:	15 m
Altura máxima:	7 m
Buzamiento :	63 °
Dirección de buz. del talud:	115 °



Fotografía de la estación geomecánica



Proyección estereográfica de las discontinuidades

Geología	
Alteración:	SM
Tipo de roca:	Volcánica
Tipo de estructura:	Juntas

Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	44	301	Presenta mecanismo de falla: Vuelco : J1
J2	49	214	

Parámetros	Resistencia de la roca				Índice de la calidad de roca				Espaciado de la discontinuidad				Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación																							
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				RQD (%)				Espaciado (mm)				Continuidad (m)		Abertura (mm)		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)																							
Rangos y valores	> 250	100-250	50-100	50-25	25-5	5-1	<1	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	Muy juntas	Juntas	Modern. juntas	Separadas	Muy separadas	Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blanco <5mm	Relleno blanco > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ*F3)+F4	ψ	0.0225	
	15	12	7	4	2	1	0	20	17	13	8	3	<60	≥80, <200	≥200, <600	≥600, <2000	≥2000	<1	≥1, <3	≥3, <10	≥10, <20	≥20	ninguna	< 0,1 mm	≥0,10, <1 mm	≥1, <5mm	≥5mm	6	5	3	1	0	6	4	3	2	0	6	5	3	1	0	15	10		7	4	0
Valores	7				20				10				2		3		5		6		3		7		-2																							

Valor total RMR básico= 63

Valor total SMR = 61

Clase de macizo rocoso

SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	III A Regular A
Descripción	I Muy buena	II Buena	III A Regular A	III B Regular B	IV A Mala A	IV B Mala B	V Muy mala	





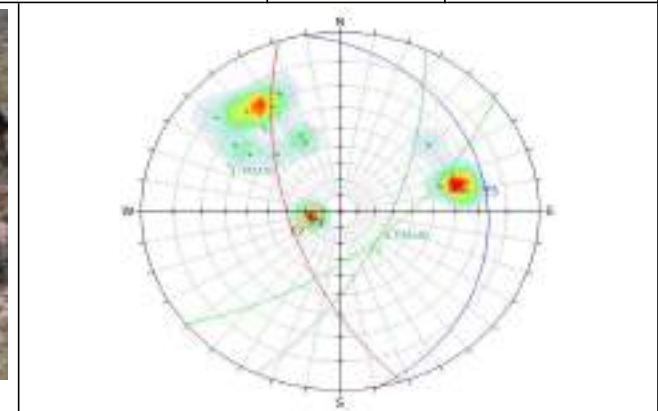
GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-08

Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,641	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apumayo	Norte (m)	8,347,955	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	4115	

Geometría	
Longitud:	14 m
Altura máxima:	7 m
Buzamiento :	63 °
Dirección de buz. del talud:	115 °



Geología	
Alteración:	SM
Tipo de roca:	Volcánica
Tipo de estructura:	Juntas

Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	63	141	Presenta mecanismo de falla: Vuelco : J3 Planar : J1
J2	61	252	
J3	17	79	

Fotografía de la estación geomecánica

Proyección estereográfica de las discontinuidades

Parámetros	Resistencia de la roca		Índice de la calidad de roca	Espaciado de la discontinuidad		Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación															
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)		RQD (%)	Espaciado (mm)		Continuidad (m)			Abertura (mm)		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)														
Rangos y valores	> 250	100-250	90-100	Muy juntas	Según dirección de buzamiento	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blanco <5mm	Relleno blanco > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ°F3)+F4	ψ	0.4			
	15	12	7	4																									2	1	0	20	17
Valores	7		20	15		2			3		5		6		3		7		-3														

Valor total RMR básico= 68

Valor total SMR = 65

Clase de macizo rocoso

SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	II Buena
Descripción	I Muy buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy mala	





GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-09

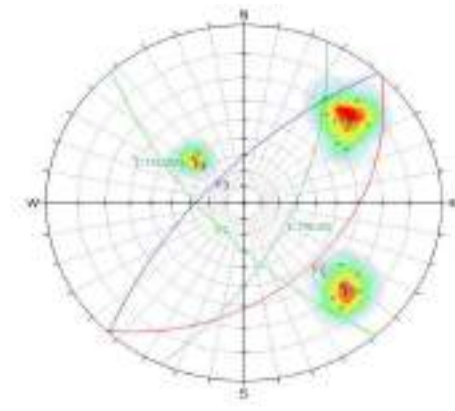
Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,777	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apurímac	Norte (m)	8,347,918	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	4103	

Geometría	
Longitud:	8 m
Altura máxima:	4 m
Buzamiento :	63 °
Dirección de buz. del talud:	115 °



Fotografía de la estación geomecánica



Proyección estereográfica de las discontinuidades

Geología	
Alteración:	SG
Tipo de roca:	Volcánica
Tipo de estructura:	Juntas

Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	69	228	Presenta mecanismo de falla: Vuelco : J3
J2	38	134	
J3	69	313	

Parámetros	Resistencia de la roca		Índice de la calidad de roca	Espaciado de la discontinuidad		Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación															
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)		RQD (%)	Espaciado (mm)		Continuidad (m)		Abertura (mm)		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)															
Rangos y valores	> 250	100-250	90-100	Muy juntas	Según dirección de buzamiento	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blanco <5mm	Relleno blanco > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ°F3)+F4	ψ	0.7			
	15	12																											7	4	2	1	0
Valores	7		20	15		2		3		3		6		3		7		-18															

Valor total RMR básico= 66									
Valor total SMR = 48									
Clase de macizo rocoso									
SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	IIIB Regular B	
Descripción	I Muy buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy mala		





GEOLOGÍA
Clasificación Geomecánica - RMR - Estaciones Geomecánicas
(Bieniawski 1989)

EG-HUANW-10

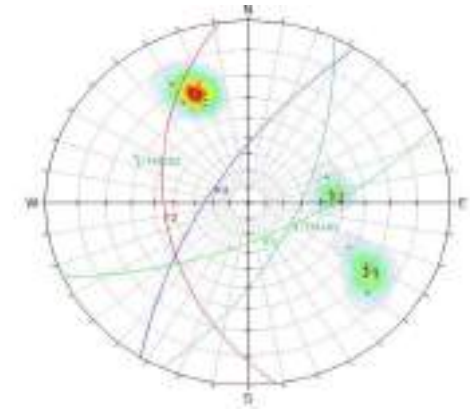
Fecha :14-01-19

Universidad	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	Proyecto N°	1	Este (m)	614,661	Realizado por	M.L.Q
Escuela	Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas	Unidad minera	Apumayo	Norte (m)	8,347,902	Sist. coord.	WGS84
Componente	Tajo Huamanloma NW				Elevación (msnm)	4132	

Geometría	
Longitud:	21 m
Altura máxima:	4 m
Buzamiento :	63 °
Dirección de buz. del talud:	115 °



Fotografía de la estación geomecánica



Proyección estereográfica de las discontinuidades

Geología	
Alteración:	SM
Tipo de roca:	Volcánica
Tipo de estructura:	Juntas

Plano	Orientación		Observaciones
	Buz. (°)	Direc. de buz. (°)	
J1	67	156	Presenta mecanismo de falla: Vuelco : J3
J2	45	262	
J3	69	302	

Parámetros	Resistencia de la roca		Índice de la calidad de roca	Espaciado de la discontinuidad		Condiciones de la discontinuidad										Condición hidrológica		Corrección por orientación															
	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)		RQD (%)	Espaciado (mm)		Continuidad (m)		Abertura (mm)		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Grado de humedad (Bieniawski, 1989)		Orientación de las discontinuidades (Romana, 1997)															
Rangos y valores	> 250	100-250	90-100	Muy juntas	Según dirección de buzamiento	Cerrada	Abierta	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Pulida	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blanco <5mm	Relleno blanco > 5 mm	Inalterado	Lig. meteorizada	Mod. meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	SMR = RMRbásico + (ψ°F3) + F4	ψ	0.85			
	15	12		7																									4	2	1	0	20
Valores	7		20	15		2		5		6		3		7		-22																	

Valor total RMR básico= 65

Valor total SMR = 43

Clase de macizo rocoso							
SMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0
Descripción	I Muy buena	II Buena	III Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy mala
							IIIB Regular B





LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO			SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)				ORIENTACIÓN DEL COLLAR					DATOS DEL SONDAJE						
CLIENTE:	U.M. APUMAYO		DATUM:	WGS84			DIRECCIÓN:	N61°					NOMBRE DEL SONDAJE:	HUA-DH-01		FECHA INICIO:	25/02/2019	
PROYECTO:	2 do MEIA DEL TAJO HUAMANLOMA		NORTE:	8348044.12			INCLINACIÓN:	-70					ESTRUCTURA:	Tajo Huamanloma NW		FECHA TÉRMINO:	5/03/2019	
			ESTE:	614393.79			TIPO BROCA:	HQ3					NIVEL DEL AGUA (m):	97.68		REGISTRADO:	C.C./J.C	
			ELEVACIÓN:	4074.29			DIAMETRO:	96 mm					PROFUNDIDAD FINAL (m):	100.00		N° PROYECTO:	1	

N° DE CORRIDA	DESDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLÓGIA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIDA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R)	ESPACIAMIENTO (m)	PARAMETROS DEL RMR (1989)											VALORACIÓN DEL RMR (1989)								Zonificación por alteración	COMENTARIOS									
												CORE ORIENTADO						ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					CONDICIÓN DEL AGUA (valoración)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (5) AGUA	RMR_1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA				
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Angulo Alfa (°)	Angulo Beta (°)	Angulo inclinación	DUREZA O REBOTE DE MARTILLO PROMEDIO (RL) MPa	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)								RMR (4-1) PERSISTENCIA			RMR (4-2) ABERTURA	RMR (4-3) RUGOSIDAD				RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN		
												J	50.30	70	350					10.00	5.00	5	2	3	7	Cl	Sd	-1				1	1	5	2	3	7				
												J	50.85	62	220					10.00	3.00	3	2	3	7	Sd	-1	-1				1	1	3	2	3	7				
85	51.00	52.00	1.00	Bx Freatomagmatica	1.00	100.0	0.68	68	3	4.0	0.25	J	51.55	63	120	70.80	51			10.00	4.00	5	2	5	7	Cl	Sd	-1	7	13	10	1	1	5	2	5	7	51	REGULAR	51.60 m - 59.00 m Becha Freatomagmatica, rojo anaranjado, clastos angulosos, resistencia muy baja R1, muy fracturado, oxidacion intensa, altamente alterada.	
												J	51.64	59	120					10.00	2.00	5	2	3	7	Cl	Sd	-1				1	1	5	2	3	7				
												J	51.72	57	80					10.00	3.00	3	2	3	7	Sd	-1	-1				1	1	3	2	3	7				
86	52.00	53.50	1.50	Bx Freatomagmatica	1.10	73.3	0.00	0	31	1.0	0.03	-1	-1	-1	-1	70.80	NR<10	20.00	6.00	0	0	0	7	Cl	Ox	Sd	1	0	5	1	0	0	0	0	0	7	14	MUY MALA	Nivel Agua Inicio=29.10 m		
87	53.50	55.00	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	0.00	0	31	1.0	0.05	-1	-1	-1	-1	69.90	NR<10	20.00	6.00	0	0	0	7	Cl	Ox	Sd	1	0	5	1	0	0	0	0	0	7	14	MUY MALA			
88	55.00	56.60	1.60	Bx Freatomagmatica	1.60	100.0	0.00	0	33	1.0	0.05	-1	-1	-1	-1	70.30	NR<10	20.00	6.00	0	0	0	7	Cl	Ox	Sd	1	0	5	1	0	0	0	0	0	7	14	MUY MALA			
89	56.60	58.00	1.40	Bx Freatomagmatica	1.40	100.0	0.00	0	19	1.0	0.07	-1	-1	-1	-1	71.00	NR<10	20.00	6.00	0	0	0	7	Cl	Ox	Sd	1	0	8	1	0	0	0	0	0	7	17	MUY MALA			
90	58.00	59.60	1.60	Bx Freatomagmatica	1.60	100.0	1.27	79	1	4.0	0.80	J	59.27	55	360	79.70	16			10.00	2.00	4	2	2	7	Cl	Ox	-1	7	17	15	1	1	4	2	2	7	56			REGULAR
91	59.60	61.00	1.40	Bx Freatomagmatica	1.40	100.0	1.25	89	4	4.0	0.28	J	59.92	50	152	70.80	37			10.00	2.00	1	3	4	7	Sd	Ox	-1	7	17	10	1	1	1	3	4	7	51	REGULAR		
												J	60.11	48	310					10.00	4.00	3	4	4	7	Sd	-1	-1				1	1	3	4	4	7				
												J	60.47	45	43					10.00	1.00	3	3	4	7	Sd	Ox	Cl				1	1	3	3	4	7				
												J	68.81	50	310					10.00	3.00	3	3	4	7	Sd	Ox	Cl				1	1	3	3	4	7				
92	61.00	62.60	1.60	Bx Freatomagmatica	1.60	100.0	1.22	76	12	4.0	0.12	J	61.22	70	190	71.00	33			10.00	2.00	3	3	5	7	Sd	-1	-1	7	17	8	1	1	3	3	5	7	52	REGULAR	59.00 m - 67.90 m Brecha Freatomagmatica con alteración silice - alunita color gris blanquecino a rojizo anaranjado, clastos angulosos menor a 1", de resistencia baja R2, moderadamente fracturado, con tramos de oxidacion intensa.	
												J	61.56	40	48					10.00	1.00	3	3	5	7	Sd	-1	-1				1	1	3	3	5	7				
												J	62.12	45	310					10.00	3.00	3	4	5	7	Sd	-1	-1				1	1	3	4	5	7				
												J	62.28	50	12					10.00	3.00	3	2	4	7	Cl	Ox	Cl				1	1	3	2	4	7				
93	62.60	64.00	1.40	Bx Freatomagmatica	1.20	85.7	0.00	0	24	1.0	0.05	-1	-1	-1	-1	71.10	NR<10	20.00	6.00	0	0	0	7	Cl	Ox	Sd	1	0	5	1	0	0	0	0	0	7	14	MUY MALA			
94	64.00	65.60	1.60	Bx Freatomagmatica	1.60	100.0	0.00	0	33	1.0	0.05	-1	-1	-1	-1	71.10	NR<10	20.00	6.00	0	0	0	7	Cl	Ox	Sd	1	0	5	1	0	0	0	0	0	7	14	MUY MALA			
95	65.60	67.00	1.40	Bx Freatomagmatica	1.40	100.0	1.27	91	2	2.0	0.47	J	66.20	30	84	70.80	23			10.00	3.00	1	2	1	7	Cl	Ox	Sd	2	20	10	1	1	1	2	1	7	45	REGULAR		
												J	66.90	70	128					10.00	5.00	2	0	2	7	Cl	Ox	Sd				1	1	2	0	2	7				
96	67.00	68.50	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	1.18	79	3	2.0	0.38	J	67.19	9	40	70.80	NR<10	10.00	2.00	5	2	3	7	Cl	Ox	Sd	2	17	10	1	1	1	5	2	3	7	48	REGULAR			
												J	67.40	59	90					10.00	2.00	5	2	3	7	Cl	Ox	Sd				1	1	5	2	3	7				
												J	68.42	16	100					10.00	3.00	6	2	5	7	Cl	Ox	Sd				1	1	6	2	5	7				
97	68.50	70.00	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	1.14	76	3	2.0	0.38	J	69.03	13	180	70.50	33			10.00	2.00	2	6	5	7	Cl	Ox	Sd	2	17	10	1	1	2	6	5	7	51	REGULAR	Nivel Agua Inicio=35.00 m	
												J	69.44	58	80					10.00	3.00	3	5	3	7	Cl	Ox	-1				1	1	3	5	3	7				
												J	69.90	33	100					10.00	3.00	3	5	5	7	Cl	Ox	Sd				1	1	3	5	5	7				
98	70.00	71.50	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	1.38	92	1	4.0	0.75	J	70.51	30	50	70.40	NR<10	10.00	3.00	5	2	3	7	Cl	Ox	-1	7	20	15	1	1	5	2	3	7	61	BUENA				
99	71.50	73.00	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	1.50	100	1	4.0	0.75	J	72.50	60	50	70.00	29			10.00	4.00	5	2	5	7	Cl	Sd	-1	7	20	15	1	1	5	2	5	7	63	BUENA		
100	73.00	74.50	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	1.10	73	3	4.0	0.38	J	73.20	66	60	70.60	35			10.00	3.00	5	2	3	7	Cl	Sd	-1	7	13	10	1	1	5	2	3	7	49	REGULAR		
												J	73.50	31	130					10.00	3.00	6	2	5	7	Cl	-1	-1				1	1	6	2	5	7				
												J	74.26	56	60					10.00	3.00	5	2	5	7	Cl	Sd	-1				1	1	5	2	5	7				
101	74.50	75.50	1.00	Bx Freatomagmatica	1.00	100.0	0.80	80	4	4.0	0.20	J	74.54	41	60	70.40	20			10.00	3.00	5	2	5	7	Cl	-1	-1	7	17	10	1	1	5	2	5	7	55	REGULAR		
												J	75.20	61	320					10.00	3.00	6	2	3	7	Cl	Sd	-1				1	1	6	2	3	7				
102	75.50	77.10	1.60	Bx Freatomagmatica	1.60	100.0	1.10	69	2	2.0	0.53	J	75.77	50	70	70.80	18			10.00	5.00	2	0	1	7	Ox	S														



LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO				SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)				ORIENTACIÓN DEL COLLAR				DATOS DEL SONDAJE					
CLIENTE:	U.M. APUMAYO			DATUM:	WGS84			DIRECCIÓN:	N61°			NOMBRE DEL SONDAJE:	HUA-DH-01		FECHA INICIO:	25/02/2019	
PROYECTO:	2 do MEIA DEL TAJO HUAMANLOMA			NORTE:	8348044.12			INCLINACIÓN:	-70			ESTRUCTURA:	Tajo Huamanloma NW		FECHA TÉRMINO:	5/03/2019	
				ESTE:	614393.79			TIPO BROCA:	HQ3			NIVEL DEL AGUA (m):	97.68		REGISTRADO:	C.C./J.C	
				ELEVACIÓN:	4074.29			DIÁMETRO:	96 mm			PROFUNDIDAD FINAL (m):	100.00		N° PROYECTO:	1	

N° DE CORRIDA	DESDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLÓGIA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIDA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R)	ESPACIAMIENTO (m)	PARAMETROS DEL RMR (1989)										VALORACIÓN DEL RMR (1989)										Zonificación por alteración	COMENTARIOS					
												CORE ORIENTADO					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					CONDICIÓN DEL AGUA (valoración)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (5) AGUA	RMR, 1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA		
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Angulo Alfa (°)	Angulo Beta (°)	Angulo Inclinación	DUREZA O REBOTE DE MARTILLO PROMEDIO (RL) MPa	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)								ALTERACIÓN (valoración)	RMR (4-1) PERSISTENCIA	RMR (4-2) ABERTURA						RMR (4-3) RUGOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO
												J	82.65	35	360			10.00	6.00	6	2	4	7	Sd	Ox	Cl				1	0	6	2	4	7			
												J	83.30	25	270			10.00	2.00	3	1	3	7	Sd	Ox	Cl				1	1	3	1	3	7			
107	83.50	85.00	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	0.00	0	31	2.0	0.05	-1	-1	-1	70.40	19	20.00	6.00	0	0	0	7	Ox	Ox	Ox	2	0	5	1	0	0	0	0	7	15	MUY MALA		
108	85.00	86.60	1.60	Bx Freatomagmatica	1.60	100.0	0.80	50	4	2.0	0.32	J	85.47	15	100	70.70	24	10.00	6.00	5	2	3	7	Sd	Ox	Cl	2	6	10	1	0	5	2	3	7	36	MALA	
												J	85.90	25	260			10.00	6.00	5	2	3	7	Sd	Ox	Cl				1	0	5	2	3	7			
109	86.60	88.00	1.40	Bx Freatomagmatica	1.40	100.0	1.06	76	3	2.0	0.35	J	87.47	45	100	70.20	29	10.00	1.00	3	3	5	7	Sd	Ox	-1	2	17	10	1	1	3	3	5	7	49	REGULAR	
												J	87.80	30	80			10.00	5.00	2	1	3	7	Sd	Ox	Cl				1	1	2	1	3	7			
110	88.00	89.60	1.60	Bx Freatomagmatica	1.60	100.0	1.14	71	7	2.0	0.20	J	88.48	50	310	70.30	16	10.00	1.00	3	3	4	7	Ox	Sd	Cl	2	13	10	1	1	3	3	4	7	44	REGULAR	
												J	88.71	60	264			10.00	5.00	2	4	3	7	Ox	Sd	Cl				1	1	2	4	3	7			
												J	89.32	30	70			10.00	5.00	5	4	3	7	Ox	Sd	Cl				1	1	5	4	3	7			
111	89.60	91.00	1.40	Bx Freatomagmatica	1.40	100.0	0.86	61	3	2.0	0.35	J	89.74	-1	-1	70.80	32	10.00	2.00	4	3	3	7	Ox	Sd	Cl	2	13	10	1	1	4	3	3	7	44	REGULAR	
												J	90.28	-1	-1			10.00	1.00	4	3	3	7	Ox	Sd	Cl				1	1	4	3	3	7			
												J	90.51	-1	-1			10.00	2.00	4	3	3	7	Ox	Sd	Cl				1	1	4	3	3	7			
112	91.00	92.50	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	1.18	79	3	4.0	0.38	J	91.46	17	50	70.20	27	10.00	4.00	5	2	3	7	Cl	Ox	-1	7	17	10	1	1	5	2	3	7	53	REGULAR	
												J	91.67	21	80			10.00	3.00	5	2	3	7	Ox	Cl	Sd				1	1	5	2	3	7			
												J	92.07	34	60			10.00	2.00	6	3	3	7	Cl	Ox	Sd				1	1	6	3	3	7			
113	92.50	94.00	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	1.12	75	3	4.0	0.38	J	92.67	35	60	70.70	17	10.00	3.00	4	2	3	7	Ox	Cl	-1	7	13	10	1	1	4	2	3	7	48	REGULAR	
												J	93.27	30	280			10.00	2.00	5	2	3	7	Ox	Cl	Sd				1	1	5	2	3	7			
												J	93.54	20	290			10.00	3.00	5	2	3	7	Ox	Cl	Sd				1	1	5	2	3	7			
114	94.00	95.50	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	1.36	91	3	4.0	0.38	J	94.12	38	350	70.20	48	10.00	3.00	5	2	3	7	Cl	Ox	Sd	7	20	10	1	1	5	2	3	7	56	REGULAR	
												J	94.32	28	10			10.00	2.00	3	2	3	7	Cl	Ox	Sd				1	1	3	2	3	7			
												J	94.72	34	260			10.00	4.00	5	2	3	7	Ox	Sd	-1				1	1	5	2	3	7			
115	95.50	97.00	1.50	Bx Freatomagmatica	1.50	100.0	1.45	97	1	4.0	0.75	J	96.58	48	280	70.50	48	10.00	2.00	3	2	5	7	Ox	Cl	-1	7	20	15	1	1	3	2	5	7	61	BUENA	
116	97.00	97.80	0.80	Bx Freatomagmatica	0.80	100.0	0.72	90	1	4.0	0.40	J	97.43	50	340	70.90	24	10.00	2.00	3	2	5	7	Cl	Ox	-1	7	17	10	1	1	3	2	5	7	53	REGULAR	
117	97.80	99.40	1.60	Bx Freatomagmatica	1.60	100.0	0.83	52	8	4.0	0.18	J	99.68	40	320	69.90	51	10.00	2.00	3	2	3	7	Sd	-1	-1	7	13	8	1	1	3	2	3	7	45	REGULAR	
118	99.40	100.00	0.60	Bx Freatomagmatica	0.60	100.0	0.41	68	2	4.0	0.20	J	90.40	45	30	70.70	53	10.00	5.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-1	7	13	10	1	1	3	2	3	7	47	REGULAR	
												J	90.90	46	40			10.00	3.00	3	2	3	7	Sd	Ox	-1				1	1	3	2	3	7			

81.50 m - 89.60 m, Becha Freatomagmatica con alteración silice masiva de matriz granulada con OxFe2,color rojo anaranjado, clastos angulosos a subangulosos, tamaño 1", resistencia baja R2, moderadamente fracturado.

89.60 m - 100.00 m Brecha freatomagmatica, con alteración silice masiva de matriz granulada con OxFe2,color rojizo a gris blanquecino, clastos subangulosos a angulosos, tamaño 1 1/2 " ligeramente fracturado, resistencia media R3.

Tramo de 89.60 m - 91.00 se pierde orientacion con ACT III

Nivel Agua Final=36.00m

Tipo de Estructura	Resistencia de la Roca Intacta		RQD		Espaciamiento		Persistencia		Apertura		Rugosidad		Relleno		Alteración		Condiciones del agua		Tipo de Relleno					
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas	R6	15	90%-100%	20	>200 cm	20	<1 m	6	Nada	6	Muy rugosa	6	Ninguno	6	Seco	15	Arcilla	Cl	Ninguna	No		
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)	R5	12	75%-90%	17	60-200 cm	15	1-3m	4	<0.1 mm	5	Rugosa	5	Duro <5 mm	4	Ligeramente Alterada	5	Lig. Húmedo	10	Calcita	Ca	Cuarzo	Qz
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)	R4	7	50%-75%	13	20-600 cm	10	3-10 m	2	0.1-1.0 mm	3	Lig. Rugosa	3	Duro >5 mm	2	Moderadamente Alterada	3	Húmedo	7	Clorita	Ch	Arena	Sd
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe	R3	4	25%-50%	6	6-20 cm	8	10-20 m	1	1-5 mm	1	Ondulada	1	Blando <5 mm	2	Muy alterada	1	Goteando	4	Óxido	Ox	Alunita	al
											>5 mm	0	Suave	0	Blando >5 mm	0	Descompuesta	0	Agua fluyendo	0				





LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

CLIENTE: APUMAYO S.A.C
PROYECTO: 2 do MEIA - TAJO HUAMANLOMA

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)

DATUM: WGS84
NORTE: 8347881.690
ESTE: 614736.550
ELEVACIÓN: 4104.360

ORIENTACIÓN DEL COLLAR

DIRECCIÓN: N316
INCLINACIÓN: -70
TIPO BROCA: HQ3
DIAMETRO: 96 mm

DATOS DEL SONDAJE

NOMBRE DEL SONDAJE: HUA-DH-02
ESTRUCTURA: Tajo Huamanloma NW
NIVEL DEL AGUA (m): 97.08 m
PROFUNDIDAD FINAL (m): 130.00m

FECHA INICIO: 15/02/2019
FECHA TÉRMINO: 24/02/2019
REGISTRADO: C.C./J.C
N° PROYECTO: 1

PARAMETROS DEL RMR (1989)

Table with columns for RMR parameters (RQD, RQD(%), N° JUNTAS POR CORRIDA, etc.) and RMR classification (MALA, REGULAR, BUENA). Includes detailed descriptions of rock conditions and water levels.





LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

CLIENTE: APUMAYO S.A.C
PROYECTO: 2 do MEIA - TAJO HUAMANLOMA

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)

DATUM: WGS84
NORTE: 8347881.690
ESTE: 614736.550
ELEVACIÓN: 4104.360

ORIENTACIÓN DEL COLLAR

DIRECCIÓN: N316
INCLINACIÓN: -70
TIPO BROCA: HQ3
DIAMETRO: 96 mm

DATOS DEL SONDAJE

NOMBRE DEL SONDAJE: HUA-DH-02
ESTRUCTURA: Tajo Huamanloma NW
NIVEL DEL AGUA (m): 97.08 m
PROFUNDIDAD FINAL (m): 130.00m

FECHA INICIO: 15/02/2019
FECHA TÉRMINO: 24/02/2019
REGISTRADO: C.C/J.C
N° PROYECTO: 1

PARAMETROS DEL RMR (1989)

Table with columns for RMR parameters (N° de Corrida, Desde, Hasta, Avance, Litológica, Recuperación, RQD, etc.) and RMR valuation (RMR (1) Resistencia de la Roca Intacta, RMR (2) RQD, RMR (3) Espaciamiento, etc.). Includes descriptive text for rock quality (e.g., Buena, Regular, Mala) and water level notes.





LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

CLIENTE: APUMAYO S.A.C.
PROYECTO: 2 do MEIA - TAJO HUAMANLOMA

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)

DATUM: WGS84
NORTE: 8347881.690
ESTE: 614736.550
ELEVACIÓN: 4104.360

ORIENTACIÓN DEL COLLAR

DIRECCIÓN: N316
INCLINACIÓN: -70
TIPO BROCA: HQ3
DIAMETRO: 96 mm

DATOS DEL SONDAJE

NOMBRE DEL SONDAJE: HUA-DH-02
ESTRUCTURA: Tajo Huamanloma NW
NIVEL DEL AGUA (m): 97.08 m
PROFUNDIDAD FINAL (m): 130.00m

FECHA INICIO: 15/02/2019
FECHA TÉRMINO: 24/02/2019
REGISTRADO: C.C./J.C
N° PROYECTO: 1

PARAMETROS DEL RMR (1989)

Table with columns: N° DE CORRIDA, DESDE (m), HASTA (m), AVANCE (m), LITOLOGÍA, RECOVERACIÓN (m), RECOVERACIÓN (%), RQD (m), RQD (%), N° JUNTAS POR CORRIDA, RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R), ESPACIAMIENTO (m), CORE ORIENTADO (TIPO DE ESTRUCTURA, PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA, Angulo Alfa, Angulo Beta, DUREZA O REBOTE DE MARTILLO PROMEDIO (RL) MPa), ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES (Persistencia, Apertura, Rugosidad, Relleno, Alteración, Condición de agua, Material Relleno 1, Material Relleno 2, Material Relleno 3), VALORACIÓN DEL RMR (1989) (RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA, RMR (2) RQD, RMR (3) ESPACIAMIENTO, RMR (4-1) PERSISTENCIA, RMR (4-2) APERTURA, RMR (4-3) RUGOSIDAD, RMR (4-4) RELLENO, RMR (4-5) ALTERACIÓN, RMR (5) AGUA, RMR, 1989 (BÁSICO), CALIDAD DE LA ROCA), Zonificación por alteración, DESCRIPCIÓN, COMENTARIOS.

Nivel de Agua final de turno 29.00m.

Nivel de Agua inicio de turno 31.10m.

Falla de 115.71-115.75

De 102.90m a 130.00m: Roca muy mala a mala con tramos regulares. Andesita de color gris, muy alterada con tramos ligeramente alterados, resistencia muy baja a baja con tramos de resistencia media, muy fracturada; las juntas se presentan onduladas a ligeramente rugosas, relleno de Ci, Sd, Su, Ep. Presenta alteración Clay Pirita con tramos de alteración propilitico.





LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

CLIENTE: APUMAYO S.A.C
 PROYECTO: 2 do MEIA - TAJO HUAMANLOMA

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)

DATUM: WGS84
 NORTE: 8347881.690
 ESTE: 614736.550
 ELEVACIÓN: 4104.360

ORIENTACIÓN DEL COLLAR

DIRECCIÓN: N316
 INCLINACIÓN: -70
 TIPO BROCA: HQ3
 DIAMETRO: 96 mm

DATOS DEL SONDAJE

NOMBRE DEL SONDAJE: HUA-DH-02
 ESTRUCTURA: Tajo Huamanloma NW
 NIVEL DEL AGUA (m): 97.08 m
 PROFUNDIDAD FINAL (m): 130.00m

FECHA INICIO: 15/02/2019
 FECHA TÉRMINO: 24/02/2019
 REGISTRADO: C.C./J.C
 N° PROYECTO: 1

PARAMETROS DEL RMR (1989)

N° DE CORRIDA	DESDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLÓGIA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIDA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO											ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES											VALORACIÓN DEL RMR (1989)					Zonificación por alteración	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
												CORE ORIENTADO			ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES								RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO	ESTADO DE DISCONTINUIDADES					RMR (5) AGUA	RMR_1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA								
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA	Angulo Alfa (°)	Angulo Beta (°)	DUREZA O REBOTE DE MARTILLO PROMEDIO (RL) MPa	Persistencia (m.)	Apertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	Condición de agua				Material Relleno 1	Material Relleno 2	Material Relleno 3	RMR (4-1) PERSISTENCIA	RMR (4-2) APERTURA				RMR (4-3) RUGOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN					
												J	120.07	50.00	300.00		10	1	3	4	5	7	Sd							1	1	3	4	5	7						
												J	120.53	13.00	30.00		10	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	120.63	45.00	290.00		10	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	120.73	40.00	104.00		10	1	3	4	5	7	Sd																		
117	120.90	122.40	1.50	Andesita	1.50	100	0.30	20	9	2	0.15	J	121.16	45.00	220.00	NR<10	5	1	5	4	5	7	Sd			2	3	8	2	1	5	4	5	7	37	MALA					
												J	121.58	55.00	250.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	121.63	55.00	64.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	121.92	40.00	20.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
118	122.40	123.90	1.50	Andesita	1.50	100	0.30	20	5	3	0.25	J	122.70	20.00	42.00	27.00	5	1	5	4	5	7	Sd			4	3	10	2	1	5	4	5	7	41	REGULAR					
												J	122.90	20.00	86.00		5	1	5	4	5	7	Sd																		
												J	123.23	55.00	250.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	123.27	50.00	350.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
119	123.90	124.70	0.80	Andesita	0.80	100	0.35	44	6	3	0.11	J	123.90	38.00	340.00	30.00	5	1	5	4	5	7	Sd			4	6	8	2	1	5	4	5	7	42	REGULAR					
												J	124.15	41.00	340.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	124.16	35.00	68.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	124.34	22.00	260.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	124.42	40.00	38.00		5	1	5	4	5	7	Sd																		
120	124.70	126.20	1.50	Andesita	1.50	100	0.75	50	5	3	0.25	J	125.13	35.00	300.00	28.00	5	1	3	4	5	7	Sd			4	6	10	2	1	3	4	5	7	42	REGULAR					
												J	125.29	25.00	356.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	125.51	60.00	282.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
												J	125.87	40.00	60.00		5	1	3	4	5	7	Sd																		
121	126.20	127.80	1.60	Andesita	1.60	100	1.05	66	5	3	0.27	J	126.30	60.00	120.00	31.00	5	1	3	4	5	7	Sd			4	13	10	2	1	3	4	5	7	49	REGULAR					
												J	127.07	12.00	66.00		5	1	5	4	5	7	Cl																		
												J	127.33	20.00	340.00		5	1	5	4	5	7	M																		
122	127.80	127.90	0.10	Andesita	0.10	100	0.10	100	1	2	0.05	J	-	-	-	NR<10	10	1	3	2	3	7	Cl			2	20	5	1	1	3	2	3	7	44	REGULAR					
123	127.90	129.10	1.20	Andesita	1.10	92	0.45	38	6	2	0.16	J	128.11	40.00	357.00	21.00	20	5	3	2	3	7	Cl	Sd		2	6	8	1	1	3	2	3	7	33	MALA					
												J	128.30	40.00	120.00		20	1	3	2	3	7	Cl																		
124	129.10	130.00	0.90	Andesita	0.90	100	0.00	0	15	1	0.06	J	129.68	50.00	140.00	NR<10	20	5	1	2	1	7	Cl			1	0	5	1	1	1	2	1	7	19	MUY MALA		Nivel de Agua final de turno 29.00m.			
Tipo de Estructura	Resistencia de la Roca Intacta											RQD		Espaciamiento		Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Condiciones del agua		Tipo de Relleno																		
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas											R6	15	90%-100%		20	>200 cm	20	<1 m	6	Nada	6	Muy rugosa	6	Ninguno	6	Inalterada	6	Seco	15	Arcilla	Cl	Ninguna	No						
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)											R5	12	75%-90%		17	60-200 cm	15	1-3m	4	<0.1 mm	5	Rugosa	5	Duro <5 mm	4	Ligeramente Alterada	5	Lig. Húmedo	10	Calcita	Ca	Cuarzo	Qz						
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)											R4	7	50%-75%		13	20-60 cm	10	3-10 m	2	0.1-1.0 mm	3	Lig. Rugosa	3	Duro >5 mm	2	Moderadamente Alterada	3	Húmedo	7	Clorita	Ch	Arena	Sd						
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe											R3	4	25%-50%		6	6-20 cm	8	10-20 m	1	1-5 mm	1	Ondulada	1	Blando <5 mm	2	Muy alterada	1	Goteando	4	Óxido	Ox	Alunita	al						
Falla	F	Deleznable bajo golpes fuertes											R2	2	<25%		3	<6 cm	5	>20 m	0	>5 mm	0	Suave	0	Blando >5 mm	0	Descompuesta	0	Agua fluyendo	0	Limos	M	Sulfuros	Su						







UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Lima, 04 de junio del 2019

Informe N° 123/19/LMR/UNI

Señores

APUMAYO S.A.C.

Presente.-

De nuestra consideración:

En el presente se adjunta los resultados de los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Rocas asociados al proyecto "DISEÑO DE TALUDES DEL TAJO HUAMANLOMA", ubicado el distrito de Chaviña / Sancos, provincia de Lucanas, Región Ayacucho.

Atentamente,



Ing. ~~William~~ **Elvis Valencia** Chávez
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Rocas
Universidad Nacional de Ingeniería





INFORME N° 123/19/LMR/UNI

ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL
ENSAYO DE PROPIEDAD FISICA
ENSAYOS DE TRACCION INDIRECTA
ENSAYO DE CONSTANTES ELASTICAS
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL

Solicitado por:
APUMAYO S.A.C.

Muestra: Testigos Diamantinos

Fecha: 04 de junio del 2019



Informe: N° 123/19/LMR/UNI
Empresa: APUMAYO S.A.C.
Proyecto: "DISEÑO DE TALUDES DEL TAJO HUAMANLOMA"
Fecha: 04/05/2019

ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA (Brasilero)

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D3967-95, dando los siguientes resultados:

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kN)	Resist. a la tracción (kg/cm ²)	Resist. a la tracción (MPa)
M-3 27.48 - 28.02	6.08	3.10	8.4	29	2.8
	6.08	3.12	8.0	27	2.7
	6.08	3.12	8.1	28	2.7
			Promedio	28	2.7
M-10 91.00 - 91.30	6.08	3.20	9.8	33	3.2
	6.08	3.18	10.1	34	3.3
	6.08	3.19	11.0	37	3.6
			Promedio	34	3.4
M-19 127.30 - 127.74	6.08	3.14	15.0	51	5.0
	6.08	3.21	14.6	49	4.8
	6.08	3.06	14.8	52	5.1
			Promedio	50	4.9

ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2938-95, dando los siguientes resultados:

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga de rotura (kN)	Resistencia a la Compresión Uniaxial (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)
M-3 27.48 - 28.02	6.10	12.30	98.3	343	33.7
M-8 82.35 - 82.65	6.10	12.22	30.8	108	10.5
M-6 72.45 - 77.65	6.11	12.10	46.8	163	15.9





Informe: N° 123/19/LMR/UNI
Empresa: APUMAYO S.A.C.
Proyecto: "DISEÑO DE TALUDES DEL TAJO HUAMANLOMA"
Fecha: 04/05/2019

ENSAYO DE PROPIEDADES FISICAS

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM C97-02, dando los siguientes resultados:

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Densidad Seca (g/cm ³)	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Peso Específico Aparente (kN/m ³)
M-1 27.12 - 27.35	6.10	2.03	2.22	2.36	14.23	6.41	21.97
	6.11	1.96	2.23	2.37	14.88	6.69	22.03
	6.11	2.03	2.23	2.37	13.98	6.28	22.08
Promedio			2.22	2.37	14.36	6.46	22.03
M-2 40.20 - 40.35	6.10	1.93	2.33	2.45	11.77	5.04	22.98
	6.10	2.16	2.34	2.47	12.61	5.38	23.13
	6.10	1.94	2.34	2.47	12.88	5.51	23.07
Promedio			2.34	2.46	12.42	5.31	23.06
M-8 82.35 - 82.65	6.10	2.08	1.97	2.12	14.44	7.32	20.16
	6.10	2.06	1.95	2.09	14.19	7.28	20.04
	6.11	1.94	1.96	2.10	14.12	7.20	20.30
Promedio			1.96	2.10	14.25	7.27	20.17
M-11 115.10 - 115.35	6.14	1.96	2.07	2.31	24.76	11.98	21.89
	6.14	2.02	2.08	2.33	24.78	11.92	21.93
	6.14	2.07	2.08	2.32	24.02	11.54	22.05
Promedio			2.08	2.32	24.52	11.82	21.96

ENSAYO DE CONSTANTES ELASTICAS

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D7012-04, dando los siguientes resultados:

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Resistencia Compresiva MPa	Módulo de Young "E" (GPa)	Relación de Poisson "ν"
M-1 27.12 - 27.35	6.07	12.23	32.60	4.75	0.32
M-9 82.89 - 83.25	6.08	12.14	5.20	1.04	0.35
M-15 92.58 - 93.00	6.01	12.12	6.20	1.07	0.34





Informe: N° 123/19/LMR/UNI
 Empresa: APUMAYO S.A.C.
 Proyecto: "DISEÑO DE TALUDES DEL TAJO HUAMANLOMA"
 Fecha: 04/05/2019

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 2664-95, dando los siguientes resultados:

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Confin. σ_3 (MPa)	Esfuerzo rotura σ_1 (MPa)	Resistencia Compresiva MPa	m_i	Cohesión "c" (MPa)	Ang. de Fricción Interno " ϕ " (°)
M-15 92.58 - 93.00	6.05	12.20	2	32.9	21.52	11.50	5.91	38.50
	6.06	12.22	4	42.2				
	6.05	12.23	6	50.1				
M-05 49.00 - 49.13	6.05	12.26	2	65.5	50.53	14.55	10.95	45.58
M-06 49.13 - 49.43	6.06	12.13	4	78.0				
M-07 49.55 - 49.75	6.06	12.26	6	89.5				

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.

Muestra	Tipo de discontinuidad	Esfuerzo Normal (MPa)	Esfuerzo de Corte (MPa)	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción (°)
M-7 80.13 - 80.30	SIMULADA	0.86	0.56	0.107	27.60
		1.71	0.98		
		2.57	1.48		
		3.42	1.89		
		4.28	2.34		
M-7 86.95 - 87.10	SIMULADA	0.85	0.53	0.097	27.21
		1.69	0.96		
		2.54	1.41		
		3.39	1.86		
		4.24	2.26		
M-20 127.90 - 128.12	NATURAL	0.90	0.60	0.109	28.05
		1.80	1.06		
		2.70	1.55		
		3.59	2.00		
		4.49	2.52		
M-11 97.00 - 97.40	SIMULADA	0.85	0.54	0.106	27.31
		1.71	1.00		
		2.56	1.43		
		3.41	1.86		
		4.26	2.31		





Informe: N° 123/19/LMR/UNI
Empresa: APUMAYO S.A.C.
Proyecto: "DISEÑO DE TALUDES DEL TAJO HUAMANLOMA"
Fecha: 04/05/2019

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL

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

IRREGULAR

Muestra	Diámetro equivalente "De" (mm)	Carga de rotura (kN)	Índice de carga puntual corregido " $I_{c(50)}$ " (MPa)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
M-9 99.85 - 100.00	35.5	7.8	6.19	125.1
	36.7	8.2	6.08	124.1
	36.9	8.0	5.87	120.1
	36.4	8.3	6.27	127.7
	36.7	8.0	5.93	121.1
	Promedio		6.07	123.6
M-5 70.60 - 70.80	37.3	1.3	0.94	19.2
	35.9	1.2	0.93	18.9
	36.9	1.2	0.88	18.0
	37.8	1.3	0.91	18.8
	34.8	1.2	0.99	19.9
	Promedio		0.93	19.0
M-3 51.00 - 51.20	37.4	3.5	2.50	51.4
	37.6	3.5	2.48	51.0
	36.0	3.2	2.47	50.1
	37.4	3.4	2.43	49.9
	36.4	3.6	2.72	55.4
	Promedio		2.52	51.5
M-1 29.75 - 29.95	37.1	1.8	1.31	26.8
	37.4	1.9	1.36	27.9
	36.4	1.8	1.36	27.7
	40.1	1.8	1.12	23.6
	39.9	2.1	1.32	27.7
	Promedio		1.29	26.7
M-3 41.60 - 41.93	37.6	3.2	2.26	46.6
	37.4	2.9	2.07	42.5
	37.4	3.0	2.14	44.0
	37.3	3.3	2.38	48.8
	37.3	3.1	2.23	45.8
	Promedio		2.22	45.6





Informe: N° 123/19/LMR/UNI
 Empresa: APUMAYO S.A.C.
 Proyecto: "DISEÑO DE TALUDES DEL TAJO HUAMANLOMA"
 Fecha: 04/05/2019

Muestra	Diámetro equivalente "De" (mm)	Carga de rotura (kN)	Índice de carga puntual corregido "I _{s/soj} " (MPa)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
M-8 95.20 - 95.50	36.6	1.8	1.35	27.5
	36.4	1.9	1.43	29.2
	36.7	2.3	1.70	34.8
	36.9	2.0	1.47	30.0
	36.7	2.2	1.63	33.3
	Promedio		1.52	31.0
M-4 61.70 - 62.00	36.6	2.0	1.50	30.5
	36.0	2.1	1.62	32.8
	37.4	2.2	1.57	32.3
	37.1	2.2	1.60	32.8
	37.1	2.1	1.53	31.3
Promedio		1.56	31.9	
M-2 30.35 - 30.70	37.3	0.8	0.58	11.8
	37.1	0.8	0.58	11.9
	36.6	0.8	0.60	12.2
	36.9	0.8	0.59	12.0
	37.3	0.8	0.58	11.8
Promedio		0.58	12.0	
M-1 20.10 - 20.18	37.1	2.4	1.75	35.8
	37.1	2.1	1.53	31.3
	36.6	2.2	1.65	33.6
	36.3	2.1	1.59	32.4
	36.6	2.3	1.71	35.0
Promedio		1.64	33.6	
M-4 50.50 - 50.83	33.2	0.6	0.54	10.8
	34.2	0.6	0.51	10.3
	34.8	0.7	0.58	11.6
	35.7	0.7	0.55	11.1
	35.9	0.7	0.54	11.0
Promedio		0.55	11.0	
M-6 71.40 - 71.65	36.9	1.3	0.96	19.6
	37.2	1.4	1.01	20.7
	37.8	1.3	0.91	18.8
	36.4	1.2	0.91	18.5
	38.8	1.4	0.93	19.3
Promedio		0.94	19.4	
M-8 84.20 - 84.40	38.5	1.5	1.01	21.0
	40.9	1.7	1.02	21.5
	39.1	2.1	1.37	28.6
	39.7	1.6	1.02	21.3
	38.6	1.8	1.21	25.0
Promedio		1.13	23.5	





Informe: N° 123/19/LMR/UNI
Empresa: APUMAYO S.A.C.
Proyecto: "DISEÑO DE TALUDES DEL TAJO HUAMANLOMA"
Fecha: 04/05/2019

Muestra	Diámetro equivalente "De" (mm)	Carga de rotura (kN)	Indice de carga puntual corregido " $I_{(50)}$ " (MPa)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
M-9 94.10 - 94.30	41.3	0.5	0.29	6.2
	40.5	0.6	0.37	7.7
	42.2	0.5	0.28	6.0
	37.8	0.5	0.35	7.2
	35.5	0.4	0.32	6.4
	Promedio			0.32
M-10 103.62 - 103.85	42.1	1.2	0.68	14.5
	39.7	1.0	0.63	13.3
	40.3	1.0	0.62	13.0
	42.4	1.1	0.61	13.1
	40.3	1.0	0.62	13.0
Promedio			0.63	13.4
M-11 115.10 - 115.35	36.9	0.4	0.29	6.0
	37.2	0.4	0.29	5.9
	36.7	0.4	0.30	6.1
Promedio			0.29	6.0
M-12 126.40 - 126.53	33.1	5.0	4.56	90.3
	35.7	5.9	4.63	93.8
	34.5	5.5	4.62	92.5
	34.3	5.6	4.75	95.1
	34.4	5.8	4.89	97.9
Promedio			4.69	93.9





Informe: N° 123/19/LMR/UNI
Empresa: APUMAYO S.A.C.
Proyecto: "DISEÑO DE TALUDES DEL TAJO HUAMANLOMA"
Fecha: 04/05/2019

AXIAL

Muestra	Diámetro equivalente "De" (cm)	Carga de rotura (kN)	Índice de carga puntual corregido " $\sigma_{l,50}$ " (Kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
M-3 27.48 - 28.02	6.08	4.1	12.53	
	6.08	4.3	13.42	
	6.08	4.2	12.87	
	6.08	3.9	12.50	
	6.08	4.0	13.04	
Promedio			12.87	30.28
M-19 127.30 - 127.74	6.08	2.2	6.90	
	6.08	2.2	6.68	
	6.08	2.3	7.20	
	6.08	2.1	6.70	
	6.08	2.2	6.98	
Promedio			6.89	16.21
M-11 97.00 - 97.40	6.08	19.2	61.54	
	6.08	19.7	62.54	
	6.08	20.2	63.36	
	6.08	20.1	63.20	
	6.08	19.9	64.73	
Promedio			63.07	148.35

Nota:

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





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

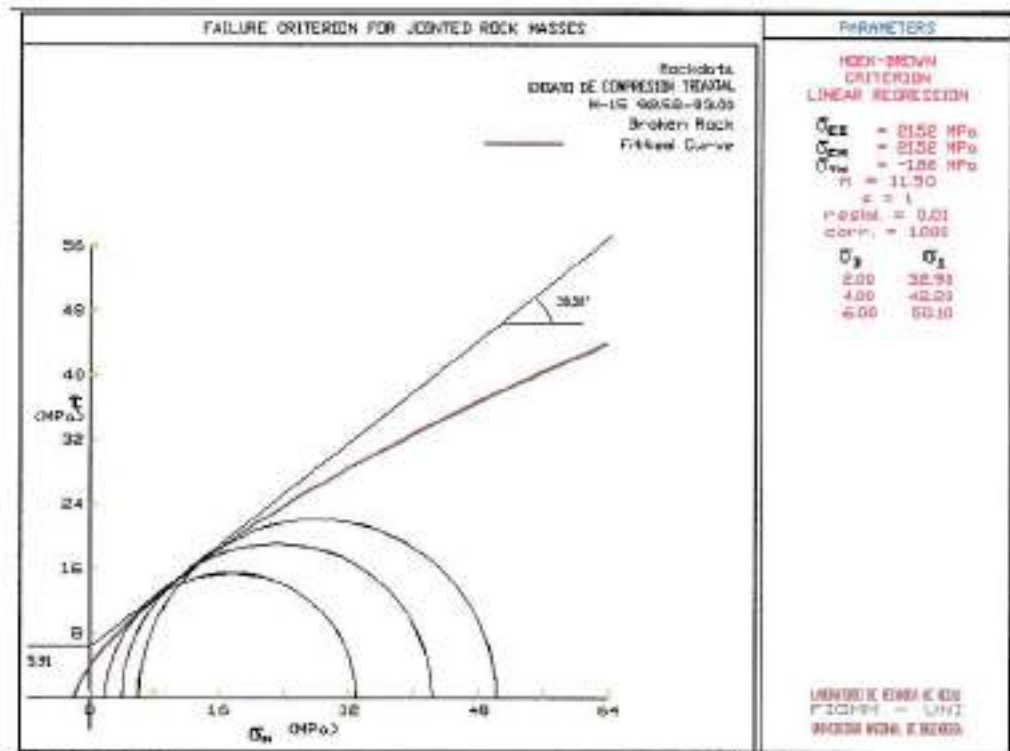
GRAFICOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS



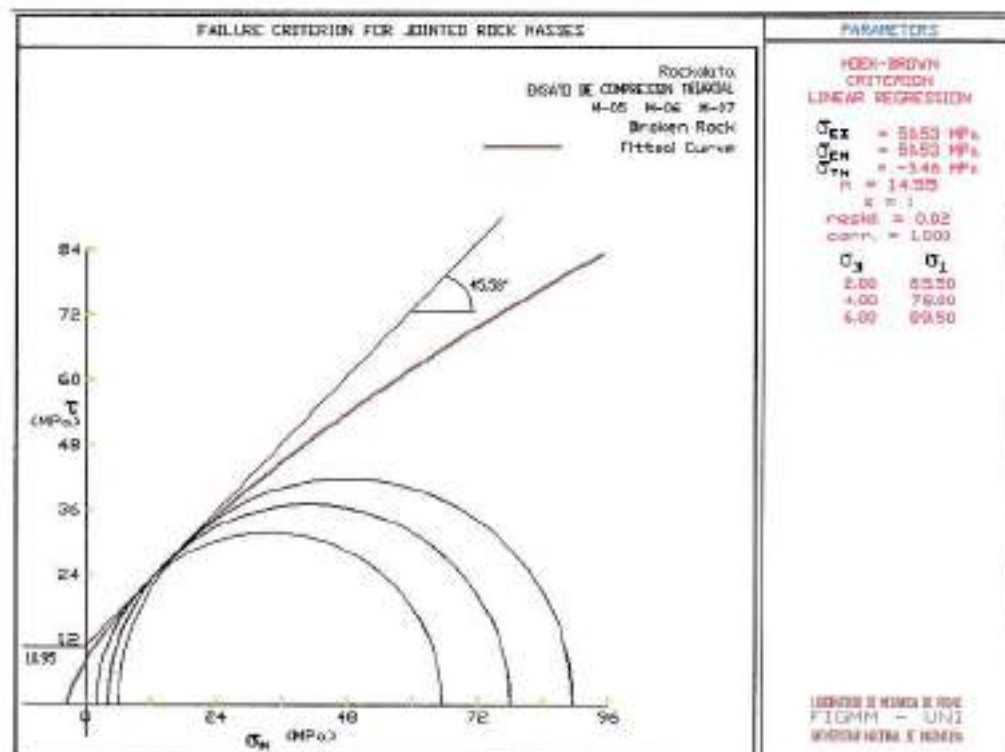


GRAFICOS: ENSAYO COMPRESION TRIAXIAL

MUESTRA: M-15 92.58 - 93.00



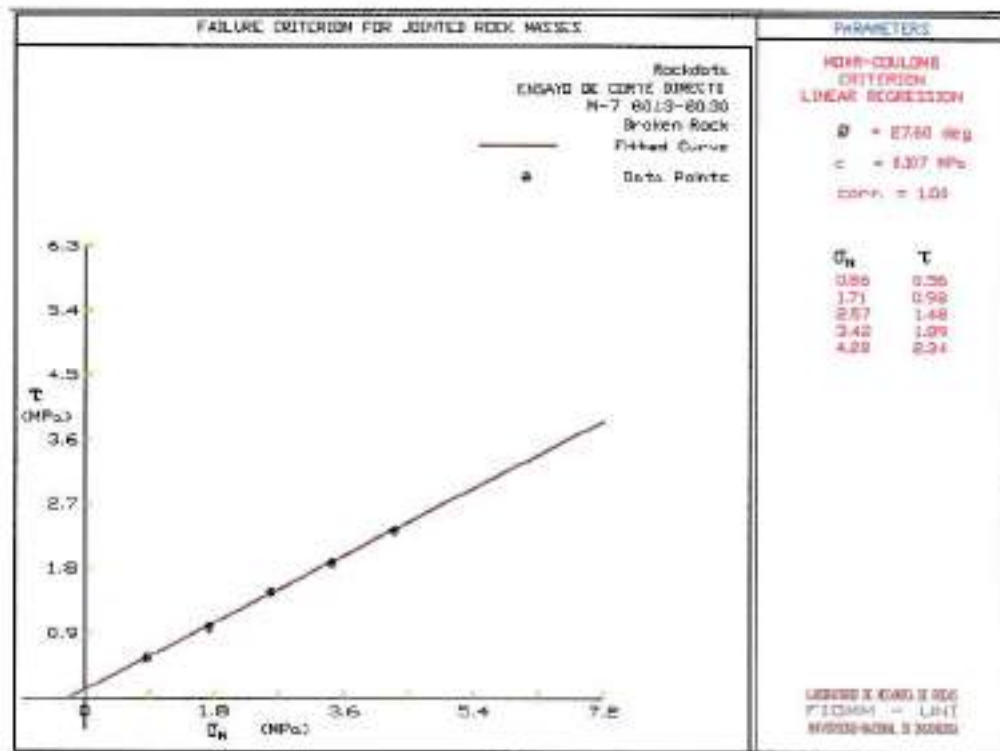
MUESTRA: M-05 49.00 - 49.13 / M-06 49.13 - 49.43 / M-07 49.55 - 49.75



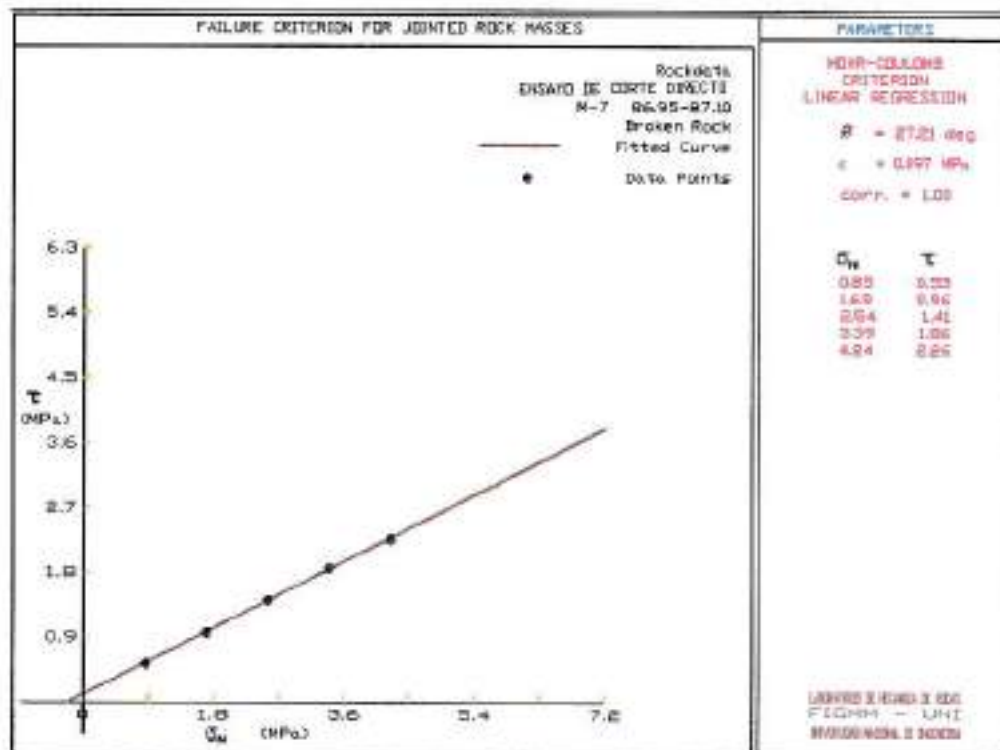


GRAFICOS: ENSAYO CORTE DIRECTO

MUESTRA: M-7 80.13-80.30

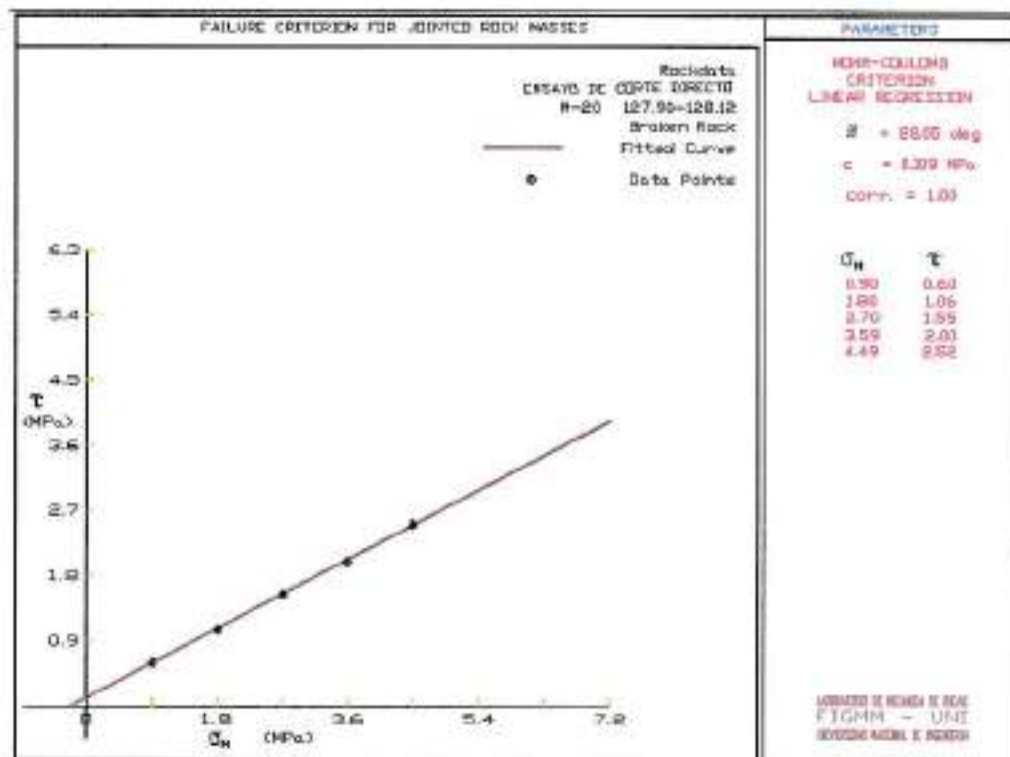


MUESTRA: M-7 86.95-87.10

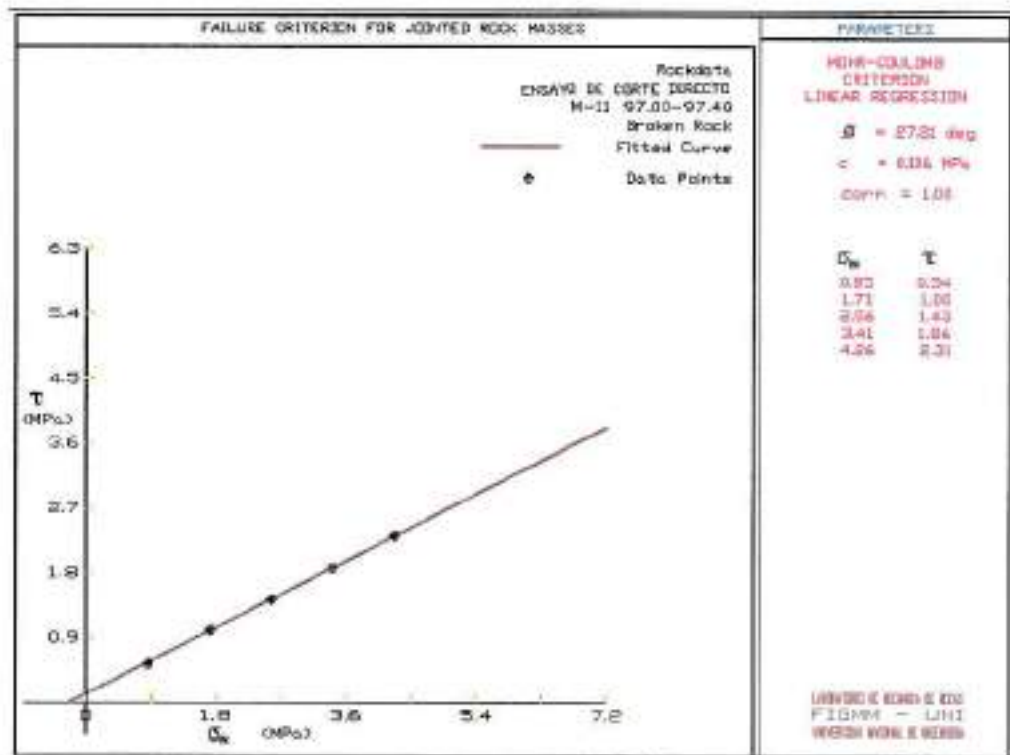




MUESTRA: M-20 127.90 - 128.12

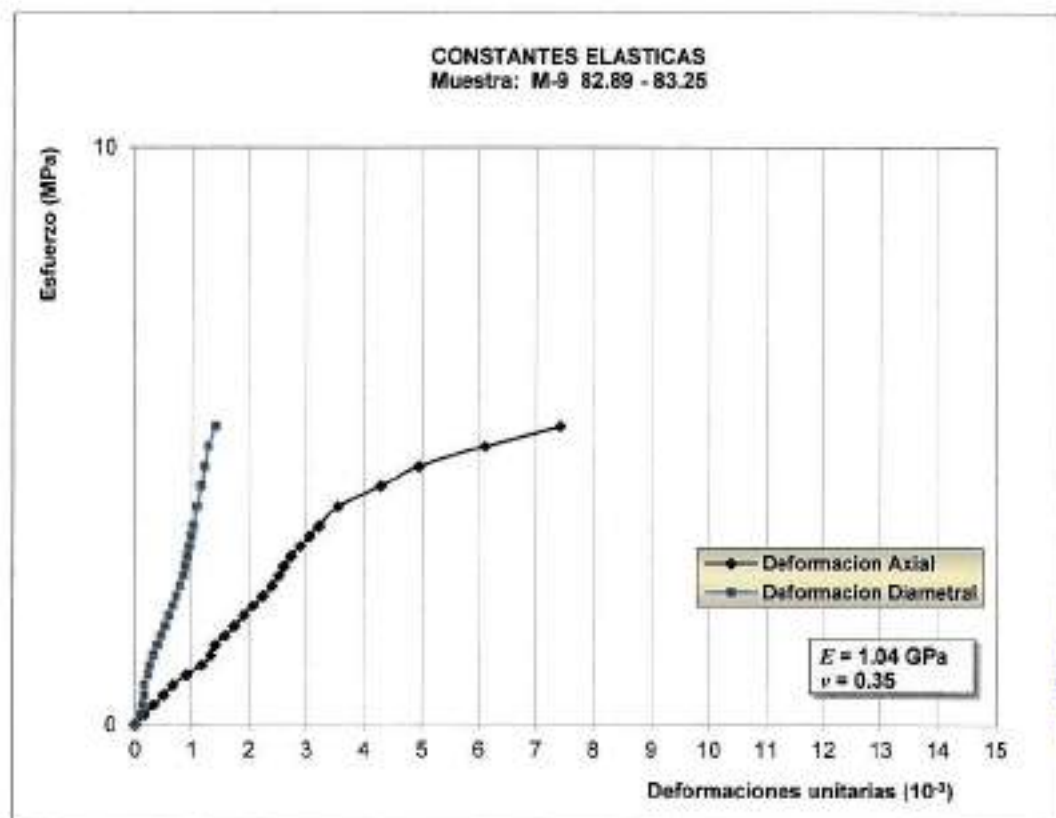
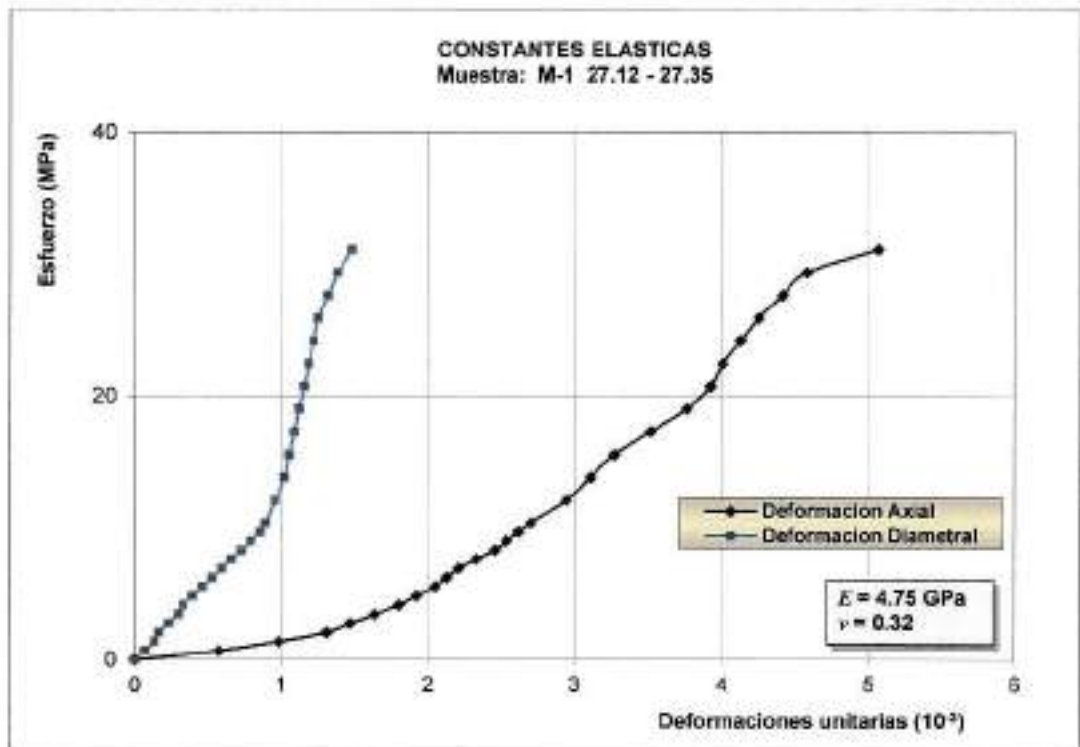


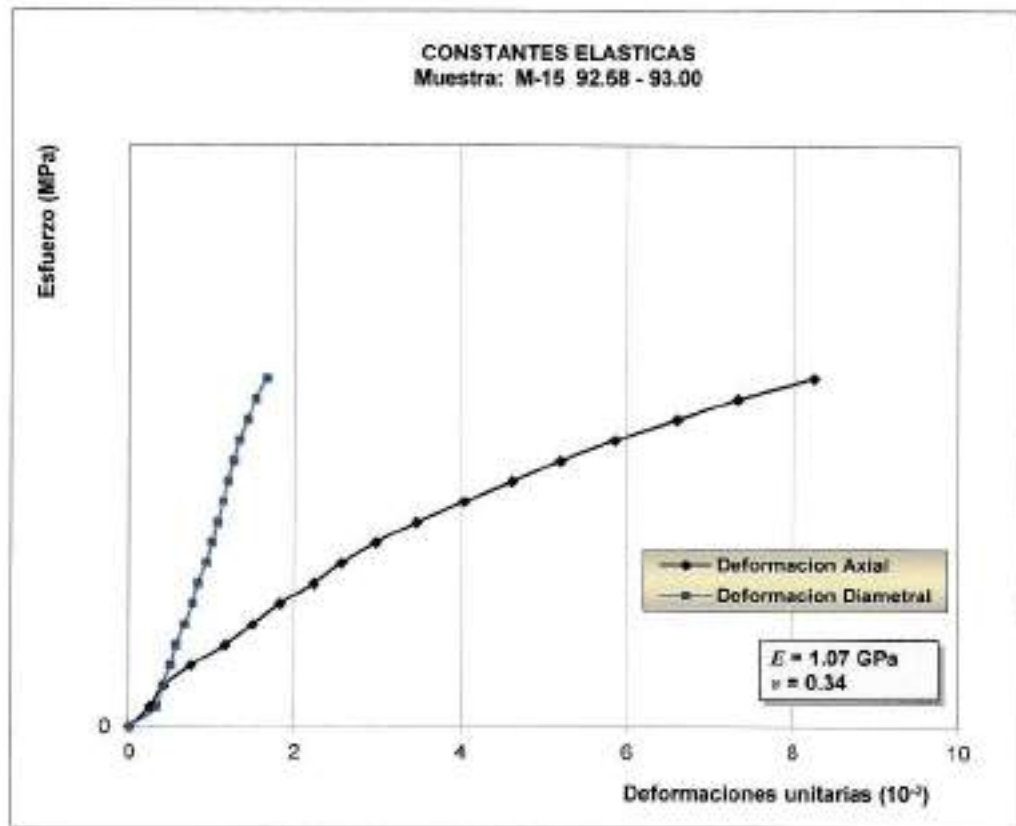
MUESTRA: M-11 97.00 - 97.40





RAFICOS: ENSAYO CONSTANTES ELASTICAS







UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

FOTOGRAFIAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS





FOTOS: PROPIEDADES FISICAS

Muestra: M - 1 27.12 - 27.35



Muestra: M - 8 82.35 - 82.65



Muestra: M - 2 40.20 - 40.35



Muestra: M - 11 115.10 - 115.35





FOTOS: CONSTANTES ELÁSTICAS

Muestra: M - 01 27.12 - 27.35

Antes

Después



Muestra: M - 9 82.89 - 83.25

Antes

Después



Muestra: M - 15 92.58 - 93.00

Antes

Después





FOTOS: COMPRESION UNIAxIAL

Muestra: M - 03 27.48 - 28.02

Antes

Después



Muestra: M - 8 82.35 - 82.65

Antes

Después



Muestra: M - 6 77.45 - 77.65

Antes

Después





FOTOS: COMPRESION TRIAXIAL

Muestra: M-05 M-6 M-7 49.00 - 49.13

Antes

Después



Muestra: M-15 92.58 - 93.00

Antes

Después



FOTOS: CARGA PUNTUAL

Muestra: M - 3 27.48 - 28.02



Muestra: M - 11 97.00 - 97.40



Muestra: M - 19 127.30 - 127.74





Muestra: M - 1 29.75 - 29.95

Antes



Después



Muestra: M - 3 51.00 - 51.20

Antes



Después



Muestra: M - 4 61.70 - 62.00

Antes



Después





Muestra: M - 5 70.60 - 70.80

Antes

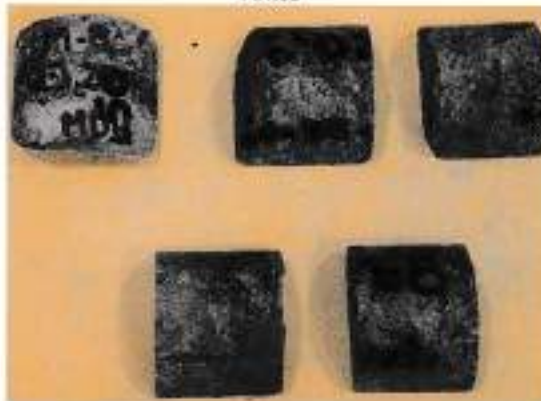


Después



Muestra: M - 8 95.20 - 95.50

Antes



Después



Muestra: M - 9 99.85 - 100.00

Antes



Después





Muestra: M - 1 20.10 - 20.18

Antes

Después



Muestra: M - 2 30.35 - 30.70

Antes

Después



Muestra: M - 3 41.60 - 41.93

Antes

Después





Muestra: M - 4 50.50 - 50.83

Antes



Después



Muestra: M - 6 71.40 - 71.65

Antes



Después



Muestra: M - 8 84.20 - 84.40

Antes



Después





Muestra: M - 9 94.10 - 94.30



Muestra: M - 10 103.62 - 103.85



Muestra: M - 11 115.10 - 115.35



Muestra: M - 12 126.40 - 126.53





FOTOS: TRACCION INDIRECTA

Muestra: M - 3 27.48 - 28.02

Antes



Después



Muestra: M - 10 91.00 - 91.30

Antes



Después



Muestra: M - 19 127.30 - 127.74

Antes



Después





FOTOS: CORTE DIRECTO

Muestra: M - 11 97.00 - 97.40



Muestra: M - 20 127.90 - 128.12

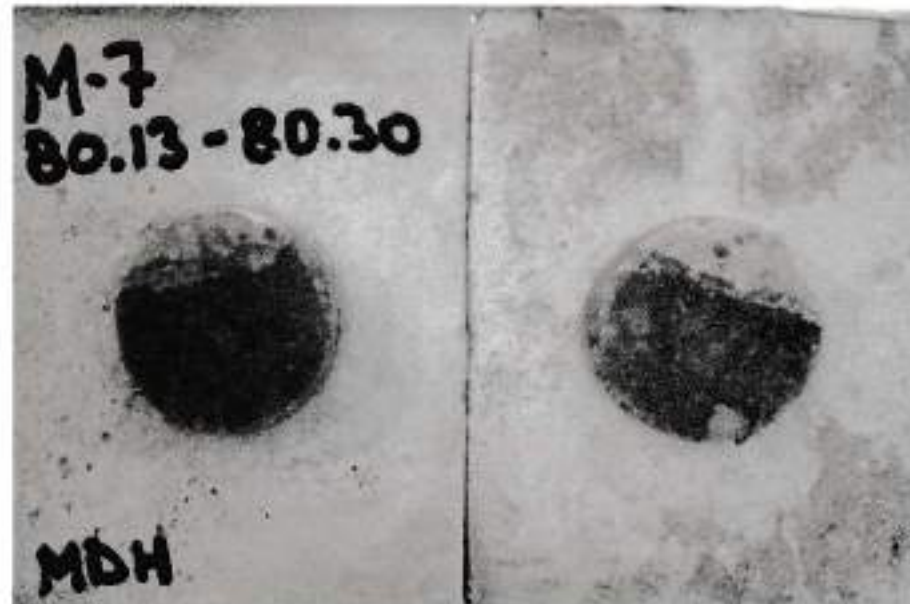




Muestra: M - 7 86.95 - 87.10



Muestra: M - 7 80.13 - 80.30





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNI
Oficina Central de Economía y Finanzas
UNIDAD DE TESORERÍA
 DOMICILIO FISCAL:
 Av. Túpac Amaru N° 210 - Rimac - Lima - Lima
 TELF: 482-5072

R.U.C.: 20169004359
FACTURA ELECTRÓNICA
N° F004 - 00030466

RAZON SOCIAL : MDH-PD S.A.C.	FECHA EMISIÓN : 2019-05-13
R.U.C. : 20254656654	TIPO MONEDA : SOLES
DIRECCIÓN : AV. MALECON CHECA NRO. 3677 LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO	COND. PAGO : CONTADO
DEPENDENCIA : FIC LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	FECHA VENC. :
PROYECTO : SS. LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	MEDIO PAGO : Deposito

ITEM	CANT.	PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDA MEDIDA	PRECIO UNITARIO	VALOR UNITARIO	VALOR DE VENTA
1	1.00	13392302	ANALISIS LABORATORIO - FACULTAD	UNI	330.00	279.66	279.66



OP. GRAVADAS	OP. INAFECTAS	OP. EXONERADAS	ANTICIPOS	I.G.V. 18%	TOTAL A PAGAR
279.66	0.00	0.00	0.00	50.34	330.00

SON: TRESCIENTOS TREINTA CON 00/100 SOLES
 Incorporado al Régimen de Agentes de Retención de IGV (R.S. 135-2002) a partir del 01/11/2002

NOTA:



Representación impresa de la Factura Electrónica
 Podrá ser consultado en <http://www.ocel.uni.edu.pe/webComprobantes>
 Autorizado mediante Resolución de Intendencia N° 0320050000652/SUNAT

INFORMACION ADICIONAL
ENSAYOS DE SUELOS

ELABORADO POR: dgomez





Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S19 - 259-2

SOLICITANTE : APUMAYO S.A.C.
PROYECTO : DISEÑO DE TALUDES - PROYECTO TAJO HUAMANLOMA
UBICACION : CHAVIÑA - AYACUCHO
FECHA : 02 DE ABRIL 2019

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra :
Prof. (m.) : 14.40 - 15.70

PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS ASTM D 854

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS : 2.63

Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución: Ing. J. Huamán Ch.
Revisión: Ing. D. Basurto R.



Handwritten signature of Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS, Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil - UNI





Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S19 - 259-1

SOLICITANTE : APUMAYO S.A.C.
PROYECTO : DISEÑO DE TALUDES - PROYECTO TAJO HUAMANLOMA
UBICACIÓN : CHAVIÑA - AYACUCHO
FECHA : 02 DE ABRIL 2019

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : -
Prof. (m.) : 14.40 - 15.70

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

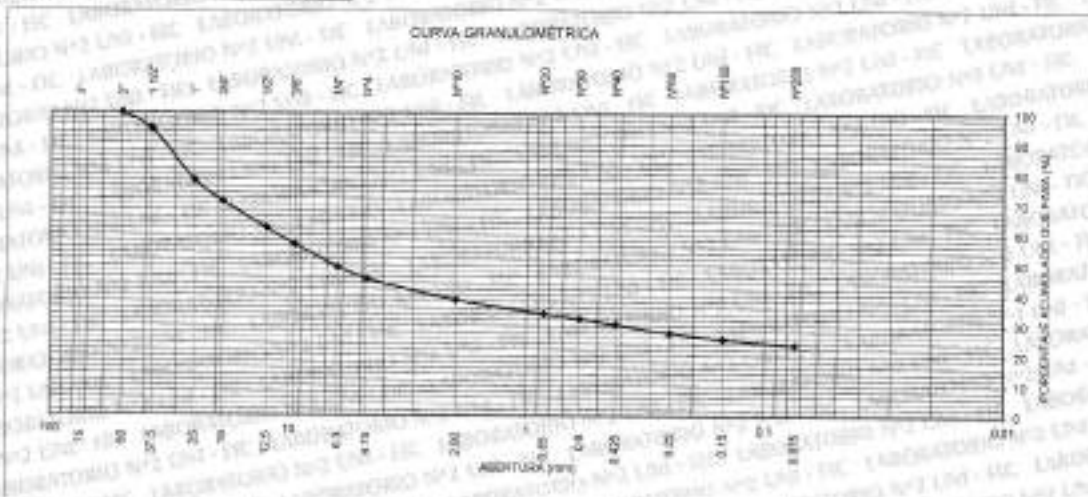
Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (%) Parcial Retenido, (%) Acumulado Retenido, (%) Acumulado Pasa. Rows include various sieve sizes from 3" down to FONDO.

Summary table: % Grava : 54.6, % Arena : 21.8, % Finos : 23.6

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318: Limite Liquido (%): 42.9, Limite Plastico (%): 26.4, Indice Plastico (%): 16.5

Clasificación SUCS ASTM D2487 : GM

Contenido de Humedad ASTM D2216 (%) : 21.8



Nota: La muestra fue recibida e identificada por el Solicitante

Elaborado por: Tlc. J. Huamán Dk
Revisado por: Ing. D. Basurto R.



Signature of Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS, Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil - UNI





Dominios Estructurales		
DIP	DB	Familia
62	290	1
58	285	1
64	295	1
62	294	1
63	300	1
36	320	1
38	325	1
42	330	1
45	320	1
50	300	1
55	305	1
40	310	1
45	304	1
35	310	1
45	290	1
38	295	1
42	315	1
50	300	1
52	305	1
50	310	1
60	315	1
52	315	1
54	325	1
54	295	1
50	320	1
59	320	1
60	315	1
61	300	1
52	320	1
65	310	1
67	285	1
68	310	1
64	315	1
60	300	1
65	310	1
55	295	1
50	302	1
62	315	1
40	300	1
45	310	1
50	300	1
48	295	1
60	320	1
65	290	1
56	315	1
43	290	1
55	300	1
60	320	1
70	320	1
65	330	1
48	320	1
50	295	1
35	310	1
40	315	1
52	290	1
48	300	1
37	305	1
40	310	1
42	320	1
70	320	1
72	315	1
60	315	1
62	305	1
70	305	1
75	310	1
75	320	1
75	310	1
70	305	1
58	296	1

min	35	285
max	75	330
desviacion estandar	11	11



68	300	1			
72	300	1			
70	250	2			
75	252	2	min	40	250
70	260	2	max	75	268
50	260	2	desviacion estan	10	6
60	260	2			
62	250	2			
62	250	2			
55	255	2			
66	260	2			
64	255	2			
64	260	2			
46	265	2			
40	268	2			
50	264	2			
45	250	2			
34	160	3			
32	150	3			
30	155	3			
66	155	3			
67	150	3	min	30	145
68	150	3	max	74	160
46	155	3	desviacion estan	15	5
70	145	3			
72	155	3			
50	155	3			
74	150	3			
70	160	3			
70	155	3			
60	158	3			
65	160	3			
65	150	3			
62	160	3			
36	136	4			
55	110	4			
52	120	4			
50	128	4	min	32	110
54	110	4	max	66	136
52	120	4	desviacion estan	8	9
52	110	4			
50	120	4			
48	130	4			
54	115	4			
56	120	4			
48	135	4			
58	125	4			
66	125	4			
32	135	4			
42	125	4			
40	135	4			
46	240	5			
58	238	5	min	36	210
40	230	5	max	78	240
45	240	5	desviacion estan	13	9
44	220	5			
36	220	5			
55	210	5			
60	215	5			
72	220	5			
60	230	5			
66	225	5			
72	215	5			
70	230	5			
60	235	5			
75	235	5			
78	225	5			
66	220	5			
62	240	5			
75	230	5			





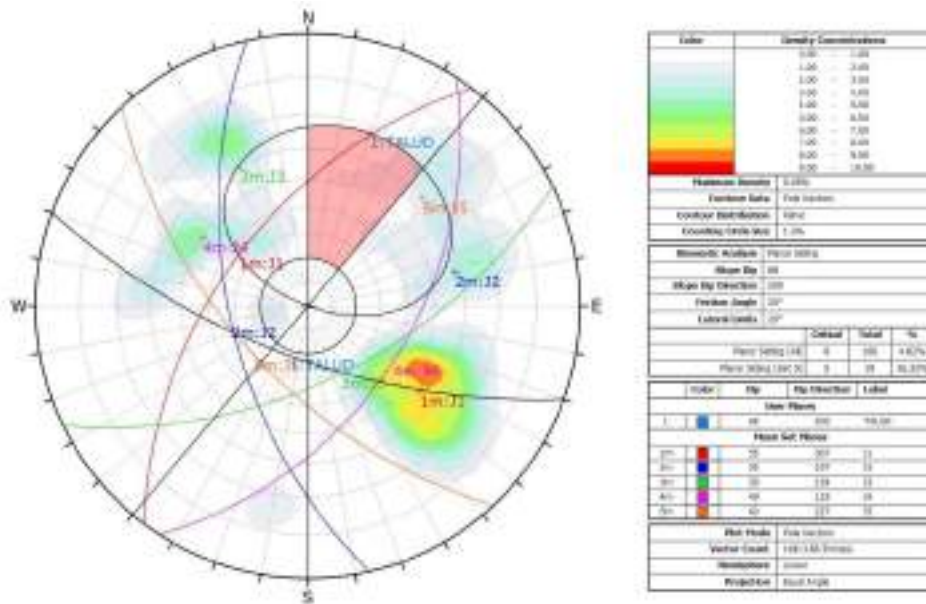


Figura N° 1: Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 1, Talud 68°/200°. La familia de diaclasas J5 presenta condiciones para mecanismo de falla planar.

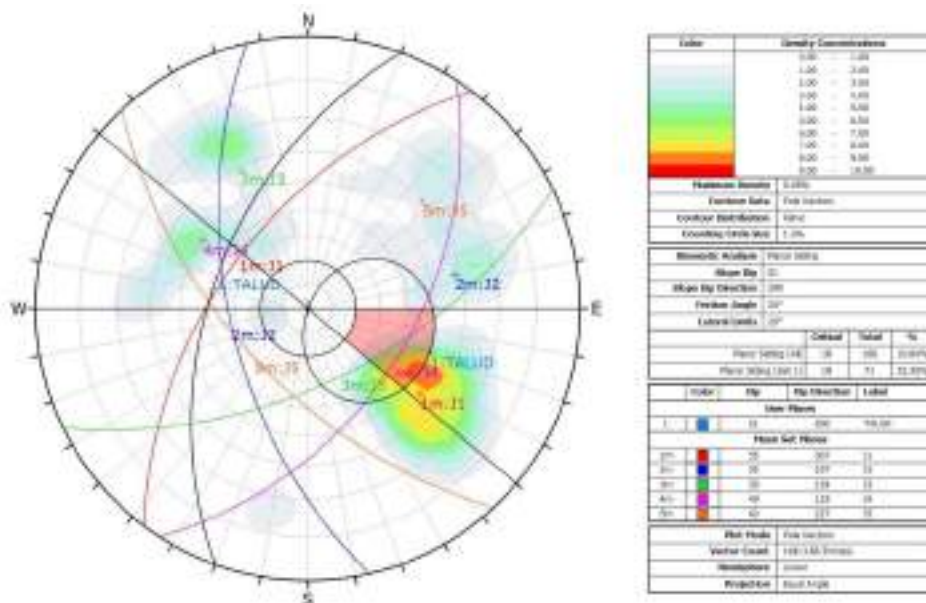


Figura N° 2: Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 2, Talud 51°/290°. No presenta condiciones para mecanismo de falla planar.

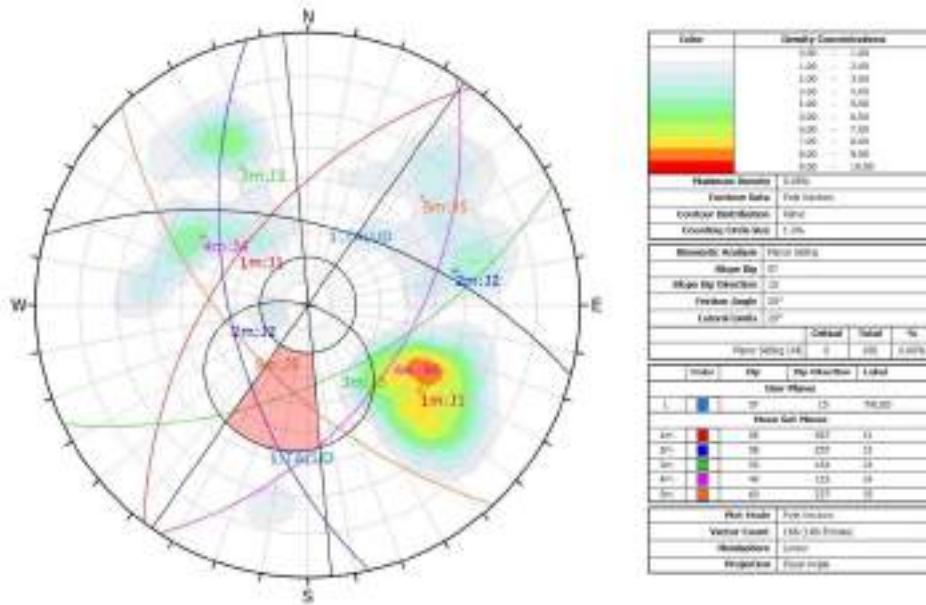


Figura N° 3: Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 3, Talud 57°/015°. No presenta condiciones para mecanismo de falla planar.

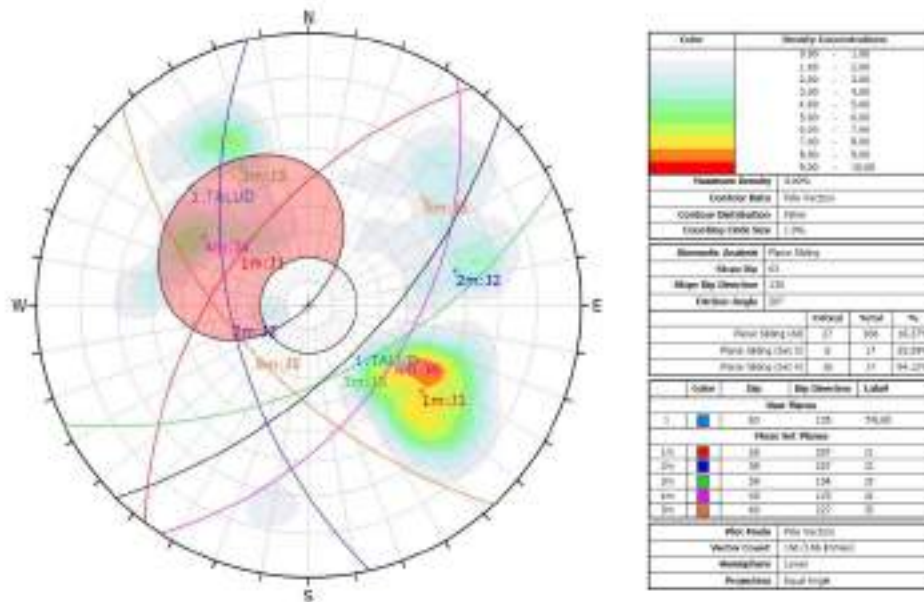


Figura N° 4: Tajo Huamanloma, Dominio estructural HUA-01, Zona 4, Talud 63°/135°. La familia de diaclasas J3 y J4 presenta condiciones para mecanismo de falla planar.

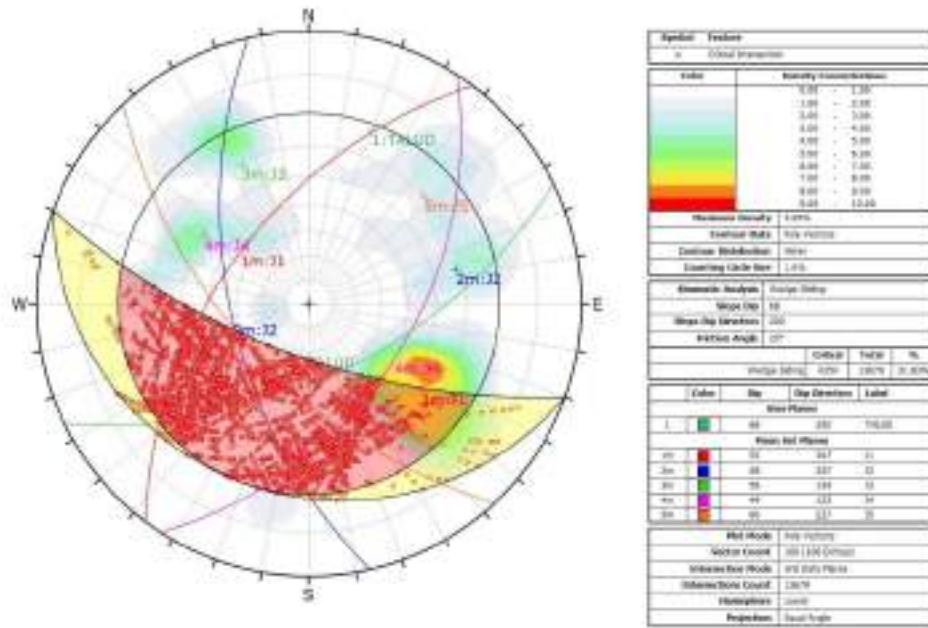


Figura N° 1: Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 1, Talud 68°/200°. Las familias de diaclasas J4/J5, J5/J3, J2/J4, J2/J3 y J1/J3 presentan condiciones para mecanismo de falla por cuña.

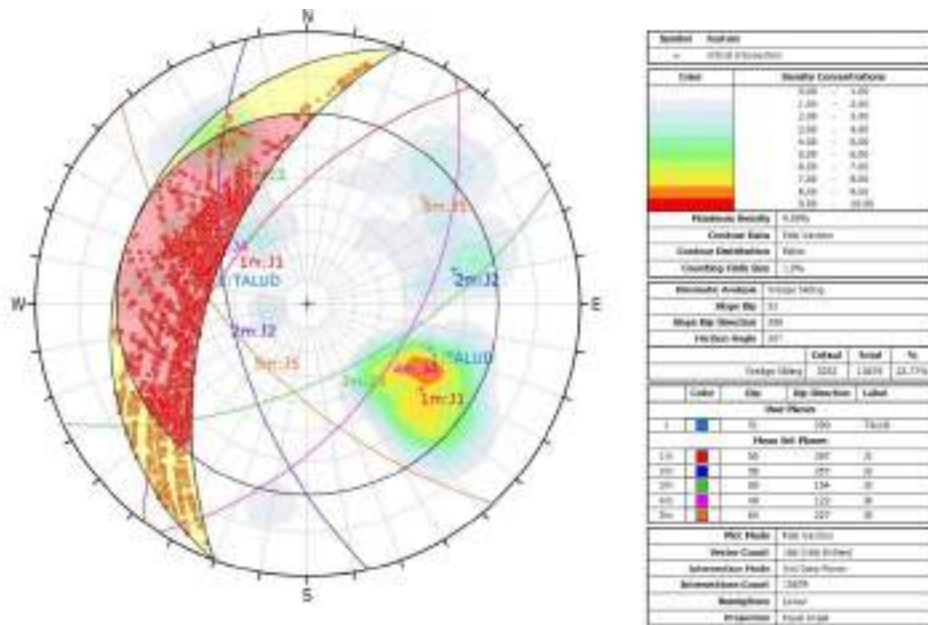


Figura N° 2: Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 2, Talud 51°/290°. Las familias de diaclasas J1/J3 presentan condiciones para mecanismo de falla por cuña.



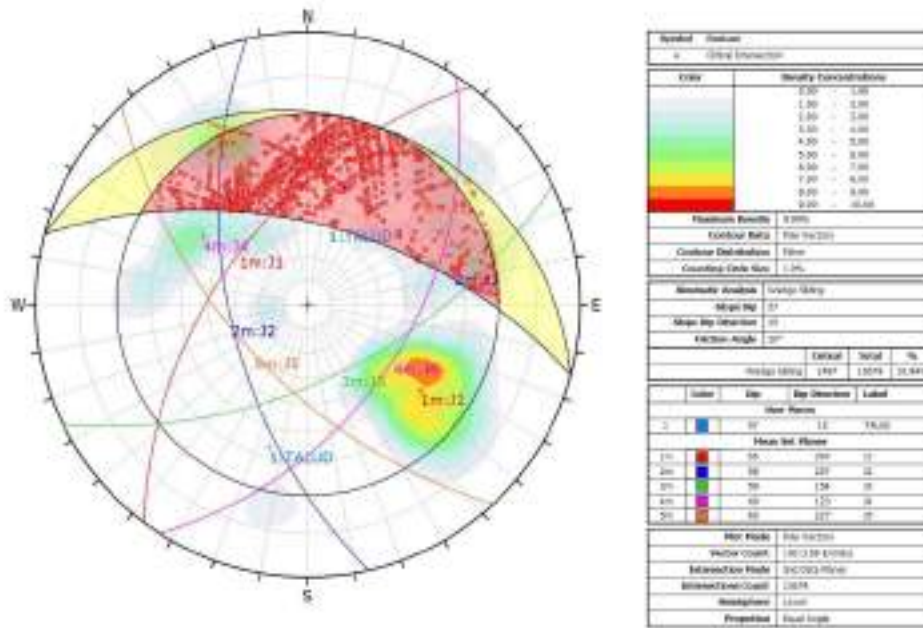


Figura N° 3: Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 3, Talud 57°/15°. No presentan condiciones para mecanismo de falla por cuña.

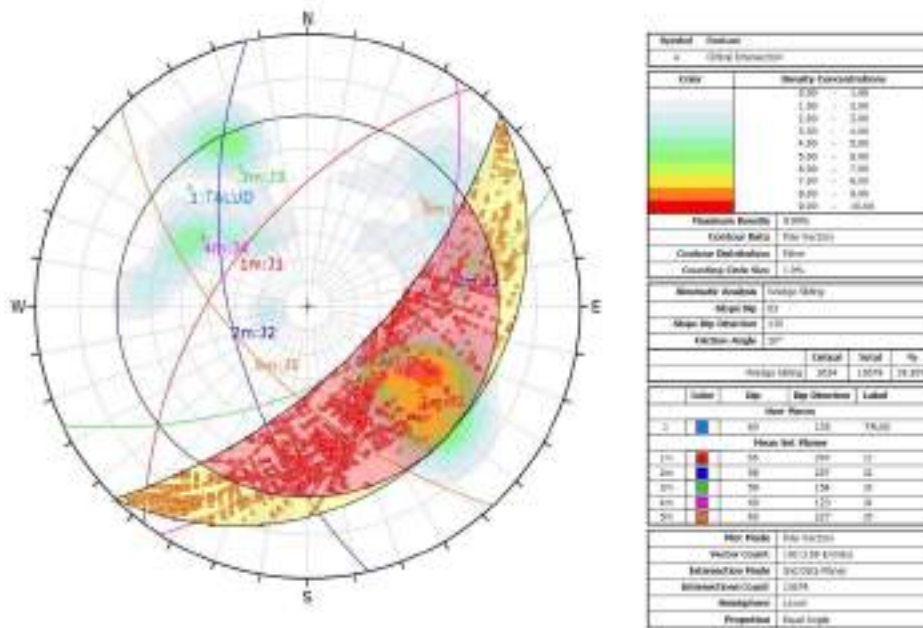
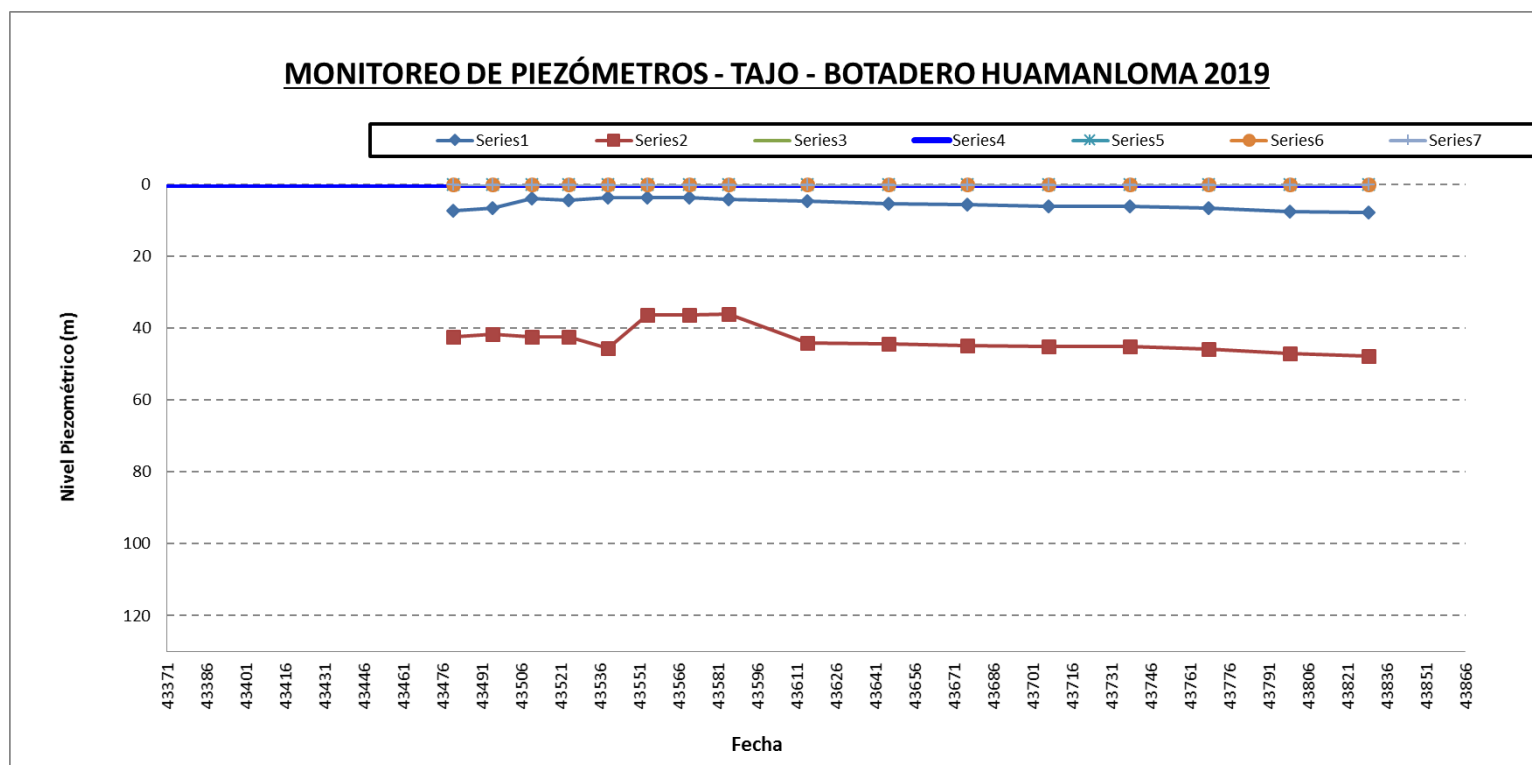
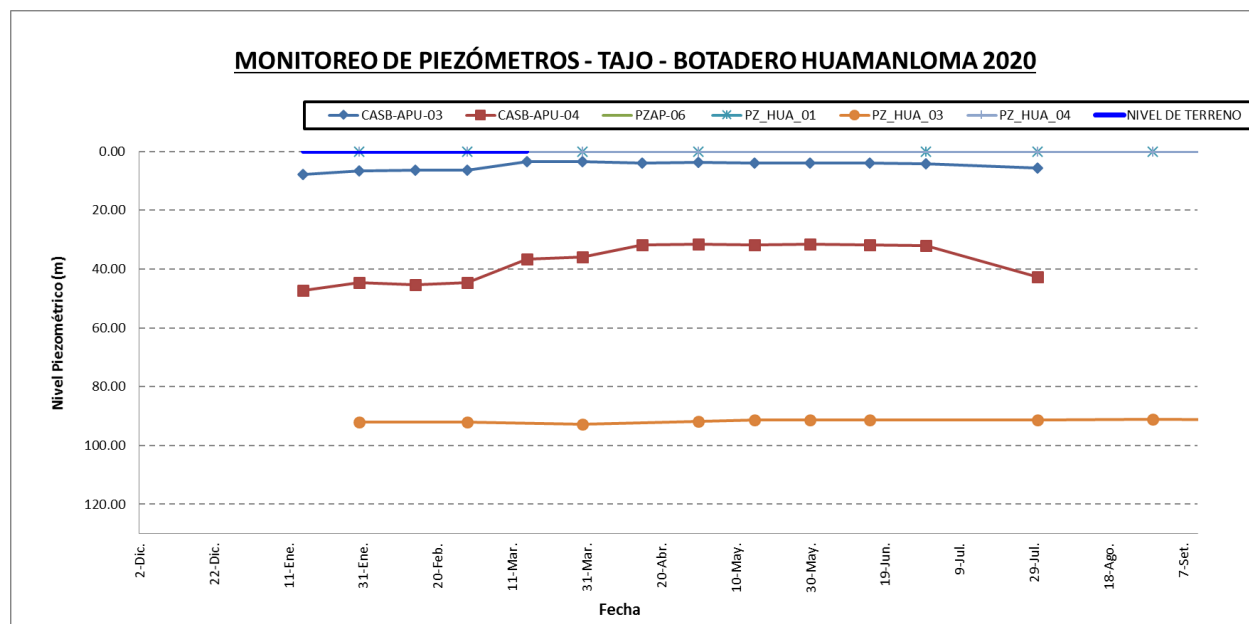


Figura N° 4: Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 4, Talud 63°/135°. Las familias de diaclasas J3/J4, J4/J5 y J4/J2 cumplen con condiciones para mecanismo de falla por cuña.

MEDICIÓN DE NIVEL PIEZOMÉTRICO - 2019																									
COMPONENTE	PIEZÓMETRO	ANGULO	COORDENADAS UTM WGS-84			PROFUNDIDAD (m)	ÉPOCA HÚMEDA												ÉPOCA SECA						
			NORTE	ESTE	COTA		DICIEMBRE	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
							30-Dic	15-Ene	30-Ene	14-Feb	28-Feb	15-Mar	30-Mar	15-Abr	30-Abr	30-May	30-Jun	30-Jul	30-Ago	30-Set	30-Oct	30-Nov	30-Dic		
TAJO - BOTADERO HUAMANLOMA	CASB-APU-03	-90	8 347 132	615 188	4160	> 100	5.83	7.20	6.52	4.00	4.38	3.55	3.62	3.58	4.12	4.65	5.32	5.58	6.06	6.13	6.63	7.65	7.80		
	CASB-APU-04	-90	8348184	613933	4028.13	100.00	41.44	42.28	41.69	42.42	42.47	45.50	36.41	36.29	36.15	44.06	44.30	44.86	45.01	45.19	45.86	47.14	47.70		
	PZAP-06	-90	8 346 906	613 949	4103	50.34	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	
	PZ_HUA_01	-90	8347797	615179	4119.4678	115.00																		SECO	
	PZ_HUA_03	-70	8348044	614394	4074.29	100.00																			
	PZ_HUA_04	-70	8347882	614737	4104.36	130.00																			



MEDICIÓN DE NIVEL PIEZOMÉTRICO - 2020																									
COMPONENTE	PIEZÓMETRO	ÁNGULO	COORDENADAS UTM WGS-84				PROFUNDIDAD (m)	ÉPOCA HÚMEDA												ÉPOCA SECA					
			NORTE	ESTE	COTA	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
						15-Ene		30-Ene	14-Feb	28-Feb	15-Mar	30-Mar	15-Abr	30-Abr	15-May	30-May	15-Jun	30-Jun	30-Jul	30-Ago	30-Set	30-Oct	30-Nov	30-Dic	
TAJO - BOTADERO HUAMANLOMA	CASB-APU-03	-90	8347124	615199	4162.45	100.0	7.79	6.64	6.46	6.33	3.47	3.46	3.96	3.83	3.96	3.99	3.96	4.21	5.66	5.28	6.14				
	CASB-APU-04	-90	8348185	613933	4028.39	100.00	47.26	44.70	45.32	44.50	36.52	35.88	31.82	31.67	31.82	31.58	31.68	31.98	42.58	35.04	43.71				
	PZAP-06	-90	8346899	613959	4103.67	50.34	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO				
	PZ_HUA_01	-80	8347797	615179	4119.47	115.00		SECO		SECO		SECO		SECO		SECO		SECO	SECO	SECO	SECO				
	PZ_HUA_03	-70	8348044	614394	4074.29	100.00		92.14		92.17		92.86		91.81	91.30	91.30	91.28		91.28	91.03	91.33				
	PZ_HUA_04	-70	8347882	614736	4104.36	130.00		SECO		SECO		SECO		SECO					SECO	SECO	SECO				



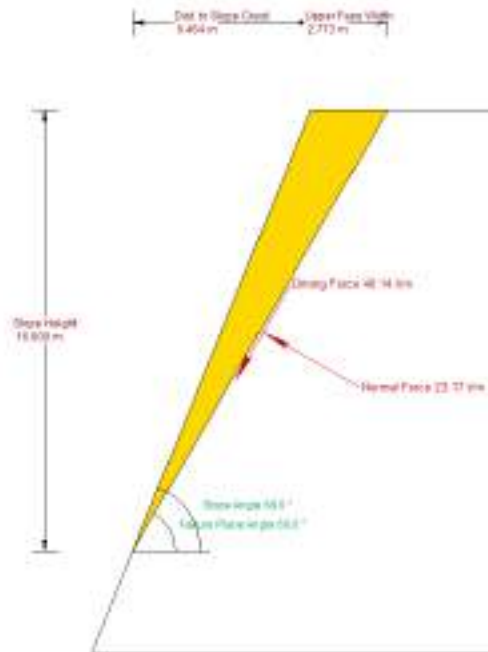


Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 1, Sílice Clay
 Análisis estático / pseudoestático - F.S.= 1.349/ 0.8681

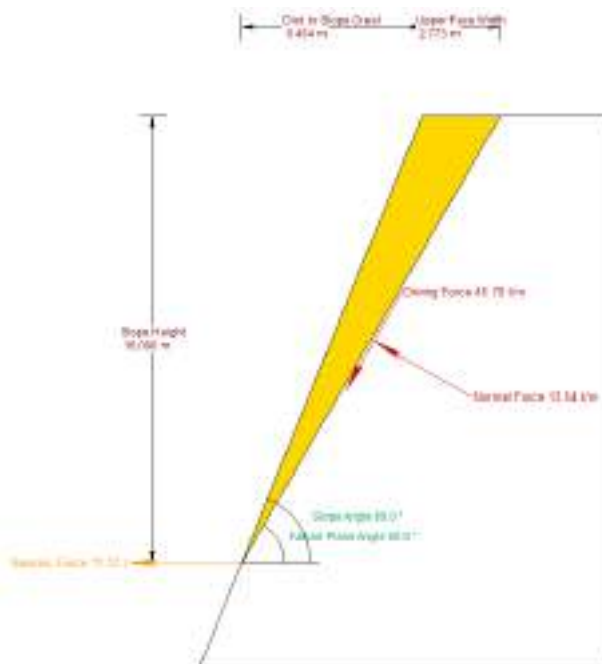
	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	68	200
Familia de discontinuidades J5	60	227

Análisis estático:



Factor of Safety	1.35
Driving Force	40.14t/m
Resisting Force	54.16t/m
Wedge Weight	46.35t/m
Wedge Volume	22.19m ³ /m
Shear Strength	54.16t/m ²
Normal Force	23.17t/m
Plane Waviness	0.0°

Análisis pseudoestático:



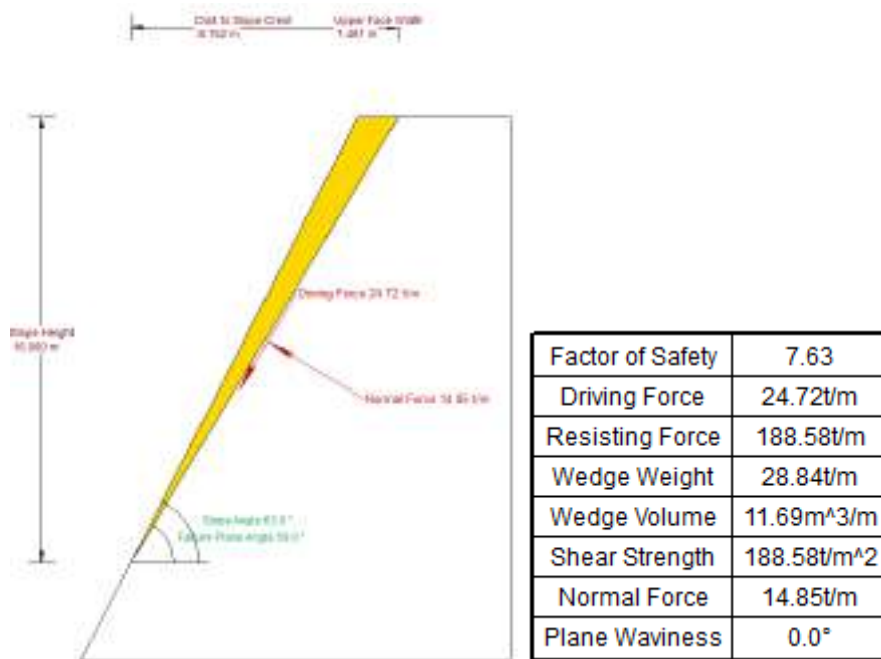
Factor of Safety	0.87
Driving Force	45.70t/m
Resisting Force	39.67t/m
Wedge Weight	46.35t/m
Wedge Volume	22.19m ³ /m
Shear Strength	39.67t/m ²
Normal Force	13.54t/m
Seismic Force	11.12t
Plane Waviness	0.0°

Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

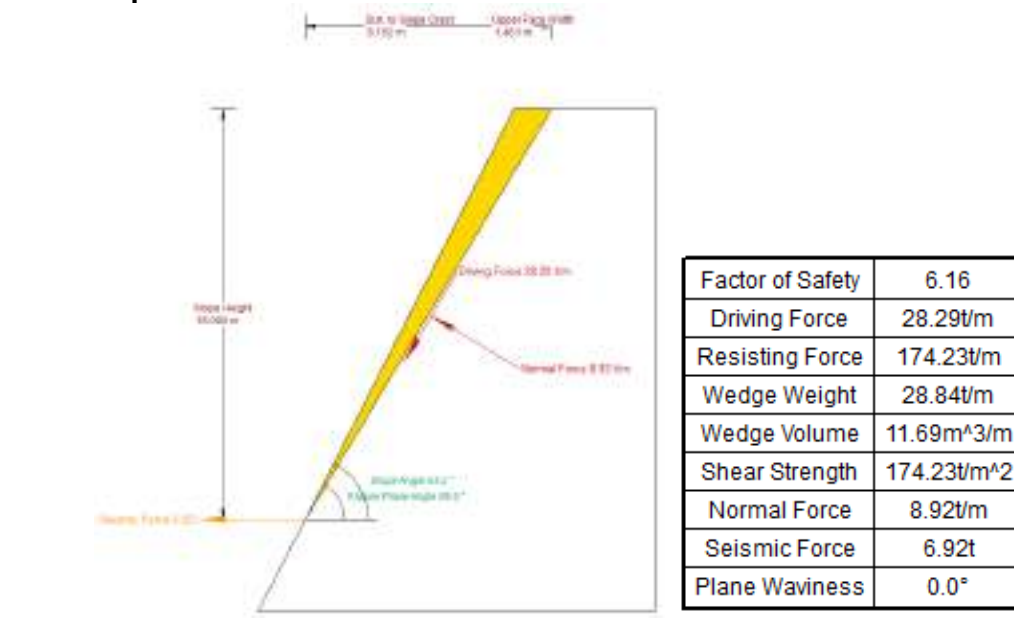
Tajo Huamanloma, Dominio estructural HUA-01, Zona 4, Sílice Masiva
 Análisis estático / pseudoestático - F.S.= **7.6281/ 6.159**

	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	63	135
Familia de discontinuidades J3	59	154

Análisis estático:



Análisis pseudoestático:

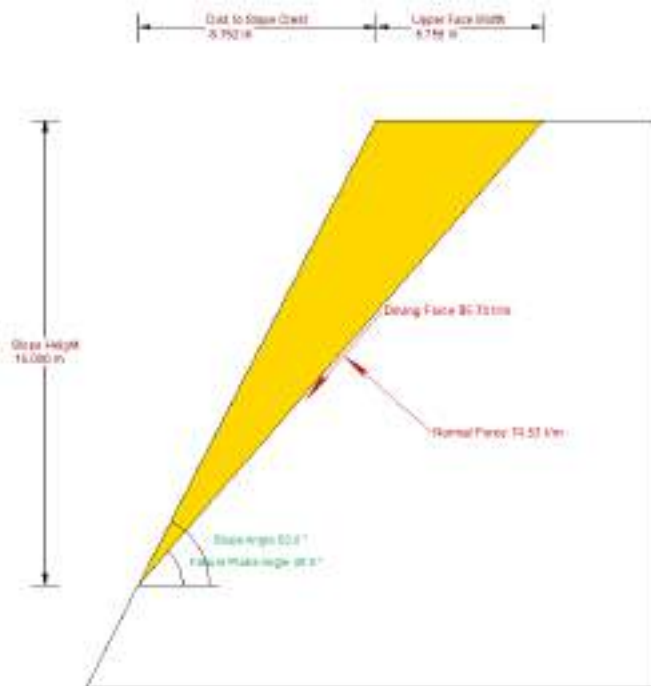


Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma, Dominio estructural HUA-01, Zona 4, Sílice Masiva
 Análisis estático / pseudoestático - F.S.= 3.966/ 2.87

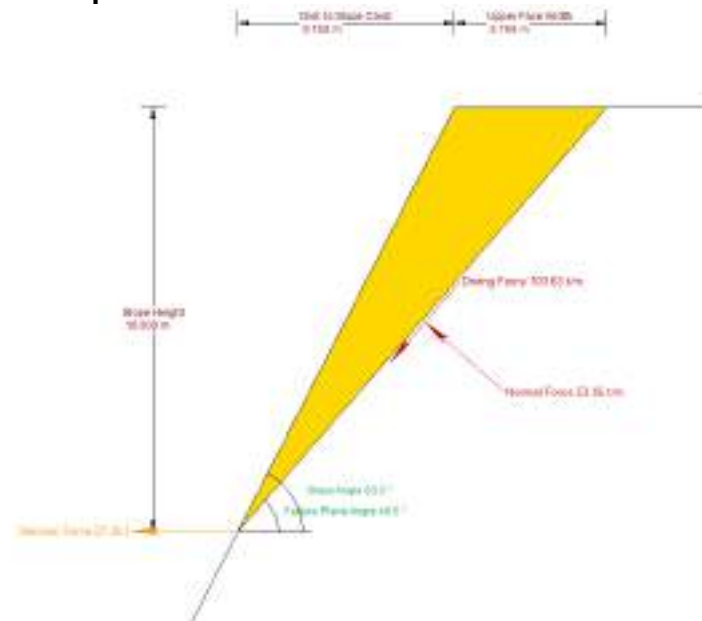
	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	63	135
Familia de discontinuidades J4	49	123

Análisis estático:



Factor of Safety	3.97
Driving Force	85.74t/m
Resisting Force	340.02t/m
Wedge Weight	113.60t/m
Wedge Volume	46.05m ³ /m
Shear Strength	340.02t/m ²
Normal Force	74.53t/m
Plane Waviness	0.0°

Análisis pseudoestático:

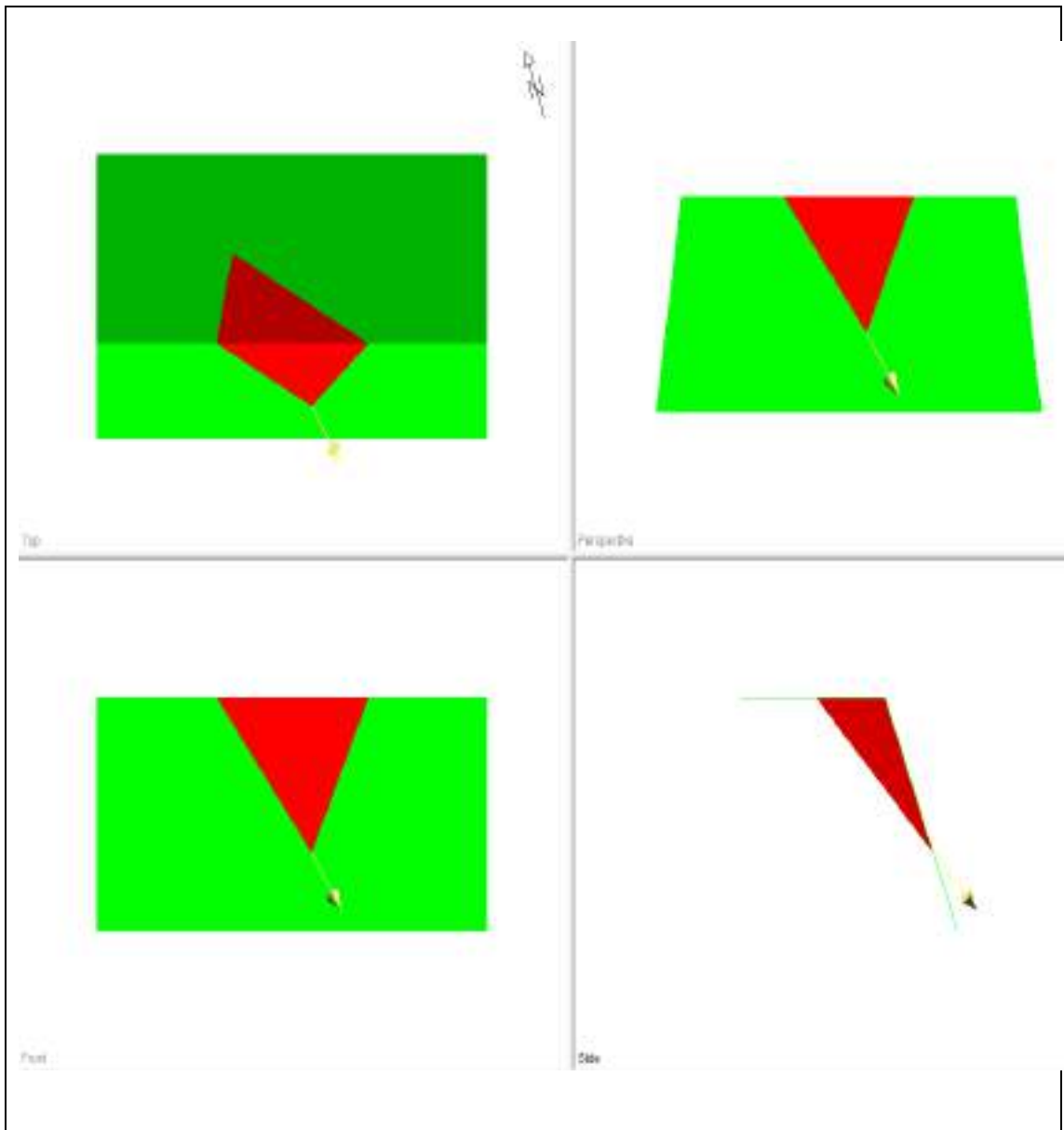


Factor of Safety	2.87
Driving Force	103.63t/m
Resisting Force	297.38t/m
Wedge Weight	113.60t/m
Wedge Volume	46.05m ³ /m
Shear Strength	297.38t/m ²
Normal Force	53.95t/m
Seismic Force	27.26t
Plane Waviness	0.0°

Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 1, Sílice Clay,
Análisis estático / pseudoestático - F.S.= 1.826 / 1.598

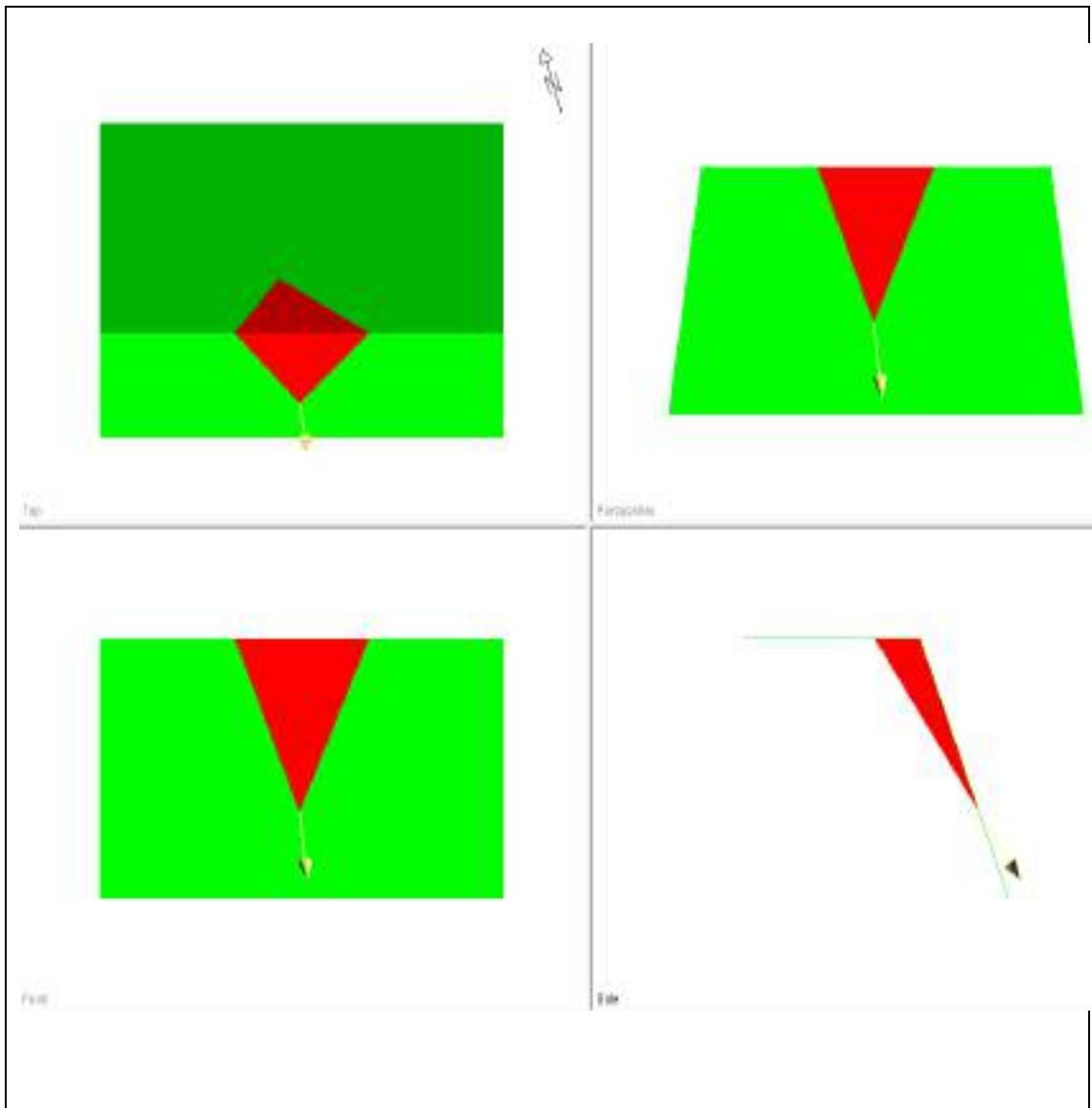
	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	60	200
Familia de discontinuidades J4	49	123
Familia de discontinuidades J5	60	227



Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 1, Sílice Clay,
Análisis estático / pseudoestático - F.S.= 1.729 / 1.332

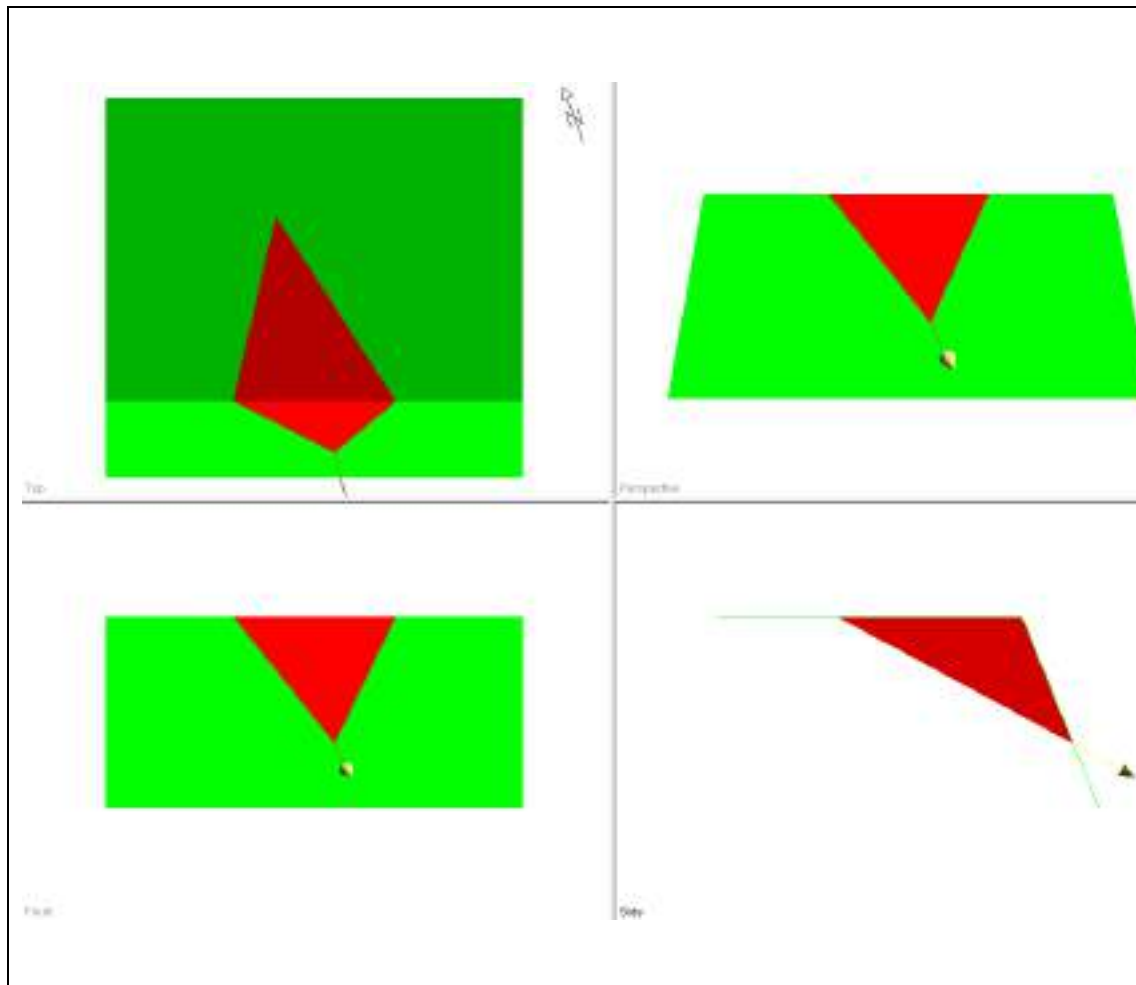
	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	60	200
Familia de discontinuidades J3	59	154
Familia de discontinuidades J5	60	227



Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 1, Sílice Clay,
Análisis estático / pseudoestático - F.S.= 3.349 / 2.205

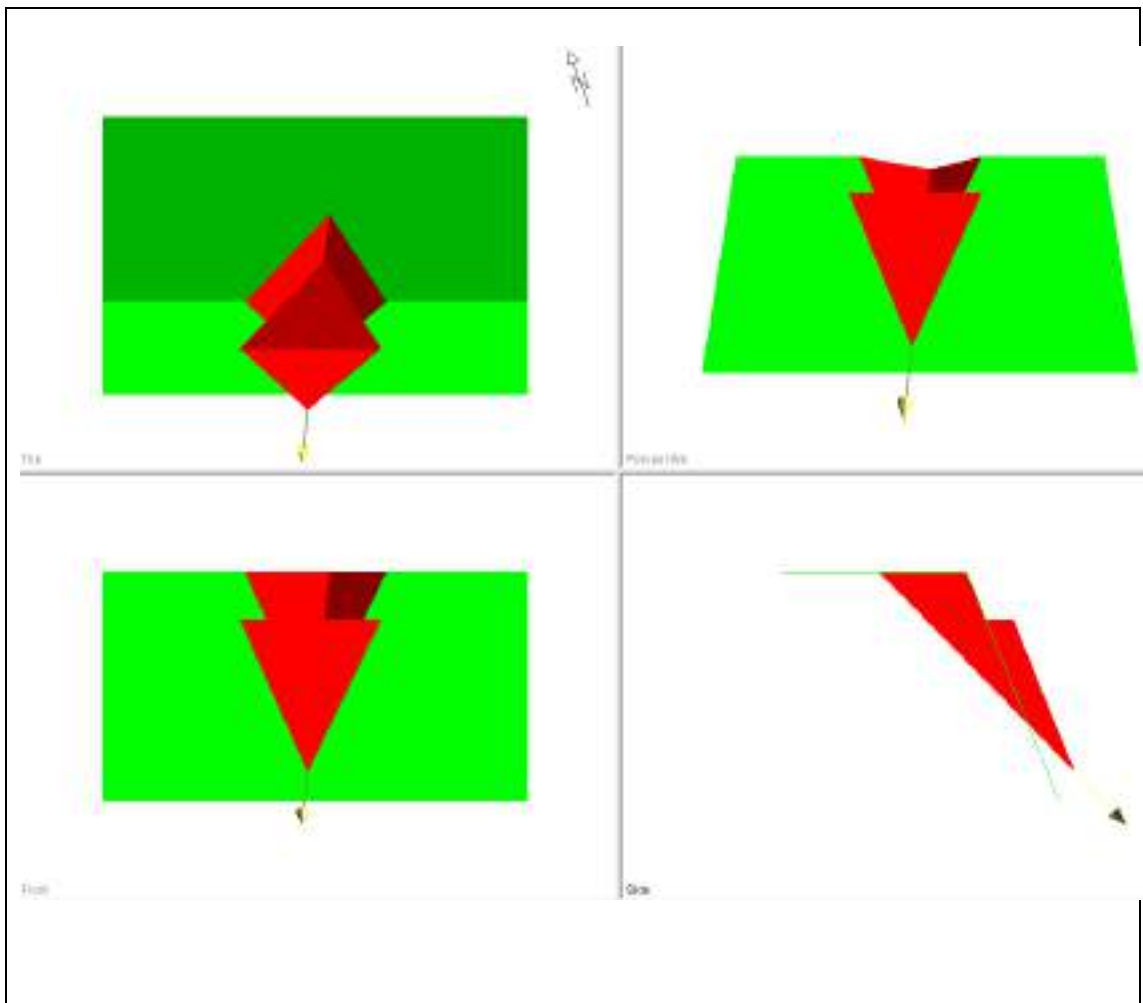
	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	60	200
Familia de discontinuidades J2	58	257
Familia de discontinuidades J4	49	123



Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 1, Sílice Clay,
Análisis estático / pseudoestático - F.S.= 1.974 / 1.477

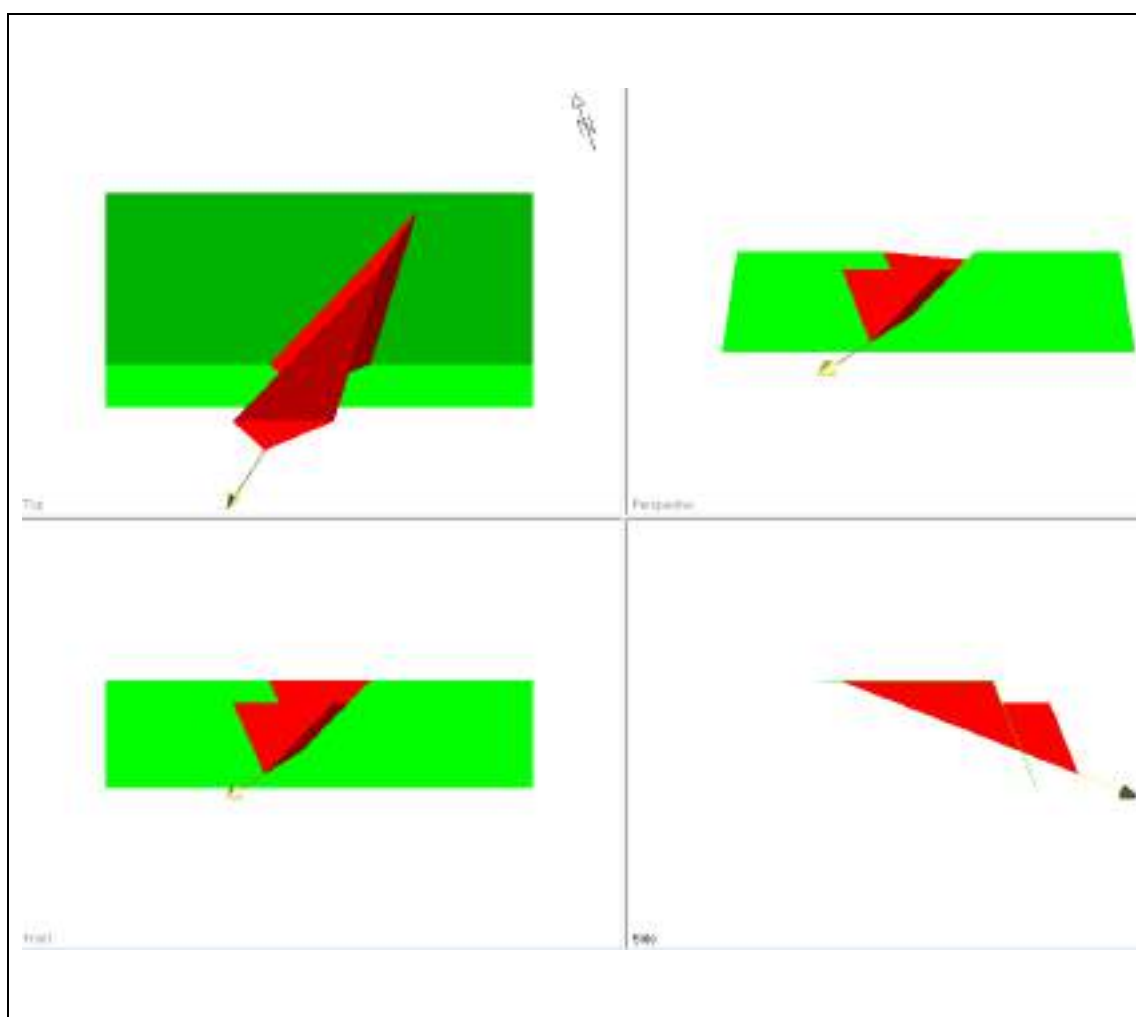
	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	60	200
Familia de discontinuidades J2	58	257
Familia de discontinuidades J3	59	154



Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 1, Sílice Clay,
Análisis estático / pseudoestático - F.S.= **5.536 / 3.186**

	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	60	200
Familia de discontinuidades J1	55	307
Familia de discontinuidades J3	59	154

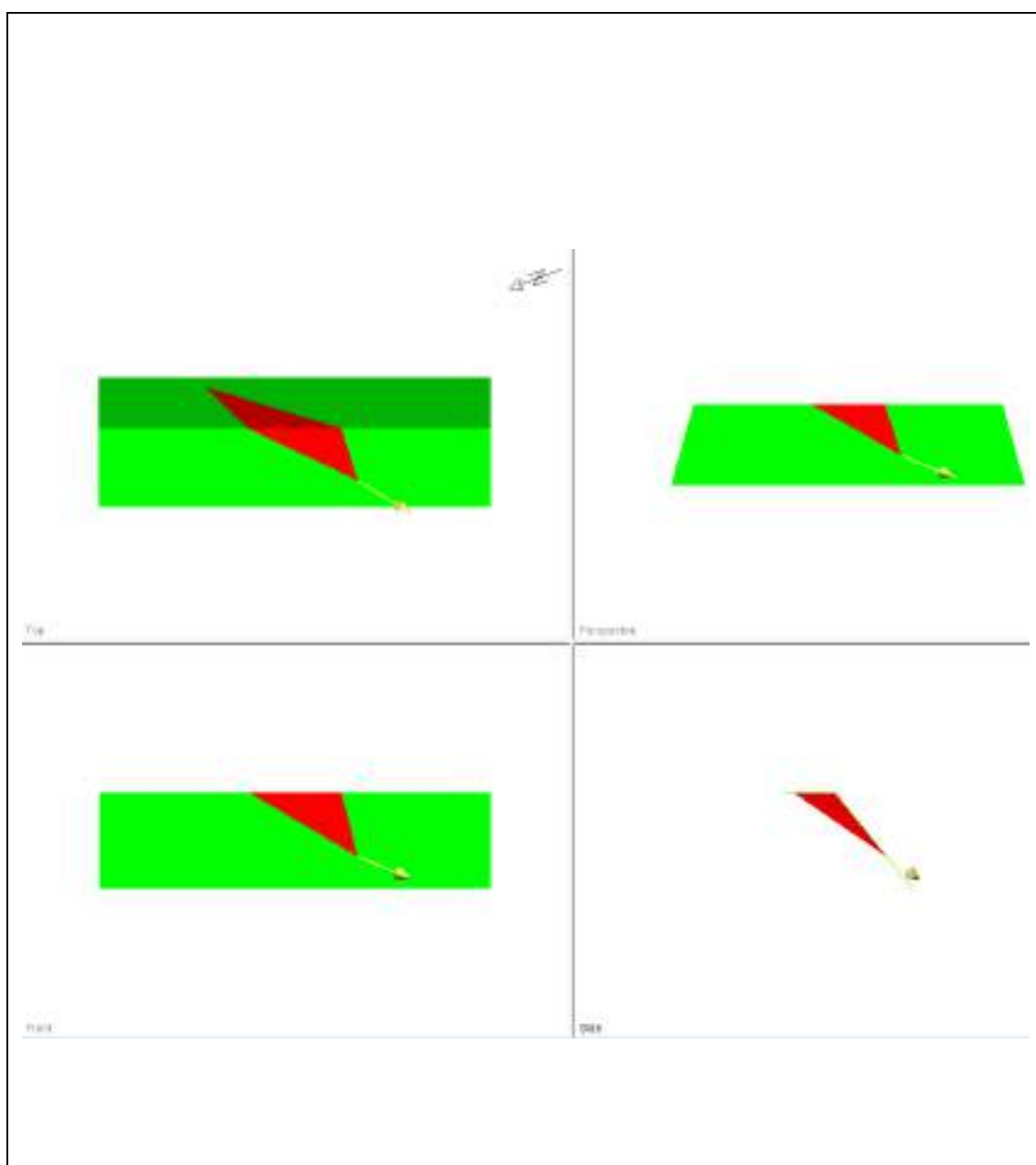


Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 2, Sílice Granular Moderada,

Análisis estático / pseudoestático - F.S.= **3,84 / 3,18**

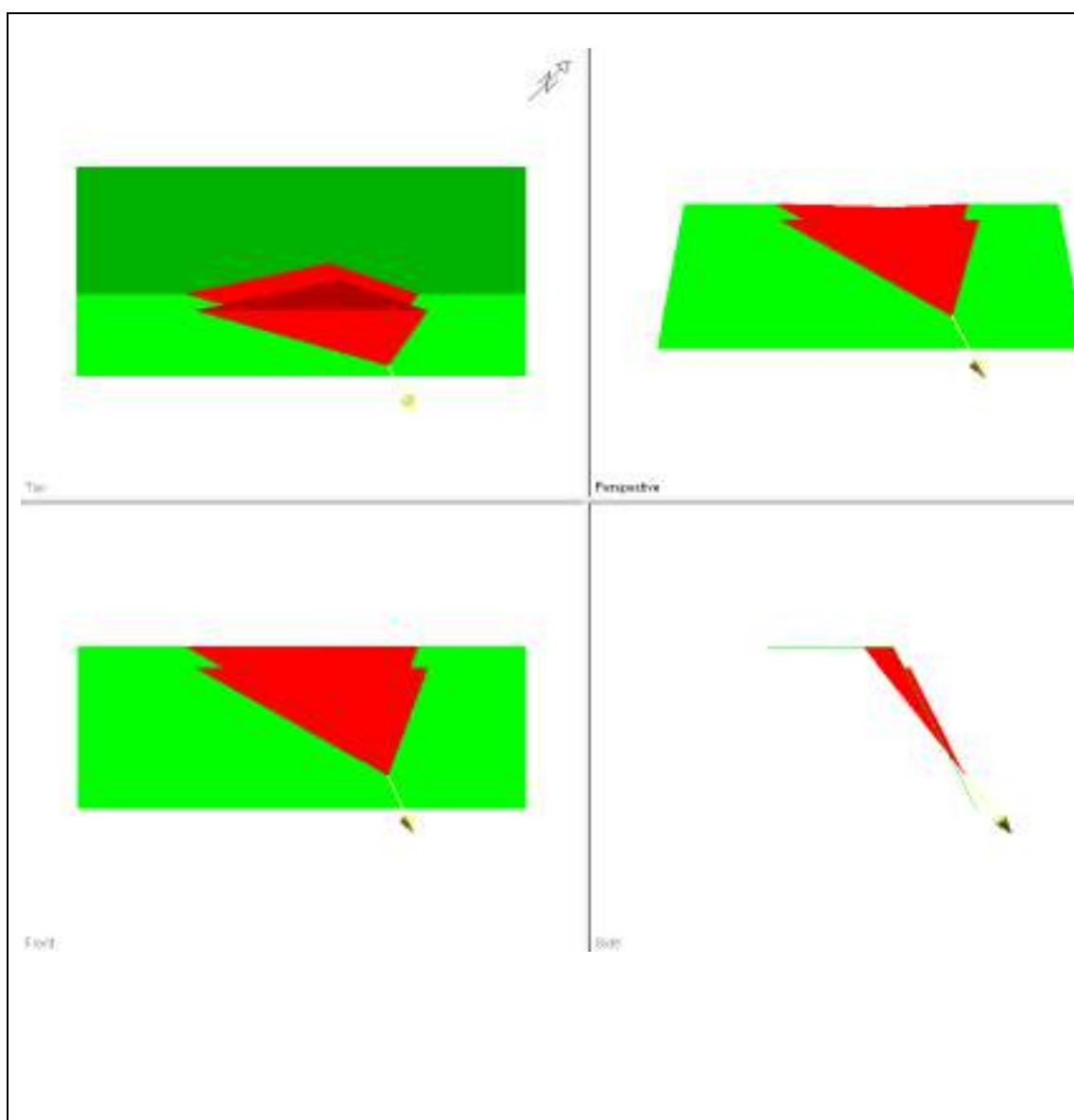
	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	51	290
Familia de discontinuidades J1	55	307
Familia de discontinuidades J3	59	154



Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 4, Sílice Masiva,
Análisis estático / pseudoestático - F.S.= 5.774 / 4.398

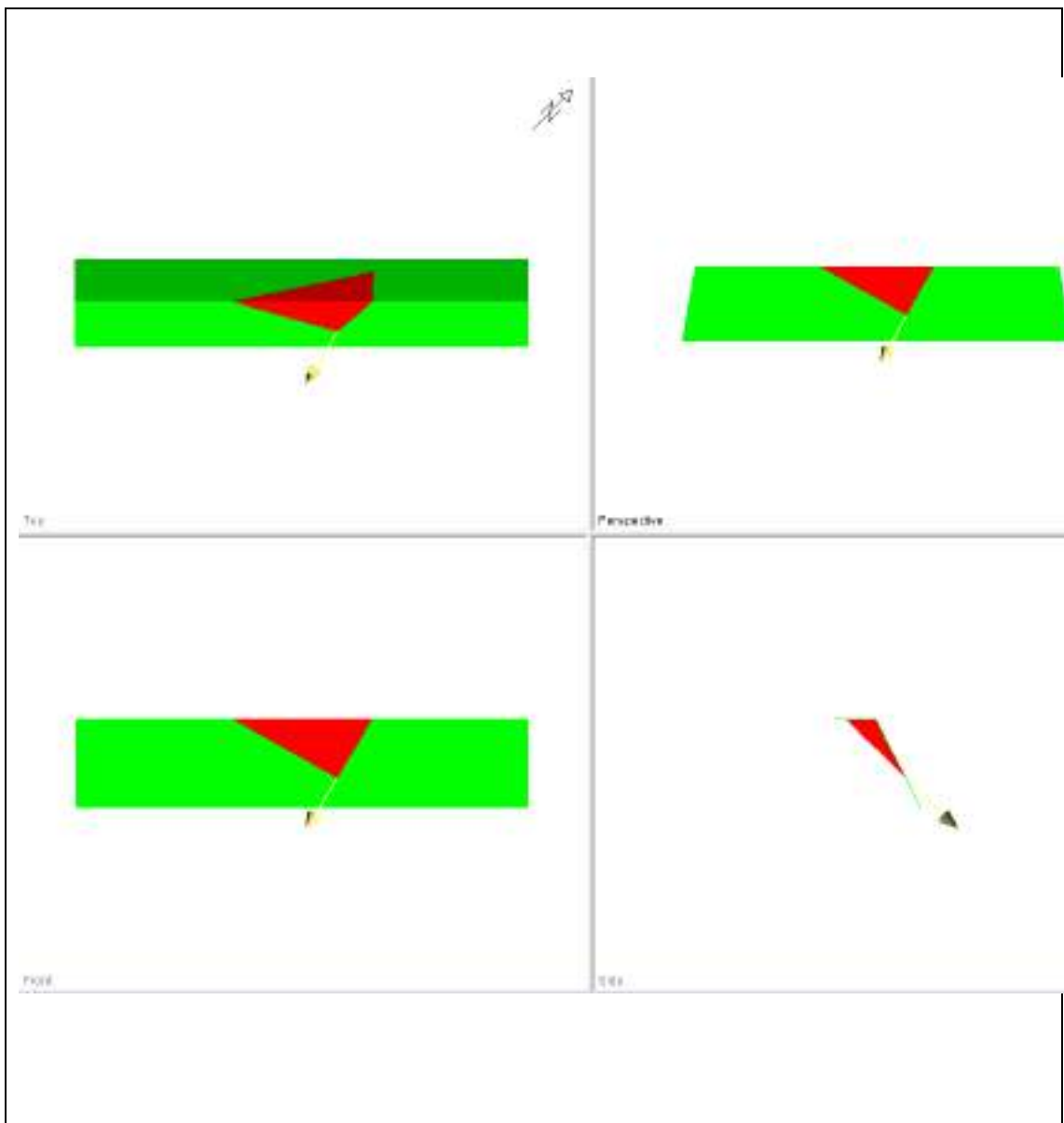
	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	63	135
Familia de discontinuidades J4	49	123
Familia de discontinuidades J3	59	154



Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 4, Sílice Masiva,
Análisis estático / pseudoestático - F.S.= **7.78 / 5.667**

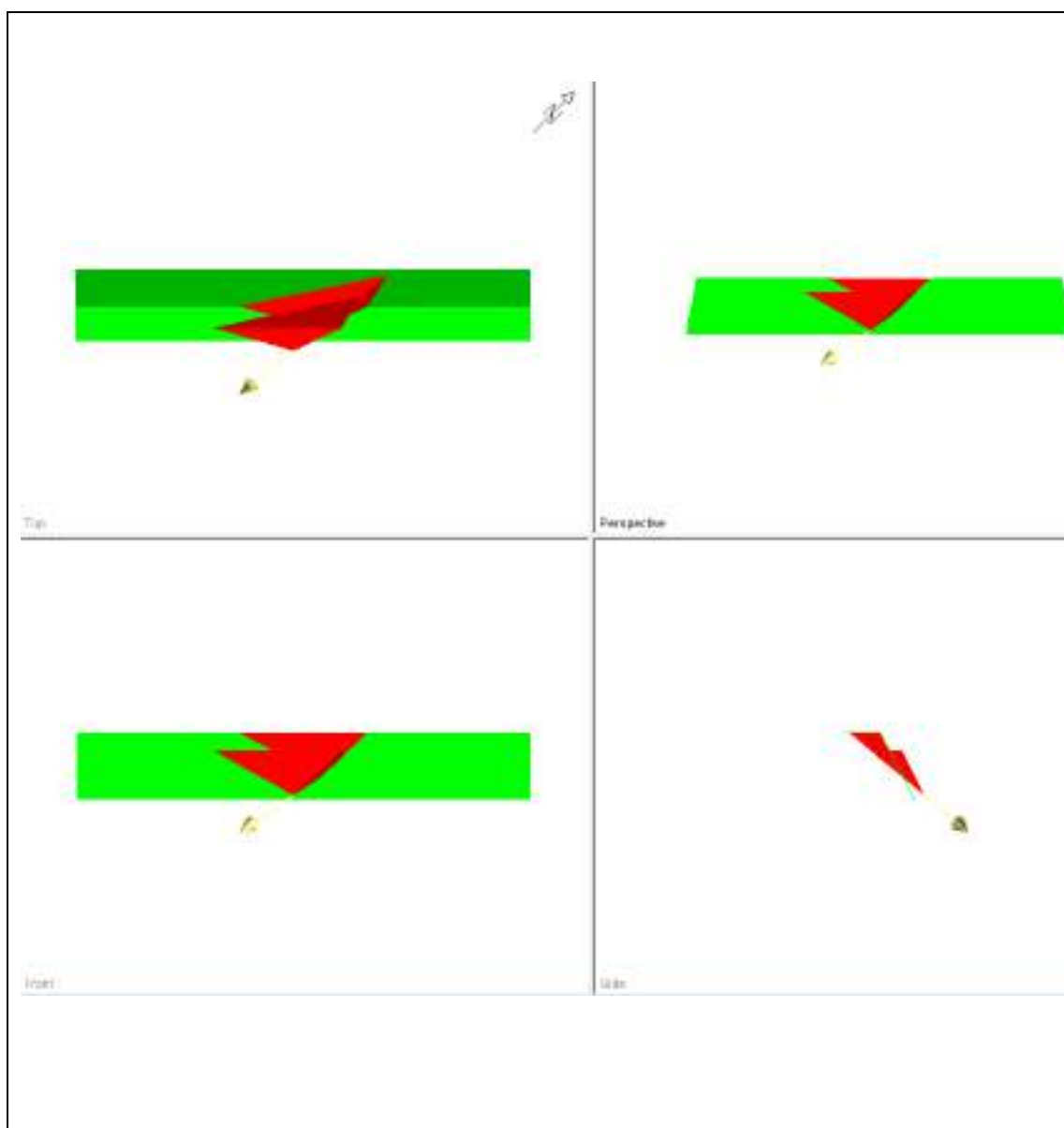
	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	63	135
Familia de discontinuidades J4	49	123
Familia de discontinuidades J5	60	227



Análisis de Estabilidad de Taludes - Talud local

Tajo Huamanloma NW, Dominio estructural HUA-01, Zona 4, Sílice Masiva,
Análisis estático / pseudoestático - F.S.= 10.58 / 6.967

	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Talud	63	135
Familia de discontinuidades J4	49	123
Familia de discontinuidades J2	58	257

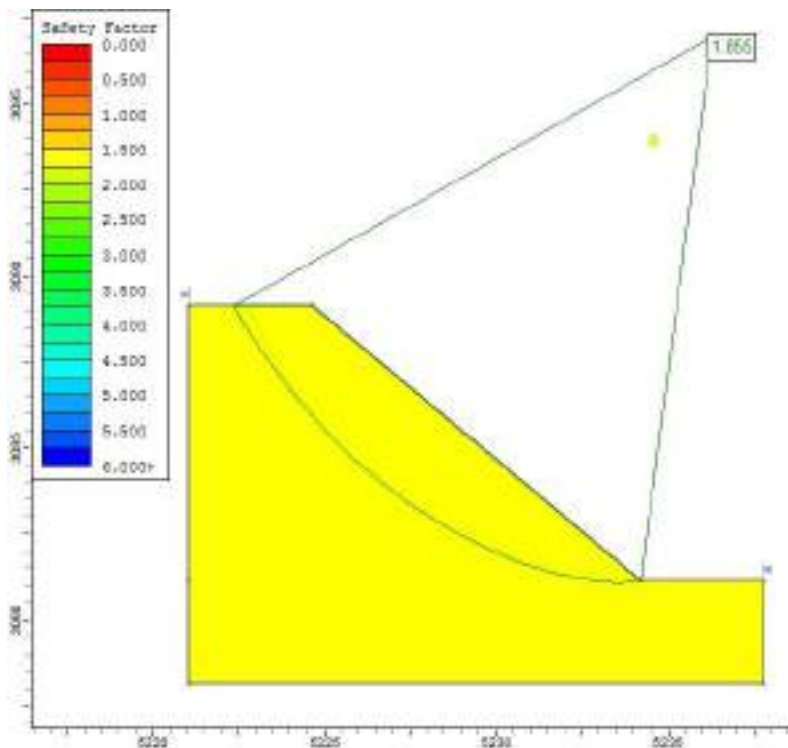




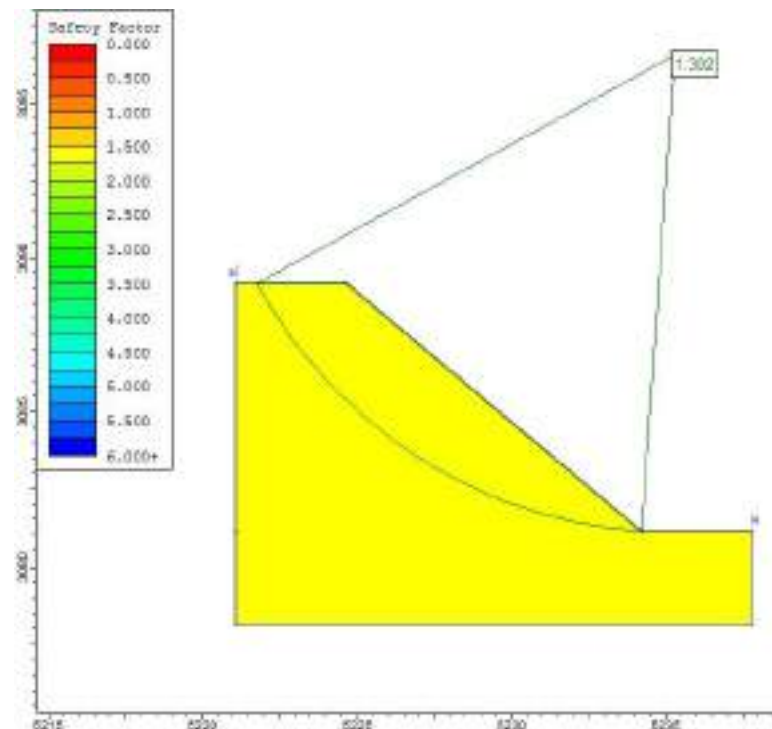


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



CLAY - 40°

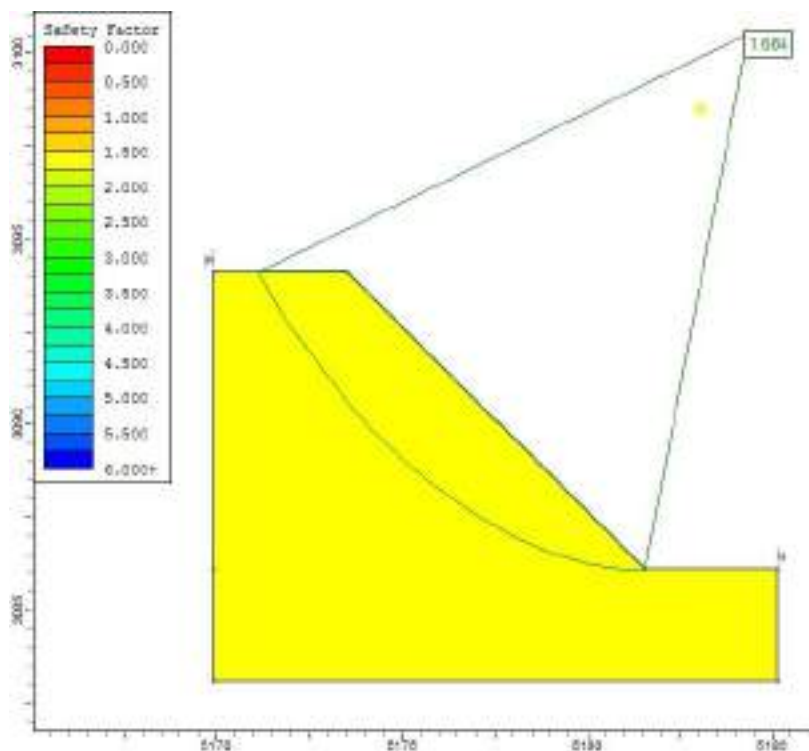
Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Análisis	Local
FS Condición Estática	1.855
FS Condición Pseudo Estática	1.302



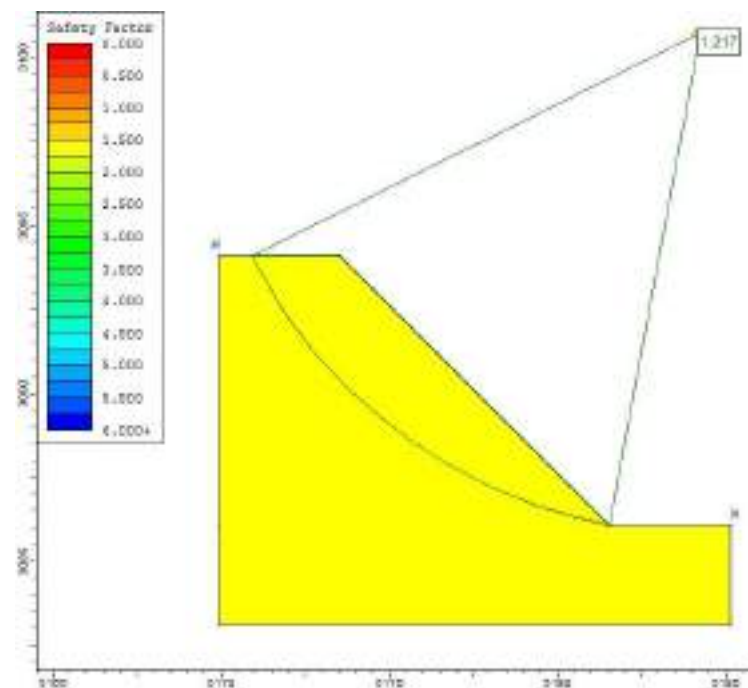


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



CLAY - 45°

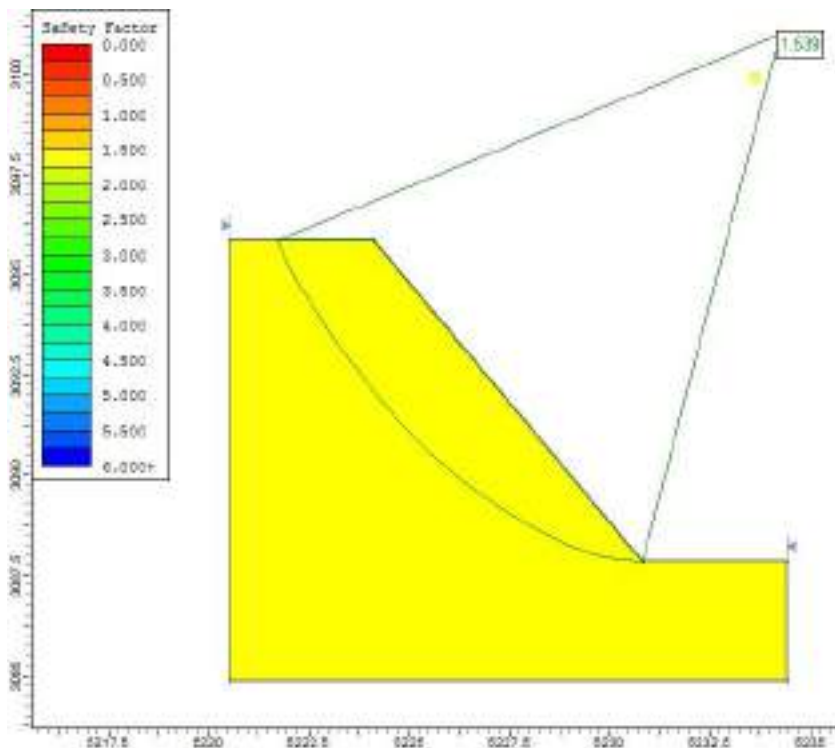
Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	1.684
FS Condición Pseudo Estatica	1.217



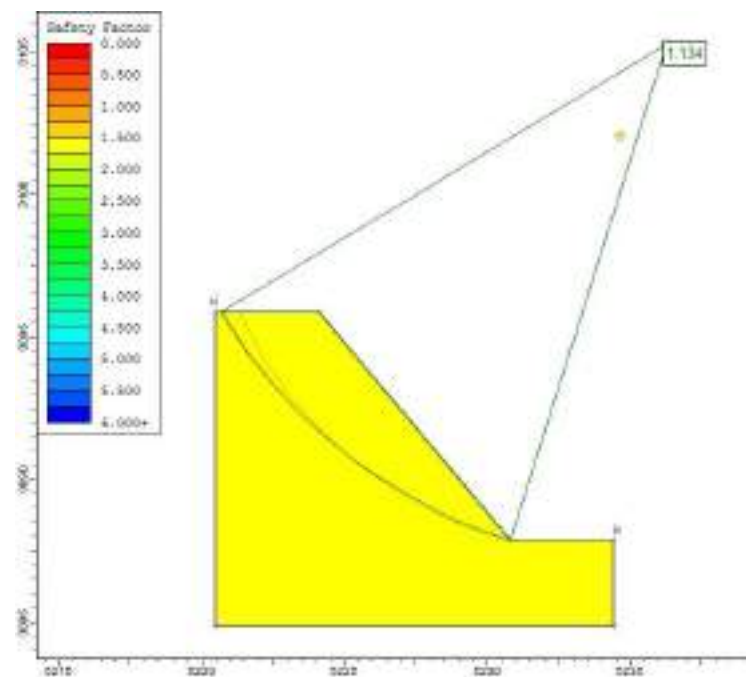


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



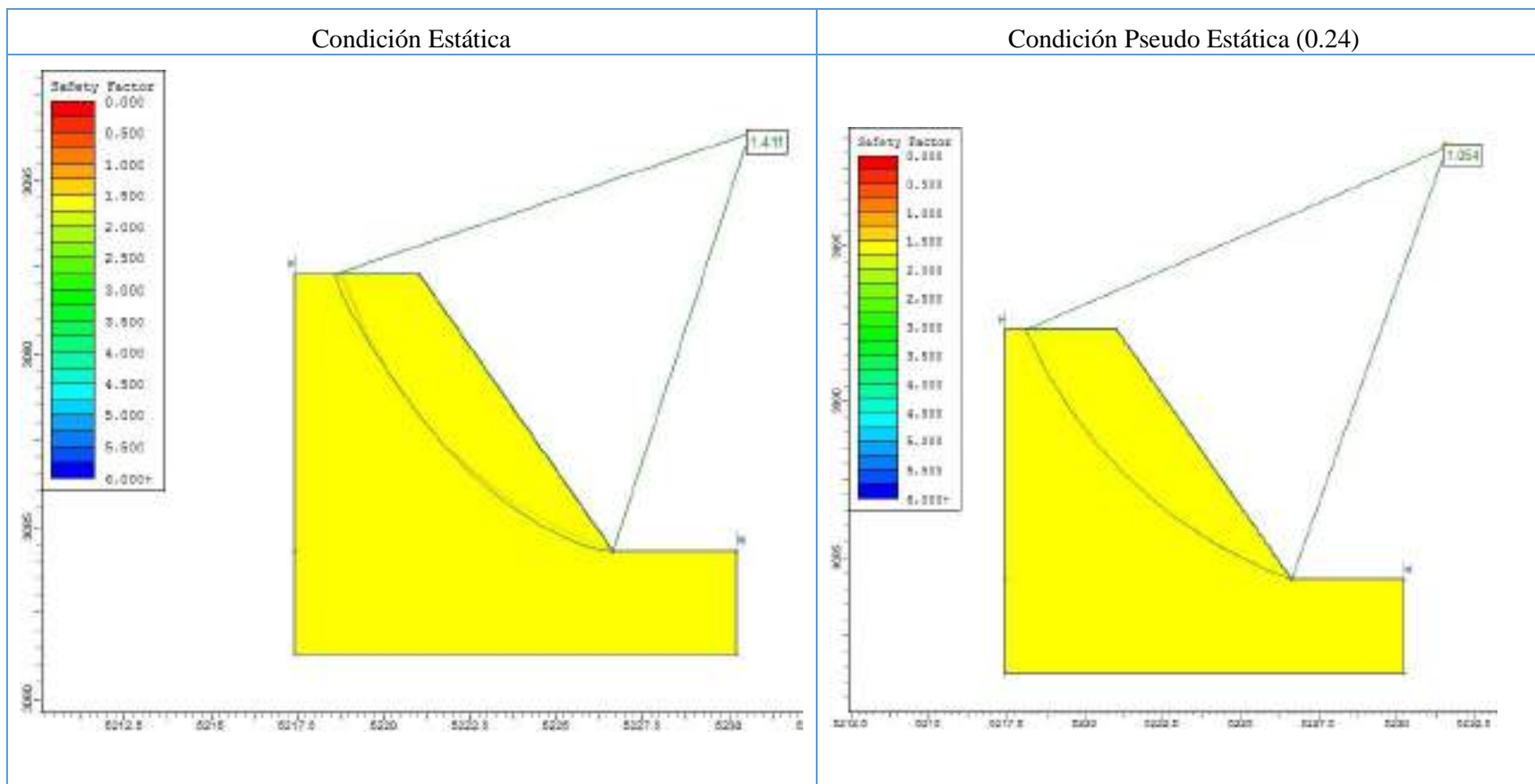
CLAY - 50°

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Análisis	Local
FS Condición Estática	1.539
FS Condición Pseudo Estática	1.134





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW



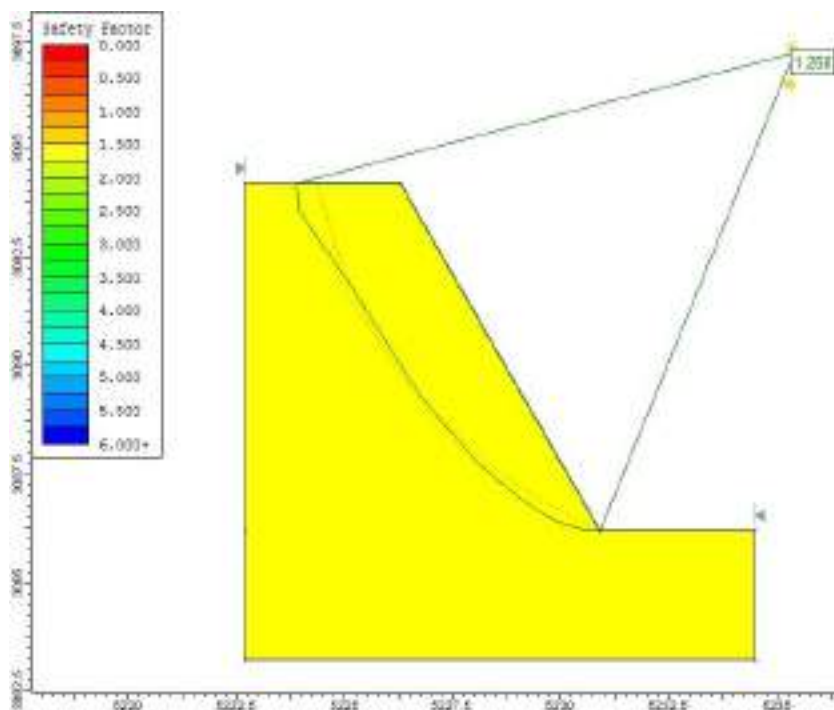
CLAY - 55°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.411
	FS Condición Pseudo Estatica	1.054



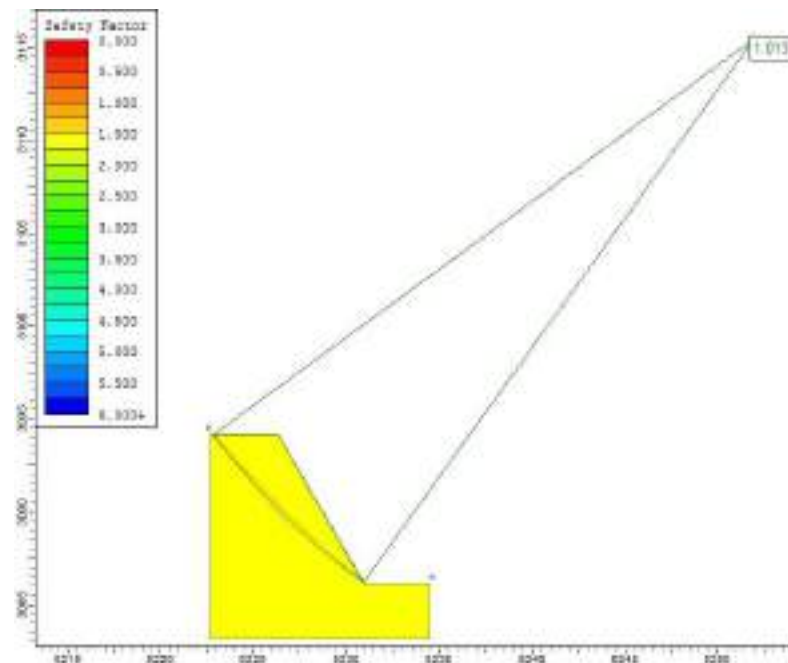


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



CLAY - 60°

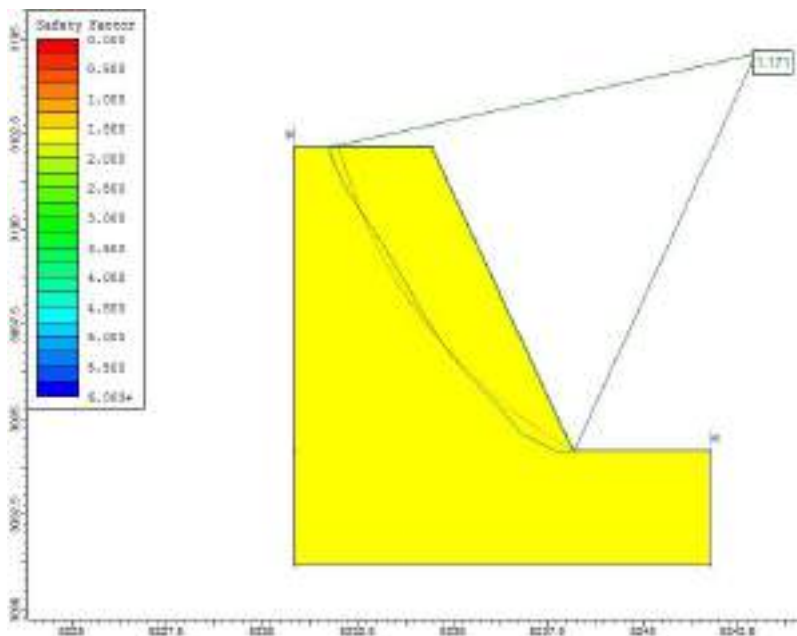
Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	1.268
FS Condición Pseudo Estatica	1.013



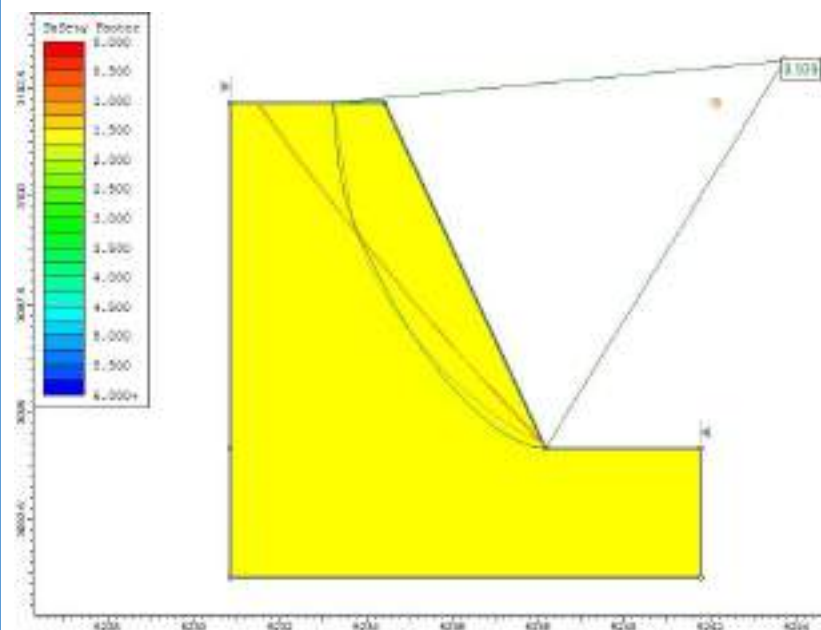


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



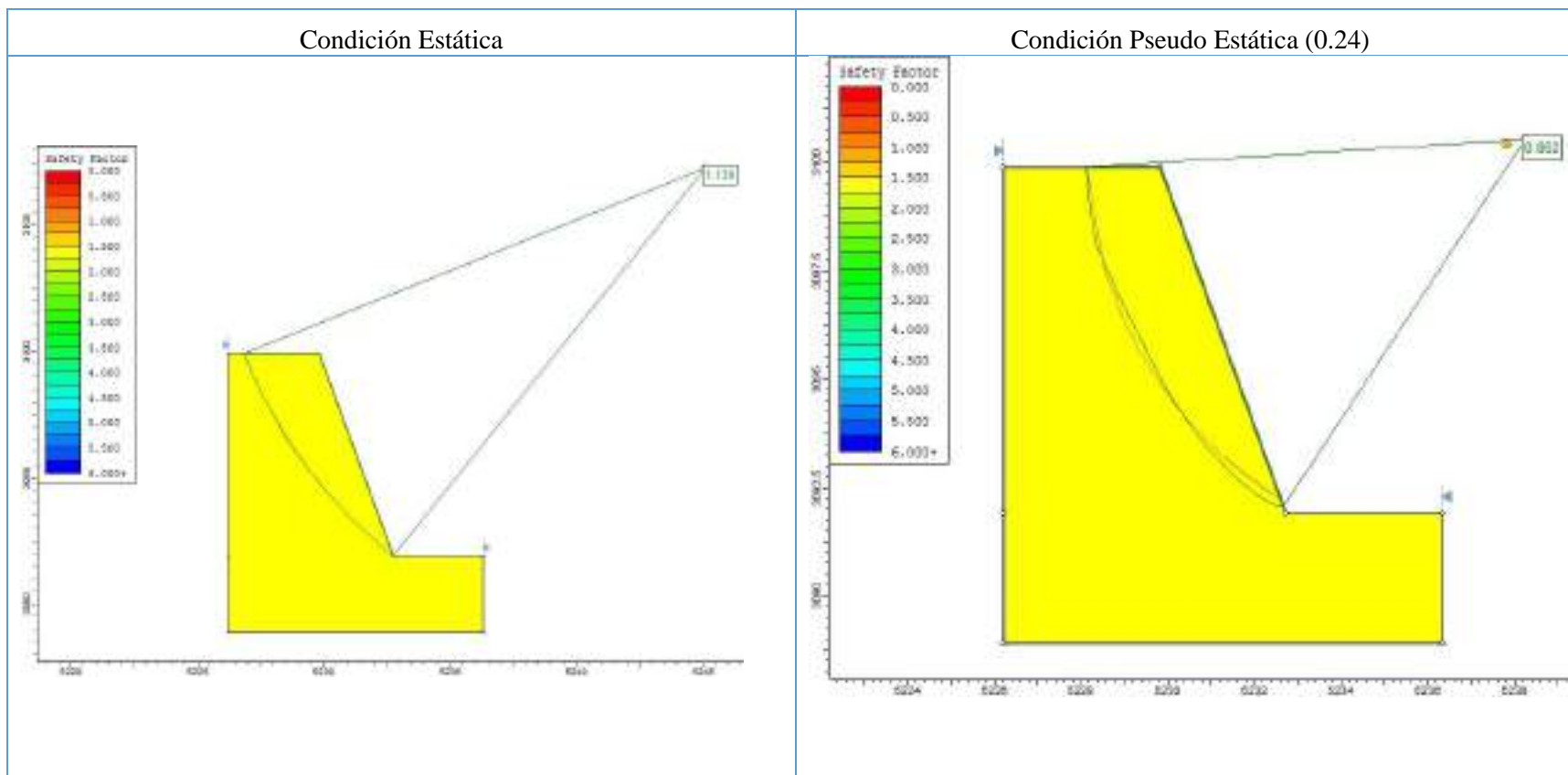
CLAY - 65°

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	1.171
FS Condición Pseudo Estatica	0.939





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

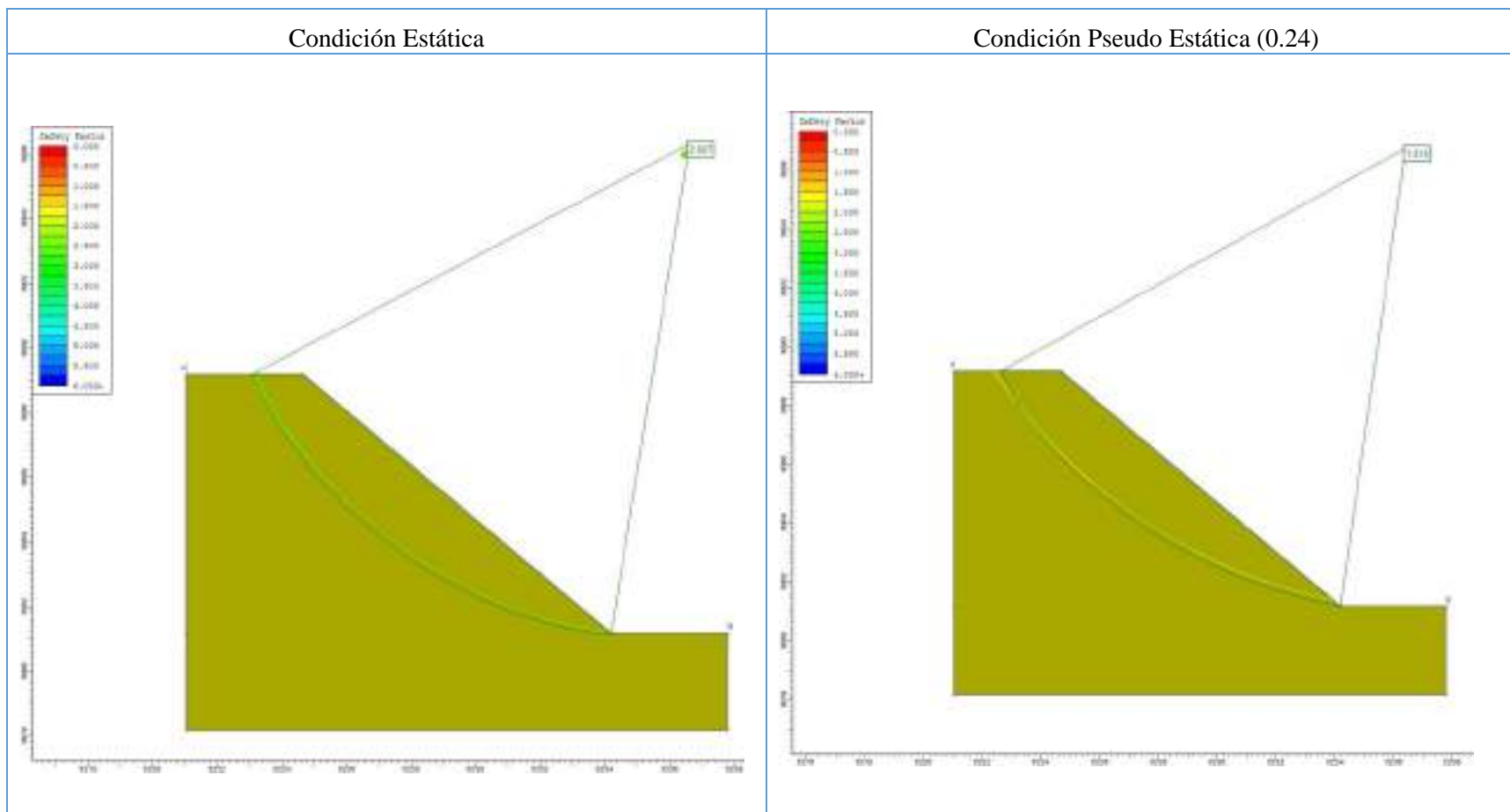


CLAY - 70°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Análisis	Local
	FS Condición Estática	1.139
	FS Condición Pseudo Estática	0.862





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

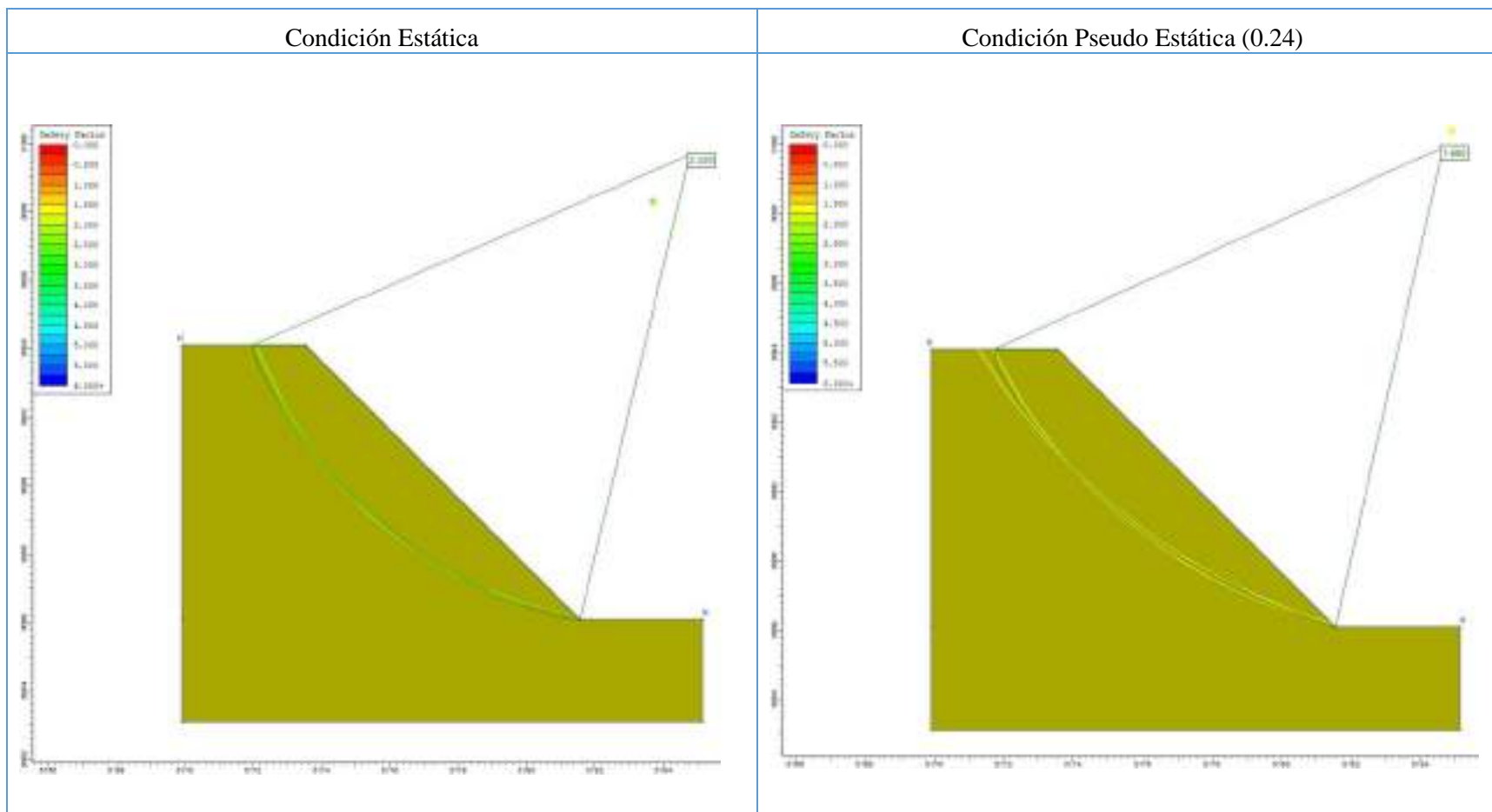


SILICE CLAY - 40°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	2.607
	FS Condición Pseudo Estatica	1.814





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

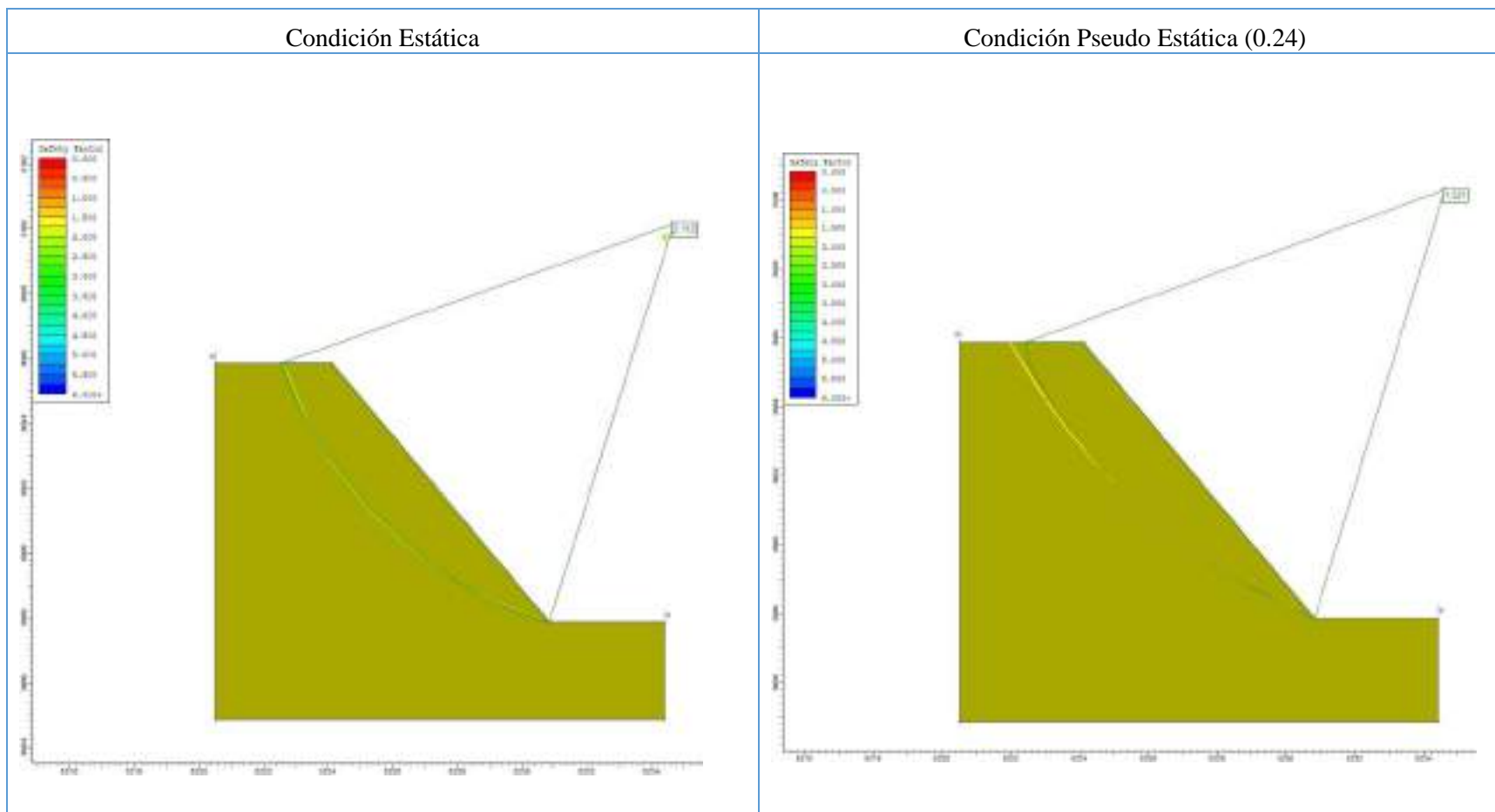


SILICE CLAY - 45°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	2.339
	FS Condición Pseudo Estatica	1.660





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

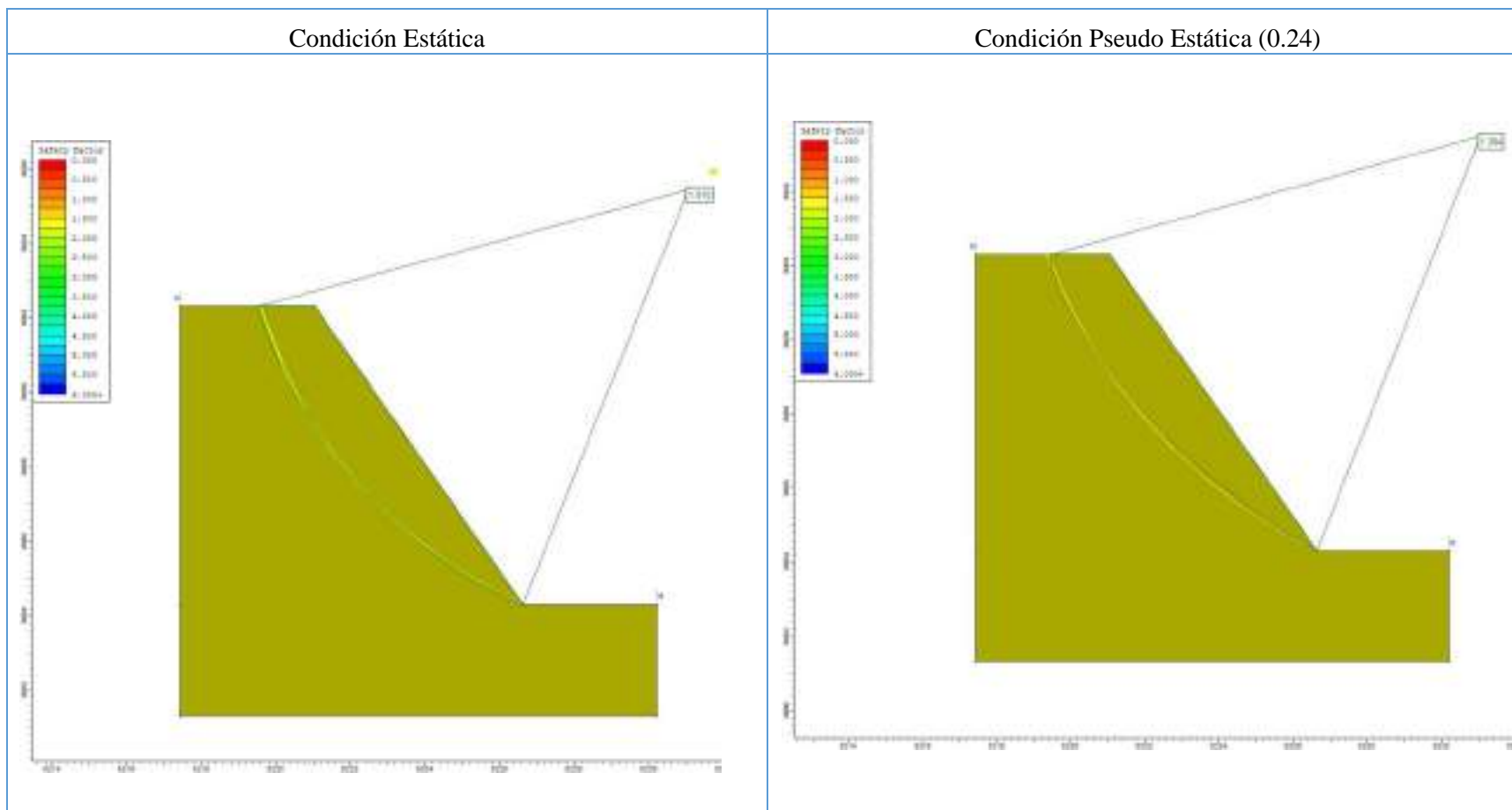


SILICE CLAY - 50°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	2.112
	FS Condición Pseudo Estatica	1.521





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

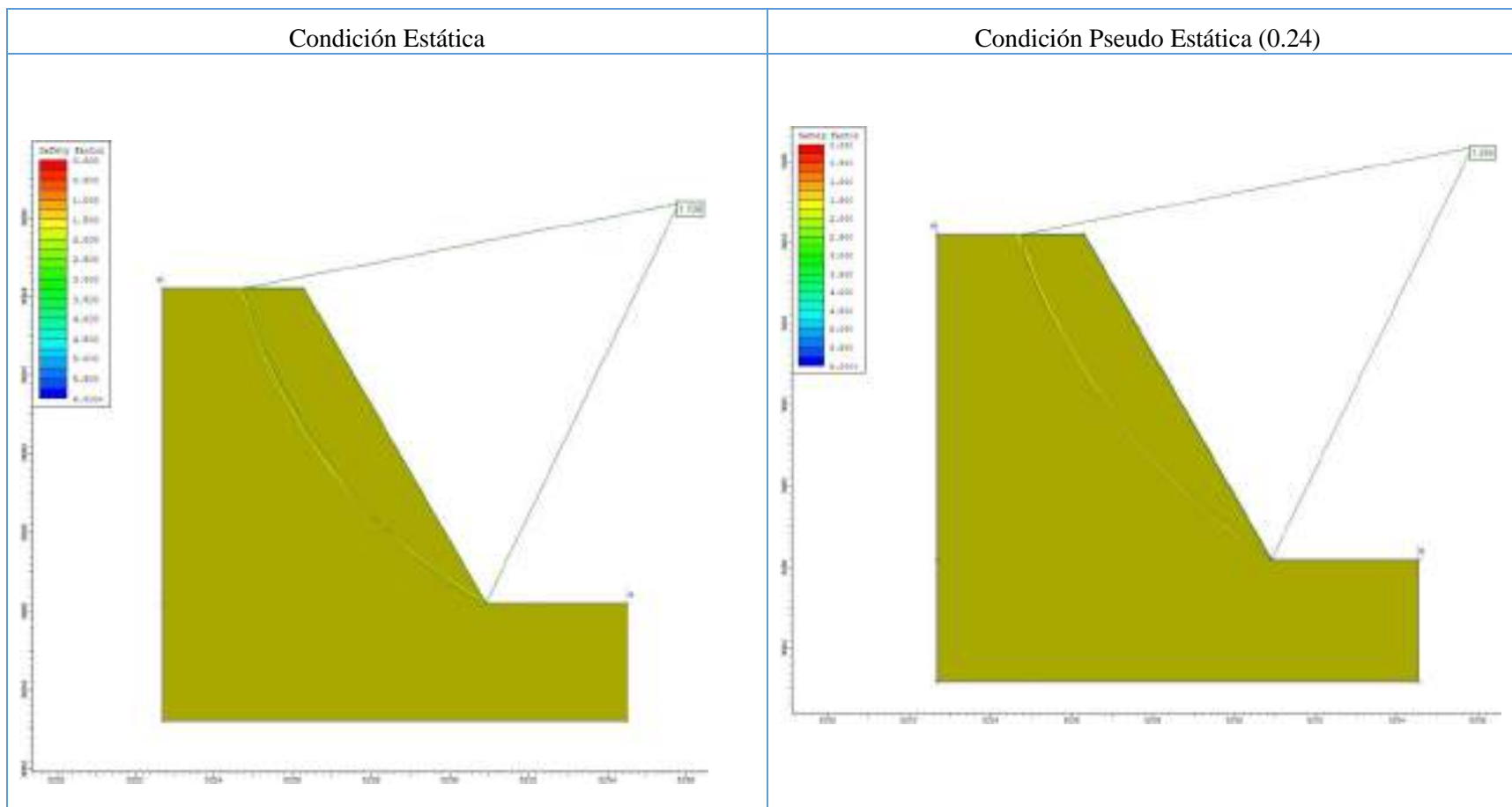


SILICE CLAY - 55°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.910
	FS Condición Pseudo Estatica	1.384





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

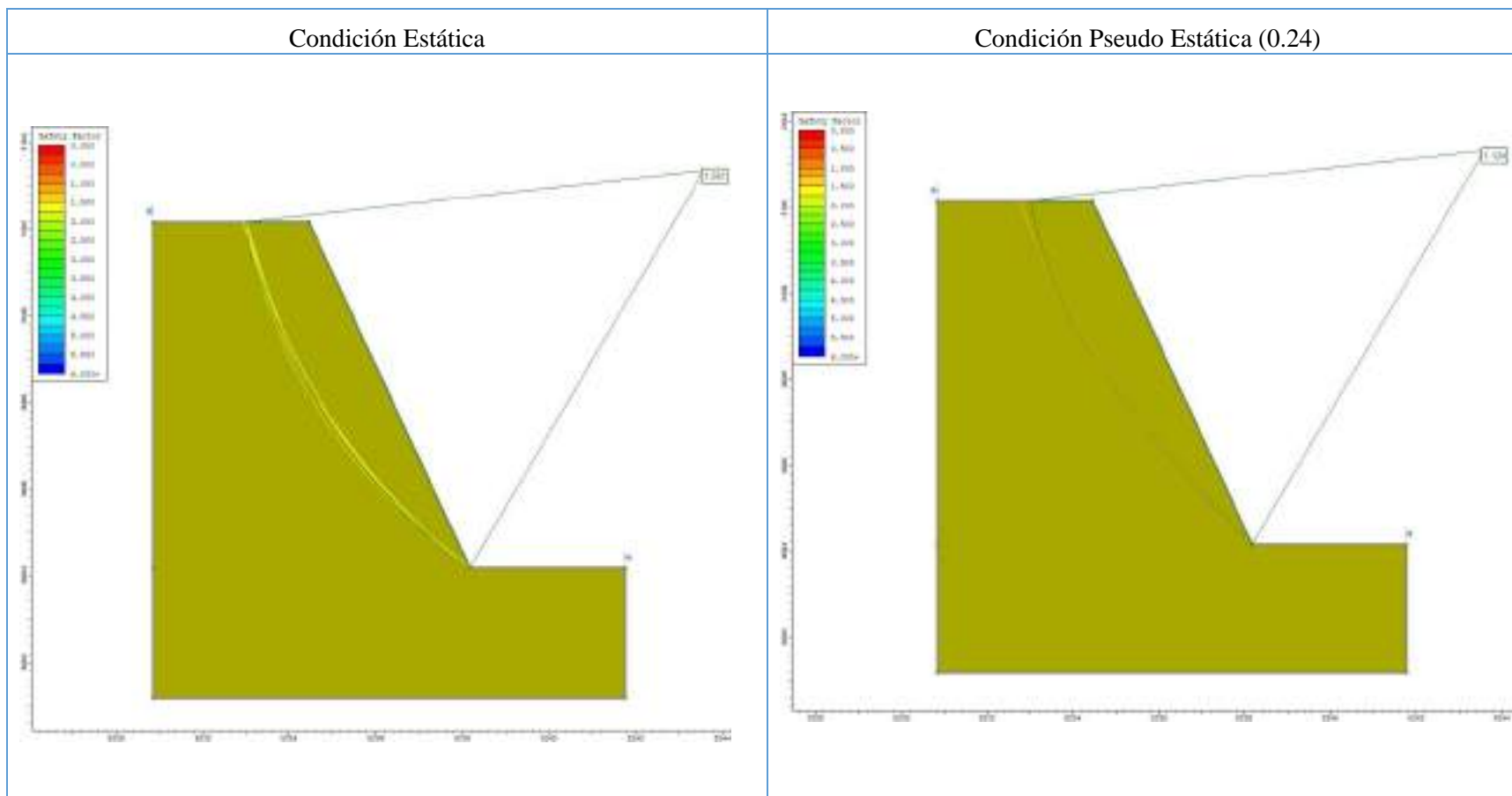


SILICE CLAY - 60°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.728
	FS Condición Pseudo Estatica	1.255





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW



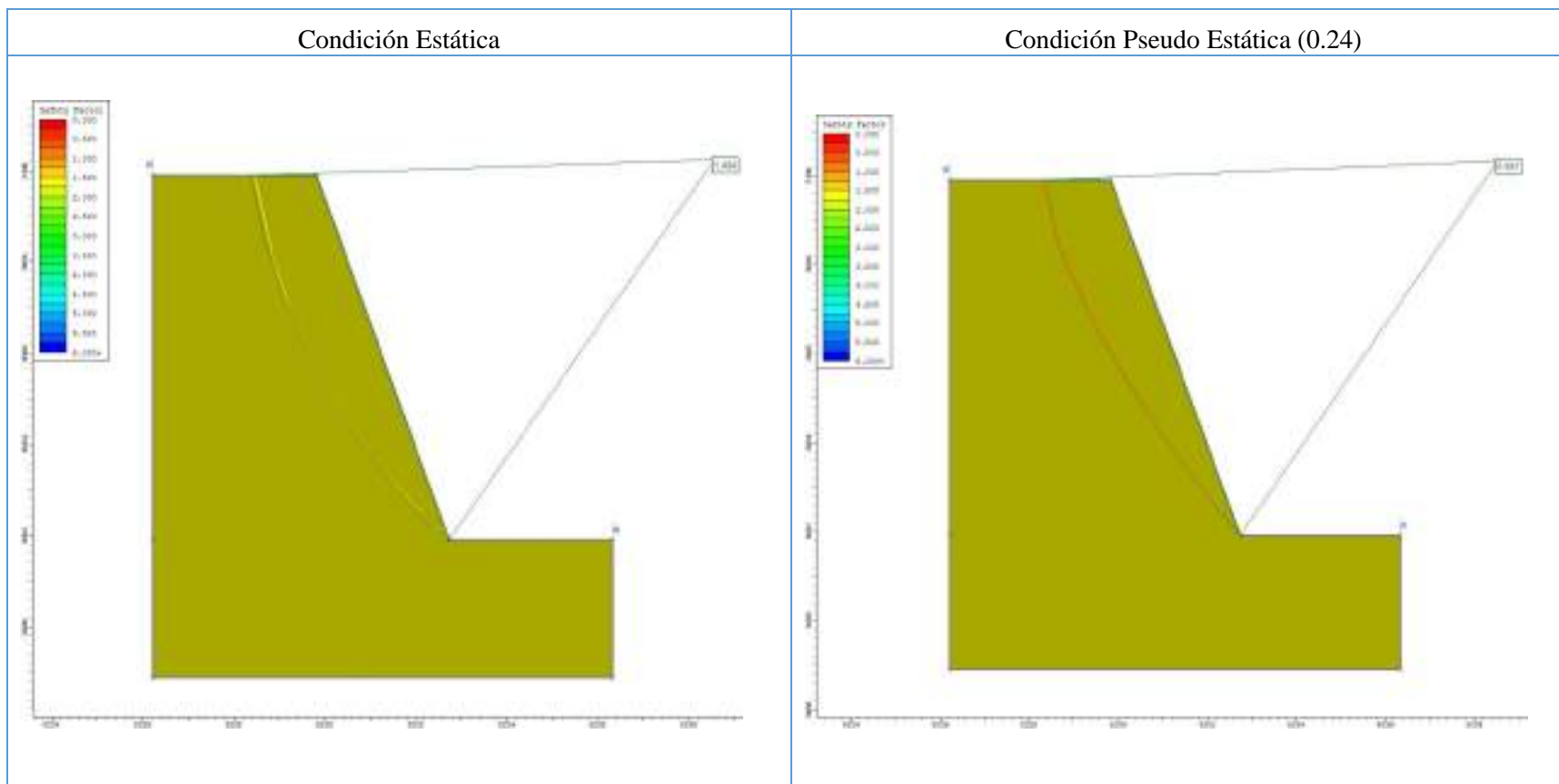
SILICE CLAY - 65°

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	1.561
FS Condición Pseudo Estatica	1.124





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW



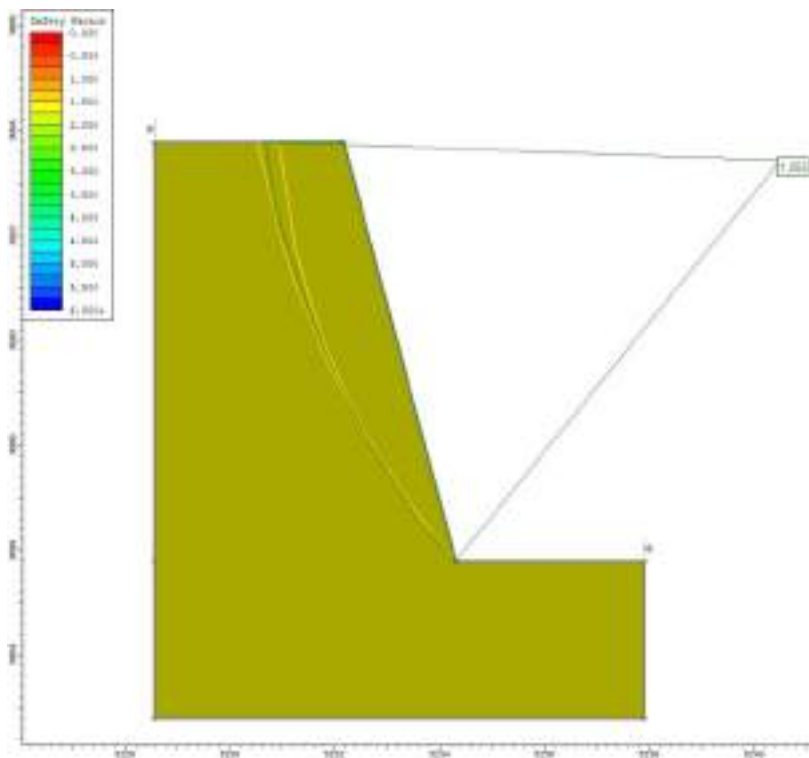
SILICE CLAY - 70°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.404
	FS Condición Pseudo Estatica	0.991



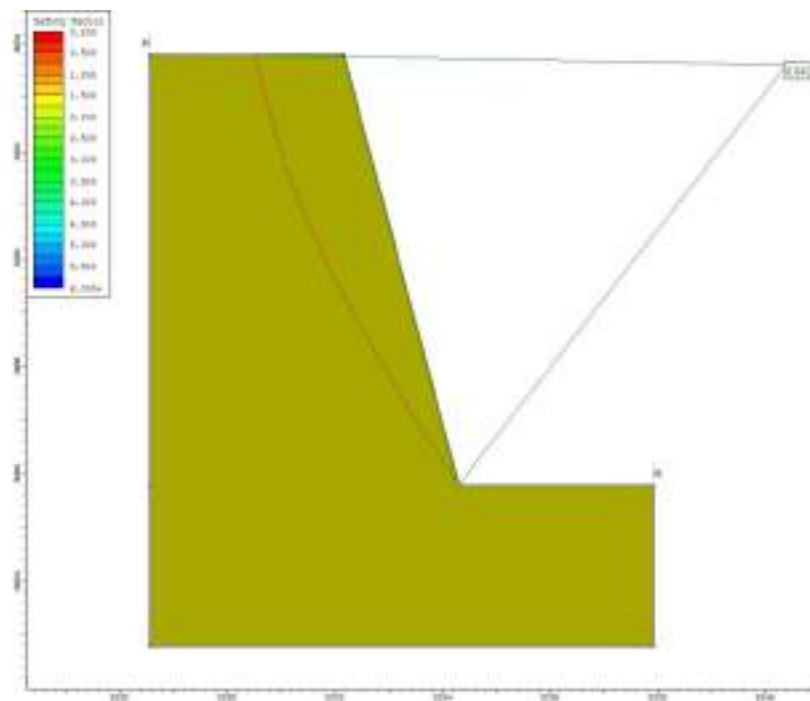


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



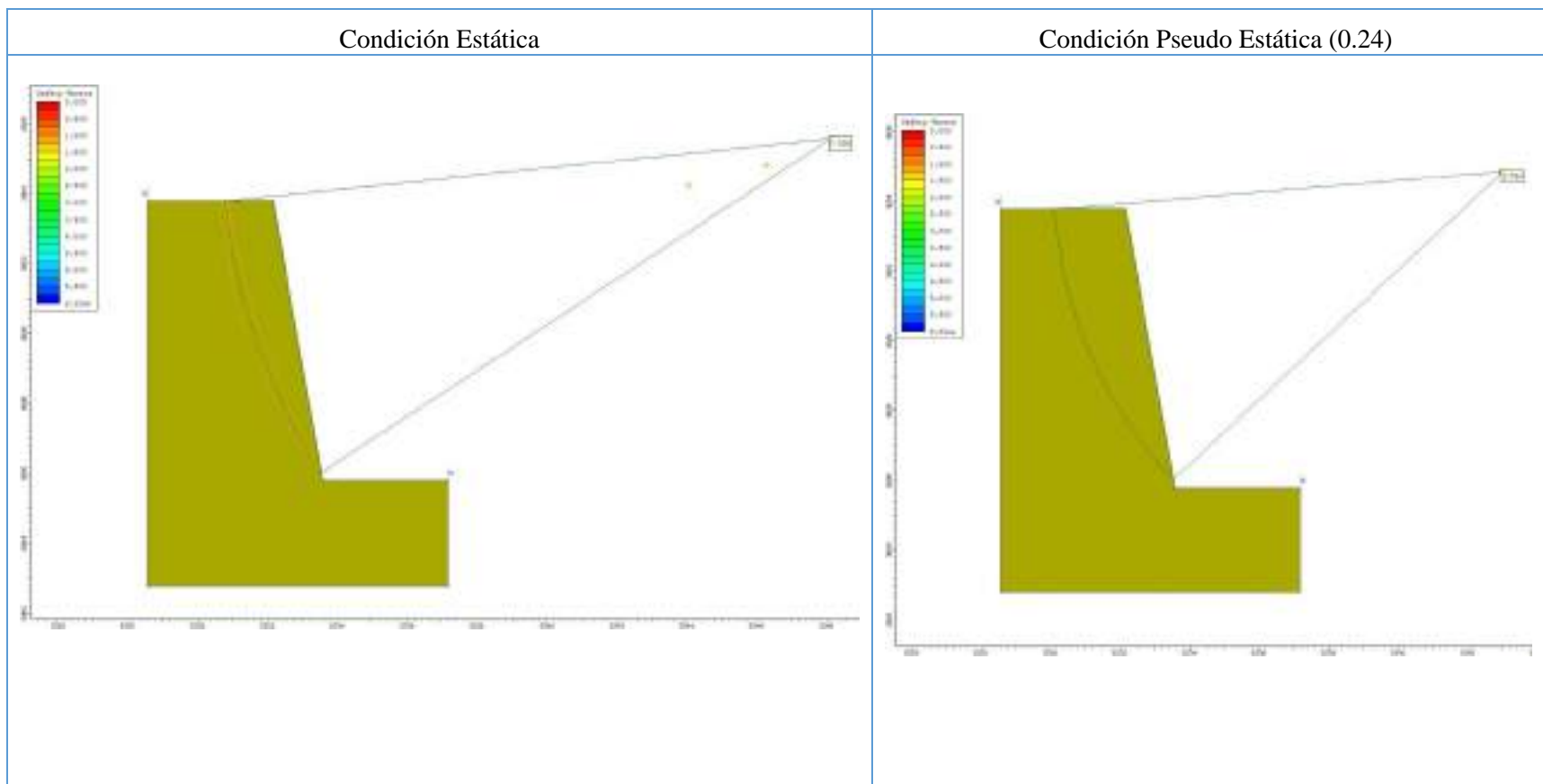
SILICE CLAY - 75°

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	1.252
FS Condición Pseudo Estatica	0.842





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Humanloma NW



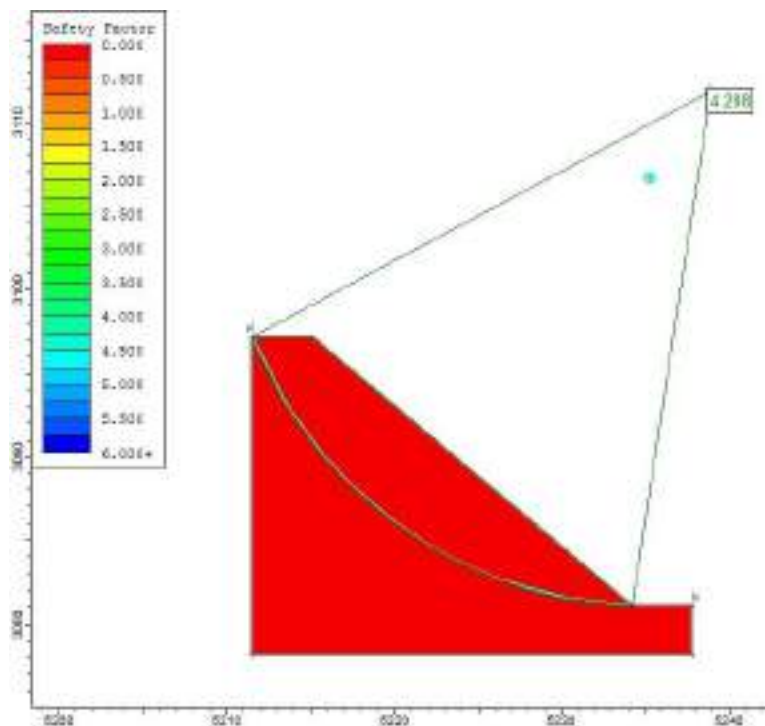
SILICE CLAY - 80°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.106
	FS Condición Pseudo Estatica	0.784



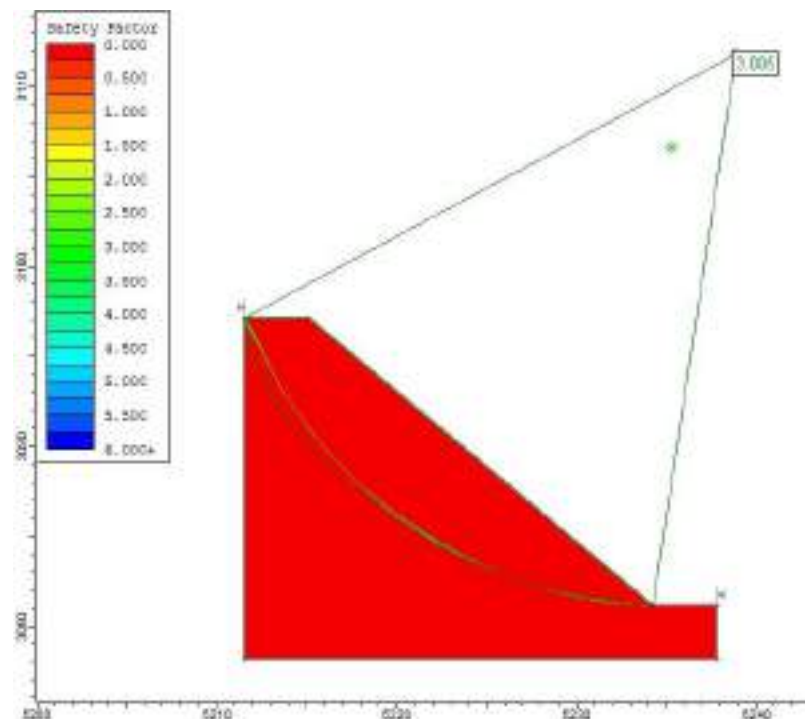


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



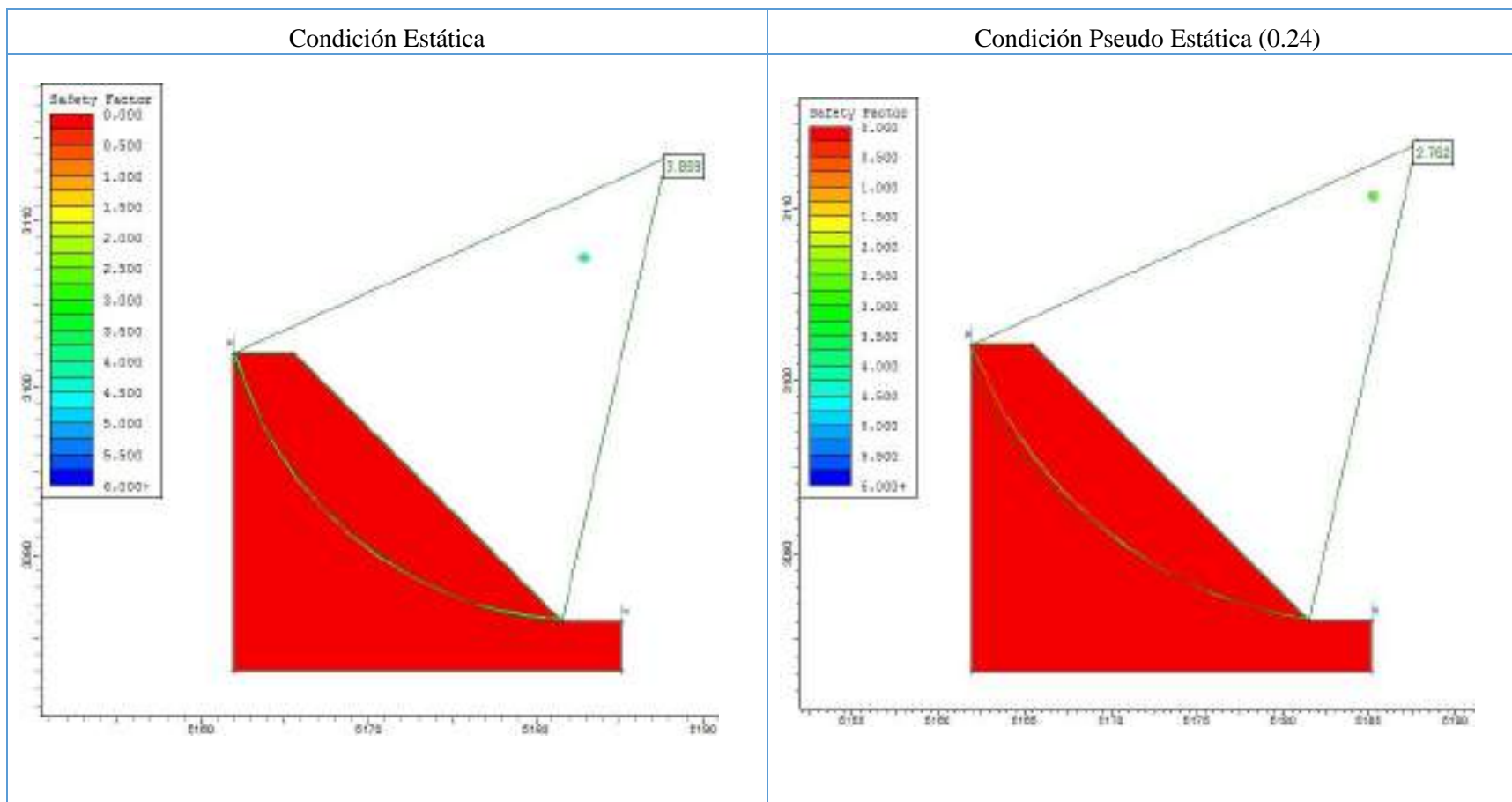
SILICE MASIVA - 40°

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	4.288
FS Condición Pseudo Estatica	3.005





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW



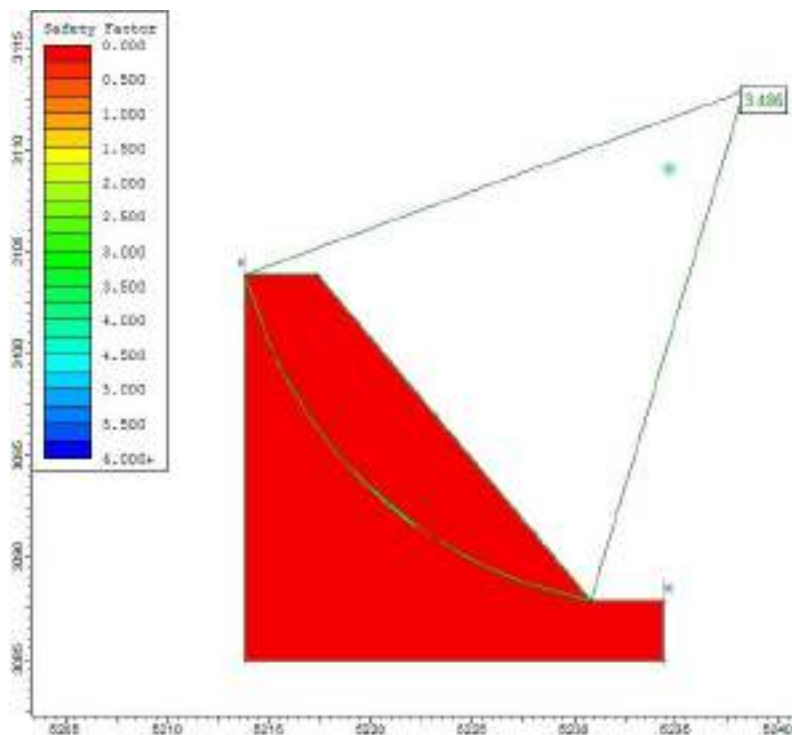
SILICE MASIVA - 45°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	3.859
	FS Condición Pseudo Estatica	2.762



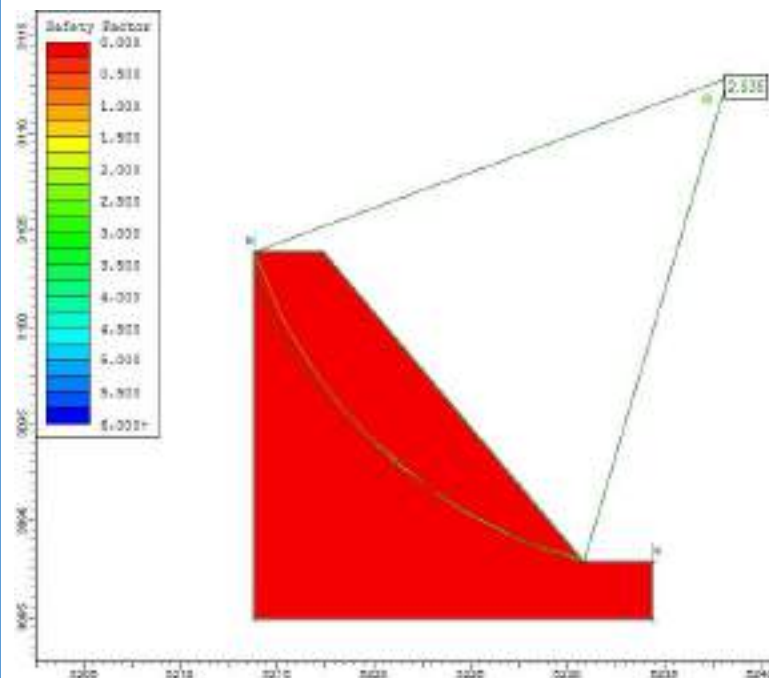


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



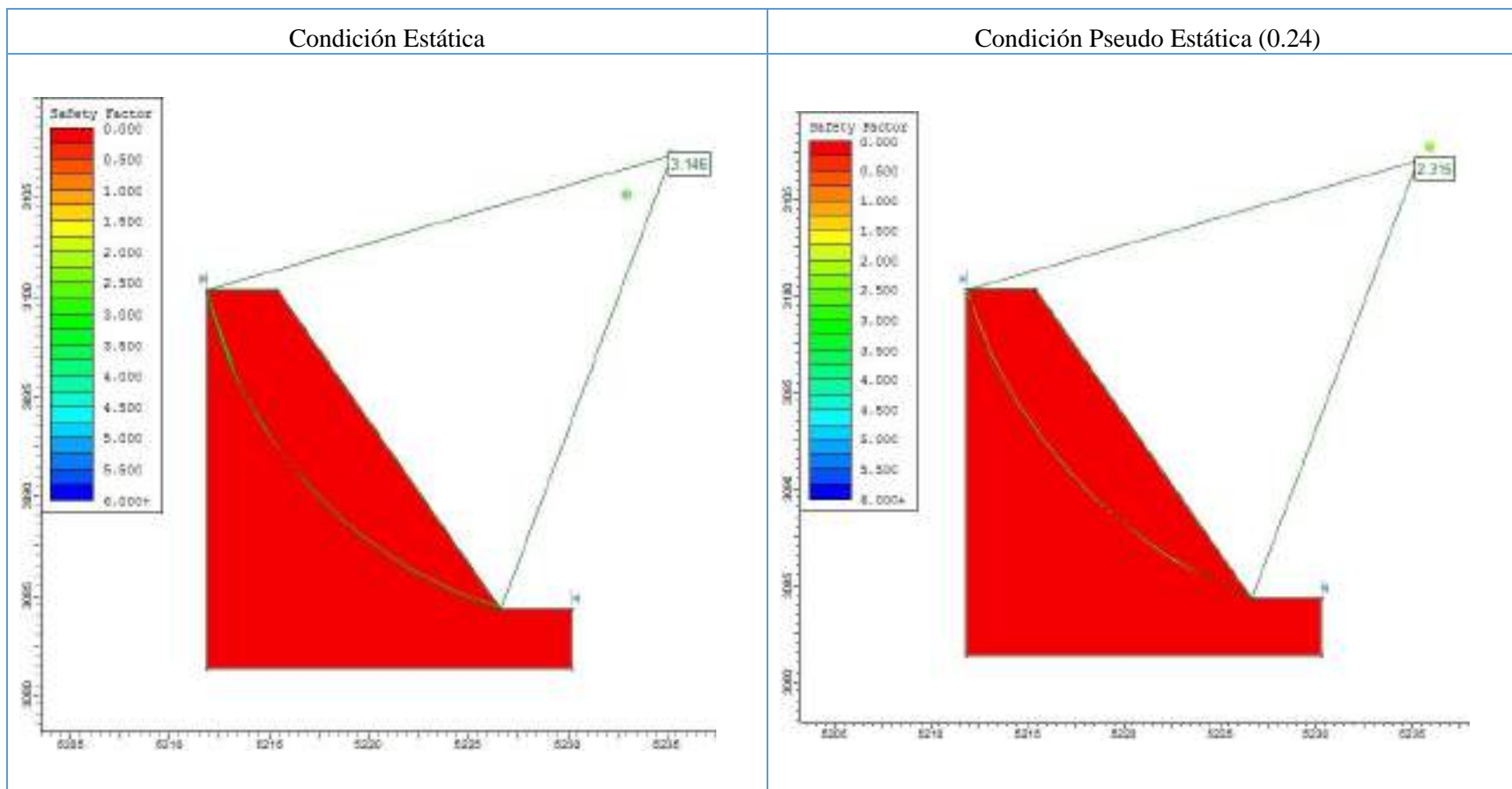
SILICE MASIVA - 50°

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	3.486
FS Condición Pseudo Estatica	2.535





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW



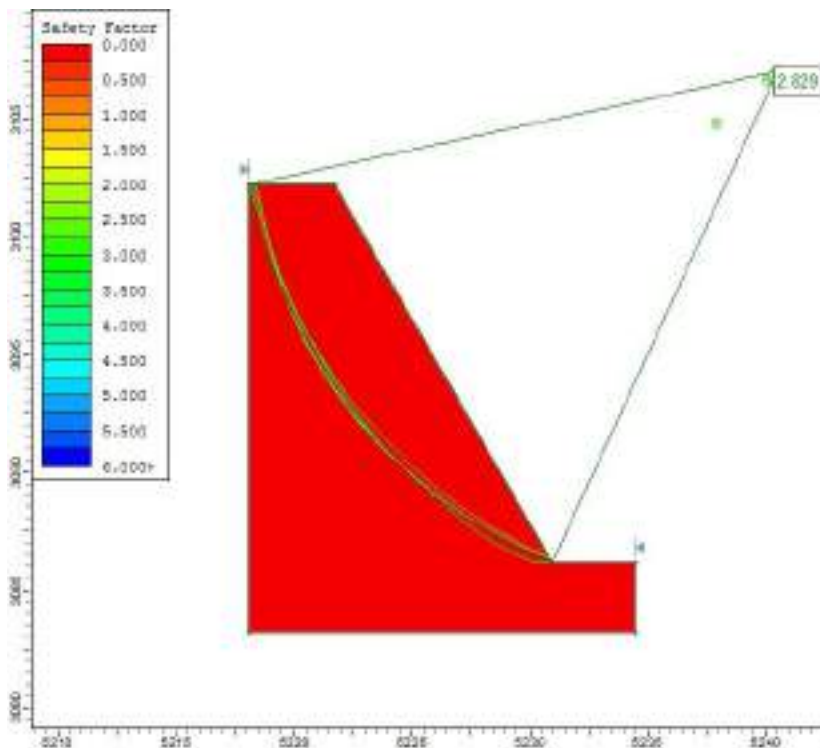
SILICE MASIVA - 55°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	3.146
	FS Condición Pseudo Estatica	2.315



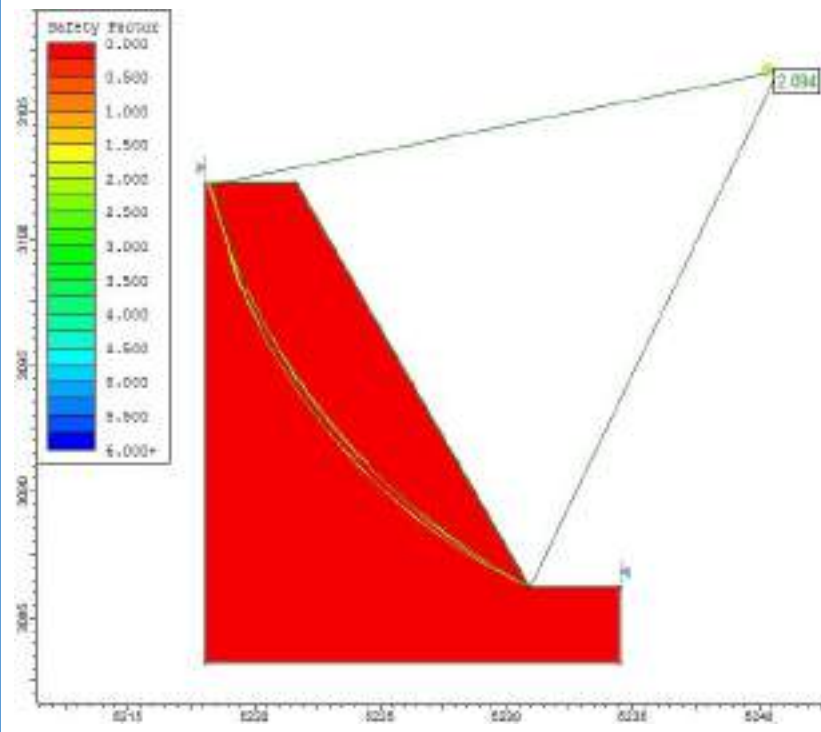


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



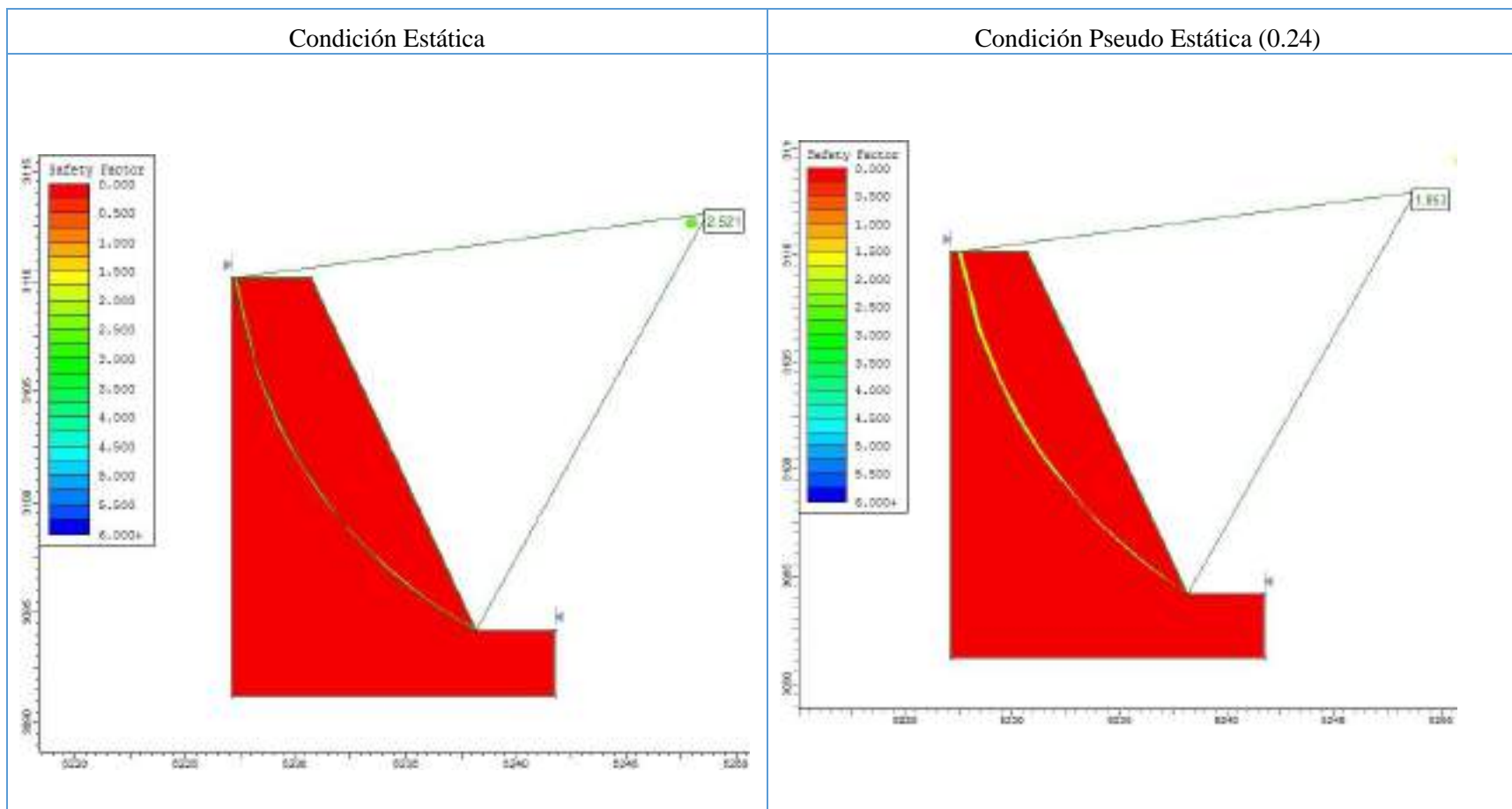
SILICE MASIVA - 60°

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	2.829
FS Condición Pseudo Estatica	2.094





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

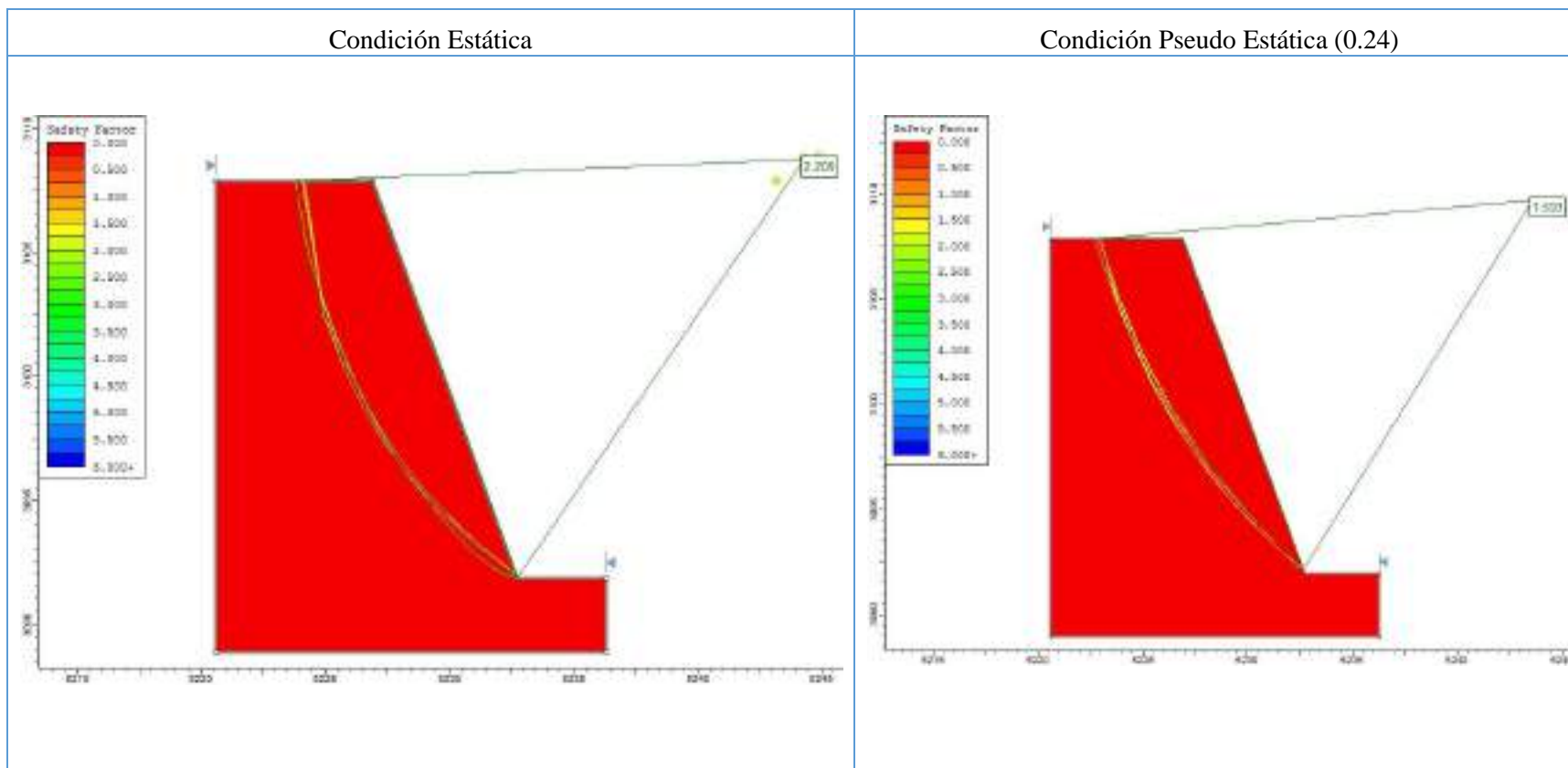


SILICE MASIVA - 65°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	2.521
	FS Condición Pseudo Estatica	1.853





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

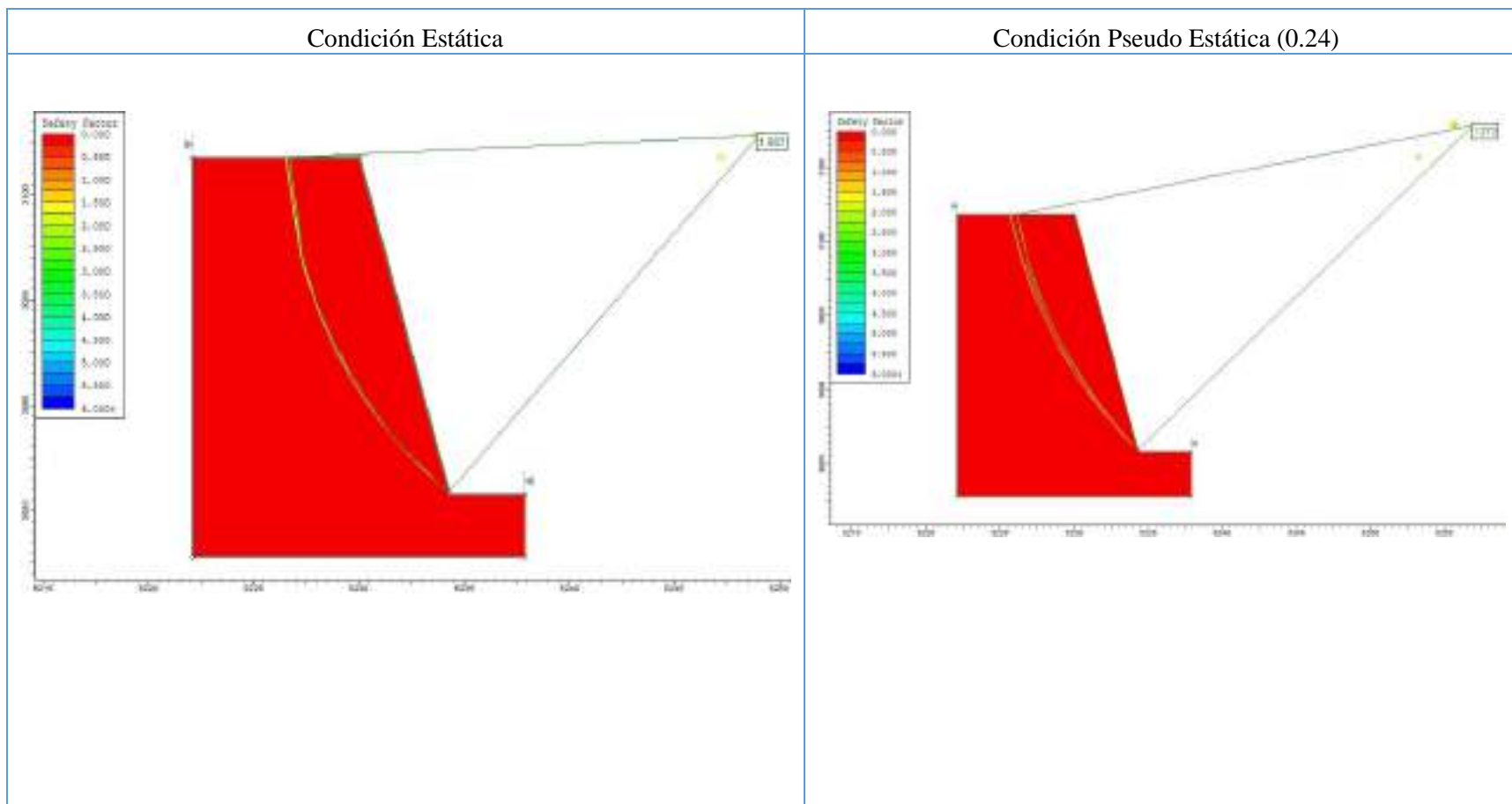


SILICE MASIVA - 70°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	2.209
	FS Condición Pseudo Estatica	1.593





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

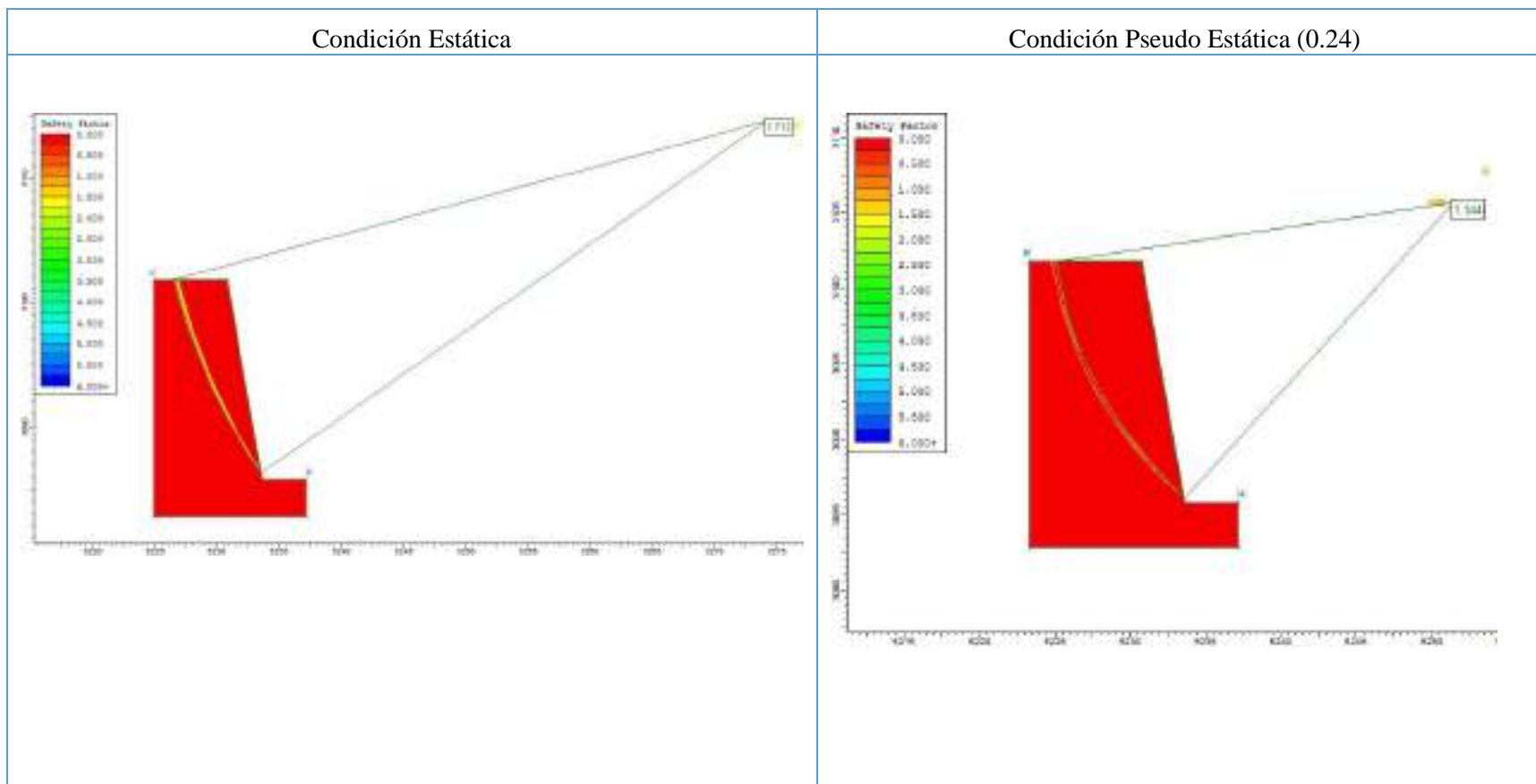


SILICE MASIVA - 75°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.887
	FS Condición Pseudo Estatica	1.273





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

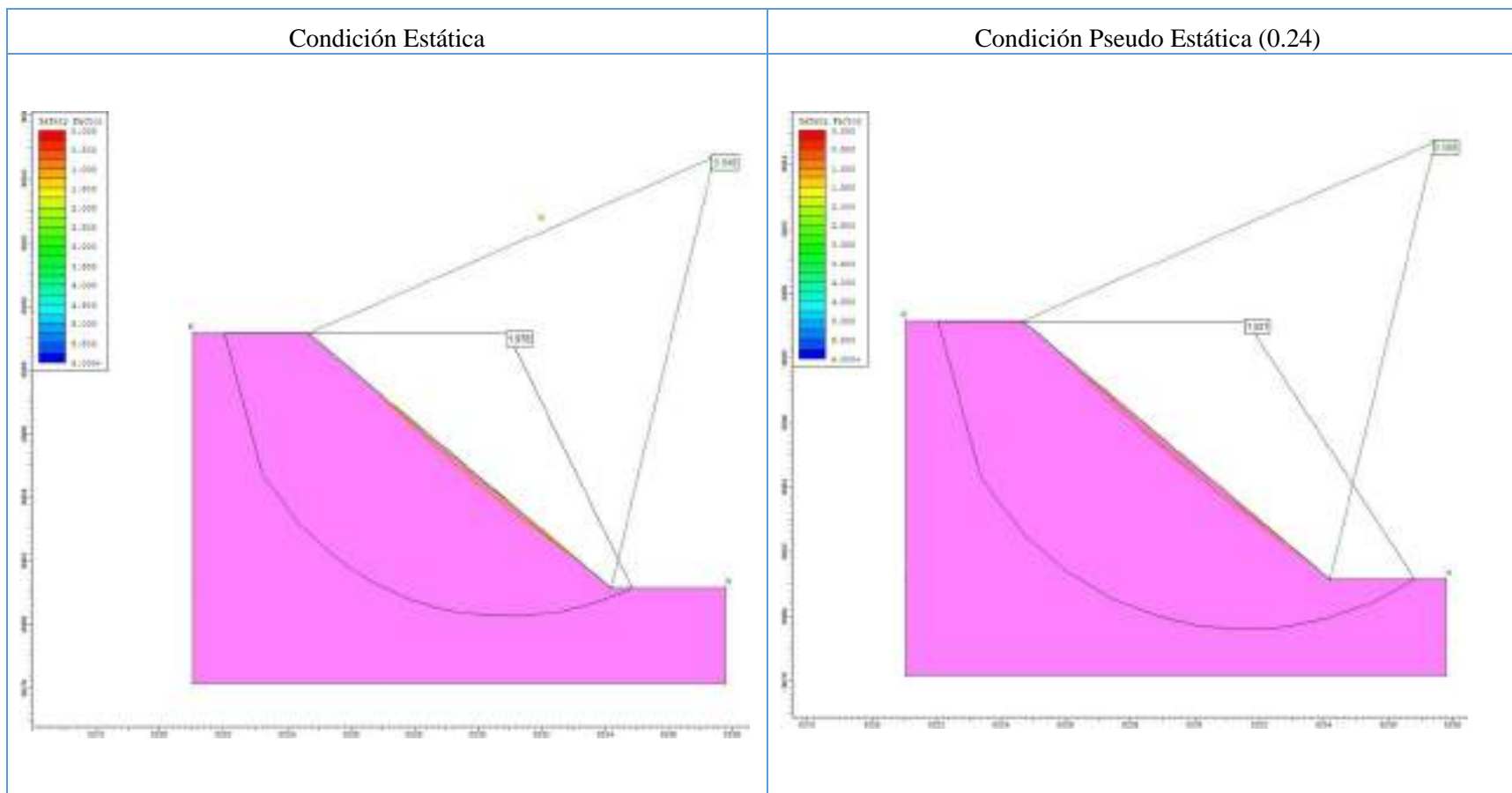


SILICE MASIVA - 80°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.713
	FS Condición Pseudo Estatica	1.144





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW



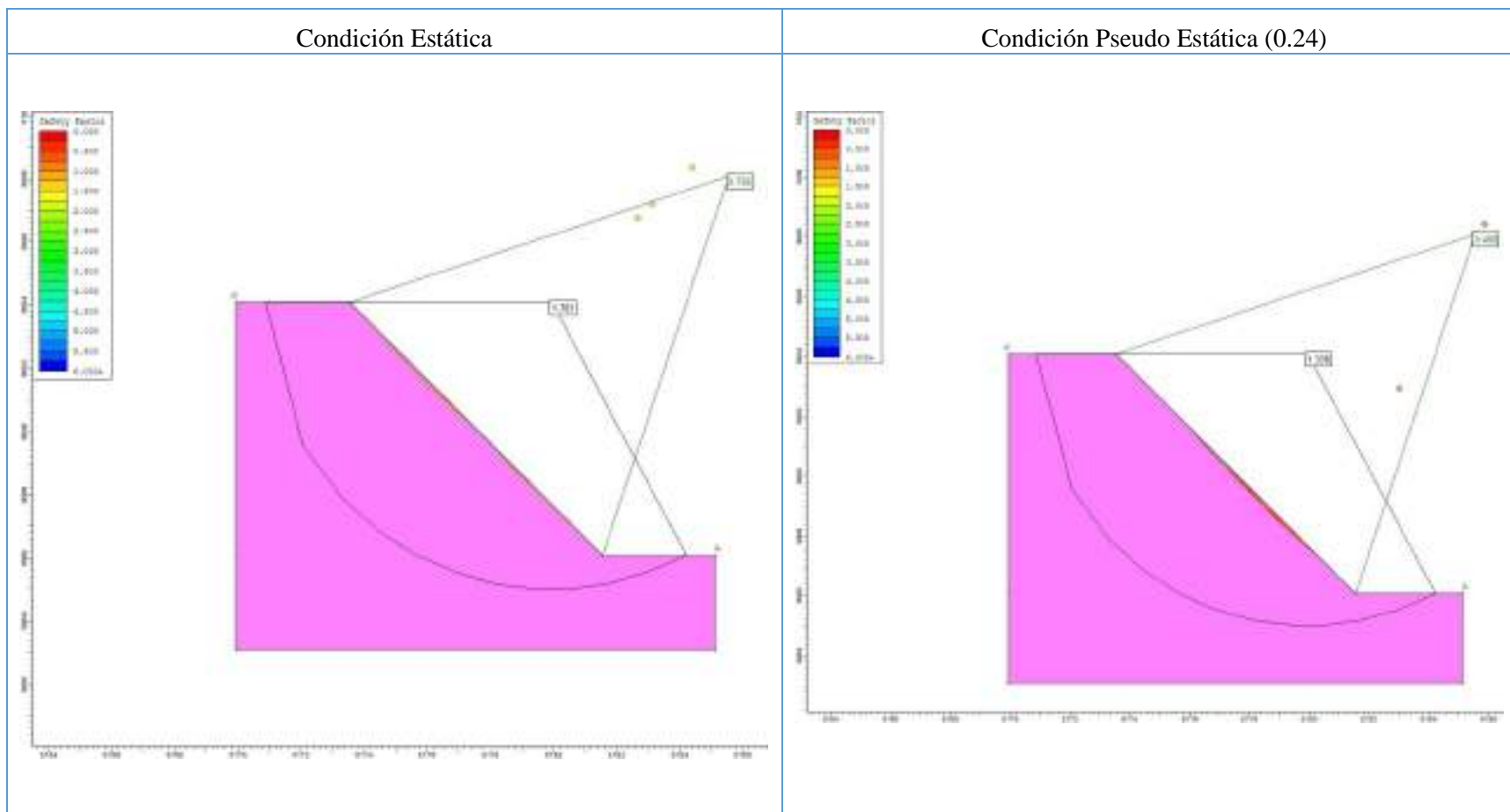
**SILICE GRANULAR
DELEZNABLE - 40°**

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	1.978
FS Condición Pseudo Estatica	1.521





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

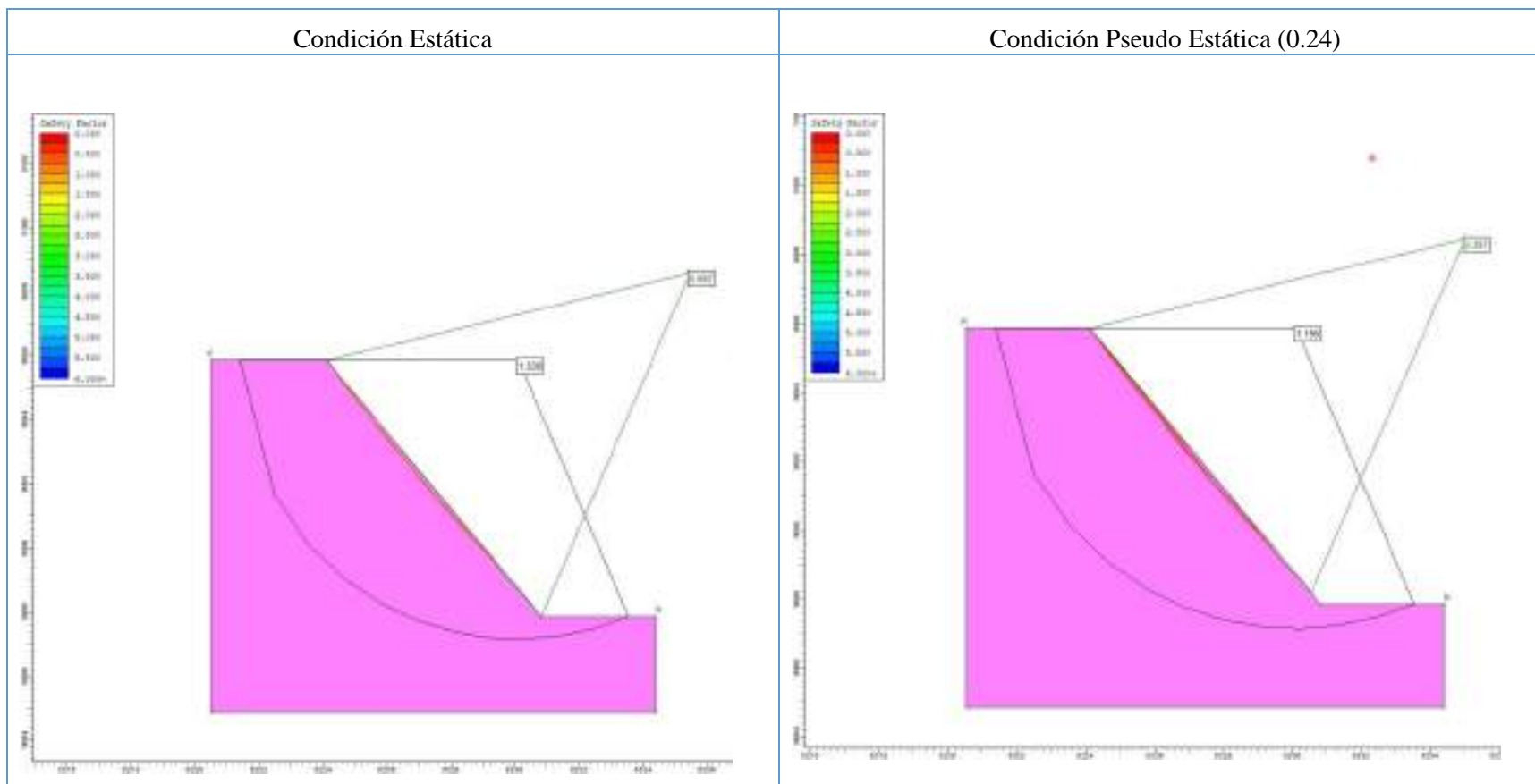


SILICE GRANULAR DELEZNABLE - 45°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.761
	FS Condición Pseudo Estatica	1.338





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

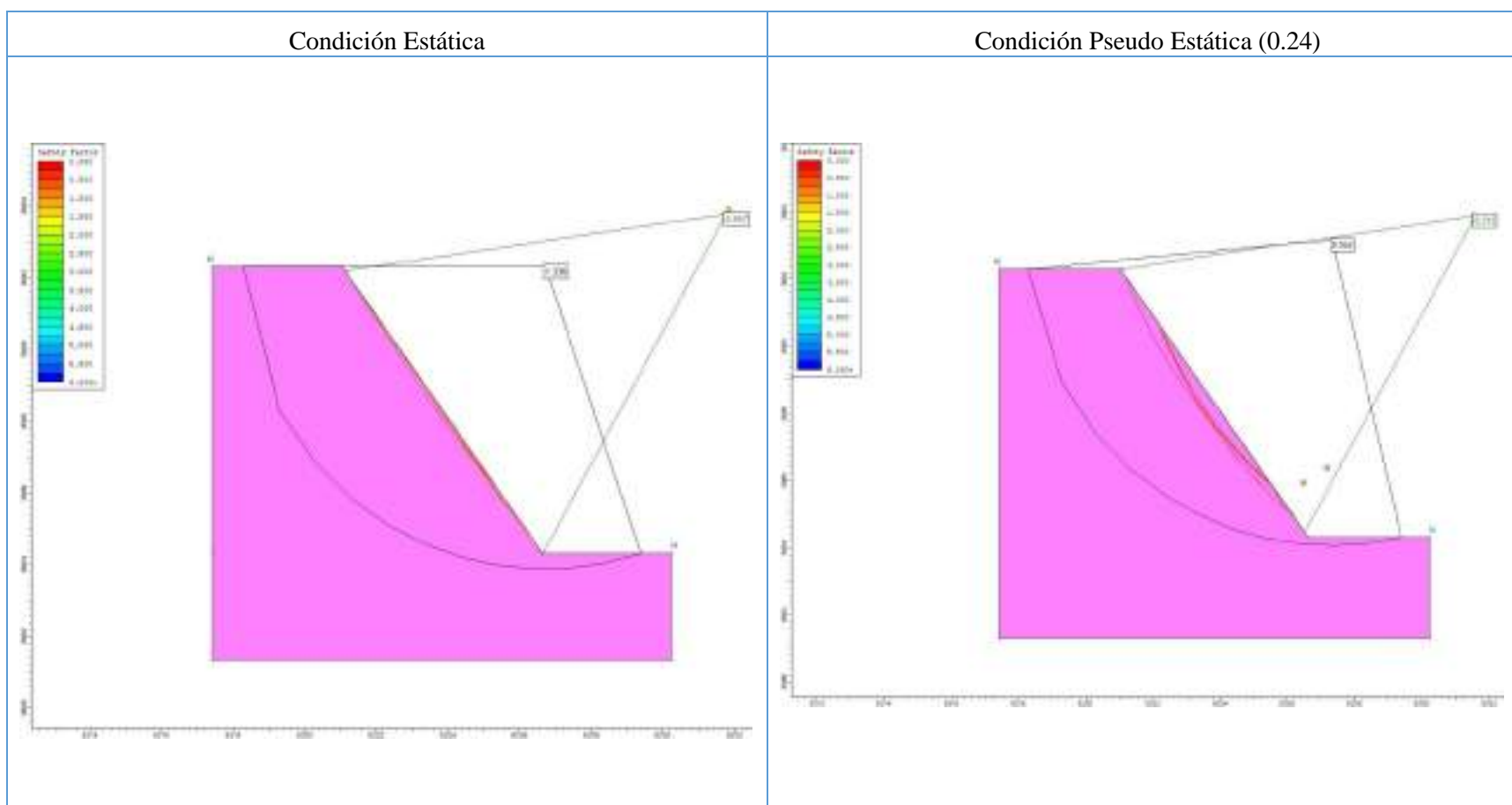


SILICE GRANULAR DELEZNABLE - 50°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.530
	FS Condición Pseudo Estatica	1.199





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

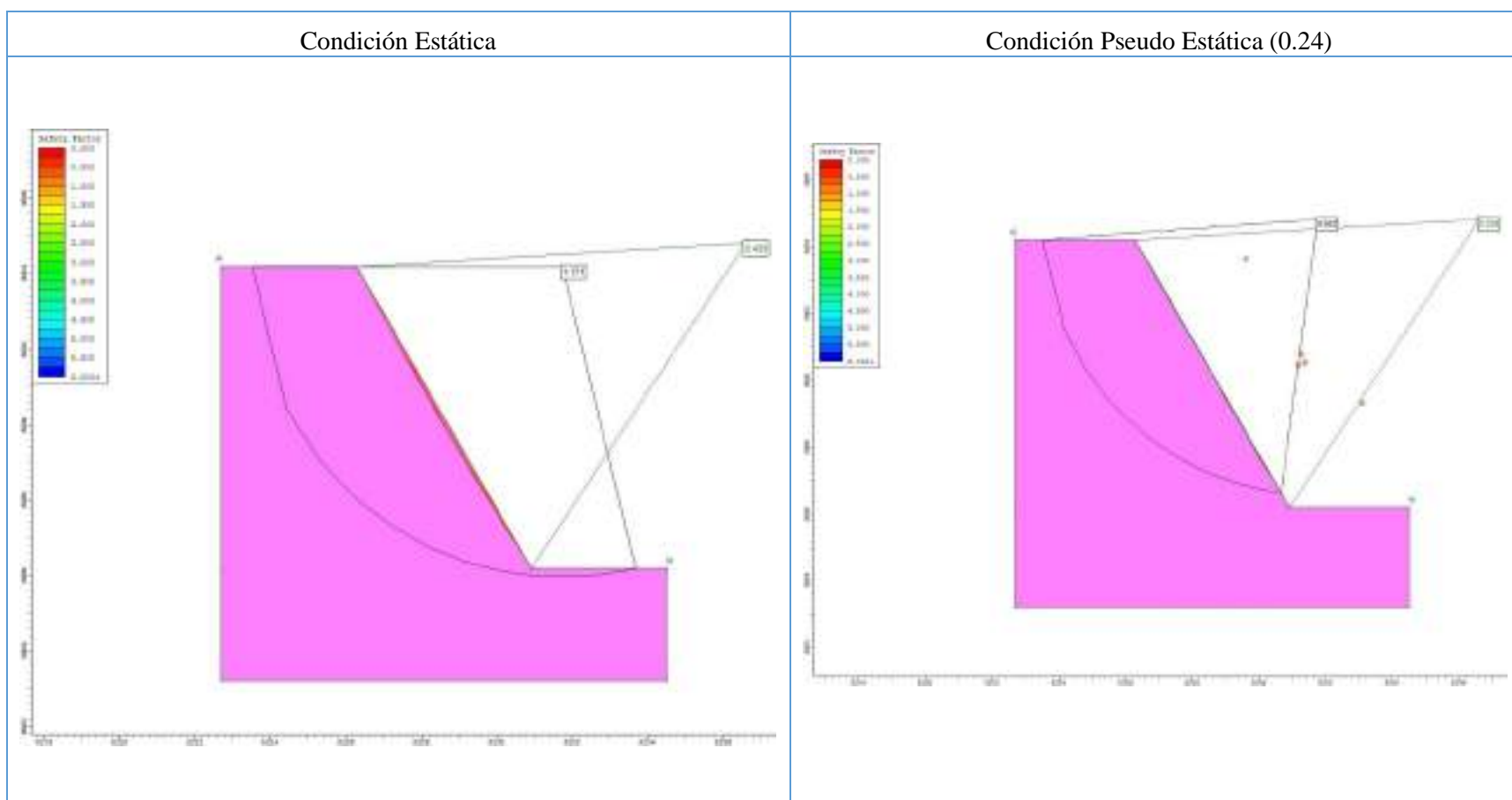


SILICE GRANULAR DELEZNABLE - 55°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.336
	FS Condición Pseudo Estatica	0.952





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW



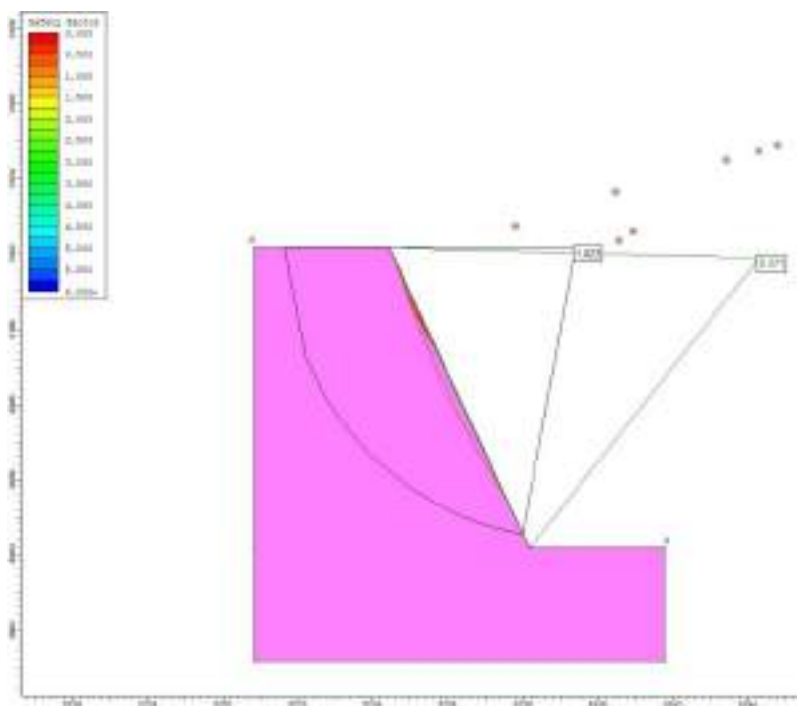
SILICE GRANULAR DELEZNABLE - 60°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.171
	FS Condición Pseudo Estatica	0.842



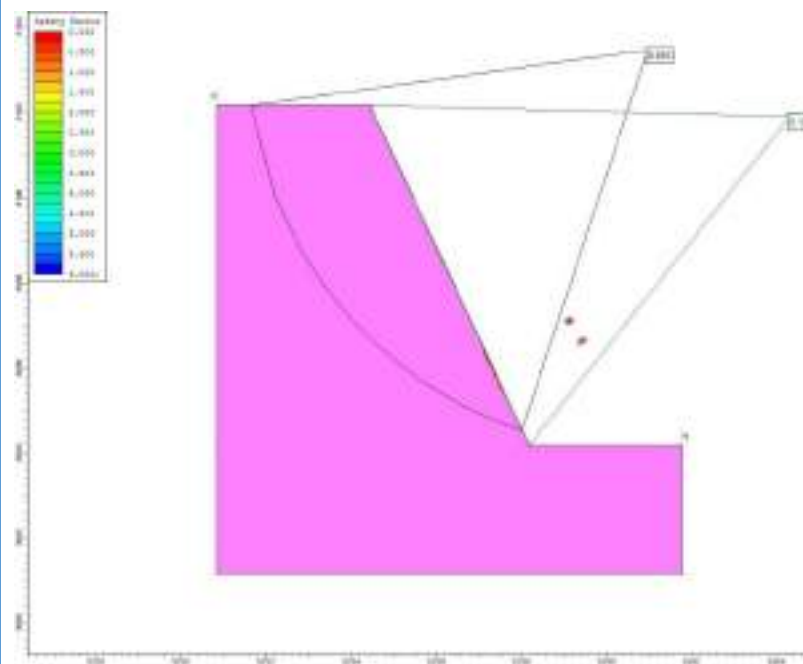


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



**SILICE GRANULAR
DELEZNABLE - 65°**

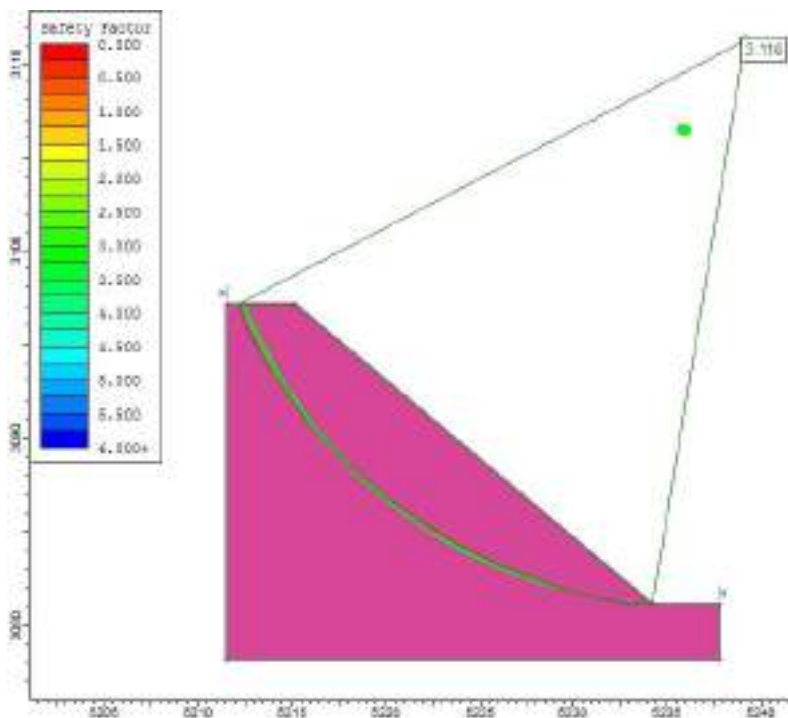
Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	1.023
FS Condición Pseudo Estatica	0.693



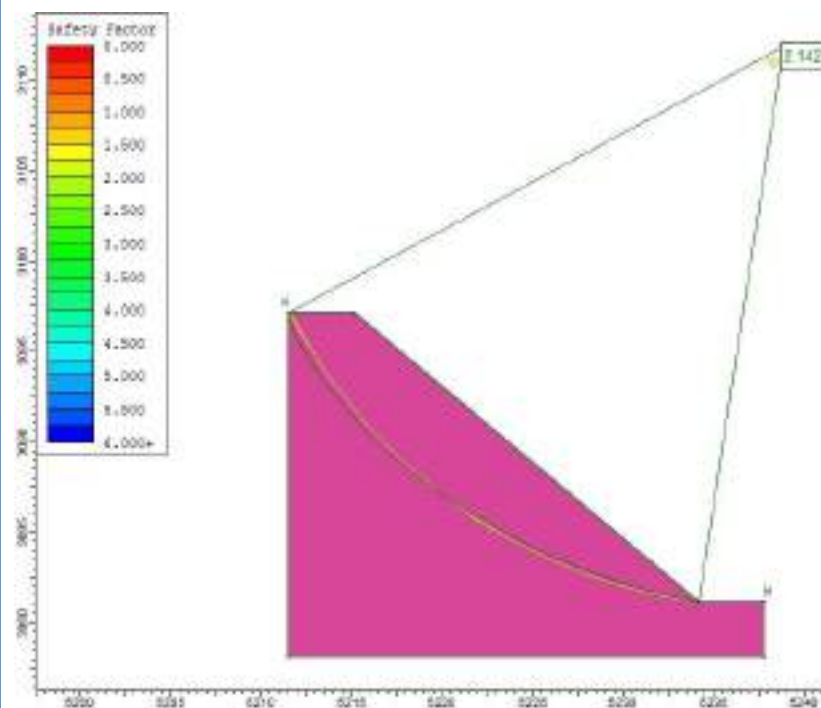


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



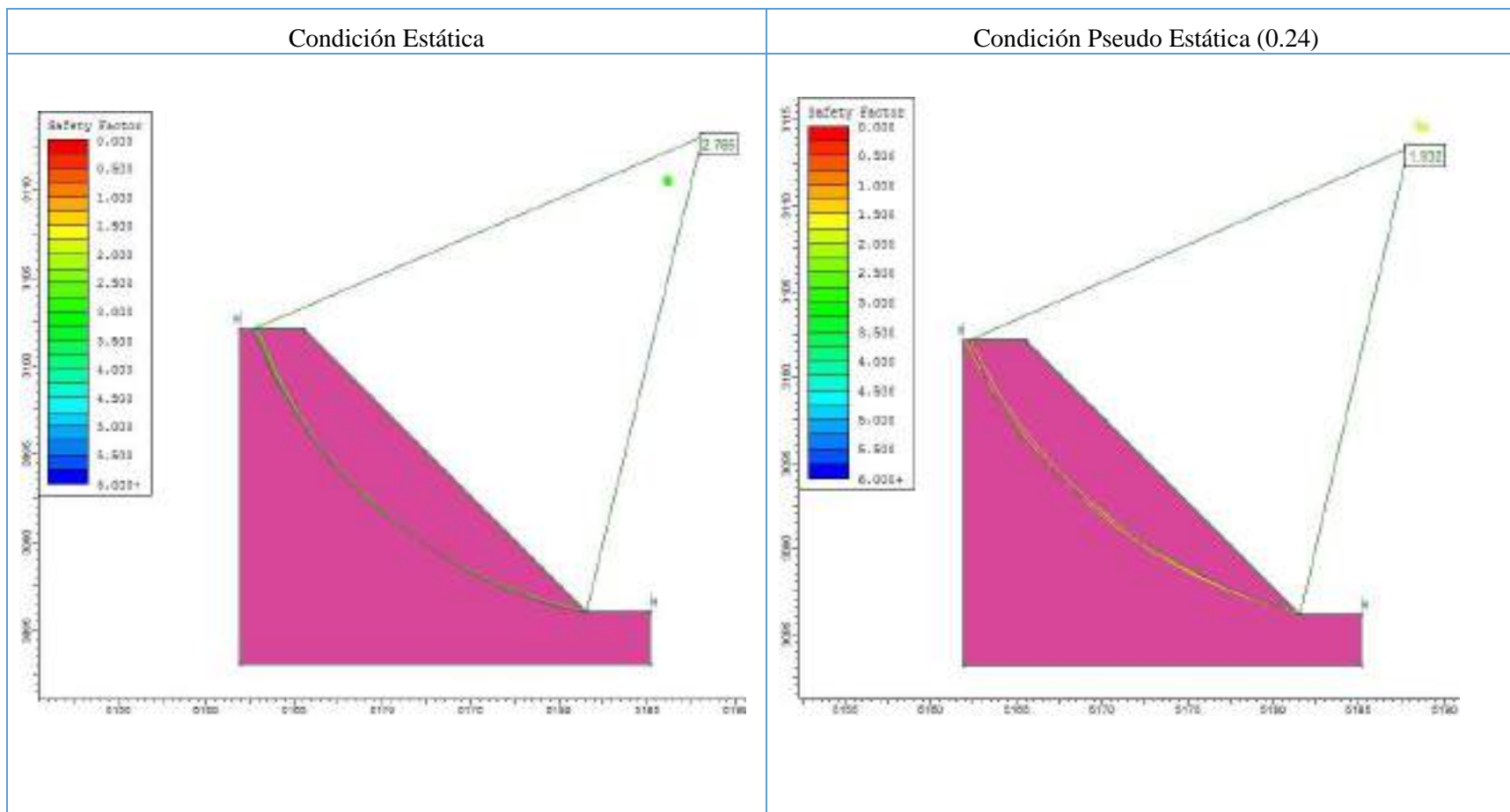
**SILICE GRANULAR
MODERADA - 40°**

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	3.116
FS Condición Pseudo Estatica	2.142





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW



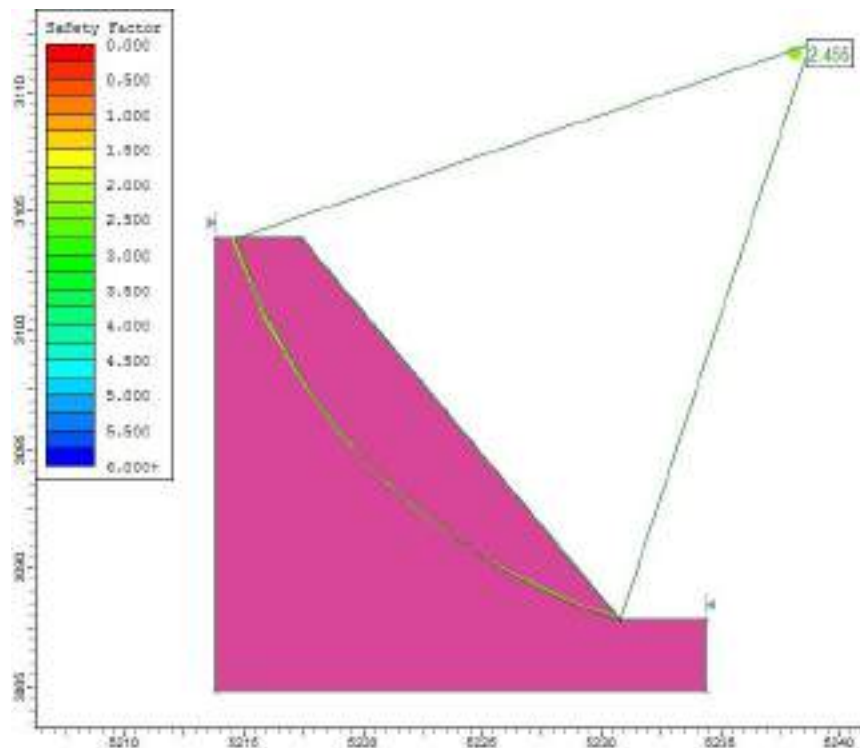
SILICE GRANULAR MODERADA - 45°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	2.765
	FS Condición Pseudo Estatica	1.932



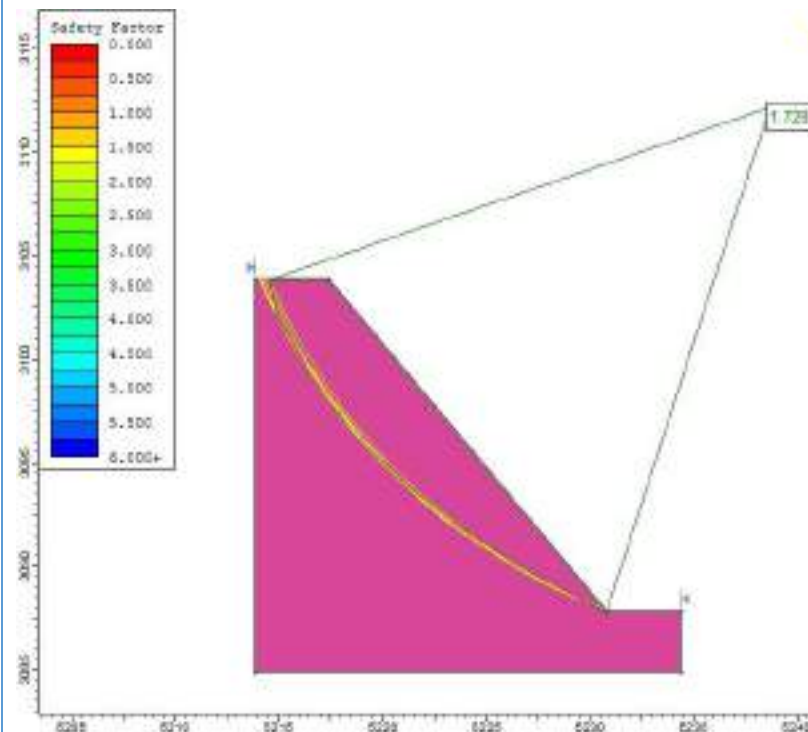


Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

Condición Estática



Condición Pseudo Estática (0.24)



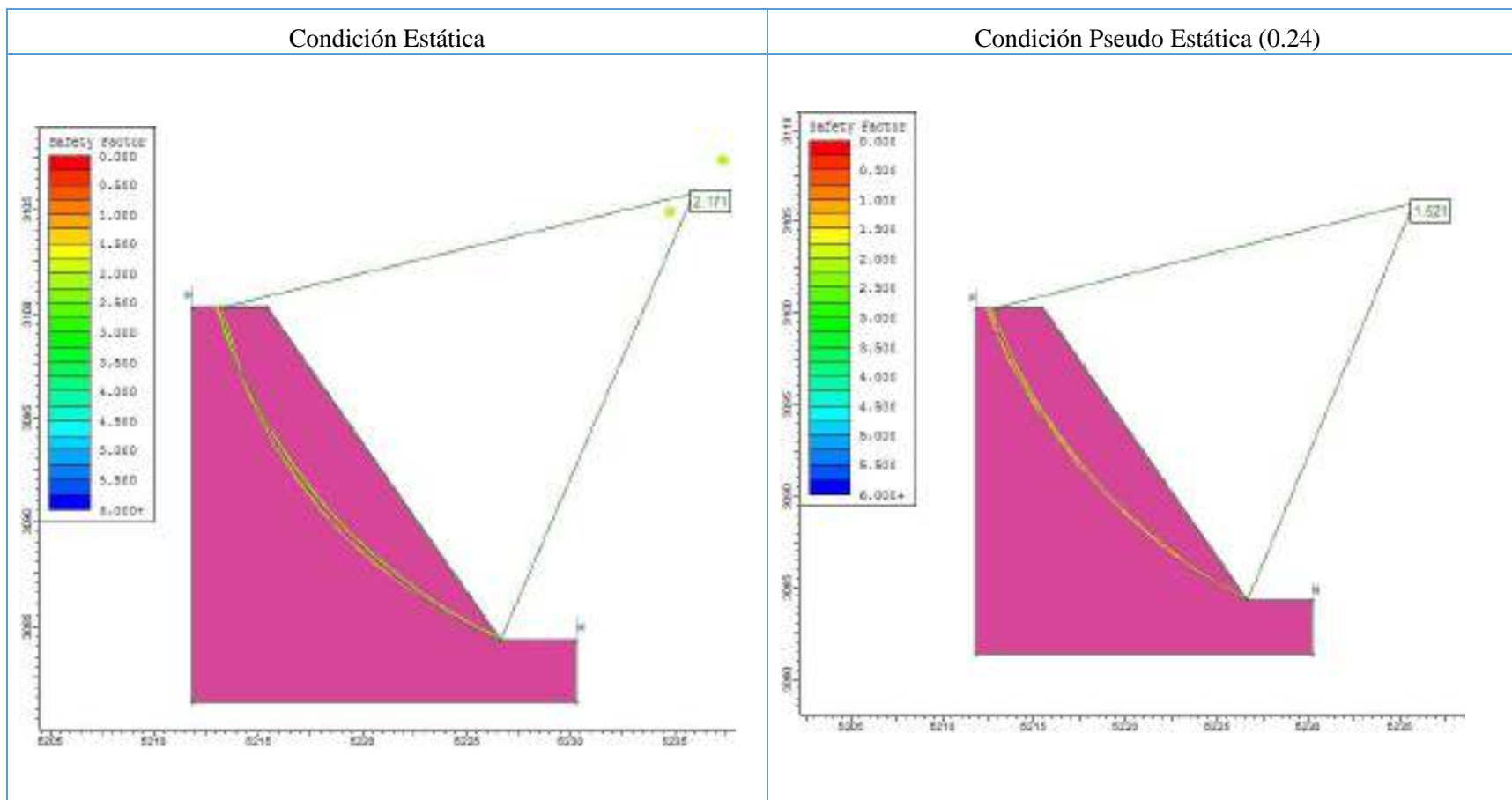
**SILICE GRANULAR
MODERADA - 50°**

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	2.455
FS Condición Pseudo Estatica	1.728





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

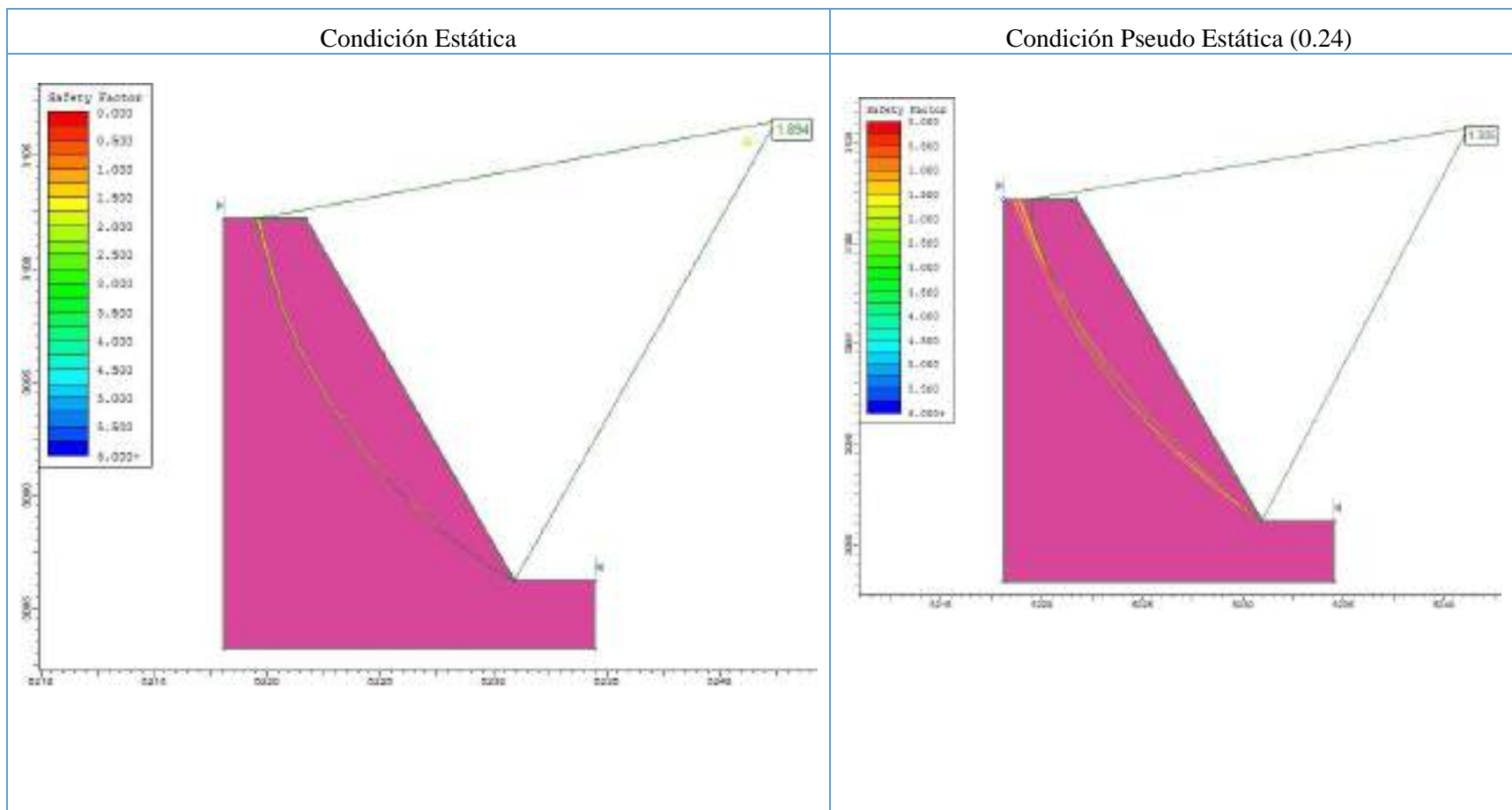


SILICE GRANULAR MODERADA - 55°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	2.171
	FS Condición Pseudo Estatica	1.521





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

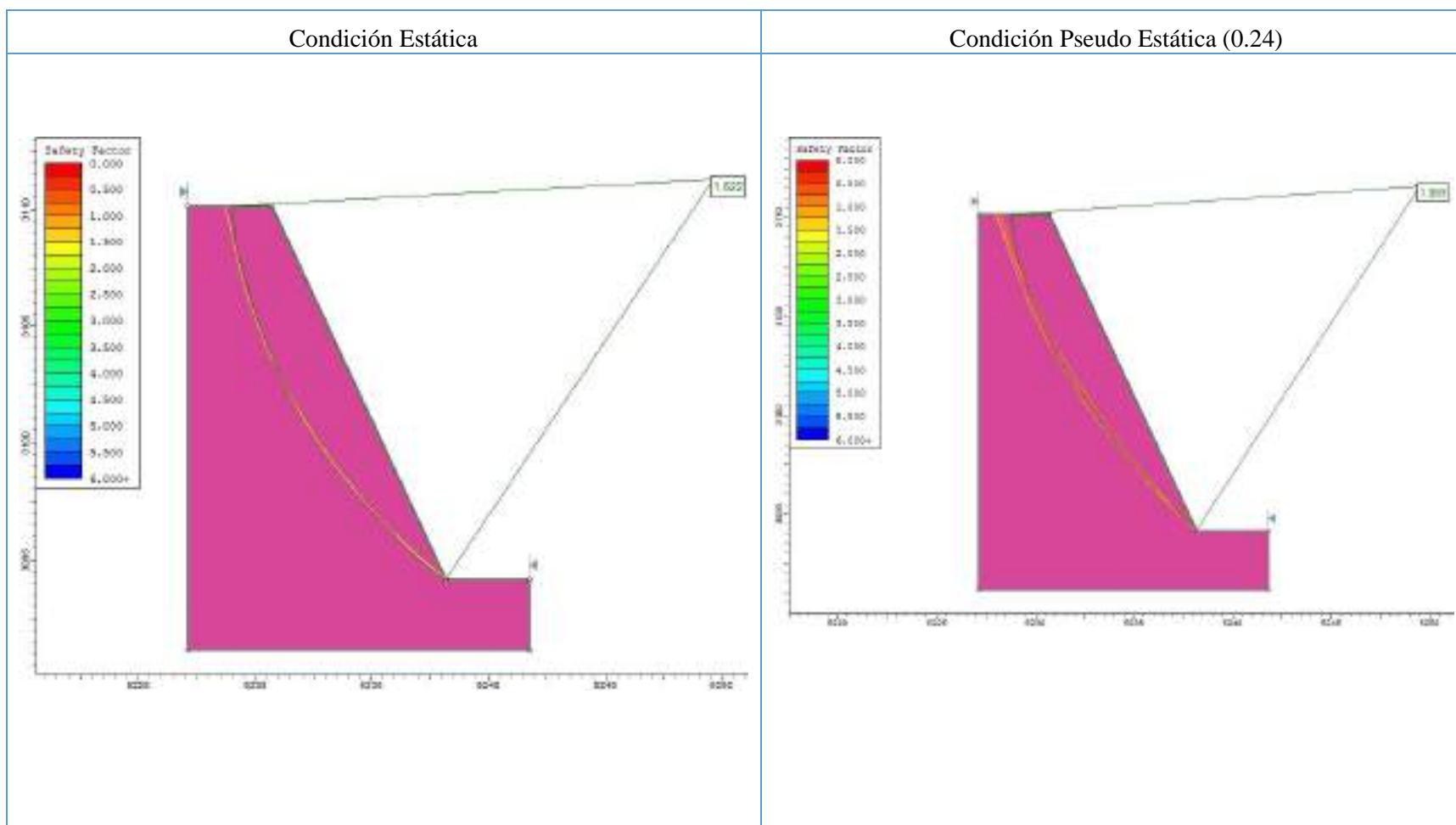


SILICE GRANULAR MODERADA - 60°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.894
	FS Condición Pseudo Estatica	1.305





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

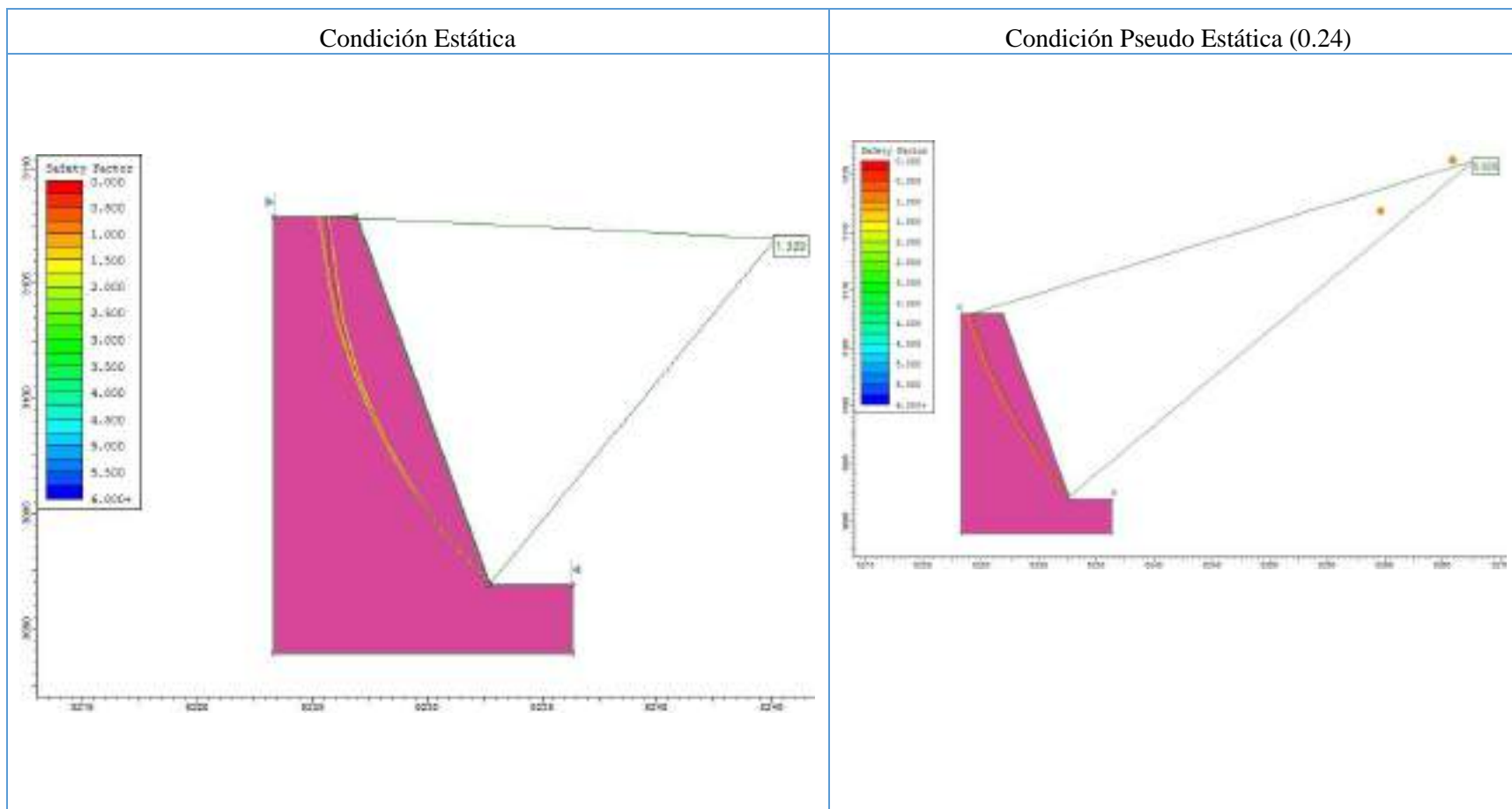


SILICE GRANULAR MODERADA - 65°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.622
	FS Condición Pseudo Estatica	1.069





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

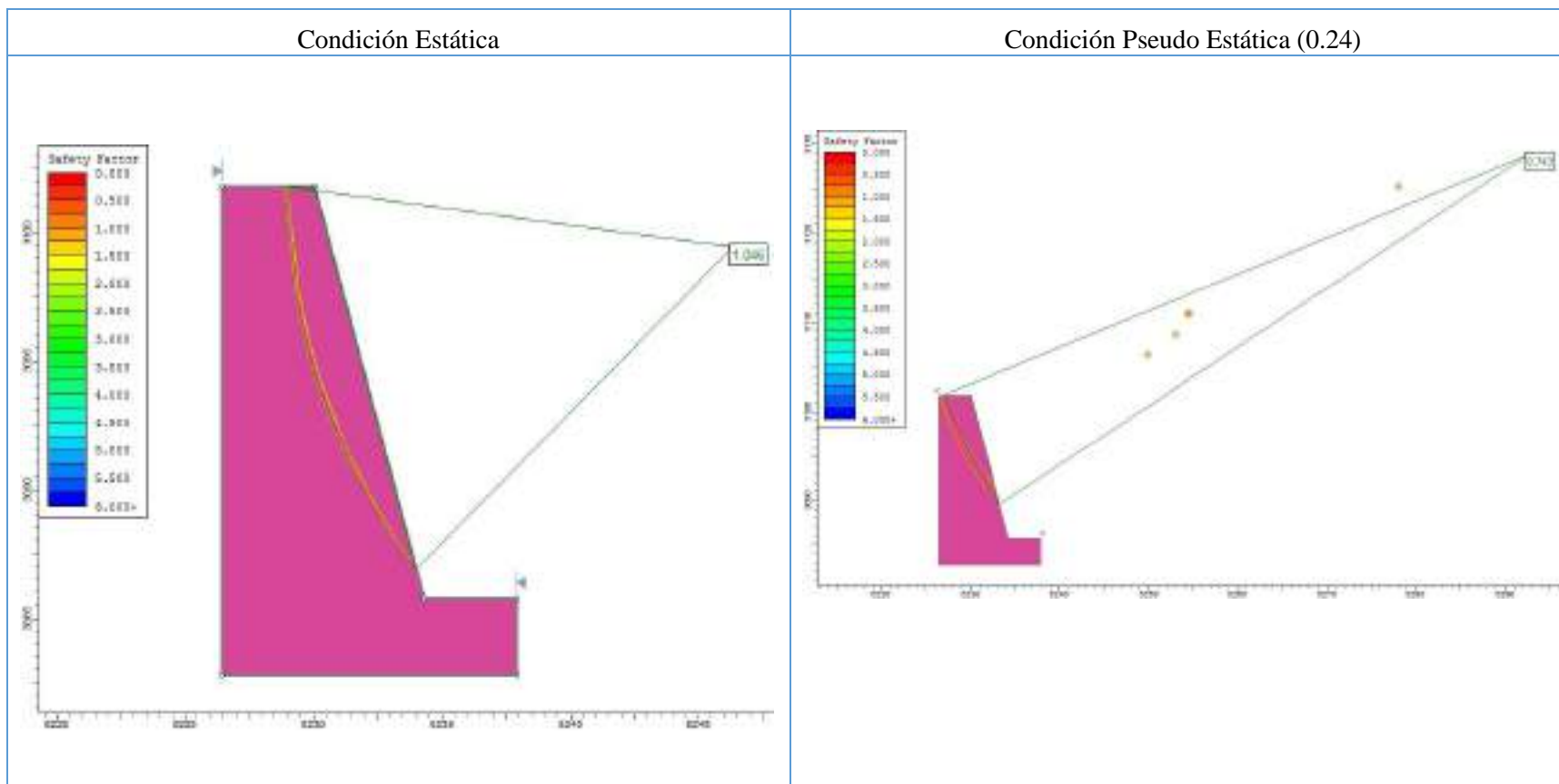


SILICE GRANULAR MODERADA - 70°	Talud	No Drenado
	Falla	No Circular
	Analisis	Local
	FS Condición Estatica	1.329
	FS Condición Pseudo Estatica	0.829





Determinación del ángulo de talud por litología – Tajo Huamanloma NW

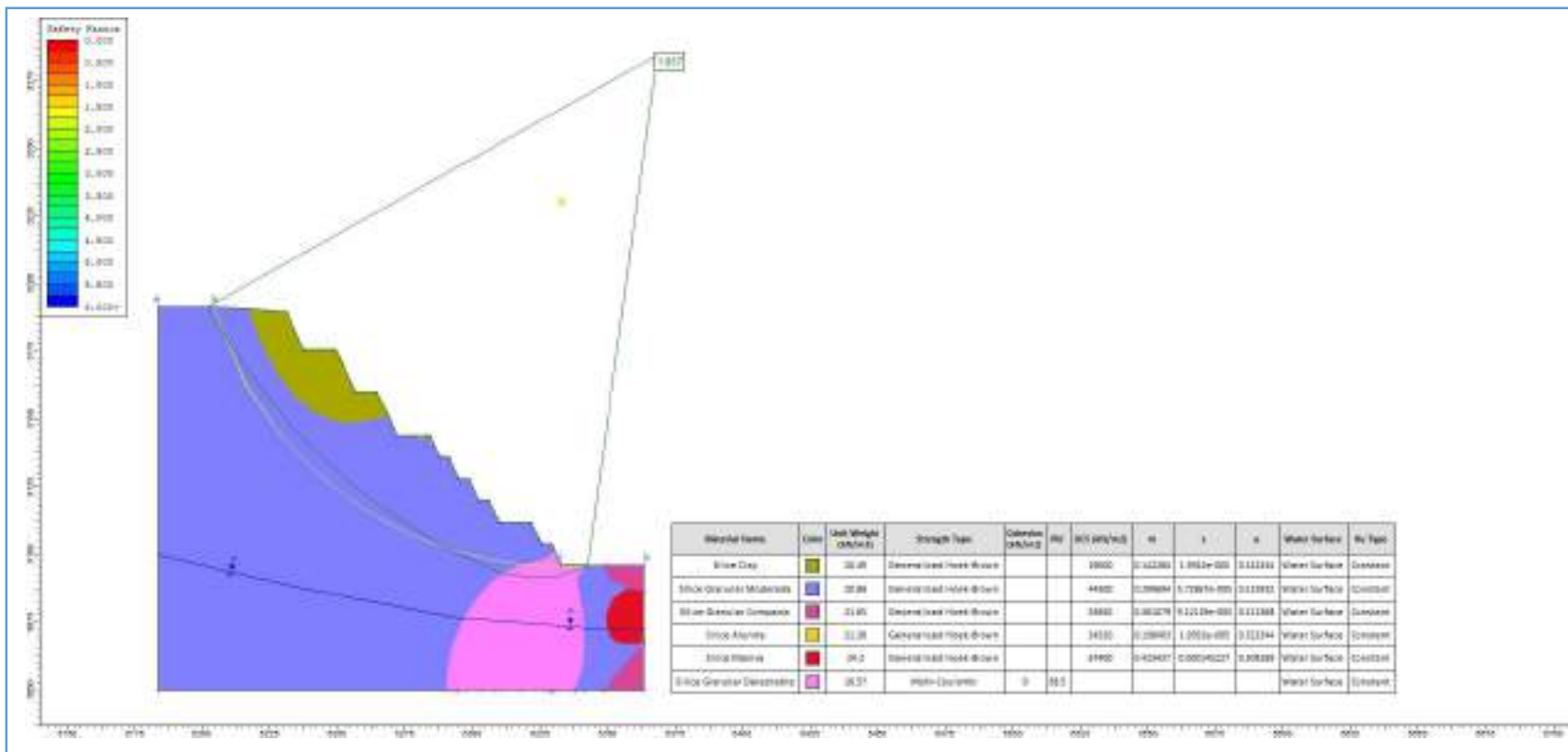


**SILICE GRANULAR
MODERADA - 75°**

Talud	No Drenado
Falla	No Circular
Analisis	Local
FS Condición Estatica	1.046
FS Condición Pseudo Estatica	0.743

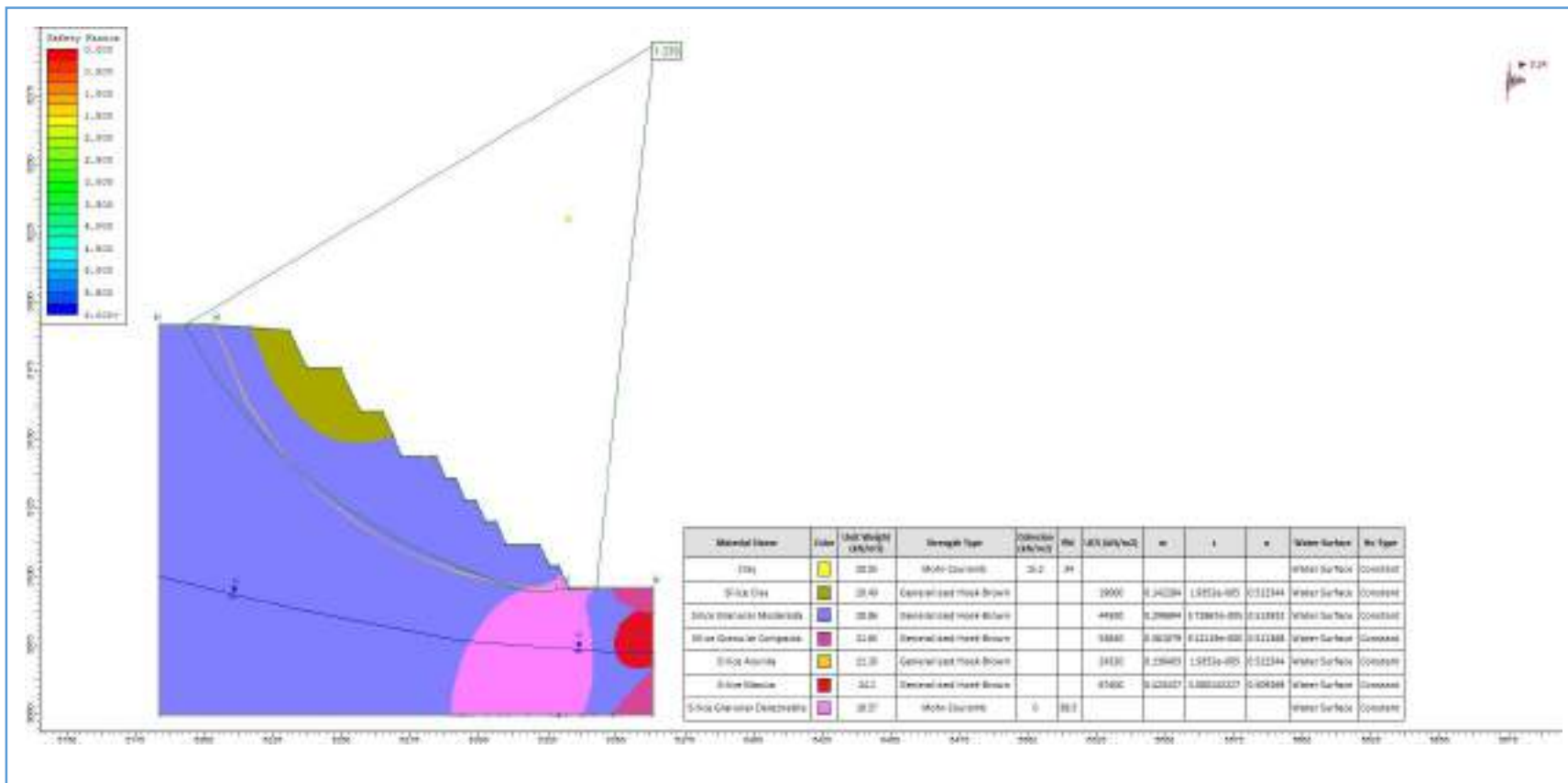






Sección 1-1	Diseño - Final	Corte representativo Tajo Huamanloma NW
	Talud	Drenado
	Falla	No Circular
	Condición	Estática
	Análisis	Global
	FS	1.857



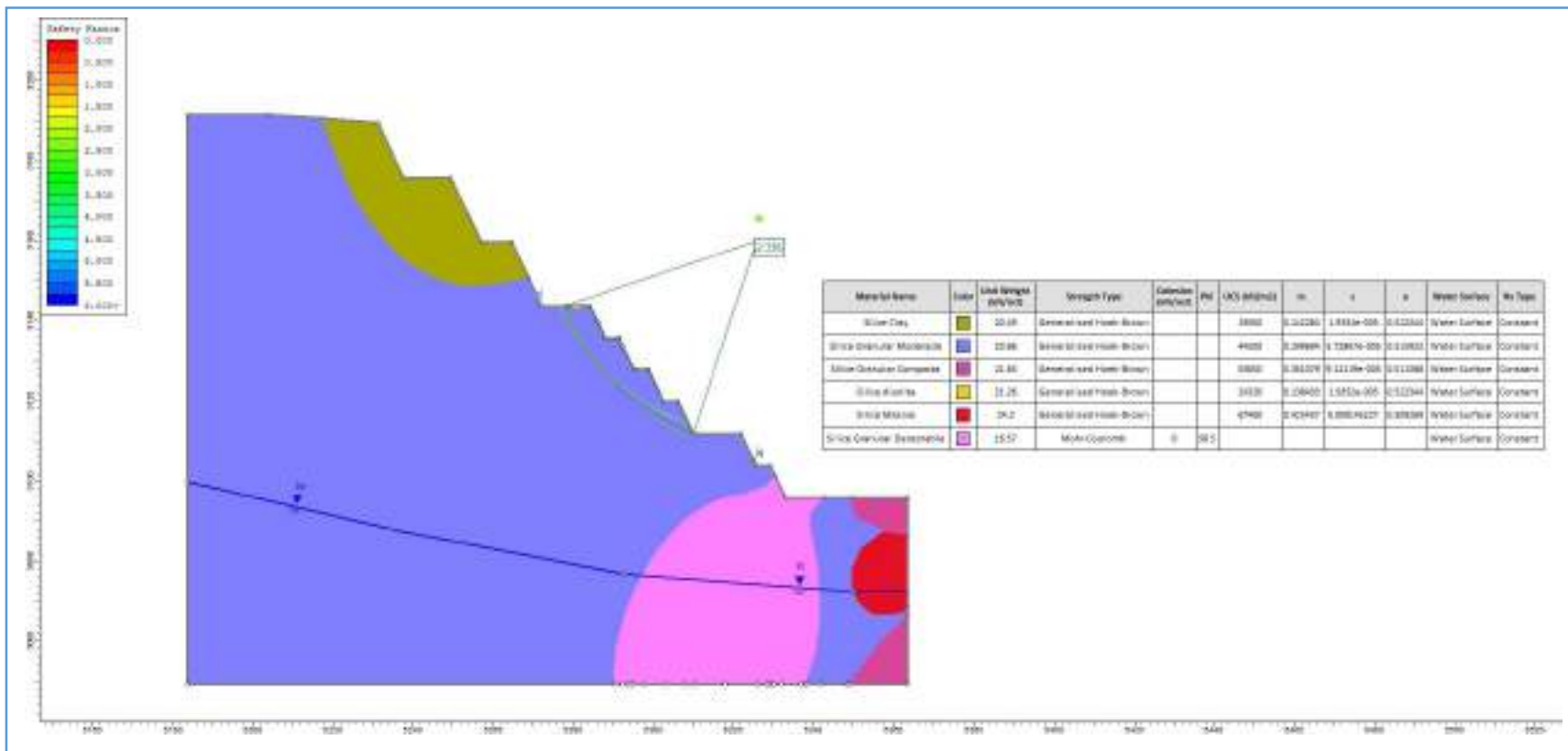


Sección 1-1

Diseño - Final
Talud
Falla
Condición
Análisis
FS

Corte representativo Tajo Huamanloma NW
Drenado
No Circular
Pseudo Estática
Global
1.339



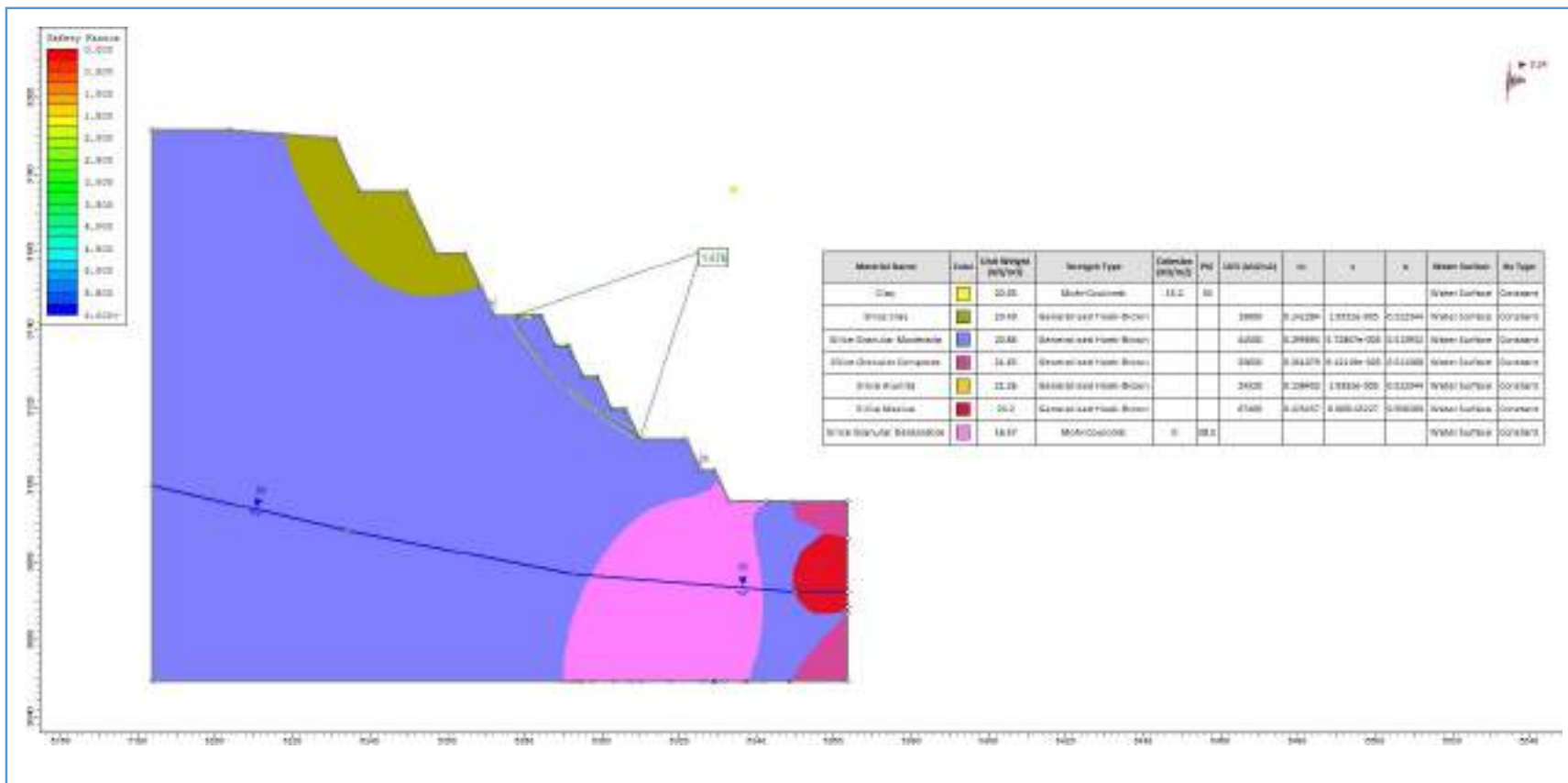


Sección 1-1

Diseño - Final
 Talud
 Falla
 Condición
 Analisis
 FS

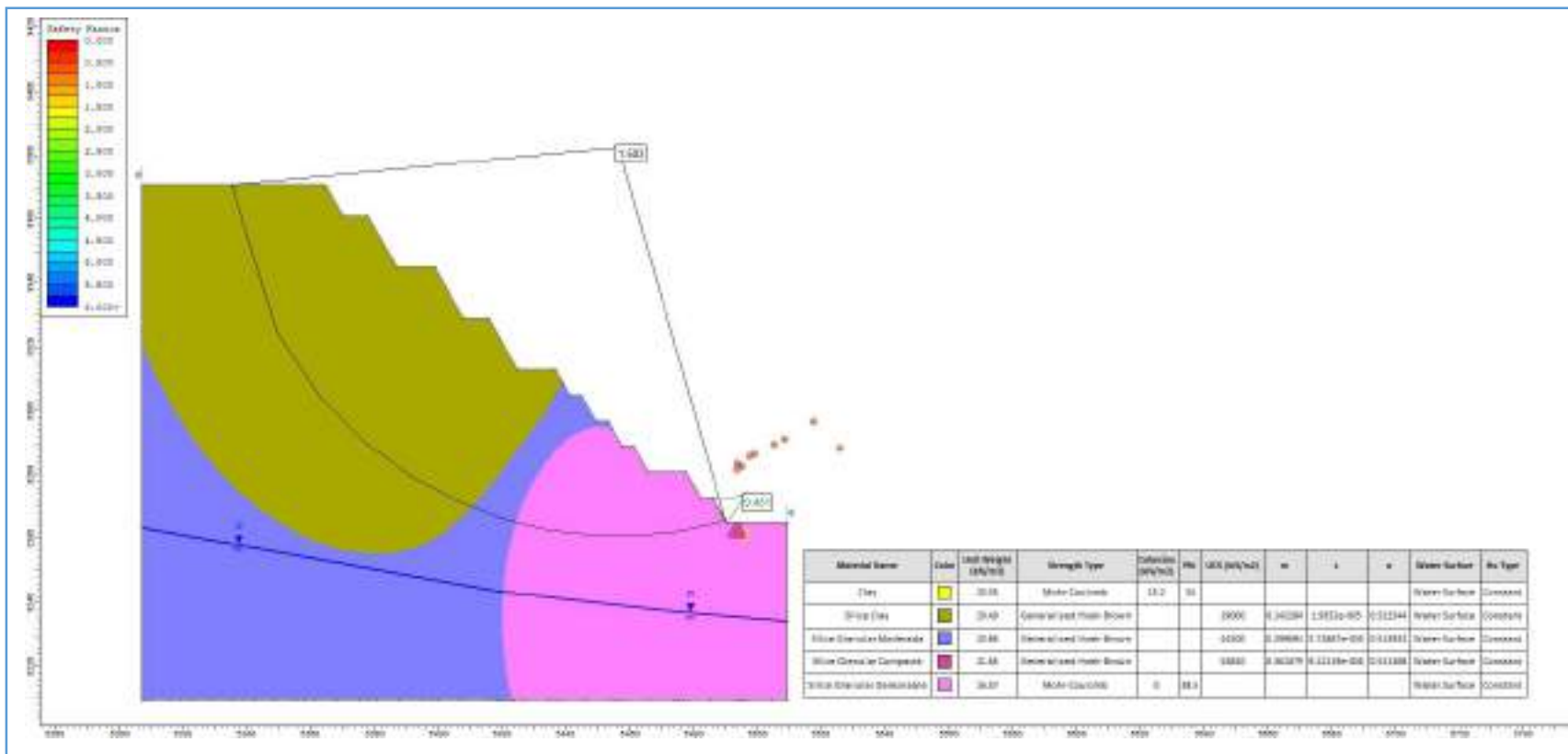
Corte representativo Tajo Huamanloma NW
 Drenado
 No Circular
 Estática
 Interrampa
 2.336





Sección 1-1	Diseño - Final	Corte representativo Tajo Huamanloma NW
	Talud	Drenado
	Falla	No Circular
	Condición	Pseudo Estática
	Análisis	Interrampa
	FS	1.676



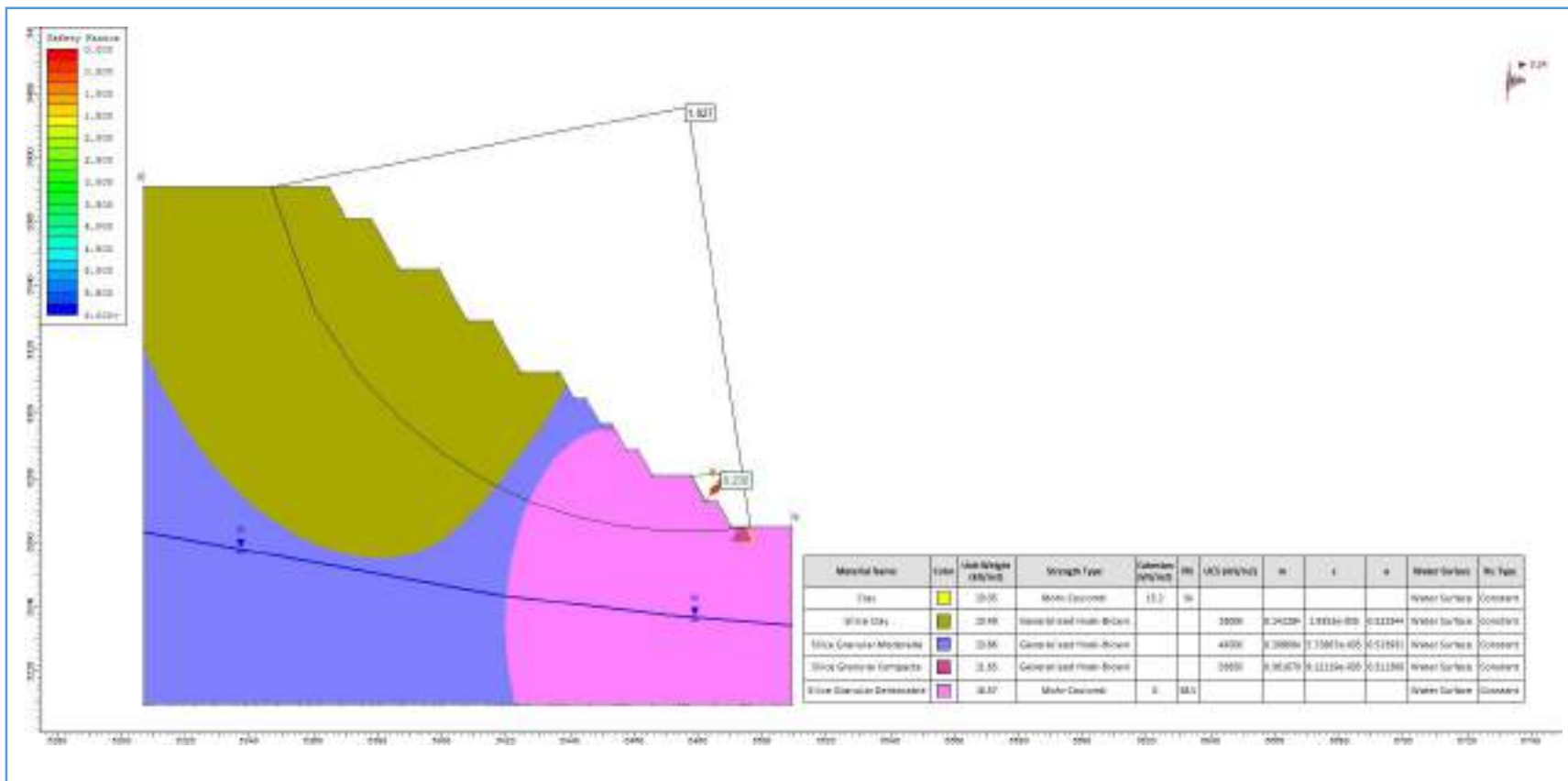


Sección 2-2	Diseño - Final	Corte representativo Tajo Huamanloma NW
	Talud	Drenado
	Falla	No Circular
	Condición	Estática
	Análisis	Global
	FS	1.503





Análisis de Estabilidad Física – Tajo Huamanloma NW



Sección 2-2

Diseño - Final

Talud

Falla

Condición

Análisis

FS

Corte representativo Tajo Huamanloma NW

Drenado

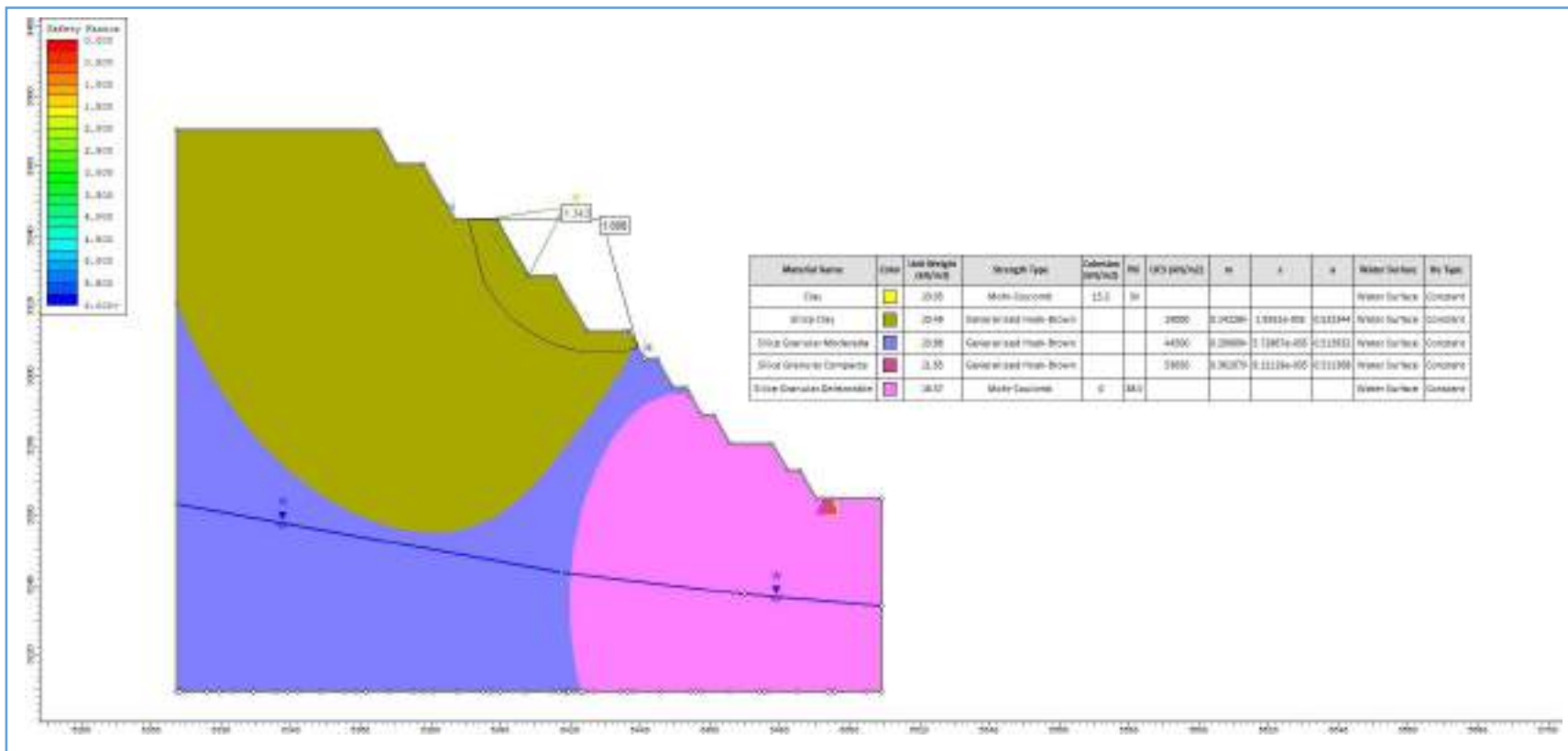
No Circular

Pseudo Estática

Global

1.027



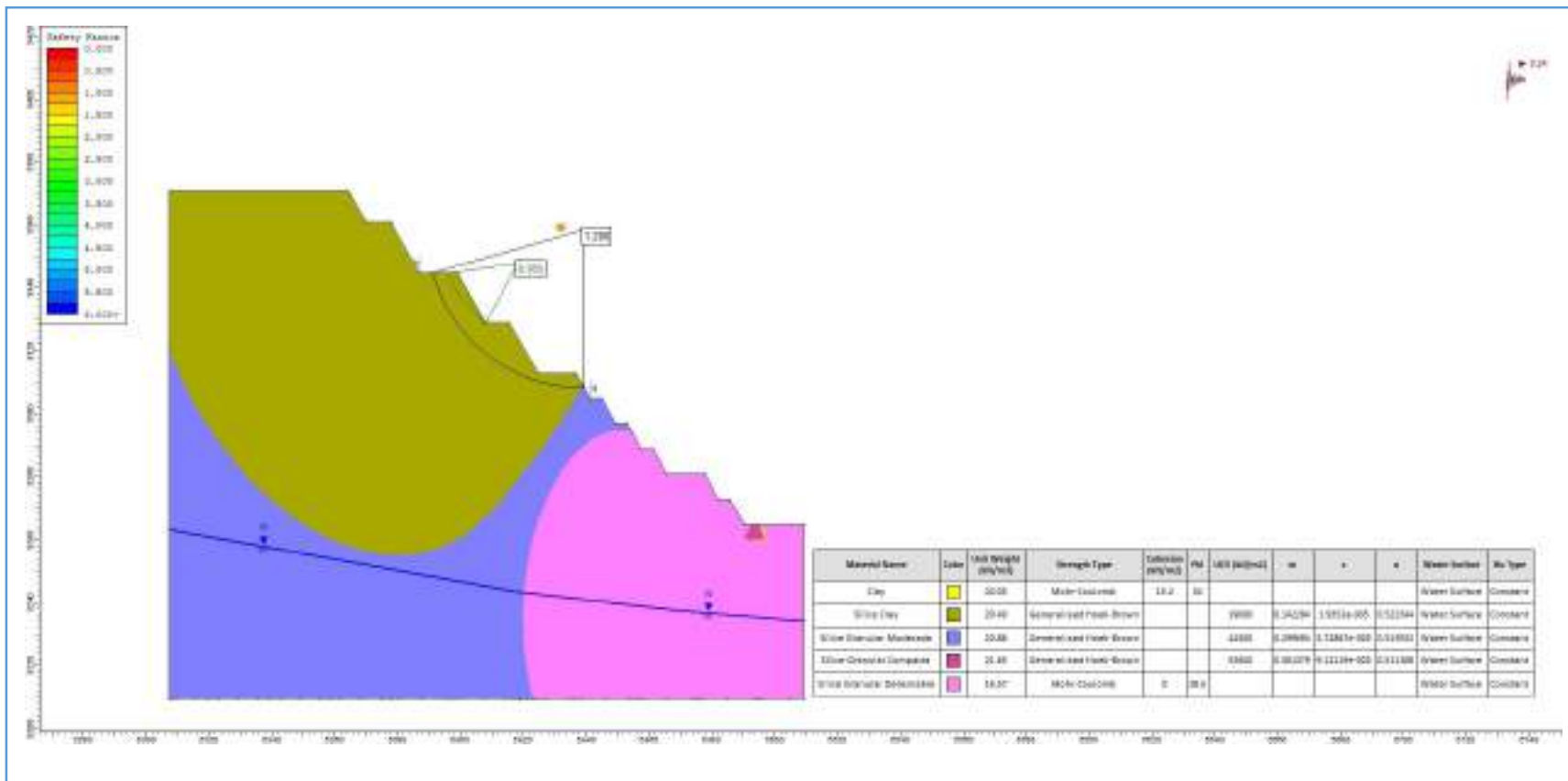


Sección 2-2

Diseño - Final
Talud
Falla
Condición
Análisis
FS

Corte representativo Tajo Huamanloma NW
Drenado
No Circular
Estática
Interrampa
1.818



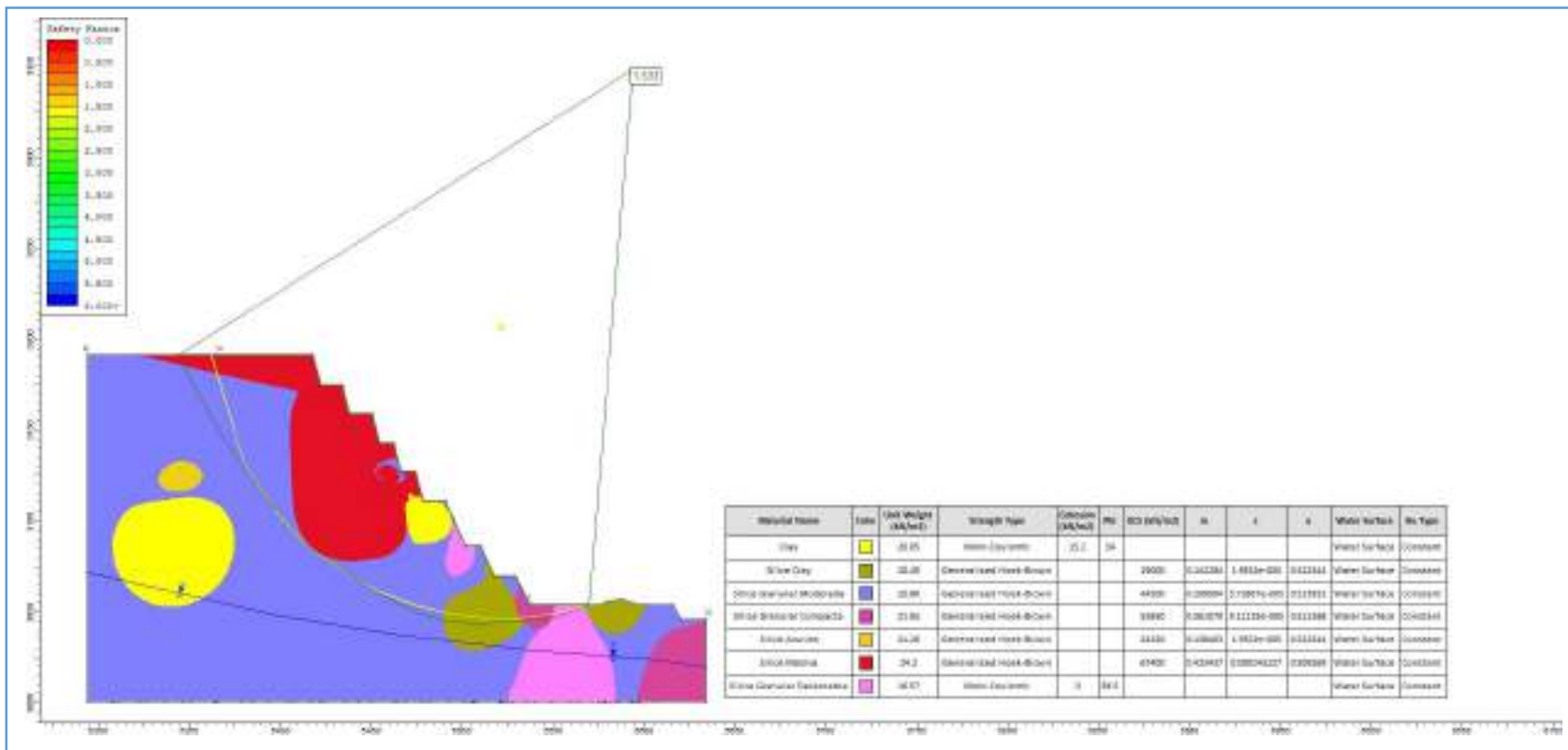


Sección 2-2

Diseño - Final
Talud
Falla
Condición
Análisis
FS

Corte representativo Tajo Humanloma NW
Drenado
No Circular
Pseudo Estática
Interrampa
1.208



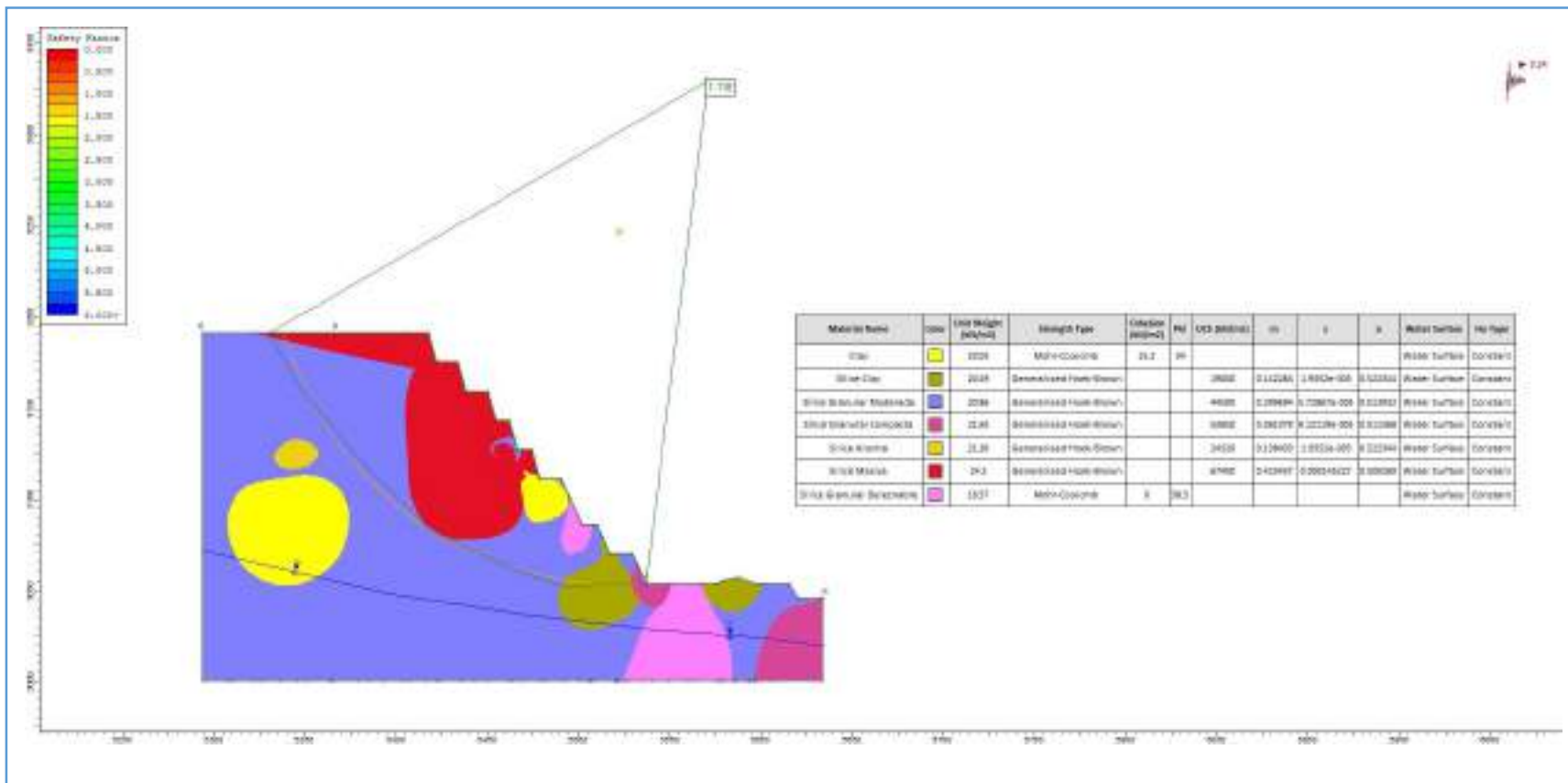


Sección 3-3	Diseño - Final	Corte representativo Tajo Huamanloma NW
	Talud	Drenado
	Falla	No Circular
	Condición	Estática
	Análisis	Global
	FS	1.533





Análisis de Estabilidad Física – Tajo Humanloma NW



Sección 3-3

Diseño - Final

Talud

Falla

Condición

Análisis

FS

Corte representativo Tajo Humanloma NW

Drenado

No Circular

Pseudo Estática

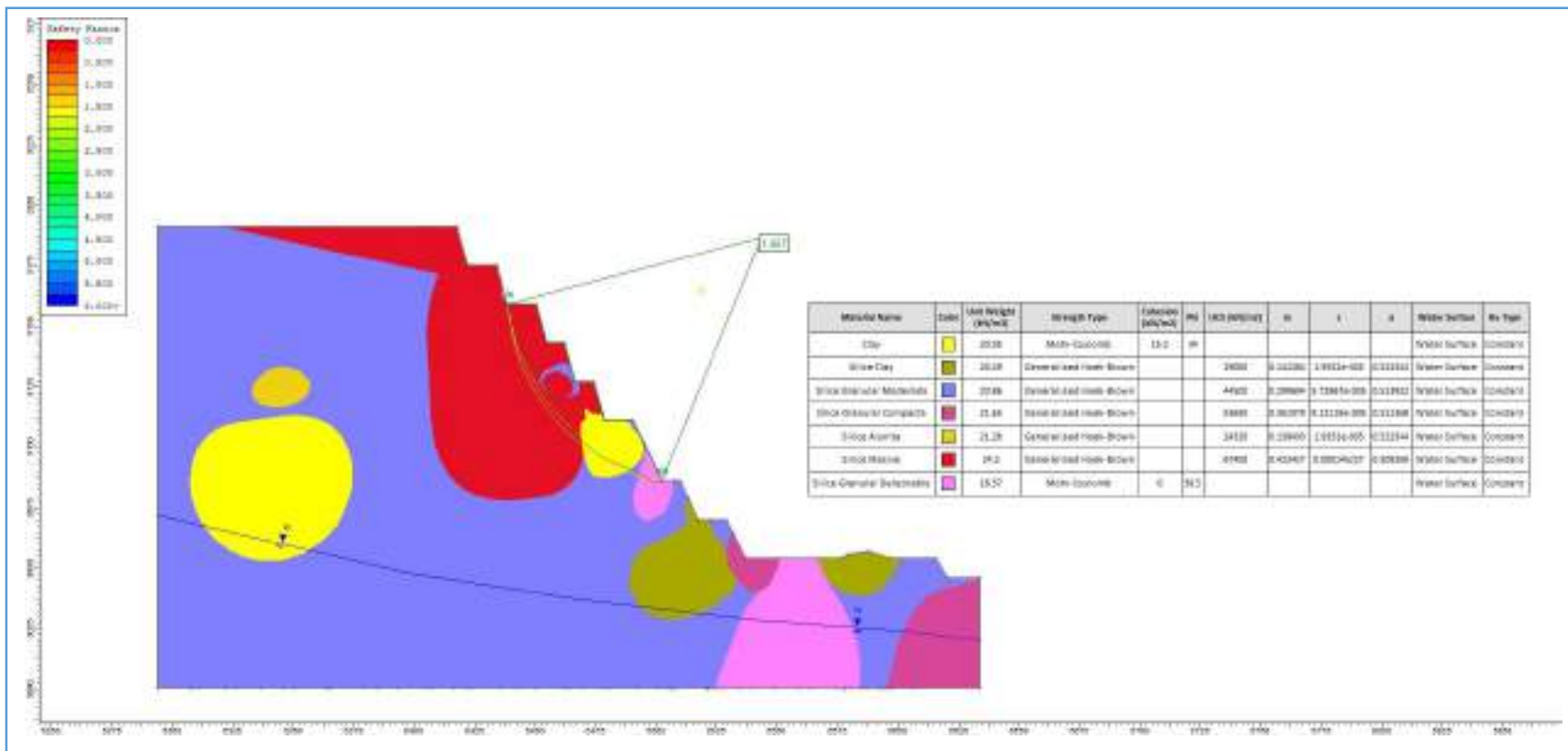
Global

1.118





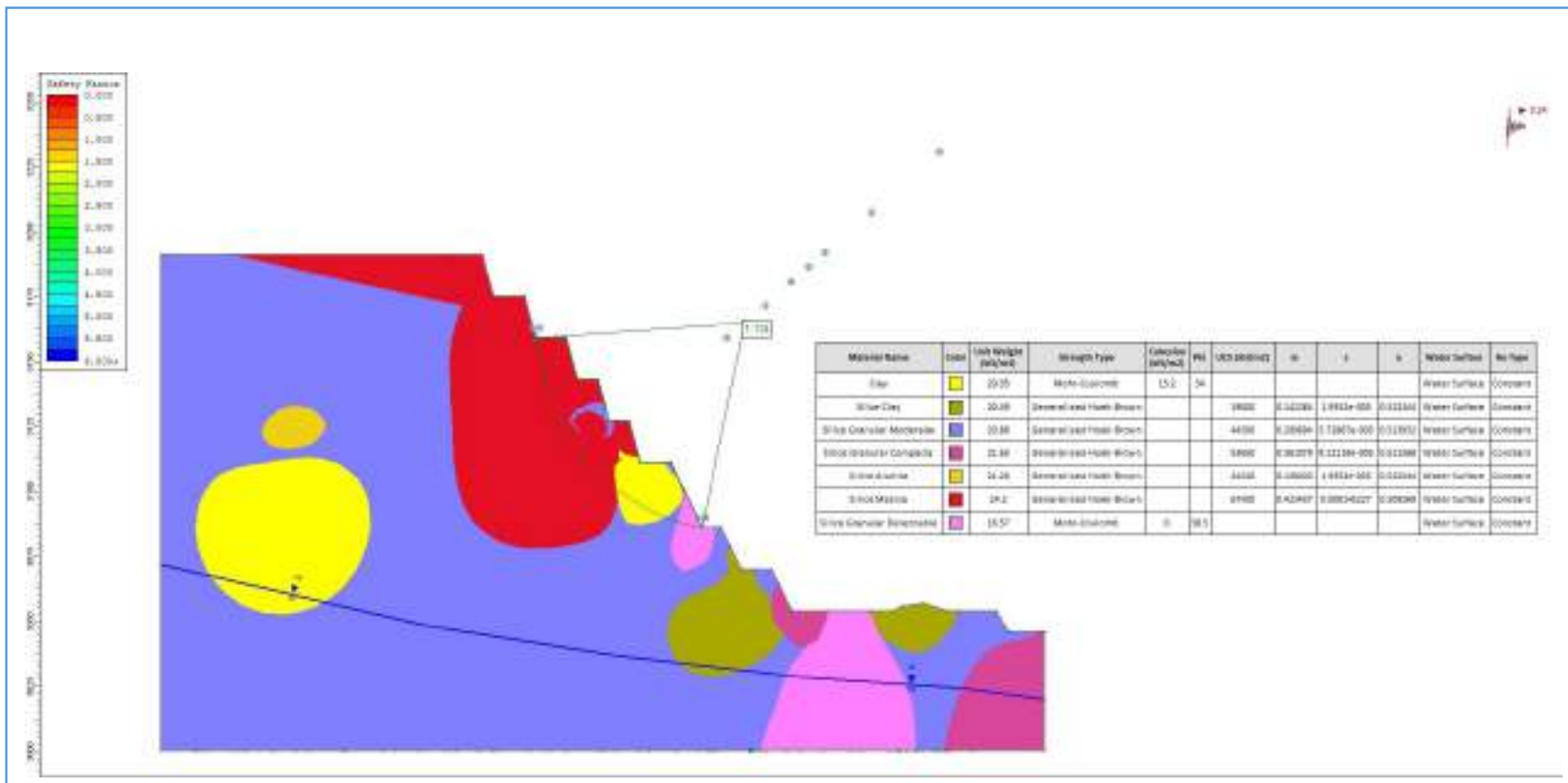
Análisis de Estabilidad Física – Tajo Humanloma NW



Sección 3-3

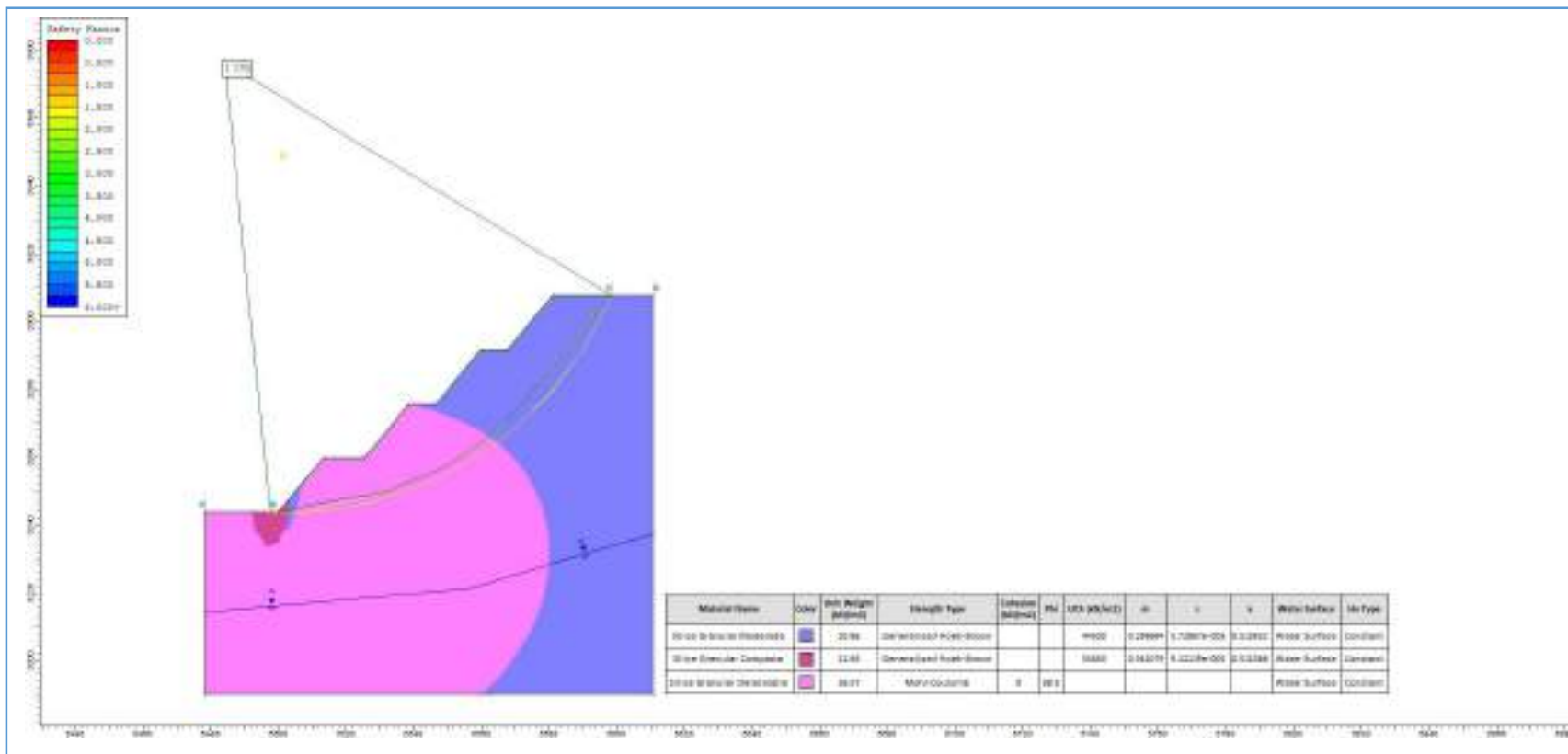
Diseño - Final	Corte representativo Tajo Humanloma NW
Talud	Drenado
Falla	No Circular
Condición	Estática
Analisis	Interrampa
FS	1.457





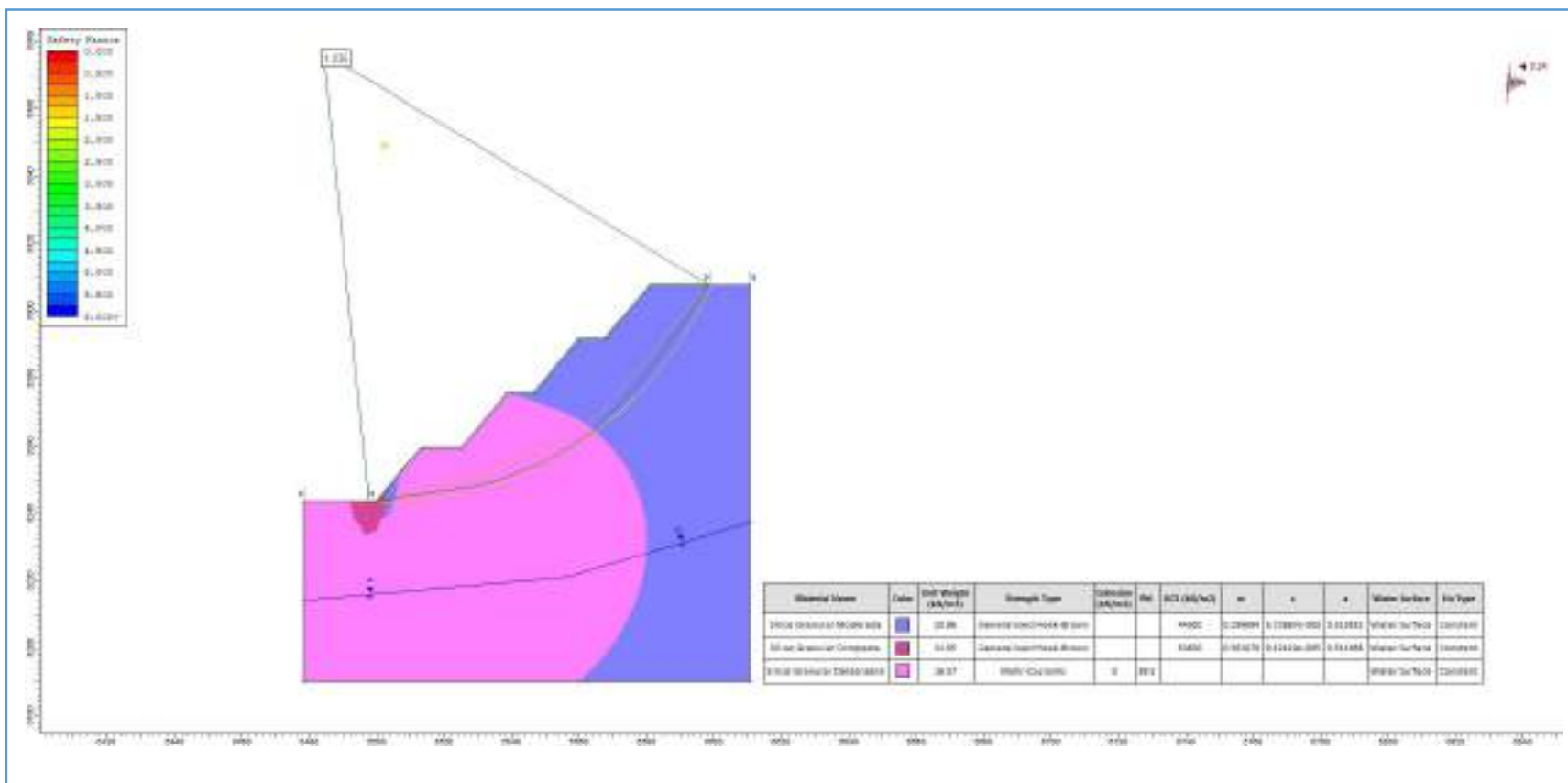
Sección 3-3	Diseño - Final	Corte representativo Tajo Huamanloma NW
	Talud	Drenado
	Falla	No Circular
	Condición	Pseudo Estática
	Análisis	Interrampa
	FS	1.134





Sección 4-4	Diseño - Final	Corte representativo Tajo Huamanloma NW
	Talud	Drenado
	Falla	No Circular
	Condición	Estática
	Análisis	Global
	FS	1.779





Sección 4-4

Diseño - Final

Talud

Falla

Condición

Análisis

FS

Corte representativo Tajo Huamanloma NW

Drenado

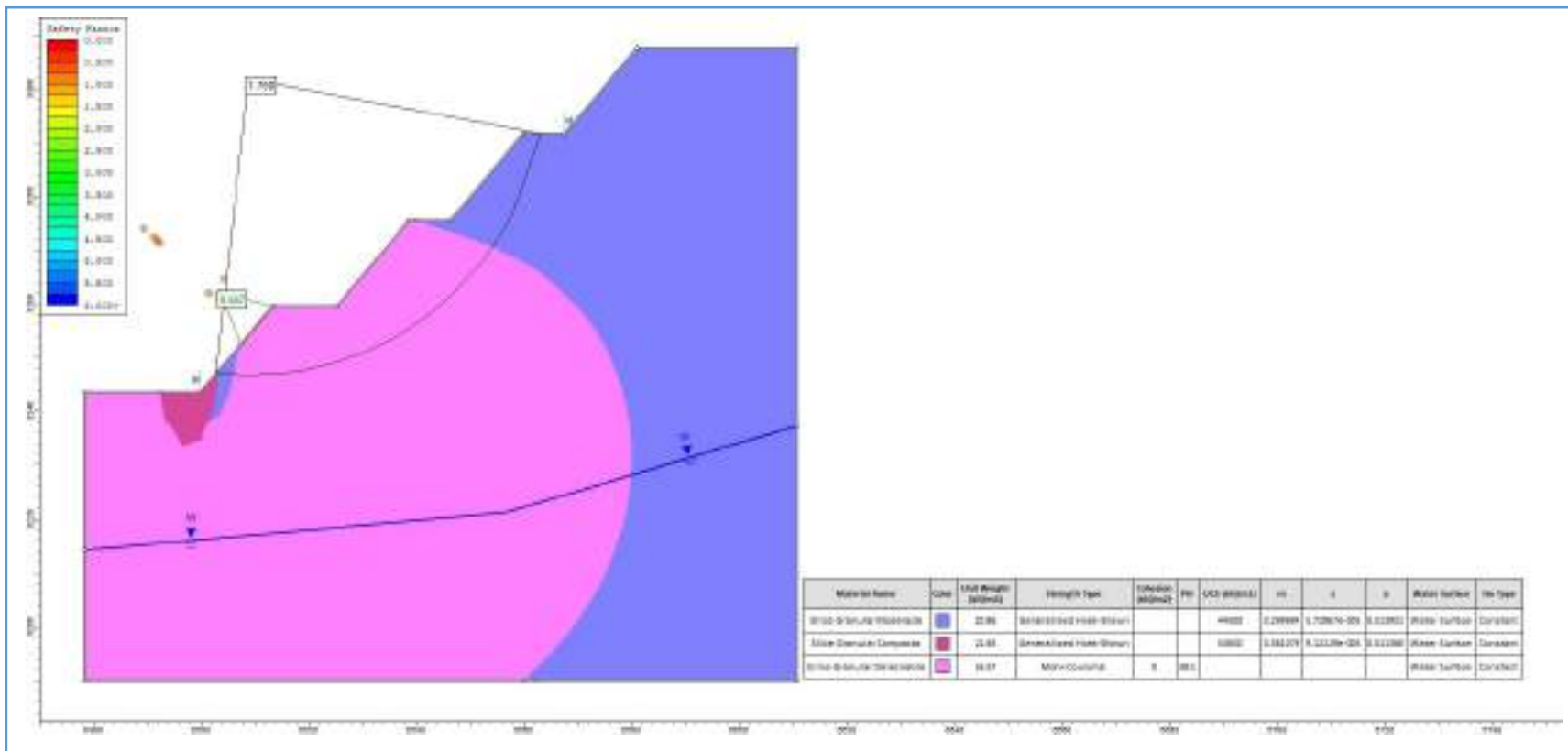
No Circular

Pseudo Estática

Global

1.235



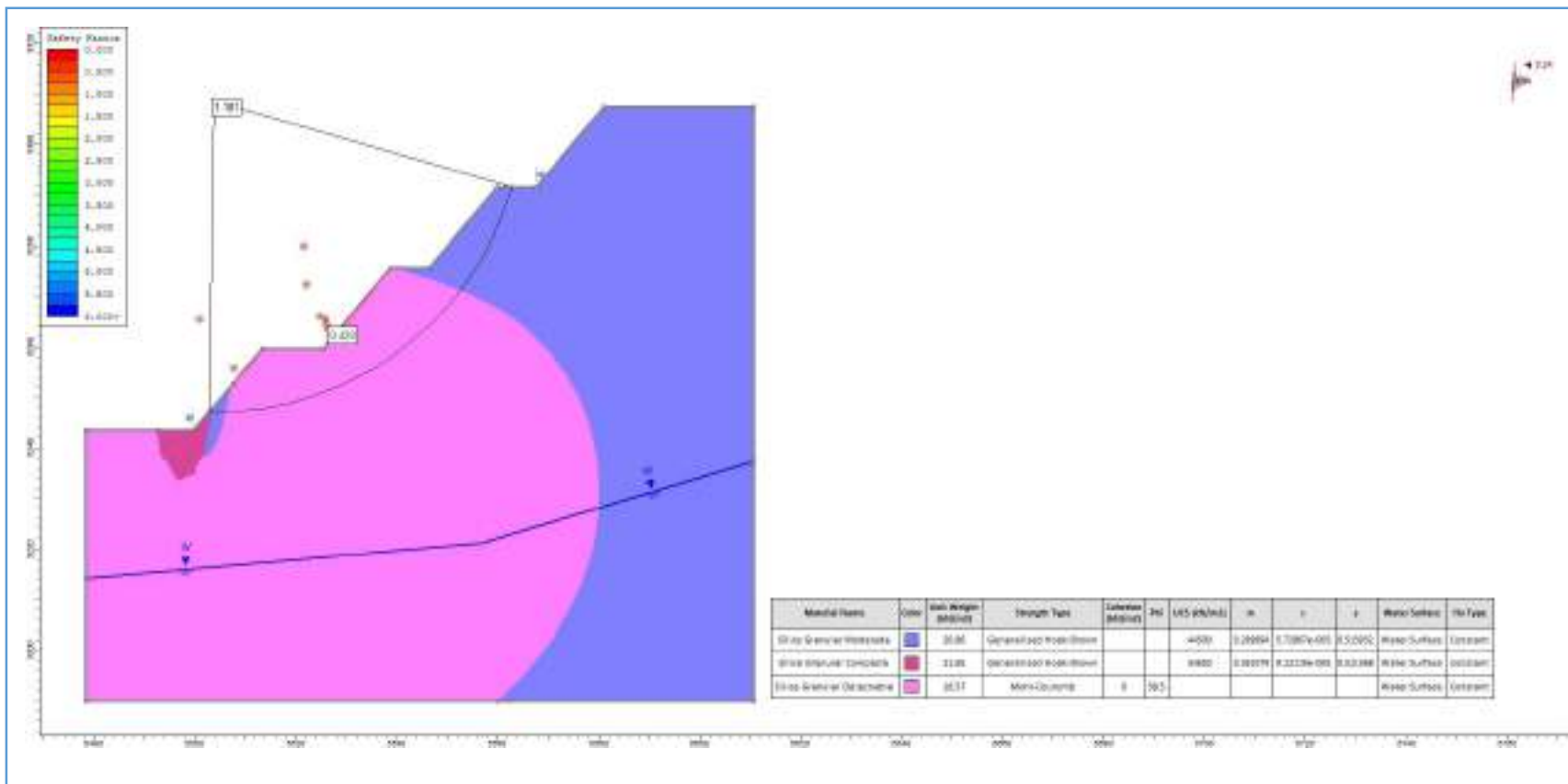


Sección 4-4

Diseño - Final
Talud
Falla
Condición
Análisis
FS

Corte representativo Tajo Huamanloma NW
Drenado
No Circular
Estática
Interrampa
1.768

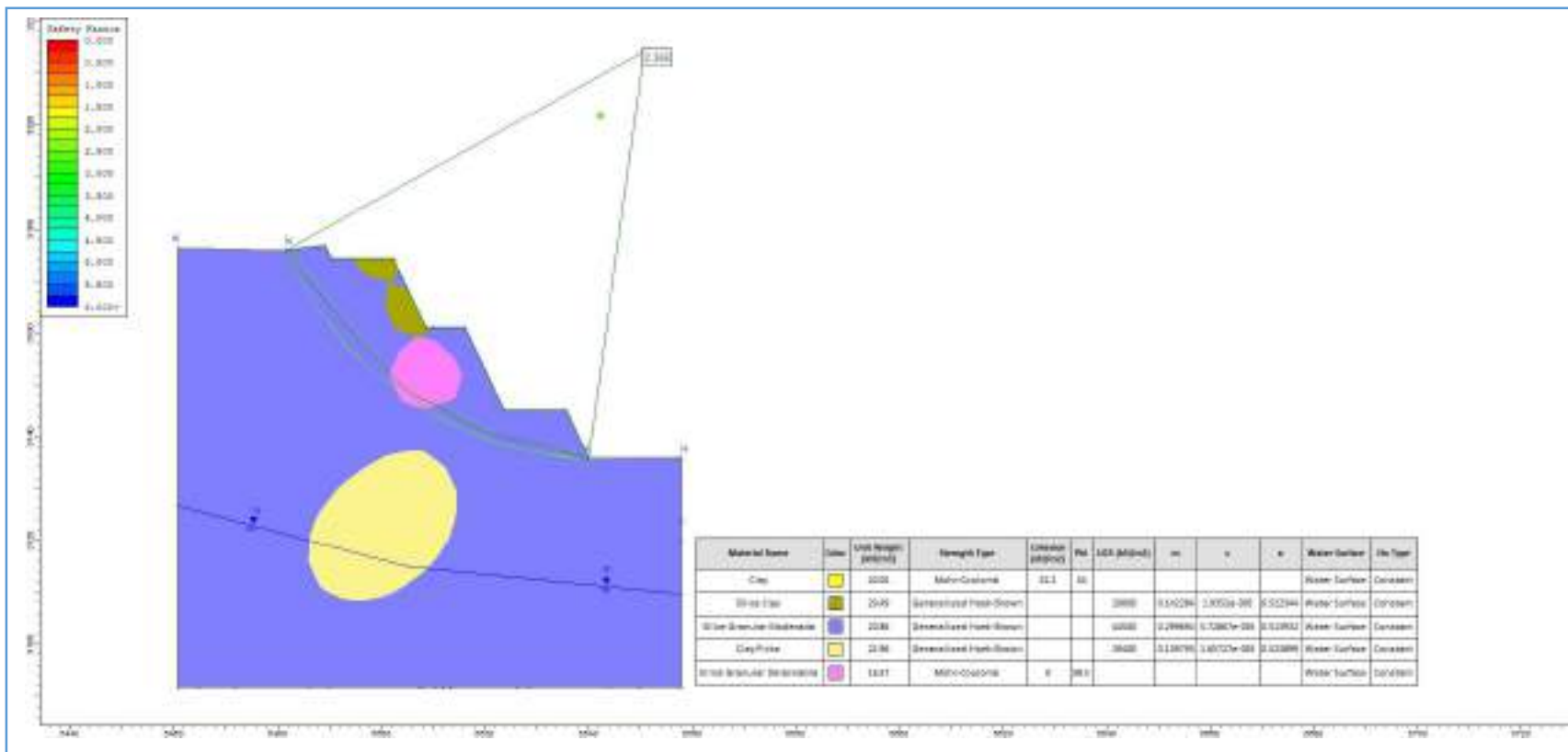




Sección 4-4

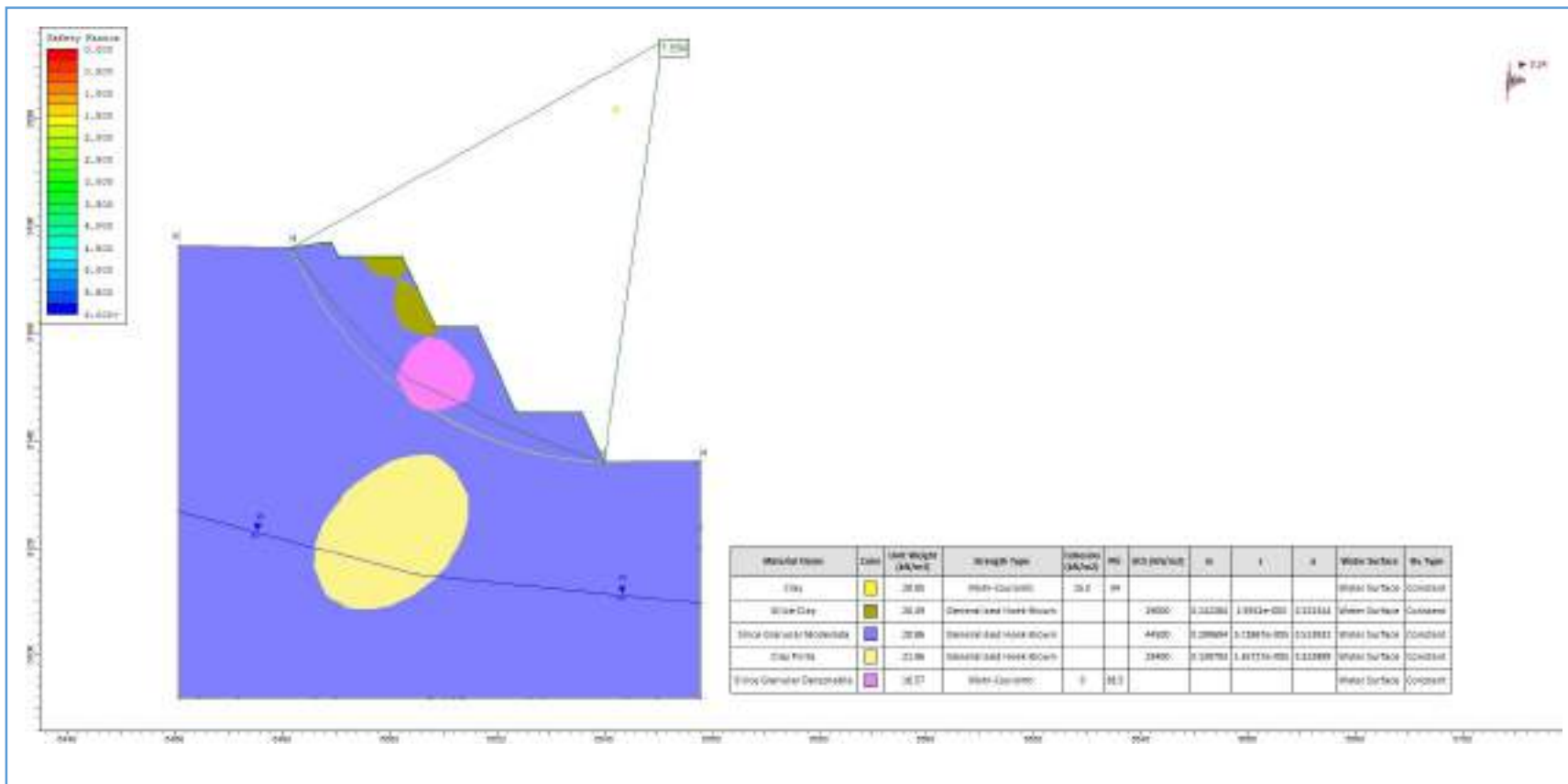
Diseño - Final	Corte representativo Tajo Huamanloma NW
Talud	Drenado
Falla	No Circular
Condición	Pseudo Estática
Análisis	Interrampa
FS	1.181





Sección 5-5	Diseño - Final	Corte representativo Tajo Huamanloma NW
	Talud	Drenado
	Falla	No Circular
	Condición	Estática
	Análisis	Global
	FS	2.358

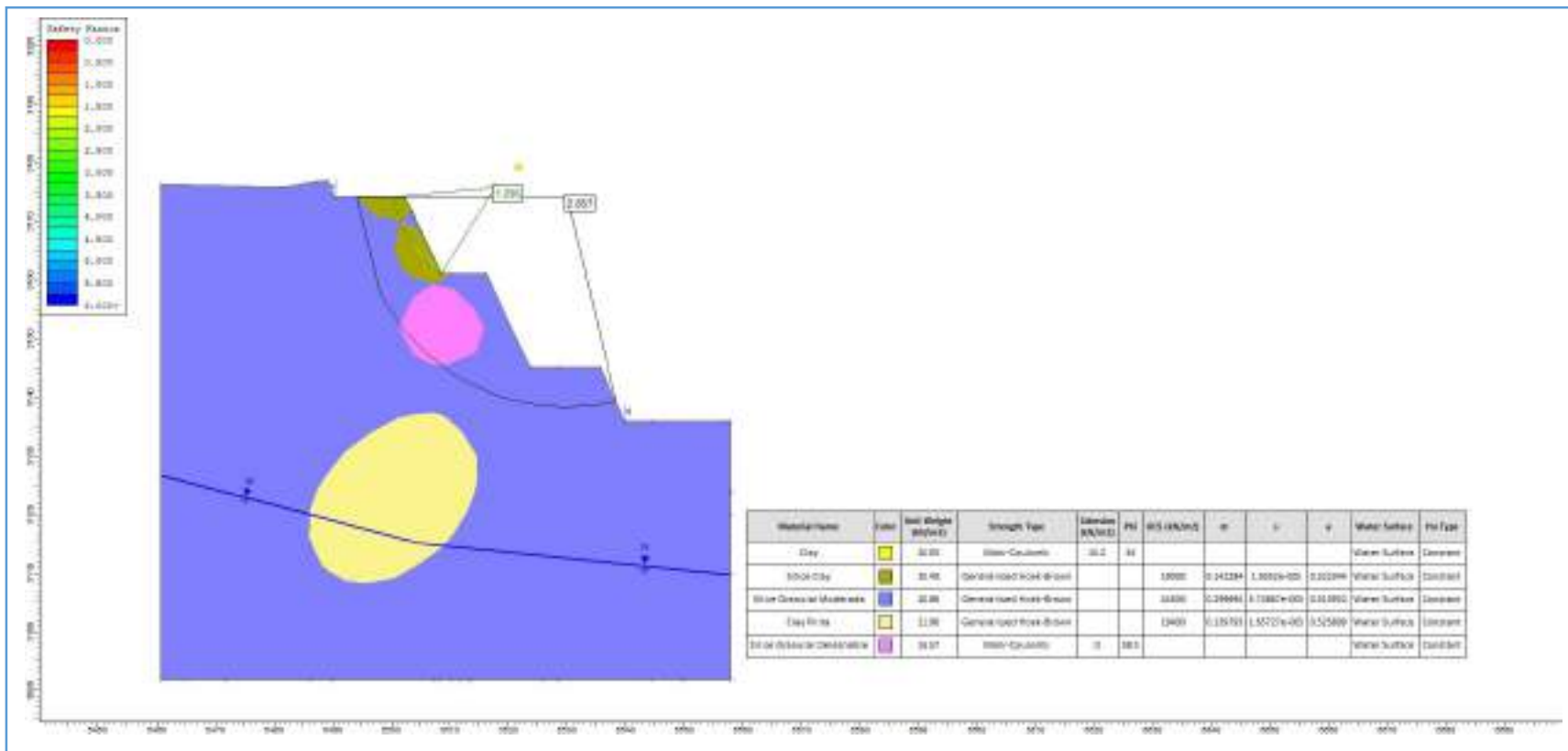




Sección 5-5

Diseño - Final	Corte representativo Tajo Humanloma NW
Talud	Drenado
Falla	No Circular
Condición	Pseudo Estática
Análisis	Global
FS	1.594



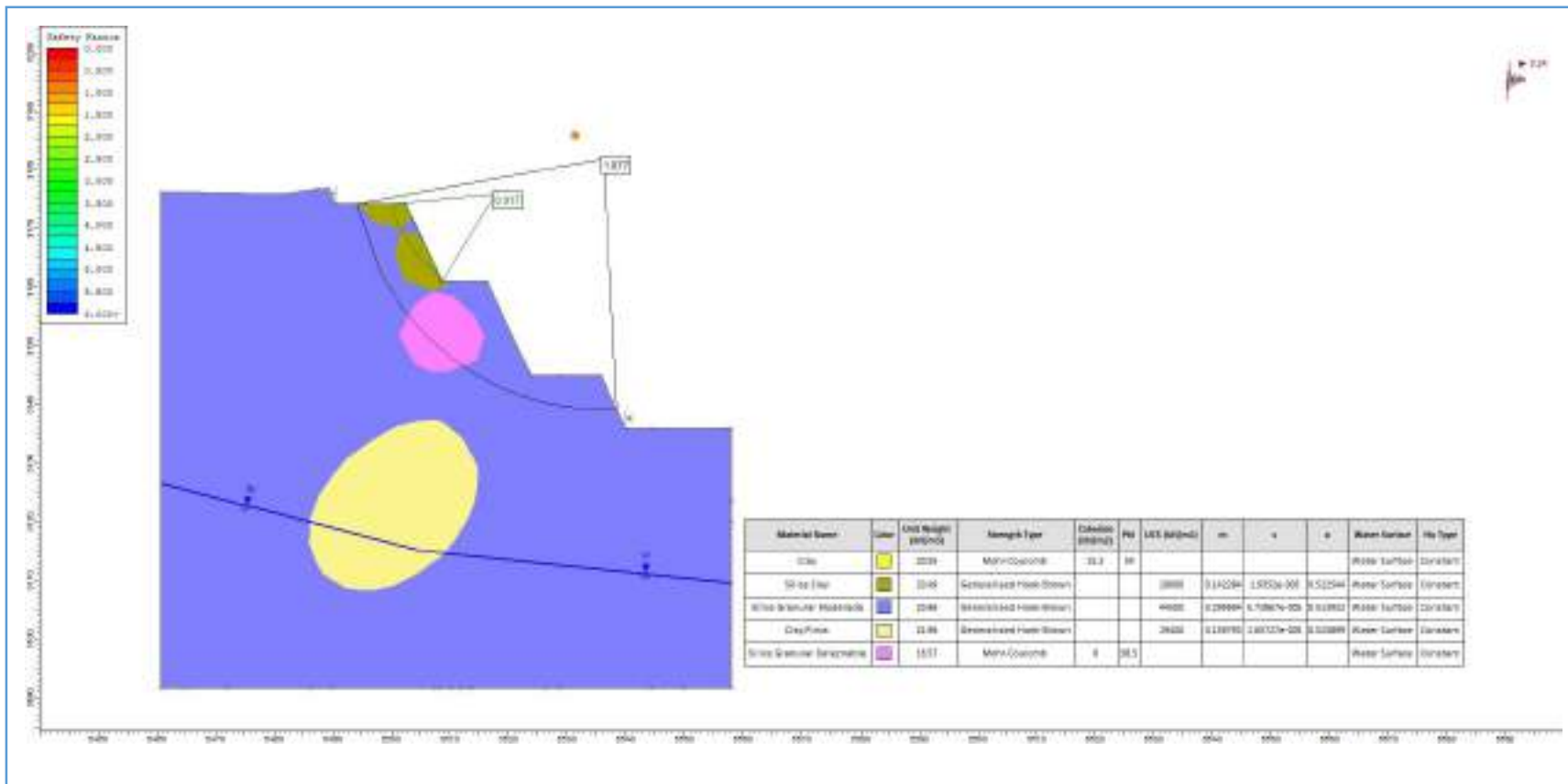


Sección 5-5

Diseño - Final
Talud
Falla
Condición
Análisis
FS

Corte representativo Tajo Humanloma NW
Drenado
No Circular
Estática
Interrampa
2.857





Sección 5-5	Diseño - Final	Corte representativo Tajo Humanloma NW
	Talud	Drenado
	Falla	No Circular
	Condición	Pseudo Estática
	Análisis	Interrampa
	FS	1.877





Fotografía N° 1: Logueo de sondajes Geotécnicos HUA-DH-02.



Fotografía N° 2: supervisión de los Taladros Geotécnicos.



Fotografía N° 3: Logueo de sondajes Geotécnicos HUA-DH-01.



Fotografía N° 4: Muestreo y monitoreo de piezómetros.



Fotografía N° 5: Ejecución de Calicatas (C-10).



Fotografía N° 6: Logueo de calicatas (C-17).



Fotografía N°7: Ensayo de densidad de campo por el método de reemplazo de agua.



Fotografía N°8: Investigaciones de campo – Mapeo por estaciones geomecánicas.



Fotografías N°9: Investigaciones Geotécnicas - Calicatas.



Fotografía N°10: Ensayos de densidad de campo (C-24).