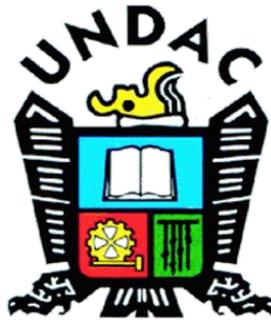


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE

INGENIERIA GEOLOGICA



**LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO -
MINA MARCAPUNTA NORTE – COLQUIJIRCA**

TESIS

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

PRESENTADO POR:

Bach. OLIVERA GALLEGOS, Juan José

CERRO DE PASCO PERU 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA
GEOLOGICA



LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO - MINA
MARCAPUNTANORTE – COLQUIJIRCA

Presentado por:
Bach. OLIVERA GALLEGOS, Juan José

Sustentado y aprobado ante la comisión de jurados

Mg. Julio A. MARCELO AMES
PRESIDENTE

Dr. Flavio M. MENA OSORIO
MIEMBRO

Mg. Vidal V. CALSINA COLQUI
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi esposa Celestina e hija Alisson, quienes son motor y motivo para salir adelante día a día, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

Mis Padres, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron.

A mis seres queridos; Vilma, Isabel, Sara; Juana, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

Es preciso y oportuno dar mis sinceros agradecimientos a todas las personas que me apoyaron para realizar este trabajo, que fue el fruto de un intenso laboreo y la perseverancia. Asimismo, mi agradecimiento a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Geología por sus comentarios al realizar este trabajo. De una forma especial a los representantes de la Empresa SOCIEDAD MINERA EL BROCAL por permitirme realizar el presente estudio.

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE	
INTRODUCCION	

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA.....	8
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	9
1.3. OBJETIVO	9
1.4. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	10
1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACION	10
1.6. LIMITACIONES	10

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES	11
2.2 BASES TEÓRICOS – CIENTÍFICOS	11
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	29
2.4 SISTEMA DE HIPOTESIS	32
2.5 IDENTIFICACION DE VARIABLES	32

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. TIPO DE INVESTIGACION	33
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACION	33
3.3. POBLACION Y MUESTRA	34
3.4. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	34
3.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION.....	34
3.6. TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	34
3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS	67

CAPÍTULO IV

MINA MARCAPUNTA NORTE

4.1 UBICACIÓN Y ACCESO	68
4.2 HISTORIA	70

4.3 RECURSOS	73
4.4 CLIMA	75
4.5 VEGETACIÓN	75
4.6 FAUNA	75
4.7 GEOMORFOLOGIA	75
4.8 GEOLOGIA	78
4.9 GEOLOGÍA ECONÓMICA	86
4.10 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	90

CAPITULO V

RESULTADOS GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO

5.1 RESISTENCIA COMPRESIVA UNIAXIAL DE LA ROCA (MATRIZ)	94
5.2 CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO (RMR ₈₉)	95
5.3 RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DE PROCESAR LOS DATOS DE CAMPO	95
5.4 BACK ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MACIZO ROCOSO ANTERIORMENTE TAJEADO (GALERÍA PRINCIPAL DE EXPLOTACIÓN)	97
5.5 DISEÑO DE PILARES	
5.6 RESULTADOS DE SIMULACIÓN CON DATOS DE BACK ANÁLISIS USANDO EL SOFTWARE PHASES2	99
5.7 CONDICIONES DE ESTABILIDAD.....	104
5.8 DISTRIBUCIÓN DE DISCONTINUIDADES ANALIZADAS CON EL SOFTWARE DIPS.....	104
5.9 ESTIMACIÓN DEL SOSTENIMIENTO	105
5.10 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CUÑAS (DEL BACK ANÁLISIS)	107

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXO

INTRODUCCION

El tipo de minado masivo del cuerpo mineralizado de Marcapunta Norte, por el método de cámaras y pilares, tiene por problema el dimensionamiento, optimo, pues el diseño deberá buscar un equilibrio entre la estabilidad de la excavación y la rentabilidad.

Para tener una buena estabilidad se debe de sobre dimensionar los pilares y a disminuir las dimensiones de las cámaras y, por otra parte, la rentabilidad nos obliga a extraer el máximo tonelaje de mineral de la mina.

Para un dimensionamiento óptimo de las cámaras y pilares se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Máxima extracción del mineral
- Buena estabilidad de las labores subterráneas.
- Producir más y al más bajo costo posible.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA

Para determinar un método de minado masivo que se adapte a las características físicas, litológicas y químicas de la zona en estudio, es necesario conocer las características geológicas y Geomecánicas del macizo rocoso y de las estructuras mineralizadas, realizándose esta investigación en base a los trabajos de campo realizados por DCR Ingenieros, luego del cual se conocerán los diseños y tipos de minado que reunirán las características esenciales que servirán como base para el minado masivo en la Mina Marcapunta Norte.

Existen diversos tipos de minado, pero el más eficaz que se determinará con el estudio contribuirá a una producción de la mina estable en el tiempo, permitiendo una inversión financiera.

El tipo de minado masivo del cuerpo mineralizado de Marcapunta Norte, por el método de cámaras y pilares, tiene por problema el dimensionamiento, óptimo, pues el diseño deberá buscar un equilibrio entre la estabilidad de la excavación y la rentabilidad.

Para tener una buena estabilidad se debe de sobre dimensionar los pilares y a disminuir las dimensiones de las cámaras y, por otra parte, la rentabilidad nos obliga a extraer el máximo tonelaje de mineral de la mina.

Para un dimensionamiento óptimo de las cámaras y pilares se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Máxima extracción del mineral
- Buena estabilidad de las labores subterráneas.

Producir más y al más bajo costo posible

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿La Geomecánica determinara el tipo de minado masivo en la Mina Marcapunta Norte?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVOS GENERALES

Determinar las características Geomecánicas para aplicar el tipo de minado masivo en la mina Marcapunta Norte.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Seleccionar el tipo de minado masivo en la Mina Marcapunta Norte.
- ✓ Determinar la geología, estructuras y mineralización de la Mina Marcapunta Norte.

1.4 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Para que un yacimiento minero tenga un buen sistema de explotación es necesario determinar el tipo de minado para optimizar recursos y generar beneficios económicos y garantizar la continuidad de las operaciones, por lo que es importante el estudio de las características Geomecánicas del macizo rocoso y de las estructuras mineralizadas, el resultado de la presente investigación Geológica ayudara a complementar y comprender el comportamiento Geomecánico de la zona en estudio.

1.5 IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACION

El presente estudio es importante porque nos determinara las características Geomecánicas del macizo rocoso y de las principales estructuras mineralizadas, obteniéndose información para determinar el tipo de minado óptimo a utilizarse.

1.6 LIMITACIONES

Los resultados del presente estudio solo se aplican para la zona de estudio, sirviendo como fuente de información para similares estudios.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

La Sociedad Minera el Brocal viene efectuando explotación de recursos a tajo abierto, además en la actualidad es necesario realzar y optimizar su explotación subterránea y por lo tanto se necesita conocer el tipo de minado óptimo que se debe aplicar a la Mina de Marcapunta Norte.

2.2 BASES TEORICO – CIENTIFICOS

El estudio está basado en información antigua que ha sido investigado por diferentes autores. Los resultados del presente proyecto están encaminados a la caracterización Geomecánica de los macizos rocosos y las estructuras mineralizadas, mediante la recopilación de datos en campo e información geológica.

Asimismo se ha revisado y recopilado estudios geológicos existentes del distrito Minero de Colquijirca como informes, planos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, publicaciones e información pública de los distintos prospectos que se encuentran en el área de estudio, desarrollados por varios autores, base de datos de la empresa Minera El Brocal, INGEMMET, Sociedad Geológica del Perú.

DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS ALREDEDOR DE EXCAVACIONES UNITARIAS

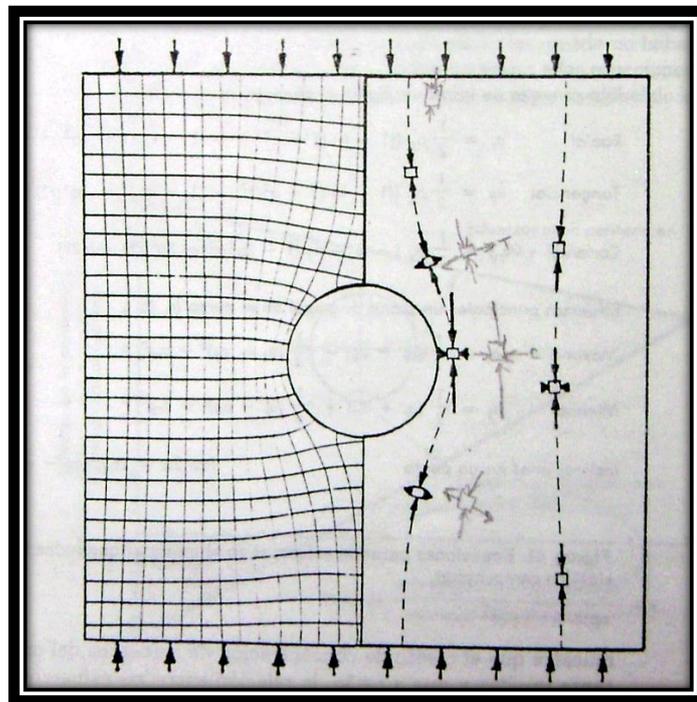
ANALOGÍA ENTRE EL FLUJO DE AGUA Y LAS TRAYECTORIAS

DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES: Cuando se practica una excavación subterránea en un macizo rocoso, los esfuerzos que existían con anterioridad se perturban, y se inducen nuevos esfuerzos en la roca en las inmediaciones de la excavación. Un método para representar este nuevo campo de esfuerzos es el de las trayectorias de los esfuerzos principales, que son líneas imaginarias en un cuerpo elástico comprimido a lo largo de los cuales actúan los esfuerzos principales. Antes de considerar en detalle la distribución de los esfuerzos alrededor de excavaciones subterráneas aisladas de variadas secciones transversales, será útil visualizar el campo de esfuerzos utilizando la analogía aproximada que existe entre las trayectorias de los esfuerzos principales y las líneas de flujo en una corriente tranquila de agua.

La figura 01 muestra las trayectorias de los esfuerzos principales mayor y menor en el material que circunda un orificio circular en una placa elástica comprimida uniaxialmente. Estas trayectorias de esfuerzos principales pueden considerarse como si se dividiera el material en elementos sobre los que

actúan los esfuerzos principales. Del lado derecho de la figura, dos de las trayectorias del esfuerzo principal mayor se señalan con líneas punteadas, y en puntos arbitrariamente elegidos sobre estas trayectorias, se muestran los esfuerzos principales que actúan sobre elementos imaginarios.

Figura N° 01: Trayectorias de los esfuerzos principales mayor y menor en los materiales que rodean un orificio circular en una placa elástica comprimida uniaxialmente.



En cada caso, la dirección y la magnitud del esfuerzo principal se indica con una flecha, cuyo largo marca la magnitud del esfuerzo principal con respecto a alguna escala específica. Se notará que los esfuerzos principales distan notablemente de ser verticales u horizontales en las inmediaciones del orificio que desvía las trayectorias de los esfuerzos.

Cuando se coloca una obstrucción cilíndrica tal y como en la pila de un puente en la corriente tranquila del agua, el agua tiene que fluir alrededor de este obstáculo y las líneas de flujo se desvían como lo muestra la figura. En las inmediaciones de la obstrucción aguas arriba y aguas abajo, el flujo del agua va más despacio y las líneas de flujo se abren hacia afuera. Esta separación es análoga a la separación de las trayectorias de esfuerzos que suele haber en zonas de esfuerzos a tensión y como lo veremos más adelante en este capítulo, esas zonas de esfuerzos a tensión se presentan en el techo y en el piso de una excavación circular que está sujeta a una compresión aplicada uniaxialmente.

En zonas a los lados del obstáculo, el flujo de agua tiene que ir más aprisa para alcanzar al resto del flujo y las líneas de flujo se amontonan como lo muestra la figura. Esto es semejante al amontonamiento de trayectorias de esfuerzos en zonas de esfuerzos compresivos aumentados.

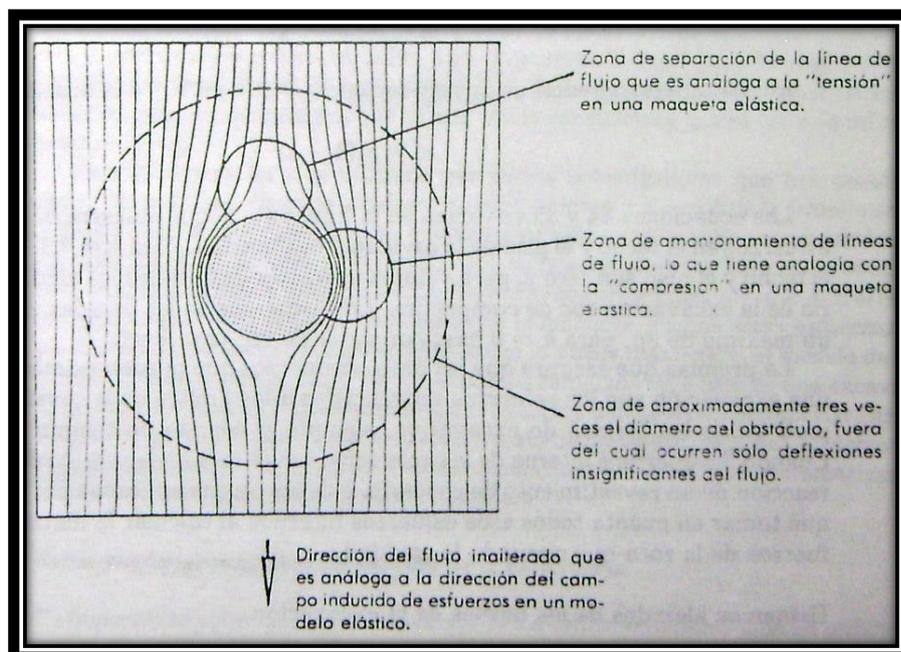
La figura 01 muestra que fuera de una zona de aproximadamente 3 veces el diámetro de la obstrucción, las líneas de flujo no se desvían en forma apreciable. El flujo que pasa fuera de esta zona, no “ve” el obstáculo, el cual sólo produce un desacomodo local. Este efecto se nota también en campos de esfuerzos. Los puntos en el macizo rocoso que se encuentran distantes de 3 radios desde el centro de la excavación, no se ven influenciados, en forma apreciable, por ésta.

ESFUERZOS ALREDEDOR DE UNA EXCAVACIÓN CIRCULAR.

Para calcular los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos inducidos alrededor de excavaciones en materiales elásticos, tenemos que apoyarnos en la *teoría matemática de la elasticidad*. Para ello se debe resolver una serie de ecuaciones de equilibrio y de compatibilidad de desplazamiento para condiciones de límites determinados, y ecuaciones constitutivas para el material.

El proceso para obtener las soluciones deseadas puede ser bastante complejo y aburrido y no lo trataremos en este libro. Los que se interesen en conseguir sus propias soluciones pueden remitirse a los libros de texto sobre este tema como son los de Love, Timoshenko y Goodier y Jaeger y Cook.

Figura N° 02: Deflexión de líneas de flujo alrededor de un obstáculo cilíndrico.



ESFUERZOS INDEPENDIENTES DE LAS CONSTANTES ELÁSTICAS

Las ecuaciones que se presentan en la figura 44 muestran que los esfuerzos alrededor de un orificio redondo dependen de la magnitud de los esfuerzos aplicados y de la geometría o forma del cuerpo comprimido. Las constantes E (módulo de Young) y ν (relación de Poisson) no aparecen en ecuación alguna y esto significa que el modelo de esfuerzos es independiente del material que se usa, con la condición de que se trate de un material elástico lineal. Este fenómeno ha sido utilizado por varios investigadores que han estudiado la distribución de los esfuerzos alrededor de excavaciones por medio de la fotoelasticidad. Esta técnica incluye el examen de maquetas de vidrio o de plástico comprimidos con la luz polarizada. El modelo de esfuerzos que se pueden observar bajo estas condiciones está relacionado con la diferencia entre los esfuerzos principales σ_1 y σ_2 (o σ_3 si el esfuerzo principal menor es a tensión) en el plano de la maqueta.

Ya que estos esfuerzos no dependen de las propiedades del material, como lo vimos más arriba, el modelo de esfuerzos fotoelásticos puede servir para calcular los esfuerzos alrededor de una excavación o excavaciones de la misma forma en roca tenaz. Hoy día las técnicas fotoelásticas se utilizan poco para este fin, ya que los esfuerzos alrededor de excavaciones subterráneas se pueden calcular más aprisa y más económicamente con las técnicas matemáticas de las que hablaremos más adelante en este capítulo.

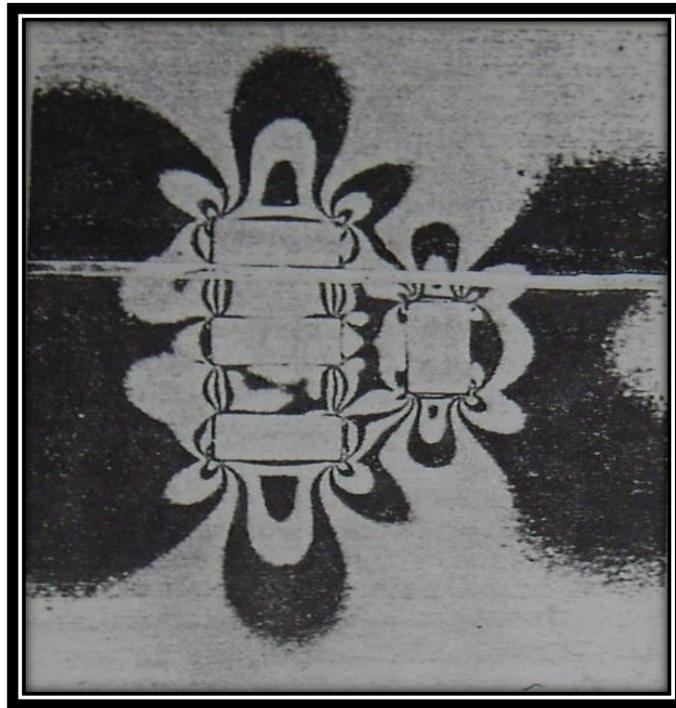
ESFUERZOS INDEPENDIENTES DEL TAMAÑO DE LA EXCAVACIÓN.

Es importante notar que las ecuaciones para los esfuerzos alrededor de un orificio circular, en un macizo de roca infinito, en la figura 03, no incluyen términos con el radio del Juego de esfuerzos fotoelásticos de una hoja de vidrio comprimido en la que hay varios orificios rectangulares que representan excavaciones subterráneas en roca tenaz túnel, a , sino que incluyen más bien términos con el parámetro sin dimensiones a/r . Esto quiere decir que los niveles calculados de los esfuerzos en los límites de la excavación, por ejemplo, son independientes del valor absoluto del radio. En las paredes de un túnel circular de 1 metro se indujeron los mismos niveles de esfuerzos que en las paredes de un túnel de 10 metros, en la misma roca elástica.

Este fenómeno provocó mucha confusión en el pasado. Algunos especialistas del diseño de excavaciones subterráneas han llegado a concluir que en vista de que los esfuerzos inducidos en la roca alrededor de una excavación son independientes del tamaño de la excavación, la estabilidad de la excavación también era independiente de su tamaño. Si el macizo fuera perfectamente elástico y libre de defectos, podría ser que esta conclusión resultara razonablemente correcta, pero no es el caso cuando se trata de macizos ya fracturados de por sí. Aunque los esfuerzos son idénticos, la estabilidad de una excavación en un macizo fracturado y fisurado la controlará la relación entre el tamaño de la excavación y el tamaño de los bloques en el macizo. En consecuencia, al aumentarse el tamaño de la excavación en una formación de

roca típicamente fisurada no aumentarán los esfuerzos aunque seguramente provocará una disminución de la estabilidad.

Figura N° 03: Esfuerzos alrededor de un orificio circular



Se conocen cuando menos dos casos de minas que se vieron en problemas cuando se agrandaron pequeñas galerías que habían sido hechas con pala de arrastre para poder meter equipo. Se había supuesto que la estabilidad de la excavación era independiente de su tamaño y que al duplicar el claro del túnel no cambiaría para nada su estabilidad. Esta suposición resultó ser incorrecta acarreando en consecuencia serios problemas de estabilidad a causa de caídas del techo, provocadas por las fallas de las juntas que no habían sido afectadas por las excavaciones pequeñas. Muchos de los libros de texto y artículos que en un principio trataron sobre el diseño de excavaciones subterráneas se basaron casi enteramente en la teoría elástica, y pasaron por alto los fenómenos estructurales tales como las fisuras, los planos de estratificación y

fallas de los que se habló en los capítulos anteriores. Esta simplificación extrema del tema llevó a la confusión de la que se habla aquí. Hay que tomar en cuenta estos hechos históricos cuando se lea literatura antigua sobre mecánica de rocas.

CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS.

A partir de las ideas de Terzaghi, se ha intentado sistematizar, cualificar y cuantificar las características Geomecánicas de los macizos rocosos donde se realizan las excavaciones. La mejor clasificación sería conocer las propiedades mecánicas del macizo, como combinación de las propiedades de las rocas y de las discontinuidades. Por ser esto prácticamente imposible, se han hecho clasificaciones en las que se diferencian los macizos rocosos en diversas categorías de calidad.

En décadas anteriores construir en roca era, conceptualmente, construir sobre seguro y la mayoría de los sondeos se limitaban por esto a atravesar el material de cubierta y tocar la roca, sin investigar las características de la misma en profundidad. Conjuntamente con esta idea, surgen las apreciaciones cualitativas sobre la aptitud del macizo rocoso principalmente como medio lindante de una excavación subterránea.

Estas clasificaciones que se han ido perfeccionando con el tiempo, tienden fundamentalmente a:

1. Ubicar el macizo rocoso en un tipo estructural determinado y establecer zonas Geomecánicas.

2. Establecer una cuantificación Geomecánica que permita dilucidar, ya en la etapa de anteproyecto las dificultades que se encontraran y lo que es aún más importante prever la metodología de tratamiento (sostenimiento, método de excavación etc.) más adecuada en base a la clasificación establecida.

Las etapas más importantes en el desarrollo de sistemas de clasificación de macizos rocosos, que tuvieron su origen en los túneles, por ser en estas obras donde parecía más necesario conocer el comportamiento mecánico del macizo son las siguientes:

- ✓ Clasificación de Terzaghi
- ✓ Clasificación de Rabcewicz
- ✓ Clasificación de Protodyakonov
- ✓ Clasificación de Stini y Lauffer
- ✓ Clasificación de Deere
- ✓ Clasificación (RSR) de Wickman, Tiedemann y Skinner
- ✓ Clasificación de Louis
- ✓ Clasificación de la AFTES.
- ✓ Clasificación Bieniawski (CSIR).
- ✓ Clasificación de Barton (NGI).
- ✓ Clasificación de Hoek y Brown.
- ✓ Clasificación de Laubscher.
- ✓ Clasificación Dudek y Galcznski.
- ✓ Clasificación del N.A.T.M.
- ✓ Clasificación GSI.

DISEÑO DE LAS LABORES MINERAS Y DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN.

Luego de la valuación de las rocas de la mina con todos los sistemas de clasificación Geomecánica mencionados anteriormente; se determina el sistema de explotación y el diseño de sostenimiento que actualmente rigen en la operación.

- ✓ La Clasificación Geomecánica que formulo el tipo de sostenimiento fue el N.A.T.M.
- ✓ Para el control y seguimiento diario se trabaja con las clasificaciones NGI, CSIR y GSI; cuyos resultados son indicados en los reportes diarios de operaciones.

Sistema de Explotación Basado en el NATM

El objetivo principal, es el empleo de la roca circundante de la labor subterránea como un miembro activo del sistema de sostenimiento (auto-soporte con la propia roca).

Principios Básicos del NATM.

1. Consideramos que la parte más importante de la estructura de la labor minera es el macizo rocoso circundante.
2. Tratar de mantener la resistencia original de la roca tanto como sea posible; porque, esta es el elemento de resistencia inicial.
3. Se previene la desintegración o alteración de la roca, tanto como sea posible, porque esto, nos conduce a una considerable pérdida de resistencia del macizo.

4. Se evita en lo posible la presión por esfuerzos uniaxiales o biaxiales, mediante el confinamiento del arco circundante a la excavación.
5. Se controla la relajación o deformaciones prematuras del macizo; para prevenir el realce o inestabilidad de la roca.
6. El revestimiento con shotcrete es dentro del tiempo establecido, cuya resistencia presenta una dosificación de acuerdo al diseño elaborado en la mina en base a muchos ensayos.
7. El shotcrete aplicado es capaz de adaptarse a la deformación del macizo, es decir, presenta flexibilidad.
8. El sistema de sostenimiento considerado permite ajustes en cuanto a espesores de shotcrete y distribución de pernos de anclaje. En algunos casos cuando la roca necesita se considera la adición de malla electro-soldada.
9. Se considera el efecto de las etapas de construcción de la labor y el efecto del tiempo en el comportamiento de la excavación, conocido como tiempo de auto-soporte. El planeamiento de construcción es una buena herramienta para controlar el comportamiento de la roca.
10. Para prevenir concentración de esfuerzos que empujan la roca, deben evitarse los ángulos y ejecutarse las secciones de contornos redondeados.

11. La excavación y la primera etapa del soporte, conocida como soporte temporal, es considerada como parte importante del control de excavación de la labor, porque ella evita la relajación inicial y tiene una influencia significativa sobre la acción del soporte final. En realidad el soporte
- 12 temporal es el principal elemento de
13. control de las deformaciones y permite alcanzar equilibrios definitivos.
14. La estabilidad total se logra mediante el soporte definitivo es con los anclajes. El soporte definitivo sirve para confinar el macizo rocoso formando el arco de auto-soporte. Estas técnicas de soporte son las últimas del mercado mundial que aseguran la estabilidad definitiva.
15. En caso de presencia de flujos de agua subterránea, se considera drenajes mediante la perforación de taladros y pernos huecos.

Clasificación de Barton (NGI).

Esta clasificación presentada por Barton, Lien y Lunde del NGI (Norwegian Geotechnical Institute), consiste en determinar el índice (Q) de acuerdo a la siguiente relación:

$$Q = RQD / J_n \times J_r / J_a \times J_b / SRF$$

Dónde:

- RQD = Índice propuesto por Deere, explicado anteriormente.

- J_n = Número de familias de discontinuidades.
- J_r = Factor de rugosidad de las discontinuidades.
- J_a = Factor de alteración de las discontinuidades.
- J_w = Factor de reducción por contenido de agua en las discontinuidades.
- SRF = Factor de reducción por esfuerzos o tensiones.

El factor RQD/J_n representa la estructura de la masa rocosa y es medida aproximadamente del tamaño de bloques o partículas.

El factor J_r/J_a representa la rugosidad y las características de fricción de las paredes de las discontinuidades o del material de relleno.

El factor J_w/SRF consiste de dos parámetros de tensiones. El SRF es una medida de:

Carga que produce deformación en rocas plásticas incompetentes.

El parámetro J_w es una medida de la presión de agua subterránea, la cual tiene un efecto adverso en la resistencia al corte de las discontinuidades debido a que reducen las tensiones normales efectivas.

Analizando las tablas de esta clasificación los autores no presentan corrección por la orientación de las discontinuidades, debido a que consideran que los tres factores que mencionamos, juegan un rol general más importante que el de la orientación de las discontinuidades.

Para la evaluación de los requerimientos de soporte de excavaciones, la Clasificación del NGI contempla un factor adicional denominado por los autores:

Dimensión Equivalente (De); este se obtiene de la relación entre la luz de la excavación (diámetro o altura) y un factor de utilización de las mismas, denominado ESR (Excavation Support Ratio).

Así:

$$De = \text{Span (altura o diámetro)} / \text{ESR}$$

El factor ESR varía entre 5 para minas de abertura temporales y 0.8 para plantas nucleares subterráneas, estaciones ferroviarias subterráneas, fábricas, etc.

La relación entre Q y De determina una recta (estrictamente una familia de rectas para cada ESR) que separa excavaciones que requieren soportes de las que no lo requieren. Los actuales límites para excavaciones sin soportes (permanentes) pueden expresarse por la siguiente ecuación:

$$\text{Span} = 2 \text{ ESR} \cdot Q^{0.4}$$

El detalle de los parámetros de esta clasificación así como las 38 categorías de soporte recomendadas se muestra en las tablas Geomecánicas diseñadas por Barton.

Clasificación Bieniawsky (CSIR).

Esta clasificación del CSIR (South African Council for Scientific and Industrial Research) fue propuesta por Bieniawsky.

Considera cinco parámetros básicos para definir la clasificación:

1. RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA.- Está determinada por ensayos de Compresión simple (Rc) o en

su defecto por los ensayos de cargas puntuales (Is); datos que se obtiene en el laboratorio de mecánica de rocas.

2. RQD DEL TESTIGO (ROCK QUALITY DESIGNATION). - Tal como fue definido por su autor (Deere, 1964) es el % de testigos de perforación diamantina recuperados en piezas intactas de 100 mm o más con respecto a la longitud total de la perforación.

3. ESPACIAMIENTO ENTRE DISCONTINUIDADES.- Aquí, discontinuidades es un término que abarca diaclasas, fallas geológicas, planos de estratificación y otras superficies de debilidad.

4. CONDICIONES DE DISCONTINUIDADES.- Este parámetro toma en cuenta la abertura de las discontinuidades, su continuidad, rugosidad de su superficie, grado de alteración de sus paredes y la presencia de material de relleno.

5. CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS.- Este parámetro considera la influencia del agua subterránea en la estabilidad de las excavaciones; la clasificación se hace a la cantidad de flujo de agua que entra en la excavación o alternativamente usando la relación entre la presión hidrostática y la tensión principal mayor, siempre que sean conocidas.

La clasificación Geomecánica de Bieniawsky presenta índices que son simplemente puntajes asignados a cada rango de valores para cada parámetro. El índice total se calcula sumando todos los índices parciales de cada parámetro.

Bieniawsky considera que el índice total debe ser corregido debido al efecto que tiene la orientación de las discontinuidades en las excavaciones subterráneas.

Luego se indica los tipos de masas rocosas de acuerdo a sus índices de igual manera presentan características representativas de cada tipo de macizo rocoso, tales como tiempo aproximado de auto soporte, cohesión y ángulo de fricción del macizo rocoso.

Bieniawsky, basado en la clasificación geomecánica del macizo rocoso, presento una serie de recomendaciones para soporte en túneles. Estas recomendaciones están dirigidas principalmente a trabajos de Ingeniería civil para túneles con luces de 10 m y que van a ser excavados por perforación y voladura y en profundidades menores que 1000m.

Índice G.S.I. (Geological Strength Index).

Este índice ha sido introducido como un equivalente del RMR para que sirva como un medio de incluir la información geológica en la aplicación del criterio de falla generalizada de Hoek - Brown,

especialmente para rocas de mala a muy mala calidad (muy alterada y con elevado contenido de finos).

La determinación del G.S.I., es el primer paso a seguir, definir en forma empírica la resistencia y deformabilidad del macizo rocoso, basándose en las condiciones estructurales (grado de fracturamiento) y de superficie (alteración, forma de fracturas, relleno).

La clasificación según su estructura varía de:

- Levemente fraturado (LF)
- Fracturada (F)
- Muy fracturada (MF)
- Intensamente fracturada (IF)
- Triturada (T)

La clasificación según sus condiciones superficiales varía de:

- Muy buena (MB)
- Buena (B)
- Regular (R)
- Pobre (P)
- Muy pobre (MP)

Su aplicación permite obtener una clasificación geológica muy simple como por ejemplo: fracturada, regular (F/R) o muy fracturada, muy pobre (MF/MP) y mediante la tabla de Ábacos de GSI obtener a continuación, una evaluación que se relaciona con estas características geológicas y que corresponde al promedio entre los límites de las líneas de Ábaco que cruzan el cuadro relacionado a esa descripción, por

ejemplo a una descripción MF/MP, el valor del Índice GSI. Sería equivalente $(18 + 65 / 2) = 26$ ó para un F/R, el valor del Índice GSI. Sería $(46 + 65 / 2)$ o 55.5.

2.3 DEFINICION DE TERMINOS

Afanítica.- Textura de las rocas constituidas por minerales o partículas muy finas, sólo pueden ser discriminadas al microscopio. Esta textura es característica de las rocas volcánicas.

Agglomerado.- Conjunto de fragmentos rocosos, heterogéneos en cuanto a forma y composición , consolidados generalmente por materiales finos (arena, limo, arcilla).

Agregado.- Conjunto de minerales más o menos uniformes, pertenecientes a una o más especies.

Alteración.- Proceso de modificación de los minerales y rocas por acción de los agentes de erosión: agua, viento, hielo, sol, etc. Sinónimo: Intemperismo, meteorización.

Bloque.- Fragmento de roca de dimensiones superiores a 20 cms. De diámetro.

Brújula.- Instrumento que sirve para medir el rumbo y azimut y el buzamiento de las estructuras geológicas.

Buzamiento.- (dip), término usado para indicar el ángulo de inclinación de las rocas estratificadas o de estructuras geológicas.

Cizallamiento.- Es el proceso de fracturamiento de las rocas debido a los esfuerzos tectónicos.

Compactación.- disminución del espesor o potencia de la secuencia estratigráfica por el peso y la presión de las rocas suprayacentes.

Conglomerado.- Roca sedimentaria compuesta de cantos rodados cementados en una matriz fina.

Deformación.- Modificación que sufre una roca o material por acción de una o más esfuerzos.

Deformación elástica.- Cuando una roca se deforma por acción de un esfuerzo, y al cesar dicho esfuerzo la roca o material deformado recupera su forma original.

Deformación plástica.- cuando una roca o material se deforma por acción de un esfuerzo y al cesar dicho esfuerzo la roca o material alterado conserva su deformación.

Desplazamiento.- Es la distancia recorrida por un bloque rocoso a través de un plano de movimiento.

Detrítico.- roca formada por fragmentos o detritus provenientes de la erosión de rocas pre-existentes.

Esfuerzo.- fuerza aplicada sobre un área y/o superficie que tiende a cero.

Estratificación.- Disposición paralela o subparalela que toman las capas de las rocas sedimentarias, durante su sedimentación.

Estrato.- Es la roca formada por la sedimentación de fragmentos o partículas provenientes de la desintegración de las rocas pre-existentes.

Estructura.- Esta referido a la disposición, arreglo y cohesión de los materiales constituyentes de un determinado cuerpo rocoso.

Exfoliación.- Propiedad de las rocas de separarse en forma de láminas, cuando se refiere a minerales es sinónimo de clivaje.

Falla.- Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a esta o de ambos bloques, a través de un plano denominado “plano de falla”.

Granulometría.- Tecnología que se encarga de dictar normas correspondientes para determinar las dimensiones y las formas de los fragmentos de los materiales detríticos.

Gravedad.- Es la fuerza de atracción que ejerce la tierra sobre los cuerpos que se ubican en la superficie terrestre.

Macizo.-Termino usado en geotecnia para referirse a áreas rocosas cuyo núcleo está constituido de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

Muestra.- Pedazo de roca o mineral, de un tamaño y peso adecuado que pueda servir de elemento del cual se pueda obtener toda la información necesaria para realizar un estudio propuesto.

Plasticidad.- Propiedad de las rocas de deformarse al recibir un esfuerzo conservando la deformación al cesar el esfuerzo.

Porosidad.- Es la relación existente entre el volumen de los intersticio porosos y el volumen total de la roca o suelo. La porosidad se expresa siempre en porcentaje.

Proyección.- representación gráfica sobre un plano horizontal de las diferentes estructuras geológicas, topográficas o cualquier tipo de estructura, que se ubica encima o debajo de este plano.

Rumbo.- Dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano del estrato o estructura geológica, con respecto al norte o al sur.

Saturación.- Cantidad de agua necesaria para que una roca porosa y permeable tenga todo su volumen de vacíos lleno de agua.

Suelo.- Cobertura superficial de la corteza terrestre producto de la alteración de los minerales de las rocas pre-existentes. La formación del suelo implica la meteorización química de los minerales primarios dando lugar a nuevos minerales.

Talud.- Superficie inclinada del terreno que se extiende de la base a la cumbre del mismo.

Textura.- tamaño, forma y disposición de los minerales componentes de las rocas.

2.4 HIPOTESIS

La caracterización Geomecánica del macizo rocos y estructuras mineralizadas determinan el tipo de minado masivo de la mina Marcapunta Norte.

2.5 IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES

2.5.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

Caracterización Geomecánica del macizo rocos y estructuras mineralizadas.

2.5.2 VARIABLES DEPENDIENTES

Tipo de minado masivo de la mina Marcapunta Norte.

2.5.3 VARIABLES INTERVINIENTES

Asociación Mineralógica Cu, Pb, Zn y Ag.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

El proyecto a desarrollar estará basado en tres tipos: exploratorio, descriptivo y explicativo.

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACION

Exploratorio: se tomarán datos Geomecánicos de campo de las estructuras, obteniéndose información para diseñar el tipo de minado masivo.

Descriptiva: Descripción detallada Geomecánica de los macizos rocosos y de las estructuras mineralizadas.

Explicativa: Definiremos las causas y efectos que implican la caracterización Geomecánica.

3.3 POBLACION Y MUESTRA

La población en el estudio son los macizos rocosos y las estructuras mineralizadas del distrito minero y las muestras son tomadas en forma sistemática.

3.4 METODOS DE LA INVESTIGACION

Se realizará un enfoque Cuantitativo, describiendo y explicando la caracterización geológica y geomecanica de las zonas de estudio, mediante la toma de datos y análisis interpretativos.

El desarrollo del presente tema de investigación se realizará en tres etapas; Recopilación de información, trabajo de campo y trabajo analítico.

3.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Toma de datos y de muestras in situ, revisión de perforaciones diamantinas antiguas, revisión y recopilación de estudios geológicos existentes del distrito Minero.

3.6 TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

Se realizará el procesamiento de datos geomeánicos correlacionándolos con las secciones geológicas sistemáticas.

Se diseñarán planos y gráficos en el Programa de diseño Autocad.

3.6.1 MAPEO GEOMECÁNICO

Para realizar este estudio se evaluarán las condiciones actuales de la antigua zona de explotación de Smelter (accesos, pilares y sostenimiento).

Asimismo, se tomará información del estudio denominado “Evaluación Preliminar del Proyecto de Cobre de Marcapunta y de la zona de Smelter” elaborado por Buenaventura Ingenieros en el año 1988.

DISCONTINUIDADES. - Se va a realizar un mapeo detallado de las labores más importantes para determinar las principales familias de discontinuidades. Se tomará como base la Rampa 9368E (acceso a la siguiente etapa de explotación) y esta información será procesada y analizada con el software Dips. Las discontinuidades aleatorias combinadas con las familias principales más los diferentes tamaños de secciones propuestas, los que forman bloques y cuñas, serán analizados con el software Unwedge

RESISTENCIA COMPRESIVA UNIAXIAL DE LA ROCA (MATRIZ). - Para obtener este dato básico en nuestro estudio hemos recurrido a estudios preliminares realizados en la zona. El nombre del estudio es: “Informe Preliminar del proyecto de Cobre de Marcapunta y de la zona de Smelter”. Estos valores se tomarán como base para los cálculos de las aberturas máximas y dimensionamiento de pilares.

CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO. - Para determinar la calidad del macizo rocoso, se utilizará el criterio de clasificación geomecánica RMR (Rock Mass Rating) de Bieniawski (1989). Los parámetros para esta clasificación se han tomado realizando un mapeo por celdas, tanto de los pilares dejados de la antigua explotación y de las labores antiguas.

Se elaborará un plano con la zonificación de las labores antiguas de Marcapunta Norte, y se determinará la incidencia porcentual de cada tipo en todo el macizo

Con la finalidad de estimar los diferentes tipos de sostenimiento se ha adoptado el siguiente criterio de clasificación (RMR modificado):

Tabla N^a 03: Clasificación (RMR modificado)

Tipo de Roca	Rango RMR	Calidad
II	> 60	Buena
III A	51 - 60	Regular A
III B	41 - 50	Regular B
IV A	31 - 40	Mala A
IV B	21 - 30	Mala B
V	< 21	Muy Mala

3.6.2 ESFUERZOS IN SITU

Se determinará la profundidad media a la cual está la zona futura de explotación. Luego Haciendo uso de la teoría de Sheore (1994), determinaremos el esfuerzo vertical y horizontal.

Para el análisis (simulación) de los esfuerzos, alrededor de las excavaciones que se realizarán, vamos a utilizar el Software Phases2 (Rocscience)

3.6.3 PRESENCIA DE AGUA

En algunas labores antiguas se observa presencia de agua en algunos frentes de avance. Se medirán los caudales en los frentes antiguos de labores ya explotadas, en la Rampa 9368 E y en la Rampa 9844E, los que son considerados puntos mayores de concentración de agua. El agua que se extraerá de los frentes se evacuará por un socavón inferior

al nivel principal de explotación, actualmente por este socavón se tiene un caudal de salida de 28.73 l/s.

3.6.4 BACK ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MACIZO ROCOSO

Los datos de campo provendrán de las labores antiguas de explotación de Marcapunta Norte, las que proporcionarán la mejor información de las condiciones actuales de la mina para el diseño de las labores y pilares propuestos para el reinicio de la explotación. Se realizará un back análisis de la galería principal de explotación.

El Backanálisis correspondiente a la distribución de esfuerzos y modelado de diferentes secciones de los pilares y cámaras utilizando los valores obtenidos en él, se realizarán con el Software Phases2 de la firma Rocscience.

Para analizar los abiertos máximos sin sostenimiento sistemático, se usarán las tablas geomecánicas de Bieniawski de longitudes de sostenimiento y el RMR.

La estimación del sostenimiento de una excavación se hará de acuerdo al mecanismo de falla, las condiciones del macizo rocoso y condiciones de carga anticipadas. Los mecanismos de falla en rocas se dividen en dos amplias categorías:

- Inestabilidad inducida estructuralmente.
- Inestabilidad a consecuencia de los esfuerzos en los bordes de la excavación.

Definiremos primero el sostenimiento de acuerdo a las características del macizo rocoso y las clasificaciones geomecánicas, con base en la información descrita anteriormente.

Utilizaremos la clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski (modificada) como base para los cálculos. Es muy poco probable que se encuentren macizos del tipo IV y V, pero ante cualquier eventualidad se darán las recomendaciones para estos tipos de terrenos.

Tabla Nª 04: acuerdo a este criterio tenemos la siguiente tabla (modificada) de recomendaciones de sostenimiento.

TIPO ROCA	CLASE	COLOR	RMR	ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACION
BUENA	II		> 60	Roca muy resistente, poco fisurada, sana, húmeda o mojada	No requiere sostenimiento.
REGULAR "A"	III - A		51 - 60	Roca resistente, poco fisurada, sana o ligeramente intemperizada, húmeda o mojada	Generalmente no requerirá ningún tipo de sostenimiento, excepto algunos pernos esporádicos cementados, se utilizara resina cuando haya presencia de agua.
REGULAR "B"	III - B		41 - 50	Roca medianamente dura, moderadamente fracturada, con presencia de algunas fallas menores, ligeramente a moderadamente intemperizada, ligeros goteos.	Pernos cementados sistemáticos de 7 pies de longitud en la bóveda espaciados de 1.3 a 1.5 metros. Si el terreno lo requieres se puede utilizar malla electro soldada, cuando hay presencia de bloques rocosos pequeños. . Alternativamente se puede usar una capa de shotcrete de 2".
MALA "A"	IV - A		31 - 40	Roca suave, fracturada, con algunas fallas panizadas, moderadamente intemperizada, con goteo en fracturas y fallas.	Pernos cementados sistemáticos de 8 pies de longitud en la bóveda espaciados de 1.0 a 1.2 metro + una capa de shotcrete de 2" de espesor.
MALA "B"	IV - B		21 - 30	Roca muy suave, muy fracturada, fallada, panizada, arcillosa, muy intemperizada con goteos o ligeros flujos de agua.	Pernos cementados sistemáticos de 10 pies de longitud en bóveda y hastiales, espaciados cada 1 metros + una capa de shotcrete de 3" de espesor + Arcos Noruegos espaciadas de 1.0 a 1.5 metro.
MUY MALA	V		< 21	Roca muy suave, intensamente fracturada, descompuesta, con presencia de arcillas, con goteos y flujos de agua.	Arcos Noruegos espaciadas a 1.0 m + una capa de shotcrete de espesor variable. De ser necesario (derrumbes) utilizar cerchas y marchavantes.

También realizaremos un análisis de equilibrio límite para establecer los niveles de sostenimiento requerido para asegurar los bloques y cuñas formados por las discontinuidades estructurales y los bordes de excavación de acuerdo a las diferentes alturas de explotación. Para tal fin utilizaremos la información de distribución de discontinuidades y las direcciones de avance principales Norte y Este. Asimismo, tomaremos la información del backstage para el ángulo de fricción de la roca: 54.3 ° y el 50 % del valor 1.4 Mpa de cohesión para la caliza silificada, ya que queremos modelar la situación más desfavorable en un punto crítico que es el sostenimiento. Toda esta información la procesaremos en el software Unwedge.

También utilizaremos el programa Phases2, para hacer análisis relacionados a la identificación de desarrollos de inestabilidades vinculadas a los esfuerzos.

3.6.5 DISEÑO DE PILARES USANDO EL CRITERIO D. LAUBSCHER

Los pilares son diseñados para asegurar la estabilidad general y local, para soportar en aberturas y a lo largo de las galerías, o para producir una medida de control. En todos los casos, la resistencia del material y las variaciones en la resistencia deben ser conocidas para el pilar y para el techo del nivel. La forma del pilar con respecto a la estructura, voladura y esfuerzos es significativa y está proveída de un procedimiento de ajustes. Por ejemplo, para una relación ancho/altura menor de 4.5:1, la siguiente fórmula se usa en el SI y el DRMS:

Resistencia del pilar:

$$(Ps) = k \frac{W^{0.5}}{H^{0.7}}$$

Donde:

k = DRMS in MPa

$$W = 4 \left(\frac{\text{Área del Pilar}}{\text{Perímetro del Pilar}} \right)$$

H = Altura del Pilar

El sistema de clasificación de para valorar el macizo rocoso en minería (MRMR) fue introducido en 1974 como parte del desarrollo del Sistema de Clasificación Geomecánica del CSIR para diversas situaciones mineras. La diferencia fundamental fue reconocer que la valoración del macizo rocoso in situ (RMR) había que ajustarlo de acuerdo al entorno o condiciones mineras, así que la valoración final (MRMR) debería ser usado para el diseño en minería. Los parámetros de ajuste son intemperismo, Esfuerzos inducidos por laboreo minero, Orientación por Juntas y efectos de Voladura. Es también posible utilizar las valoraciones (RMR) en la determinación de de la Resistencia Empírica del Macizo Rcoso (RMS) y por lo tanto en la aplicación de los ajustes para llegar a una Resistencia del Macizo Rcoso de Diseño (DRMS). Este Sistema de Clasificación es versátil, y la valoración del Macizo Rcoso (RMR), la valoración del Macizo Rcoso Minero (MRMR), y la Resistencia del Macizo Rcoso de Diseño (DRMS) proveen buenas orientaciones para los propósitos de diseño en mina. Sin embargo, en algunos casos una investigación más

detallada puede ser requerida, en tal caso, se le debe dar una mayor atención parámetros específicos del Sistema.

Características débiles y angostas geológicas que son continuas dentro y más allá de la labor o pilar deben ser identificadas y separadamente proporcionadas.

Aquí se describe el procedimiento requerido para llegar a las valoraciones.

El Sistema de Clasificación conocido como el Sistema de valoración del macizo rocoso minero (MRMR) fue introducido en 1974 como un desarrollo del Sistema de clasificación geomecánica del CSIR. El desarrollo está basado en el concepto in situ y valoraciones ajustadas de los parámetros y valores que están siendo relacionados a complejas situaciones mineras. Desde aquel tiempo, ha habido modificaciones y mejoramientos, y el sistema ha sido utilizado exitosamente en proyectos en Canadá, Chile, Filipinas, Sri Lanka, Sudáfrica, Estados Unidos y Zimbabwe.

Un desarrollo de esta clasificación lo hace adecuado para el uso en la evaluación de superficies de roca, así como en muestras diamantinas.

Taylor revisó los sistemas de clasificación desarrollado por Wickham, Barton, Bieniawski, and Laubscher y concluyó que:

Así, los cuatro sistemas elegidos, como esencia, las clasificaciones más avanzadas están basadas en parámetros relevantes. Cada técnica indudablemente produce resultados llenos de significado. Pero únicamente la clasificación geomecánica de Laubscher y el sistema Q

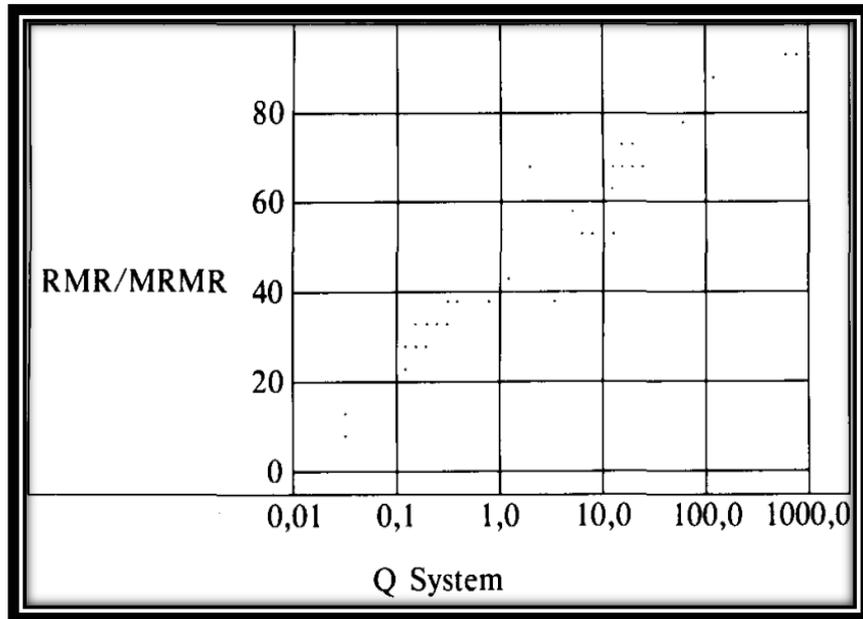
de Barton ofrecen normas adecuadas para la evaluación de los parámetros principales; es decir los atributos de las juntas. Para la minería en general, el cómo y el dónde de la aplicación de un sistema de clasificación, varía ampliamente, la clasificación geomecánica de Laubscher tiene la ventaja añadida de permitir ajustes adicionales a la valoración para diferentes situaciones. Esto acoplado con el hecho que la técnica ha estado en uso por seis años, no da ninguna razón para cambiarlo por otro sistema, que no ofrecen avances o mejoramiento substancial.

La figura de abajo muestra una correlación del 98 por ciento entre los sistemas RMR del sistema MRMR y el sistema NGI basado en la clasificación de Taylor de 30 lugares desde el rango muy pobre hasta muy bueno. Así, si los datos del NGI están disponibles, esta información puede ser usada en aplicaciones prácticas.

3.6.6 PRINCIPIOS DEL SISTEMA

Un Sistema de clasificación debe ser estricto y tener una fuerte orientación práctica para que pueda formar parte de las investigaciones de la geología normal y de mecánica de rocas, para ser usado para la comunicación y el diseño de mina. Las técnicas altamente sofisticadas consumen gran cantidad de tiempo y la mayoría de minas no pueden proveer los recursos requeridos para obtener datos complejos de beneficio dudoso para los departamentos de planeamiento y producción.

Tabla N^a 05: RMR/MRMR versus Q System



La aproximación adoptada involucra la asignación, al macizo rocoso, de una valoración in situ, basado en parámetros geológicos medibles. Cada parámetro geológico es ponderado de acuerdo a su importancia y se le asigna una valoración máxima de tal manera que el total de la suma de todos los parámetros sea igual a 100. Esta ponderación fue revisada a intervalos regulares durante el desarrollo del sistema y es ahora aceptada. El rango de 0 hasta 100 es usado para agrupar todas las variaciones en macizos rocosos fracturados desde muy pobre hasta muy bueno. La clasificación en cinco clases con valoraciones de 20 por clase y estas con subdivisiones A y B.

Un esquema de colores es usado para denotar las clases en planta y sección: Clase 1 azul, clase 2 verde, clase 3 amarillo, clase 4 marrón y clase 5 rojo. Las designaciones de las clases son para uso general y las valoraciones deben ser usadas para propósitos de diseño.

Las valoraciones son, en efecto, las resistencias relativas de los macizos rocosos. La precisión de la clasificación depende del muestreo del área que está siendo investigado. La terminología **preliminarmente, intermedio y final** debe ser aplicado a las evaluaciones para indicar el estado de perforación y desarrollo. Es esencial que los datos de clasificación estén disponibles en estadíos iniciales para tomar decisiones correctas acerca del método de minado, planeamiento y requerimientos de soporte

Si la evaluación de cómo el macizo rocoso se comportará en un entorno minero, las valoraciones del macizo rocoso (RMR) son ajustadas por **meteorización, esfuerzos inducidos por laboreo minero, orientación de juntas y efectos de voladura**. Las valoraciones ajustadas son llamadas valoraciones del macizo rocoso minero o **MRMR**.

Es también posible usar las valoraciones para determinar una resistencia empírica del macizo rocoso (RMS) en megapascales (MPa). La resistencia *in situ* del macizo rocoso (RMS) es ajustada como se indica arriba para dar una resistencia del macizo rocoso de diseño (DRMS). La figura es extremadamente útil cuando se relacionó a los esfuerzos del medio y ha sido usado para el modelamiento matemático

El sistema de clasificación es versátil y la valoración del macizo rocoso (RMR), la valoración del macizo rocoso minero (MRMR) y la resistencia del macizo rocoso de diseño (DRMS) provee buenas normas para propósitos de diseño de mina. Sin embargo, en algunos casos una investigación más detallada es requerida

Puesto que algunos valores promedios pueden ser engañosos y las zonas más débiles pueden determinar la respuesta de todo el macizo rocoso, estas zonas deben ser valorizadas y considerar su importancia o influencia en el macizo.

Características geológicas débiles y angostas que son continuas dentro y más allá de la labor o pilar deben ser identificadas y valoradas por separado.

3.6.7 PARÁMETROS GEOLÓGICOS, MUESTREO Y VALORACIONES

Los parámetros geológicos que deben ser evaluados incluida la resistencia de la roca intacta (IRS), junta/espaciamiento de fractura y condición de junta/agua.

Antes de que la clasificación sea hecha, las muestras diamantinas o superficie de roca es examinada y dividida dentro de zonas de similares características, en las cuales las valoraciones son aplicadas. Estos parámetros y sus respectivas valoraciones son mostrados en la Tabla 04.

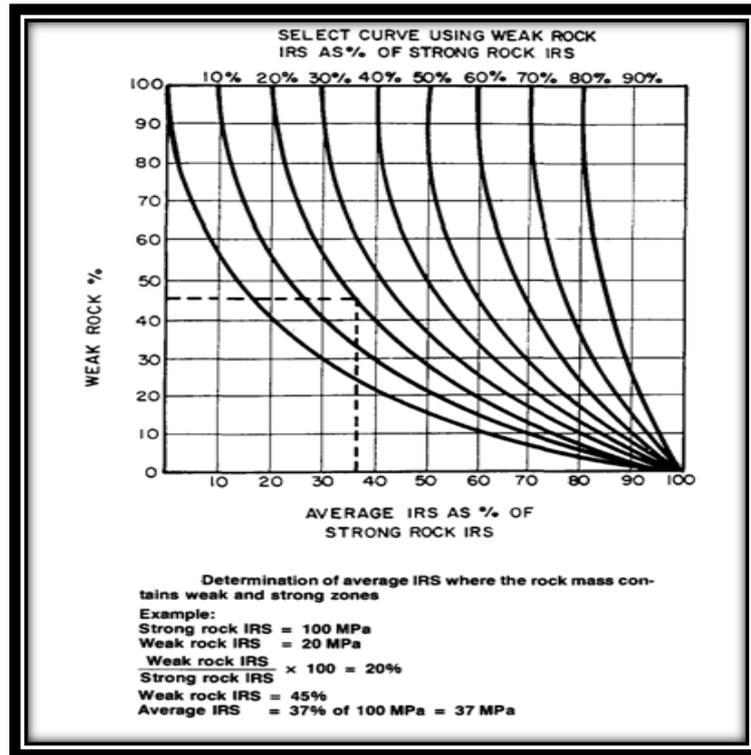
3.6.8 RESISTENCIA DE ROCA INTACTA (IRS)

El IRS es la resistencia compresiva uniaxial no confinada de la roca entre fracturas y juntas. Es importante notar que las muestras diamantinas seleccionadas para los trabajos de ensayos, son invariablemente las piezas más fuertes de la roca y no necesariamente reflejan los valores promedio.

La IRS de una zona definida puede ser afectada por la presencia de roca intacta fuerte y débil, los cuales pueden ocurrir en depósitos

estratificados y depósitos de mineralización variable. Un valor promedio es asignado a la zona sobre la base de que la roca más débil tendrá una influencia mayor sobre el valor promedio. La relación es no-lineal y los valores pueden ser leídos de un gráfico empírico (Fig. 05).

Tabla Nª 06: parámetros y sus respectivas valoraciones



El rango de valoración es desde 0 hasta 20 para proveer por resistencias de espécimen de 0 a valores mayores de 185 MPa. El límite superior de 185 MPa ha sido seleccionado porque valores de IRS mayores que éste tienen pequeño aporte sobre la resistencia de macizos rocosos fracturados

3.6.9 ESPACIAMIENTO DE FRACTURAS Y JUNTAS (RQD+JS O FF)

El espaciamiento es la medición de todas las discontinuidades y divisiones, y no incluye características cementadas. Las características

cementadas afectan al IRS y como tal deben ser incluidos en esa determinación. Una junta es una característica obvia que es continua si su longitud es mayor que el ancho de la excavación, es decir las juntas definen los bloques de roca. Fracturas y divisiones no necesariamente tienen continuidad. Un máximo de tres familias de juntas es usado sobre la base que tres familias de juntas definirán; cualesquiera otras juntas modificará simplemente la forma de la roca

Dos técnicas han sido desarrolladas para la evaluación de este parámetro:

- La técnica más detallada es para medir el RQD y el espaciamiento de juntas (JS) separadamente, siendo las máximas valoraciones de 15 y 25 respectivamente
- La otra técnica es para medir todas las discontinuidades y para registrar estos como la frecuencia de fractura por metro (FF/m) con una valoración máxima de 40, es decir el 15 y 25 de arriba son aumentados

3.6.10 DESIGNACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ROCA (RQD)

La determinación del RQD es una técnica sobre muestras diamantinas en la cual solamente estas muestras con una longitud mayor que 100 mm son registradas:

$$\text{RQD, \%} = \frac{\text{Total lengths of core } > 100 \text{ mm}}{\text{Length of run}} \times 100.$$

Solamente muestras diamantinas de al menos BXM de tamaño (42 mm) debe ser usado. Es también esencial que la perforación sea realizada con estándares altos.

La orientación de las fracturas con respecto a la muestra es importante, si un taladro BXM es perforado perpendicular a las fracturas con espaciado a 90 mm, el RQD es 0 por ciento. Si el taladro es perforado con una inclinación de 40 grados, el espaciamiento entre las mismas fracturas es 137 mm; sobre esta base, el RQD es 100 por ciento. Como esto es obviamente incorrecto, es esencial que el cilindro de las muestras diamantinas (sound cores) deberían exceder 100 mm de longitud. En la mencionada intersección de 40 grados, el cilindro de la muestra diamantina debería ser solamente 91 mm y el RQD cero por ciento. La longitud de la muestra diamantina usada para el cálculo está medida de fractura a fractura a lo largo del eje de la muestra.

En la determinación del RQD de superficies de roca, la línea de muestreo debe ser semejante a una muestra diamantina en los siguientes puntos observados:

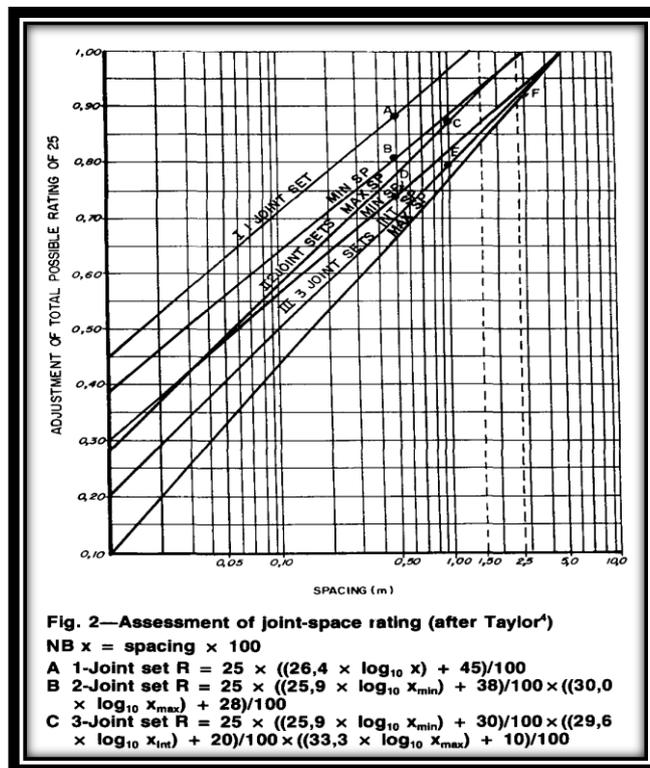
- Es necesaria la experiencia en la determinación del RQD de muestra diamantina.
- No debe ser afectado por fracturas de voladura
- Los planos de sedimentación más débiles no necesariamente se fracturan cuando se perforan.

- Evaluar la pared opuesta (de enfrente) donde una junta forma el lado de la pared.
- Zonas de cizalla mayores de 1 m deben ser clasificadas por separado.

3.6.11 ESPACIAMIENTO DE JUNTA (JS)

Un máximo de tres familias de juntas es asumido, es decir el número requerido para definir un bloque de roca. Donde hay cuatro o más familias de juntas, las tres familias con espaciamentos más cercanos serán usadas. El gráfico original para la determinación de la valoración del JS ha sido reemplazado por aquel propuesto por Taylor. De la figura 23 es posible obtener la valoración para uno, dos y tres familias de juntas.

Figura N^a 23 Valoración par uno, dos y tres familias de juntas.



Ejemplo:

- Una familia, espaciada a 0.5 m = A, Valoración = $0.88 (25) = 22$
- Dos familias, espaciadas a 0.5 m y 1.0 m = B+C, valoración = $0.81(0.86)25=17$
- Tres familias espaciadas a 0.5 m, 1.0 m y 3.0 m = D,E+F, valoración = $0.74(0.8)(0.93)(25) = 14$

3.6.12 FRECUENCIA DE FRACTURA POR METRO (FF/M)

Este sistema aparentemente simplificado requiere la medición de todas las discontinuidades que están intersectadas por la línea de muestreo. Es importante determinar o si uno o dos o tres sistemas de juntas está siendo muestreado.

Para la misma FF/m, un macizo rocoso con una familia de juntas es más fuerte que una con dos familias de juntas, la cual es a su vez más fuerte que una con tres familias de juntas. La ubicación de la valoración está en la Tabla I, la cual es para diferentes familias de juntas.

En el caso de muestras diamantinas, es necesario conocer si solamente una o dos familias de los tres sistemas están intersectadas.

Mediciones subterráneas de frecuencias de fracturas están hechas sobre las cajas techo y piso de galerías, túneles o tajeos, dependiendo de la orientación de las características.

Las siguientes situaciones se aplican:

- Si todas las características están presentes en las cajas, establecer ya sea que ellas intersectan una línea horizontal.

- Si ninguna de ellas intersecta una línea horizontal, medir sobre una línea vertical también.
- Si una familia es paralela a la pared, medir estas sobre una línea en la caja techo (techo) en ángulos hacia la derecha hacia la pared.

Tabla N° 07: Geological parameters and ratings

TABLE I GEOLOGICAL PARAMETERS AND RATINGS										
1. Meaning of the ratings										
Class	1		2		3		4		5	
Rating	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Description	100-81		80-61		60-41		40-21		20-0	
Colour	Very Good Blue		Good Green		Fair Yellow		Poor Brown		Very Poor Red	
Distinguish between the A and B sub-classes by colouring the A sub-class full and cross-hatch the B.										
2. Parameters and ratings										
IRS-MPa rating %	RQD rating %	Joint spacing m	Fracture frequency, FF/m							
			Rating			Average per metre				
			1 set	2 set	3 set	1 set	2 set	3 set		
>185	20	97-100	15	0 < - > 25	0,1	40	40	40		
165-185	18	84-96	14	See Fig. 2	0,15	40	40	40		
145-164	16	71-83	12		0,20	40	40	38		
125-144	14	56-70	10		0,25	40	38	36		
105-124	12	44-55	8		0,30	38	36	34		
85-104	10	31-43	6		0,30	36	34	31		
65-84	8	17-30	4		0,80	34	31	28		
45-64	6	4-16	2		1,00	31	28	26		
35-44	5	0-3	0		1,50	29	26	24		
25-34	4				2,00	26	24	21		
12-24	3				3,00	24	21	18		
5-11	2				5,00	21	18	15		
1-4	1				7,00	18	15	12		
					10,00	15	12	10		
					15,00	12	10	7		
					20,00	10	7	5		
					30,00	7	5	2		
					40,00	5	2	0		
ALLOW FOR CORE RECOVERY										

TABLE I (continued opposite)		TABLE III BOREHOLE LOG SHEET													
<p>TABLE II FACTORS TO GIVE AVERAGE FRACTURE FREQUENCY</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sampling procedure</th> <th>Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a. One set of three sets on a line, or one set only</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>b. Two sets of three sets on a line or two sets only</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>c. All of the sets on a line or borehole core</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>d. Two sets on one line and one on another</td> <td>2,4</td> </tr> <tr> <td>e. Three sets on three lines at right-angles</td> <td>3,0</td> </tr> </tbody> </table>		Sampling procedure	Factor	a. One set of three sets on a line, or one set only	1,0	b. Two sets of three sets on a line or two sets only	1,5	c. All of the sets on a line or borehole core	2,0	d. Two sets on one line and one on another	2,4	e. Three sets on three lines at right-angles	3,0	<p>Borehole No: _____ Date: _____</p> <p>Zoning of borehole _____</p> <p>Interval length (A) _____</p> <p>Total sound core (B) _____</p> <p>RQD, % $\frac{B}{A} \times 100$</p> <p>Low angle Number _____</p> <p>Mean spacing (A) _____</p> <p>0-29 True distance = $A \times \sin(0,26)$</p> <p>Moderate angle Number _____</p> <p>Mean spacing (B) _____</p> <p>30-59 True distance = $B \times \sin(0,71)$</p> <p>High angle Number _____</p> <p>Mean spacing (C) _____</p> <p>60-90 True distance = $C \times \sin(0,97)$</p> <p>Average frequency = $\frac{\text{Sum of individual FF/m (inverse of spacing)}}{2}$</p> <p>Final Rating _____</p> <p>IRS _____</p> <p>RQD _____</p> <p>Joint spacing _____</p> <p>Joint condition _____</p> <p>Total _____</p> <p>Remarks _____</p> <p>Sin values 0-29 = 0,26 30-59 = 0,71 60-90 = 0,97</p> <p>Signature: _____</p>	
Sampling procedure	Factor														
a. One set of three sets on a line, or one set only	1,0														
b. Two sets of three sets on a line or two sets only	1,5														
c. All of the sets on a line or borehole core	2,0														
d. Two sets on one line and one on another	2,4														
e. Three sets on three lines at right-angles	3,0														

Tabla N^o 07: Continuación

3. Assessment of joint condition					
Accumulative % adjustment of possible rating of 40					
Parameter	Description	Adjustment, %			
		Dry	Moist	Mod. pressure 25-125 l/m	High pressure >125 l/m
A	Multi wavy directional	100	100	95	90
	Uni	95	90	85	80
	Large-scale joint expression	85	80	75	70
	Slight undulation	80	75	70	65
	Straight	75	70	65	60
B	Rough stepped/irregular	95	90	85	80
	Smooth stepped	90	85	80	75
	Small-scale joint expression	85	80	75	70
	Rough undulating	80	75	70	65
	200 mm x 200 mm	75	70	65	60
	Smooth undulating	70	65	60	55
	Slickensided undulating	65	60	55	50
C	Rough planar	60	55	50	45
	Smooth planar	55	50	45	40
	Polished	55	50	45	40
D	Joint wall alteration weaker than wall rock and only if it is weaker than the filling	75	70	65	60
	Non-softening and sheared material	90	85	80	75
Joint filling	Coarse	85	80	75	70
	Medium	80	75	70	65
	Fine	70	65	60	55
	Soft sheared material, e.g. talc	60	55	50	45
	Coarse	50	45	40	35
	Medium	45	40	35	30
	Fine	30	20	15	10
Gouge thickness < amplitude of irregularities	45	40	35	30	
Gouge thickness > amplitude of irregularities	30	20	15	10	

Example: A straight joint with a smooth surface and medium sheared talc under dry conditions gives A = 70%, B = 65%, D = 60%; total adjustment = 70 × 65 × 60 = 27%, and the rating is 40 × 27% = 11.
The rock mass rating (RMR) is the sum of the individual ratings.

Estas situaciones conflictivas de procedimiento de muestreos diferentes pueden ser resueltos si la suma de las mediciones es dividida por un factor para llegar a la frecuencia promedio. Estos factores son mostrados en la Tabla 07, la cual puede ser apreciada si es comparado con el muestreo de los lados de un cubo sobre diferentes líneas en intersección. La necesidad de muestreo preciso no puede ser demasiado esforzada. A menudo estudios de líneas de detalle son hechos sobre paredes que no intersectan todas las características.

La frecuencia de fractura por metro promedio (FF/m) es usada en la Tabla 06 para determinar la valoración. El inverso de este número da el promedio del espaciamiento de fracturas. Los datos de A y B pueden ser usados solamente si el espaciamiento de junta para todas las familias es aproximadamente la misma. La figura 3 muestra la

relación entre FF/m y las valoraciones de técnicas de muestreo diferentes para muestras diamantinas y afloramientos subterráneos que han sido ajustados para un espaciamiento promedio.

Debido a que la FF/m incluye a las características continuas (juntas) y discontinuas (fracturas), la continuidad debe ser estimada para dar el espaciamiento de juntas y el tamaño de bloque de la roca (figura 24). Así, la FF/m dará la valoración del macizo rocoso, pero este tiene que ser ajustado por los factores dados en la Tabla IV, (Ver página siguiente Figura 24)

3.6.13 RECUPERACIÓN DE TESTIGOS

Como la FF/m no reconoce la recuperación de muestras, la FF/m debe ser incrementada si hay pérdida de muestras diamantinas, lo cual ocurrirá en las secciones más débiles de la muestra diamantina. El ajuste es hecho por la división de la FF/m entre la recuperación diamantina y este cociente multiplicado por 100.

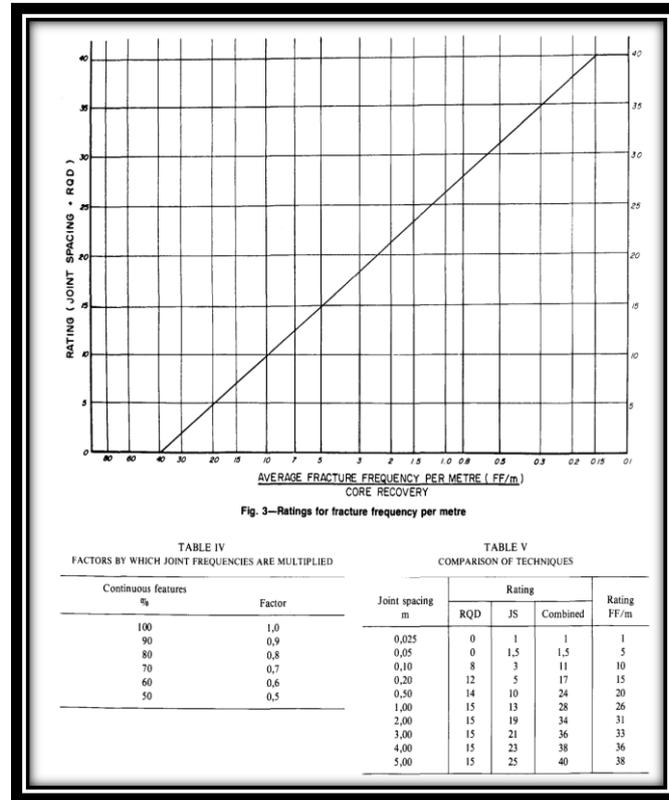
3.6.14 COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS

La ventaja de la técnica de FF/m es que es más sensible que el RQD para un amplio rango de espaciamientos de juntas, debido a que éste mide solamente muestras diamantinas menores que 100 mm y rápidamente cambia a 100 por ciento. Ejemplos de esto son mostrados en la Tabla V, que asume que hay un porcentaje de muestras diamantinas mayores que 100 mm en las intersecciones de las juntas.

La técnica de la frecuencia de fractura fue usada primero en Chile en 1985 y luego en Canadá en 1986. En Zimbabwe la técnica de FF/m

fue usado en conjunto con el RQD y la técnica de JS y fue establecido para ser solo como aproximación

Figura N° 24: Average fracture frequency per metre (FF/m)



3.6.15 CONDICIÓN DE JUNTA Y AGUA

La condición de junta es una evaluación de las propiedades friccional de las juntas (no fracturas) y está basada sobre la expresión, propiedades de superficie, zonas de alteración, relleno y agua. Originalmente el efecto de agua fue provisto para una sección separada. Sin embargo, se decidió que la evaluación de la condición de junta que permite el influjo de agua debería tener una mayor sensibilidad. Una valoración total de 40 es ahora asignada para esta sección. El procedimiento para la determinación de junta se muestra en la Tabla 08 (ver página siguiente), la cual divide la sección de la

evaluación de juntas en subsecciones A, B, C y D. La subsección A proporciona la expresión de la característica a gran escala. B evalúa la expresión para la pequeña escala y está basado en los perfiles mostrados en la figura 5. La sección C es aplicado cuando hay una diferencia distintiva entre la dureza de la roca encajonante y aquella de la superficie de la junta. La sección D abarca las variaciones in el relleno de la junta.

Como las condiciones de las diferentes familias de juntas no son necesariamente las mismas, un promedio pesado tiene que ser calculado. Sin embargo, si hay una diferencia significativa en las valoraciones de de la condición, esto debe ser resaltado en el texto o en los planos. Una valoración para una familia de juntas podría influenciar la orientación de los túneles y/o la secuencia del minado.

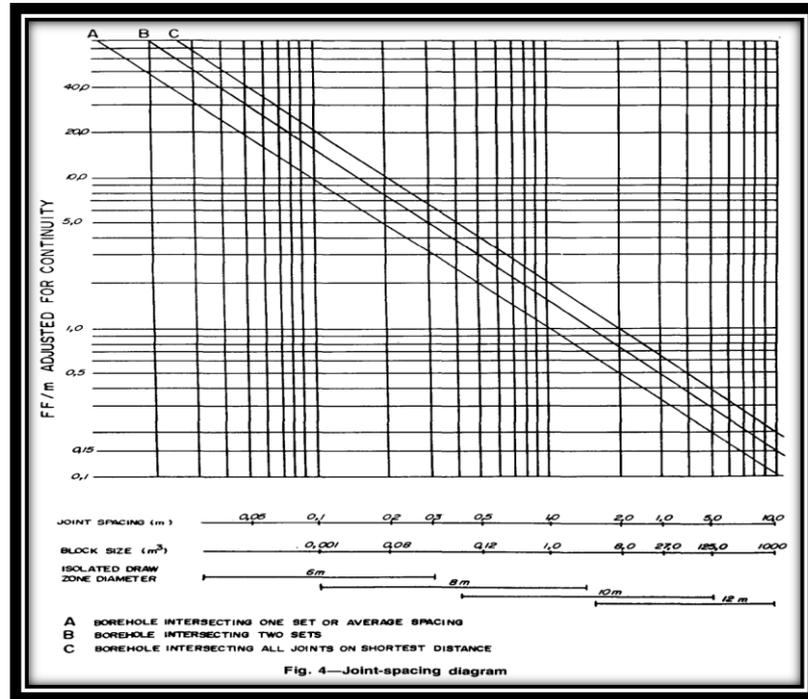
Cuando hay una preponderancia de cruceros sobre unidades o viceversa, un sesgo de muestreo puede ocurrir, resultando en preferencias esenciales, siendo dadas para estas características que intersecta las galerías dominantes en ángulos considerables.

3.6.16 AJUSTES

El RMR es multiplicado por un porcentaje de ajuste para dar el MRMR. Los porcentajes de ajuste son empíricos, habiendo sido basado en numerosas observaciones en el campo. El procedimiento de ajuste requiere que el ingeniero evalúe la actividad minera propuesta en términos de su efecto sobre el macizo rocoso. Por ejemplo, voladuras pobres tienen influencia en la estabilidad de galerías o

taludes de tajo abierto, sin embargo, no tiene influencia sobre la excavabilidad del macizo rocoso.

Figura N° 25. El procedimiento para la determinación de junta



Se ha encontrado que hay una mejor apreciación de la operación cuando el personal de planeamiento tiene que pensar en términos de ajustes. Los conceptos de ajuste desarrollados para el sistema MRMR fueron usados por **Engineers International, Inc.** para preparar una clasificación del macizo rocoso de una mina con explotación con hundimiento y un sistema de estimación de soporte.

3.6.17 METEORIZACIÓN

Ciertos tipos de rocas se meteorizan rápidamente, y debe ser tomado en consideración al tomar decisiones respecto del tamaño de la abertura y el diseño del soporte. La meteorización es dependiente del tiempo e influencia el periodo de tiempo de instalación del soporte y

el ritmo del minado. Los tres parámetros que son afectados por la meteorización son el IRS, RQD o FF/m y la condición de juntas. El porcentaje RQD puede disminuir por el incremento de las fracturas. EL IRS puede disminuir significativamente cuando los cambios químicos tienen lugar; de hecho, está la situación con Kimberlitas, donde las rocas duras y sólidas tornan a arena en un periodo de tiempo corto. La condición de juntas es afectada por alteración de la superficie de la junta y el relleno de la misma. Los datos de meteorización basada en el examen de muestras diamantinas pueden ser conservadoras debido al área de superficie grande de la muestra relativa al volumen de las exposiciones subterráneas, las cuales son más confiables:

Figura N° 26: Percent Adjustment

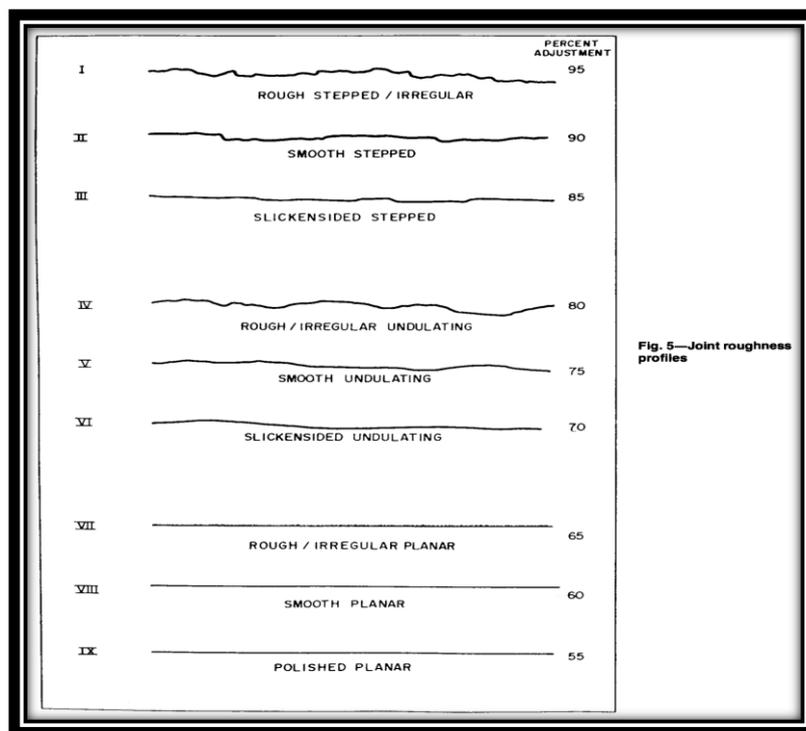


Tabla N° 08: Percent Adjustment

Degree of weathering	Potential weathering and adjustments, %				
	½ y	1 y	2 y	3 y	4 + y
Fresh	100	100	100	100	100
Slight	88	90	92	94	96
Moderate	82	84	86	88	90
High	70	72	74	76	78
Complete	54	56	58	60	62
Residual soil	30	32	34	36	38

3.6.18 ORIENTACIÓN DE JUNTAS

El tamaño, forma y orientación de una excavación afecta el comportamiento del macizo rocoso. La posición de las juntas y sea que las bases de los bloques están expuestas o no, tienen una influencia significativa en la estabilidad de la excavación y las valoraciones deben ser ajustadas de acuerdo a ello. La magnitud del ajuste depende de la posición de las juntas con respecto al eje vertical del bloque. Como la gravedad es la fuerza más significativa a ser considerada, la inestabilidad del bloque depende del número de juntas que buzan desde el eje vertical. Los ajustes requeridos son mostrados en la Tabla 09.

Tabla N° 09: Percentage Adjustment for joint orientation

No. of joints defining the block	No. of faces inclined away from the vertical				
	70%	75%	80%	85%	90%
3	3		2		
4	4	3		2	
5	5	4	3	2	1
6	6	5	4	3	2,1

La orientación de las juntas tiene un aporte sobre la estabilidad de los espacios vacíos y la excavabilidad de macizos rocosos que se están tajeando.

Los ajustes por orientación de zonas de cizalla con respecto al desarrollo son como siguen: $0-15^\circ = 76\%$, $15-45^\circ = 84\%$, $45-75 = 92\%$

El avance de los extremos o frentes en la dirección del buzamiento de las características estructurales es preferible desarrollarlos contra el buzamiento. Un ajuste del 90% debería ser hecho para ajustes previos cuando el avance es contra el buzamiento de una familia de juntas con espaciamiento pequeño. Esto es debido a que es más sencillo sostener bloques de roca que tienen juntas predominantes buzando con el avance

El ajuste para orientación de zonas de cizalla no se aplica a “roca fracturada”. La valoración máxima es por eso la orientación de junta multiplicada por la dirección de avance. El cual es $70\%(90\%)=63\%$.

El efecto de la orientación y condición de junta sobre la estabilidad es claramente visualizado en arcos de puentes hechos de bloques de rocas de alta fricción.

3.6.19 AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE JUNTAS PARA PILARES Y HASTIALES

Un ajuste por orientación modificado se aplica para el diseño de pilares o hastiales expuestos. Los ajustes son hechos donde las juntas definen una cuña inestable con su base en el hastial. La inestabilidad es determinada por el Plunge más bajo (buzamiento) de la intersección

de las juntas, también por la condición de las juntas que definen los lados de la cuña (Tablas 10).

3.6.20 ESFUERZOS INDUCIDOS POR LABOREO MINERO

Los esfuerzos inducidos por Laboreo Minero resultan de la redistribución de los esfuerzos de campo (regional) que es causado por la geometría y orientación de la geometría de las excavaciones. La magnitud y ratio de los esfuerzos de campo deberían ser conocidos. La redistribución de los esfuerzos puede ser obtenido por modelamiento o de diagramas de redistribución publicados. Los esfuerzos redistribuidos que son de interés son: El máximo, Mínimo y sus diferencias.

Tabla N° 10: Percentage Adjustment for the plunge of the intersection of joints the base of blocks.

Average rating	Plunge degree	Adjustment %	Plunge degree	Adjustment %	Plunge degree	Adjustment %
0-5	10-30	85	30-40	75	> 40	70
5-10	10-20	90	20-40	80	> 40	70
10-15	20-30	90	30-50	80	> 50	75
15-20	30-40	90	40-60	85	> 60	80
20-30	30-50	90	> 50	85		
30-40	40-60	90	> 50	90		

3.6.21 ESFUERZOS MÁXIMOS

El máximo esfuerzo principal puede causar fracturamiento paralelo a la dirección de este esfuerzo, el fracturamiento intenso del pilar (molido), y la deformación y flujo plástico de zonas suaves. La

deformación de intercalamientos suaves conducen a la fractura de zonas duras en relativamente niveles bajos de esfuerzos. Un esfuerzo compresivo en un ángulo pronunciado relativo a las juntas incrementa la estabilidad del macizo rocoso e inhibe el colapso. En este caso, el ajuste puede ser superior al 120 por ciento, es decir mejora la resistencia del macizo rocoso.

3.6.22 ESFUERZOS MÍNIMOS

El esfuerzo principal mínimo juega un significativo papel en las estabilidades de los lados y posteriores de excavaciones grandes, los hastiales de las aberturas y las cumbres mayor y menor que protegen los horizontes de explotación o extracción. La remoción de esfuerzos horizontales altos sobre una de las cajas de una abertura grande resultará en la relajación del terreno más allá de la abertura

3.6.23 DIFERENCIAS DE ESFUERZOS

Una gran diferencia entre los esfuerzos máximo y mínimo tiene un efecto significativo en los macizos rocosos fracturados, resultando en cizallamiento a lo largo de las juntas. El efecto se incrementa cuando aumenta la densidad de juntas (debido a que más juntas serán orientadas desfavorablemente) y también las valoraciones de por condición de juntas disminuye. Los ajustes pueden ser tan bajos como el 60 por ciento.

3.6.24 FACTORES EN LA EVALUACIÓN DE ESFUERZOS POR LABOREO MINERO

Los siguientes factores deberían ser considerados en la evaluación de esfuerzos inducidos por laboreo minero:

- Esfuerzos inducidos en galería (drift).
- Interacción de galerías con espaciamiento muy pequeño.
- Ubicación de galerías o túneles cercanas a aberturas grandes.
- Amontonamiento (concentración (abutment)) de esfuerzos, particularmente con respecto a la dirección de avance y orientación de los esfuerzos de campo (un avance de tajeos a través de los esfuerzos máximos asegura buena excavación pero incrementa la concentración alta de esfuerzos (abutment) y viceversa.
- Elevación (Uplift).
- Cargas puntuales desde terrenos excavados causado por fragmentación pobre.
- Remoción de restricciones a las cajas extremos superiores.
- Incrementos en tamaño de área de minado causa cambios en la geometría.
- Masivo fallamiento de cuñas.
- Influencia de estructuras mayores no expuestas en la excavación, pero creando la probabilidad de altos esfuerzos en el pie o fallamientos en la zona posterior de la abertura.

- Presencia de intrusivos que pueden retener esfuerzos altos o difundir esfuerzos dentro de los alrededores de la roca más competente.

El ajuste total es desde 60 hasta 120 por ciento. Para llegar al porcentaje de ajuste, uno debe evaluar el efecto de los esfuerzos sobre los parámetros básicos y usar el total.

3.6.25 EFECTOS DE VOLADURA

La voladura crea nuevas fracturas y aflojamiento del macizo rocoso, causando movimiento de las juntas, por lo que los siguientes ajustes deben ser aplicados:

<i>Technique</i>	<i>Adjustment, %</i>
Boring	100
Smooth-wall blasting	97
Good conventional blasting	94
Poor blasting	80.

El ajuste de 100 por ciento para Boring está basado en la ausencia de daños en las paredes; sin embargo, experiencias recientes con tuneleras Roadheader muestran que el deterioro por esfuerzos ocurre en una pequeña distancia desde la pared. Este fenómeno está siendo investigado ya que buenas voladuras pueden crear una mejor condición de pared.

Se debe notar que voladuras pobres tienen su mayor efecto en pilares angostos y galerías con espaciamiento pequeño debido a la cantidad limitada de roca no afectada

3.6.26 RESUMEN DE AJUSTES

Los ajustes deben reconocer la vida de la excavación y el comportamiento tiempo dependiente del macizo rocoso:

Tabla N° 11: Parámetros para el posible ajuste

<i>Parameter</i>	<i>Possible adjustment, %</i>
Weathering	30–100
Orientation	63–100
Induced stresses	60–120
Blasting	80–100.

Aunque los porcentajes son empíricos, el principio del ajuste ha probado sensatez y como tal, obliga al diseñador tener en cuenta estos importantes factores.

3.6.27 RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO (RMS)

La resistencia del macizo rocoso (**RMS**) es derivado del IRS y el RMR. La resistencia del macizo rocoso no puede ser mayor que el promedio del ISR corregido de una zona. El **ISR** ha sido obtenido por muestreo de pequeños especímenes, pero el ensayo hecho en especímenes de “gran tamaño” muestra que sus resistencias es el 80 por ciento de aquellos especímenes pequeños. Como el macizo rocoso es un espécimen de “gran tamaño”, el IRS debe ser reducido al 80 por ciento de su valor. Así, la resistencia del macizo rocoso debería ser $IRS \times 80\%$ si ¡no tiene ninguna junta! El efecto de las juntas y las propiedades friccionales es para reducir la resistencia del macizo rocoso

El siguiente procedimiento es adoptado en el cálculo del RMS:

- La valoración (B) del IRS es restado de la valoración total (A) y, por consiguiente, el balance, es decir el RQD, espaciamiento de juntas y su condición son una función de la valoración posible restante de 80.
- La IRS (C) es reducida al 80 por ciento de su valor

$$\text{RMS} = \frac{(A - B)}{80} \times C \times \frac{80}{100},$$

Por ejemplo. Si el total de la valoración (**RMR Básico**) fue de 60 con un IRS de 100 Mpa y una valoración de 10, entonces:

$$\text{RMS} = 100 \text{ MPa} \times \frac{(60 - 10)}{80} \times \frac{80}{100} = 50 \text{ MPa}.$$

3.6.28 RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO DE DISEÑO (DRMS)

La resistencia del macizo rocoso de diseño (DRMS) es la resistencia del macizo rocoso no confinado en específico entorno minero. Una operación minera expone la superficie de la roca y el interés es con la estabilidad de la zona que circunda la excavación. La extensión de esta zona depende del tamaño de la excavación y, exceptuando macizos rocosos fallados, propaga la inestabilidad desde la superficie de la roca. El tamaño del bloque de la roca generalmente definirá la primera zona de inestabilidad. Los ajustes que relacionan a aquel entorno minero, son aplicados al RMS para dar el DRMS. Como el DRMS está en Megapascuales, pueden ser relacionados a los esfuerzos

mineros inducidos. Por eso, los ajustes usados son aquellos por: meteorización, orientación y voladura. Por ejemplo, si:

Meteorización = 85%, orientación = 75%, voladura = 90%, Total = 57%, y RMS = 50, el ajuste = 57% y el DRMS $50 \times 57\% = 29\text{Mpa}$.

Consecuentemente, el macizo rocoso tiene una resistencia compresiva no confinada de 29 Mpa, el cual puede ser relacionado al total de los esfuerzos.

3.6.29 PRESENTACIÓN DE DATOS

Los datos de las valoraciones para el macizo rocoso deben ser graficados en planta y sección como clases o subclases. Si las subdivisiones A y B son utilizadas, las zonas A pueden ser coloreadas completamente y las zonas B pueden ser achuradas. Estos planos y secciones proveen los datos básicos para el diseño de mina. El planeamiento son graficados con las valoraciones ajustadas (MRMR) los que resaltarán áreas de problemas potenciales o, si el planeamiento ha sido acordado, los requerimientos de sostenimiento serán basados en el MRMR o DRMS. En el caso del DRMS, los valores pueden ser delineados.

3.6.30 APLICACIONES PRÁCTICAS

El macizo rocoso puede ahora ser descrito en valoraciones o megapascales; en otras palabras, estos números definen la resistencia del material en el cual las operaciones mineras se están ejecutando. La estabilidad o la inestabilidad de la excavación han sido relacionadas a estos números. En las minas en que el sistema ha estado en operación,

su introducción fue bienvenida por todos los departamentos, desde geología hasta aquellos involucrados en la producción.

3.7 TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS

Se realizarán análisis estadísticos de las muestras para la obtención de resultados.

CAPÍTULO IV

MINA MARCAPUNTA NORTE

4.1 UBICACIÓN Y ACCESO

El Proyecto Marcapunta Norte se encuentra ubicado a 2 Km. al sur de la mina Colquijirca. Políticamente pertenece al distrito de Tinyahuarco, Provincia y Departamento de Pasco; geográficamente se ubica dentro de la región Puna con una altitud promedio de 4350 msnm, a su vez, el distrito de Tinyahuarco se encuentra a 8 Km. Al sur de Cerro de Pasco. El área específica de estudio es un rectángulo de 1, 900 x 1,500 metros, haciendo un total de 285 Has.

Colquijirca es relativamente de fácil acceso hacia la capital; una de ellas es la carretera asfaltada:

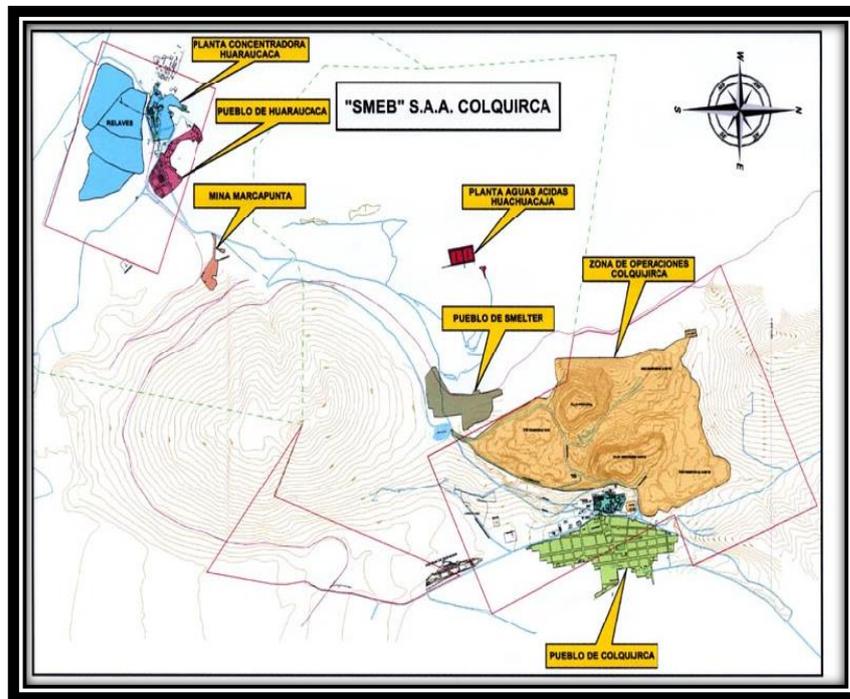
Cuadro N° 01: Acceso a la mina Marca Punta Norte

Origen	Destino	distancia (km)
Lima	La Oroya	175.00
La Oroya	Colquijirca	114.50
Total =		289.50

Fuente: Elaboración Propia

Cuyo total recorrido toma un tiempo aproximado de 5 horas. La mina está a una altitud promedio de 4,300 m.s.n.m.

Mapa N° 01: Mapa de ubicación de la mina Marcapunta Norte



El ferrocarril central, La Oroya - Cerro de Paseo, que emplea CENTROMIN Perú para el transporte de minerales desde Cerro de Paseo hasta La Oroya atraviesa por las propiedades de El Brocal, bordeando el sector Oeste del cerro Marcapunta, en la actualidad no existe servicio de transporte de pasajeros por tren. Como vía alternativa se tiene el acceso aéreo para lo cual se tiene un pequeño campo de aterrizaje en la localidad de Vicco, desde

donde se sigue por una carretera afirmada hasta Colquijirca en aproximadamente 20 minutos. Otra vía, aunque poco empleada lo constituye la carretera Lima, Huaral, Canta, Huayllay y Colquijirca

El cerro Marcapunta en sí, cuenta con una trocha para vehículos livianos cuyo acceso parte desde Colquijirca, llega hasta la cumbre norte; de donde salen varios ramales que llegan a su parte oriental y hasta el extremo sur.

4.2 HISTORIA

El Yacimiento Minero de Colquijirca es actualmente una de las principales unidades de la Sociedad minera "El Brocal" SA., empresa dedicada a la explotación y exploración de yacimientos de plata, plomo y zinc.

Colquijirca etimológicamente proviene de los vocablos quechua - aymara, Golque = Plata y Jirca = Cerro, que traducido al español significa "Cerro de Plata". La actividad minera en Colquijirca se desarrolla desde la época Pre Incaica, pues los Tinyahuarcos asentados en Marcapunta (Puntamarca) ya extraían plata del Cerro contiguo. El 12 de Marzo de 1,533 los españoles sorprendieron a los Tinyahuarcos conduciendo 400 arrobas de plata fina y 150 arrobas de oro para pagar el rescate del Inca Atahualpa. En el Virreinato la mina fue explotada a través de pequeños tajos abiertos y labores en forma de media barreta que seguían el rumbo y buzamiento de los estratos.

En 1880, se forman sociedades a través de las cuales la familia Clotet extraía mineral con alto contenido de plata. En 1883, se inicia el trabajo en la mina a cargo del Sr. Fernandini, con la apertura del socavón de cortada ya los 13 años de tenaz esfuerzo cortó los mantos mineralizados. Al finalizar 1889, el Ingeniero Antenor Rizo Patrón Loquerica es contratado para dirigir el

establecimiento Metalúrgico de Huaraucaca. En 1904, se inicia la instalación de maquinarias hidráulicas y eléctricas. Formalizándose así las operaciones. En 1914, al iniciarse la primera Guerra Mundial; la Empresa entra en auge al vender sus minerales a Alemania. En 1924, se empezó con la concentración de minerales con un solo molino Hardinge, logrando pasar 140 TPD. Durante las primeras tres décadas del presente siglo fue la mina más productiva de plata de Sudamérica y se encontraron minerales de 6,000 Oz/TM de Ag. En el lapso de 1930 hasta 1937, se paralizaron las operaciones mineras debido a la baja cotización de los metales en los mercados internacionales.

En 1937, se reanudan las operaciones tratando 250 TPD con dos molinos de bolas Hardinge. En 1941, se reanuda la explotación de bismuto manteniéndose hasta 1945; quedando como reservas probadas 5,404 TMS de mineral con 5.4 Oz/TM de Ag en San Gregorio. En 1962, la planta concentradora llega a su máxima producción de aquellos tiempos pasando a 480 TPD. En 1973, se alcanzó un récord de producción de 199,317 TMS de mineral por explotación convencional subterránea. También se inician los trabajos a tajo abierto "Mercedes-Chocayoc" y en la zona de Marcapunta (Minería sin rieles). En 1974, se abandonaron las zonas de minería convencional para intensificar la producción de cobre de Marcapunta por el repunte de la cotización del metal a 1.5 \$/Lb. En 1975, se intensificó el desbroce del tajo abierto. Ese año se benefició a 580 TPD que fue el máximo volumen, para luego declinar el año siguiente.

En 1976, se cerró definitivamente la explotación convencional subterránea en Colquijirca. En el período de 1976 hasta 1978, se atravesó una etapa de falencia económica al quedar descapitalizada la mina.

El 22 de mayo de 1979 se ingresó a un período de reactivación económica, gracias a la inversión de capitales tanto del Ingeniero Alberto Benavides de la Quintana, del Sr. Dionisio Romero; como otros. De 1980 hasta 1981, llegaron equipos para las operaciones en el tajo abierto y se trató en la planta 1,500 TPD. El 15 de Diciembre de 1981, comenzó la planta de lavado, una vez concluida la ampliación de la planta (lavado y celdas de circuito Pb y Zn). Entre los años 1984 y 1989, se logró una producción máxima o igual a la capacidad nominal de la concentradora de 1550 TPD. En los años de 1985 a 1988, nuevamente se incrementó el poderío de equipos para el tajo abierto. De 1989 hasta 1990, se continuó implementando equipos para el tajo abierto "Principal" por la contrata COSAPI S.A. En 1991, la mina estaba ampliamente desarrollada, siendo sus labores de explotación dos tajos abiertos ("Mercedes - Chocayoc" y "Principal") y la planta concentradora se amplió para tratar 2,000 TMS diarias. Brocal siempre mostró especial interés por ampliar sus operaciones, es así que las exploraciones en busca de nuevas zonas mineralizadas no cesó y se estaban realizando perforaciones diamantinas en forma simultánea desde la década de 1980 tanto en San Gregorio como en Marcapunta. En 1994, la compañía emprende una campaña de perforaciones diamantinas con mayor intensidad en sus tres proyectos: Tajo Norte, San Gregorio y Marcapunta, el mismo que se prolonga hasta Enero de 1997.

En noviembre de 1996, la planta concentradora de Huaraucaca comienza con la flotación selectiva de zinc, plata y plomo; que anteriormente solo se hacía como un concentrado Bulk. Al mismo tiempo se incrementa la capacidad a 2,200 toneladas diarias. El área de Colquijirca ha sido visitado por innumerables geólogos de renombre, tanto nacionales como extranjeros, específicamente en el área de Marcapunta se han hecho estudios desde mediados de la década del 70, intensificándose en la de 1980. Pudiéndose citar entre otros a: Lindgren (1935), McKinstry (1936), Jenks (1951), Roggers y Frey (1954), De las Casas (1963), Jochamowicz (1970), R. Lehne (1971), Misión Alemana (1973), Instituto de Energía Nuclear y Orlando Orbegozo (1975). Complementándose con el Dr. D. Noble, el Ing. G. Barba de BISA, y el Dr. Cesar Vidal; quienes han hecho trabajos de cartografiado geológico, revisión de algunos sondajes diamantinos, entre otros.

En Julio de 1990, BISA sugirió investigar el ambiente arsenical de la región, dado su condición favorable en la precipitación del oro.

4.3 RECURSOS

El cuerpo mineralizado de Marcapunta Norte tiene como principal recurso a el cobre. Respecto de los volúmenes de producción, la empresa opera una planta con una capacidad de tratamiento estimada de 6,000 toneladas de mineral por día. La empresa beneficia diariamente, 5,000 toneladas de mineral de plata-plomo-zinc y 1,000 toneladas de mineral de cobre. Dicha información consta en las memorias de la empresa.

Brocal estima que tendría una vida de mina de aproximadamente 10 años. Esta estimación considera la capacidad de producción proyectada en el Programa de Expansión de Operaciones.

El Proyecto Marcapunta consta de una mina subterránea de cobre ubicada en el área de la concesión, a pocos kilómetros de la mina Colquijirca.

Asimismo, se han continuado con los trabajos de exploración para estimar el nivel de recursos minerales con los que cuenta el proyecto.

Se tiene las siguientes reservas minerales a diciembre del 2008:

- Marcapunta Norte (Cu) 53´505,821
- Marcapunta Oeste (Cu) 75´680,380
- Marcapunta Oeste (Au) 19´513,592

Total, Recursos Marcapunta: 148´699,793 Fuente: El Brocal (a diciembre 2008)

Programa de Expansión de Operaciones En agosto 2008, el Directorio de El Brocal aprobó el Programa de Expansión de Operaciones, cuyo objetivo es triplicar la capacidad de producción hasta 18 miles de toneladas por día. Esto implicará una inversión estimada de US\$160 millones, en un plazo aproximado de tres años.¹

El recurso humano es bueno y capacitado por ser una zona eminentemente minera, cuenta con energía eléctrica; casi el 100% del agua utilizada por la población minera de Colquijirca y del distrito de Tinyahuarco en general, proviene de la laguna de Angascancha; desde donde el agua es conducida por gravedad a través de un canal de tierra que lleva las aguas hasta una poza de

recepción de 3x3 m por 1 m de profundidad. También cuenta con todos los servicios básicos.

4.4 CLIMA

El clima es frígido, variando la temperatura de acuerdo a las estaciones del año en el orden de -5° a $+16^{\circ}$ C.

4.5 VEGETACIÓN

La vegetación es escasa, solamente caracterizado por la presencia de pastos naturales tal como el ichu y sembríos de tubérculos, de manera esporádica.

4.6 FAUNA

La fauna en la zona está representada por el ganado vacuno, ovino, porcino y caballar; así mismo la vizcacha y algunas aves silvestres.

4.7 GEOMORFOLOGÍA

- El área de estudio forma parte de la Altas Planicies. Morfológicamente las altas planicies se distinguen por una topografía relativamente suave, en comparación con las cordilleras Occidental y Oriental que se encuentran hacia sus flancos, y por cotas entre 3,800 y 4,500 m. s. n. m.
- La zona de estudio ha quedado delimitada por dos valles casi paralelos Ocshopampa y Andacancha en el E y W del Cerro Marcapunta, cuya orientación es $N 80^{\circ} W$ para ambos casos.
- Las zonas positivas la conforman las lomadas que se encuentran en los flancos de los valles, con pendientes moderadas a fuertes, otra de las manifestaciones está conformada por pequeñas colinas ubicadas hacia el oeste del tajo en operación.

- Los circos glaciares son otra de las manifestaciones de la erosión glaciaria, dando como resultado áreas casi redondeadas situadas al NE de Colquijirca en alguna de ellas se han acumulado agua en su interior formando pequeñas lagunas.

Localmente se puede distinguir subunidades geomorfológicas, resumiéndose en las siguientes:

ZONA DE PAMPAS

Presenta una superficie llana con pendiente subhorizontal, los materiales que lo constituyen son depósitos cuaternarios tales como gravas, arenas y limo-arcillas, de origen fluvio-aluvial o glacial que por procesos degradacionales y agradacionales, se han ido acumulando en las zonas más bajas para luego ser cubiertos por pastizales típicos de esta región.

La mejor exposición de esta unidad se refleja en la parte Este y Sur del Cerro Marcapunta extendiéndose por toda la meseta del Bombón.

VALLES Y QUEBRADAS

Los valles y quebradas se exponen mejor al Este y Oeste de los tajos en. Estos valles principales del lugar están drenados por pequeños riachuelos que tienen por nombres: Río Ocshapampa el del lado este y Río Andacancha el del lado oeste, ambos corresponden a un valle tipo glaciario, con su sección típica en U.

Las quebradas tributarias son mayormente formadas por las aguas de escorrentía, especialmente en la temporada de lluvias, éstas van profundizando su cauce a consecuencia de las precipitaciones pluviales y

llegan a confluír con los valles primarios casi en forma transversal formando un sistema de drenaje subrectangular.

ZONA DE CUMBRES Y LOMADAS

Constituyen la geomorfología más saltante de la zona, se exponen tanto en los alrededores como en la misma área de estudio, se caracteriza por presentar cumbres de forma ondulada, con suave pendiente; son escasas las cumbres con topografía agreste como se presenta al oeste del tajo.

En general la altitud promedio de estas cumbres no pasan los 4,400 msnm, lo conforman unidades litológicas variadas, como calizas, areniscas, conglomerados, entre otros. La cumbre más alta la constituye el complejo volcánico Marcapunta con su pico de 4,458 m.s.n.m. con una pendiente suave hacia el flanco E y W de 100.

DEPRESIONES

En forma restringida se puede observar esta unidad, se ubican casi en la periferia de la zona de estudio, donde un mediano circo glaciar es observable a la altura de Yanamate, extremo N del área, es de forma semi circular con aproximadamente 250 m de diámetro, este anfiteatro lo conforman las calizas del Pucará oriental, adyacente a ello tenemos la laguna Angascancha.

También se consideran aquellas labores hechas por la acción humana como son los tajos abiertos, que con el transcurrir del tiempo podrían acumular gran cantidad de agua formando lagunas como se observa en San Gregorio (al sur de Marcapunta).

En el Cerro Marcapunta, se presume que el nivel freático no debe estar muy profundo, puesto que se tiene innumerables manantiales o "puquios" aflorando. Las mediciones piezométricas que se hicieron en la zona de San Gregorio, indican que el la superficie piezométrica se encuentra entre 8 - 10 mts. Debajo de la superficie del terreno en la temporada de lluvias; mientras que en la temporada de sequía, desciende hasta 15 mts. El drenaje en superficie está controlado por dos factores principales; uno de ellos es el control litológico y por otro el control estructural, ambos factores influyen en el tipo de drenaje ya sea por la erosión diferencial o aprovechando las zonas de debilidad. El tipo de drenaje dominante en el área es del tipo subrectangular; con las quebradas mayores en forma sub paralela en dirección NNW - SSE y las quebradas tributarias casi transversales a las principales. En la actualidad, el río San Juan constituye una de las manifestaciones fluviales con mayor efecto de erosión y transporte en el lugar, éste; se caracteriza por presentar dos tipos de drenaje. Desde Sacrafamilia hasta Huaraucaca recorre 1.5 Km. casi en forma recta, después del cual se dirige hacia las pampas de Junín formando numerosos meandros.

4.8 GEOLOGÍA

4.8.1 COMPLEJO VOLCÁNICO DE MARCAPUNTA

Con toda la información obtenida de las campañas de perforación diamantina de 1980-1981 y 1995-1996; además de todos los trabajos de cartografiado geológico y muestreos geoquímicos, realizados por los doctores Donald Noble, César Vidal y el ingeniero Guillermo Barba; y

con los posteriores registros geológicos, elaborados por los geólogos de exploraciones de la mina. Se ha establecido que el centro volcánico de Marcapunta, es un complejo, en el cual se han sucedido efusiones volcánicas lávicas y piroclásticas, además del emplazamiento de domos y posterior formación de diatremas, que permiten denominarlo como tal.

Como referencia de toda la variedad de unidades de origen ígneo, interceptadas por los sondajes diamantinos, efectuados en el Proyecto Cobre Marcapunta, describimos algunas de ellas.

Comúnmente, en el tope de la secuencia volcánica, se observan flujos de piroclastos de fraccionometría variada; pudiendo encontrarse desde tobas hasta aglomerados, los cuales pueden ser monomícticos y polimícticos, aun en el segundo caso, es posible apreciar la notable predominancia de los clastos de origen volcánico, en los cuales incluso se pueden apreciar su textura porfirítica, cuya composición mineralógica predominante, la constituyen feldespatos, seguidos por cuarzo/vidrio volcánico y escasas plagioclasas. Los dos primeros ocurren como fenocristales anhedrales de dimensiones promedio entre 2 milímetros a 5 milímetros, en tanto que las plagioclasas son subhedrales a euhedrales y de tamaño más pequeño. La matriz es comúnmente afanítica y puede presentar alteraciones como cloritización, sericitización o argilización incipiente a intensa. En algunos tramos se pueden apreciar texturas de sedimentación.

Algunas veces, estas unidades piroclásticas tienen características que las asemejan a brechas, debido a la abundancia de matriz que puede ser areniscosa a sabulítica, de granos angulosos. O si no a la abundancia de clastos y escasa matriz, que le da a la roca un aspecto “craquelado”, donde la movilización de dichos clastos ha sido mínima.

En las unidades ígneas magmáticas se han podido determinar tanto cuerpos lávicos como hipabisales, habiéndose clasificado variedades como: monzonita cuarzosa, cuarzo latitas, dacitas, sienitas y sienogranitos. Las cuales son generalmente porfíricas, donde se pueden apreciar con facilidad, fenocristales de feldespatos cuyas dimensiones alcanzan hasta 4 centímetros de longitud en sus dimensiones axiales y presentan formas subhedrales, pero de dimensiones menores, inferiores al centímetro.

Muchas de estas unidades, también presentan alteraciones similares a las descritas para las unidades piroclásticas, es decir, cloritización, sericitización o argilización, por lo cual presentan coloraciones verdosas y blanquecinas.

Ha sido posible interceptar en algunos sondajes, ocurrencias de sulfuros (pirita y enargita), masivos, vetiformes y diseminados, los cuales reemplazan y se emplazan tanto en la matriz de la roca como en los fenocristales de sus feldespatos componentes. La enargita, asociada esencialmente a la pirita, ocurre en hábitos similares a ésta. Asimismo, se puede apreciar la ocurrencia conspicua de alunita, la cual reemplaza tanto a los fenocristales de feldespatos como a la matriz de la roca.

Algunas de estas unidades ígneas, en diversos tramos, presentan texturas oquerosas (vuggy silica) en las cuales ocurren geodas de pirita, enargita y alunita, que se disponen en agregados de diminutos cristales. Estas características, revelan, la naturaleza epitermal de alta sulfuración de la mineralización aurífera del complejo volcánico y la mineralización cuprífera y polimetálica de las formaciones Calera y Shuco.

4.8.2 GRUPO POCOBAMBA

En el área de Smelter y Marcapunta, se han llegado a identificar las siguientes unidades litoestratigráficas, las cuales corresponden a dos secuencias sedimentológicas bien definidas. Las más superiores, conformadas por rocas carbonatadas, pertenecientes a la denominada Formación Calera; y las infrayacentes, a rocas detríticas de fraccionometría gruesa y fina, correspondientes a la Formación Shuco. Ambas conforman la secuencia Terciaria lacustre del Grupo Pocobamba:

LITO ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CALERA

Cuyos afloramientos se pueden apreciar en el Tajo Norte y se halla constituida por una secuencia sedimentaria mixta: carbonatada, detrítica y piroclástica, en la que se intercalan rocas carbonatadas como calizas, margas y dolomías; con horizontes limoarcílicos, además de rocas tobáceas de fraccionometrías gruesas a finas. En el perímetro norte del Cuerpo Marcapunta, se han llegado a identificar las siguientes unidades litoestratigráficas dentro de la denominada formación Calera:

a). - Miembro Colquijirca (Ti-Col-MC)

b).- Miembro Inferior (Ti-Ca-MI)

a). - MIEMBRO COLQUIJIRCA. - El cual se subdivide en tres horizontes, en los cuales están emplazados las “franjas de mineralización”, conformando los denominados Horizonte Superior, Horizonte Medio y Horizonte Inferior. Se compone esencialmente por rocas carbonatadas (dolomías y en menor proporción calizas y margas), y rocas silíceas (chert). En menor proporción presentan intercalaciones de delgados horizontes limoarcilíticos y tobáceos.

Las dolomías que predominan en los horizontes Superior e Inferior, derivan fundamentalmente, de procesos de dolomitización, que afectaron a los carbonatos originales, por lo cual, generalmente se presentan en estratos gruesos y muestran una textura porosa, producto del reemplazamiento metasomático. Tienen colores crema, pardo claro y beige. Ocasionalmente se intercalan con delgados niveles de chert y/o contienen nódulos del mismo.

Como rocas silíceas se tiene chert, que es bastante notable en el Horizonte Medio, el cual se presenta en estratos gruesos masivos y como nódulos en niveles dolomíticos. En este horizonte, es común la presencia de silicificación, apreciable en dolomías y calizas, en grados leve a intensa. Y tanto estos niveles silicificados, como los estratos de chert, presentan

mineralización, emplazada en cavidades como en planos de fracturamiento.

Tanto los horizontes Medio e Inferior, que han sido mineralizados, presentan un avanzado proceso de sulfuración y silicificación, que mayormente, a afectado a las dolomías y calizas; y en menor grado a los niveles margosos, que se intercalan muy ocasionalmente con estas. Dicha alteración, deriva del proceso de circulación de los fluidos mineralizantes, que han producido cuerpos masivos de pirita-enargita por metasomatismo; además de minerales como alunita, típico de fluidos de una alta acidez.

b).- Miembro Inferior.- El cual, es muy ligeramente similar al Miembro Colquijirca, por lo mismo, se observan secuencias carbonatadas y detríticas intercaladas, pero a diferencia del anterior, las calizas son más abundantes, y la proporción de limoarcilitas y arcilitas es mayor. Muy ocasionalmente se han detectado en sondajes delgados niveles tobáceos.

Los horizontes calcáreos, son masivos, de colores grises y pardos, de texturas, “wackestone” y “mudstone”, pero predomina la segunda. Los horizontes margosos y limoarcilíticos son de colores grises de diversas tonalidades, y se intercalan como estratos delgados. En toda la secuencia calcárea se observa microestructuras de presión (estilolitos).

Los niveles margosos, son también masivos y de colores gris verdoso a gris pardo y se encuentran intercalados con los niveles calcáreos. Los horizontes dolomíticos hallados en este miembro, son aún más escasos; y presentan estructuras varvadas que determinarían su origen singenético. Son de colores de gris-pardo claro y beige.

Los horizontes detríticos finos (arcilitas y limoarcilitas), son generalmente delgados y presentan colores grises de tonalidades claras y oscuras. Son deleznables y se presentan intercalados con las calizas y margas. Es notable también, que estos niveles detríticos finos, sean más abundantes y de mayores espesores, conforme nos acercamos a la base de este miembro.

Esta secuencia, ha sido mineralizada, de modo muy similar a los horizontes del Miembro Colquijirca; por lo cual, también en estas rocas se aprecia un avanzado proceso de sulfuración y silicificación, que mayormente, a afectado a las calizas y a los escasos niveles dolomíticos; siendo mucho menor la alteración en las margas, que se intercalan con éstas.

Para el caso específico del Proyecto Cobre Marcapunta, solo se ha interceptado, tanto con los sondajes diamantinos, como con las labores subterráneas; desde los Horizontes Medio e Inferior del Miembro Colquijirca hacia abajo. Habiendo la posibilidad, que todo el Horizonte Superior y Miembro

Superior Miembro Inferior (Ti-Ca-MS), haya sido erosionado o su grosor de sedimentación, hubiera sido mucho menor que hacia el Norte.

LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN SHUCO

Esta unidad se divide en dos secuencias:

a). - Secuencia detrítica fina

b). - Secuencia Conglomeradita

a) SECUENCIA DETRÍTICA FINA. - La secuencia detrítica de es de color gris claro y está constituida por arenas, tobas y limoarcilitas a la vez que engloba pequeños fragmentos de naturaleza calcárea (calizas y/o dolomías) y chert. Mayormente presenta formas angulosas, subangulosas y subredondeada y generalmente son de tamaños centimétricos a milimétricos.

Esta secuencia detrítica en algunos tramos efervece con el HCL, debido al contenido de carbonatos en la matriz; así como una moderada silicificación, mientras que en ciertos tramos es posible observar presencia de alunitización incipiente a moderada, también caolín, hematita, pirita diseminada, en vetillas y enargita cristalizada y en vetillas.

b) SECUENCIA CONGLOMERÁDICA. - La secuencia conglomeradita es polimictica de apariencia brechosa y se encuentra constituida de fragmentos calcáreos (calizas y/o dolomías), chert, volcánicos y cuarzo lechoso (el cuarzo

lechoso proviene de la erosión del grupo Mitu, mientras que los fragmentos calcáreos y volcánicos presentan un color gris a gris blanquecino de tamaños centimétricos y son de forma angulosa a subredondeada.

En algunos tramos esta secuencia se intercala con niveles volcánicos y tobáceos de color gris a gris blanquecino, de grano medio a grueso en donde se aprecia la alteración de los feldespatos a caolín.

Esta secuencia generalmente se encuentra de moderada a fuertemente silicificada observándose además una alteración argílica moderada. Los minerales observados en esta secuencia conglomeradita son pirita masiva y en vetillas; enargita masiva, en vetillas y en forma cristalizada. Ocasionalmente se observan calcopirita y novelita mientras que hacia el Sur Este del aparato volcánico Marcapunta se observa esfalerita cristalizada y galena.

4.8.3 GRUPO MITU

Esta unidad se encuentra construida de limoarcilitas, hacia la parte superior presenta una coloración verdosa pero luego se vuelve rojiza probablemente corresponda al Mitu superior.

4.9 GEOLOGÍA ECONÓMICA

Los depósitos minerales del distrito de Colquijirca pertenecen a un miembro de la familia de los yacimientos relacionados a pórfidos de cobre (Cu) conocida como depósitos Cordilleranos. Este tipo de depósitos, los cuales se

forman en general en las partes altas de un pórfido de Cu, se caracterizan fundamentalmente por un prominente zonamiento con partes internas dominadas por Cu y zonas externas donde Zn, Pb y Ag son los principales elementos económicamente interesantes.

En el caso particular del distrito de Colquijirca, más precisamente entre los sectores de Marcapunta Norte y Colquijirca, dicho zonamiento consta a manera general de tres zonas, las cuales mineralógicamente consisten fundamentalmente de enargita en las partes internas, calcopirita en partes intermedias y esfalerita y galena en las partes externas.

El depósito de Colquijirca (parte sur del Tajo Norte) expone estas tres zonas. La parte más profunda del sector suroeste del Tajo Norte (antes Tajo Principal) muestra un núcleo de forma tubular esencialmente constituido por enargita además de cantidades variables de pirita y cuarzo. Este núcleo presenta una envolvente básicamente compuesta por calcopirita y cantidades variables de tenantita además de esfalerita y galena. A su vez esta envolvente está rodeada por una zona relativamente extensa, compuesta esencialmente por esfalerita y galena. Es esta última zona, la cual está desarrollada en su mayor extensión hacia el norte del distrito, la que constituye el grueso del depósito de Colquijirca (Tajo Norte) actualmente en explotación.

Hacia el sur del Tajo Norte el núcleo de enargita se prolonga por más de 2 km haciéndose más potente y ancho a medida que éste se aproxima hacia el complejo volcánico de Marcapunta.

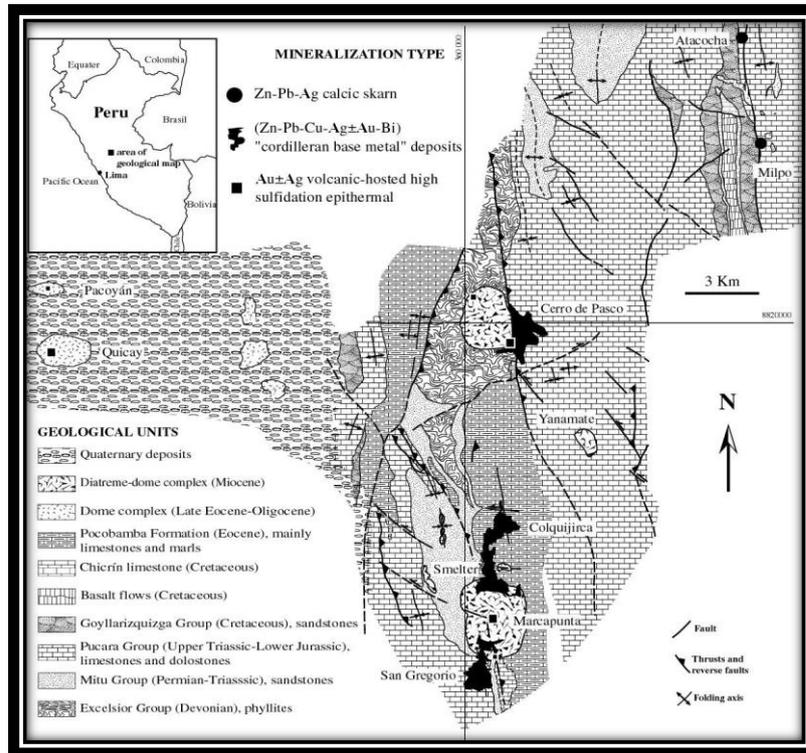
Del mismo modo la envolvente de este núcleo de enargita, y compuesto por calcopirita, tenantita, esfalerita y galena, se extiende también hacia el sur del

Tajo Norte, aunque en mucho menor medida, hasta en unos 400 m a partir de la pared sur del mismo

El sector denominado Marcapunta Norte, localizado inmediatamente al sur del Tajo Norte, constituye la extensión del depósito de Colquijirca. Este sector está compuesto por las dos zonas internas, esto es, por aquella conformada por enargita y por aquella de carácter polimetálico, es decir, de calcopirita, tenantita, esfalerita y galena. A diferencia de sectores ubicados más al sur, el sector de Marcapunta Norte se caracteriza por haber experimentado un proceso de enriquecimiento supérgeno. Este proceso ha generado cuerpos de calcosita, los cuales se han superpuesto a la zona de enargita y en menor grado a aquella polimetálica compuesta por calcopirita, tenantita, esfalerita y galena, conformando un sector de relativa complejidad mineralógica en términos sobre todo de intercrecimientos.

La estructura mineralizada del Manto Superior Central está alojada en rocas carbonatadas del Miembro Medio de la Formación Calera y configura una geometría estratiforme subhorizontal de rumbo Norte 160o y buzamiento de 6o Norte. La estructura tiene una longitud aproximada de 520 m por un ancho de 270 m y una potencia promedio de 21 m. La ocurrencia de estructuras secantes a la estratificación como cuerpos de brechas y vetas es menos común.

Mapa N° 02: Mapa Geológico de la mina Marcapunta Norte



Mineralógicamente el Manto Superior Central consiste esencialmente de enargita, acompañada de cantidades variables de pirita. Fases menos importantes incluyen luzonita, colusita y aún de menor presencia calcocita, tenantita, ferberita y bismutinita. El Manto Superior Central contiene enargita-luzonita (Cu_3AsS_4) con leyes que varían entre 1 y 3% de Cu y 0.3 y 1% de As. Los contenidos de Ag varían entre 15 y 30 g/t. Algunos sectores internos del Manto Superior Central presentan valores de oro entre 0.3 y 0.7 gr/t.

Los minerales de ganga incluyen cuarzo, alunita, zuniyita y arcillas principalmente caolinita, dickita, illita y esmectita.

4.10 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

Se ha determinado que tanto el mineral como las cajas que limitan las zonas mineralizadas están constituidos por rocas de resistencia mecánica alta y escasa ductilidad (no sufren deformaciones significativas cuando se les somete a cargas axiales sin confinamiento).

Además, casi toda la mineralización en Marcapunta ocurre en capas cuyo buzamiento varía entre 0° y 15°, es decir, se trata de mantos horizontales o sub-horizontales.

Para este tipo de yacimiento se recomienda aprovechar de la resistencia mecánica de las rocas para proporcionar el sostenimiento que requieren las labores de explotación, lo cual supone dejar algo de mineral sin explotar, en la forma de pilares o puentes para soportar los techos. Si la resistencia de la roca fuera insuficiente en algunas zonas de los tajeos, siempre se podrá optar por reforzar el techo con pernos de anclaje.

Las características del yacimiento exigen además el empleo de un método de explotación que permita cierta selectividad, lo cual se puede conseguir con el método de cámaras y pilares, razón por la cual se ha optado por recomendar dicho método, que es además el que se empleó anteriormente cuando la mina estuvo en operación y que ha demostrado en la práctica ser un método seguro

La zona de Marcapunta ofrece condiciones ideales para la aplicación de un método de explotación mecanizado de alta productividad y bajo costo unitario, siendo el que mejor se adapta, el método de cámaras y pilares.

En esta etapa preliminar y teniendo en cuenta la información disponible a la fecha, se han establecido algunas pautas de carácter general que serían aplicables al desarrollo y explotación de todo el yacimiento y algunas otras particulares, cuya aplicación dependerá del buzamiento que tengan las capas mineralizadas:

- Las labores de desarrollo para zonas nuevas en las que existen tres mantos por explotar, primero se avanzarán dos galerías de 4 x 4 m de sección transversal, paralelas entre sí y espaciadas 100 m horizontales en dirección del buzamiento medio de los mantos, de tal forma que ambas sigan lo más cercano posible el rumbo medio de los mantos mineralizados. Una de las galerías se ubicará en la parte más alta del manto superior y la otra en la parte más baja del manto inferior.
- Una vez delimitados los paneles de explotación se procederá a abrir las cámaras, dejando pilares longitudinales al principio y recortándolos luego a sus dimensiones finales. La explotación se hará por pisos o niveles, de tal manera que si los mantos tuvieran un buzamiento entre 0° y 8° quedará, luego de la explotación, una cámara de altura relativamente uniforme con pilares regularmente espaciados.
- En Marcapunta, no deberá permitirse que la tensión media en los pilares exceda los 350 kg/cm² y su relación altura/diámetro deberá mantenerse entre 1.0 y 1.8, con la finalidad de limitar su esbeltez y garantizar de ese modo su estabilidad y la del techo de la excavación.

- Es indispensable que se requiera considerar el refuerzo del techo mediante la instalación de pernos cementados.
- El piso de las excavaciones donde se desarrollan labores de explotación no deberán tener pendientes superiores a 15%, con la finalidad de asegurar una operación eficiente del equipo de producción y acarreo.
- Durante la etapa de explotación se independizará la operación de remoción del material estéril de aquella de extracción de mineral, con la finalidad de reducir al mínimo la dilución de la mena.
- Se empleará perforación horizontal, ya que con ésta se reduce al mínimo los daños en los pilares al momento del disparo.
- En aquellos casos en los que se trate de extraer las capas que están por encima o por debajo de zonas ya explotadas, será necesario efectuar un cuidadoso trabajo topográfico para garantizar que los pilares que se dejen estén ubicados exactamente sobre el eje de los pilares existentes, ya que esta es una condición indispensable para asegurar la estabilidad de la masa rocosa y por lo tanto de las excavaciones que se practiquen.
- Para el caso de zonas nuevas en que ninguno de los mantos haya sido explotado, los pilares deberán tener, desde el inicio de la operación, el ancho previsto para la etapa final de la explotación de las cámaras.
- Durante la explotación convendría observar permanentemente el comportamiento estructural de los pilares y del techo que se estaría dejando.

- En aquellas zonas donde se proyecte explotar más de una capa mineralizada, la operación de minado deberá iniciarse por la parte más alta de la capa superior.
- Una vez abierta la cámara de explotación a su ancho y longitud finales se procederá a rebajar el piso en forma escalonada, de tal manera de contar con dos o tres niveles de trabajo, con 3 a 4 m de desnivel entre uno y otro, desde los que se podrá entonces perforar taladros horizontales.
- Todas las labores de explotación deberán estar conectadas a una o más galerías de transporte cuya superficie de rodamiento deberá ser mantenida en muy buenas condiciones y cuya pendiente deberá ser 6 % como máximo.

El minado de los cuatro cuerpos mineralizados será por el método de cámaras y pilares sin relleno, realizando banqueo descendente hasta lograr, según especificaciones geomecánicas, una altura de minado de 12 metros. Es importante mencionar que la cuota de mineral, a razón de 30,000 TMH/mes, está garantizada para 35 meses; en ese tiempo ya se debe haber definido un método de minado para cuerpos con alturas mayores a 12 metros.

CAPITULO V

RESULTADOS GEOMECANICA EN EL MINADO

5.1 RESISTENCIA COMPRESIVA UNIAXIAL DE LA ROCA (MATRIZ)

Tomado del “Informe Preliminar del proyecto de Cobre de Marcapunta y de la zona de Smelter”

Cuadro N° 02: Parámetros para determinar la resistencia compresiva

Muestra	D	L	Área	Carga	Rc
	cm	Cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²
A – Grande	4.16	8.115	13.6	25,000	1,838
A - Pequeña	4.155	4.12	13.56	22,500	1,660
B – Grande	4.16	8.025	13.6	12,000	882.4
B - Pequeña	4.16	4.12	13.6	16,000	1,176.5

Nota: las muestras “A” son de las capas estériles y las muestras “B” son del cuerpo **PB5**.

5.2 CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO (RMR₈₉)

Los resultados corresponden al mapeo en los Pilares y paredes de labores ya explotadas. (Caliza silicificada mineralizada).

Cuadro N° 03: Resultados del mapeo en los pilares y paredes de labores ya explotadas

PARÁMETROS		VALORES Y CARACTERÍSTICAS	VALUACIÓN	
1	Resistencia a la Compresión Uniaxial de roca intacta	100 - 250 Mpa	12	
2	RQD	25 - 50 %	8	
3	Espaciamiento de las Discontinuidades	6 - 20 cm	8	
4	Condición de Discontinuidades	* Persistencia	3 - 10 m	2
		* Apertura	0.1 - 1 mm	4
		* Rugosidad	Lig. Rugoso	3
		* Relleno	Duro < 5 mm	4
		* Intemperismo	Inalterado	6
5	Agua Subterránea	Húmedo	10	
RMR₈₉ Básico			67	
Macizo Tipo:		BUENA		
6	Ajuste por Orientación de Estructuras	Media	-5	
RMR₈₉ Ajustado			62	
Macizo Tipo:		BUENA		

5.3 RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DE PROCESAR LOS DATOS DE CAMPO

Cuadro N° 04: Resumen de los resultados obtenidos luego de procesar los datos de campo

	VALORACIÓN	CALIDAD	OCURRENCIA EN CAMPO
RMR _{Básico} del mineral	66 - 68	Buena	Abundante
RMR _{Básico} del mineral	54 - 56	Regular	Poca

Para la clasificación de la zona Marcapunta Norte, se modificó el RMR₈₉, para que se adapte mejor a nuestros propósitos

Cuadro N° 05: Cuadro de clasificación modificada del RMR₈₉, Para la
Zona de Marcapunta

TIPO ROCA	CLASE	COLOR	RMR	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACIÓN
BUENA	II		> 60	Roca muy resistente, poco fisurada, sana, húmeda o mojada	No requiere sostenimiento.
REGULAR "A"	III - A		51 - 60	Roca resistente, poco fisurada, sana o ligeramente intemperizada, húmeda o mojada	Generalmente no requerirá ningún tipo de sostenimiento, excepto algunos pernos esporádicos cementados, se utilizará resina cuando haya presencia de agua.
REGULAR "B"	III - B		41 - 50	Roca medianamente dura, moderadamente fracturada, con presencia de algunas fallas menores, ligeramente a moderadamente intemperizada, ligeros goteos.	Pernos cementados sistemáticos de 7 pies de longitud en la bóveda espaciados de 1.3 a 1.5 metros. Si el terreno lo requiere se puede utilizar malla electro soldada, cuando hay presencia de bloques rocosos pequeños. Alternativamente se puede usar una capa de shotcrete de 2".
MALA "A"	IV - A		31 - 40	Roca suave, fracturada, con algunas fallas panizadas, moderadamente intemperizada, con goteo en fracturas y fallas.	Pernos cementados sistemáticos de 8 pies de longitud en la bóveda espaciados de 1.0 a 1.2 metros + una capa de shotcrete de 2" de espesor.
MALA "B"	IV - B		21 - 30	Roca muy suave, muy fracturada, fallada, panizada, arcillosa, muy intemperizada con goteos o ligeros flujos de agua.	Pernos cementados sistemáticos de 10 pies de longitud en bóveda y hastiales, espaciados cada 1 metros + una capa de shotcrete de 3" de espesor + Arcos Noruegos espaciadas de 1.0 a 1.5 metro.
MUY MALA	V		< 21	Roca muy suave, intensamente fracturada, descompuesta, con presencia de arcillas, con goteos y flujos de agua.	Arcos Noruegos espaciadas a 1.0 m + una capa de shotcrete de espesor variable. De ser necesario (derrumbes) utilizar cerchas y marchavantes.

Cuadro N° 06: Cuadro resumen

Tipo de Roca	Rango RMR	Calidad
II	> 60	Buena
III A	51 - 60	Regular A
III B	41 - 50	Regular B
IV A	31 - 40	Mala A
IV B	21 - 30	Mala B
V	< 21	Muy Mala

Utilizando la clasificación RMR modificada se hizo el zoneamiento de las labores ya tajeadas, cuya estadística es la siguiente:

Cuadro N° 07: Estadística de la clasificación RMR modificada

	CALIDAD	OCURRENCIA EN CAMPO	
RMR Modificado	Buena	4%	74%
RMR Modificado	Regular A	39%	
RMR Modificado	Regular B	31%	
RMR Modificado	Mala A	24%	

En este último porcentaje de “Mala A” se presentan problemas en la estabilidad, debido a que los pilares anteriores no fueron correctamente dimensionados

En el cuadro anterior el 74% de la zona en estudio tiene una calidad de entre Buena y Regular. El tipo de roca es caliza silicificada.

5.4 BACK ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MACIZO ROCOSO ANTERIORMENTE TAJEADO (GALERÍA PRINCIPAL DE EXPLOTACIÓN)

Las condiciones actuales de estabilidad son buenas después de haber permanecido 20 años expuestas y sin haber sido reforzadas con ningún tipo de sostenimiento, sólo el proporcionado por los pilares, los cuales también presentan un comportamiento mecánico bueno (a excepción de zonas puntuales).

Del análisis efectuado se obtuvieron los siguientes valores:

Cuadro N° 08: Valores obtenidos

Descripción	Dominio	
	Calizas Silicificadas	Calizas Fracturadas
RMR	67	30
GSI	63	25
Resistencia Compresiva Uniaxial de la roca intacta " σ_c " (MPa)	110	42
Constante " m_i " de la roca intacta	10	7
Constante " m_b " de la masa rocosa	2.574	0.481
Constante " s " de la masa rocosa	0.0147	0.0002
Resistencia a la tracción de la masa rocosa " σ_{tmr} " (MPa)	-0.627	-0.021
Cohesión de la masa rocosa " C_{mr} " (MPa)	1.872	0.277
Angulo de Fricción de la masa rocosa " ϕ_{mr} " (°)	55.83	36.622
Modulo de Deformación de la masa rocosa " E_{mr} " (MPa)	24,874.51	1,005.58
Relación de Poisson de la masa rocosa " ν_{mr} "	0.25	0.3

Las calizas fracturadas no mineralizadas son aquellas que se encuentran tanto en la parte inferior y superior del cuerpo mineralizado. Este tipo de macizo es de calidad “Mala” con un RMR entre 28 y 32, y presenta características geomecánicas tales como:

- Resistencia media a baja
- Fracturas con rellenos de arcillas
- Fracturamiento intenso
- Juntas ligeramente rugosas a lisas
- Roca media a intensamente intemperizada
- Condición de agua húmeda.

Los valores dieron un **factor de seguridad de los pilares mayores a 1.5 tal** como se observa en la actualidad en los pilares dejados por la antigua explotación. Estos pilares fluctúan entre los siguientes valores:

- **Sección** de pilares de **4 x 4** metros

- **Altura** de pilares de hasta **8** metros
- Secciones de las cámaras en promedio de **9** metros de ancho por **4** metros de alto.

5.5 DISEÑO DE PILARES

Para diseñar las diferentes dimensiones de los pilares hemos usado los valores obtenidos en el back análisis y la teoría Laubscher 1990. A continuación se presenta un cuadro resumen con los resultados obtenidos.

Cuadro N° 09: Valores obtenidos

N Alternativa	Sección del Pilar (m)	Sección de las cámaras (m)	Factor de Seguridad
1	4 x 4 x 4	8 x 4	2.09
2	4 x 4 x 8	8 x 8	1.43
3	4 x 4 x 12	8 x 12	1.2
4	5 x 5 x 4	8 x 4	2.2
5	5 x 5 x 8	8 x 8	1.56
6	5 x 5 x 12	8 x 12	1.2
7	6 x 6 x 4	9 x 4	3.74
8	6 x 6 x 8	9 x 8	1.83
9	6 x 6 x 12	9 x 12	1.45

Del cuadro anterior se observa que, para poder explotar el cuerpo mineralizado hasta una altura de 12 metros, con un factor de seguridad mínimo de 1.4 es necesario dejar pilares de 6 x 6 m, y con un abierto máximo de 9 metros de ancho de las cámaras. En el caso que la altura máxima de explotación sea 8 metros, con un factor de seguridad mínimo también de 1.4, podemos dejar pilares de 5 x 5 m.

- Abiertos máximos sin sostenimiento sistemático

De acuerdo a las tablas geomecánicas de Bieniawski de longitudes de sostenimiento y RMR, para una sección de 4 metros de ancho y 4 metros

de alto se debe tener un RMR mínimo de 50 para usar solo sostenimiento esporádico, para una sección de 8 metros de altura se debe tener un RMR de 58 para aplicar también solo un sostenimiento esporádico y para una sección de 12 metros de alto se debe tener un RMR de 70. Nuestra masa mineralizada tiene un RMR de 67, lo que nos indica que necesariamente tenemos que aplicar un tipo de sostenimiento sistemático cuando tengamos una altura de 12 metros de explotación.

Potencia.- La potencia del cuerpo mineralizado varía desde 4 metros hasta 12 metros en las zonas de mayor potencia.

5.6 RESULTADOS DE SIMULACIÓN CON DATOS DE BACK ANÁLISIS USANDO EL SOFTWARE PHASES2

Figura N° 27: Tipo de Materiales del back análisis. El material en celeste es la caliza silicificada mineralizada, y el material en marrón es la caliza fracturada no silicificada

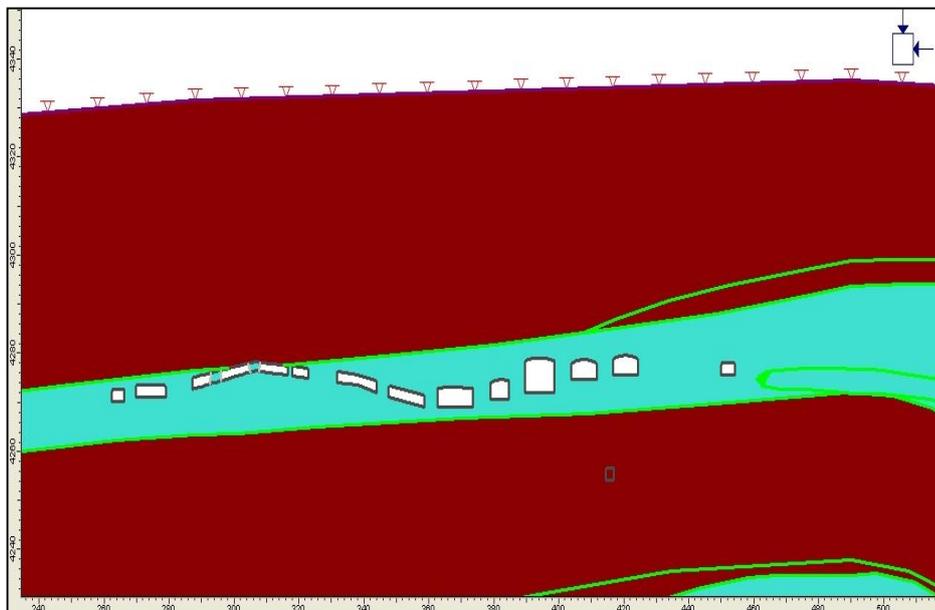


Figura N° 28: Back análisis del comportamiento actual de las labores de Marcapunta Norte

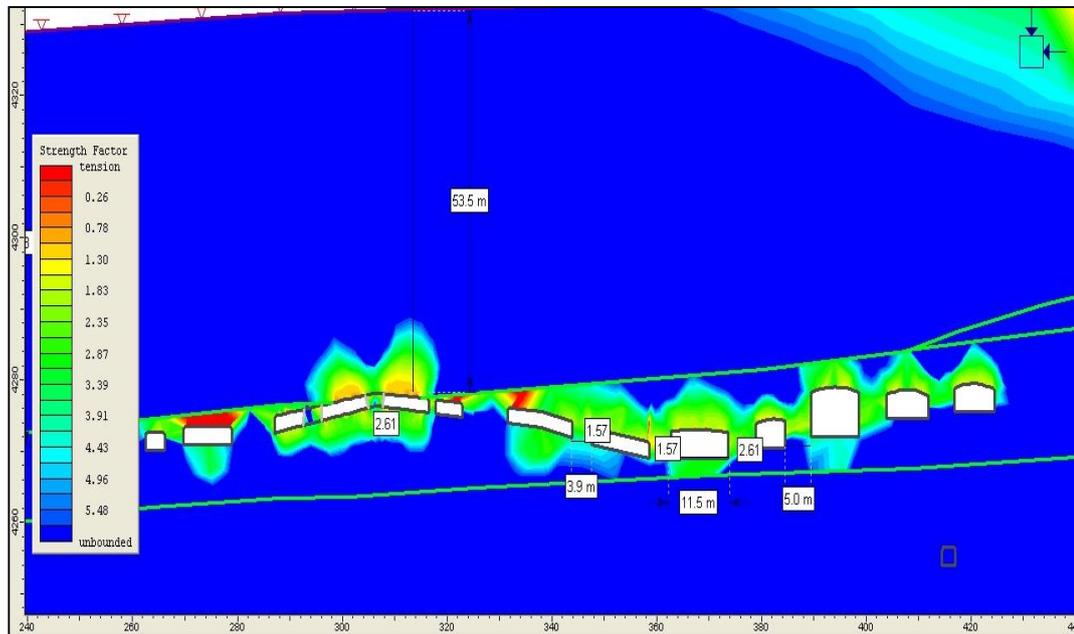


Figura N° 29: Vista ampliada de la figura anterior

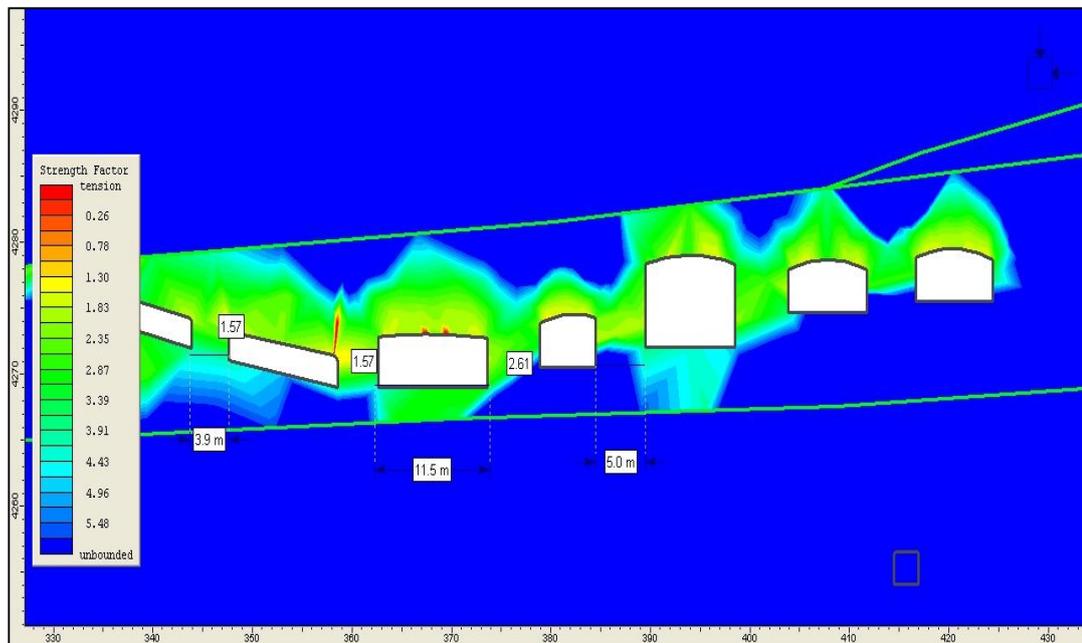


Figura N° 30: Modelo de Pilar de 4 x 4 m con una altura máxima de explotación de 12 m y cámaras de 8 x 12 m. Factor de Seguridad de 1.2

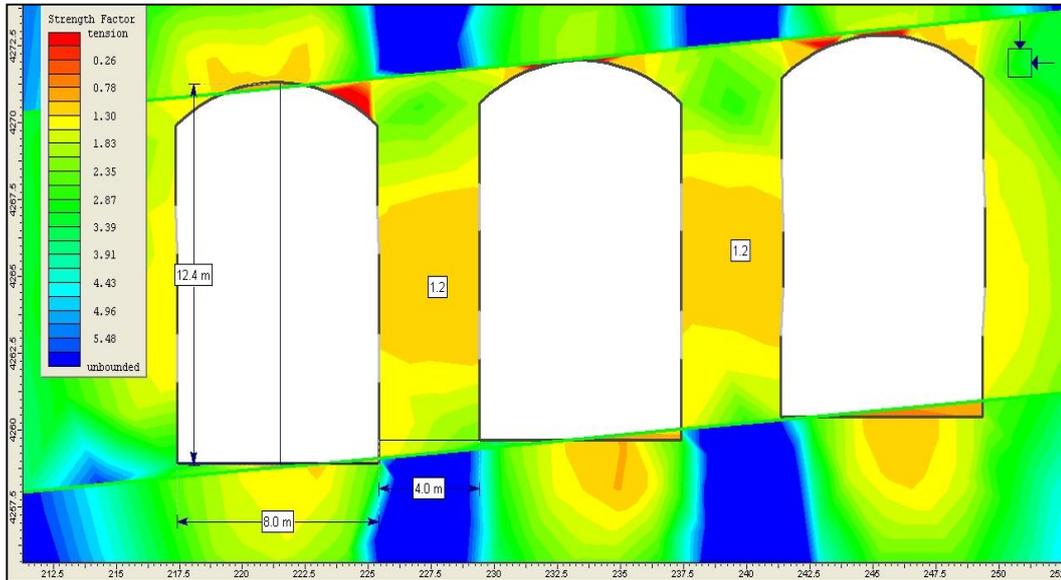


Figura N° 31: Modelo de Pilar de 5 x 5 m con una altura máxima de explotación de 8 m y cámaras de 8 x 8 m. Factor de Seguridad de 1.56

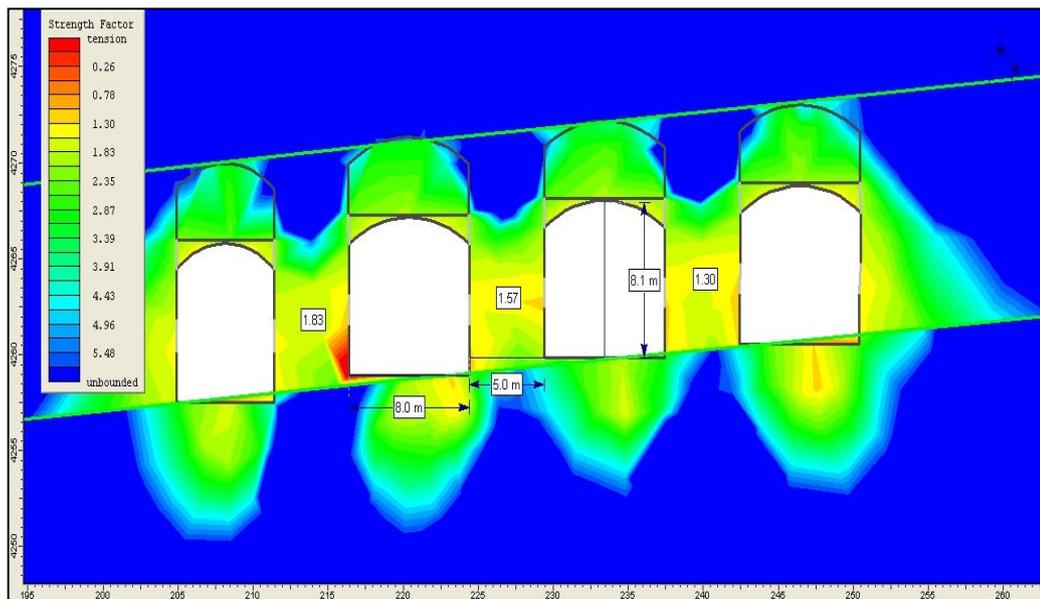


Figura N° 32: Modelo de Pilar de 5 x 5 m con una altura máxima de explotación de 12 m y cámaras de 8 x 12 m. Factor de Seguridad de 1.2

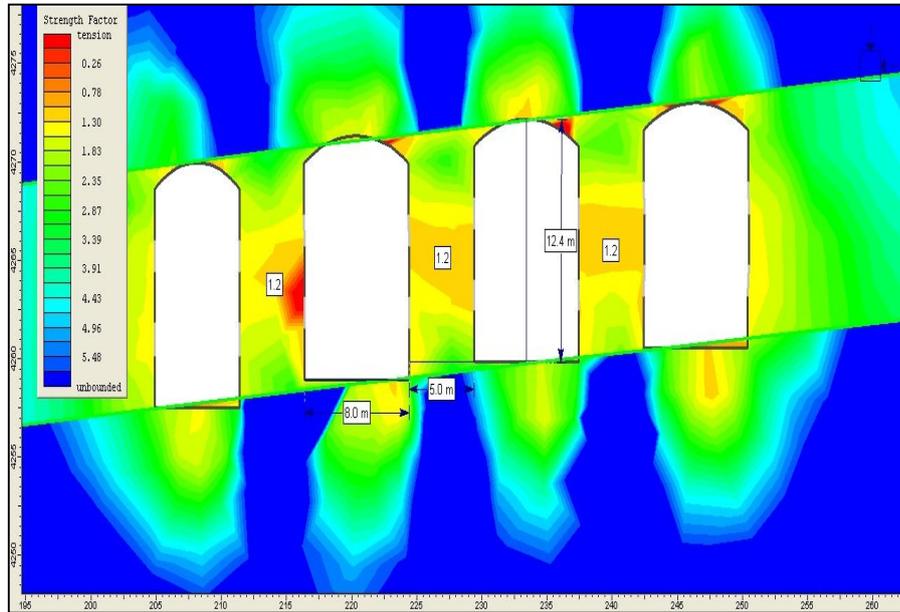
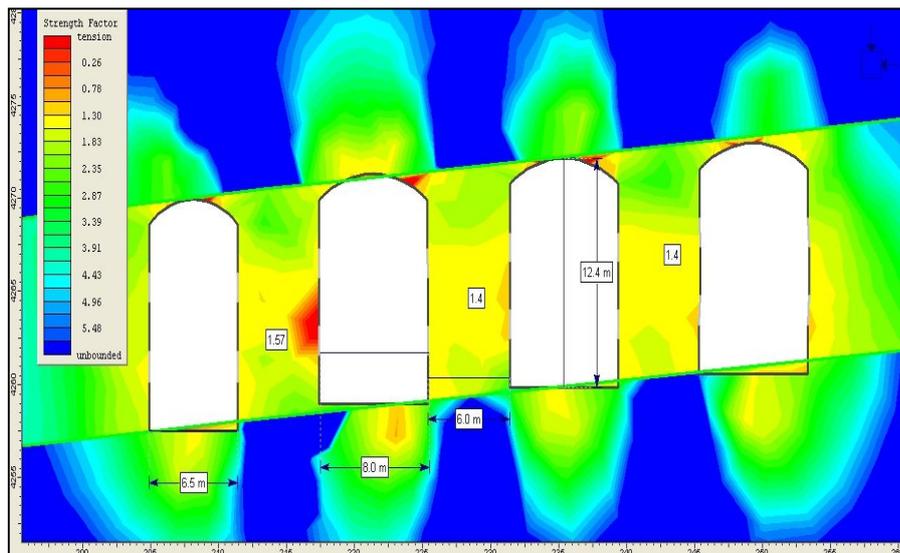


Figura N° 33: Modelo de Pilar de 6 x 6 m con una altura máxima de explotación de 12 m y cámaras de 9 x 12 m. Factor de Seguridad de 1.45



5.7 CONDICIONES DE ESTABILIDAD

5.7.1 DIRECCIÓN DE AVANCE. - Se tendrán dos ejes principales de dirección de avance de las galerías, una en sentido Este y la otra en dirección Norte. En la dirección Este se atravesará en forma semi paralela al segundo set de juntas con dirección N242 y buzamiento de 87°, y en forma perpendicular al primer de set de Juntas con dirección N165° y buzamiento de 87°, estas características de avance indican una condición desfavorable y otra condición favorable, lo que podría resumirse como una condición media, pero sin problemas mayores significativos de estabilidad.

La misma condición se daría para las labores en dirección Norte.

5.8 DISTRIBUCIÓN DE DISCONTINUIDADES ANALIZADAS CON EL SOFTWARE DIPS

Figura N° 34: Diagrama de Contorno de dos sets de familias y discontinuidades en la Rampa 9368E.

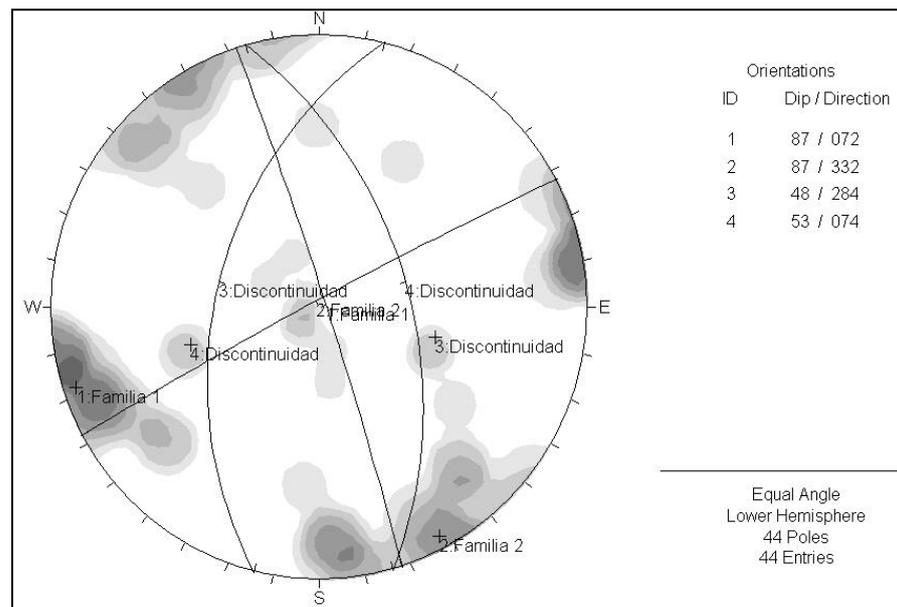
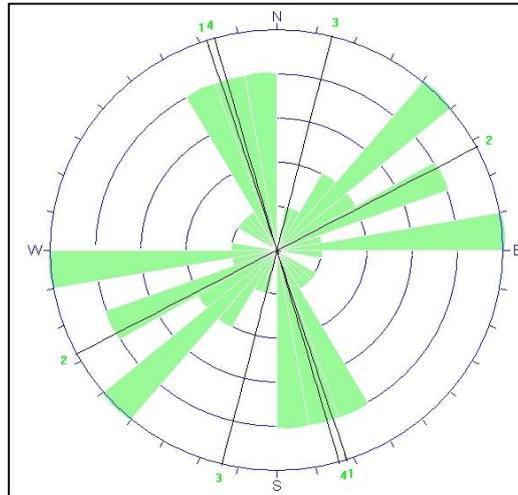


Figura N° 35: Diagrama de Roseta de la figura anterior.



5.9 ESTIMACIÓN DEL SOSTENIMIENTO

De acuerdo al criterio establecido tenemos la siguiente tabla de recomendaciones de sostenimiento.

Cuadro N° 10: Recomendaciones de sostenimiento

TIPO ROCA	CLASE	COLOR	RMR	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACIÓN
BUENA	II		> 60	Roca muy resistente, poco fisurada, sana, húmeda o mojada	No requiere sostenimiento.
REGULAR "A"	III - A		51 - 60	Roca resistente, poco fisurada, sana o ligeramente intemperizada, húmeda o mojada	Generalmente no requerirá ningún tipo de sostenimiento, excepto algunos pernos esporádicos cementados, se utilizara resina cuando haya presencia de agua.
REGULAR "B"	III - B		41 - 50	Roca medianamente dura, moderadamente fracturada, con presencia de algunas fallas menores, ligeramente a moderadamente intemperizada, ligeros goteos.	Pernos cementados sistemáticos de 7 pies de longitud en la bóveda espaciados de 1.3 a 1.5 metros. Si el terreno lo requieres se puede utilizar malla electro soldada, cuando hay presencia de bloques rocosos pequeños. . Alternativamente se puede usar una capa de shotcrete de 2".
MALA "A"	IV - A		31 - 40	Roca suave, fracturada, con algunas fallas panizadas, moderadamente intemperizada, con goteo en fracturas y fallas.	Pernos cementados sistemáticos de 8 pies de longitud en la bóveda espaciados de 1.0 a 1.2 metro + una capa de shotcrete de 2" de espesor.
MALA "B"	IV - B		21 - 30	Roca muy suave, muy fracturada, fallada, panizada, arcillosa, muy intemperizada con goteos o ligeros flujos de agua.	Pernos cementados sistemáticos de 10 pies de longitud en bóveda y hastiales, espaciados cada 1 metros + una capa de shotcrete de 3" de espesor + Arcos Noruegos espaciadas de 1.0 a 1.5 metro.
MUY MALA	V		< 21	Roca muy suave, intensamente fracturada, descompuesta, con presencia de arcillas, con goteos y flujos de agua.	Arcos Noruegos espaciadas a 1.0 m + una capa de shotcrete de espesor variable. De ser necesario (derrumbes) utilizar cerchas y marchavantes.

Para tal fin utilizaremos la información de **distribución de discontinuidades y las direcciones de avance principales Norte y Este. Asimismo tomaremos la información del back análisis para el ángulo de fricción de la roca: 54.3 ° y el 50 % del valor 1.4 Mpa de cohesión** para la caliza salificada, ya que queremos modelar la situación más desfavorable en un punto crítico que es el sostenimiento. Toda esta información la procesaremos en el **software Unwedge**.

Los resultados se muestran a continuación en el siguiente cuadro resumen:

Cuadro N° 11: Valores obtenidos

Sección (m)	Factor de Seguridad	Tamaño de Mayor Bloque (TN)	Tipo Sostenimiento	Dirección Avance
4 x 4	13.9	25.9	Ninguno	Norte
4 x 4	57.7	1.3	Ninguno	Este
8 x 8	6.1	267.7	Pernos Puntuales	Norte
8 x 8	19.9	19.4	Pernos Puntuales	Este
9 x 12	6.1	287.7	Pernos	Norte
9 x 12	19.9	19.4	Pernos	Este
9 x 12	6.9	287.7	Pernos Instalados	Norte

Se observa que para secciones de excavaciones de 4 x 4 m, los factores de seguridad son altos y los bloques formados son de grandes dimensiones.

Para secciones de 8 x 8 metros, se tienen mayores dimensiones de cuñas, pero aun así los factores de seguridad son buenos, ya que la calidad del macizo rocoso de las calizas silicificadas es buena, aun así se instalarán pernos como medida de seguridad.

Para secciones de 9 x 12 metros, se tiene casi los mismos resultados que para una sección de 8 x 8 m. Por medida de seguridad se sostendrá con pernos helicoidales espaciados a 1.2 metros por la altura de la excavación.

5.10 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CUÑAS (DEL BACK ANÁLISIS)

Se muestran en la siguiente figura que son los resultados obtenidos por medio del software

Figura N° 36: Fig. 4.1 Vista de cuña formada para una sección de 4 x 4 m, con dirección de avance Norte. Factor de seguridad 13.9, no requiere sostenimiento.

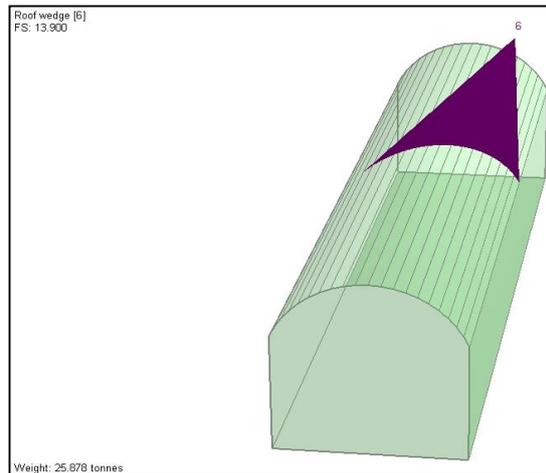


Figura N° 37: Proyección estereográfica de la figura 4.1

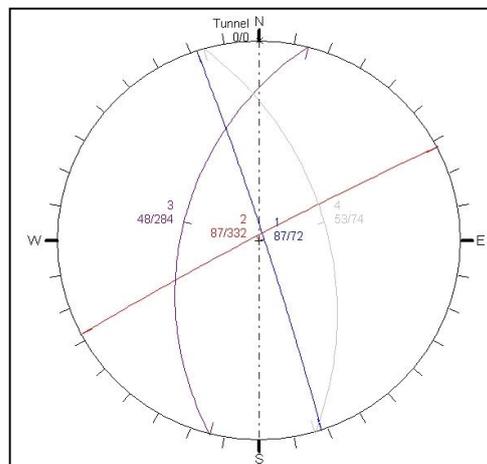


Figura N° 38: Vista de cuña formada para una sección de 4 x 4 m, con dirección de avance Este. Factor de seguridad 57.771, no requiere sostenimiento.

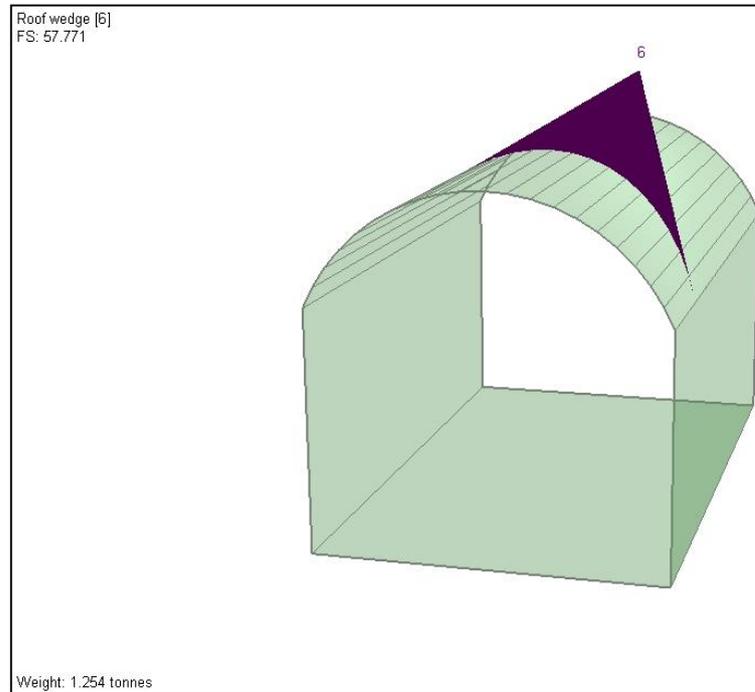


Figura N° 39: Proyección estereográfica de la figura 5.3

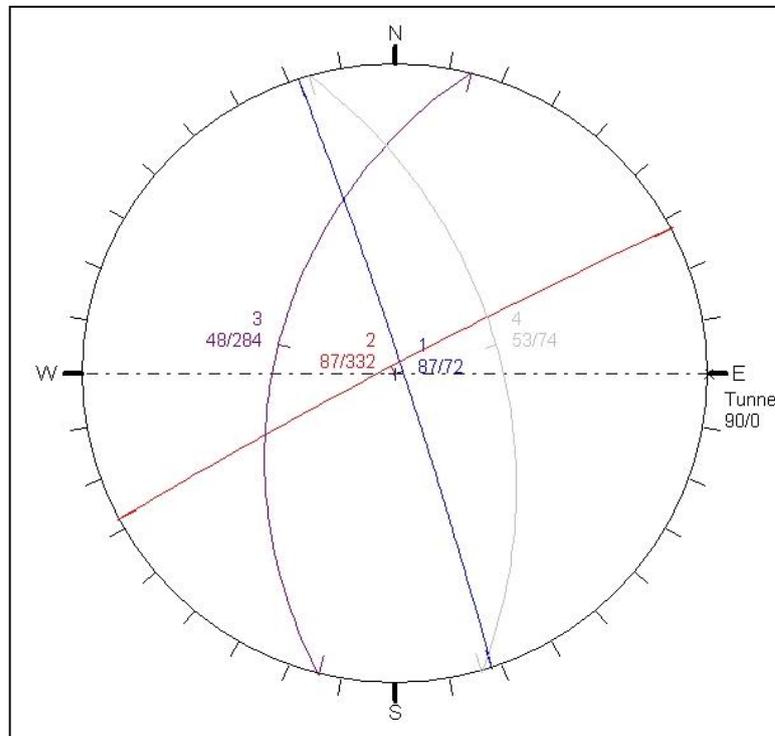


Figura N° 40: Vista de cuña formada para una sección de 8 x 8 m, con dirección de avance Norte. Factor de seguridad 6.146, sostenimiento con pernos puntuales

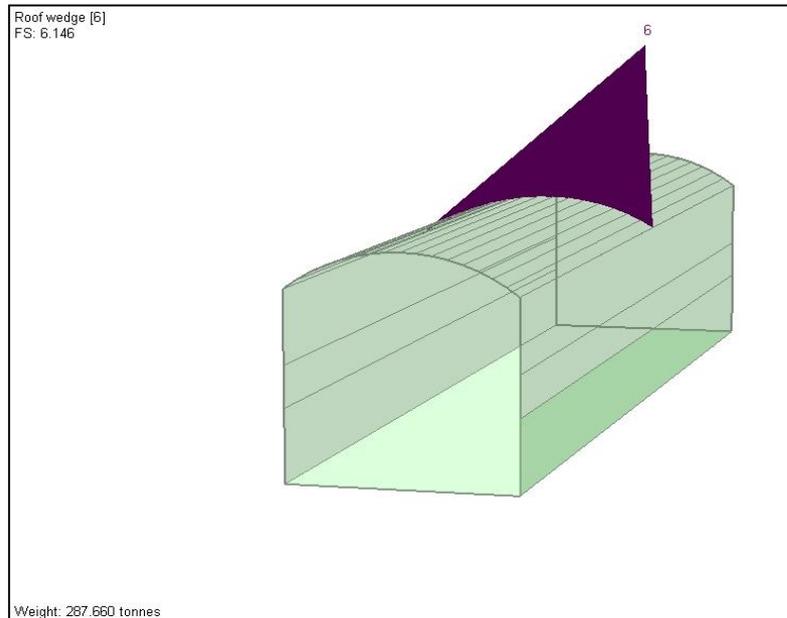


Figura N° 41: Vista de cuña formada para una sección de 8 x 8 m, con dirección de avance Este. Factor de seguridad 19.98, sostenimiento con pernos puntuales

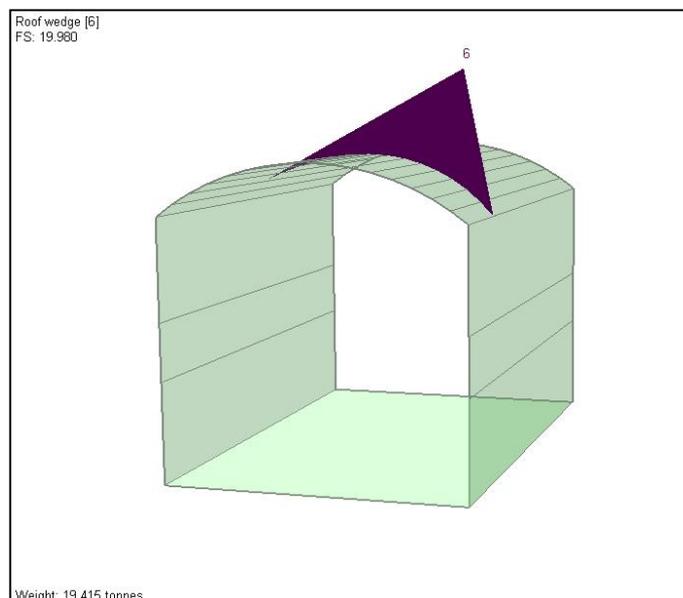


Figura N° 42: Vista de cuña formada para una sección de 9 x 12 m, con dirección de avance Norte. Factor de seguridad 6.146, sostenimiento con pernos puntuales

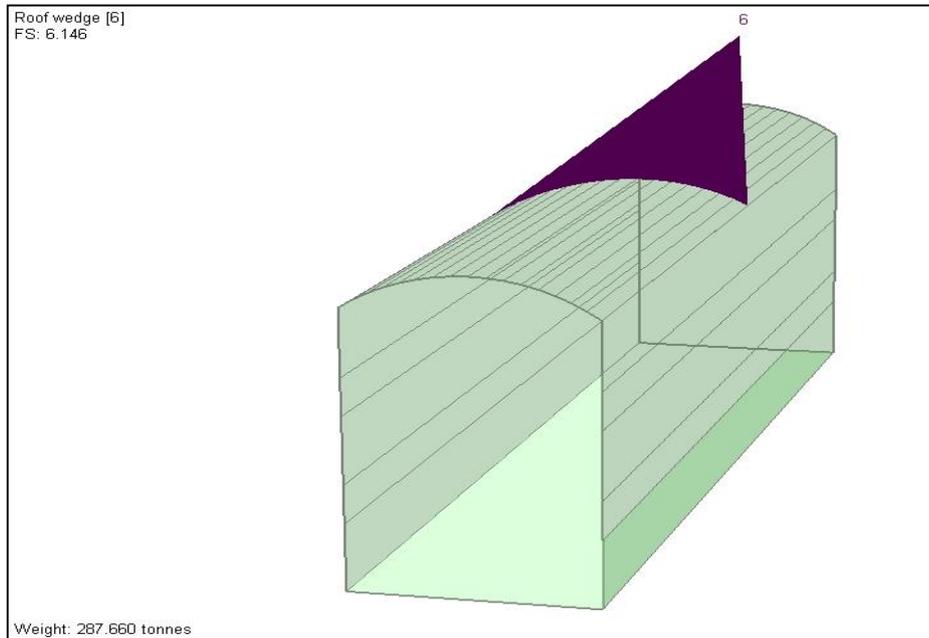


Figura N° 43: Vista de cuña formada para una sección de 9 x 12 m, con dirección de avance Este. Factor de seguridad 19.98, sostenimiento con pernos puntuales

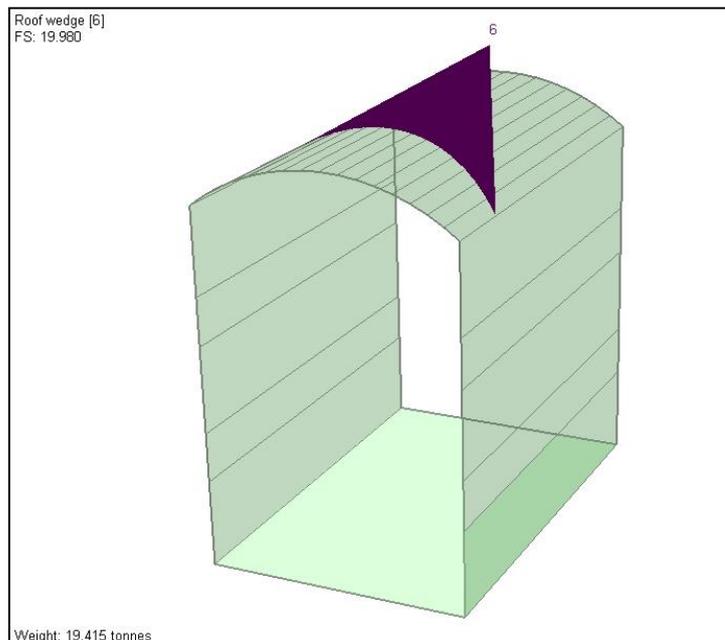
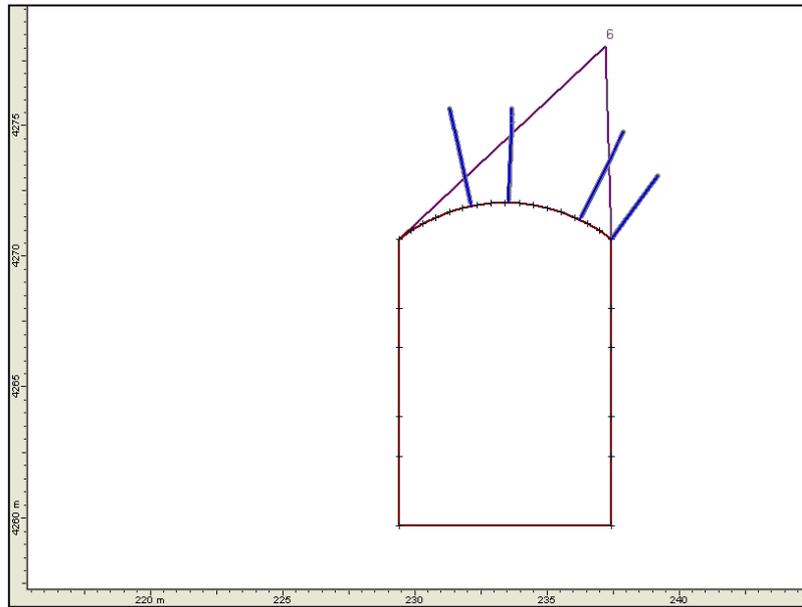


Figura N° 44 Vista de cuña sostenida con pernos helicoidales de 3.0 m de longitud, formada para una sección de 9 x 12 m, con dirección de avance Norte. Factor de seguridad 6.9



CONCLUSIONES

1. El método de Cámaras y Pilares sigue siendo la mejor alternativa para la explotación de los cuerpos mineralizados hasta una altura máxima de explotación de 12 metros Con pilares de 6x6 m y una abertura de 9 m de las cámaras.
2. En el caso de una altura máxima de explotación de 8 metros se puede reducir el ancho de los pilares hasta una sección de 5 x 5 metros.
3. La conformación de los pilares en las dimensiones recomendadas nos garantizará la estabilidad de la mina.
4. Los caudales de agua actuales medidos en las diferentes labores no constituyen un riesgo para los niveles de explotación propuestos. En la Rampa 9844E se tiene un caudal de 20 l/s, lo que nos indicaría que a medida que se profundice se podría encontrar mayores caudales de agua.
5. Para el mapeo geomecánico detallado de las principales labores para determinar las principales familias de discontinuidades, se tomó como base la Rampa 9368E, de cuyo análisis se observa que se tienen dos familias principales de discontinuidades y discontinuidades aleatorias. La familia principal 1 tiene una orientación N165° y un buzamiento de 87°, la segunda familia presenta un rumbo de N242 y un buzamiento de 87°
6. La zonificación de las labores antiguas de Marcapunta Norte muestran 4% de Masa Rocosa Buena, un 39% de Masa Rocosa “Regular A”, 31% de Masa Rocosa “Regular B” y un 24% de Masa “Mala A”. Este porcentaje de “Mala A” se debe a que las dimensiones de los pilares no fueron los adecuados.

7. Para un encampane máximo de explotación de 150 metros se tendría, según el criterio antes mencionado, un esfuerzo vertical en el orden de 4 Mpa y el horizontal en el orden de 2.5 - 3 Mpa.
8. Se realizó un back análisis de la galería principal de explotación, cuyas condiciones actuales de estabilidad son buenas después de haber permanecido 20 años expuestas y sin haber sido reforzadas con ningún tipo de sostenimiento, sólo el proporcionado por los pilares, los cuales también presentan un comportamiento mecánico bueno.
9. Para una sección de 8 metros de altura se debe tener un RMR de 58 para aplicar también solo un sostenimiento esporádico y para una sección de 12 metros de alto se debe tener un RMR de 70. Nuestra masa mineralizada tiene un RMR de 67, lo que nos indica que necesariamente tenemos que aplicar un tipo de sostenimiento sistemático cuando tengamos una altura de 12 metros de explotación.
10. Es muy poco probable que se encuentren macizos del tipo IV y V en las zonas de estudio

TIPO ROCA	CLASE	COLOR	RMR	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACIÓN
BUENA	II		> 60	Roca muy resistente, poco fisurada, sana, húmeda o mojada	No requiere sostenimiento.
REGULAR "A"	III - A		51 - 60	Roca resistente, poco fisurada, sana o ligeramente intemperizada, húmeda o mojada	Generalmente no requerirá ningún tipo de sostenimiento, excepto algunos pernos esporádicos cementados, se utilizará resina cuando haya presencia de agua.
REGULAR "B"	III - B		41 - 50	Roca medianamente dura, moderadamente fracturada, con presencia de algunas fallas menores, ligeramente a moderadamente intemperizada, ligeros goteos.	Pernos cementados sistemáticos de 7 pies de longitud en la bóveda espaciados de 1.3 a 1.5 metros. Si el terreno lo requiere se puede utilizar malla electro soldada, cuando hay presencia de bloques rocosos pequeños. . Alternativamente se puede usar una capa de shotcrete de 2".
MALA "A"	IV - A		31 - 40	Roca suave, fracturada, con algunas fallas panizadas, moderadamente intemperizada, con goteo en fracturas y fallas.	Pernos cementados sistemáticos de 8 pies de longitud en la bóveda espaciados de 1.0 a 1.2 metros + una capa de shotcrete de 2" de espesor.
MALA "B"	IV - B		21 - 30	Roca muy suave, muy fracturada, fallada, panizada, arcillosa, muy intemperizada con goteos o ligeros flujos de agua.	Pernos cementados sistemáticos de 10 pies de longitud en bóveda y hastiales, espaciados cada 1 metro + una capa de shotcrete de 3" de espesor + Arcos Noruegos espaciados de 1.0 a 1.5 metros.
MUY MALA	V		< 21	Roca muy suave, intensamente fracturada, descompuesta, con presencia de arcillas, con goteos y flujos de agua.	Arcos Noruegos espaciados a 1.0 m + una capa de shotcrete de espesor variable. De ser necesario (derrumbes) utilizar cerchas y marchavantes.

11. La Cohesión del back análisis es 50 % del valor 1.4 Mpa para la caliza salificada, es decir 0.7 MPA ya que queremos modelar la situación más desfavorable en un punto crítico que es el sostenimiento. Toda esta información fue procesada con el software Unwedge.

12. Los resultados se muestran a continuación en el siguiente cuadro resumen:

Sección (m)	Factor de Seguridad	Tamaño de Mayor Bloque (TN)	Tipo Sostenimiento	Dirección Avance
4 x 4	13.9	25.9	Ninguno	Norte
4 x 4	57.7	1.3	Ninguno	Este
8 x 8	6.1	267.7	Pernos Puntuales	Norte
8 x 8	19.9	19.4	Pernos Puntuales	Este
9 x 12	6.1	287.7	Pernos	Norte
9 x 12	19.9	19.4	Pernos	Este
9 x 12	6.9	287.7	Pernos Instalados	Norte

Se observa que para secciones de excavaciones de 4 x 4 m, los factores de seguridad son altos y los bloques formados son de grandes dimensiones.

13. Para secciones de 8 x 8 metros, se tiene mayores dimensiones de cuñas pero aun así los factores de seguridad son buenos, ya que la calidad del macizo rocoso de las calizas silicificadas es buena, aun así se instalarán pernos como medida de seguridad.
14. Para secciones de 9 x 12 metros, se tiene casi los mismos resultados que para una sección de 8 x 8 m. Por medida de seguridad se sostendrá con pernos helicoidales espaciados a 1.2 metros por la altura de la excavación.
15. Los depósitos minerales del distrito de Colquijirca pertenecen a un miembro de la familia de los yacimientos relacionados a pórfidos de cobre (Cu) conocida como depósitos Cordilleranos. Este tipo de depósitos, los cuales se forman en general en las partes altas de un pórfido de Cu, se caracterizan fundamentalmente por un prominente zonamiento con partes

internas dominadas por Cu y zonas externas donde Zn, Pb y Ag son los principales elementos económicamente interesantes.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que el diseño de las cámaras y pilares se realicen con los datos obtenidos es decir: Para las cámaras de forma cuadrada de 9 metros de lado por 4 metros de altura y los pilares también de forma cuadrada 3.8 x 3.8 metros por el alto de minado ósea 4 metros.
2. Se recomienda la conexión hacia las labores superiores (rampa 500) con fines de ventilación.
3. Es necesario realizar la evaluación permanente de los diseños de cámaras y pilares (Dimensiones) de acuerdo a la mineralización y al macizo rocoso.
4. Se recomienda hacer un estudio Hidrogeológico detallado para confirmar esta hipótesis

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. D .F. Coates, Fundamentos de Mecánica de Rocas. Dpto. de Minas de Canadá, Toronto, 1974
2. Hoek E. And Brown, ET. “EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS EN ROCA” México, 1980.
3. Llanque Maquera O. Explotación Subterránea Métodos - Casos Prácticos Lima – Perú 1999 P. 71 - 76
4. E. Hoek, Rock Engineering Course Notes, Rocscience Edt. 2000
5. David Córdova Rojas, “MANUAL MECANICA DE ROCAS”, Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, Lima, Perú – 2004.
6. ‘Informe Preliminar del proyecto de Cobre de Marcapunta y de la zona de Smelter
7. BENIAWSKI, Z. ROOCK, T. Determining rock mass deformability experience from case history. International Journal of Rock Mechanic Geomechanics Abstracts. Vol 15, No.15, Oct. 1978.
8. BENIAWSKI, Z. ROOCK, T. Determining rock mass deformability experience from case history. International Journal of Rock Mechanic Geomechanics Abstracts. Vol 15, No.15, Oct. 1978.
9. BLANCO, T. R y M. P. CARTAYA. Estimación de la resistencia de las rocas. Minería y Geología (Moa).No.1. 2000.
10. BOCK. H. Introducción a la mecánica de los macizos rocosos: Mir, Moscú. 1983
11. BORISOV. A.A. Mecánica de rocas y de los Macizos: Niedra, Moscú. 1986.

12. BOLUCHOF. N. S. Mecánica de obras subterráneas: Nedra, Moscú. 1982.
13. FHILLIPS. F. C. la aplicación de las proyecciones estereográficas en geología estructural. Madrid: BLUME. 1975.125p.
14. BIENIAWSKI. Z. T. Geomechanic classification of rock masses and its application to tunneling. Proc. III. Tnt. Congress for Rock Mechanic. ISMR. Vol IIA. 1974.
15. DE LA SOTA. P. G. Aplicación de la geomecánica a los refuerzos en roca con el desarrollo de las minas. Minería. No. 242, Julio – Agosto 1996. (6- 12 p).

ANEXO 1

**MAPEO GEOMECANICO DE LABORES MINERAS
BLOCK 9368**

 EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLOQUIRCA"			POR : JJOG	
		UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368			FECHA : 28 / 12 / 14			
					HOJA : 1 DE 4			
Nº de Celda S1 - 1		ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN Dir. de Buzamiento: 0 Buzamiento: 90°		TRAMO Desde: 0 Hasta: 8.0 m		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)		
Tipo de Roca : A Ciza Min 100% B %		FRECUENCIA / FRACTURA Nº Fracturas/ml. 7		PARÁMETROS			RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO	
				R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa) > 250 (15) X 100 - 250 (12) 50 - 100 (7) 25 - 50 (4) <25 (2) <5 (1) <10 (0) 1 12 90-100 (20) 75 - 90 (17) 50 - 75 (13) X 25 - 50 (8) <25 (2) <5 (1) <10 (0) 3 8			Valoración	
				CONDICIÓN DE JUNTAS ESPACIAMIENTO (m.) >2 (20) 0.6 - 2 (15) X 0.2 - 0.6 (10) 0.06 - 0.2 (8) <0.06 (5) 3 10 PERSISTENCIA <1m long (6) X 1-3 m long. (4) 3-10 m. (2) 10 - 20 (1) >20 (0) 4 A 4 APERTURA Cerrada (6) <0.1 mm (5) X 0.1 - 1.0 mm (4) 1 - 5 mm (1) > 5 mm (0) 4 B 4 RUGOSIDAD Muy Rugosa (6) X Rugosa (5) Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Espejo de falla (0) 4 C 5 RELLENO Limpia (6) Duro <5mm (4) X Duro >5mm (2) Suave <5mm (1) Suave >5mm (0) 4 D 2 ALTERACIÓN Sana (6) X Lig. Alterada (5) Mod Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4 E 5 AGUA SUBTERRÁNEA Seco (15) X Húmedo (10) Mojado (7) Goteo (4) Flujo (0) 5 10			VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 60	
				CLASE DEL MACIZO ROCOSO RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 < 20 III A DESCRIPCIÓN I Muy Buena II Buena III A-Regular A IIIB-Regular B IVA-Mala A IVB-Mala B V Muy Mala				

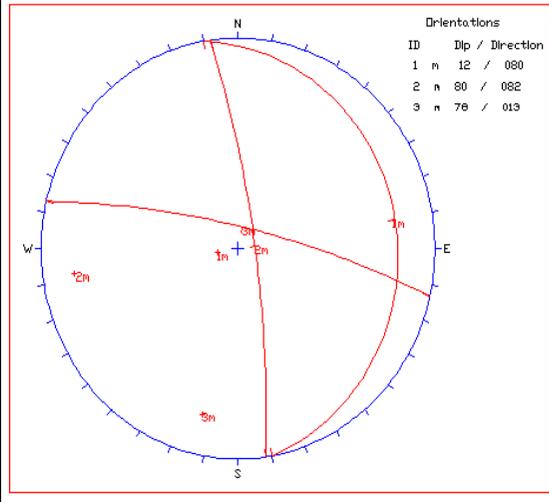
GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Axial
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)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

ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA			
Ciza	Caliza		
Ciza Min	Caliza Mineralizada		
Mar Lar	Marga Limoarcillita		
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.



Orientations

ID	Dip	Direction
1	12	080
2	80	082
3	78	013

 EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECAÁNICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA" UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368			POR : JOG FECHA : 28 / 12 / 14 HOJA : 2 DE 4					
Nº de Celda S1 - 2		ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN Dir. de Buzamiento: 0 Buzamiento: 90°		TRAMO Desde: 8 Hasta: 16.0 m		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)						
Tipo de Roca : A % B % Ciza Min 100%				FRECUENCIA / FRACTURA Nº Fracturas/mi. 6		PARÁMETROS R. COMPRES. UNIAJIAL (MPa) RQD (%) ESPACIAMIENTO (m.)			RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO			Valoración
						> 250 (15) X 100 - 250 (12) 50 - 100 (7) 25 - 50 (4) <25 (2) <5 (1) <1 (0) 1 12						
						90-100 (20) 75 - 90 (17) 50 - 75 (13) X 25 - 50 (8) <25 (3) 2 8						
						>2 (20) 0.6 - 2 (15) X 0.2 - 0.6 (10) 0.06 - 0.2 (8) <0.06 (5) 3 10						
						<1m long (6) X 1-3 m long. (4) 3-10 m. (2) 10 - 20 (1) >20 (0) 4 A 4						
						Cerrada (6) <0.1 mm (5) X 0.1 - 1.0 mm (4) 1 - 5 mm (1) >5 mm (0) 4 B 4						
						Muy Rugosa (6) X Rugosa (5) Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Espejo de falla (0) 4 C 5						
						Limpia (6) Duro <5mm (4) X Duro >5mm (2) Suave <5mm (1) Suave >5mm (0) 4 D 2						
						Sana (6) X Lig. Alterada (5) Mod Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4 E 5						
						Seco (15) X Húmedo (10) Mojado (7) Goteo (4) Flujo (0) 5 10						
						VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 60						
						CLASE DEL MACIZO ROCOSO						
						RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 < 20					III A	
						DESCRIPCIÓN I Muy Buena II Buena III A-Regular A III B-Regular B IV A-Mala A IV B-Mala B V Muy Mala						

GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Axial
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desoncha con una cuchilla	1,0 - 5,0
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.	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.

ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

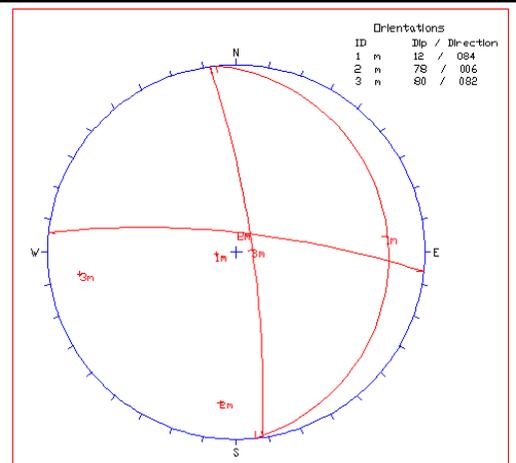
ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diaclasa	E	Estrato
Fa	Falla	Ve	Venilla
Ct	Contacto		

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Py	Pinta
Arc	Arcilla	Lm	Limos
Cb	Carbonatos	Si	Sílice
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.

Orientations

ID	Dip	Direction
1	n	12 / 084
2	n	78 / 006
3	n	80 / 082



N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO			
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :		
S1-3	0	90°	16.0	24.0		
Tipo de Roca :						
A		B		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.		
Ciza Min	%		%			
				10		
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor	
D	13	74	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	83	81	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	83	333	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	15	78	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	80	77	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	79	351	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)									
PARÁMETROS	RANGO DE VALORES								
	VALOR ESTIMADO								
R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	> 250 (15)	100 - 250 (7)	50 - 100 (X) (7)	25 - 50 (4)	<25 (2) <5 (1) <1(0)	1	7		
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) (X)	0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	<0.06 (5)	3	10		
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6) (X)	1-3 m long. (4)	3-10 m (2)	10 - 20 (1)	>20 (0)	4 A	4	
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5) (X)	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4 B	4	
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa (6) (X)	Rugosa (5)	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4 C	5	
	RELLENO	Limpia (6) (X)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)	4 D	4	
	ALTERACIÓN	Sana (6) (X)	Lig. Alterada (5)	Mod Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4 E	5	
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15) (X)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10		
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 57									
CLASE DEL MACIZO ROCOSO									
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	< 20	III A	
DESCRIPCIÓN	I Muy Buena	II Buena	III A-Regular A	IIIB-Regular B	IVA-Mala A	IVB-Mala B	V Muy Mala		

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

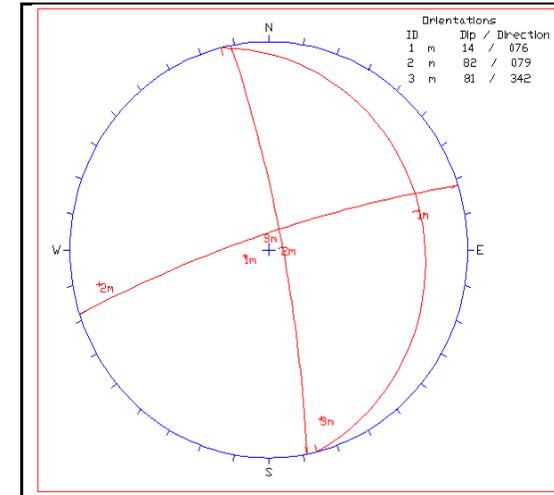
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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.

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.	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.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLOQUIRCA"				POR : JJOG						
		UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368				FECHA : 28 / 12 / 14								
						HOJA : 4 DE 4								
Nº de Celda S1-4		ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN Dir. de Buzamiento: 0 Buzamiento: 90°		TRAMO Desde: 24.0 Hasta: 28.6		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)								
Tipo de Roca : A % B %		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml. 19		PARÁMETROS		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO								
Ciza Min 100%				R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)		> 250 (15)	100 - 250 (17)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25 (2)	<5 (1)	<1 (0)	1	7
				ESPACIAMIENTO (m.)		90-100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	< 25 (3)	< 25 (3)	< 25 (3)	2	8
Tipo Estruct.		ORIENTACIÓN Buzamiento Dir. De Buzamiento		RELLENO Tipo Espesor		CONDICIÓN DE JUNTAS		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 47						
						AGUA SUBTERRÁNEA								
						CLASE DEL MACIZO ROCOSO		III 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 IVA-Mala A IVB-Mala B V Muy Mala								

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

ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
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.

Orientations

ID	Dip	Direction
1	m 14	/ 080
2	m 85	/ 004
3	m 82	/ 083

N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO			
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :		
S2-1	0	90°	0	8.0 m		
Tipo de Roca :						
A		B		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.		
Ciza Min	%		%			
100%				6		
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor	
D	7	92	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	82	3	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	79	82	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	11	93	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	81	347	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	76	86	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)														
PARÁMETROS	RANGO DE VALORES									Valoración				
	VALOR ESTIMADO													
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	> 250	(15)	X	100 - 250	(12)	50 - 100	(7)	25 - 50	(4)	<25 (2)	<5 (1)	<1(0)	1	12
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)	X	0.2 - 0.6	(10)	0.06 - 0.2	(8)	< 0.06	(5)	3	10
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long	(6)	X	1-3 m long.	(4)	3-10 m.	(2)	10 - 20	(1)	>20	(0)	4	4
	APERTURA	Cerrada	(6)		<0.1 mm	(5)	X	0.1 - 1.0 mm	(4)	1 - 5 mm	(1)	> 5 mm	(0)	4
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa	(6)	X	Rugosa	(5)	Lig. Rugosa	(3)	Lisa	(1)	Espejo de falla	(0)	4	5
	RELLENO	Limpia	(6)		Duro <5mm	(4)	X	Duro >5mm	(2)	Suave <5mm	(1)	Suave >5mm	(0)	4
	ALTERACIÓN	Sana	(6)	X	Lig. Alterada	(5)	Mod Alterada	(3)	Muy Alterada	(2)	Descompuesta	(0)	4	5
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	(15)	X	Húmedo	(10)	Mojado	(7)	Goteo	(4)	Flujo	(0)	5	10	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =													60	
CLASE DEL MACIZO ROCOSO														
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							

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

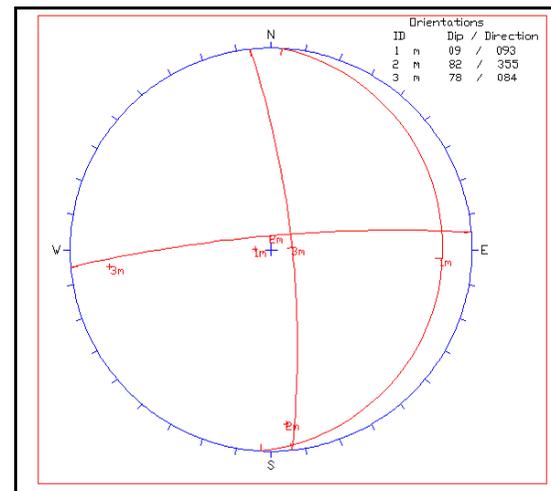
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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.

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.	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.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.
DESCOMPUESTO.	



 EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA" UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368		POR : JJOG FECHA : 28 / 12 / 14 HOJA : 2 DE 9					
N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)						
	Dir. de Buzamiento: 0		Buzamiento: 90°								Desde: 8
Tipo de Roca :				FRECUENCIA / FRACTURA		PARÁMETROS					
A				%		RANGO DE VALORES					
Ciza Min				100%		VALOR ESTIMADO					
				N° Fracturas/ml.		CONDICIÓN DE JUNTAS					
				7		AGUA SUBTERRÁNEA					
						VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =					
						CLASE DEL MACIZO ROCOSO					
						III A					
						VALORACIÓN					
						12					
						8					
						10					
						4					
						4					
						5					
						2					
						5					
						10					
						60					
						100 - 81					
						80 - 61					
						60 - 51					
						40 - 31					
						30 - 21					
						< 20					
						I Muy Buena					
						II Buena					
						III A-Regular A					
						IIIB-Regular B					
						IVA-Mala A					
						IVB-Mala B					
						V Muy Mala					

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

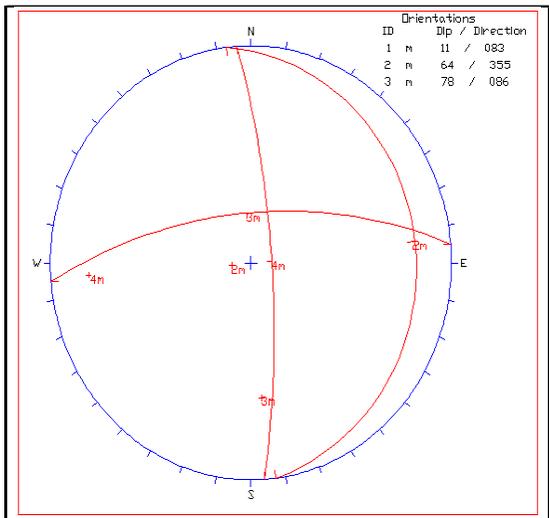
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diadclasa	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.

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.	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.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA"				POR : JJOG					
				UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368				FECHA : 28 / 12 / 14					
								HOJA : 3 DE 9					
N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN			TRAMO			VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)						
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :									
S2 - 3	0	90°	16.0	24.0									
Tipo de Roca :				FRECUCENCIA / FRACTURA			PARÁMETROS			RANGO DE VALORES			Valoración
A		%	B	%	N° Fracturas/m.			VALOR ESTIMADO					
Cliza Min		100%				6							
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS			CONDICIÓN DE JUNTAS			Valoración	
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor								
D	7	79	3	Arc. Cb	0 - 1 mm								
D	78	348	3	Arc. Cb	0 - 1 mm								
D	81	79	3	Arc. Cb	0 - 1 mm								
D	11	83	3	Arc. Cb	0 - 1 mm								
D	82	352	3	Arc. Cb	0 - 1 mm								
D	85	80	3	Arc. Cb	0 - 1 mm								
							R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)						
							ROD (%)						
							ESPACIAMIENTO (m.)						
							PERSISTENCIA						
							APERTURA						
							RUGOSIDAD						
							RELLENO						
							ALTERACIÓN						
							AGUA SUBTERRÁNEA						
										VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =			
										60			
							CLASE DEL MACIZO ROCOSO						
							RMR						
							DESCRIPCIÓN						
							I Muy Buena						
							II Buena						
							III A-Regular A			III A			
							IIIB-Regular B						
							IVA-Mala A						
							IVB-Mala B						
							V Muy Mala						

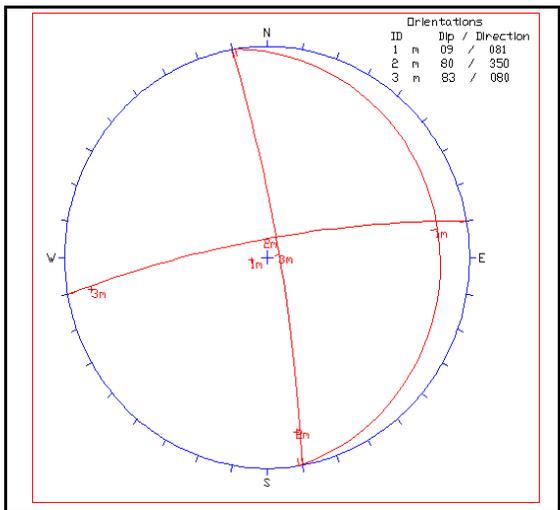
GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Axial
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)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

ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Cliza	Caliza
Cliza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
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	Sl	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.



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.	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.



JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC

PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA"

POR : JOG
FECHA : 28 / 12 / 14
HOJA : 4 DE 9

UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368

N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO			
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :		
S2 - 4	0	90°	24.0	32.0		
Tipo de Roca :						
A		B		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.		
Ciza Min	%		%			
				7		
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor	
D	56	356	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	77	66	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	6	21	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	52	352	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	73	62	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	2	17	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	

PARÁMETROS	RANGO DE VALORES										Valoración					
	VALOR ESTIMADO															
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	> 250	(15)	X	100 - 250	(12)	50 - 100	(7)	25 - 50	(4)	<25 (2)	<5 (1)	<1(0)	1	12		
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)	X	0.2 - 0.6	(10)	0.06 - 0.2	(8)	<0.06		(5)	3	10	
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long	(6)	X	1-3 m long.	(4)	3-10 m.	(2)	10 - 20	(1)	>20		(0)	4	4	
	APERTURA	Cerrada	(6)		<0.1 mm	(5)	X	0.1 - 1.0 mm	(4)	1 - 5 mm	(1)	> 5 mm		(0)	4	4
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa	(6)	X	Rugosa	(5)	Lig. Rugosa	(3)	Lisa	(1)	Espejo de falla		(0)	4	5	
	RELLENO	Limpia	(6)		Duro <5mm	(4)	X	Duro >5mm	(2)	Suave <5mm	(1)	Suave >5mm		(0)	4	2
	ALTERACIÓN	Sana	(6)	X	Lig. Alterada	(5)	Mod Alterada	(3)	Muy Alterada	(2)	Descompuesta		(0)	4	5	
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	(15)	X	Húmedo	(10)	Mojado	(7)	Goteo	(4)	Flujo		(0)	5	10		
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =													60			
CLASE DEL MACIZO ROCOSO													III A			
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									

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

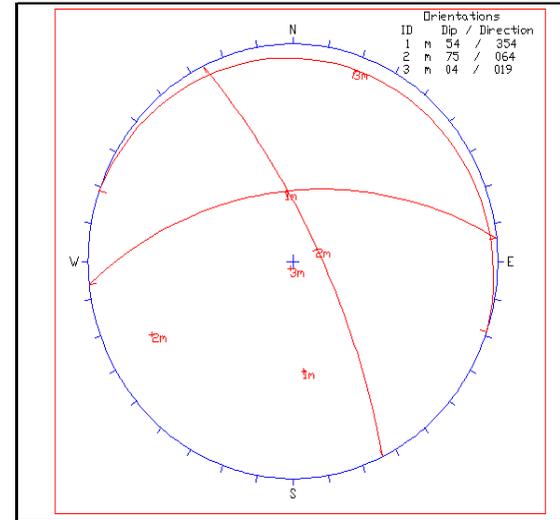
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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.

GRADO	INDICE 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 decolorado 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.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECÁNICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA" UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368			POR : JJOG FECHA : 28 / 12 / 14 HOJA : 5 DE 9				
ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN Dir. de Buzamiento: 0 Buzamiento: 90° Desde: 32.0 Hasta: 40.0				VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)							
TRAMO S2 - 5				PARÁMETROS		RANGO DE VALORES				Valoración	
Tipo de Roca :				FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml. 7		VALOR ESTIMADO					
A Ciza Min		B 100%		R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa) > 250 (15) X 100 - 250 (12) 50 - 100 (7) 25 - 50 (4) <25 (2) <5 (1) <10 (1)		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 (18) X 0.2 - 0.6 (10) 0.06 - 0.2 (8) <0.06 (5) 3 (10)		CONDICIÓN DE JUNTAS		AGUA SUBTERRÁNEA Seco (15) X Húmedo (10) Mojado (7)				VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 60			
CLASE DEL MACIZO ROCOSO RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 < 20		DESCRIPCIÓN I Muy Buena II Buena III A-Regular A IIIB-Regular B IVA-Mala A IVB-Mala B V Muy Mala		III A							
Tipo Estruct. D 7 88 74 3 D 84 D 70		Orientación Buzamiento Dir. De Buzamiento		RELLENO Tipo Espesor		COMENTARIOS					

GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Axial
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchilla. 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

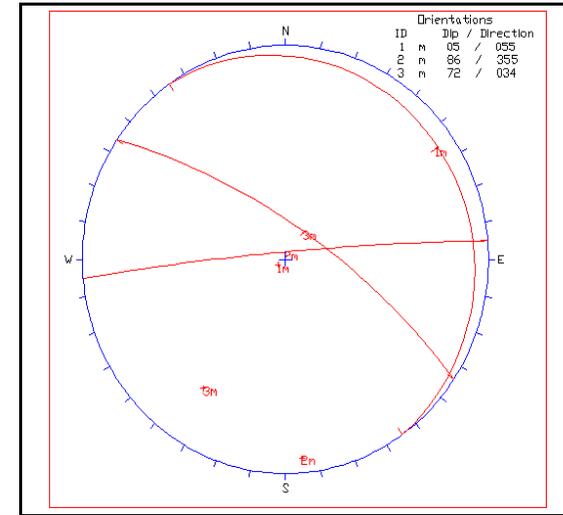
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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	Sl	Slice
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.

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.	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.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA"			POR : JJOG	
				UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368			FECHA : 28 / 12 / 14	
							HOJA : 6 DE 9	
Nº de Celda S2 - 6		ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN Dir. de Buzamiento: 0 Buzamiento: 90°		TRAMO Desde: 40.0 Hasta: 48.0		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)		
Tipo de Roca : A % B % Ciza Min 100%		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/mi. 5		PARÁMETROS			RANGO DE VALORES	
				VALOR ESTIMADO			Valoración	
				R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa) > 250 (15) X 100 - 250 (12) 50 - 100 (7) 25 - 50 (4) <25 (2) <5 (1) <1(0) 1			12	
				RD (%) 90-100 (20) 75 - 90 (17) 50 - 75 (13) X 25 - 50 (8) <25 (3) 2			8	
				ESPACIAMIENTO (m.) >2 (20) 0.6 - 2 (13) X 0.2 - 0.6 (10) 0.06 - 0.2 (8) <0.06 (5) 3			10	
				CONDICIÓN DE JUNTAS				
				PERSISTENCIA <1m long (6) X 1-3 m long. (4) 3-10 m. (2) 10 - 20 (1) >20 (0) 4 A			4	
				APERTURA Cerrada (6) <0.1 mm (5) X 0.1 - 1.0 mm (4) 1 - 5 mm (1) > 5 mm (0) 4 B			4	
				RUGOSIDAD Muy Rugosa (6) X Rugosa (5) Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Espejo de falla (0) 4 C			5	
				RELLENO Limpia (6) Duro <5mm (4) X Duro >5mm (2) Suave <5mm (1) Suave >5mm (0) 4 D			2	
				ALTERACIÓN Sana (6) X Lig. Alterada (5) Mod Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4 E			5	
				AGUA SUBTERRÁNEA Seco (15) X Húmedo (10) Mojado (7) Goteo (4) Flujo (0) 5			10	
				VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =			60	
				CLASE DEL MACIZO ROCOSO				
				RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 < 20			III A	
				DESCRIPCIÓN I Muy Buena II Buena III A-Regular A IIIB-Regular B IVA-Mala A IVB-Mala B V Muy Mala				

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

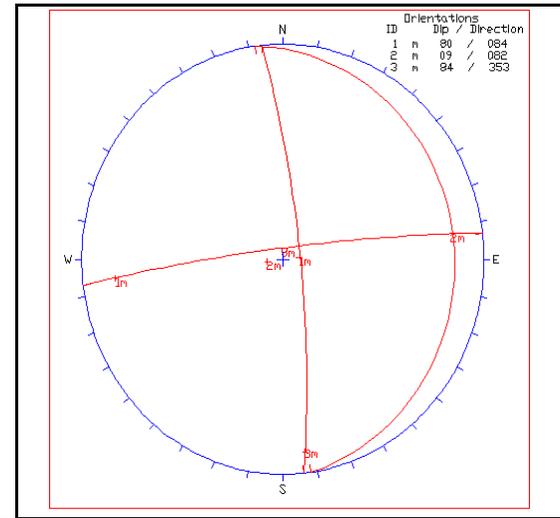
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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	Sílice
Pz	Parizo		

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.

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.	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.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA"		POR : JOG FECHA : 28 / 12 / 14	
				UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368		HOJA : 7 DE 9	

N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO			
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :		
S2-7	0	90°	48.0	56.0		
Tipo de Roca :						
A		%	B	%		
Ciza Min		100%				
FRECUENCIA / FRACTURA						
N° Fracturas/mi. 7						
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor	
D	8	88	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	78	351	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	69	123	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	6	86	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	76	349	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	67	121	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)										
PARÁMETROS	RANGO DE VALORES									Valoración
	VALOR ESTIMADO									
R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	> 250 (15)	X	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25 (2)	<5 (1)	<1(0)	1	12
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)	X	0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)	3	10	
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	X	1-3 m long. (4)	3-10 m. (2)	10 - 20 (1)	>20 (0)	4 A	4	
	APERTURA	Cerrada (6)		<0.1 mm (5)	X	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4 B	
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4 C	5	
	RELLENO	Limpia (6)		Duro <5mm (4)	X	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)	4 D	
	ALTERACIÓN	Sana (6)	X	Lig. Alterada (5)	Mod Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4 E	5	
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	X	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10		
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 60										

CLASE DEL MACIZO ROCOSO						III A	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	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

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

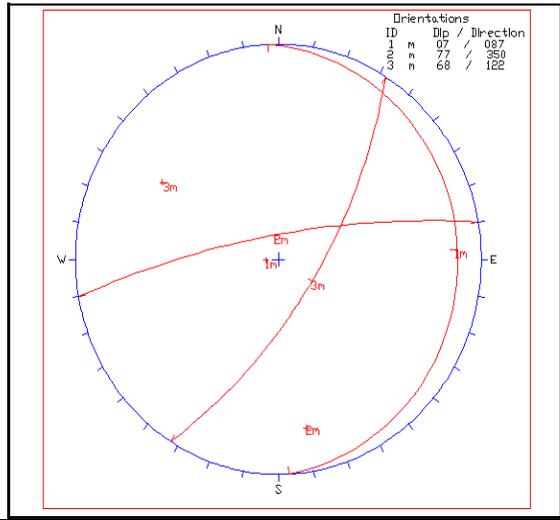
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ctza	Caliza
Ctza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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.

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 decolorado extremadamente es más débil que en su condición sana
III. MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso está 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.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA" UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368		POR : JOG FECHA : 28 / 12 / 14 HOJA : 8 DE 9				
N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)					
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :						
S2 - 8	0	90°	56.0	64.0	PARÁMETROS					
Tipo de Roca :				FRECUENCIA / FRACTURA						RANGO DE VALORES
A		B		N° Fracturas/ml.	VALOR ESTIMADO					Valoración
Ciza Min		%		11						
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamento	RELLENO		CONDICIÓN DE JUNTAS				
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor					
D	11	77	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)				
D	70	356	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	RQD (%)				
D	69	97	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	ESPACIAMIENTO (m.)				
D	9	75	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	PERSISTENCIA				
D	68	354	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	APERTURA				
D	67	95	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	RUGOSIDAD				
						RELLENO				
						ALTERACIÓN				
						AGUA SUBTERRÁNEA				
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =										55
CLASE DEL MACIZO ROCOSO										III A
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	< 20			
DESCRIPCIÓN	I Muy Buena	II Buena	III A-Regular A	IIIB-Regular B	IVA-Mala A	IVB-Mala B	V Muy Mala			

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

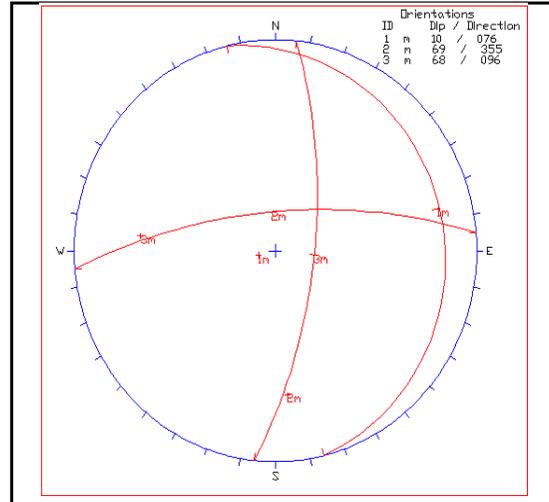
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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.

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.	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.





JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC

PROYECTO: "LA GEOMECAÁNICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJIRCA"

POR: JJOG

FECHA: 28 / 12 / 14

UBICACIÓN: MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368

HOJA: 9 DE 9

N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO			
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta:		
S2 - 9	0	90°	64.0	70.0		
Tipo de Roca :						
A		%	B			
Ciza Min		100%				
FRECUENCIA / FRACTURA						
N° Fracturas/ml. 15						
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor	
D	8	87	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	73	351	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	80	86	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	10	89	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	75	353	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	82	88	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)									
PARÁMETROS	RANGO DE VALORES								
	VALOR ESTIMADO								
R. COMPRE. UNIAIXAL (MPa)	> 250 (15)	100 - 250 (7)	X 50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25 (2)	<5 (1)	<10 (1)	1	7
RQD (%)	90-100 (20)	75 - 90 (17)	X 50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	< 25 (3)	2	8		
ESPACIAMIENTO (m.)	>2 (20)	0.6 - 2 (18)	X 0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)	3	10		
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	X 1-3 m long. (4)	3-10 m. (2)	10 - 20 (1)	>20 (0)	4 A	2	
	APERTURA	Cerrada (6)	X <0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4 B	1	
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa (6)	X Rugosa (5)	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4 C	3	
	RELLENO	Limpia (6)	X Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)	4 D	4	
	ALTERACIÓN	Sana (6)	X Lig. Alterada (5)	Mod Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4 E	3	
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	X Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10		
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 48									
CLASE DEL MACIZO ROCOSO									
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	< 20	III B	
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		

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

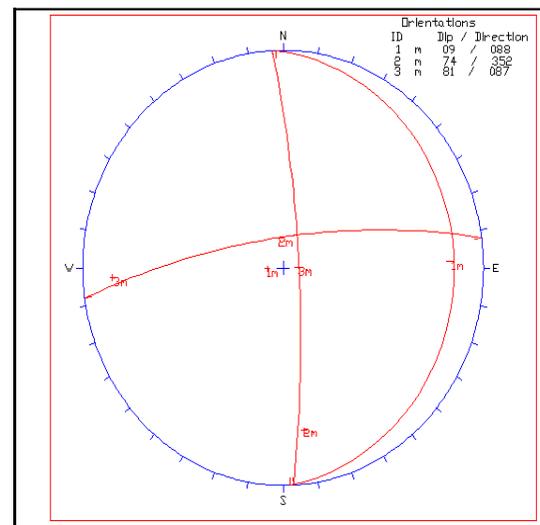
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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.

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.	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.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJIRCA" UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368		POR : JJOG FECHA : 28 / 12 / 14 HOJA : 1 DE 9							
N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)								
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :									
S5 - 1	0	90°	0	10	PARÁMETROS								
Tipo de Roca :				FRECUCENCIA / FRACTURA							RANGO DE VALORES		
A		B		N° Fracturas/ml.		VALOR ESTIMADO						Valoración	
Ciza Min		%		13									
R. COMPRES. UNIAIXIAL (MPa)		RQD (%)		ESPACIAMIENTO (m.)		CONDICIÓN DE JUNTAS							
D		D		D		D		D		D		D	
70		355		3		Arc, Cb		0 - 1 mm		COMENTARIOS			
10		79		3		Arc, Cb		0 - 1 mm					
77		82		3		Arc, Cb		0 - 1 mm					
72		359		3		Arc, Cb		0 - 1 mm					
14		83		3		Arc, Cb		0 - 1 mm					
81		86		3		Arc, Cb		0 - 1 mm					
R. COMPRES. UNIAIXIAL (MPa)		RQD (%)		ESPACIAMIENTO (m.)		PERSISTENCIA		APERTURA		RUGOSIDAD		RELLENO	
> 250 (15)		90-100 (20)		s2 (20)		<1m long (6)		Cerrada (6)		Muy Rugosa (6)		Limpia (6)	
100 - 250 (7)		75 - 90 (17)		0.6 - 2 (15)		1-3 m long. (4)		<0.1 mm (5)		Rugosa (5)		Duro <5mm (4)	
50 - 100 (7)		50 - 75 (13)		0.2 - 0.6 (10)		3-10 m. (2)		0.1 - 1.0 mm (4)		Lig. Rugosa (3)		Suave >5mm (1)	
25 - 50 (4)		25 - 50 (8)		0.06 - 0.2 (8)		10 - 20 (1)		1 - 5 mm (1)		Lisa (1)		Muy Alterada (2)	
<25 (2)		<5 (1)		<0.06 (5)		>20 (0)		> 5 mm (0)		Espejo de falla (0)		Descompuesta (0)	
<5 (1)		<1 (0)		1 (1)		4 A (2)		4 B (1)		4 C (3)		4 D (4)	
1 (1)		2 (2)		3 (3)		4 (4)		5 (5)		6 (6)		7 (7)	
7		8		10		2		1		3		4	
10		10		10		10		10		10		10	
AGUA SUBTERRÁNEA		R. COMPRES. UNIAIXIAL (MPa)		RQD (%)		ESPACIAMIENTO (m.)		PERSISTENCIA		APERTURA		RUGOSIDAD	
Seco (15)		100 - 81 (15)		80 - 61 (10)		60 - 51 (10)		50 - 41 (10)		40 - 31 (10)		30 - 21 (10)	
Mojado (7)		80 - 61 (10)		60 - 51 (10)		50 - 41 (10)		40 - 31 (10)		30 - 21 (10)		< 20 (10)	
Goteo (4)		DESCRIPCIÓN		I Muy Buena		II Buena		III A-Regular A		III B-Regular B		IVA-Mala A	
Flujo (0)		III B		V Muy Mala		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =		50					

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

ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA			
Ciza	Caliza		
Ciza Min	Caliza Mineralizada		
Mar Lar	Marga Limoarcillita		
Bx	Brecha		
Cgl	Conglomerado		

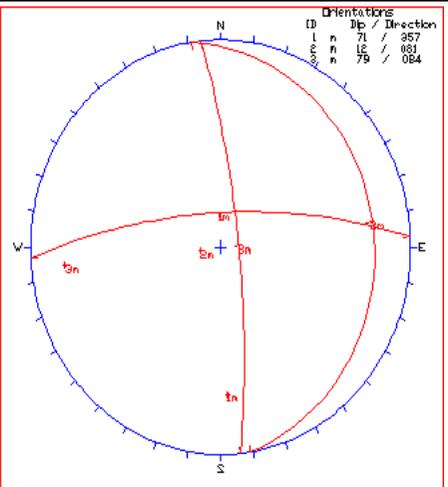
ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diaclasa	E	Estrato
Fa	Falla	Ve	Venilla
Ct	Contacto		

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

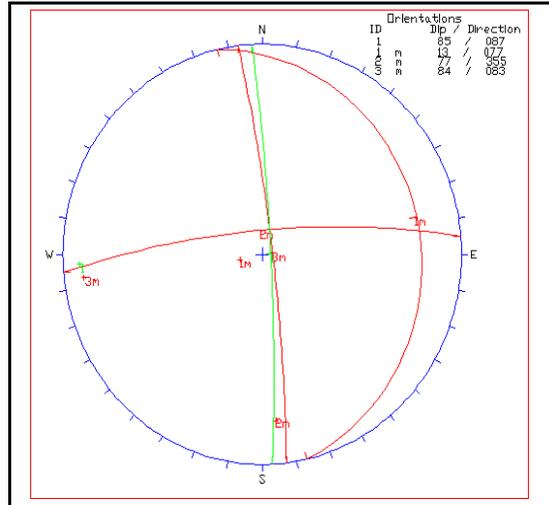
ABREVIACIÓN DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m.
2	0.6 - 2 m.
3	0.2 - 0.6 m.
4	0.06 - 0.2 m.
5	< 0.06 m.

Orientations

ID	Dip	Direction
1	71	357
2	15	161
3	79	084



 EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.				JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC				PROYECTO : "LA GEOMECÁNICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA"				POR : JOG FECHA : 28 / 12 / 14 HOJA : 2 DE 9					
N° de Celda S5-2		ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN Dir. de Buzamiento: 0 Buzamiento: 90°				TRAMO Desde: 10.0 Hasta : 20.0				VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)							
Tipo de Roca : A % B % Ciza Min 100%						FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/mi. 14		PARÁMETROS									
RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO						R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa) > 250 (15) 100 - 250 (1) X 50 - 100 (7) 25 - 50 (4) <25 (2) <5 (1) <10 1 7 90-100 (20) 75 - 90 (17) 50 - 75 (13) X 25 - 50 (8) <25 (3) 2 8											
CONDICIÓN DE JUNTAS						ESPACIAMIENTO (m.) >2 (20) 0.6 - 2 (15) X 0.2 - 0.6 (10) 0.06 - 0.2 (8) <0.06 (5) 3 10 <1m long (6) 1-3 m long. (4) X 3-10 m. (2) 10 - 20 (1) >20 (0) 4 A 2 APERTURA Cerrada (6) <0.1 mm (5) 0.1 - 1.0 mm (4) X 1 - 5 mm (1) >5 mm (0) 4 B 1 RUGOSIDAD Muy Rugosa (6) Rugosa (5) X Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Espejo de falla (0) 4 C 3 RELLENO Limpia (6) X Duro <5mm (4) Duro >5mm (2) Suave <5mm (1) Suave >5mm (0) 4 D 4 ALTERACIÓN Sana (6) X Lig. Alterada (5) Mod Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4 E 5 AGUA SUBTERRÁNEA Seco (15) X Húmedo (10) Mojado (7) Goteo (4) Flujo (0) 5 10											
COMENTARIOS						VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 50											
Tipo Estruct. D Buzamiento Dir. De Buzamiento Espaciamiento Tipo Espesor Rellenos						CLASE DEL MACIZO ROCOSO RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 < 20 DESCRIPCIÓN I Muy Buena II Buena III A-Regular A IIIB-Regular B IVA-Mala A IVB-Mala B V Muy Mala III B											
GRADO ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO RANGO RESIS. COMP. Axial						ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA Ciza Caliza Ciza Min Caliza Mineralizada Mar Lar Marga Limocarcillita Bx Brecha Cgl Conglomerado											
R1 Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla 1,0 - 5,0 R2 Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta) 5 - 25 R3 No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo 25 - 50 R4 La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo 50 - 100 R5 Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra 100 - 250 R6 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo > 250						ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS D Diaclasa E Estrato Fa Falla Ve Venilla Ct Contacto											
GRADO ÍNDICE DE ALTERACIÓN DESCRIPCIÓN						ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Lm Limos Cb Carbonatos Si Silice Pz Panizo											
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. 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.						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.											





JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC

PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJIRCA"

POR : JOG
FECHA : 28 / 12 / 14

UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368

HOJA : 3 DE 9

N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO			
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :		
S5-3	0	90°	20.0	30.0		
Tipo de Roca :						
A		B		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.		
Ciza Min	%		%			
	100%			11		
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor	
D	11	89	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	80	353	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	79	77	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	15	93	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	84	357	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	83	81	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	

PARÁMETROS	RANGO DE VALORES										Valoración		
	VALOR ESTIMADO												
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	> 250	(15)	100 - 250	(7)	50 - 100	(7)	25 - 50	(4)	<25 (2)	<5 (1)	<1(0)	1	7
RQD (%)	90-100	(20)	75 - 90	(17)	50 - 75	(13)	25 - 50	(8)	< 25			(3)	2
ESPACIAMIENTO (m.)	>2	(20)	0.6 - 2	(15)	0.2 - 0.6	(10)	0.06 - 0.2	(8)	< 0.06			(5)	3
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long	(6)	1-3 m long.	(4)	3-10 m	(2)	10 - 20	(1)	>20		(0)	4 A
	APERTURA	Cerrada	(6)	<0.1 mm	(5)	0.1 - 1.0 mm	(4)	1 - 5 mm	(1)	> 5 mm		(0)	4 B
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa	(6)	Rugosa	(5)	Lig. Rugosa	(3)	Lisa	(1)	Espejo de falla		(0)	4 C
	RELLENO	Limpia	(6)	Duro <5mm	(4)	Duro >5mm	(2)	Suave <5mm	(1)	Suave >5mm		(0)	4 D
	ALTERACIÓN	Sana	(6)	Lig. Alterada	(5)	Mod Alterada	(3)	Muy Alterada	(2)	Descompuesta		(0)	4 E
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	(15)	Húmedo	(10)	Mojado	(7)	Goteo	(4)	Flujo		(0)	5	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =												50	
CLASE DEL MACIZO ROCOSO													
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	< 20						III B
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						

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

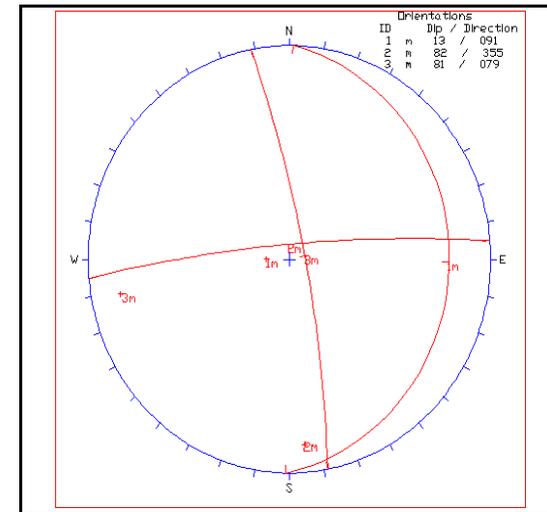
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Pv	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.

GRADO	INDICE 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.	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.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.
DESCOMPUESTO.	



		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA"				POR : JJOG	
				UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368				FECHA : 28 / 12 / 14	
								HOJA : 4 DE 9	
N° de Celda		ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)			
S5 - 4		Dir. de Buzamiento: 0 Buzamiento: 90°		Desde: 30.0 Hasta: 40.0					
Tipo de Roca :		FRECUCENCIA / FRACTURA		PARÁMETROS		RANGO DE VALORES			
A % B %		N° Fracturas/ml. 11		R. COMPRES. UNIAIXAL (MPa)		VALOR ESTIMADO			
Ciza Min 100%				ROD (%)		Valoración			
				ESPACIAMIENTO (m.)					
Tipo Estruct.		Orientación Buzamiento Dir. De Buzamiento		RELLENO Tipo Espesor		CONDICIÓN DE JUNTAS			
D 79		351 3		Arc, Cb 0 - 1 mm		PERSISTENCIA			
D 81		87 3		Arc, Cb 0 - 1 mm		APERTURA			
D 11		77 3		Arc, Cb 0 - 1 mm		RUGOSIDAD			
D 77		353 3		Arc, Cb 0 - 1 mm		RELLENO			
D 79		89 3		Arc, Cb 0 - 1 mm		ALTERACIÓN			
D 9		79 3		Arc, Cb 0 - 1 mm		AGUA SUBTERRÁNEA			
						VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 10			
						CLASE DEL MACIZO ROCOSO			
						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 IVA-Mala A IVB-Mala B V Muy Mala III B			

GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Axial
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchilla. 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

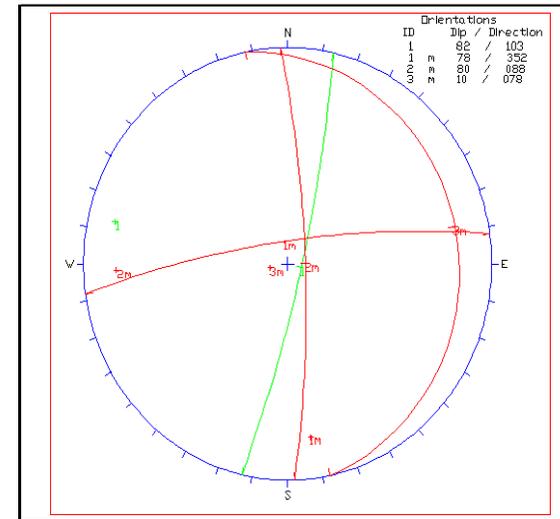
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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.

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.	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.





JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC

PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA"

POR : JJOG

UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368

FECHA : 28 / 12 / 14

HOJA : 5 DE 9

N° de Celda		ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)																
S5 - 5		Dir. de Buzamiento: 0		Buzamiento: 90°		Desde: 40.0		Hasta: 50.0		PARÁMETROS					RANGO DE VALORES					Valoración		
Tipo de Roca :						FRECUENCIA / FRACTURA				VALOR ESTIMADO												
A		%		B		%		N° Fracturas/ml.		R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)												
Ciza Min		100%						15		ROD (%)												
										ESPACIAMIENTO (m.)												
Tipo Estruct.		Orientación		Espaciamento		RELLENO		COMENTARIOS		CONDICIÓN DE JUNTAS												
Buzamiento		Dir. De Buzamiento				Tipo		Espesor		APERTURA												
D		81		354		3		Arc, Cb		0 - 1 mm		Cerrada										
D		78		85		3		Arc, Cb		0 - 1 mm		Muy Rugosa										
D		9		80		3		Arc, Cb		0 - 1 mm		Limpia										
D		83		352		3		Arc, Cb		0 - 1 mm		Duro <5mm										
D		80		83		3		Arc, Cb		0 - 1 mm		Lig. Alterada										
D		11		78		3		Arc, Cb		0 - 1 mm		Sana										
										AGUA SUBTERRÁNEA												
										Seco												
										Húmedo												
										Mojado												
										Goteo												
										Flujo												
										VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =					48							
										CLASE DEL MACIZO ROCOSO												
										RMR												
										I Muy Buena												
										II Buena												
										III A-Regular A												
										III B-Regular B												
										IV A-Mala A												
										IV B-Mala B												
										V Muy Mala												
																				III B		

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

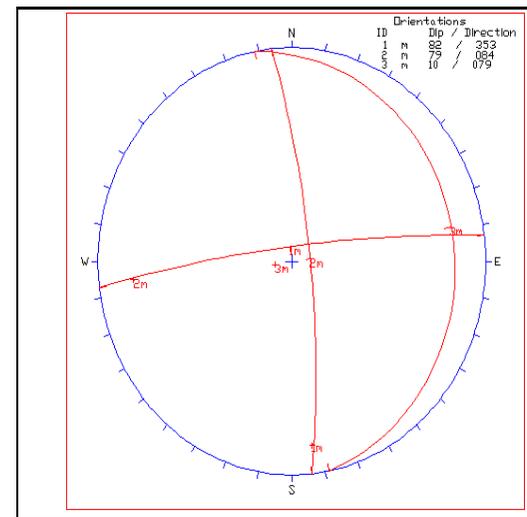
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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

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 decolorado 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.

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

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE 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.





JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC

PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA"

POR : JJOG
FECHA : 28 / 12 / 14
HOJA : 6 DE 9

UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368

N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)								
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :									
S5 - 6	0	90°	50.0	60.0									
Tipo de Roca :					VALOR ESTIMADO	Valoración							
A	%	B	%	FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.									
Ciza Min	100%			13	R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	7							
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS							
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor								
D	79	355	3	Arc, Cb	0 - 1 mm								
D	83	82	3	Arc, Cb	0 - 1 mm								
D	12	91	3	Arc, Cb	0 - 1 mm								
D	75	1	3	Arc, Cb	0 - 1 mm								
D	79	88	3	Arc, Cb	0 - 1 mm								
D	8	97	3	Arc, Cb	0 - 1 mm								
CONDICIÓN DE JUNTAS					VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =								
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)					> 250 (15)	100 - 250 (7)	50 - 100 (13)	25 - 50 (4)	< 25 (2)	< 5 (1)	< 1 (0)	1	7
ROD (%)					90-100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	< 25 (3)	< 5 (2)	< 1 (0)	2	8
ESPACIAMIENTO (m.)					> 2 (20)	0.6 - 2 (15)	0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)	< 0.06 (3)	< 0.06 (2)	3	10
PERSISTENCIA					< 1m long (6)	1-3 m long. (4)	3-10 m. (2)	10 - 20 (1)	> 20 (0)	> 20 (0)	> 20 (0)	4	2
APERTURA					Cerrada (6)	< 0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	> 5 mm (0)	> 5 mm (0)	4	1
RUGOSIDAD					Muy Rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	Espejo de falla (0)	Espejo de falla (0)	4	3
RELLENO					Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro > 5mm (2)	Suave < 5mm (1)	Suave > 5mm (0)	Suave > 5mm (0)	Suave > 5mm (0)	4	4
ALTERACIÓN					Sana (6)	Lig. Alterada (5)	Mod Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	Descompuesta (0)	Descompuesta (0)	4	5
AGUA SUBTERRÁNEA					Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	Flujo (0)	Flujo (0)	5	10
					CLASE DEL MACIZO ROCOSO							III 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	

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Axial
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1.0 - 5.0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

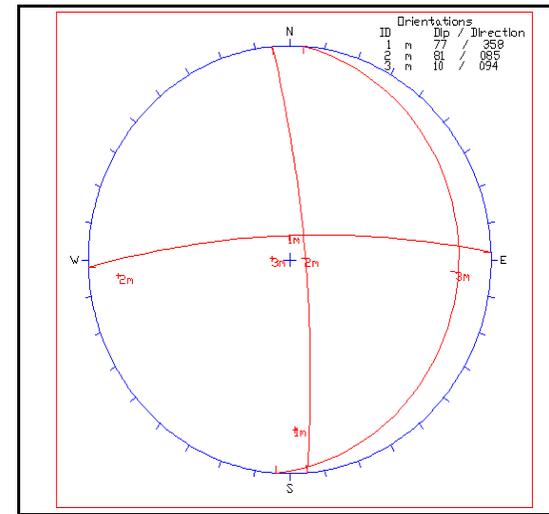
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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.

GRADO	INDICE 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.	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.		JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA" UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368		POR : JJOG FECHA : 28 / 12 / 14 HOJA : 7 DE 9	
Nº de Celda S5 - 7		ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN Dir. de Buzamiento: 0 Buzamiento: 90°		TRAMO Desde: 60.0 Hasta : 70.0		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)	
Tipo de Roca : A % B % Ciza Min 100%		FRECUENCIA / FRACTURA Nº Fracturas/ml. 14		PARÁMETROS		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO	
Tipo Estruct. Orientación Buzamiento Dir. De Buzamiento Espaciamiento		RELLENO Tipo Espesor		COMENTARIOS		CONDICIÓN DE JUNTAS	
D 69 358 3 Arc, Cb 0 - 1 mm		D 76 85 3 Arc, Cb 0 - 1 mm		D 8 83 3 Arc, Cb 0 - 1 mm		D 75 352 3 Arc, Cb 0 - 1 mm	
D 82 79 3 Arc, Cb 0 - 1 mm		D 14 77 3 Arc, Cb 0 - 1 mm		R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa) > 250 (15) 100 - 250 (7) X 50 - 100 (7) 25 - 50 (4) <25 (2) <5 (1) <1 (0) 1 7		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) X 0.2 - 0.6 (10) 0.06 - 0.2 (8) < 0.06 (5) 3 10		PERSISTENCIA <1m long (6) 1-3 m long. (4) X 3-10 m. (2) 10 - 20 (1) >20 (0) 4 A 2		APERTURA Cerrada (6) <0.1 mm (5) 0.1 - 1.0 mm (4) X 1 - 5 mm (1) > 5 mm (0) 4 B 1		RUGOSIDAD Muy Rugosa (6) Rugosa (5) X Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Espejo de falla (0) 4 C 3	
RELLENO Limpia (6) Duro <5mm (4) Suave <5mm (1) Suave >5mm (0) 4 D 4		ALTERACIÓN Sana (6) Lig. Alterada (5) Mod Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4 E 5		AGUA SUBTERRÁNEA Seco (15) X Húmedo (10) Mojado (7) Goteo (4) Flujo (0) 5 10		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 50	
CLASE DEL MACIZO ROCOSO		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 IVA-Mala A IVB-Mala B V Muy Mala		III B	

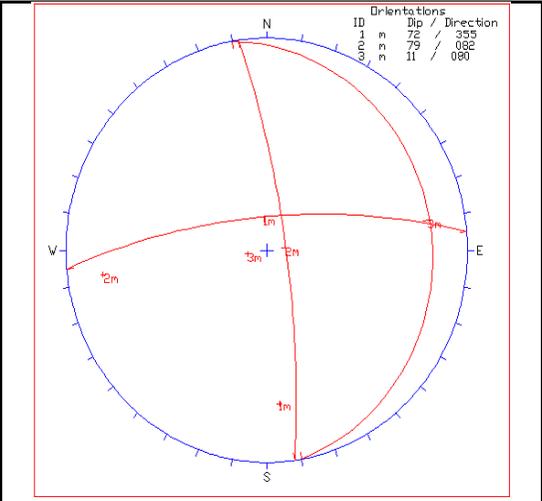
GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Axial
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)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

ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA			
Ciza	Caliza		
Ciza Min	Caliza Mineralizada		
Mar Lar	Marga Limoarcillita		
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.





JRC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC

PROYECTO : "LA GEOMECANICA EN EL MINADO MASIVO-MINA MARCAPUNTA NORTE-COLQUIJRCA"

POR : JJOG

FECHA : 28 / 12 / 14

UBICACIÓN : MARCAPUNTA NORTE - BLOCK 9368

HOJA : 8 DE 9

N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO			
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :		
S5 - 8	0	90°	70.0	80.0		
Tipo de Roca :						
A		B		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.		
Ciza Min	%		%			
				15		
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor	
D	74	355	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	79	78	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	10	71	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	80	357	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	85	80	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	
D	16	73	3	Arc, Cb	0 - 1 mm	

PARÁMETROS	VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)									
	RANGO DE VALORES									
	VALOR ESTIMADO									
R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	> 250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X 25 - 50 (4)	<25 (2)	<5 (1)	<1 (0)	1	4	
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)	X 0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	<0.06 (5)			3	10	
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	1-3 m long. (4)	X 3-10 m (2)	10 - 20 (1)	>20 (0)		4	A	2
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	X 0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)		4	B	1
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)		4	C	3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	X Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	X Suave >5mm (0)		4	D	0
	ALTERACIÓN	Sana (6)	Lig. Alterada (5)	X Mod Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)		4	E	2
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	X Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)		5	10		
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =										40

CLASE DEL MACIZO ROCOSO							
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	< 20
DESCRIPCIÓN	I Muy Buena	II Buena	III A-Regular A	IIIB-Regular B	IVA-Mala A	IVB-Mala B	V Muy Mala

IVA

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

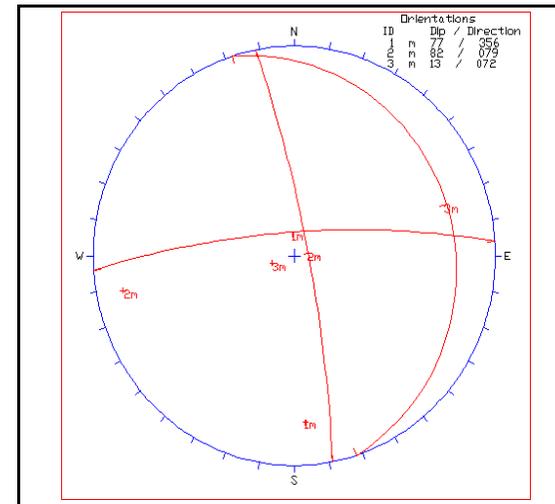
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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.

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.	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.



N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN		TRAMO			
	Dir. de Buzamiento:	Buzamiento:	Desde:	Hasta :		
S5 - 9	0	90°	80.0	93.5		
Tipo de Roca :						
A		B		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.		
Ciza Min	%		%			
				15		
Tipo Estruct.	Orientación		Espaciamiento	RELLENO		COMENTARIOS
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor	
D	11	82	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	81	90	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	83	355	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	13	79	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	83	86	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	
D	85	351	3	Arc. Cb	0 - 1 mm	

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)										
PARÁMETROS		RANGO DE VALORES								Valoración
		VALOR ESTIMADO								
R. COMPRE. UNIAXIAL (MPa)	> 250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X 25 - 50 (4)	<25 (2)	<5 (1)	<1(0)	1	4	
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)	X 0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)			3	10	
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	1-3 m long. (4)	X 3-10 m. (2)	10 - 20 (1)	>20 (0)	4 A	2		
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	X 0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4 B	1		
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4 C	3		
	RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	X Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	X Suave >5mm (0)	4 D	0		
	ALTERACIÓN	Sana (6)	Lig. Alterada (5)	X Mod Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4 E	2		
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	X Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10			
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 40										
CLASE DEL MACIZO ROCOSO										
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	< 20	IVA		
DESCRIPCIÓN	I Muy Buena	II Buena	III A-Regular A	IIIB-Regular B	IVA-Mala A	IVB-Mala B	V Muy Mala			

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

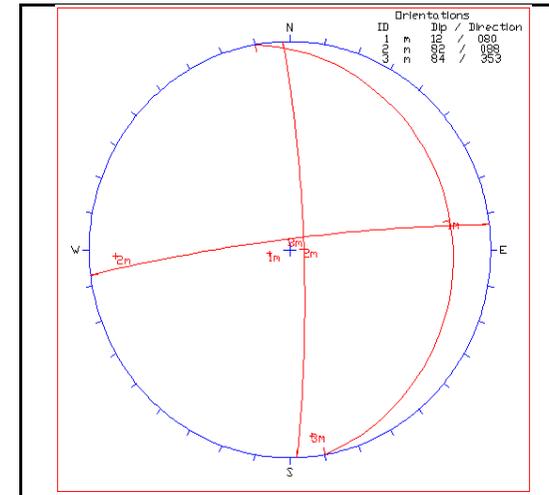
ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ctza	Caliza
Ctza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

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	Sl	Silice
Pz	Parizo		

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.

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.	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.



ANEXO 2

MAPEO GEOTÉCNICO DE TESTIGOS ROCOSOS

LOGUEO GEOTECNICO DE TESTIGOS ROCOSOS

MARCAPUNTA NORTE : MINADO MASIVO				Realizado por:		R.T.J - N.C.C					MINADO DE MARCAPUNTA NORTE						
Incl.	-90	Azimet :	0	Fecha:	Set. - 2009	Taladro n:	CM1 - 264 - 07										
Cota : 4332.70			E:	361239.81		Hojas	1	DE		1							
Intervalo de Longitud		Litologia	Alteracion	σ _{ci} (MPa)	RQD (%)	PARAMETROS DEL RMR										Descripción	
Desde (m)	Hasta (m)					RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Condicion de Juntas (4)					Agua (5)	Total		
									Per.	Ape	Ru.	Rell	Int.				
0.00	22.10	Suelo Limoarcilloso															
22.10	27.80	Lim	Muy	R2	18	4	3	5	2	2	1	1	1	10	29	IVB	Mala B
27.80	45.38	Lim	Muy	R2	33	4	8	5	2	2	1	1	2	10	35	IVA	Mala A
45.38	55.46	Lim	Mod	R2	30	4	8	5	2	2	1	1	3	10	36	IVA	Mala A
55.46	63.25	Lim	Mod	R2	34	4	8	5	2	2	1	1	2	10	35	IVA	Mala A
63.25	95.40	Clza - Sil	Mod	R3	60	7	13	8	2	4	3	2	3	10	52	IIIA	Regular A
95.40	115.37	Clza - Sil - Min	Mod	R4	61	12	13	8	2	4	3	2	3	10	57	IIIA	Regular A
115.37	126.15	Vulca	Muy	R2	15	4	3	8	2	4	2	1	2	10	36	IVA	Mala A
126.15	129.55	vulca	Muy	R3	70	7	13	8	2	4	3	1	3	10	51	IIIA	Regular A
129.55	143.28	Clza - Sil - Min	Lig	R4	72	12	13	8	2	4	3	2	3	10	57	IIIA	Regular A
143.28	145.52	Brecha	Mod	R3	60	7	13	8	2	4	3	1	3	10	51	IIIA	Regular A
145.52	174.68	Congl.	Lig	R4	80	12	17	10	2	4	4	1	5	10	65	IIB	Buena B
174.68	203.69	Vulca	Muy	R2	62	4	13	10	2	4	4	1	4	10	52	IIIA	Regular A
203.69	206.43	Brecha	Mod	R3	51	7	13	10	2	4	2	1	3	10	52	IIIA	Regular A
206.43	209.23	Arcilla bituminosa	Mod	R3	53	7	13	10	2	4	2	1	3	10	52	IIIA	Regular A

ANEXO 2

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2938-95

Los resultados son los siguientes:

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Resistencia a la Compresión Simple (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
M-2	5.50	10.06	30000	1262.71	123.83
M-3	4.25	8.78	25800	1818.66	178.35
M-6	5.50	11.36	19200	808.14	79.25
M-7	5.50	11.30	12800	538.76	52.83

Observación: Estandarizado según Protodyakonov ($\frac{L}{D} = 2$)



ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS

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

Los resultados son los siguientes:

Sondaje	Muestra	Peso saturado (gr)	Peso suspendido (gr)	Peso seco (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Densidad Saturada (gr/cm ³)	Volumen Vacíos	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)
M-3	A	255.98	175.34	253.19	80.64	3.14	3.17	2.79	3.46	1.10
	B	287.65	196.51	286.14	91.14	3.14	3.16	1.51	1.66	0.53
	C	197.23	131.17	195.98	66.06	2.97	2.99	1.25	1.89	0.64
						3.08	3.11		2.34	0.76
M-4	A	253.14	178.49	251.19	74.65	3.36	3.39	1.95	2.61	0.78
	B	250.81	175.10	249.66	75.71	3.30	3.31	1.15	1.52	0.46
	C	204.32	151.34	203.71	52.98	3.85	3.86	0.61	1.15	0.30
						3.30	3.32		1.76	0.51



ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

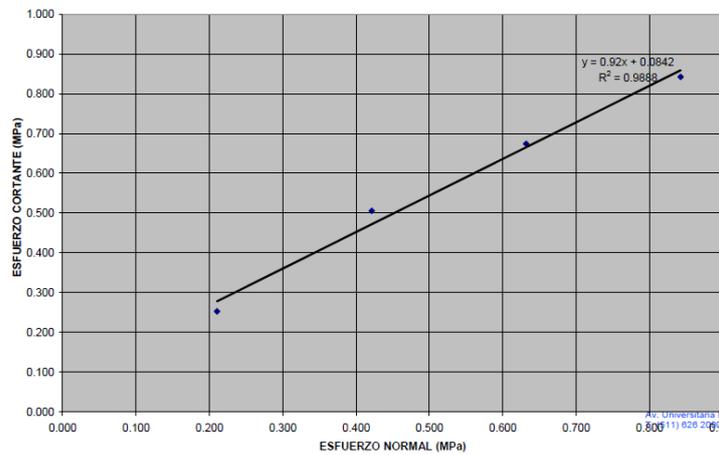
Los ensayos se realizaron sobre discontinuidad simulada con caras paralelas a la dirección de corte, según norma ASTM D 5607-95

Los resultados son los siguientes:

Muestra	Angulo de Fricción Residual (°)	Cohesión (MPa)
M-3	42.61	0.15
M-7	45.56	0.1

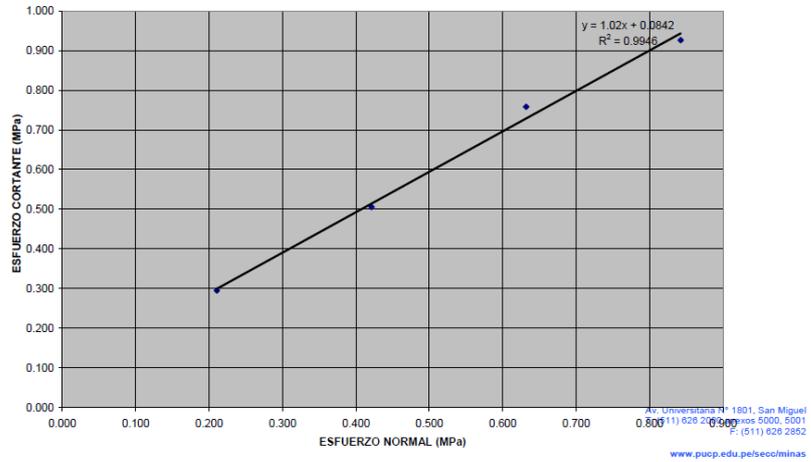


ENSAYO DE CORTE DIRECTO MUESTRA M 3

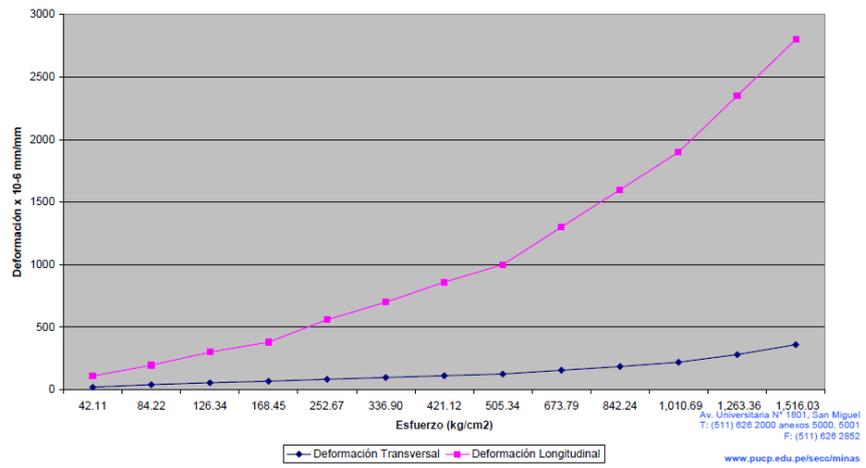




ENSAYO DE CORTE DIRECTO MUESTRA M 7

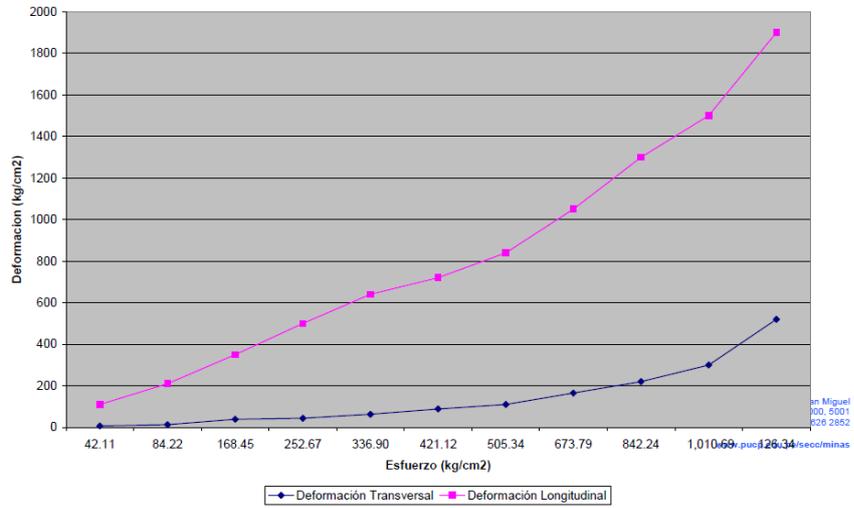


Ensayo de Propiedades Elásticas Muestra M 2





Ensayo de Propiedades Elásticas Muestra M 5



ENSAYOS DE TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEIRO)

Los resultados son los siguientes:

Sondaje	Muestra	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)	Resistencia a la Tracción (Mpa)
M-2	A	5.50	3.00	2200	84.89	8.32
	B	5.50	3.03	4000	152.81	14.99
	C	5.50	2.70	2050	87.89	8.62
	D	5.50	2.50	2000	92.60	9.08
					Promedio	10.25
M-6	A	5.50	3.10	2000	74.68	7.32
	B	5.50	3.04	1850	70.44	6.91
	C	5.50	3.07	1650	62.21	6.10
					Promedio	6.78

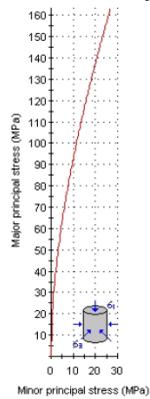
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Se ha ensayado 3 testigos por la muestra entregada. El ensayo se realizó según la norma ASTM 2664-95.
El resultado es el siguiente:

Muestra	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Sigma 3 (MPa)	Sigma 1 (MPa)	Angulo de Fricción Interno (°)	Cohesión (Mpa)	mi	s
M-2	5.50	11.35	3	155.28	42.13	7.996	38.18	0.0039
	5.50	11.40	5	189.15				
	5.50	11.44	7	204.84				
M-4	5.50	11.43	2	137.94	44.45	7.487	40.42	0.0039
	5.50	11.07	4	174.28				
	5.50	11.35	6	202.37				
M-5	5.50	11.47	3	137.84	42.62	6.325	50.00	0.0039
	5.50	11.40	5	150.22				
	5.50	11.38	7	187.36				
M-5*	5.50	11.16	2	99.12	44.45	0.464	50.00	0.0039
	5.50	11.22	4	166.85				
	5.50	11.50	6	123.90				

* Ensayos adicionales a la muestra M-2

Analysis of Rock Strength using RocLab MUESTRA M 1 - 2

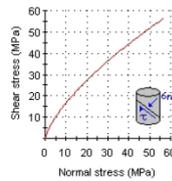


Hoek-Brown Classification
intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 107.474 MPa
GSI = 50 mi = 38.18 Disturbance factor (D) = 0
intact modulus (Ei) = 12000 MPa

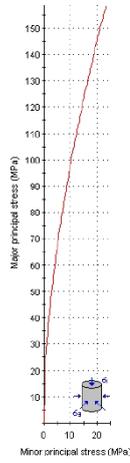
Hoek-Brown Criterion
mb = 6.402 s = 0.0039 a = 0.506

Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 7.996 MPa friction angle = 42.13 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.065 MPa
uniaxial compressive strength = 6.473 MPa
global strength = 36.028 MPa
deformation modulus = 3696.23 MPa



Analysis of Rock Strength using RocLab - MUESTRA M-2 4

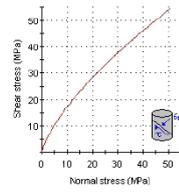


Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial compressive strength = 93.012 MPa
 $CS = 50$ $mi = 50$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 $m_b = 3.384$ $\alpha = 0.0039$ $\omega = 0.506$

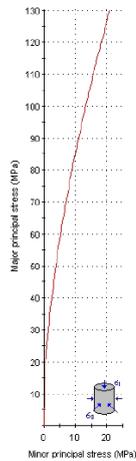
Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 7.487 MPa friction angle = 44.45 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.043 MPa
 uniaxial compressive strength = 5.602 MPa
 global strength = 35.684 MPa
 modulus of deformation = 9844.27 MPa



1801, San Miguel
 nexos 5000, 5001
 F: (511) 626 2852
lu.pe/secc/minas

Analysis of Rock Strength using RocLab - MUESTRA M-2 5

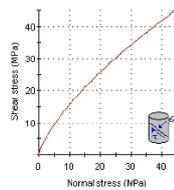


Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial compressive strength = 80.017 MPa
 $CS = 50$ $mi = 40.417$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 $m_b = 6.777$ $\alpha = 0.0039$ $\omega = 0.506$

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 8.225 MPa friction angle = 42.62 deg

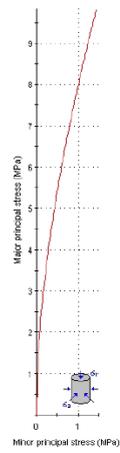
Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.048 MPa
 uniaxial compressive strength = 5.036 MPa
 global strength = 28.836 MPa
 modulus of deformation = 9144.23 MPa



1801, San Miguel
 nexos 5000, 5001
 F: (511) 626 2852
lu.pe/secc/minas



Analysis of Rock Strength using RocLab M 2 - 5 Segundo ensayo

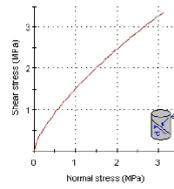


Hoek-Brown Classification
intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 5.77 MPa
 $QBI = 50$ $m = 50$ Disturbance factor (D) = 0
intact modulus (E) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion
 $m_0 = 6.384$ $s = 0.0038$ $a = 0.505$

Mohr-Coulomb fit
cohesion = 0.454 MPa friction angle = 44.45 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.003 MPa
uniaxial compressive strength = 0.348 MPa
global strength = 2.212 MPa
deformation modulus = 3686.23 MPa



N° 1801, San Miguel
Anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852
edu.pucp.edu.pe/seco/minas



Nota:

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

Ing. José Antonio Ardito Vega
Laboratorio de Mecánica de Rocas



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATOLICA**
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE **INGENIERÍA**
Sección Ingeniería de Minas

FOTOS

ENSAYO COMPRESIÓN TRIAXIAL

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

www.puop.edu.pe/seco/minas

Antes:



Después:



Antes:



Después:





PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852
www.puop.edu.pe/seco/minas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852
www.puop.edu.pe/seco/minas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERU

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

FOTOS

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852
www.puop.edu.pe/seco/minas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERU

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852
www.puop.edu.pe/seco/minas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE **INGENIERÍA**
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:



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

www.puop.edu.pe/ceoolminas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE **INGENIERÍA**
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:



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

www.puop.edu.pe/ceoolminas



Antes:



Después:



FOTOS

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERU

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2862
www.pucp.edu.pe/geoominas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERU

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:

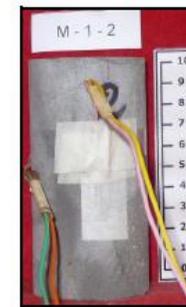


Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2862
www.pucp.edu.pe/geoominas

FOTOS

ENSAYO PROPIEDADES ELÁSTICAS

Antes:



Después:





PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:



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

www.puop.edu.pe/secoiminas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

FOTOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

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

www.puop.edu.pe/secoiminas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:



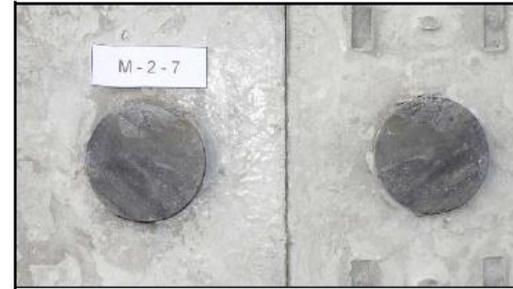
Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852
www.puop.edu.pe/ceoi/minas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
Sección Ingeniería de Minas

Antes:



Después:



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000 anexos 5000, 5001
F: (511) 626 2852
www.puop.edu.pe/ceoi/minas