

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Plan de minado de la mina Marcapunta SW, para optimizar el diseño
de cámaras y pilares – Cía. minera El Brocal S.A.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Hans Jhoel BUSTILLOS HUAMAN

Asesor:

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

Cerro de Pasco – Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Plan de minado de la mina Marcapunta SW, para optimizar el diseño
de cámaras y pilares – Cía. minera El Brocal S.A.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Vicente César DÁVILA CÓRDOVA
PRESIDENTE

Mg. Julio César SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°069-JUIFIM-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bachiller: Bachiller Hans Jhoel, BUSTILLOS HUAMAN

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Plan de Minado de la Mina Marcapunta SW, para optimizar el diseño de Cámaras y Pilares – Cía. Minera El Brocal S.A.A.

Asesor:

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

Índice de Similitud: 17%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 26 de febrero 2024


Dr. Agustin Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

A Dios, por permitir que continúe con esta aventura llamada vida, a mi madre ya que es mi ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi madre por su amor incondicional y constante motivación. Además, agradezco a mis seres queridos por su ánimo y comprensión durante este proceso. Sin su apoyo, esta tesis no habría sido posible.

RESUMEN

Lo que la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. requiere es la ejecución de la "Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de Marcapunta Norte" para dimensionar el minado en esta área nueva de la mina, con la finalidad de incrementar la productividad y la eficacia en el proceso de minado, se sostienen en condiciones seguras en la operación minera de manera simultánea.

A fin de obtener el propósito descrito, en una fase primaria, el estudio se focalizó en la evolución del modelo geomecánico para adquirir la información precisa y necesaria con el fin de evaluar los factores principales del control de la estabilidad y valorar los parámetros geomecánicos básicos.

La información de los modelos geomecánicos se integró en una segunda etapa para evaluar el estado de estabilidad de los pozos subterráneos relacionados con la minería dentro del área de estudio. Con base en los resultados de las dos fases anteriores, se determinaron nuevas opciones de dimensiones de cámara y pilar.

En resumen, la roca mineralizada en la Zona Norte está directamente relacionada con la caliza, la dolomía y las areniscas, así como con la roca del techo y la roca del piso. La calidad de la masa rocosa y la caja techo en la estructura mineralizada generalmente pertenecen al dominio Mala A (DE-IVA). Según el dimensionamiento de las cámaras y pilares para la Zona Norte, existe la posibilidad de aumentar el ancho de los pilares en comparación con el que se utiliza actualmente.

Aún hay rango para optimizar el diseño de cámaras y pilares. Sin embargo, no se recomienda aumentar el ancho de las cámaras debido a la baja calidad de la roca mineralizada y la dificultad de controlar la estabilidad del techo.

Palabras claves: Estabilidad, Minado Subterráneo y Evaluación Geomecánica.

ABSTRACT

What sociedad minera el brocal s.a.a. required is the execution of the "geomechanical evaluation of the marcapunta norte underground mining" to size the mining in this new area of the mine, with the purpose of increasing productivity and efficiency in the mining process, are maintained in safe conditions in mining operation simultaneously.

In order to obtain the described purpose, in a primary phase, the study focused on the evolution of the geomechanical model to acquire the precise and necessary information in order to evaluate the main factors of stability control and assess the basic geomechanical parameters.

The information from the geomechanical models was integrated in a second stage to evaluate the stability status of the mining-related underground wells within the study area. based on the results of the previous two phases, new options for chamber and pillar dimensions were determined.

In summary, the mineralized rock in the north zone is directly related to the limestone, dolostone and sandstone, as well as the roof rock and the floor rock. the quality of the rock mass and the roof box in the mineralized structure generally belong to the mala a (de-iva) domain. depending on the sizing of the chambers and pillars for the north zone, there is the possibility of increasing the width of the pillars compared to that currently used.

There is still room to optimize the design of chambers and pillars. however, increasing the width of the chambers is not recommended due to the low quality of the mineralized rock and the difficulty of controlling the stability of the roof.

keywords: stability, underground mining and geomechanical evaluation.

INTRODUCCION

Minas Sociedad Minera El Brocal S.A. ajustó la escala de explotación minera en la zona norte de Mina Marcapunta, como parte de un programa para aumentar la producción y eficiencia de la minería subterránea, así como proseguir con un escenario seguro para las operaciones mineras y planificó una evaluación geológica de minería subterránea en esta zona con el fin de incrementar la producción, incrementar la seguridad de las operaciones mineras y la eficiencia de la misma. De tal modo que, el alcance está relacionado con el objetivo planteado son:

- Evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado.
- Dimensionar geomecánicamente el minado subterráneo; y
- Desarrollar el modelo geomecánico.

Con la finalidad de lograr los objetivos anteriores, el estudio se focalizó primero en el desarrollo de un modelo geomecánico para obtener la información necesaria para evaluar los principales factores de control de estabilidad y estimar los parámetros geomecánicos básicos.

La información recopilada de los modelos geomecánicos se integró en una segunda etapa con el objetivo de evaluar el estado de estabilidad de los pozos subterráneos relacionados con las minas en el área de estudio. Con base en los resultados de las dos fases anteriores, se definieron nuevas dimensiones de pilares y cámaras para el área de estudio.

Para evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones subterráneas relacionadas con el minado en las áreas de estudio, se integró la información del modelo geomecánico en una segunda fase. Se han definido nuevas dimensiones de cámaras y pilares para la zona de estudio basándose en los resultados de las dos fases anteriores.

Los aspectos técnicos incluyeron el uso de estándares de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) para definir las condiciones naturales del sitio con base en estudios de campo e información brindada por Brocal.

El autor

INDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.3.	Formulación del problema.....	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos	3
1.4.1.	Objetivo general	3
1.4.2.	Objetivos específicos.....	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	10
2.3.	Definición de términos básicos	19
2.4.	Formulación de hipótesis.....	24
2.4.1.	Hipótesis general	24

2.4.2. Hipótesis específicas	24
2.5. Identificación de las variables	24
2.5.1 Variable independiente	24
2.5.2. Variable dependiente	24
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	25

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	26
3.2. Nivel de la investigación	26
3.3. Métodos de investigación	27
3.4. Diseño de la investigación.....	27
3.5. Población y muestra	27
3.5.1. Población	27
3.5.2. Muestra	27
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.6.1. Técnicas	27
3.6.2. Instrumentos	28
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	29
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	29
3.9. Tratamiento estadístico.....	29
3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica	30

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo	31
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	45
4.3. Prueba de hipótesis	49
4.4. Discusión de resultados	49

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Página.
Ilustración 1. Mina Marcapunta	2
Ilustración 2. Ubicación de Mina El Brocal	3
Ilustración 3. Diagrama estereográfico de contornos Zona SW.....	33
Ilustración 4. Estereografía de planos principales Zona SW.....	34
Ilustración 5. Diagrama de roseta Zona SW.....	34
Ilustración 6. Zonificación geomecánica en planta de la cota 4300 de Marcapunta SW.	37
Ilustración 7. Zonificación Geomecánica Transversal en las Zona SW.....	39
Ilustración 8. Mapa Mundial de Esfuerzos Mostrando la Zona de Interés. Fuente WSM.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Operacional de Variables	25
Tabla 2. Sistema de Discontinuidades Estructurales (Data rescatada – Fallas, diaclasas y estratificación)	33
Tabla 3. Criterio para la Clasificación de la Macizo Rocoso	37
Tabla 4. Zonificación Geomecánica y Calidades del Macizo Rocoso	40
Tabla 5. Resultados de Ensayos de Corte Directo.....	42
Tabla 6. Parámetros de Resistencia de la Macizo Rocoso	42
Tabla 7. Magnitud de los Esfuerzos in-situ	44
Tabla 8. Alternativas de Dimensiones de Cámaras y Pilares Corridos (Altura 24 m) ...	46
Tabla 9. Alternativas de Dimensiones de Cámaras y Pilares Corridos (Altura 30 m) ...	47
Tabla 10. Alternativas de Dimensiones de Cámaras y Pilares Corridos (Altura 40 m) .	47
Tabla 11. Diseño de Sostenimiento con Cablebolts en Tajeos.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Página.

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Anexo 2. Data Base del Mapeo Geomecánico de Labores Subterráneas

Anexo 3. Data Base del Logueo Geotécnico de Testigos de Sondajes Diamantinos

Anexo 4. Ejemplos de Datos de Entrada y Salida del Software Unwedge

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Cía. Minera El Brocal S.A.A., solicita efectuar el plan de minado de la Mina Marcapunta SW, para optimizar el diseño de cámaras y pilares.

En el sector SW, las rocas mineralizadas están asociadas a vulcanosedimentos y conglomerados, con dacitas y calizas presentes en el techo y areniscas en el piso.

El Planeamiento y Operación de la mina en esta Zona SW, se viene estableciendo ampliar los pilares por presentarse rocas poco estables y la ampliación de los pilares para generar mayor estabilidad en la zona.

Zonas SW, se encuentran a mayor profundidad, esto hace que la carga del techo hacia los pilares sea de mayor magnitud, sin embargo, aún hay un rango para optimizar el diseño de cámaras y pilares. El comportamiento estructural en la Zonas SW, se manifiesta un sistema sub horizontal no muy estable.

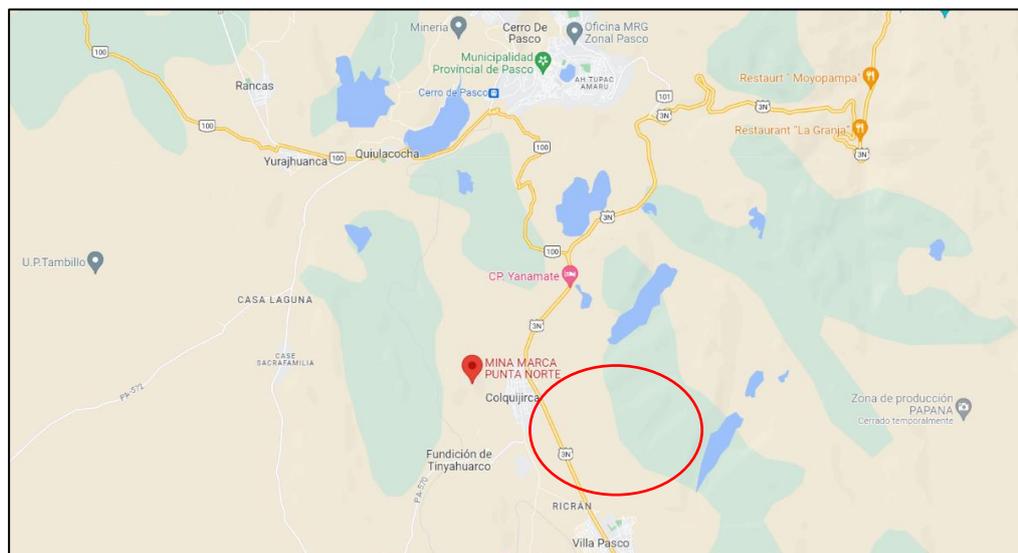
Para el caso de la Zona SW, la calidad de la masa rocosa mineralizada es más homogénea, sabiendo también que la extensión de esta zona es menor en relación con las otras. Según la información de los sondeos la calidad generalmente es del dominio Regular A (DE-III) con tramos de calidad Buena (DE-II).

1.2. Delimitación de la investigación

Ubicación

La Cía. se encuentra ubicada entre los yacimientos de Colquijirca y San Gregorio. Minera El Brocal está ubicada en el distrito minero de Colquijirca. Se ubica en el distrito de Tinyahualco, departamento de Cerro de Pasco, con coordenadas (UTM): 361.100-E a 361.500-E y 8'809.200-N a 8'810.000-N, con una altitud de 4.180 a 4.500 metros. Sobre el nivel del mar.

Ilustración 1. Mina Marcapunta



Accesibilidad.

Por la carretera se accede:

- Lima – Canta – Colquijirca que se cubre en seis horas aproximadamente.
- Con una distancia de 310 Km, Lima – La Oroya – Colquijirca.

Ilustración 2. Ubicación de Mina El Brocal



1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Como efectuar el Plan de minado de la Mina Marcapunta SW, para optimizar el diseño de cámaras y pilares – Cía. Minera El Brocal S.A.A.?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo determinar el diseño para el minado subterráneo de Marcapunta Zona SW, en la Cía. Minera El Brocal S.A.A.?
- b. ¿Como realizar el diseño de las Cámaras y Pilares de la Zona SW de la Mina Marcapunta en la Cía. Minera El Brocal S.A.A.?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Ejecutar el Plan de minado de la Mina Marcapunta SW, para optimizar el diseño de cámaras y pilares – Compañía Minera El Brocal S.A.A.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Realizar el diseño de las Cámaras y Pilares de la Zona Suroeste de la Mina Marcapunta en la Cía. Minera El Brocal S.A.A.
- b. Determinar el diseño para el minado subterráneo de Marcapunta Zona SW, en la Cía. Minera El Brocal S.A.A.

1.5. Justificación de la investigación

En la minería subterránea es necesario crear un plan minero para el desarrollo de las operaciones, definiendo detalladamente los pasos generales que se deben realizar para una producción eficiente y estableciendo parámetros adecuados para la continuidad de la mina. Al implementar los planos de las cámaras y pilares de la zona SW de la mina Marcapunta.

1.6. Limitaciones de la investigación

Lo primordial en toda empresa minera es establecer los parámetros de estabilidad de las excavaciones. Para conocer las magnitudes de los esfuerzos in-situ se ha considerado utilizar el concepto de carga litostática (Hoek & Brown, 1978) conjuntamente con el criterio de Sheorey 1994) y la información del Mapa Mundial de Esfuerzos (WSM), los parámetros de estabilidad son las limitaciones en toda empresa ya que sin este detalle Geotécnico la investigación no tendría sentido, por lo es necesario determinarlos los esfuerzos in-situ de la Zona SW de la Mina Marcapunta, para efectuar los controles que se necesiten.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

a) Antecedentes nacionales

- **(Quispe A., 2019)**, de la Universidad Nacional de Ingeniería, desarrolla la tesis “Plan de minado subterráneo aplicado en la Corporación Minera Ananea S.A.” Con el presente trabajo de Tesis de investigación de campo se muestra el incremento de la producción y la productividad de una minería aurífera subterránea en las Operaciones de la Corporación minera Ananea S.A. en la concesión minera Ana María N° 1, ubicado en el paraje La Rinconada, entre el nevado Ananea y el cerro San Francisco, en el sector denominado Comuni 21, Utilizando el método de explotación de cámaras y pilares en los mantos auríferos, se ha logrado alcanzar Santa Ana y Balcón III a una altitud de 5,000 m.s.n.m. Los filones son delgados, con un espesor promedio de 4 cm, pero también

pueden tener 0,2, 0,5 o 0,7 cm de espesor. Se trata de cuarzo gris, cuarzo ahumado, oscuro y capas de cuarzo azulado muy cristalizado. Otro rasgo distintivo es la rica mezcla de Cu, Ag, galena y sulfuros y óxidos mezclados, con un contenido promedio de 25 g/TM. El método de explotación es el de "cámaras y pilares con circado", donde se lleva el manto o filón aurífero al interior de la caja techo y se desbroza la pizarra encajonante de la caja de piso con una altura promedio de 1,50 mts. dejando a la vista una diminuta caja de pizarra denominada "Circa Mineral". El ciclo de minado de las operaciones de explotación tiene en cuenta las operaciones unitarias como la perforación, la voladura, la limpieza, el carguío, el mantenimiento, y el transporte de desmonte y beneficio de mineral. El aumento del 57% en la cantidad de frentes de trabajo de la empresa se debió a la mejora de las operaciones mineras subterráneas, lo que permitió aumentar el avance, la exploración y la producción. Sin embargo, este aumento implica una evidente y consecuente elevación de los costos de operación. La planta concentradora tiene la capacidad de procesar 18 toneladas diarias de mineral para el proceso de recuperación. De acuerdo con los informes de la planta concentradora, la capacidad de molienda de minerales incrementó hasta un 100%. Debido al incremento del 30% de los frentes de extracción para manufacturar mayor volumen de mineral, mientras se puede ver un declive de las leyes de mineral extraídas. Entonces, el objetivo principal del plan es mejorar operaciones para que "se pueda moler más mineral con leyes más bajas y las operaciones sean más rentables". El costo de procesar una tonelada de minerales es de 15,86

dólares cada una, se trataron toneladas. Por lo tanto, nuestra ley de corte operacional es 13,4 gramos de oro por 8 toneladas de mineral. A un valor de oro muy moderado de \$650 por onza, la ley de equilibrio para nuestra producción de oro es de 5,5 gramos de Au/TM. Las investigaciones actuales muestran que se pueden extraer minerales de oro de baja ley mejorando las operaciones mineras y adaptando métodos prácticos a las técnicas modernas de ingeniería minera, junto con software informático y una gestión proactiva. La concesión Ana María actualmente es administrada por CORPORACION MINERA ANANEA S.A., A través de los accionistas de Cooperativas Mineras. Estas concesiones se encuentran en proceso de formalización según la legislación vigente e incluyen: La empresa Minera Lunar de Oro Ltda., La empresa Minera Cerro San Francisco Ltda. y La Cooperativa Minera San Francisco de Rinconada, Ltda.

- (Huerta R., 2020), de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo - Huaraz, presenta su tesis “Planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción en la unidad minera Mallay compañía de minas Buenaventura S.A. - 2018”. La pregunta de qué hacer para aumentar la producción diaria en la unidad minera Mallay es la base del presente trabajo de investigación. El principal objetivo del presente trabajo es implementar un plan de desarrollo subterráneo para incrementar la producción de la unidad minera Mallay Compañía de Minas Buenaventura. Este estudio se justifica porque la planificación minera tiene como objetivo aumentar y mantener la producción durante un período más largo de tiempo prediciendo todas las etapas operativas

con anticipación para lograr una producción efectiva y eficiente. Para lograr el objetivo principal de aumentar la producción, la profundización de la Unidad Minera Mallay requiere el diseño y planificación del minado subterráneo. Se concluyó que el planeamiento de minado aplicado para efectos de esta tesis podemos apreciar que se comienza con la explotación minera de 1,100 TM/Día en el primer día del mes de enero del 2018 y llegando al mes de diciembre del mismo con una producción diaria de 2,500 TM/Día, lo que haría que se cumpliría con el planeamiento de minado de corto y mediano plazo

b) Antecedentes internacionales

- (Toledo H., 2015), La tesis de investigación "Desarrollo del Proceso de Planeación, Ejecución y Control dentro del Área de Planeación de Minera La Ciénega de Fresnillo PLC" es presentada por un estudiante de la Universidad Nacional Autónoma de México. La competencia y la falta de experiencia son los principales desafíos que se enfrentan cuando se inicia la vida profesional. Sin embargo, con una buena formación académica, el apoyo de profesionales con experiencia en diferentes campos, los problemas que surgen y sus soluciones, se podrán asumir con mayores responsabilidades, enfrentar nuevos desafíos, lograr más experiencia y asumir nuevos retos que permitan un amplio conocimiento profesional. Este artículo trata sobre el proceso de planificación de una mina subterránea en la Unidad Minera Mexicana La Ciénega, que es propiedad del grupo Fresnillo PLC y se encuentra en el Municipio de Santiago Papasquiaro, Estado de Durango. Esta mina se especializa en la exploración, beneficio y extracción de minerales de oro y plata.

Actualmente, la planificación minera es impredecible para lograr eficiencia operativa, lo que se refleja en la reducción de costos y con ello la optimización de los recursos económicos, humanos y materiales.

- **(Díaz C., 2017)**, Universidad de Chile, desarrolla la tesis “Planificación Minera a Cielo Abierto considerando diseño Óptimo de Rampas”. En el proceso de planificación minera el diseño de rampas para minas a cielo abierto es un paso crucial, ya que convierte la envolvente económica determinada mediante técnicas y algoritmos de optimización en volúmenes operativos (fases) adecuados para la minería. Aunque existen herramientas que ayudan a diseñar rampa, el proceso sigue requiriendo mucho tiempo y también sigue siendo muy complejo. Esto significa que hay pocas oportunidades de considerar diferentes configuraciones, por lo que la calidad del diseño resultante depende del tiempo y la experiencia del ingeniero. El objetivo de este estudio es comparar los resultados técnicos y económicos de un diseño de fase operativa utilizando tecnología de punta actual con un método semiautomático que utiliza programación matemática para optimizar económicamente el diseño de pit con rampa. Este proceso consta de varios pasos: En primer lugar, se utilizaron técnicas tradicionales de planificación a largo plazo para crear el pit final ideal. A continuación, se consideró la forma de las rampas de dos maneras. El primero, también llamado "óptimo", apoya el proceso de diseño durante la fase operativa y utiliza herramientas computacionales para modelar la posición geométrica de la rampa a nivel de bloques. Esto tiene como objetivo maximizar los beneficios económicos reportados por los límites de las rampas de los pits. En el

diseño final, este sitio proporcionó el punto de partida, el giro y la ubicación de la rampa en el talud minero. La segunda opción empleó el arte de diseño contemporáneo, que es comúnmente utilizado para modelar rampas en los límites de rajo. Finalmente, al incorporar el diseño geométrico de la rampa de acuerdo con las alternativas mencionadas, se evaluó el impacto técnico-económico en las reservas del pit, en relación a las opciones dadas.

- Con un aumento del 1.59 % del beneficio económico y un 1.40 % de las reservas disponibles para la extracción, al incorporar el modelo matemático, se lograron rendimientos muy similares al estado del arte actual para el caso de estudio. Los resultados muestran que esta herramienta proporciona una mayor robustez y mejora el proceso de planificación al permitir un análisis rápido de múltiples escenarios de diseño, asegurando un diseño económico óptimo.

2.2. Bases teóricas - científicas

Geomecánica

Perfiles o secciones geomecánicas

Un perfil geomecánico se crea a partir de una sección o corte sobre una región específica e incluye información geológica (como estructuras, contactos, litología, áreas geológicas menores y mayores) y calidad de la roca de acuerdo con clasificaciones geomecánicas establecidas. Estas secciones de geomecánica están destinadas a demostrar de manera clara, simple y esquemática los cambios en el comportamiento de las rocas en un área específica. También se pueden utilizar en procesos de zonificación geomecánica para crear zonas con propiedades y comportamiento más o menos uniformes. De manera similar, las

secciones geomecánicas se utilizan con frecuencia como entrada para simulaciones de software (por ejemplo, Fase 2) para investigar los efectos de la minería y la estabilidad de la excavación. Al realizar estas secciones, es recomendable solicitar la ayuda del departamento de geología. Las secciones de la mina y las secciones de contorno suelen ser preparadas por el departamento de geología.

Propiedades de roca intacta

La roca intacta y las estructuras geológicas forman el macizo rocoso. Las condiciones de estallido de roca pueden ocurrir como resultado de la respuesta intacta de la roca a los esfuerzos, especialmente si se trata de roca masiva y rígida de alta resistencia sujeta a esfuerzos extremos (in situ o inducidos). Por otro lado, la excavación o abertura puede cerrarse con el tiempo debido a un comportamiento elastoplástico de altas deformaciones causado por una roca suave y altamente deformable. La resistencia a la tracción, la resistencia a la compresión simple, la resistencia a la prueba triaxial y la resistencia al corte son características mecánicas de la roca intacta. También se pueden determinar sus propiedades elásticas, como la relación de Poisson y el módulo de elasticidad y las normas establecidas por la American Society for Testing and Materials (ASTM) o las propuestas por la ISRM están utilizadas para estandarizar los ensayos de las propiedades físicas de la roca, como la absorción, el peso unitario, la porosidad, la humedad y la densidad, entre otras. Al recolectar en el campo los bloques de roca que serán remitidos al laboratorio, es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones: el número de ensayos y la preparación de las muestras para los ensayos de las propiedades mecánicas de la roca, sus dimensiones. Si deseamos obtener resultados que sean representativos y válidos

para ser utilizados en el diseño, cada tipo de ensayo tiene sus normas en cuanto a dimensiones, orientación, etc., que deben observarse cuidadosamente. Los diferentes tipos de pruebas que se utilizan para determinar las propiedades de la roca intacta se enumeran y brevemente se resumen a continuación.

Ensayo de propiedades físicas

El objetivo principal de esta prueba es medir las siguientes propiedades físicas de rocas: la porosidad aparente, la densidad (seca y saturada) y la absorción. Para este fin seguirán los procedimientos establecidos por ISRM y ASTM.

Ensayo de propiedades físicas

El ensayo de compresión simple tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión final de una muestra de núcleo cilíndrico de testigo sometida a carga axial sin carga de confinamiento. Hasta que la muestra falle, la carga debe aplicarse continuamente y aumentar lentamente. El término "resistencia a la compresión simple" o "resistencia a la compresión no confinada" se refiere al esfuerzo normal vertical ejercido sobre el espécimen durante una falla. El ensayo de compresión simple y el ensayo de carga puntual (martillo Schmidt) son dos ensayos adicionales que pueden estimar la resistencia producida por el ensayo de compresión simple. El ensayo de compresión simple propiamente dicho es uno de ellos.

Marco Geológico

Geomorfología

Los efectos degradantes de los agentes de meteorización sobre las rocas existentes explican la morfología geológica del área andina de la zona de estudio.

El modelo actual se basa en precipitaciones, temperaturas y aguas de escorrentía subterráneas y superficiales.

La superficie conocida como Superficie Puna, está ubicada en el área más madura de Cerro de Pasco, podremos apreciar que cuenta con una morfología moderadamente plana y ondulada, sin embargo no ha logrado una peneplanización completa. Se formó de la tectónica Incaica que afectó a los estratos Paleozoico y Mesozoico truncando los pliegues.

Geología Regional

Entre el Mesozoico y el Cenozoico se desarrolló el ciclo Andino, iniciando de este modo con una depresión geosinclinal y finalizó con un gran levantamiento que elevó las rocas deformadas del geosinclinal a su ubicación actual. Dos períodos mayores, uno de relleno geosinclinal y otro de deformación posterior, se limitan entre estos eventos y muestran una superposición significativa de eventos sedimentarios y tectónicos. La sedimentación marina, continental y vulcano-sedimentaria caracterizó el primer periodo. La formación de la Cordillera Andina fue el resultado del segundo período.

Se pueden observar niveles conglomerádicos y diferencias menores dentro de las Capas Rojas en la región, lo que indica un aumento activo en el área de aporte durante la depositación y la presencia de actividad tectónica en ciertos puntos de la cuenca. Durante este tiempo, el Miembro Shuco de la Formación Pocobamba en Cerro de Pasco y Colquijirca exhibe movimientos a lo largo de la Falla Longitudinal, una gran estructura de dirección N-S. El período más breve se extiende desde el Cretácico Superior hasta la fecha actual.

Estratigrafía

En el área de estudio se han identificado las siguientes unidades litoestratigráficas, desde la más antigua a la más reciente, que corresponden a secuencias sedimentológicas bien definidas:

- **Grupo Mitu (Ps-m)**

La columna estratigráfica de la zona está basada en filitas y pizarras del Grupo Excélsior del Paleozoico Inferior.

El Grupo Mitu, una serie detrítica de color rojo que aflora en la localidad de Mitu, está sobreyaciendo en discordancia angular al Excélsior. En el área de estudio, se manifiesta como limoarcilitas de color verdosa que luego se vuelve rojiza, y es posible que corresponda al Mitu Superior.

- **Grupo Pucará (Trj-pu)**

Weaver C. (1942) efectuó la primera división estratigráfica del Grupo Pucará. La falla longitudinal dividió esta división en dos facies: Pucará Occidental y Pucará Oriental, que se encuentran al oeste y este de la falla.

Su espesor es de aproximadamente 360 metros. La Falla Pucará Occidental inicia con una discrepancia angular en el Grupo Mitu y se caracteriza por una brecha basal gris verdoso, seguida por dolomías con chert y niveles de cineritas, lo que indica un ambiente baja energía dentro de una plataforma carbonatada y somero.

No se puede observar la base aflorante de la Falla Pucará Oriental, la cual está formada por rocas calizas con sílex y luego masas estratiformes recristalizadas, que llegan a ser depósitos de plataformas carbonatadas externas. No se han ubicado individuos del período Cretáceo, por lo que, siguiendo al Grupo Pucara, podemos encontrar el Terciario representado por la Formación Pocobamba.

- **Formación Pocobamba (Pe)**

Se compone de dos miembros: Cacúan y Conglomerado Shuco, sin embargo, solo se ha identificado en el área de estudio el miembro Shuco, el cual pertenece a la Formación Calera.

El Miembro Cacúan está formado por secuencias de limolitas, areniscas y conglomerados provenientes de fuentes fluviales de más de 100 metros de espesor que se desarrollan en grano sobre el Pucará Occidental. Podremos encontrar similitud y en parte inferiores al Conglomerado Shuco.

Conglomerado Shuco: Gran parte de los clastos están formados por sílex y calizas de la Formación Chambará, con una medida de 2 a 30 cm es diferente dependiendo de la distancia de la Falla Longitudinal. Está constituido por brechas sedimentarias y conglomerados, con reducidas areniscas y lentes de limolitas.

Se compone de un prisma con un espesor superior a 150 m y está adosado a la Falla Longitudinal, siendo su origen aluvial y sintectónico. Las facies de Shuco no se limitan únicamente al bloque oeste de la Falla Longitudinal. Su depósito probablemente se remonta a la Fase Inca de deformación, que ocurrió al pie de un sistema de fallas que delimitó altos estructurales en la Cordillera Occidental.

- **Formación Calera (Pe-ca)**

En el Tajo Norte se pueden observar los afloramientos de esta formación, que se componen de una secuencia mixta: piroclástica, carbonatada y detrítica. En este proceso se interpolan rocas carbonatadas como: dolomías, calizas y margas, con rocas tobáceas de fracciones gruesas a finas además de horizontes limoarcilíticos.

Dentro de la Formación Calera, se han identificado las siguientes unidades litoestratigráficas en el borde norte del Cerro Marcapunta:

Miembro Inferior:

La mayoría de los sedimentos detríticos son de origen volcánico y tienen una granulometría que va desde brechas, microbrechas, limos y lutitas. Además, hay niveles delgados de conglomerados de guijarros en la Formación Chambará. Además, cuenta con niveles suaves de tobas riolíticas que se alternan con calizas, margas argilitas y limoarcilla. Las capas delgadas intercalan los horizontes margosos y limoarcilíticos de color gris. Tiene 64 mts. de espesor.

Miembro Medio:

Este miembro tiene bancos fuertes con facetas de caliza gris muy clara que son muy distintivas. La parte inferior es casi completamente calcárea, mientras que la parte alta tiene calizas margosas con intercalaciones de lutitas grises verdosas y verdosas, que son derivadas de los piroclastos. Tiene un espesor de 55 mts.

Miembro Superior:

En el área de estudio no se ha observado esto, solo se han registrado los miembros inferior y medio según los sondeos realizados en la zona. Este miembro se compone de alternancias de lutitas, limolitas, arenitas, dolomías margosas, dolomías y chert. El espesor es de 150 metros.

La mineralización en Colquijirca y Marcapunta se produce en la Formación Calera.

Geología Local

Las rocas de la Formación Calera componen el yacimiento Marcapunta, que se localizan estratigráficamente en medio de las rocas del Grupo Mitu en el suelo y los volcánicos dacíticos y piroclastos del Complejo Volcánico Marcapunta Norte en el techo. Podremos encontrar que, en Marcapunta, los horizontes mineralizados están formados por dos secciones: la Unidad Superior, que es carbonatada y/o fina y la Unidad Inferior, que es principalmente gruesa o brechosa.

- **Unidad Inferior:**

La base del Calera Inferior se encuentra en Marcapunta Norte y Oeste, donde se encuentra la "Brecha Mineralizada". Esta brecha es causada por niveles de conglomerados mineralizados principalmente por enargita y pirita. El espesor es de 100 metros, en el que predominan las intercalaciones de brechas volcanoclásticas polimícticas matriz-sostenidas que gradan a microbrechas, tobas y limolitas, conglomerados polimícticos clasto-sostenidos.

Una de las áreas de interés en las que se está llevando a cabo la evaluación geomecánica actual es esta.

- **Unidad Superior:**

Se emplaza concordantemente sobre la Unidad Inferior, está constituida por calizas detríticas y limolitas calcáreas con fina estratificación, que equivalen parcialmente al Calera Medio y a la parte alta del Calera Inferior (Angeles, 1996, 1999); es la roca huésped de los "Mantos Mineralizados", los cuales vienen siendo explotados. De acuerdo con la erosión que sufrió antes del vulcanismo o la cobertura cuaternaria, su espesor oscila entre 50 y 200 m.

Es importante destacar que en el área de estudio se pueden observar depósitos piroclásticos, dacitas porfiríticas, riolitas y brechas. El paleorelieve Calera está cubierto por depósitos piroclásticos que se ubican en el centro de las lavas dacíticas. La dacita porfirítica se caracteriza por numerosos domos y diques. Al sur de la mina se pueden ver las riolitas. Existen numerosas ocurrencias de brechas, como todo complejo volcánico, que en este caso se agrupan en tres tipos: tufisita / pebble dike, hidrotermales y freatomagmáticas. Dentro del área de Marcapunta se muestran materiales cuaternarios formados por depósitos fluvio-glaciares, depósitos aluviales y depósitos morrénicos producto de los fenómenos de geodinámica externa.

Geología Estructural

Jenks W. (1951) en los estudios realizados evidenció que los movimientos de la Falla Longitudinal de rumbo NS, así como los complejos volcánicos de Cerro de Pasco y Marcapunta, controlaron la cuenca sedimentaria Triásica de Cerro de Pasco.

De la misma manera, hay varias fallas y estructuras de dirección NESW y NW-SE, E-W que están ligados con la ubicación de la mineralización. En la mina Marcapunta se han notado estructuras semejantes a fallas con un movimiento limitado, en dirección E-W, tal como áreas de cizallamiento y diaclasas que cortan al Manto Mineralizado. De igual forma, el sistema de microfracturas verticales E-W premineralización en microvetillas están ubicadas en la mina interior como un control secundario para la mineralización. Por último, encontramos a los estratos con orientación sub-horizontal. (Sarmiento Arias, 2004).

Geología Económica

La mina de Marcapunta, anteriormente conocida como la mina Smelter, se encuentra en el complejo volcánico Marcapunta, entre los yacimientos de San Gregorio y Colquijirca. Este yacimiento es del tipo Cordillerano de Cu-Au y se encuentra en rocas carbonatadas en un sistema epitermal de alta sulfuración. La zonación mineralógica del complejo volcánico muestra mineralización de Zn-Pb-(Ag) en la periferia y un núcleo de Cu-Au, que representa la parte proximal o central de la fuente de mineralización.

La mena es principalmente rica en sulfuros, principalmente pirita, y con una alta concentración de oro. Con mineral potencial aproximado de 50 millones de toneladas y una ley de 1.9% Cu, 24g/t Ag, y 0.35g/t Au (Bendezú, 2007).

La mineralización ocurrió en la Unidad Superior (Zona de Mantos) y en la Unidad Inferior (Zona de Brechas) de los carbonatos de la Formación Calera. El emplazamiento de la mineralización fue amplio alrededor del conducto principal del domo de diatrema. (Sarmiento Arias, 2004).

2.3. Definición de términos básicos

Apertura: Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presenta. A medida que aumenta la apertura, las condiciones serán más desfavorables mientras que, si disminuye la apertura, las condiciones de la masa rocosa mejorarán.

Buzamiento (DIP): El ángulo que forma una veta, estrato o manto con respecto a la horizontal y se mide en un plano vertical se conoce como buzamiento (DIP).

Caballo: Por lo común está compuesta por del mismo material que las rocas encajonantes. Es el área estéril de un tamaño considerable dentro de la veta.

Caja Piso: Debajo de la veta encontrarás una roca denominada caja piso.

Caja Techo: Por encima de una veta inclinada, se encontrará una roca llamada caja techo.

Constituyentes esenciales de los criaderos son: la ganga, la mena y el estéril.

Contactos litológicos: Que usualmente integran, por ejemplo, la caja techo de una veta y la caja piso.

Depósito Mineral, Yacimiento o Criadero: Fragmento o fracción de la corteza terrestre en la que se forman sustancias minerales útiles que pueden ser explotadas con un valor monetario, usando los medios técnicos disponibles.

Cuerpo (ORE BODY): Depósitos de minerales de tamaños considerables e irregulares no se puede definir el tamaño ni la forma.

Depósitos primarios y secundarios. Los primeros están vinculados con el proceso de formación de las rocas en su forma original. Los segundos se forman como resultado de la alteración de los primeros, que suelen ser nuevos minerales.

Desmonte: Es cualquier material estéril y sin valor económico.

Diaclasas: Las fracturas que no han sufrido desplazamiento y que suelen aparecer en la masa rocosa también se conocen como juntas.

Diseminaciones. Son yacimientos mineralizados donde la masa rocosa contiene granos minerales dispersos.

Espaciado: El espacio denominado como la distancia perpendicular entre dos discontinuidades adyacentes que se encuentra en línea recta. Este es el indicador del tamaño de los bloques de roca intacta. Los bloques serán más grandes cuando tengan menos espaciado y más pequeños cuando tengan más espaciado.

Estratificación: Superficie ubicada entre rocas sedimentarias que divide capas homogéneas o de diferente litología. De igual forma podemos encontrarlas en rocas que hayan sido formadas por metamorfosis de rocas sedimentarias.

Explotación. Es un conjunto de actividades destinadas a extraer minerales valiosos. Es importante destacar que es la etapa inicial de un ciclo minero.

Fallas: Fractura en las rocas se encuentran en áreas locales de la mina o estructuras significativas que pueden atravesar por toda la mina.

Ganga. Parte del mineral no valiosa. Este concepto es relativo ya que cambia con el tiempo al conocerse algún uso que incremente su valor.

Hilos. Vetillas de mineral muy delgadas que se cruzan entre sí.

Investigaciones Geotécnicas. - Investigación del subsuelo donde se utiliza perforaciones diamantinas para adquirir características hidrogeológicas y parámetros de los recursos que se encuentran en la zona de indagación.

Lentes. Es el aspecto lenticular del yacimiento cuya fuerza reduce hacia su perímetro. Los lentes poseen una extensión de decenas de metros.

Mantos. Son cuerpos mineralizados en forma tabular se encuentran en una posición horizontal o ligeramente inclinada menor a 30 grados, lo que les da una gran potencia.

Masa Rocosa: La masa rocosa es el medio in situ que contiene varios tipos de discontinuidades, como estratos, diaclasas, fallas y otras características estructurales.

Matriz rocosa. - Material rocoso sin discontinuidades o bloques de roca intactos entre discontinuidades. A pesar de ser considerada continua, es

anisótropa y heterogénea, y está ligada a la fábrica, estructura y textura, minerales y otros elementos.

Mena. parte más valiosa del mineral a partir del cual se pueden extraer uno o más metales a un precio razonable.

Mineral. La corteza terrestre está formada por materia inorgánica de origen natural que tiene un valor económico y se compone de dos componentes: La ganga y la mena. Al igual que el mineral son materia inorgánica.

Minería. Actividad económica dedicada a la explotación, extracción de minerales que se encuentran en el suelo y subsuelo con el fin de obtener beneficio de valor económico.

Orientación: Posición de la discontinuidad en el espacio, que se describe por su buzamiento y rumbo. Una "familia" o un "sistema" de discontinuidades se forma cuando un grupo de discontinuidades se presentan con una orientación similar y son aproximadamente paralelas.

Perfil geotectónico: Agrupa actividades que comprenden investigación subterránea, análisis, recomendaciones en relación con el diseño y construcción subterráneos.

Perfil litológico: Es parte de la geología que analiza la estructura y composición de las rocas, incluido las características químicas y físicas; así como el tamaño del grano, las estructuras metamórficas, incluye su composición, textura, tipo de transporte y material cementante.

Perforación: es el primer paso en el proceso de preparación de una voladura. El objetivo es abrir huecos cilíndricos en la roca llamados taladros, que albergarán al explosivo y sus componentes iniciadores.

Persistencia: Es el tamaño o la extensión de una discontinuidad. La masa rocosa será más estable con menor persistencia y menos estable con mayor persistencia.

Pliegues: Estructuras en los estratos que se muestran curvados, intrusiones de roca ígnea de forma tabular, que generalmente se exponen empinadas o verticales.

Potencia. El espesor o ancho de un yacimiento mineralizado medido perpendicular a las cajas.

Productividad. - Proporción de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos.

Relleno: Los materiales dentro de la discontinuidad La masa rocosa es menos competente en materiales suaves, pero más competente en materiales más duros.

Roca intacta: Se puede representar mediante una muestra de mano o un trozo de testigo utilizado en ensayos de laboratorio. Bloque que se ubica entre las discontinuidades y.

Roca meteorizada: Son minerales desintegrados y rocas que se encuentran sobre de la superficie terrestre en el momento en que, estos recursos entran en contacto con la atmósfera, hidrósfera y biósfera.

Rugosidad: Es la irregularidad o aspereza de la superficie de la discontinuidad. La masa rocosa será menos competente cuanto menor sea la rugosidad con discontinuidad, y más competente será la masa rocosa cuanto mayor sea la discontinuidad.

Rumbo (STRIKE). Es la orientación de una veta, estrato o manto inclinado en un plano horizontal con respecto al norte magnético.

Veta o Filon. Son pequeñas ranuras llenas de mineral en la corteza terrestre que generalmente están inclinadas más de 30o y tienen un desarrollo regular en longitud, ancho y profundidad.

Yacimiento de Mineral. Contiene sustancias metálicas aprovechables, compuesto de uno o más minerales que cualquiera que sea su tamaño o forma.

Zonas de corte: Se trata de bandas de material donde se podría encontrar varios metros de espesor donde se han producido la falla de la roca.

Zonificación geomecánica. – Procedimiento mediante el cual ocurre la separación de áreas donde la masa de roca tiene condiciones geomecánicas y, de modo que, los comportamientos son comparables.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si efectuamos el Plan de minado de la Mina Marcapunta SW, optimizaremos el diseño de cámaras y pilares – Cía. Minera El Brocal S.A.A.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Si efectuamos el diseño realizaremos el minado subterráneo de Marcapunta Zona SW, en la Cía. Minera El Brocal S.A.A.
- b. Si realizamos el diseño optimizaremos las Cámaras y Pilares de la Zona SW de la Mina Marcapunta en la Cía. Minera El Brocal S.A.A.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1 Variable independiente

X: Plan de minado de la Mina Marcapunta SW.

2.5.2. Variable dependiente

Y: Optimizar el diseño de cámaras y pilares de la Mina Marcapunta SW.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Operacional de Variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Plan de minado de la Mina Marcapunta SW.	<p>Cuando se avanzan las excavaciones en forma paralela a las estructuras principales, se producen las condiciones más desfavorables para la estabilidad.</p> <p>La dirección de avance preferida para las excavaciones es en la dirección NS o viceversa, según el arreglo estructural que muestra la masa de roca en las tres zonas en evaluación. En este momento, todos los tajeos están alineados en esta dirección, lo que beneficia la estabilidad de los tajeos.</p>	<p>Caracterización Geomecánica.</p> <p>Parametros Geotecnicos</p>	<p>Tipo de roca</p> <p>Tiempo de Auto Soporte</p> <p>Zonificación</p>
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Optimizar el diseño de cámaras y pilares de la Mina Marcapunta SW.	<p>Para la ejecución de este análisis, es crucial determinar la estabilidad de los pilares, que son los que mantendrán la estabilidad de las cámaras (tajeos) después de que se encuentren vacías. Los esfuerzos actuantes sobre los pilares y la resistencia de los pilares son dos medidas importantes que se consideran en el método tradicional de diseño de cámaras y pilares.</p>	<p>Parametros Geomecánicos</p>	<p>Estabilidad Dimensionamiento de cámaras y pilares</p>

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Cuantitativa en relación a la valuación geomecánica con el fin de realizar la optimización de las cámaras y pilares de la Mina Marcapunta SW.

- Aplicada: Básicamente al minado subterráneo.
- Experimental: Indagación realizada dentro de Mina Marcapunta SW.
- Documental: Informes recopilados dentro de la Mina Marcapunta SW.
- Campo y de laboratorio: Faena de campo y resultados de laboratorio

3.2. Nivel de la investigación

Los métodos utilizados fueron:

Método deductivo: Mediante los análisis efectuados en la base datos obtenida y proporciona se pudo realizar un diseño que permito la toma de decisiones para realizar la optimización deseada.

Método inductivo: Concluyendo que en base a los datos analizados, podemos tener la certeza de la efectividad de la optimización de las cámaras y pilares de la Mina Marcapunta SW.

3.3. Métodos de investigación

En base a los a las deducciones realizadas los métodos son:

- Método deductivo: Análisis de las condiciones favorables para la estabilidad de las excavaciones los avances deben ser de forma perpendicular a las estructuras principales.
- Método inductivo: Cuando las condiciones de avance de las excavaciones se dan en forma paralela a las estructuras principales son desfavorables.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño corresponde a la investigación cuantitativa, para identificar la disposición de las Cámaras y Pilares para realizar predicciones, comprobar relaciones y obtener resultados generales para la estabilidad de la Mina Marcapunta SW.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Las Cámaras y Pilares que son la base de estudio del trabajo de investigación de la Zona SW, de la Mina Marcapunta.

3.5.2. Muestra

Las dimensiones tomadas en la Cámaras y Pilares que fueron desarrolladas previas al desarrollo del trabajo de investigación, muestra muy determinante para relacionar la estabilidad en los tajeos.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Exposición de métodos empleados:

- **Recopilación y análisis de data**

La geometría de las excavaciones, el arreglo estructural de la masa rocosa, las características de resistencia y el impacto de los esfuerzos son factores que se consideran en el análisis de estabilidad. Además, se investigan las causas potenciales de la falla de la masa rocosa que rodea las excavaciones.

- **Observación directa y toma de datos**

Integrando toda la información obtenida de las investigaciones básicas y considerando la geometría de las excavaciones, las condiciones de estabilidad de las excavaciones relacionadas con el minado.

- **Búsqueda de información bibliográfica**

Se tomaron como base de datos principal la información y antecedentes de la mina, complementando con antecedentes de otras empresas y la información bibliográfica referente al tema obtenida a través del internet.

3.6.2. Instrumentos

- **Materiales**

- ✓ internet.
- ✓ Recursos necesarios
- ✓ Instrumentos de recolección de datos
- ✓ Planos Topográficos y Geológico.
- ✓ Mapeos geomecánicas Anteriores.
- ✓ Mapeos geomecánicos Actuales.

- ✓ Brújula, wincha, flexómetro, mapeador, picota.
- ✓ Minado subterráneo (Archivo de la empresa).
- ✓ Libreta de campo.
- ✓ Instrumentos topográficos.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La evaluación de los procedimientos de explotación nos permitirá establecer propuestas para la implementación y adecuación de los recursos para su explotación

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Solo se ha considerado para el análisis y procesamiento de datos la posibilidad de realizar un minado debajo del minado ya explotado. Si se planea abrir los tajeos y continuar con el minado de un tercer tajeo debajo de los dos primeros, las condiciones de estabilidad global se complican y se necesitan ajustes en los modelos debido a que las condiciones cambiarían debido a los tajeos abiertos. No se recomienda esta situación ya que podría causar inestabilidad en todo el mundo en la mina, lo que podría afectar la seguridad y la producción. Es necesario llevar a cabo el relleno de los tajeos para facilitar la recuperación de los pilares que han sido dejados. Esta acción debe llevarse a cabo en un futuro cercano. El pilar puente que se coloca en la parte superior del yacimiento y se conecta con la roca de la caja techo debe tener dimensiones similares a las de los pilares puente convencionales.

3.9. Tratamiento estadístico.

Para su desempeño adecuado, se proporcionan procesos basados en detalles estadísticos. El tipo de sistema de discontinuidad, el tipo de roca, la orientación, la persistencia, el espaciado, la rugosidad, la apertura, el espesor del

relleno, el tipo de relleno, la presencia de agua y la intemperización se tomaron en cuenta. Se registraron datos también sobre la resistencia de la roca y la frecuencia de fracturamiento.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica

En todo trabajo se debe mantener la ética profesional, por lo que se tiene en cuenta los valores y principios de la persona, que son principios éticos básicos: Respeto a las personas, búsqueda del bien y Justicia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

Caracterización del Macizo Rocoso

La elección de datos para la caracterización de la masa rocosa en la Mina Marcapunta SW se realizó utilizando los mapeos geomecánicos de las labores subterráneas actuales que forman parte del desarrollo para la futura explotación, así como el logueo geotécnico realizado en los testigos de los sondajes diamantinos que atraviesan las zonas en evaluación.

El investigador llevó a cabo los trabajos geomecánicos de las labores mineras con la ayuda del personal de la mina designada para este propósito. Para ello, realizó mediciones sistemáticas en varios tramos de la mina y la información recopilada fue plasmada directamente en los planos topográficos.

Para lograr este objetivo, los parámetros de observación y medición se ajustaron a las normas sugeridas por la International Society for Rock Mechanics

(ISRM). Estas normas se encuentran en el Anexo 1 en los formatos de registro de mediciones realizadas en estaciones rocosas.

Para su desempeño adecuado, se proporcionan procesos basados en detalles estadísticos. El tipo de sistema de discontinuidad, el tipo de roca, la orientación, la persistencia, el espaciado, la rugosidad, la apertura, el espesor del relleno, el tipo de relleno, la presencia de agua y la intemperización se tomaron en cuenta. Se registraron datos también sobre la resistencia de la roca y la frecuencia de fracturamiento.

Respecto a la información de los sondajes, en total se realizó el logeo geotécnico de 26 sondajes cuyo levantamiento de la información fue realizada por personal externo contratado por El Brocal y supervisado por personal de Compañía.

En los testigos rocosos de las perforaciones diamantinas, el logeo geotécnico se llevó a cabo por métodos convencionales en formatos adecuados también a las normas ISRM (Anexo 2), con similares parámetros de observación y medición que los mencionados en el párrafo precedente. En total se llevó a cabo el logeo de 26 sondajes diamantinos con una longitud total de 7,665 m.

Aspectos Litológicos

Las particularidades litológicas simplificadas de la masa rocosa en la Zona Suroeste (SW) se detallan a continuación:

- Zona Suroeste (SW): Al techo está presente la dacita y caliza. El conglomerado y el vulcanoclasto empaquetan la estructura mineralizada. Por último, al piso se ubica la arenisca.

Distribución de Discontinuidades

Los datos de orientación extraídos de los planos geomecánicos proporcionados por El Brocal, conformados principalmente por fallas, diaclasas y estratificación, se utilizaron para establecer las características de la distribución de discontinuidades. Se tienen datos orientativos (dirección de giro y giro).

El proceso de recopilación se ejecutó a través de técnicas de proyección estereográfica, usando el software DIPS 6.008 de Rocscience Inc. (2013). Estos datos fueron procesados para conocer el arreglo estructural de la masa rocosa del área en estudio.

En la Zona SW solo se ha dispuesto las labores desarrolladas en el Nivel 4170.

Tabla 2. Sistema de Discontinuidades Estructurales
(Data rescatada – Fallas, diaclasas y estratificación)

Zonas	Zonas	Sistema 1	Sistema 1	Sistema 1
Suroeste (SW)	Rumbo/Buz.	N76°W/73°NE	N50°E/14°NW	N72°E/65°SE
	Dir. Buz./Buz.	014°/73°	320°/14°	162°/65°

Ilustración 3. Diagrama estereográfico de contornos Zona SW.

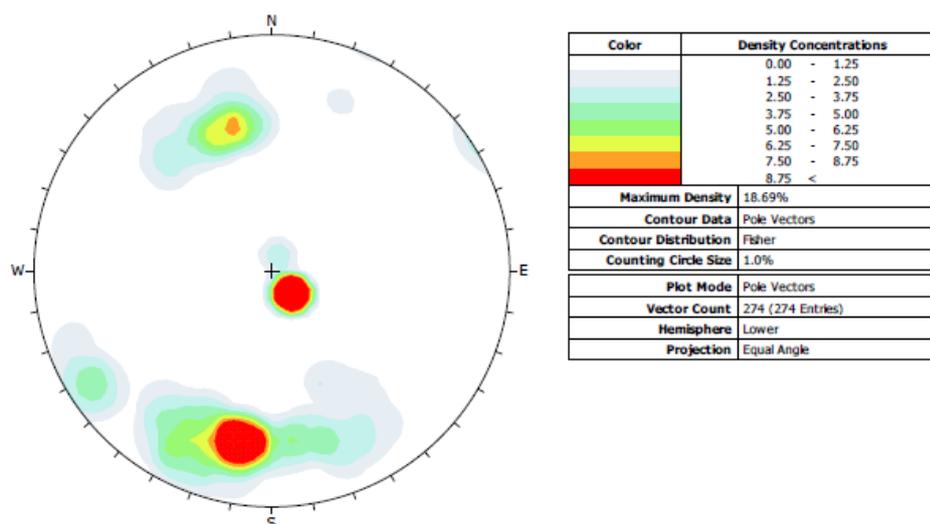
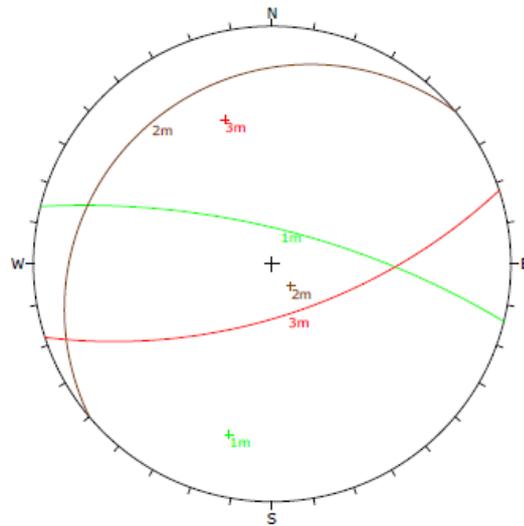
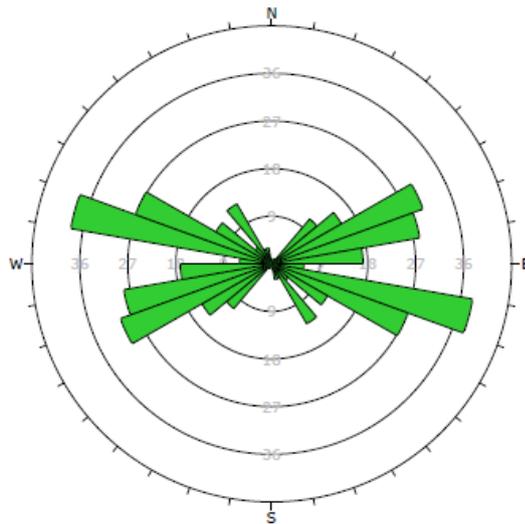


Ilustración 4. Estereografía de planos principales Zona SW.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m	Green	73	14	
2m	Brown	14	320	
3m	Red	65	162	
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		274 (274 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Ilustración 5. Diagrama de roseta Zona SW.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	45 planes per arc
Planes Plotted	210
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Según la información estructural obtenida y procesada, se puede resumir lo siguiente de la Tabla 2 y las Ilustraciones 1,2 y 3:

- El comportamiento estructural de la Zonas SW se manifiesta un sistema sub horizontal.
- En la Zona SW los sistemas principales son: el Sistema 1 con rumbo NWW y buzamiento alto al NE, el Sistema 2 con rumbo NE y buzamiento bajo al

NW y el Sistema 3 con rumbo NEE y buzamiento alto al SE.

Aspectos Estructurales

Las características estructurales de las discontinuidades se establecieron mediante tratamiento estadístico de la información registrada en el mapeo geomecánico del macizo rocoso en las labores subterráneas (ver Anexo 1), además, se ha complementado con la información del logueo geotécnico de testigos rocosos de los sondajes diamantinos elaborados como parte del presente estudio (ver Anexo 2). Se pueden destacar las características estructurales fundamentales de las discontinuidades relacionadas con los cuerpos mineralizados y su entorno a partir de estos datos.

Fallas

Las fallas tienen espaciamientos generalmente mayores a 20 metros, persistencia de decenas de metros, apertura de 1 a 5 mm y superficies lisas con ciertas ondulaciones. Las estructuras se rellenan con materiales de panizo, brechas, materiales oxidados y arcillas de 5 a 10 cm de espesor. Las fallas no tienen un alcance significativo. Dentro de los cuerpos mineralizados, hay fallas que forman conductos a través de los cuales el agua fluye a través de goteos.

Estratos

Las características estructurales generales de esta estructura incluyen un espacio de 20 a 60 cm y de 6 a 20 cm, una persistencia de 10 a 20 m, una apertura de menos de 1 mm, las paredes son ligeramente rugosas a rugosas con ciertas ondulaciones, el relleno es suave y también hay un relleno duro de menos de 5 mm, y hay óxidos, arcillas, carbonatos y pirita. Las paredes de los estratos generalmente están ligeramente a moderadamente intemperizadas. La presencia de agua subterránea generalmente es húmeda.

Diaclasas

La distancia de 20 a 60 cm y de 6 a 20 cm, la resistencia de 3 a 10 m, la apertura de menos de 1 mm y las paredes ligeramente rugosas a rugosas son características estructurales. El relleno es suave a medio duro, con arcillas, calcita y pirita de menos de 5 mm. En general, las superficies de las diaclasas tienen una gran cantidad de humedad y parecen saludables a ligeramente alteradas, con algunas superficies que se han mojado localmente como resultado de las filtraciones de agua.

Clasificación del Macizo Rocosó

El criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski se utilizó para clasificar geomecánicamente la masa rocosa (RMR - Valoración de la masa rocosa - 1989). Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta se determinaron utilizando las técnicas descritas más adelante en la Sección.

Resistencia de la roca intacta.

Los valores del índice de calidad de la roca (RQD), por un lado, fueron determinados mediante el registro lineal de discontinuidades, utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1986), teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal, por otro lado, se utilizó la data de RQD registrada durante el logueo geotécnico de los testigos rocosos de los sondajes diamantinos.

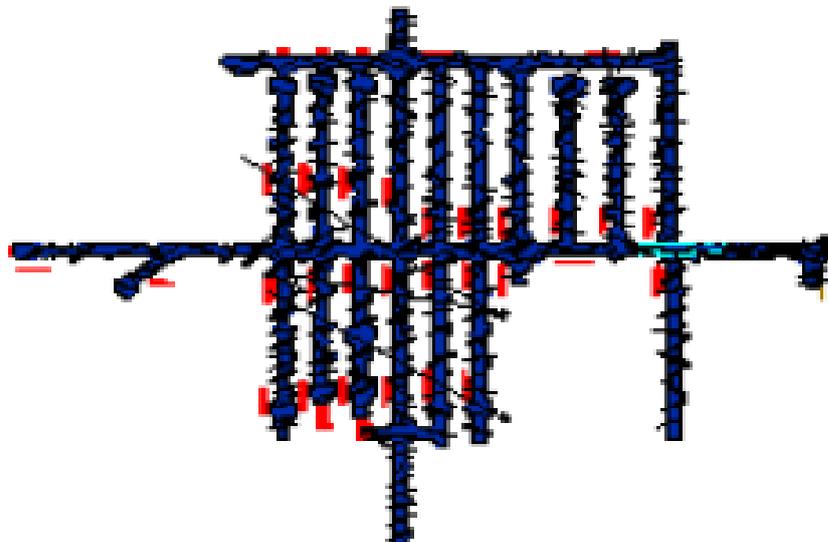
La siguiente Tabla muestra el criterio modificado de Bieniawski (1989) para esta evaluación para clasificar la masa rocosa:

Tabla 3. Criterio para la Clasificación de la Macizo Rocosos

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
IIIA	51 – 60	2.18 – 5.92	Regular A
IIIB	41 – 50	0.72 – 1.95	Regular B
IVA	31 – 40	0.24 – 0.64	Mala A
IVB	21 – 30	0.08 – 0.21	Mala B
V	< 21	<0.08	Muy Mala

Las fuentes de información para clasificar a la masa rocosa de las tres zonas a evaluar han sido el mapeo geomecánico en las labores subterráneas en los distintos niveles antes mencionados los cuales fueron realizados por el personal de Geomecánica de la Mina Marcapunta y de la información del logueo geotécnico de los testigos rocosos de los sondajes diamantinos realizado para la presente evaluación con la supervisión de Compañía. La mayor fuente de información proviene del mapeo geomecánico de las labores puesto que se tiene avanzado el desarrollo de los distintos subniveles de explotación en la zona a evaluar y cercana a. En la Ilustración 4 se aprecia el mapeo de las labores ejecutadas en la zona SW.

Ilustración 6. Zonificación geomecánica en planta de la cota 4300 de Marcapunta SW.



Los Anexos 1 y 2 contienen los resultados de la clasificación geomecánica de la masa rocosa. En la clasificación, se ha observado que los cuerpos mineralizados y su entorno tienen calidades de masa rocosa que van desde Mala B (IVB) hasta Buena calidad (II), con roca superior en el SW. Los cuerpos mineralizados también contienen áreas menores con roca de calidad Muy Mala (V), algunas de las cuales se relacionan con contactos litológicos y presencia de fallas. Este aspecto se puede ver en el plano de zonificación.

Zonificación Geomecánica del Macizo Rcoso

Para que se puedan aplicar racionalmente diferentes métodos de cálculo de la mecánica de la roca, la masa de roca en el estudio debe dividirse en áreas con características estructurales y mecánicas similares, ya que los criterios de diseño y el análisis de los resultados solo serán válidos para masas rocosas con características físicas y mecánicas similares. Para formar los dominios estructurales, cada área de estudio debe tener su propia zonificación geomecánica.

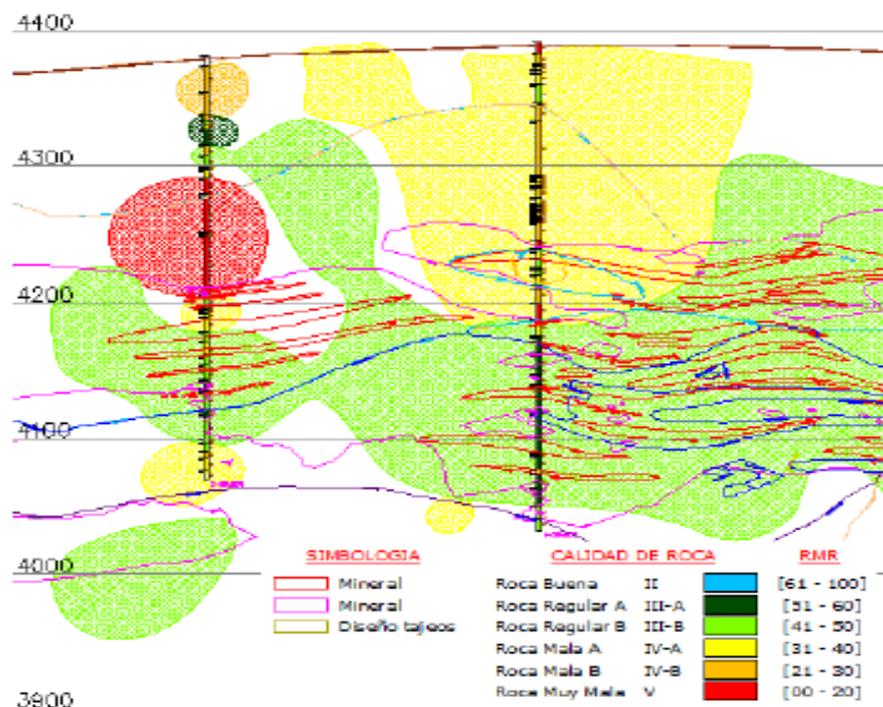
Para la zonificación geomecánica de la masa rocosa, se utiliza el criterio de clasificación descrita en el párrafo anterior para considerar los elementos litológicos, geoestructurales, alteración y calidad de la masa rocosa. Para la zona en estudio, las características litológicas, el arreglo estructural dentro de ella y el grado de alteración son similares, siendo finalmente la calidad de la masa rocosa el aspecto más importante para realizar la zonificación geomecánica de esta zona en evaluación.

Se ha utilizado la información de todos los sondajes logueados geotécnicamente para el presente estudio, así como el mapeo geomecánico de todas las labores existentes, para crear la zonificación geomecánica.

Adicionalmente, el personal de Geomecánica de El Brocal ha elaborado una zonificación geomecánica en 3D utilizando el software MineSight, para este propósito ha utilizado además de la información geotécnica indicada, información de sondajes antiguos y registro de calidad de labores y tajeos existentes que involucra la zona de estudio.

En la Ilustración 5 se muestra los sondajes utilizados para la zonificación geomecánica realizada en la Zona SW,

Ilustración 7. Zonificación Geomecánica Transversal en las Zona SW.



Podemos estimar la tendencia de la calidad RMR del macizo rocoso en las zonas mineralizadas a partir del plano de zonificación obtenido. La Tabla 4 siguiente muestra la calidad de la masa rocosa para la zona SW en evaluación expresada en dominios estructurales después de revisar la sección de zonificación geomecánica.

Tabla 4. Zonificación Geomecánica y Calidades del Macizo Rocosó

Zona	Zona	Promedio RMR	Calidad RMR	Dominio Estructural
SW	Caja techo	35	Mala A	DE-IVA
	Mineral	55	Regular A	DE-III A
		45	Regular B	DE-III B

A partir de este cuadro se tiene unas descripciones importantes de zonas SW, lo cual nos permite entender el comportamiento de la calidad de la masa rocosa.

Zona Suroeste (SW):

Para el caso de la Zona SW, la calidad de la masa rocosa mineralizada es más homogénea, sabiendo también que la extensión de esta zona es menor en relación con las otras. Según la información de los sondajes la calidad generalmente es del dominio Regular A (DE-III A) con tramos de calidad Buena (DE-II).

Según el modelo MineSight, aparecen sectores con calidad Regular B (DE-III B), esto lleva a pensar que esta calidad es conservadora. En consecuencia, para fines de compatibilizar la información con los sondajes, la calidad Regular B (DE-III B) puede interpretarse como calidad final perteneciente al dominio Regular A (DE-III A). En algunos sondajes se ha observado tramos cortos de calidad Mala A (DE-IV A) pero estos son muy puntuales.

La calidad en la caja techo y en el contacto con el mineral aparece como Mala A (DE-IV A) y Mala B (DE-IV B) e incluso como Muy Mala (DE-V); la zonificación muestra en promedio que la calidad en el techo y contacto pertenece al dominio Mala A (DE-IV A).

Resistencia de la Roca

Resistencia de la Roca Intacta

Uno de los parámetros más importantes del comportamiento mecánico de la masa rocosa es la resistencia compresiva no confinada de la roca intacta (σ_c). En las estaciones geomecánicas de las labores mineras, se realizaron golpes con el martillo de geólogo durante los trabajos de campo para estimar este parámetro, registrando los resultados directamente en los planos de zonificación. Para estimar la resistencia de los testigos rocosos geotécnicos, se utilizaron procedimientos similares.

Además, para estimar la resistencia compresiva de la roca intacta, se han realizado ensayos de rebote con el martillo Schmidt durante la etapa de mapeo de campo, siguiendo las normas sugeridas por la ISRM. Los valores obtenidos en minerales y calizas han mostrado rebotes del martillo entre 25 y 45 MPa, lo que indica valores de UCS entre 45 y 155 MPa.

Resistencia de las Discontinuidades

Dado que estas discontinuidades estructurales son superficies de debilidad de la masa rocosa y, por lo tanto, planos potenciales de falla, es fundamental conocer sus características de resistencia al corte desde el punto de vista de la estabilidad controlada por discontinuidades estructurales. En este caso, los parámetros de fricción y cohesión del criterio de falla Mohr-Coulomb determinan la resistencia al corte. En el laboratorio de mecánica de rocas, también se realizaron ensayos de corte directo en superficies de discontinuidades para obtener estos parámetros. La Tabla 5 contiene un resumen de los hallazgos.

Tabla 5. Resultados de Ensayos de Corte Directo

Bloque	Descripción	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción (°)
M-3	Mineral	0.15	42.61
M-7	Mineral	0.10	45.56

Resistencia del Macizo Rocosó

El programa RocLab de Rocscience Inc. (2013) estimó los parámetros de resistencia de la masa rocosa utilizando el criterio de falla de Hoek & Brown (2002, 2007). Se utilizaron los valores más representativos de la calidad de la masa rocosa obtenidos a través de la zonificación geomecánica, así como la resistencia compresiva uniaxial y la constante "mi" de la roca intacta, que se describen en este estudio. Los parámetros de resistencia de la masa rocosa relacionados con el estudio se presentan en el cuadro 4.10.

Tabla 6. Parámetros de Resistencia de la Macizo Rocosó

Zona	Sector	GSI	σ_c (MPa)	γ (MN/m ³)	"mi"	m_b	s_{mr}	E_{mr} MPa	Poisson "v"
SW	Caja techo	35	20	0.026	10	0.758	0.000436	855	0.29
	Mineral	55	100	0.031	15	2.515	0.004714	15661	0.23
		45	70	0.031	15	1.691	0.001436	5833	0.25

Donde:

- GSI : Geological Strength Index
- σ_c : Resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta
- γ : Densidad de la roca intacta
- m_i : Constante de la roca intacta
- m_b : Constante de la masa rocosa
- s : Constante de la masa rocosa
- E_{mr} : Módulo de deformación de la masa rocosa
- ν : Relación de Poisson de la masa rocosa

Condiciones del agua subterránea

Porque la presión que ejerce en las discontinuidades, la disminución de la resistencia al corte y la promoción de la inestabilidad son los efectos principales de la presencia de agua dentro de la masa rocosa, es fundamental evaluar las características de presencia de agua. Durante los trabajos de campo en las labores cercanas a las áreas de evaluación, se ha observado que en las labores donde se ha realizado el mapeo geomecánico, la presencia del agua subterránea en las áreas de estudio de Marcapunta SW no es muy significativa. Las condiciones han sido principalmente húmedas, con ocasiones de goteo y pequeños flujos.

Se espera que la presencia de agua subterránea no tenga un impacto significativo en las condiciones de estabilidad de las excavaciones relacionadas con el minado.

Es importante mencionar que las limoarcilitas en el techo ayudan a bloquear el agua porque son materiales impermeables, lo que impide que el agua se filtre hacia la parte inferior. Sin embargo, se pueden observar características de presencia del agua en las labores mineras de la explotación antigua de Marcapunta, que cumplen con las condiciones o características mencionadas en el párrafo anterior.

Esfuerzos in-situ

Es crucial comprender la magnitud de los esfuerzos in-situ, ya que estos afectarán directamente las condiciones de estabilidad de cualquier excavación creada.

Para conocer las magnitudes de los esfuerzos in-situ se ha considerado utilizar el concepto de carga litostática (Hoek & Brown, 1978) conjuntamente con el criterio de Sheorey (1994) y la información del Mapa Mundial de Esfuerzos

(WSM), ya que aún no se han hecho mediciones de esfuerzos in-situ en Mina Marcapunta, cosa que en el futuro es recomendable realizarlo.

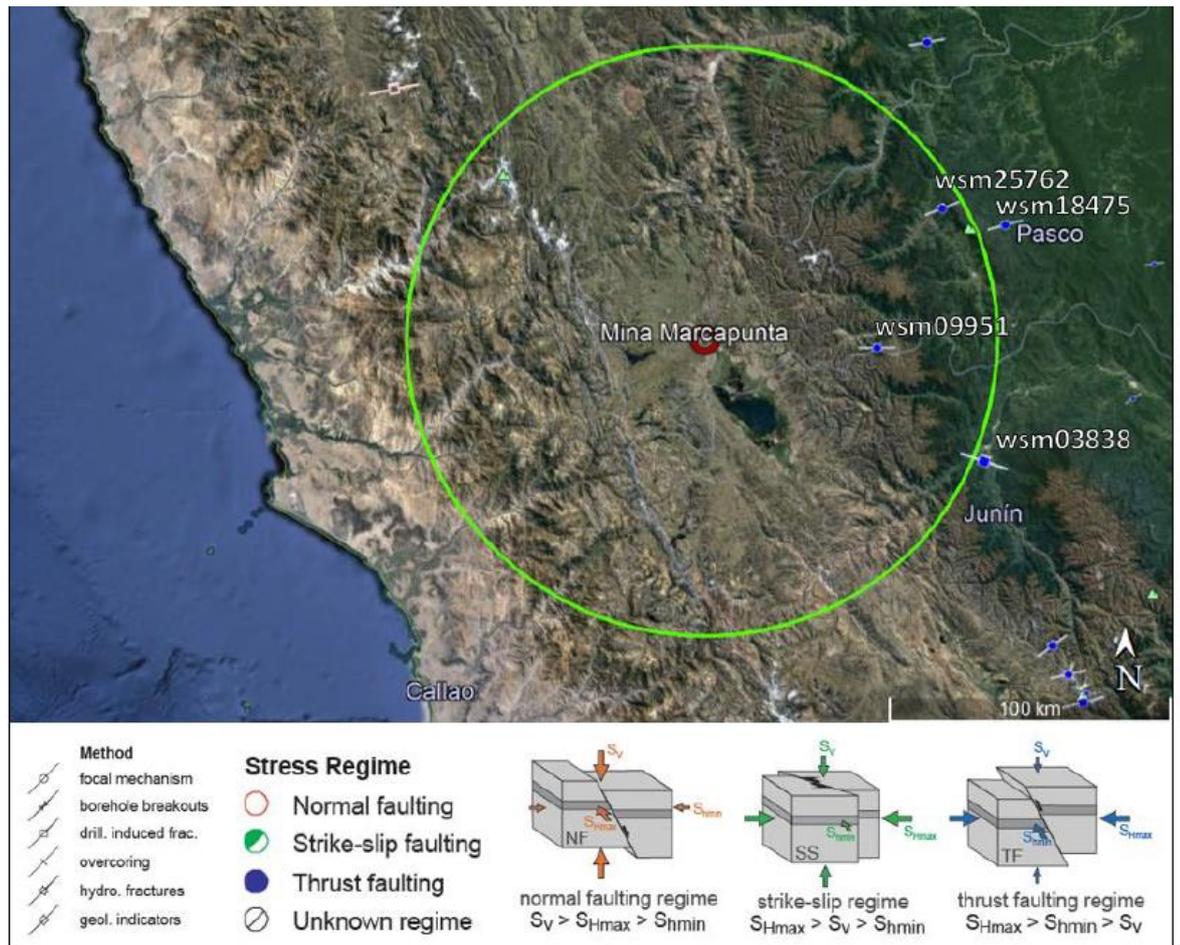
En la aplicación del concepto de carga litostática se debe considerar una profundidad de minado que en este caso es distinto según la zona mineralizada. Para ello se ha considerado la profundidad media de las diferentes zonas y con ellos se ha obtenido la constante “*k*” del criterio de Sheorey para estimar el valor del esfuerzo horizontal. En la Tabla 7 se observan estos valores.

En relación con el WSM (Ref: 10), se ha considerado un área de búsqueda de 100 km a lo largo, con información contenida en cuatro datos (wsm25762, wsm18475, sm09951 y wsm03838). La Ilustración 6 muestra la ubicación y orientación de los esfuerzos principales de estos datos.

Tabla 7. Magnitud de los Esfuerzos in-situ

Zona de estudio	Profundidad media (m)	Constante “<i>k</i>”	Esfuerzo vertical (MPa)	Esfuerzo horizontal (MPa)
Norte	120	0.90	3.1	2.8
Suroeste	240	0.61	6.2	3.8
Sureste	320	0.54	8.3	4.5

Ilustración 8. Mapa Mundial de Esfuerzos Mostrando la Zona de Interés. Fuente WSM



Según lo mostrado en esta figura, la dirección del esfuerzo horizontal máximo tiene alineamiento EW aproximadamente, siendo los esfuerzos horizontales mayores que los esfuerzos verticales, es decir la constante “k” es mayor que 1.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Direcciones Preferenciales de Avance de las Excavaciones

Para mejorar las condiciones de estabilidad de las excavaciones, el avance de las mismas debe alinearse en direcciones preferenciales. Las condiciones de estabilidad son más favorables cuando se avanzan las excavaciones en forma perpendicular a las estructuras principales, mientras que cuando se avanzan en

forma paralela a las estructuras principales, las condiciones de estabilidad son más desfavorables.

La dirección preferencial de avance para las excavaciones es en la dirección NS o viceversa, según el arreglo estructural que muestra la masa de roca en la zona en evaluación. En este momento, todos los tajeos están alineados en esta dirección, lo que beneficia la estabilidad de los tajeos.

Es importante destacar que avanzar en la dirección EW es la dirección menos favorable para la estabilidad de las excavaciones porque los principales sistemas de discontinuidades se mueven en esta dirección.

Dimensiones Recomendadas para las Cámaras y Pilares

Después de completar los diversos análisis, es necesario resumir las opciones de anchos de pilares y cámaras para el minado de la mina Marcapunta SW.

Para lograrlo, se han combinado los resultados del Método Grafico de Estabilidad (MGE), el diseño convencional de cámaras, pilares y análisis de deformación de esfuerzo. Además, se ha agregado información de los análisis de estabilidad estructuralmente controlada. La siguiente Tabla se ha creado a partir de todos los resultados.:

Tabla 8. Alternativas de Dimensiones de Cámaras y Pilares Corridos (Altura 24 m)

Calidad	Profund. minado	Longitud de tajeo sin cablebolt				Longitud de tajeo con cablebolt			
		Ancho de pilar	Ancho de cámara	Altura de tajeo	Longitud sin cable	Ancho de pilar	Ancho de cámara	Altura de tajeo	Longitud con cable
<i>Zona SW</i>									
DE-III A	250 m	10	13	24	42	10	15	24	45
	340 m	10	10	24	50	10	13	24	60
	340 m	12	13	24	38	12	15	24	45
DE-III B	250 m	10	12	24	28	10	13	24	32
	340 m	10	10	24	45	10	13	24	32
	340 m	12	13	24	25	12	15	24	28

La Tabla 8 muestra las medidas de las cámaras y pilares en función de la profundidad a la que se llevará a cabo el minado, con una altura actual de tajeos de 24 metros. Complementariamente se ha realizado el dimensionamiento de tajeos considerando alturas de 30 y 40 m. Para este propósito se ha realizado los mismos análisis y a partir de esto se han obtenido las dimensiones posibles en las Tablas 9 y 10. Hay que tener presente que cuando se incrementa la altura de los tajeos, el efecto inmediato ocurre en el aumento del ancho de los pilares lo que no sucede directamente con el ancho de las cámaras.

Tabla 9. Alternativas de Dimensiones de Cámaras y Pilares Corridos (Altura 30 m)

Calidad	Profund. minado	Longitud de tajeo sin cablebolt				Longitud de tajeo con cablebolt			
		Ancho de pilar	Ancho de cámara	Altura de tajeo	Longitud sin cable	Ancho de pilar	Ancho de cámara	Altura de tajeo	Longitud con cable
<i>Zona SW</i>									
DE-III A	250 m	12	13	30	42	12	15	30	45
	340 m	12	13	30	38	12	15	30	45
DE-III B	250 m	12	13	30	25	12	15	30	28
	340 m	12	13	30	25	12	15	30	28

Tabla 10. Alternativas de Dimensiones de Cámaras y Pilares Corridos (Altura 40 m)

Calidad	Profund. minado	Longitud de tajeo sin cablebolt				Longitud de tajeo con cablebolt			
		Ancho de pilar	Ancho de cámara	Altura de tajeo	Longitud sin cable	Ancho de pilar	Ancho de cámara	Altura de tajeo	Longitud con cable
<i>Zona SW</i>									
DE-III A	250 m	14	13	40	42	14	15	40	45
	340 m	14	13	40	40	14	15	40	40

Para el caso de la opción de tajeos de 40 m de altura, solo se ha realizado el análisis en masa rocosa del dominio DE-III A ya que según los análisis esfuerzo deformación, cuando la masa rocosa es del dominio DE-III B las condiciones de estabilidad son críticas. El ancho mínimo de pilar para esta alternativa es de 14 m.

El sostenimiento que debe utilizarse cuando se opta por la longitud de tajeos con sostenimiento es el uso de cablebolts. Para este propósito se ha

estimado dicho sostenimiento durante la etapa de análisis con el Método Gráfico de Estabilidad (MGE). En la siguiente Tabla se muestra estos resultados.

Tabla 11. Diseño de Sostenimiento con Cablebolts en Tajeos

Zona	Calidad	Ancho de tajeos =					
		13 m		15 m		18 m	
		Espac.	Longitud				
Suroeste (SW)	DE-III A	-	-	1.8x1.8 m	11 m	1.7x1.7 m	11.6 m
	DE-III B	1.9x1.9 m	10 m	1.8x1.8 m	11 m	- (*)	- (*)

Cabe señalar que la estimación realizada para el dimensionamiento de los cablebolts ha indicado el uso de cable doble simple.

Requerimientos de Relleno de Tajeos

El relleno detrítico mejora la estabilidad de las cámaras y pilares, por lo que se puede ampliar el ancho de las cámaras y reducir el ancho de los pilares. La desventaja es que la recuperación de los pilares minerales sería extremadamente desafiante. Si se emplea algún tipo de relleno cementado, es posible recuperar los pilares de mineral. La empresa realizó investigaciones sobre el tema, pero no se implementaron los sistemas de relleno cementado sugeridos.

Es importante destacar que el proceso de minado en la mina Marcapunta ha avanzado en numerosos casos, lo que ha resultado en cámaras vacías sin relleno, lo que impide la recuperación de los pilares minerales dejados (tajeos secundarios). Además, los pilares verticales y horizontales que quedan forman una estructura rocosa que podría colapsar en algún momento. El efecto dominó puede ocurrir en un colapso mayor como resultado de una falla local. Es muy recomendable implementar al más breve plazo algún sistema de relleno de preferencia cementado, ya que este es un aspecto muy importante a tener en cuenta.

4.3. Prueba de hipótesis

Mediante la intervención de las variables independiente y dependiente, se realizará la prueba de la hipótesis, estas variables fueron expuestas en el presente proyecto de investigación, con la determinación de estas variables se acepta la hipótesis:

Si efectuamos el plan de minado de la Mina Marcapunta SW, optimizaremos el diseño de cámaras y pilares – Cía. Minera El Brocal S.A.A.

- H0: Plan de minado de la Mina Marcapunta SW.
- H1: Optimizar el diseño de cámaras y pilares de la Mina Marcapunta SW.

4.4. Discusión de resultados

Aspectos Complementarios al Diseño de Cámaras y Pilares

A. Pilares Puentes

El dimensionamiento de los pilares puente que deben dejarse para la explotación de los tajeos a minar debajo de los tajeos explotados es otro factor que debe tenerse en cuenta durante la etapa de minado. Se ha realizado un análisis de esfuerzo deformación para estimar el espesor de estos puentes.

Según los hallazgos del Anexo 6, se ha llegado a la conclusión de que para la masa rocosa del dominio DE-III A, en situaciones en las que las cámaras tienen un ancho de entre 10 y 13 metros, los espesores de los pilares puente deben tener al menos 10 metros de espesor. Esto se aplica a profundidades de entre 250 y 340 metros.

En el dominio DE-III B, el pilar puente debe tener un espesor mínimo de 10 m en cámaras de 10 m y 12 m o más en cámaras de 13 m. Los resultados para profundidades de 250 y 340 m son idénticos.

Se recomienda utilizar cámaras de menor ancho para que los pilares puente no sean tan gruesos ya que los anchos de las cámaras aumentan el espesor de los pilares puente, lo que resulta en una menor recuperación del mineral.

Solo se ha considerado para el análisis la posibilidad de realizar un minado debajo del minado ya explotado. Si se planea abrir los tajeos y continuar con el minado de un tercer tajeo debajo de los dos primeros, las condiciones de estabilidad global se complican y se necesitan ajustes en los modelos debido a que las condiciones cambiarían debido a los tajeos abiertos. No se recomienda esta situación ya que podría causar inestabilidad en todo el mundo en la mina, lo que podría afectar la seguridad y la producción.

Es necesario llevar a cabo el relleno de los tajeos para facilitar la recuperación de los pilares que han sido dejados. Esta acción debe llevarse a cabo en un futuro cercano.

El pilar puente que se coloca en la parte superior del yacimiento y se conecta con la roca de la caja techo debe tener dimensiones similares a las de los pilares puente convencionales.

B. Pilares de Separación de Tajeos

Estos pilares separan las cámaras (tajeos) según su longitud. De acuerdo con el tipo de roca y el diseño de las cámaras y pilares, el ancho de estos pilares debe ser similar al de los pilares comunes. Los resultados del método gráfico de estabilidad se utilizaron para determinar la distancia entre estos pilares de separación de tajeos. La distancia entre los pilares debe ser igual a la longitud del tajeo. A través de un análisis de esfuerzo/deformación en 3D, se puede obtener un estimado más preciso, pero esto requiere tiempo y

dinero. Se debe seguir la recomendación mientras no se lleven a cabo estos análisis.

C. Pilares Barrera

Es recomendable dejar pilares estabilizantes cuando los mantos mineralizados tienen una extensión horizontal significativa. El arco de presión máximo W ($W = 0.15H + 18.3$) se estimó en función de la profundidad H del minado utilizando el criterio Bullock (1982) Ref.:10) 55, lo que resultó en un arco de presión de aproximadamente 70 m. Cada setenta metros, se debe ubicar un pilar estabilizante corrido (también conocido como pilar de barrera) con un ancho al menos el doble de los pilares habituales. Estos pilares ayudarán a mantener la estabilidad en toda el área de minado.

Secuencia de Avance del Minado

La secuencia de avance recomendada para el minado horizontal es comenzar en la parte central del manto mineralizado y avanzar el minado por cámaras y pilares hacia los bordes. Esto garantiza que siempre se está avanzando hacia áreas sólidas con mejores condiciones de estabilidad y seguridad.

A fin de mantener condiciones de estabilidad global adecuadas, es recomendable que el minado vertical comience en la parte superior del manto mineralizado y continúe hacia la parte inferior.

Será mejor dejar la masa rocosa de baja calidad, como del dominio DE-IVB, en su lugar antes de causar problemas de inestabilidad.

CONCLUSIONES

- En la mina de Marcapunta se utilizó el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski 1989 (RMR) para clasificar geomecánicamente la masa rocosa. Los valores de resistencia compresiva se calcularon utilizando el método de resistencia de roca intacta.
- La distribución de discontinuidades ha indicado que el arreglo estructural de la masa rocosa de la zona en evaluación tiene las siguientes características:
 - En Marcapunta SW los sistemas principales son: el Sistema 1 con rumbo NWW y buzamiento alto al NE, el Sistema 2 con rumbo NE y buzamiento bajo al NW y el Sistema 3 con rumbo NEE y buzamiento alto al SE.
- En la Marcapunta Suroeste, en el mineral predominan las calidades de los dominios Regular A (DE-III A) y Regular B (DEIII B), y en la caja techo generalmente la masa rocosa pertenece al dominio Mala A (DE-IV A).
- Realizado Después de realizar varios análisis, se determinaron los diferentes anchos de pilares y cámaras para el minado de la mina Marcapunta SW. Para lograrlo, se cruzaron datos del Método Grafico de Estabilidad (MGE), del diseño convencional de cámaras y pilares.
- Complementariamente se ha realizado el dimensionamiento de tajeos considerando alturas de 30 y 40 m. Para este propósito se ha realizado los mismos análisis y a partir de esto se han obtenido las dimensiones posibles. Hay que tener presente que cuando se incrementa la altura de los tajeos, el efecto inmediato ocurre en el aumento del ancho de los pilares lo que no sucede directamente con el ancho de las cámaras.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar las mediciones de esfuerzos in-situ en Mina Marcapunta, ya que aún no se han hecho, pero en el futuro es recomendable realizarlo.
- Se recomienda mantener la dirección preferencial de avance para las excavaciones que es de dirección NS o viceversa de acuerdo con el arreglo estructural que presenta la masa rocosa. Actualmente, todos los tajeos están alineados en esta dirección, lo que contribuye a la estabilidad.
- Dado que los principales sistemas de discontinuidades tienen rumbo en esta dirección, se recomienda avanzar en la dirección EW porque es la dirección menos favorable para la estabilidad de las excavaciones.
- Sería apropiado que el personal del Departamento de Geomecánica de Mina Andaychagua realice un análisis retrospectivo (back analysis) de los problemas de inestabilidad (derrumbes) que puedan surgir en la galería sill u otras labores mineras relacionadas con el minado de Veta Andaychagua. Los resultados de estos análisis servirán para la calibración de los modelamientos que se puedan hacer en el futuro para optimizar la secuencia de avance del minado y el sostenimiento.
- También es recomendable por un lado llevar a cabo programas de instrumentación para monitoreo de desplazamientos en los diferentes componentes estructurales asociados al minado, por otro lado, imprimir rapidez en el ciclo de minado para mejorar las condiciones de estabilidad de las excavaciones.
- La comparación de los esfuerzos actuales con las resistencias disponibles es recomendable porque proporcionan el factor de seguridad. Para tener pilares estables, la relación resistencia/esfuerzo debe ser siempre mayor que la unidad, es decir, la resistencia de los pilares debe ser siempre mayor que el esfuerzo actuante.

BIBLIOGRAFÍA

- Bath, C., y S. Duda. 1968. Secular Seismic Energy release in the circum pacific belt.
- Bernal, I. 2001. Características y evaluación de la energía sísmica liberada. Univ. Nac. San Agustín. 170p.
- Bernal, I., y H. Tavera. 2005. Evaluación de la sismicidad y distribución de la energía sísmica en Perú. IGP Boletín de la Sec. Geológica del Perú V 92 p 67-78
- Bieniawski Z.T. “Engineering Rock Mass Clasification” Wiley – Interscience Publication – 1989.
- Brady B.H.G. & Brown E.T. “Rock Mechanics for Underground Mining” George Allen & Unwin – London – 1986.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. “Evaluación Geomecánica para el método de minado subterráneo del Proyecto Poracota” Informe Técnico – junio de 2005.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. “Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de Marcapunta Norte y Sur” Informe Técnico preparado para Sociedad Minera El Brocal S.A.A. febrero 2017.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. “Estudio Geomecánico Integral del Minado de Mina Marcapunta Norte – Evaluación Geomecánica de la Zona de Brechas y Alternativas de Métodos de Minado”. Informe Técnico preparado para Sociedad Minera El Brocal S.A.A. noviembre 2011.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. “Estudio Geomecánico Integral del Minado de Mina Marcapunta Norte – Etapa I – Recuperación de Pilares Corridos y Evaluación Geotécnica del Relleno” Informe Técnico preparado para Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Febrero

- Escalante, Christian. 2000-2002. Evaluación del Peligro Sísmico en el Sur del Perú (13°-18.5° S). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 53p
- Hoek E. “Practical rock engineering” Rocscience, 2002-2004.
- Hoek E., Kaiser P., Bawden W. “Support of Underground Excavations in Hard Rock” A.A. Balkema 1995.
- Hudson J.A. Ed. “Comprehensive Rock Engineering – Principles, Practice & Projects”. Volúmenes 3 y 4, Pergamon Press 1993.
- Hustrulid W.A. and Bullock R.L. “Underground Mining Methods: Fundamentals and International Case Studies” SME – 2001.
- Krzyston, D. and Carvajal A., 07,08. Susceptibility of rocks bumps. The results of simple investigation in a staff-testing machine. Fundacja Nauta I traducie Górnice..
- Krzyszton, Danuta. 2007-2008. Susceptibility of rocks bumps. Fundacja Nauta I traducie Górnice. 102p
- Universidad Nacional de Ingeniería, Pruebas de Laboratorio de Mecánica de Rocas. Octubre 2019.
- Weiss F. y Córdova D. “Influencia de las condiciones naturales en la selección del método de explotación en minería subterránea”, Informe INGEMMET – 1990.

ANEXOS

Anexo I. Matriz de Consistencia

TÍTULO: Plan de Minado de la Mina Marcapunta SW, para optimizar el diseño de Cámaras y Pilares – Cía. Minera El Brocal S.A.A.						
Tesista: Hans Jhoel, BUSTILLOS HUAMAN						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN
<p>GENERAL: ¿Como efectuar el Plan de minado de la Mina Marcapunta SW, para optimizar el diseño de cámaras y pilares – Cía. Minera El Brocal S.A.A.?</p> <p>Problemas específicos A. ¿Cómo determinar el diseño para el minado subterráneo de Marcapunta Zona SW, en la Cía Minera El Brocal S.A.A.? B. ¿Como realizar el diseño de las Cámaras y Pilares de la Zona SW de la Mina Marcapunta en la Cía Minera El Brocal S.A.A.?</p>	<p>GENERAL: Efectuar el Plan de minado de la Mina Marcapunta SW, para optimizar el diseño de cámaras y pilares – Cía. Minera El Brocal S.A.A.</p> <p>Objetivos específicos A. Determinar el diseño para el minado subterráneo de Marcapunta Zona SW, en la Cía. Minera El Brocal S.A.A. B. Realizar el diseño de las Cámaras y Pilares de la Zona Suroeste de la Mina Marcapunta en la Cía. Minera El Brocal S.A.A.</p>	<p>GENERAL Si efectuamos el Plan de minado de la Mina Marcapunta SW, optimizaremos el diseño de cámaras y pilares – Cía. Minera El Brocal S.A.A.</p> <p>Hipótesis específicas A. Si efectuamos el diseño realizaremos el minado subterráneo de Marcapunta Zona SW, en la Cía. Minera El Brocal S.A.A. B. Si realizamos el diseño optimizaremos las Cámaras y Pilares de la Zona SW de la Mina Marcapunta en la Cía. Minera El Brocal S.A.A.</p>	<p>INDEPENDIENTE: X: Plan de minado de la Mina Marcapunta SW.</p> <p>DEPENDIENTES Y: Optimizar el diseño de cámaras y pilares de la Mina Marcapunta SW.</p>	<p>Caracterizacion Geomecanica</p> <p>Parámetros geotécnicos</p> <p>Parametros Geomecanicos</p>	<p>Mapeos geomecánicos</p> <p>Determinación de las RMR</p> <p>Dimencionamiento de cxamaras y pilares</p>	<p>TIPO: Aplicativo – Cuantitativo</p> <p>NIVEL: Evaluativa.</p>

EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		AREA DE GEOMECANICA		FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS										POR: JUAN JOSE OLIVERA G.			
UBICACIÓN: CAM 989 N. Nv. 4150				FECHA: 25/11/2016		HOJA: 1											
Nº de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN			TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)											
	Az.	Buzamiento:	Desde:	Hasta:													
TIPO DE ROCA:				FRECUENCIA / FRACTURA		RANGO DE VALORES											
A		B		%		VALOR ESTIMADO											
Nº Fracturas/ml.																	
TIPO ESTRU CT	ORIENTACIÓN		RELLENO		COMENTARIOS												
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento	ESPACIAMIENTO	Tipo	Espesor												
						VULCANOCLASTO CON DACITAS DE BAJA RESISTENCIA											
						VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoración 1 a 5)											
						Ajuste por Orientación Estructuras											
						VALOR TOTAL RMR AJUSTADO											
						CLASE DEL MACIZO ROCOSO											
						RMR											
						DESCRIPCIÓN											
						INDICACIÓN GEOMECÁNICA:											
						ARCOS NORUEGOS @=2.00 m. INTERMEDIADOS CON PERNOS PYTHON											
						Span:											
						0 m											

GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIST. COMP. AXIAL	ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA		CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAN DE EXPOSICIÓN									
			Clza	Caliza	CLASIFICACIÓN Y TIPO DE ROCA	CALIDAD DE ROCA	ÍNDICE "RMR"	ÍNDICE "Q"	TIPOS DE SOSTENIMIENTO TIPOICOS			TIEMPO DE AUTO SOPORTE	SPAN DE EXPOSICIÓN (m)	
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desmenuza con una cuchilla	1 - 5.	Clza	Caliza	III	Muy buena	100-150	1-10	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 6.00 m	10 años		
R2	Se desmenuza con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25	Clza Min	Caliza Mineralizada	II	Buena	80-100	10-30	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 6.00 m	4 años		
R3	No se raya ni desmenuza con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50	Mar Lar	Marga Limoarcillita	I	Muy Buena	100-150	10-30	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 6.00 m	4 años	12	
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100	Bx	Brecha	II	Buena	80-100	10-30	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 6.00 m	4 años	6	
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250	Cgl	Conglomerado	II	Buena	80-100	10-30	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 6.00 m	4 años	6	
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250	D	Diacalasa	E	Estrato	Fa	Falla	Ve	Venilla	Ct	Contacto		
GRADO	ÍNDICE DE ALTERACIÓN DESCRIPCIÓN	ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO		ABREVIACIÓN DEL ESPACIAMIENTO										
		Ox	Py	1	2	3	4	5						
I. SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales			> 2 m.	0.6 - 2 m.	0.2 - 0.6 m.	0.06 - 0.2 m.	< 0.06 m.						
II. LIGERO	La decoloración indica alteración del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana													
III. MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.													
IV. MUY ALT.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.													
V. DESCOMPUESTO.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.													

 EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		AREA DE GEOMECANICA				FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS						POR: JUAN JOSE OLIVERA G. FECHA: 25/11/2016 HOJA: 1		
Nº de Celda		ORIENTACION DE LA EXCAVACION Az. Buzamiento:		TRAMO Desde: Hasta:		UBICACION: CAM 989 S Nv. 4150						VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)		
TIPO DE ROCA: A % B %		FRECUENCIA / FRACTURA Nº Fracturas/ml.		PARÁMETROS						RANGO DE VALORES		Valoración		
TIPO ESTRU CT		ORIENTACION Buzamiento Dir. De Buzamiento		ESPACIAMIENTO Tipo Espesor		RELLENO Tipo Espesor		COMENTARIOS						
								VULCANOCLASTO CON DACITAS DE BAJA RESISTENCIA						
								VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoración 1 a 5)						40
								VALOR TOTAL RMR AJUSTADO						30
								CLASE DEL MACIZO ROCOSO						IV B - Mala B
								RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 < 20						Span:
								DESCRIPCION I Muy Buena II Buena III A - Regular A III B - Regular B IVA-Mala A IV B - Mala B V Muy Mala						0 m
								INDICACION GEOMECANICA:						
ARCOS NORUEGOS @=2.00 m. INTERMEDIADOS CON PERNOS PYTHON														

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

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

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Ctza	Caliza
Ctza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limonarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

ABREVIACION DEL TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diaclasa	E	Estrato
Fa	Falla	Ve	Venilla
Ct	Contacto		

ABREVIACION DEL TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Py	Plinta
Arc	Arcilla	Lm	Limos
Cb	Carbonatos	Sl	Slice
Pz	Fanizo		

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

CLASIFICACION GEOMECANICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAM DE EXPOSICION									
ELABORACION Y TIPO DE ROCA	CALIDAD DE ROCA	INDICE "RMR"	INDICE "Q"	TIEMPOS DE SOSTENIMIENTO TÍPICOS			TIEMPO DE AUTO SOPORTE (D)	SPAN DE EXPOSICION (M)	
				LABORES DE AVANCE PERMANENTES	LABORES DE AVANCE TEMPORALES	SECCION			
				SECCION 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCION 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCION 6.00 m x 4.00 m			
1	Muchos	30-40	> 51	Se desmenuza con el apoyo manual ocasional con pernos split set, L=7'	Se desmenuza o esparada ocasional con pernos split set, L=7'	Se desmenuza o esparada ocasional con pernos split set, L=7'	10 días		
2	Bueno	40-50	30-50	Se desmenuza con el apoyo manual ocasional con pernos split set, L=7'	Se desmenuza o esparada ocasional con pernos split set, L=7'	Empujado ocasional con pernos split set, L=7', @=1.00m, distribución en celdas.	4 meses		
3	Regular A	50-55	10-17	Empujado ocasional con pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	Empujado ocasional con pernos split set, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	Malla reforzada de alambre negro 60"x6" @=1' x 1' x 1.50m, distribución en celdas.	6 meses	12'	
4	Regular B	60-65	7-9	Shooting, @=2', 4kg/m ³ de fibra sintética (incluyendo con chubasco) + pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	Malla reforzada de alambre negro 60"x6" @=1' x 1' x 1.50m, distribución en celdas.	Malla reforzada de alambre negro 60"x6" @=1' x 1' x 1.50m, distribución en celdas.	12 meses	9'	
5	Regular B	60-65	5-6	Shooting, @=2', 4kg/m ³ de fibra sintética (incluyendo con chubasco) + pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	Malla reforzada de alambre negro 60"x6" @=1' x 1' x 1.50m, distribución en celdas.	Shooting, @=1.5', 4 kg/m ³ de fibra sintética (incluyendo con chubasco) + pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	12 meses	6'	
6	Pobre A	60-65	4-5	Shooting, @=2', 4kg/m ³ de fibra sintética (incluyendo con chubasco) + pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	Malla reforzada de alambre negro 60"x6" @=1' x 1' x 1.50m, distribución en celdas.	Shooting, @=1.5', 4 kg/m ³ de fibra sintética (incluyendo con chubasco) + pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	24 meses	1.700mm	
7	Pobre B	60-65	1-3.3	Shooting, @=2', 4kg/m ³ de fibra sintética (incluyendo con chubasco) + pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	Malla reforzada de alambre negro 60"x6" @=1' x 1' x 1.50m, distribución en celdas.	Shooting, @=1.5', 4 kg/m ³ de fibra sintética (incluyendo con chubasco) + pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	36 meses	1.700mm	
8	Muy pobre	50	< 3.3	Shooting, @=2', 4kg/m ³ de fibra sintética (incluyendo con chubasco) + pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	Malla reforzada de alambre negro 60"x6" @=1' x 1' x 1.50m, distribución en celdas.	Shooting, @=1.5', 4 kg/m ³ de fibra sintética (incluyendo con chubasco) + pernos python, L=7', @=1.50m, distribución en celdas.	60 meses	1.700mm	

NOTA: En intersección de tablas, se usará exclusivamente pernos split set, L=7', según estándar SMI & el espaciamiento será definido en forma conjunta por la Área de Geomecánica SMI & Geotecnia INC.

EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		AREA DE GEOMECANICA		FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS				POR: JUAN JOSE OLIVERA G.																				
UBICACION:		GL 692 S Nv. 4150				FECHA: 26/11/2016		HOJA: 1																				
N° de Celda	ORIENTACION DE LA EXCAVACION		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)																							
	Az.	Buzamiento:	Desde:	Hasta:																								
TIPO DE ROCA:				FRECUENCIA / FRACTURA		RANGO DE VALORES				Valoración																		
A		B		%		VALOR ESTIMADO																						
TIPO ESTRU CT	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		CONDICION DE JUNTAS				COMENTARIOS																		
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO		ALTERACION																	
D	16	200				R. COMPRESION UNIAxIAL (MPa)	>250 (15)	X	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2)	<5 (1)	<1 (0)	1	17												
F	53	338				RQD (%)	90-100 (20)		75-90 (17)	50-75 (13)	X	25-50 (8)	<25 (3)		2	8												
D	16	348				ESPACIAMIENTO (m.)	>2 (20)		0.6-2 (18)	0.2-0.6 (10)	X	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)		3	8												
						PERSISTENCIA	<1m long (6)		1-3 m long (4)	X	3-10 m (2)	10-20 (1)	>20 (0)		4A	2												
						APERTURA	Cerrada (6)	X	<0.1 mm (6)		0.1-1.0 mm (4)	1-5 mm (1)	>5 mm (0)		4B	5												
						RUGOSIDAD	Muy Rugosa (6)	X	Lig Rugosa (3)		Lisa (1)				4C	3												
						RELLENO	Limpia (6)		Duro >5mm (4)	X	Duro >5mm (2)	Suave >5mm (1)	Suave >5mm (0)		4D	1												
						ALTERACION	Sana (6)		Lig Alterada (6)	X	Mod Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)		4E	3												
						AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	X	Humedo (10)		Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)		5	10												
VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoracion 1 a 5)															57													
Ajuste por Orientacion Estructuras															Muy Favorable (-2)		Favorable (-2)		Moderada (-5)		X		Desfavorable (-10)		Defavorable (-12)		-10	
VALOR TOTAL RMR AJUSTADO															47													
CLASE DEL MACIZO ROCOSO															III B - Regular B													
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 51		50 - 41		40 - 31		30 - 21		< 20		Span:		9 m										
DESCRIPCION		I Muy Buena		II Buena		III A - Regular A		III B - Regular B		IVA-Mala A		IV B - Mala B		V Muy Mala														
INDICACION GEOMECANICA:																												
Malla Electrosoldada + Pemos Split Set 7', @ = 1.50 m. De forma sistemática desde la gradiente.																												

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

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		CLASIFICACION GEOMECHANICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAN DE EXPOSICION									
Ctza	Caliza	CLASIFICACION Y TIPO DE ROCA	CALIDAD DE ROCA	INDICE "RMR"	INDICE "Q"	TIEMPOS DE SOSTENIMIENTO TIPO			TIEMPO DE AUTO SOPORTE (hrs)	SPAN DE EXPOSICION (m)	
Ctza Min	Caliza Mineralizada					LABORES DE AVANCE PERMANENTES					
Mar Lar	Marga Limonarcillita	I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII XIII XIV XV XVI XVII XVIII XIX XX XXI XXII XXIII XXIV XXV XXVI XXVII XXVIII XXIX XXX XXXI XXXII XXXIII XXXIV XXXV XXXVI XXXVII XXXVIII XXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII LXVIII LXIX LXX LXXI LXXII LXXIII LXXIV LXXV LXXVI LXXVII LXXVIII LXXIX LXXX LXXXI LXXXII LXXXIII LXXXIV LXXXV LXXXVI LXXXVII LXXXVIII LXXXIX XL XLI XLII XLIII XLIV XLV XLVI XLVII XLVIII XLIX L LI LII LIII LIV LV LVI LVII LVIII LIX LX LXI LXII LXIII LXIV LXV LXVI LXVII 									

 AREA DE GEOMECANICA		FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS						POR: JUAN JOSE OLIVERA G. FECHA: 27/11/2016 HOJA: 1		
UBICACIÓN: TUNEL INTEGRACION MILETT		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)						VALORACIÓN		
Nº de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO							
	Az. Buzamiento:		Desde: Hasta:							
TIPO DE ROCA: A % B %					FRECUENCIA / FRACTURA Nº Fracturas/ml.					
TIPO ESTRUCT	ORIENTACIÓN		RELLENO		COMENTARIOS					
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento	ESPACIAMIENTO	Tipos						
PARÁMETROS R. COMPRES. UNIAIXIAL (MPa)					RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO					
RQD (%)					R. COMPRES. UNIAIXIAL (MPa)					
ESPACIAMIENTO (m.)					RQD (%)					
PERSISTENCIA					ESPACIAMIENTO (m.)					
APERTURA					PERSISTENCIA					
RUGOSIDAD					APERTURA					
RELLENO					RUGOSIDAD					
ALTERACIÓN					RELLENO					
AGUA SUBTERRÁNEA					ALTERACIÓN					
Ajuste por Orientación Estructuras					AGUA SUBTERRÁNEA					
CLASE DEL MACIZO ROCOSO					VALOR TOTAL RMR AJUSTADO					
RMR					Ajuste por Orientación Estructuras					
DESCRIPCIÓN					RMR					
INDICACIÓN GEOMECAÁNICA:					DESCRIPCIÓN					
Shotorete 2", seccion completa + Pernos Python 7", @ = 1,20 m					INDICACIÓN GEOMECAÁNICA:					
INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO					ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ROCA					
R1					Clza					
R2					Clza Min					
R3					Mar Lar					
R4					Bx					
R5					Cgl					
R6					ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS					
INDICE DE ALTERACIÓN DESCRIPCIÓN					D					
I. SANA					E					
II. LIGERO					Fa					
III. MODERADA					Ve					
IV. MUY ALT.					Ct					
V. DESCOMPUESTO					ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO					
ABREVIACIÓN DEL ESPACIAMIENTO					Ox					
1					Aro					
2					Cb					
3					Pz					
4					ABREVIACIÓN DEL ESPACIAMIENTO					
5					1					
2					2					
3					3					
4					4					
5					5					

 EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		AREA DE GEOMECANICA				FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS								POR: JUAN JOSE OLIVERA G. FECHA: 5/11/2016 HOJA: 1																																																																																		
UBICACION: GL 1546 S Nv. 4032		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)																																																																																														
N° de Celda		ORIENTACION DE LA EXCAVACION Az. Buzamiento: Desde: Hasta:				TRAMO Desde: Hasta:				VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)																																																																																						
TIPO DE ROCA: A % B %		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.				PARÁMETROS								RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO		Valoración																																																																																
TIPO ESTRU CT D 85 230 D 80 170 D 80 245		COMENTARIOS LABOR EMPLAZADA EN BRECHAS SILISIFICADAS DE RESISTENCIA MEDIA A ALTA, FRACTURAMIENTO E-W MODERAD, CONDICION DE AGUA HUMEDO A GOTEO.				CONDICION DE JUNTAS R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa) >250 (15) X 100-250 (12) 50-100 (7) 25-50 (4) +25 (2) +5 (1) <-10 (1) 1 17 RQD (%) 90-100 (20) 75-90 (17) 50-75 (13) X 25-50 (8) +25 (3) 2 8 ESPACIAMIENTO (m.) >2 (20) 0.6-2 (15) 0.2-0.6 (10) X 0.06-0.2 (8) +0.06 (5) 3 8 PERSISTENCIA <-1m long (6) 1-3 m long (4) X 3-10 m (2) 10-20 (1) -20 (0) 4A 2 APERTURA Cerrada (6) <-0.1 mm (5) X 0.1-1.0 mm (4) 1-5 mm (1) >5 mm (0) 4B 4 RUGOSIDAD Muy Rugosa (6) Rugosa (5) X Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Espejo de falla (0) 4C 3 RELLENO Limpia (6) Duro <-5mm (4) X Duro >5mm (2) Suave <-5mm (1) Suave >5mm (0) 4D 3 ALTERACION Sana (6) Lig. Alterada (5) X Mod. Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4E 3 AGUA SUBTERRANEA Seco (15) X Humedo (10) Nivado (7) Gotero (4) Flujo (0) 5 10 VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoración 1 a 5) 58 Ajuste por Orientacion Estructuras: Muy Favorable (+2) Favorable (+2) Moderada (-5) X Desfavorable (-10) Desfavorable (-12) -10 VALOR TOTAL RMR AJUSTADO 48								CLASE DEL MACIZO ROCOSO RMR 100-81 80-61 60-51 50-41 40-31 30-21 <20 DESCRIPCION I Muy Buena II Buena III A - Regular A III B - Regular B IVA-Mala A IV B - Mala B V Muy Mala INDICACION GEOMECANICA: Span: 9 m Malla Electrosoldada + Pemos Split Set 7', @ = 1.20 m. De forma sistemática desde la gradiente.																																																																																		
GRADO		INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO				ABREVIACION DE TIPO DE ROCA Caliza Ciza Min Caliza Mineralizada Mar Lar Marga Limoarcillita Bx Brecha Cgl Conglomerado				CLASIFICACION GEOMECANICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE ALTO SOPORTE Y SPAN DE EXPOSICION																																																																																						
GRADO		INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION				ABREVIACION DEL TIPO DE RELENO Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Lm Limos Cb Carbonatos Si Silice Pz Panizo				ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO 1 > 2 m. 2 0.6 - 2 m. 3 0.2 - 0.6 m. 4 0.06 - 0.2 m. 5 < 0.06 m.																																																																																						
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desoncha con una cuchilla	1 - 5.					<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CLASIFICACION Y TIPO DE ROCA</th> <th rowspan="2">CALIDAD DE ROCA</th> <th rowspan="2">INDICE "RMB"</th> <th rowspan="2">INDICE "Q"</th> <th colspan="2">TIPOS DE SOSTENIMIENTO TIPOICOS</th> <th rowspan="2">TIEMPO DE ALTO SOPORTE</th> <th rowspan="2">SPAN DE EXPOSICION (m)</th> </tr> <tr> <th>LABORES DE AVANCE PERMANENTES</th> <th>LABORES DE AVANCE TEMPORALES</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> <th>SECCION 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</th> <th>SECCION 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>II</td> <td>Muy Buena</td> <td>320-181</td> <td>5-11</td> <td>sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.</td> <td>sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.</td> <td>12 horas</td> <td>12 metros</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>Buena</td> <td>80-55</td> <td>30-50</td> <td>sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.</td> <td>sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.</td> <td>4 horas</td> <td>4 metros</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Regular A</td> <td>40-35</td> <td>50-7</td> <td>Requerido sostenimiento con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>Requerido sostenimiento con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>48 horas</td> <td>12 metros</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Regular B</td> <td>40-30</td> <td>7-16</td> <td>Sostenido, a = 2', 30kg/m³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>Malla electro-soldada de alambre negro de 4" x 2", a emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>17 horas</td> <td>6 metros</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Regular C</td> <td>40-25</td> <td>5-14</td> <td>Sostenido, a = 2', 30kg/m³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>Sostenido, a = 2', 30kg/m³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>17 horas</td> <td>6 metros</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Regular A</td> <td>40-35</td> <td>4-13</td> <td>Sostenido, a = 2', 30kg/m³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>Malla electro-soldada de alambre negro de 4" x 2", a emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>24 horas</td> <td>1.70 metros</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Regular B</td> <td>40-35</td> <td>5-11</td> <td>Sostenido, a = 2', 30kg/m³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>Sostenido, a = 2', 30kg/m³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>Menos de 3 horas</td> <td>1.70 metros</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Muy Buena</td> <td>9-20</td> <td>0-11</td> <td>Sostenido, a = 2', 30kg/m³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>Sostenido, a = 2', 30kg/m³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.</td> <td>17 horas</td> <td>1.70 metros</td> </tr> </tbody> </table>								CLASIFICACION Y TIPO DE ROCA	CALIDAD DE ROCA	INDICE "RMB"	INDICE "Q"	TIPOS DE SOSTENIMIENTO TIPOICOS		TIEMPO DE ALTO SOPORTE	SPAN DE EXPOSICION (m)	LABORES DE AVANCE PERMANENTES	LABORES DE AVANCE TEMPORALES					SECCION 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCION 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m			II	Muy Buena	320-181	5-11	sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.	sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.	12 horas	12 metros	III	Buena	80-55	30-50	sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.	sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.	4 horas	4 metros	IV	Regular A	40-35	50-7	Requerido sostenimiento con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Requerido sostenimiento con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	48 horas	12 metros	IV	Regular B	40-30	7-16	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Malla electro-soldada de alambre negro de 4" x 2", a emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	17 horas	6 metros	IV	Regular C	40-25	5-14	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	17 horas	6 metros	IV	Regular A	40-35	4-13	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Malla electro-soldada de alambre negro de 4" x 2", a emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	24 horas	1.70 metros	IV	Regular B	40-35	5-11	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Menos de 3 horas	1.70 metros	IV	Muy Buena	9-20	0-11	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	17 horas	1.70 metros
CLASIFICACION Y TIPO DE ROCA	CALIDAD DE ROCA	INDICE "RMB"	INDICE "Q"	TIPOS DE SOSTENIMIENTO TIPOICOS		TIEMPO DE ALTO SOPORTE	SPAN DE EXPOSICION (m)																																																																																									
				LABORES DE AVANCE PERMANENTES	LABORES DE AVANCE TEMPORALES																																																																																											
				SECCION 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCION 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m																																																																																											
II	Muy Buena	320-181	5-11	sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.	sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.	12 horas	12 metros																																																																																									
III	Buena	80-55	30-50	sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.	sin sostenimiento o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7'.	4 horas	4 metros																																																																																									
IV	Regular A	40-35	50-7	Requerido sostenimiento con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Requerido sostenimiento con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	48 horas	12 metros																																																																																									
IV	Regular B	40-30	7-16	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Malla electro-soldada de alambre negro de 4" x 2", a emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	17 horas	6 metros																																																																																									
IV	Regular C	40-25	5-14	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	17 horas	6 metros																																																																																									
IV	Regular A	40-35	4-13	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Malla electro-soldada de alambre negro de 4" x 2", a emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	24 horas	1.70 metros																																																																																									
IV	Regular B	40-35	5-11	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Menos de 3 horas	1.70 metros																																																																																									
IV	Muy Buena	9-20	0-11	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	Sostenido, a = 2', 30kg/m ³ de fibra sintética (sostenimiento con apoyo de fondo de la obra o anclado); sostenido o emparrado ocasional con pernos verticales, L = 7', @ = 1.50m, distribución en casaca.	17 horas	1.70 metros																																																																																									

Anexo 3. Data Base del Logueo Geotécnico de Testigos de Sondajes Diamantinos

		AREA DE GEOMECANICA		FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS				POR: JUAN JOSE OLIVERA G. FECHA: 26/11/2016 HOJA: 1																																																																																						
N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO		UBICACIÓN: CAM 938 N x CR 9005				VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)																																																																																					
	Az.	Buzamiento:	Desde:	Hasta:																																																																																										
TIPO DE ROCA:				FRECUENCIA / FRACTURA		PARÁMETROS				RANGO DE VALORES																																																																																				
A % B %				N° Fracturas/ml.		VALOR ESTIMADO				Valoración																																																																																				
						R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)																																																																																								
						RQD (%)																																																																																								
						ESPACIAMIENTO (m.)																																																																																								
						CONDICIÓN DE JUNTAS																																																																																								
						PERSISTENCIA																																																																																								
						APERTURA																																																																																								
						RUGOSIDAD																																																																																								
						RELLENO																																																																																								
						ALTERACIÓN																																																																																								
						AGUA SUBTERRÁNEA																																																																																								
						VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoración 1 a 5)				57																																																																																				
						Ajuste por Orientación Estructuras				-10																																																																																				
						VALOR TOTAL RMR AJUSTADO				47																																																																																				
						CLASE DEL MACIZO ROCOSO				III B - Regular B																																																																																				
						RMR																																																																																								
						DESCRIPCIÓN																																																																																								
						INDICACIÓN GEOMECÁNICA:				Span:																																																																																				
						Shotcrete 2", sección completa + Pernos Python 7", @ = 1.20 m				9 m																																																																																				
GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO		RANGO RESIST. COMP. AXIAL		ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA		CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAM DE EXPOSICIÓN																																																																																							
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla		1 - 5.		Clza Caliza		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CLASIFICACIÓN Y TIPO DE ROCA</th> <th rowspan="2">CALIDAD DE ROCA</th> <th rowspan="2">RISCO "RMR"</th> <th rowspan="2">ÍNDICE "Q"</th> <th colspan="3">TIPOS DE SOSTENIMIENTO TÍPICOS</th> <th rowspan="2">TIEMPO DE AUTO SOPORTE</th> <th rowspan="2">SPAN DEL EXPOSICIÓN (m)</th> </tr> <tr> <th>LABORES DE AVANCE PERMANENTES</th> <th>LABORES DE AVANCE TEMPORALES</th> <th>SECCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">I</td> <td rowspan="2">Muy buena</td> <td rowspan="2">300-91</td> <td rowspan="2">+11</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>12 meses</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>4 meses</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">II</td> <td rowspan="2">Buena</td> <td rowspan="2">80-61</td> <td rowspan="2">30-30</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>48 meses</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>12 meses</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">III</td> <td rowspan="2">Regular A</td> <td rowspan="2">40-31</td> <td rowspan="2">10-7</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>24 meses</td> <td>7.50m</td> </tr> <tr> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>12 meses</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">IV</td> <td rowspan="2">Regular B</td> <td rowspan="2">30-21</td> <td rowspan="2">1-3</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>6 meses</td> <td>1.50m</td> </tr> <tr> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>6 meses</td> <td>1.50m</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">V</td> <td rowspan="2">Muy mala</td> <td rowspan="2">10-5</td> <td rowspan="2">0-1</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>3 meses</td> <td>0.75m</td> </tr> <tr> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m</td> <td>SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m</td> <td>3 meses</td> <td>0.75m</td> </tr> </tbody> </table>						CLASIFICACIÓN Y TIPO DE ROCA	CALIDAD DE ROCA	RISCO "RMR"	ÍNDICE "Q"	TIPOS DE SOSTENIMIENTO TÍPICOS			TIEMPO DE AUTO SOPORTE	SPAN DEL EXPOSICIÓN (m)	LABORES DE AVANCE PERMANENTES	LABORES DE AVANCE TEMPORALES	SECCIÓN	I	Muy buena	300-91	+11	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	12 meses		SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	4 meses		II	Buena	80-61	30-30	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	48 meses	12	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	12 meses	6	III	Regular A	40-31	10-7	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	24 meses	7.50m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	12 meses	6	IV	Regular B	30-21	1-3	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	6 meses	1.50m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	6 meses	1.50m	V	Muy mala	10-5	0-1	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	3 meses	0.75m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	3 meses	0.75m
CLASIFICACIÓN Y TIPO DE ROCA	CALIDAD DE ROCA	RISCO "RMR"	ÍNDICE "Q"	TIPOS DE SOSTENIMIENTO TÍPICOS			TIEMPO DE AUTO SOPORTE	SPAN DEL EXPOSICIÓN (m)																																																																																						
				LABORES DE AVANCE PERMANENTES	LABORES DE AVANCE TEMPORALES	SECCIÓN																																																																																								
I	Muy buena	300-91	+11	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	12 meses																																																																																							
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	4 meses																																																																																							
II	Buena	80-61	30-30	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	48 meses	12																																																																																						
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	12 meses	6																																																																																						
III	Regular A	40-31	10-7	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	24 meses	7.50m																																																																																						
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	12 meses	6																																																																																						
IV	Regular B	30-21	1-3	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	6 meses	1.50m																																																																																						
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	6 meses	1.50m																																																																																						
V	Muy mala	10-5	0-1	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	3 meses	0.75m																																																																																						
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 8.00 m x 4.00 m	3 meses	0.75m																																																																																						
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)		5 - 25		Clza Min Caliza Mineralizada																																																																																									
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo		25 - 50		Mar Lar Marga Limoarcillita																																																																																									
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo		50 - 100		Bx Brecha																																																																																									
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra		100 - 250		Cgl Conglomerado																																																																																									
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		> 250		D Diáclasa E Estrato																																																																																									
					Fa Falla Ve Venilla																																																																																									
					Ct Contacto																																																																																									
GRADO	ÍNDICE DE ALTERACIÓN DESCRIPCIÓN		ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO		ABREVIACIÓN DEL ESPACIAMIENTO																																																																																									
I. SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales		Ox Óxido Py Pinta		1 > 2 m.																																																																																									
II. LIGERO	La decoloración indica alteración del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana		Arc Arcilla Lm Limos		2 0.8 - 2 m.																																																																																									
III. MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.		Cb Carbonatos Si Silice		3 0.2 - 0.6 m.																																																																																									
IV. MUY ALT.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.		Pz Panizo		4 0.06 - 0.2 m.																																																																																									
V. DESCOMPUESTO.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.				5 < 0.06 m.																																																																																									

 AREA DE GEOMECANICA			FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS						JUAN JOSE OLIVERA G. FECHA: 26/11/2016 HOJA: 1	
N° de Celda Az: _____ Buzamiento: _____ Desde: _____ Hasta: _____			UBICACIÓN: CAM 938 S x CR 9005						VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)	
TIPO DE ROCA: A: _____ % B: _____ %			PARÁMETROS						RANGO DE VALORES	
FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.			VALOR ESTIMADO						Valoración	
TIPO DE ESTRUCTURA Buzamiento Dir. De Buzamiento			R. COMPRES. UNIAIXIAL (MPa)						VALOR ESTIMADO	
ESPACIAMIENTO Tipo Espesor			RQD (%)						VALOR ESTIMADO	
RELLENO Tipo Espesor			ESPACIAMIENTO (m.)						VALOR ESTIMADO	
COMENTARIOS Labor empleada en brechas, de mediana resistencias, fracturamiento moderado, presenta alteración entre las juntas. Sistemas de dos fallas.			CONDICIÓN DE JUNTAS						VALOR ESTIMADO	
AGUA SUBTERRÁNEA			CONDICIÓN DE JUNTAS						VALOR ESTIMADO	
VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoración 1 a 5)			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	
Ajuste por Orientación Estructuras			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	
CLASE DEL MACIZO ROCOSO			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	
RMR			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	
DESCRIPCIÓN			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	
INDICACIÓN GEOMECANICA:			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	
Shotcrete 2", seccion completa + Pernos Python 7", @ = 1.20 m			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	
Span:			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	
III B - Regular B			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	
9 m			VALOR ESTIMADO						VALOR ESTIMADO	

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

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

ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ctza	Caliza
Ctza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limonarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS	
D	Diaclasa
Fa	Falla
Ct	Contacto
E	Estrato
Ve	Venilla

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO	
Ox	Oxido
Arc	Arcilla
Pb	Carbonatos
Pz	Panizo
Py	Pirita
Lm	Limos
Si	Silice

ABREVIACIÓN DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m.
2	0.6 - 2 m.
3	0.2 - 0.6 m.
4	0.08 - 0.2 m.
5	< 0.08 m.

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAM DE EXPOSICIÓN									
CLASIFICACIÓN Y TIPO DE ROCA	CATEGORÍA DE ROCA	ÍNDICE "RMR"	ÍNDICE "Q"	TIPOS DE SOSTENIMIENTO TÍPICOS			TIEMPO DE AUTO SOPORTE	SPAN DEL EXPOSICIÓN (m)	
				LABORES DE AVANCE PERMANENTES	LABORES DE AVANCE TEMPORALES	SECCIÓN			
				SECCIÓN	SECCIÓN	SECCIÓN			
				4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m			
III B	Muy Buena	30-45	1-3	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos python. L = 7'	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos python. L = 7'	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos python. L = 7'	12 horas		
III B	Buena	40-55	30-50	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos python. L = 7'	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos python. L = 7'	Empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	4 horas		
III B	Regular A	40-55	30-50	Empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Malla reforzada de alambre negro 20" x 20" + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	48 horas	12	
III B	Regular B	40-50	7-9	Sostenimiento + 2" de ángulo 7/8" de fibra mineral. + muestreado ocasional con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Malla reforzada de alambre negro 20" x 20" + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Malla reforzada de alambre negro 20" x 20" + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	12 horas	6	
III B	Regular B	40-45	5-6	Sostenimiento + 2" de ángulo 7/8" de fibra mineral. + muestreado ocasional con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Malla reforzada de alambre negro 20" x 20" + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Sostenimiento + 1.5" de fibra mineral. + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	24 horas	1/7 años	
III B	Falsa A	40-55	4-5	Sostenimiento + 2" de ángulo 7/8" de fibra mineral. + muestreado ocasional con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Malla reforzada de alambre negro 20" x 20" + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Sostenimiento + 1.5" de fibra mineral. + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	24 horas	1/7 años	
III B	Falsa B	30-45	1-3	Sostenimiento + 2" de ángulo 7/8" de fibra mineral. + muestreado ocasional con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Malla reforzada de alambre negro 20" x 20" + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Sostenimiento + 1.5" de fibra mineral. + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	24 horas	1/7 años	
III B	Muy Buena	40-55	4-5	Sostenimiento + 2" de ángulo 7/8" de fibra mineral. + muestreado ocasional con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Malla reforzada de alambre negro 20" x 20" + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	Sostenimiento + 1.5" de fibra mineral. + empalmado con cables con pernos python. L = 7', @ = 1.20 m. Distribución en cascada.	24 horas	1/7 años	

 EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		AREA DE GEOMECANICA				FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS							POR: JUAN JOSE OLIVERA G. FECHA: 25/11/2016 HOJA: 1					
UBICACIÓN:		GL 9146 E Nv. 4150										VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)						
Nº de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO		PARÁMETROS	RANGO DE VALORES						Valoración						
	Az.	Buzamiento:	Desde:	Hasta:		VALOR ESTIMADO												
TIPO DE ROCA:					FRECUENCIA / FRACTURA	RANGO DE VALORES						Valoración						
A		B		Nº Fracturas/ml.		VALOR ESTIMADO												
ORIENTACIÓN		ESPACIAMIENTO			RELLENO		COMENTARIOS											
Buzamiento		Dir. De Buzamiento		Tipo		Espesor		VULCANOCLASTO CON DACITAS DE BAJA RESISTENCIA										
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)		-250 (15)		100-250 (10)		X 50-100 (7)								25-50 (4)		-25 (2) <5 (1) <10 (1)		7
RGD (%)		90-100 (20)		75-90 (17)		50-75 (13)								X 25-50 (8)		-25 (3) 2 (2)		8
ESPACIAMIENTO (m.)		>2 (20)		0.6-2 (15)		0.2-0.6 (10)								X 0.06-0.2 (8)		-0.06 (5) 3 (3)		8
PERSISTENCIA		<1m long (6)		1-3 m long. (4)		3-10 m. (2)								X 10-20 (1)		-20 (0) 4A (1)		1
APERTURA		Cerrada (6)		<0.1 mm (5)		0.1-1.0 mm (4)								X 1-5 mm (1)		-5 mm (0) 4B (1)		1
RUGOSIDAD		Muy Rugosa (6)		Rugosa (5)		Lig. Rugosa (3)								X Lisa (1)		Espejo de falla (0) 4C (1)		1
RELLENO		Limpia (6)		Duro <5mm (4)		Duro >5mm (2)								X Suave <5mm (1)		Suave >5mm (0) 4D (1)		1
ALTERACIÓN		Sana (6)		Lig. Alterada (5)		X Mod. Alterada (3)								Muy Alterada (2)		Descompuesta (0) 4E (3)		3
AGUA SUBTERRÁNEA		Seco (15)		X Húmedo (10)		Mojado (7)								Goteo (4)		Flujo (0) 5 (10)		10
VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoración 1 a 5)												40						
Ajuste por Orientación Estructuras												Muy Favorable (2)	Favorable (-2)	Moderada (-5)	X Desfavorable (-10)	Desfavorable (-12)	-10	
VALOR TOTAL RMR AJUSTADO												30						
CLASE DEL MACIZO ROCOSO												IV B - Mala B						
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 51		50 - 41		40 - 31		30 - 21		< 20				
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				
INDICACIÓN GEOMECÁNICA:												Span:						
ARCOS NORUEGOS @#2.00 m. INTERMEDIADOS CON PERNOS PYTHON												0 m						

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

ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ctza	Caliza
Ctza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limosarcilita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diaclasa	E	Estrato
Fa	Falla	Ve	Venilla
Ct	Contacto		

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Py	Pirita
Arc	Arcilla	Lm	Limos
Cb	Carbonatos	Si	Silice
Pz	Panizo		

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

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAN DE EXPOSICIÓN									
CLASIFICACIÓN TIPO DE ROCA	CALIDAD DE ROCA	ÍNDICE "SMR"	ÍNDICE "Q"	TIPOS DE SOSTENIMIENTO TIPOS			TIEMPO DE AUTO SOPORTE (años)	SPAN DE EXPOSICIÓN (m)	
				LABORES DE AVANCE PERMANENTES	LABORES DE AVANCE TEMPORALES	LABORES DE AVANCE TEMPORALES			
I	Muy buena	330-63	1-3	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	10 años		
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	4 meses		
II A	Buena	60-15	30-10	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	48 meses	12	
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	12 meses	6	
III A	Regular A	60-15	30-17	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	24 meses	9	
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	12 meses	6	
III B	Regular B	40-42	3-14	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	24 meses	9 / 12 años	
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	12 meses	6	
IV A	Pobre A	40-35	4-1	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	24 meses	9 / 12 años	
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	12 meses	6	
IV B	Pobre B	30-25	3-11	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	24 meses	9 / 12 años	
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	12 meses	6	
V	Muy pobre	1-20	0-1	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	24 meses	9 / 12 años	
				SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCIÓN 6.00 m x 4.00 m	12 meses	6	

Anexo 4. Ejemplos de Datos de Entrada y Salida del Software Unwedge
Análisis en labores de avance de Marcapunta Suroeste (SW) - Alineamiento NS

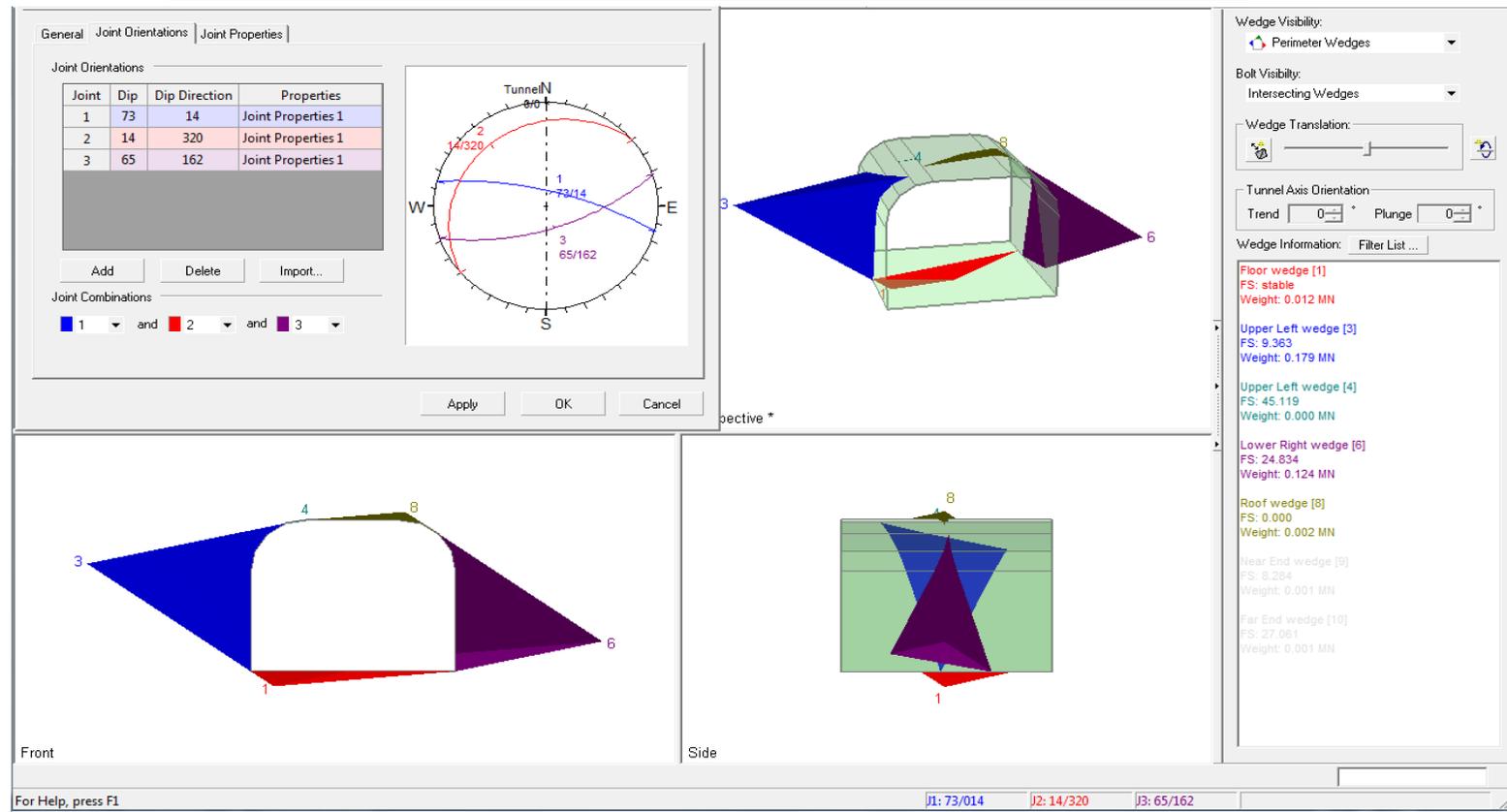


Figura 1: Análisis de estabilidad de cuñas formadas para labores con alineamiento NS. La excavación tiene 5 m de ancho y 4 m de altura. Se observa la formación de cuñas pequeñas en el techo que se muestran inestables.

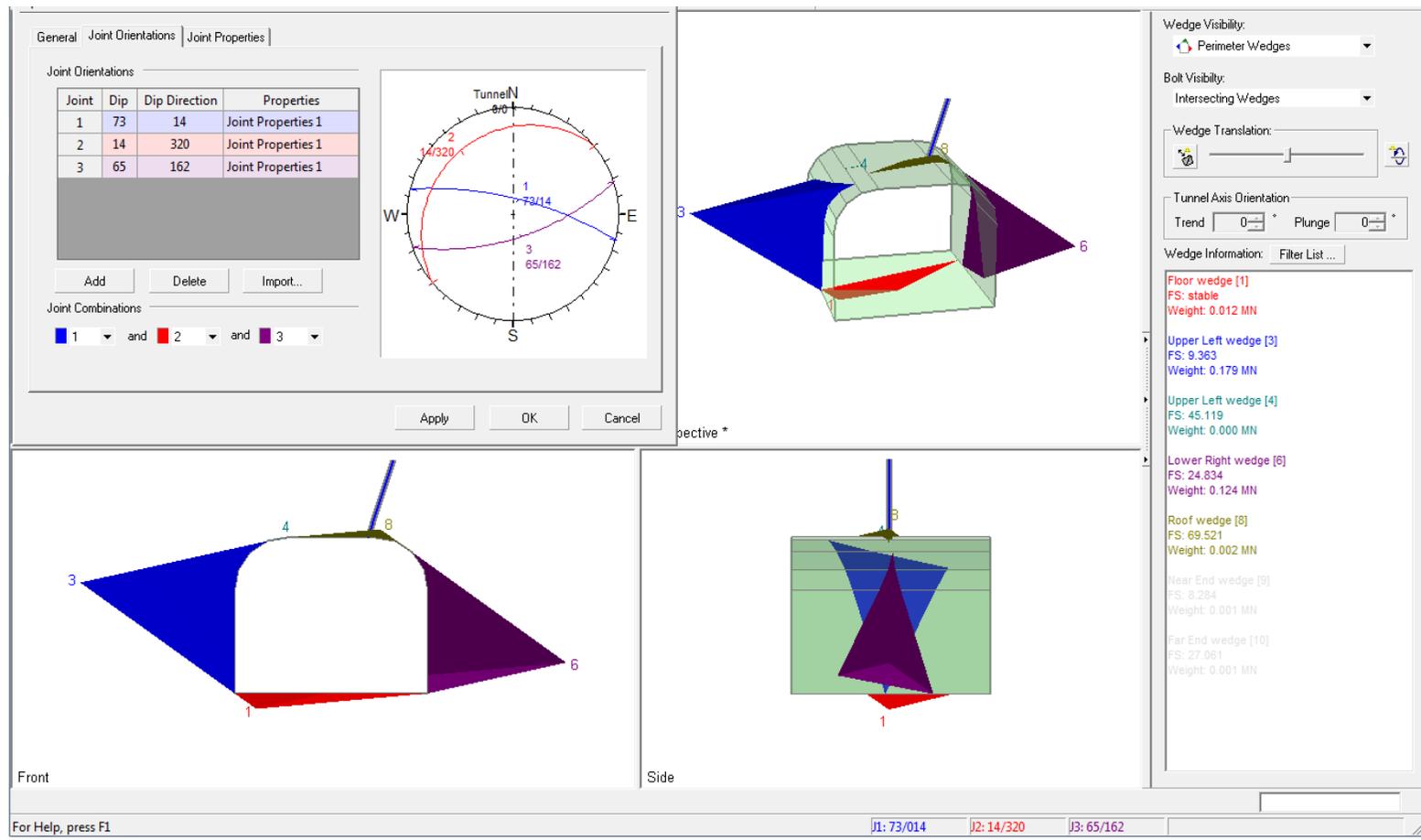


Figura 2: La estabilización de las cuñas inestables en el techo son fácilmente controlados con desatados o la utilización de pernos de 7 pies de longitud ubicados esporádicamente.

Análisis en labores de avance de la Zona Suroeste (SW) - Alineamiento EW

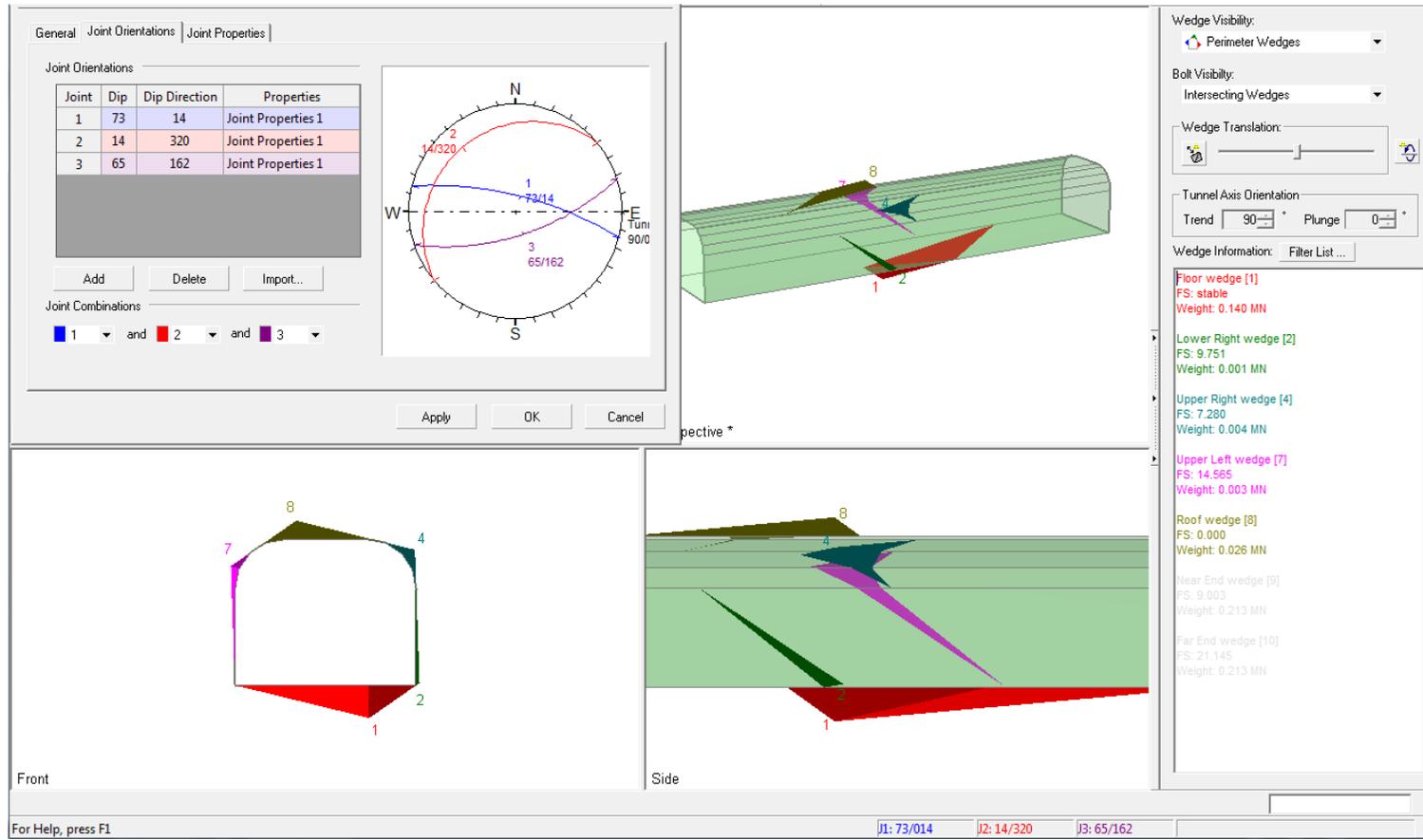


Figura 3: Análisis de estabilidad de cuñas formadas para labores con alineamiento EW. La sección es la misma indicada. Se observa la formación de cuñas pequeñas alargadas en el techo que se muestran inestables.

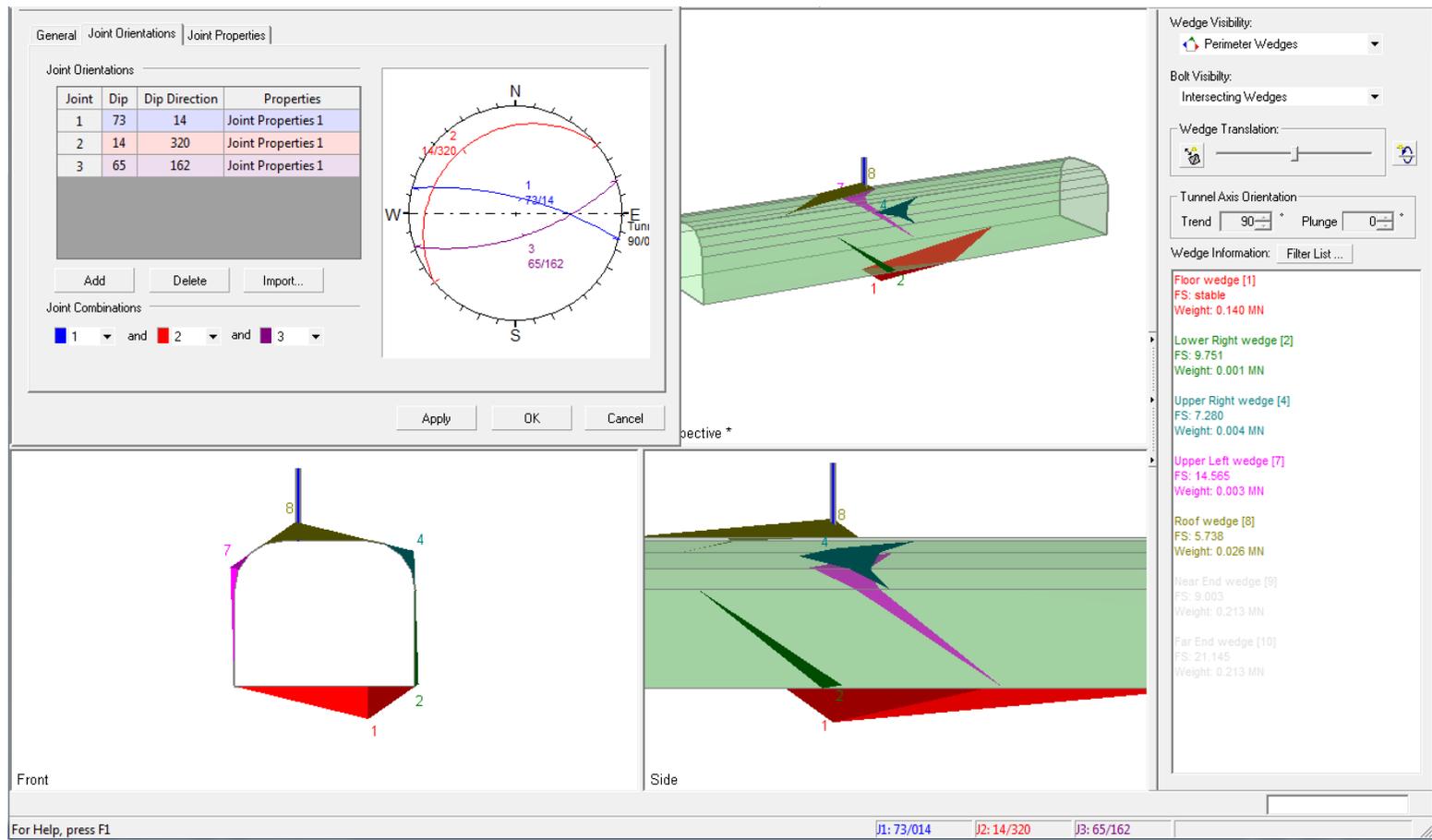


Figura 4: Para la estabilización de las cuñas inestables en el techo se debe aplicar sistemáticamente pernos de 7 m de longitud espaciadas cada 1.5 m. Alternativamente se puede aplicar una capa de shotcrete de 2" de espesor.

Análisis en tajeos de la Zona Suroeste (SW) - Alineamiento NS

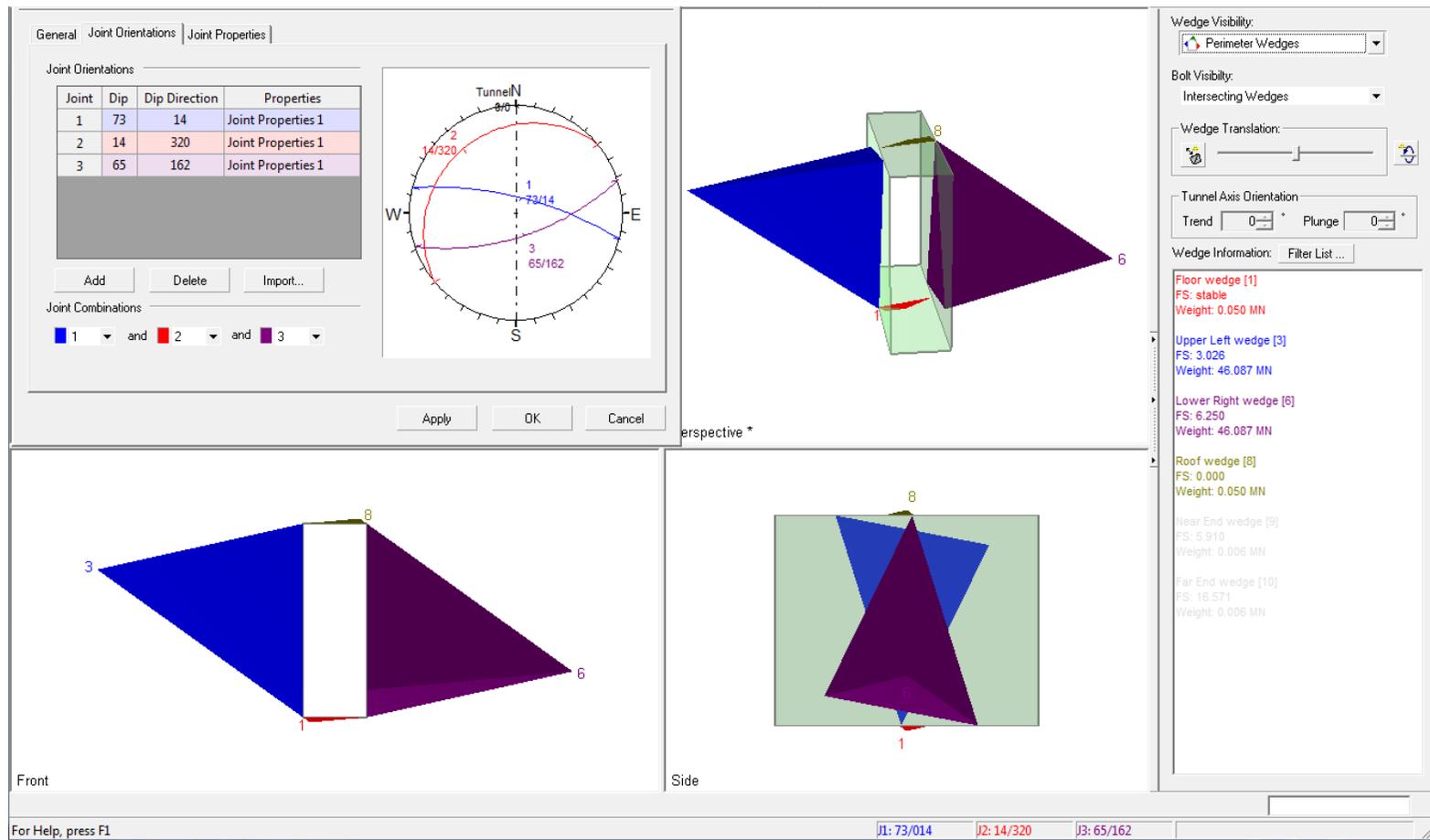


Figura 9: Análisis de estabilidad de cuñas formadas para tajeos de 8 m de ancho y 24 m de altura. Los tajeos tienen alineamiento NS. Se observa la formación de cuñas pequeñas en el techo que se muestran inestables.

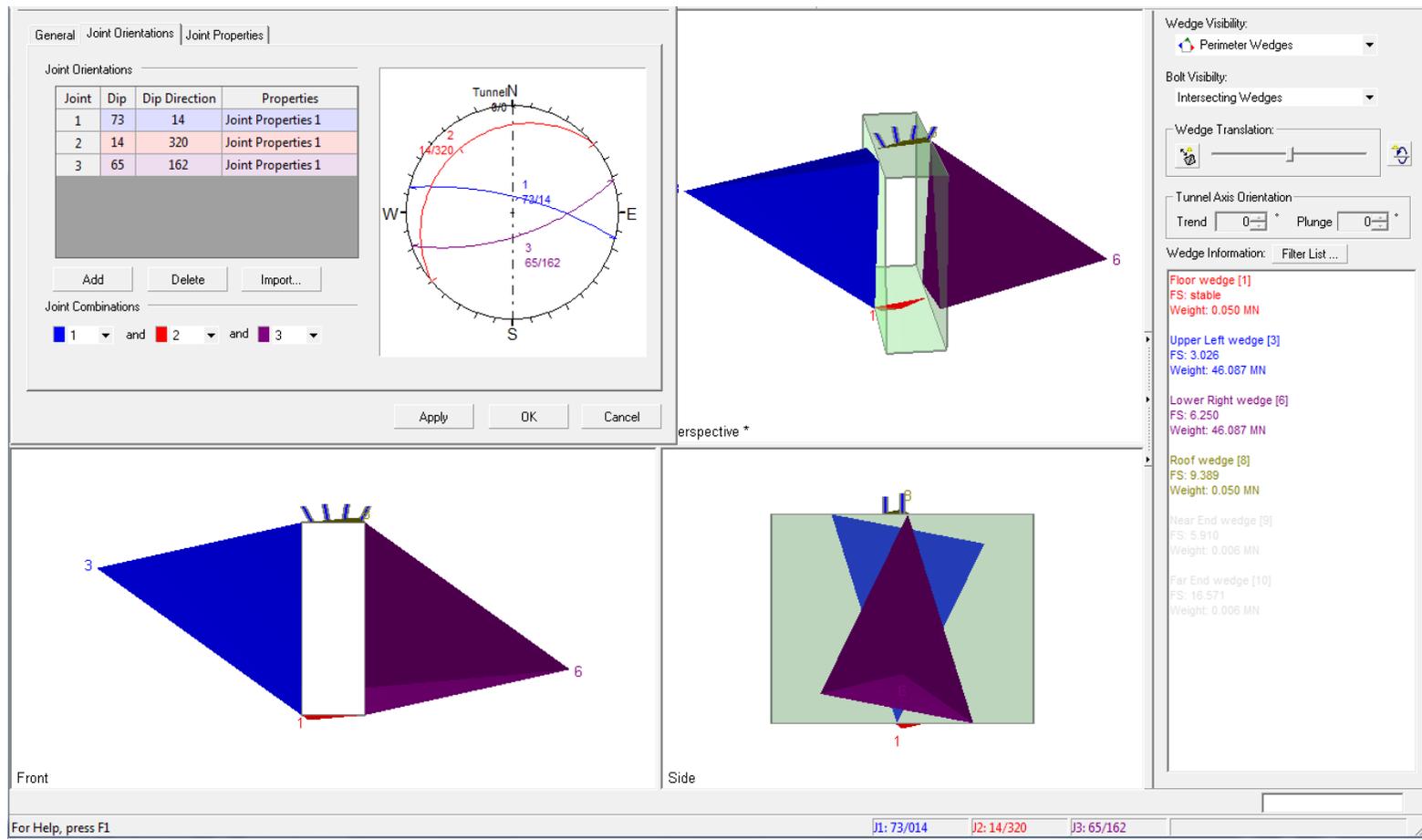


Figura 10: La estabilización de las cuñas inestables en el techo son fácilmente controlados con pernos de 7 pies de longitud y espaciados a 2 m. Las cuñas en las paredes son delgadas y se muestran estables.