

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA**



**Caracterización del macizo rocoso con sondaje diamantina
en el proyecto del tajo norte de la compañía minera
Buenaventura S.A.A. el Brocal. Colquijirca - Pasco, 2019.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero geólogo

Autor: Bach. Angel Hernan CAYETANO CRISTOBAL

Asesor: Mg. Reynaldo MEJIA CACERES

Cerro de Pasco - Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA**



**Caracterización del macizo rocoso con sondaje diamantina
en el proyecto del tajo norte de la compañía minera
Buenaventura S.A.A. el Brocal. Colquijirca - Pasco, 2019.**

Sustentado y aprobado ante los miembros de jurados:

Ing. Ramiro Ernesto DE LA CRUZ FERRUZO
PRESIDENTE

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI
MIEMBRO

Ing. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO

DEDICATORIA

Al divino creador por darme la vida,
a mi padre por su apoyo constante
y a mi familia por su apoyo y
aliento

RECONOCIMIENTO

El reconocimiento especial a la Superintendencia de geotecnia e hidrogeología Compañía Minera Buenaventura S.A.A. - El Brocal S.A; A la empresa especializada MBC DRILLING SAC; Por brindarme la oportunidad laboral y de crecer profesionalmente y así poder ampliar mis conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en mi formación universitaria.

De la misma manera a los docentes de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Geológica por todas sus enseñanzas a lo largo de mi etapa universitaria.

RESUMEN

El presente trabajo investigación que en esta oportunidad tengo a bien de presentar trata sobre la “CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO CON SONDAJE DIAMANTINA EN EL PROYECTO DEL TAJO NORTE DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A. EL BROCAL COLQUIJIRCA - PASCO, 2019”.

Este proyecto tiene como finalidad; Determinar la calidad del macizo rocoso aplicando el logueo geotécnico en sondaje diamantino con recuperación de testigos y diseñar un dren subhorizontal en la perforación para despresurizar las paredes del tajo en una primera fase, con el fin capturar el agua subterránea a elevaciones superiores, que naturalmente descargan a partir del nivel 4150 al 4174 (pared de tajo).

Con la finalidad de dar condiciones al personal, equipos, procesos(minado) y medio ambiente, se trata de una investigación geotécnica que bajo ciertos criterios geotécnicos e hidrogeológicos se decidieron a realizar sondaje diamantina subhorizontal con una inclinación de $+10^{\circ}$; de diámetro de perforación HQ con una profundidad de 150.60m, ejecutadas por la empresa contratista MBC DRILLING SAC; para lo cual se utilizó una máquina perforadora OMRAM 1000, este estudio se realiza con el fin de dar condiciones al personal, equipos, procesos y medio ambiente.

Palabras clave: Geotecnia, Perforación diamantina, logueo geotécnico.

ABSTRACT

The present research work that I have in this opportunity to present is about the “CHARACTERIZATION OF ROCKY MACIZO WITH DIAMANTINE SURVEY IN THE PROJECT OF THE NORTH TAJO OF THE COMPANY OF MINAS BUENAVENTURA S.A.A. UNIT EL BROCAL COLQUIJIRCA - PASCO, 2019”.

This project is intended; Determine the quality of the rock mass by applying geotechnical logging in diamond drilling with witness recovery and design a subhorizontal drain in the drilling to depressurize the walls of the pit in a first phase, in order to capture groundwater at higher elevations, which naturally discharge from level 4150 to 4174 (pit wall).

In order to give conditions to personnel, equipment, processes (mining) and the environment, it is a geotechnical investigation that, under certain geotechnical and hydrogeological criteria, decided to perform subhorizontal diamond drilling with an inclination of + 10 °; of drilling diameter HQ with a depth of 150.60m, executed by the contractor MBC DRILLING SAC; For which an OMRAM 1000 drilling machine was used, this study is carried out in order to give conditions to personnel, equipment, processes and the environment.

Keywords: Geotechnics, Diamond, drilling, geotechnical logging.

INTRODUCCIÓN

La COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – UNIDAD EL BROCAL, es una empresa minera dedicada a la extracción, concentración y comercialización de minerales polimetálicos: plata, plomo, zinc y cobre. Dicha empresa realiza sus operaciones en las Unidades Mineras de Colquijirca y la Planta Concentradora de Huaraucaca, localizadas en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Pasco, departamento y región de Pasco.

El Brocal explota dos minas contiguas: Tajo Norte, operación a tajo abierto que produce minerales de plata, plomo y zinc; y Marcapunta - Norte, mina subterránea que produce minerales de cobre. El mineral extraído se procesa en dos plantas concentradoras, que actualmente cuentan con una capacidad instalada de tratamiento de 18,000 toneladas métricas por día. El Brocal cuenta asimismo con toda la infraestructura asociada requerida, como centrales hidroeléctricas, sub estaciones, talleres, almacenes, canchas de relaves, planta de tratamiento de aguas ácidas, viviendas y oficinas administrativas.

Dicha empresa con el fin de cumplir con su política referente al mejoramiento continuo en sus operaciones del tajo norte; deciden realizar un estudio de caracterización del macizo rocoso con sondaje diamantina, y diseñar un dren subhorizontal en la perforación para despresurizar las paredes del tajo en una primera fase, con el fin capturar el agua subterránea a elevaciones superiores, que naturalmente descargan a partir del nivel 4150 al 4174 (pared de tajo), para dar condiciones al personal, equipos, procesos y medio ambiente, y así resolver los problemas referentes a la inestabilidad de talud y filtraciones de agua en las que vienen afectando al plan de minado, debido a esta propuesta se plantea la presente investigación realizándose

en base al principio de mejoramiento continuo y técnicas de calidad total para poder reducir los problemas ya mencionadas, analizar sus causas, y recomendar soluciones que conllevara a mejorar y prevenir perdidas en dicha empresa.

El Autor.

INDICE

DEDICATORIA
RECONOCIMIENTO
RESUMEN
ABSTRACT
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. IDENTIFICACION Y DETERMINACION DEL PROBLEMA.....	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.2.1. Delimitación espacial.....	1
1.2.2. Delimitación temporal.....	2
1.2.3. Delimitación conceptual.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3.1 problema general.....	2
1.3.2 problema específicos.....	2
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4

CAPITULO II **MARCO TEÓRICO**

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS.....	7
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	33
2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	38
2.4.1 Hipótesis general.....	38
2.4.2 Hipótesis específica.....	38
2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	38
2.5.1 Variable independiente.....	38
2.5.2 Variable dependiente.....	38
2.5.3. Variable intervinientes.....	39
2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLE E INDICADORES..	39

CAPITULO III **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACION.....	40
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
3.4.1. Población.....	42
3.4.2. Muestra.....	42

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
3.5.1. Técnicas.....	42
3.5.2. Instrumentos.....	43
3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	43
3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	44
3.8. SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACION.....	44
3.9. ORIENTACIÓN ÉTICA.....	45

**CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO EN CAMPO.....	46
4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	69
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	86
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87

**CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS**

LISTA DE TABLAS:

- Tabla N° 01:** Grado de fracturamiento de la masa rocosa según su estructura.
- Tabla N°02:** La clasificación de la masa rocosa según sus condiciones superficiales en testigos.
- Tabla N°03:** Grado de fracturamiento de la masa rocosa en testigos.
- Tabla N°04:** Alteración de la masa rocosa en testigos.
- Tabla N°05:** Resistencia a la compresión uniaxial (MPa).
- Tabla N° 06:** RQD en función al grado de fracturamiento.
- Tabla N°07:** Las valoraciones de la resistencia de la roca intacta, obtenida de los Ensayos de carga puntual.
- Tabla N°08:** Valoraciones del RQD, obtenido en función de la longitud modificada, y espaciamiento de discontinuidades.
- Tabla N°09:** Valoraciones de las condiciones de las discontinuidades de masa rocosa.
- Tabla N°10:** Tipo de discontinuidades de la masa rocosa en testigos.
- Tabla N° 11:** Denominación de abertura según el ISRM de la masa rocosa en testigos.
- Tabla N° 12:** Grado de alteración de discontinuidades.
- Tabla N° 13:** Validaciones grado de alteración de la masa rocosa de testigos.
- Tabla N° 14:** Resultados Caudal de agua obtenidos durante la perforación en THC-01.
- Tabla N° 15:** Ubicación y coordenadas del pozo THC – 01.
- Tabla N°16:** Códigos litológicos el Brocal.
- Tabla N° 17:** Estratigrafía de la compañía de minas Buenaventura unidad el Brocal.
- Tabla N° 18:** Resistencia de la masa rocosa.
- Tabla N° 19:** Designación de la calidad de la roca (RQD%) obtenido en la perforación THC – 01.
- Tabla N° 20:** Resistencia de la masa rocosa.
- Tabla N° 21:** Resistencia de la masa rocosa obtenida en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.
- Tabla N° 22:** La separación entre las discontinuidades.
- Tabla N° 22:** La separación entre las discontinuidades.
- Tabla N° 23:** Espaciamiento entre discontinuidades de la masa rocosa obtenida en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.
- Tabla N° 24:** Abertura.
- Tabla N° 25:** Abertura de discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.
- Tabla N° 26:** Persistencia.
- Tabla N° 27:** Persistencia de discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.
- Tabla N° 28:** Rugosidad.
- Tabla N° 29:** Rugosidad de las discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.
- Tabla N° 30:** Relleno.
- Tabla N° 31:** Relleno de las discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.
- Tabla N° 32:** Meteorización.
- Tabla N° 33:** Meteorización de las discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.
- Tabla N° 34:** Condición de agua subterránea.
- Tabla N°35:** Agua obtenida obtenido durante la perforación THC - 01 en base a la profundidad.

Tabla N° 36: Resumen de resultados de calidad del macizo rocoso en la perforación TCH – 01 en función a la profundidad.

Tabla N° 37: Resumen de caudal TCH 01.

Tabla N° 38: Detalle de suministro de instalación.

LISTA DE IMÁGENES:

Imagen N° 01: Formato para el logueo geotécnico.

Imagen N° 02: Ejemplo de profundidad de la masa rocosa en testigo.

Imagen N° 03: Grado de fracturamiento de la masa rocosa en testigos.

Imagen N° 04: Grado de meteorización de la masa rocosa en testigos.

Imagen N° 05: Resistencia de la masa roca en testigos.

Imagen N° 06: Ensayo de carga puntual en testigos.

Imagen N° 07: Longitud de carrera.

Imagen N° 08: El RQD (Rock Quality Designation).

Imagen N° 09: Abertura de la masa rocosa en testigos.

Imagen N° 10: Grado de rugosidad de la masa rocosa en testigos.

Imagen N° 11: Fracturas naturales.

Imagen N° 12: Fracturas mecánicas.

Imagen N° 13: Ángulos de discontinuidades.

Imagen N° 14: Separación entre discontinuidades de la masa rocosa en testigos.

Imagen N° 15: Caudal de agua (L/S) en función a la profundidad.

Imagen N° 16: Histograma de RQD% VS Profundidad.

Imagen N° 17: Detalle de incremento de caudal TCH 01.

Imagen N° 18: Diseño e instalación de PVC.

Imagen N° 19: Instalación de la máquina perforadora ONRAM 1000.

Imagen N° 20: Inicio de la perforación.

Imagen N° 21: Perforación de pozo.

Imagen N° 22: Logueo geotécnico de los testigos recuperados.

Imagen N° 23: Medición de caudal de agua.

Imagen N° 24: Instalación de PVC.

Imagen N° 25: Entrega del Dren.

Imagen N° 26: Resultado de testigos de perforación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

La COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A – UNIDAD EL BROCAL, en lo cual explota minerales de plata, plomo y zinc en su mina a tajo abierto denominada Tajo Norte y minerales de cobre en su mina subterránea denominada Marcapunta Norte. Teniendo la necesidad de explotación diario de mineral en el tajo norte, se ha generado ciertos problemas en la inestabilidad de taludes y presencia de afloramientos de agua generando inconvenientes al plan de minado diario y generando riesgos al personal, equipos, procesos y medio ambiente, por ello se toma por conveniente realizar una caracterización del macizo rocoso mediante perforación diamantinas con recuperación de muestra y diseñar un dren subhorizontal en la perforación para despresurizar las paredes del tajo en una primera fase, con el fin capturar el agua subterránea a elevaciones superiores, que naturalmente descargan a partir del nivel 4150 al 4174 (pared de tajo).

Dicha perforación tiene una inclinación de $+10^{\circ}$; de diámetro de perforación HQ con una profundidad de 150.60m, realizados por la empresa contratista MBC DRILLING SAC; para lo cual se utilizó una máquina perforadora OMRAM 1000, con recuperación de testigos para luego hacer una caracterización del macizo rocoso a través del logueo geotécnicos, y poder prevenir consecuencias posteriores en dicha área de influencia.

1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Delimitación espacial

El presente trabajo de investigación se ha realizado en las instalaciones Compañía de minas Buenaventura S.A.A. - unidad el Brocal ubicado en el distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco.

1.2.2. Delimitación temporal

El presente trabajo tuvo una duración de 6 meses; De Mayo a Noviembre del 2019.

1.2.3. Delimitación conceptual

La presente tesis está enmarcada dentro del aspecto de la investigación sobre calidad del macizo rocoso. Dentro de los aspectos conceptuales que se desarrollan se considera: principios de geotecnia, hidrogeología, geomecánica.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿La caracterización del macizo rocoso se determinara a través sondajes diamantinos con fin de dar condiciones al personal, equipos, procesos y medio ambiente en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal?.

1.3.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS

¿Los parámetros geotécnicos en testigo de sondaje diamantina determinara la calidad del macizo rocoso fin de dar condiciones al personal, equipos, procesos y medio ambiente en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal?

¿El diseño e instalación de dren subhorizontal en la perforación ayudara a despresurizar las paredes del tajo para mejorar condiciones del personal, equipos, procesos y medio ambiente en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal?

1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad del macizo rocoso aplicando el logueo geotécnico en sondaje diamantino con recuperación de testigos en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a). Coleccionar información geotécnica básica a partir de las características de los testigos, ya que son esenciales para caracterizar al macizo rocoso en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.
- b). Diseñar e instalar un dren subhorizontal en la perforación fin de despresurizar las paredes del tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La justificación de esta investigación es que nos permitirá determinar la calidad del macizo rocoso con parámetros geotécnicos a partir de testigos de sondaje diamantinas, diseñar e instalar un dren subhorizontal en la perforación para despresurizar las paredes del tajo en una primera fase, con el fin de capturar el agua subterránea a elevaciones superiores, que naturalmente descargan a partir del nivel 4150 al 4174 del tajo Norte de la compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal, con el fin de realizar un buen plan de minado diario, mensual, anual y así dar condiciones al personal, equipos, procesos y medio ambiente, así evitar problemas posteriores en el área de influencia.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En este estudio podemos tener en cuanto a limitaciones:

- Financiamiento económico para perforar más taladros en la zona de estudio.
- Equipos de ensayos geotécnicos (LPT, SPT, etc.).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

CARTAYA, M. (2001), en la tesis doctoral titulado “CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE MACIZOS ROCOSOS EN OBRAS SUBTERRÁNEAS DE LA REGIÓN ORIENTAL DE PAÍS”. Cuyo objetivo general de este proyecto es caracterizar desde el punto de vista geomecánico los macizos rocosos de las Minas de cromo

Merceditas, Amores y de cobre “El Cobre”, de los túneles hidrotécnicos de los Trasmases Melones – Sabanilla y Caney – Gilbert.

Lopez, E. (2016), en la tesis titulado “ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DEL TALUD FINAL DE UNA MINA A CIELO ABIERTO APLICANDO MODELOS NUMÉRICOS”. Este trabajo ha sido realizado en la mina a cielo abierto de caolín de Berrien, situado en Huelgoat en la región de Bretagna.

El objetivo de este estudio fue el analizar la estabilidad del talud final Este del tajo, para una pendiente superior a 45 grados. Se realizó el mapeo geomecánico, para determinar las características de las familias de discontinuidades presentes en el tajo, la toma de muestras y los ensayos de laboratorio para determinar las características geotécnicas de la roca intacta (resistencia a la compresión, ángulo de fricción, cohesión, módulo de Young, etc.). Se determinó las propiedades de resistencia de la masa rocosa, utilizando el software roclab y aplicando el criterio de rotura de Hoek and Brown. Así mismo se realizó, un análisis de estabilidad cinemática y por equilibrio limite utilizando el

software Slide con la información geotécnica de los dominios estructurales definidos en la zona de estudio.

RODRÍGUEZ, J. (2019). Tesis titulado “ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA TAJO, PROYECTO COROCOCHUAYCO - CUSCO – PERÚ” Esta tesis permite el estudio de taludes del tajo del Proyecto Corocochuayco, en base a los estudios geotécnicos desarrollados y su evaluación geotécnica, del subsuelo recuperado o no, con el propósito de conocer sus propiedades físicas y mecánicas, su composición litológica y mejorar el conocimiento geotécnico del área de estudio.

RINCÓN, B. (2016). Tesis titulado “CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO DEL ÁREA DEL CONTRATO 01-068-96 “COOPERATIVA COOPROCARBON SUGAMUXI” MUNICIPIO DE GÁMEZA BOYACÁ”. La cooperativa de productores de carbón de la provincia de Sugamuxi “COOPROCARBON SUGAMUXI LTDA” del municipio de Gámeza Boyacá, cuenta con 36 empresas mineras que deben actualizarse en el marco del decreto 1886 de 2015 emanado del ministerio de minas y energía “Por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las labores mineras subterráneas”, Debido a que esta cooperativa no cuenta con estudios de caracterización geomecánica, se hace necesario estudiar las propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso el cual se encuentra en la formación guaduas, que debido a la profundización de las minas viene acompañado de problemas de inestabilidad, Y tiene como objetivo principal. Realizar la clasificación geomecánica del macizo rocoso del área del contrato 01- 068-96 “Cooperativa Cooprocabon Sugamuxi” Municipio de Gámeza Boyacá.

HUIDOBRO, E. (2018). Tesis titulado “INFLUENCIA DE LOS INDICES GEOMECÁNICOS RMR Y GSI EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO PIQUE

PRINCIPAL MARSA UNIDAD MINERA SAN ANDRÉS - MARSA”. El proyecto Pique principal Marsa, está ubicada en la localidad de Llacuabamba, (las Chilcas), políticamente se ubica en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad; a una altitud de 4200 y 3220 m.s.n.m. Dicho proyecto tiene como objetivo principal. Determinar la Influencia de los índices geomecánicos RMR y GSI para la construcción del proyecto Pique Principal MARSA.

2.2. BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS

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.

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:

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:

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

Donde:

- 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.
- SRF = Factor de reducción por esfuerzos o tensiones.

→ El factor RQD/J_n representa la estructura de la masa rocosa y es una 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:

La pérdida de carga en el caso de excavaciones en zonas de fallas y rocas con fracturas rellenas con arcilla.

Tensiones en caso de roca competente.

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 (D_e); 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:

$$D_e = \text{Span (altura o diámetro)} / \text{ESR} \quad 24$$

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

➤ RQD del testigo (Rock Quality Designación):

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.

➤ Espaciamiento entre discontinuidades:

Aquí, discontinuidades es un término que abarca diaclasas, fallas geológicas, planos de estratificación y otras superficies de debilidad.

➤ 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.

➤ Condiciones hidrogeológicas:

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 1000 m.

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).

Tabla N° 01: Grado de fracturamiento de la masa rocosa según su estructura en testigos.

GRADO DE FRACTURAMIENTO
Masivo (M)
Levemente fracturado (LF)
Fracturada (F)
Muy fracturada (MF)
Intensamente fracturada (IF)
Triturada (T)

Tabla N°02: La clasificación de la masa rocosa según sus condiciones superficiales en testigos.

SEGÚN SUS CONDICIONES SUPERFICIALES
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 $(18 + 65 / 2) = 26$ o para un F/R, el valor del Índice GSI. Sería $(46 + 65 / 2)$ o 55.5.

LOGUEO GEOTECNICO EN SONDAJES DIAMANTINOS

Consiste en la descripción de los procedimientos para la recolección de información geotécnica básica a partir de las características de los testigos, los cuales son esenciales para caracterizar al macizo rocoso.

PLANILLA DE LOGUEO:

La ejecución de un sondaje diamantino tiene como objetivo la obtención de datos característicos del macizo rocoso, los cuales deben ser medidos siguiendo una metodología apropiada con el fin de aprovechar al máximo la información proveniente de los testigos. Esta información se plasma en las planillas de logueo, donde se debe mencionar los datos del sondaje diamantino y características de los testigos de roca, así como una descripción cualitativa por tramos, según el zonamiento geomecánico.

A continuación se describe en forma detallada los datos que deben tomarse en cuenta para el relleno de una planilla de logueo:

- ✓ **Datos del sondaje:** Código, ubicación, coordenadas, inclinación, dirección, longitud, fechas de inicio y término y cota del sondaje, así como la cota de la napa freática.
- ✓ **Condiciones operativas:** Tipo y diámetro de perforación, agua de perforación, número de cajas de muestras y nivel de agua.
- ✓ **Características de los testigos:** Profundidad(m), fracturamiento, alteración de la roca, resistencia de roca intacta (MPa), longitud de carrera (m), porcentaje de recuperación, recuperación modificada (RQD), número de trozos y fragmentos.
- ✓ **Parámetros de caracterización:** Resistencia de roca intacta, condición de discontinuidades (tipo, abertura, rugosidad, relleno y alteración) y

CARACTERISTICAS DE LOS TESTIGOS

➤ Profundidad:

Es la longitud tomada desde la boca de la perforación (superficie) hasta el término de cada corrida, es decir los números ubicados en cada taco, escrito por el personal de la empresa ejecutora del sondaje. A continuación se muestra una caja de testigos donde se indica la profundidad.

Imagen N° 02: Ejemplo de profundidad de la masa rocosa en testigo.



La primera lectura es de profundidad 0.40m.

La segunda lectura es de 0.9m.

La tercera lectura de 1.30m.

➤ Grado de fracturamiento:

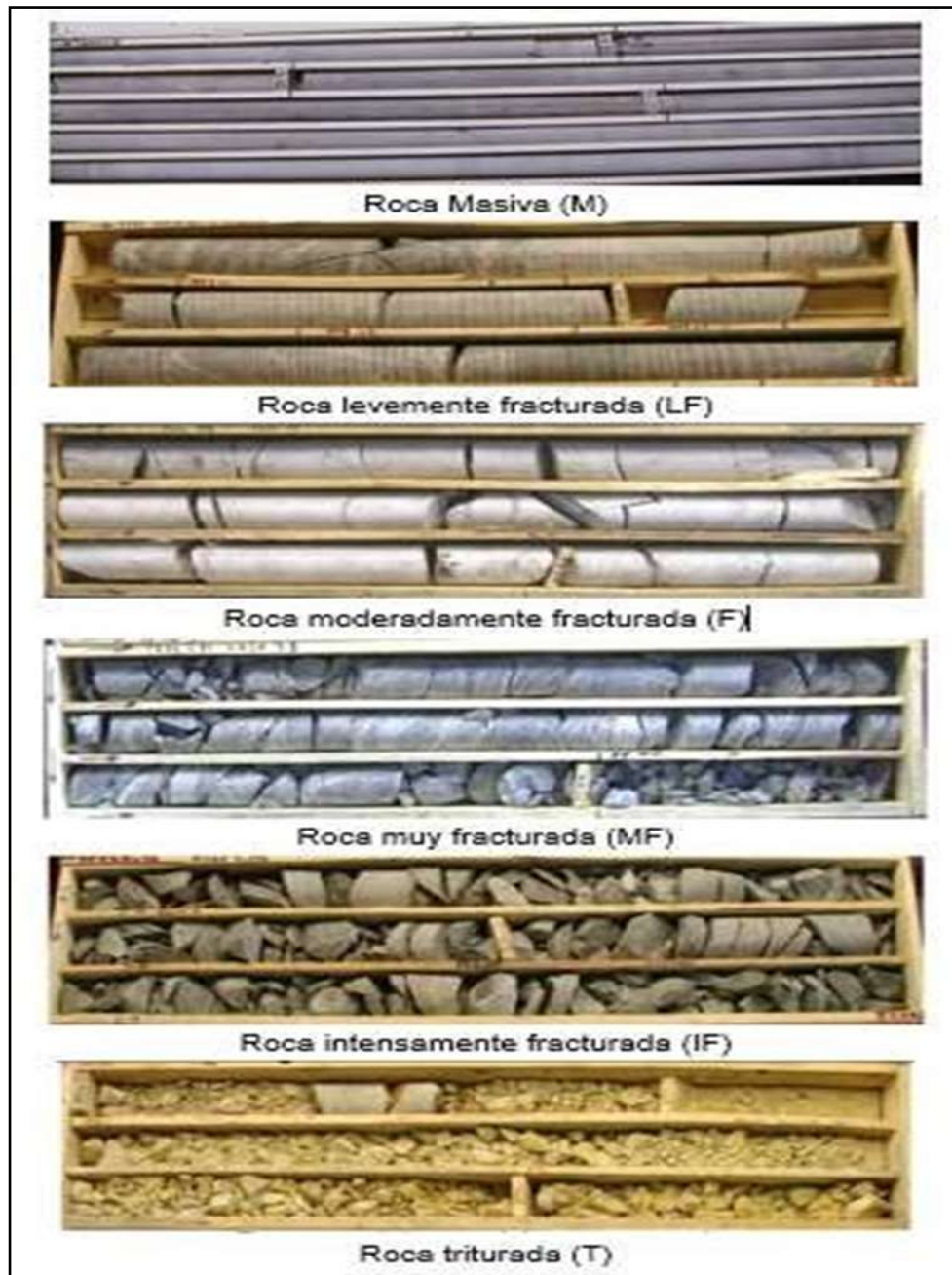
Se determina en cada corrida, es decir entre tacos. Se define como el número total de fracturas naturales en un metro y está relacionado con el RQD (Deere, D. 1964).

Tabla N°03: Grado de fracturamiento de la masa rocosa en testigos.

Grado de Fracturamiento	RQD (%)	Fractura/metro
M	90 – 100	< 0.5
LF	75 - 90	0.5 – 2
F	50 – 75	2 – 5
MF	25 – 50	5 – 16
IF	10 – 25	>16

A continuación se muestran cajas con testigos de rocas de diferentes grados de fracturamiento:

Imagen N° 03: Grado de fracturamiento de la masa rocosa en testigos.



➤ **Alteración del macizo rocoso:**

La alteración del macizo rocoso se determina en cada corrida y se define según lo recomendado por el ISRM (1981):

Tabla N°04: Alteración de la masa rocosa en testigos.

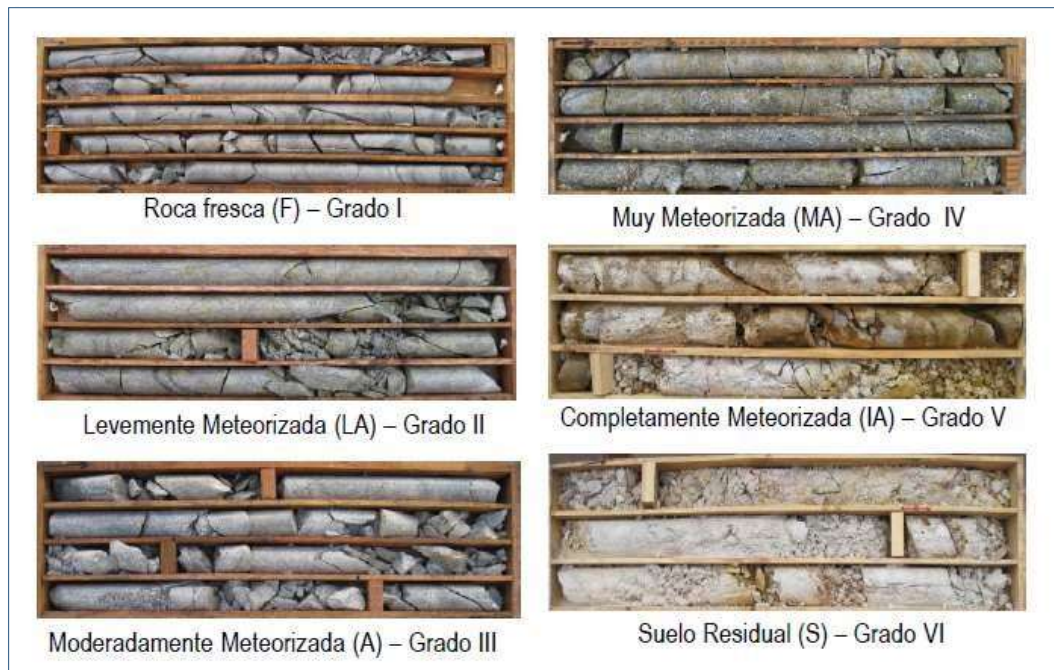
Termino	Descripción	Grado
Fresca	No presenta signos visibles de meteorización en la roca.	I
Levemente Meteorizada	La decoloración indica meteorización de la roca y en las superficies de las discontinuidades. La roca en su totalidad puede estar decolorada.	II
Moderadamente Meteorizada	Menos de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo.	III
Muy Meteorizada	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo.	IV
Completamente Meteorizada	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La Estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta.	V
Suelo Residual	Toda la roca está convertida como suelo. La estructura del macizo y la fábrica del material están destruidas. Existe un gran cambio de volumen.	VI

La denominación para cada término será la siguiente:

Fresca (F), levemente meteorizada (LA), moderadamente meteorizada (A), muy meteorizada (MA) y completamente meteorizada (IA).

A continuación se muestran cajas con testigos de diferentes grados de meteorización,

Imagen N° 04: Grado de meteorización de la masa rocosa en testigos.



➤ **Resistencia de la roca intacta (Ensayo de carga puntual):**

Este ensayo se utiliza para determinar la resistencia a la compresión simple de testigos cilíndricos de sondajes, a partir del índice de resistencia a la carga puntual (I_s), según el diámetro de la muestra. El procedimiento consiste en romper una muestra entre dos puntas cónicas metálicas accionadas por una prensa hidráulica. Se puede realizar en campo con testigos sin preparar.

En primer lugar se debe concebir una idea general de la litología y estructuras, luego se identifica la muestra y se sitúa entre las puntas cónicas de la máquina. Una persona se encarga de medir la presión a la cual está siendo sometida la muestra mediante un manómetro.

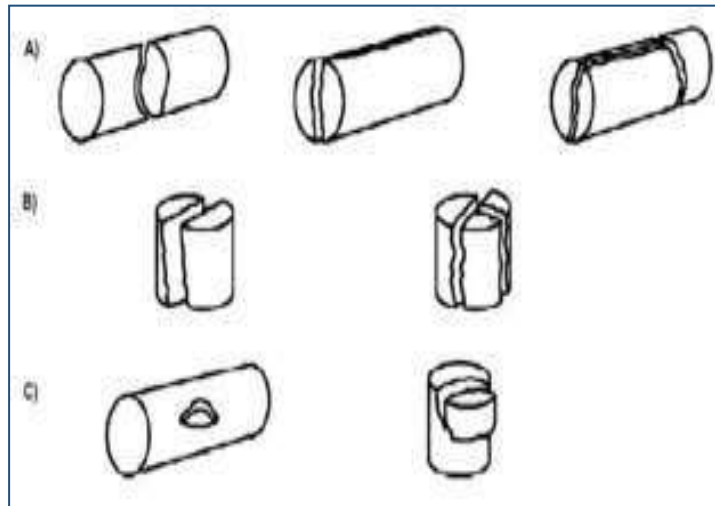
Una segunda persona será la encargada de ir aumentando paulatinamente la presión.

Una vez que falle el testigo se retirará y analizará las condiciones y modo de ruptura.

La muestra elegida para el ensayo no debe tener ninguna fractura, ya que se quiere obtener la resistencia de roca intacta.

Los modos de rotura pueden ser válidos e inválidos, tal como se muestra en los siguientes casos:

Imagen N° 05: Resistencia de la masa roca en testigos.



En el caso A) las roturas diametrales son válidas, ya que deben de cruzar todo el diámetro del testigo.

En el caso B) las roturas axiales son válidas.

En el caso C) las roturas son inválidas.

Se debe marcar claramente el testigo donde se haya realizado el ensayo. El índice de carga puntual (I_s) sin corrección se calcula de la siguiente manera:

$$I_s = P/D^2 \text{ (MPa).}$$

Dónde:

P= Carga de falla

N y D= Diámetro del núcleo, mm².

Todos los ensayos de carga puntual deben tener la siguiente corrección:

$$I_s (50) = F * I_s.$$

Donde:

$$F = (D/50)0.45$$

A partir del índice de carga puntual corregido, se puede utilizar la fórmula de E. Broch y J.A Franklin para estimar la resistencia a la compresión uniaxial:

$$\sigma_c = 24 * I_s (50)$$

➤ Para muestras con D=63.5 mm (Diámetro HQ) se tiene:

$$\sigma_c = C * I_s (50)$$

Dónde: C = Factor de corrección de $I_s (50)$

$$\sigma_c = 25 * I_s (50) \text{ (MPa)}$$

➤ Para muestras con D=47.6 mm (Diámetro NQ) se tiene:

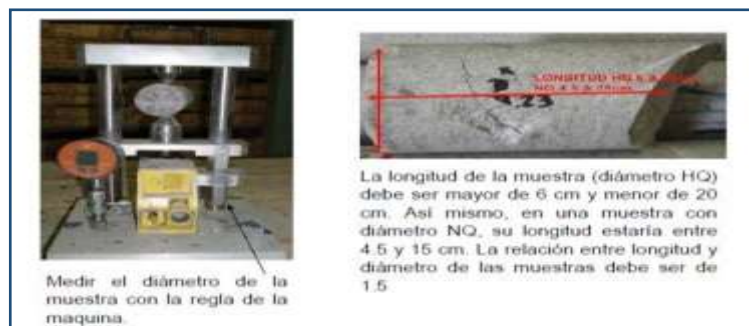
$$\sigma_c = C * I_s (50)$$

Dónde: C = Factor de corrección de $I_s (50)$

$$\sigma_c = 22.6 * I_s (50) \text{ (MPa)}$$

A continuación, se muestra la máquina de ensayo de carga puntual (diametral) y las longitudes de los testigos requeridos para el ensayo.

Imagen N° 06: Ensayo de carga puntual en testigos.



La resistencia de la roca intacta se define según lo recomendado por el ISRM (1978):

Tabla N°05: Resistencia a la compresión uniaxial (MPa).

Clasificación	Rango aprox. de resistencia a la compresión uniaxial (MPa)
Roca extremadamente resistente	>250.00
Roca muy resistente	100 – 250
Roca resistente	50 – 100
Roca poco resistente	25 – 50
Roca débil	5.0 – 25
Roca muy débil	1.0 – 5.0
Roca extremadamente débil	0.25 – 1.0

La denominación para cada clasificación será la siguiente: Roca extremadamente resistente (R6), muy resistente (R5), resistente (R4), moderadamente resistente (R3), débil (R2), muy débil (R1) y extremadamente débil (R0).

➤ **Longitud de carrera (m):**

La longitud de carrera se define como la diferencia entre los tacos iniciales y finales en cada corrida. A continuación se muestran cuatro corridas completas donde las longitudes de carrera serían 0.4m, 0.5 m, 0.4 m y 1.55 m.

Imagen N° 07: Longitud de carrera.



➤ **Porcentaje de Recuperación:**

$$\% \text{Recuperación} = \left(\frac{\text{Long. Recuperada}}{\text{Long. de carrera}} \right) * 100\%$$

La longitud recuperada se mide juntando los trozos y fragmentos de roca presentes en cada corrida hasta tener el diámetro de perforación, tomando en cuenta los vacíos encontrados durante ésta, La longitud de carrera es la diferencia de longitudes entre tacos, es decir entre cada corrida.

Cada longitud siempre se mide desde la mitad de la primera fractura natural hasta la mitad de la última fractura natural en cada corrida.

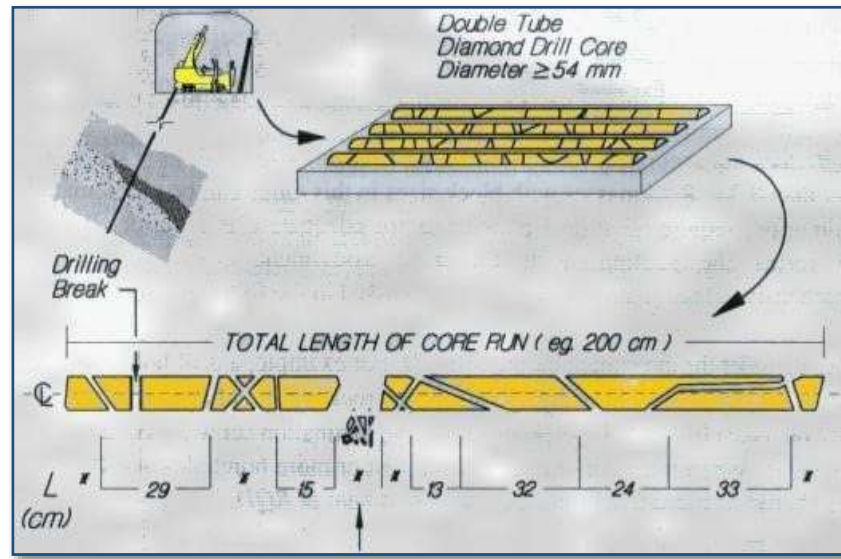
Si una corrida tiene 1.0 m de perforación y se mide 1.10 m de recuperación, se pone 1.10 m en el registro de logueo.

➤ **Recuperación Modificada (RQD):**

$$\text{RQD} = \left(\frac{\text{Long. modificada}}{\text{Long. de carrera}} \right) * 100\%$$

El RQD (Rock Quality Designation) fue desarrollado por Deere (1964), en respuesta a la necesidad de una técnica objetiva y rápida para la estimación de la calidad del macizo rocoso desde las perforaciones diamantinas durante la fase inicial exploratoria. Para determinar el RQD, en primer lugar se debe identificar las fracturas naturales y mecánicas. Tomando en cuenta solo las fracturas naturales, medir los trozos de testigos que son mayores a 10 cm, a lo largo de toda la corrida. La longitud modificada es la suma de todos estos trozos mayores a 10 cm. No se toma en cuenta los testigos cuyas longitudes son menores de 10 cm.

Imagen N° 08: El RQD (Rock Quality Designation).



$$RQD = ((29+15+13+32+24+33)/200) \times 100$$

$$RQD = 73\%$$

De acuerdo al RQD, un macizo rocoso es calificado en función del grado de fracturamiento.

Tabla N° 06: RQD en función al grado de fracturamiento

Grado de Fracturamiento	RQD (%)
M	90 – 100
LF	75 - 90
F	50 – 75
MF	25 – 50
IF	10 – 25
T	---

Dónde: M=Masiva, LF=Levemente fracturada, F=Fracturada, MF=Muy Fracturada, IF=Intensamente fracturada y T=Triturada.

➤ **Número de trozos y fragmentos:**

Los trozos son aquellos testigos que tienen el diámetro de la perforación completa y está limitado por fracturas naturales, pueden ser mayores o menores de 10 cm. El número de trozos es el conteo de todos los trozos presentes en una corrida. Los fragmentos son aquellos testigos que no tiene el diámetro de la perforación completa, también están limitados por fracturas naturales. El número de fragmentos es el conteo de los mismos en una corrida.

PARAMETROS DE CARACTERIZACION

Parámetros de caracterización del macizo rocoso se determinan en cada corrida. Esta caracterización, según el índice RMR' (Bieniaswki, 89), está en función de la resistencia de la roca intacta, el RQD, espaciamiento entre discontinuidades y condición de éstas (Persistencia, abertura, rugosidad, relleno y alteración).

Tabla N°07: Las valoraciones de la resistencia de la roca intacta, obtenida de los ensayos de carga puntual.

Resistencia(MPa)	Val.
>250	15
100 – 250	12
50 – 100	7
25 – 50	4
5 – 25	2
1 – 5	1
<1	0

Tabla N°08: Valoraciones del RQD, obtenido en función de la longitud modificada, y espaciamiento de discontinuidades.

RQD (%)	Val.	Separación entre Discontinuidades(m)	Val.
90 – 100	20	>2.0	20
75 – 90	17	0.6 – 2.0	15
50 – 75	13	0.2 – 0.6	10
25 – 50	6	0.06 – 0.2	8
<25	3	<0.06	5

Tabla N°09: Valoraciones de las condiciones de las discontinuidades de masa rocosa.

Abertura (mm)	Val.	Rugosidad	Val.	Relleno	Val.	Alteración	Val.
Nada	6	Muy rugosa	6	Ninguno	6	Inalterada	6
<0.1	5	Rugosa	5	Relleno duro <5 mm	4	Lig. Alterada	5
0.1 - 1.0	3	Lig. Rugosa	3	Relleno duro > 5mm	2	Mod. Alterada	3
1.0 - 5.0	1	Ondulada	1	Relleno blando <5mm	2	Muy Alterada	1
>5.0	0	Suave	0	Relleno blando > 5mm	0	Des compuesta	0

Con respecto a las condiciones de las discontinuidades, preferentemente se caracterizan las estructuras abiertas naturales. Para el caso de fallas que presentan rellenos importantes, ellas se caracterizan individualmente y se hace mención en la descripción cualitativa realizada por tramos.

Se entiende por discontinuidad a todas las estructuras geológicas como fallas, diaclasas, estratificación, foliación, etc. Se identifican en cada corrida y tienen la siguiente denominación:

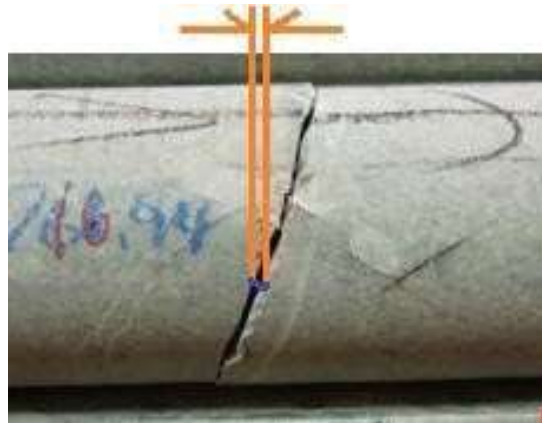
Tabla N°10: Tipo de discontinuidades de la masa rocosa en testigos.

Discontinuidad	Denominación
Falla	F
Diaclasa	D
Estratificación	E
Foliación	Fol.

✓ **Abertura:**

Se define como la distancia perpendicular que separa las paredes de una discontinuidad natural, sin relleno. A continuación se muestra unas fracturas abierta:

Imagen N° 09: Abertura de la masa rocosa en testigos.



Según el ISRM se tiene la siguiente denominación de aberturas:

Tabla N° 11: Denominación de abertura según el ISRM de la masa rocosa en testigos.

Denominación	Abertura(mm)
Muy cerrada	< 0.1
Cerrada	0.1 – 0.25
Parcialmente abierta	0.25 – 0.5
Abierta	0.5 – 2.5
Moderadamente ancha	2.5 – 10
Muy ancha	10 - 100
Extremadamente ancha	100 - 1000

✓ **Rugosidad**

Se define como el grado de aspereza de una discontinuidad. A continuación se muestran testigos con diferentes grados de aspereza.

✓ **Relleno**

Se define como el material distinto de la roca que se encuentra entre las paredes de una discontinuidad natural. Los rellenos más importantes pueden ser clorita (lubricante con el agua), carbonatos (se deshacen en la vida de las obras), arcillas (la montmorillonita y la caolinita son muy importantes), yeso (particularmente peligroso), grafito (lubricante),

serpentina (similar a la clorita), etc., además de otros rellenos más inocuos como el cuarzo, epidota, anhidrita, etc. A continuación se muestra ejemplo de relleno de óxido.

Imagen N° 10: Grado de rugosidad de la masa rocosa en testigos.



✓ **Relleno**

Se define como el material distinto de la roca que se encuentra entre las paredes de una discontinuidad natural. Los rellenos más importantes pueden ser clorita (lubricante con el agua), carbonatos (se deshacen en la vida de las obras), arcillas (la montmorillonita y la caolinita son muy importantes), yeso (particularmente peligroso), grafito (lubricante),

serpentina (similar a la clorita), etc., además de otros rellenos más inocuos como el cuarzo, epidota, anhidrita, etc. A continuación se muestra ejemplo de relleno de oxido

✓ **Alteración de discontinuidades**

Se define como el grado de alteración de las paredes de las discontinuidades con respecto a la matriz de la roca, es decir al núcleo del testigo. A continuación se muestran los criterios de grados de alteración para determinar estos parámetros.

Tabla N° 12: Grado de alteración de discontinuidades.

Grado de Alteración	Descripción
Inalterada	La pared se encuentra menos alterada que la matriz de la roca
Ligeramente Alterada	El grado de alteración entre la pared y la matriz es similar
Baja	La pared se encuentra ligeramente alterada en relación a la matriz
Media	La pared se encuentra medianamente alterada y su grado de alteración es medio con respecto a la matriz
Alta	La pared se encuentra totalmente alterada y su grado de alteración es alto con respecto a la matriz de la roca

A continuación se muestra las Validaciones grado de alteración:

Tabla N° 13: Validaciones grado de alteración de la masa rocosa de testigos.

Alteración	Val.
Inalterada	6
Lig. Alterada	5
Mod. Alterada	3
Muy Alterada	1
Descompuesta	0

✓ **Numero de Discontinuidades por metro (Disc/m)**

En primer lugar se identifican las fracturas naturales y mecánicas en cada corrida marcándolas con plumón rojo y azul, respectivamente. Solamente se considera las fracturas naturales y abiertas.

Para identificar las fracturas naturales se debe tener:

- Bordes redondeados
- Continuidad de la fractura en todo el diámetro del testigo
- Superficies o relleno alterado que indica la presencia de agua dentro de la fractura abierta.
- Los dos lados de la fractura no se juntan bien, hay un espacio entre ellos.

Si hay alguna duda, si la fractura es natural o mecánica, es mejor considerarla como natural. En el caso de identificar una fractura mecánica, se consideran los dos trozos como uno solo.

A continuación se muestran fracturas naturales:

Imagen N° 11: Fracturas naturales.



Para identificar una fractura mecánica se debe tener:

- ❖ Finos que cuando se juntan desaparecen.
- ❖ Fracturas que no tiene continuidad y no cruzan todo el diámetro del testigo.
- ❖ Superficies inalteradas y frescas.

A continuación se muestran fracturas mecánicas:

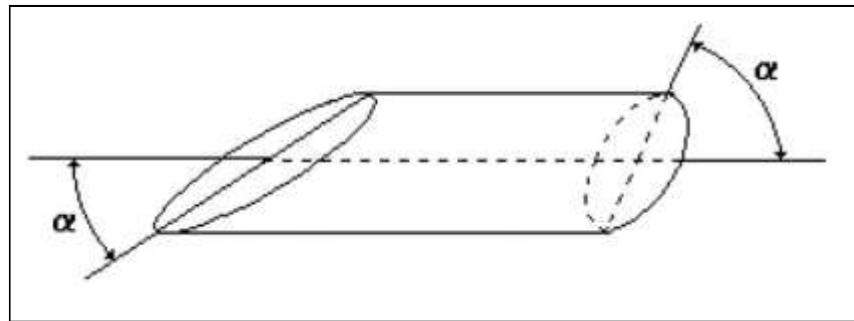
Imagen N° 12: Fracturas mecánicas.



Una vez que se han identificado las fracturas naturales y mecánicas, presentes en una corrida, se contabilizan solo las fracturas naturales y se divide entre la longitud de la carrera, obteniéndose el número de discontinuidades por metro.

En forma paralela al conteo del número de fracturas, se agrupan las fracturas naturales de acuerdo al ángulo menor que forman con el eje del testigo (α), los rangos utilizados corresponden a: 0° - 30° , 30° - 60° y 60° - 90° , la suma de estas agrupaciones sería el número de fracturas contabilizado en toda la corrida.

Imagen N° 13: Ángulos de discontinuidades.



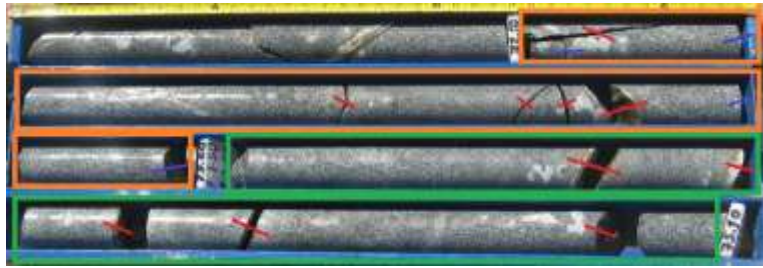
α = Ángulo mínimo entre el plano de la estructura y el eje central

✓ Separación entre discontinuidades

En primer lugar se identifican las fracturas naturales (color rojo) y mecánicas (color azul) presentes en cada corrida. La separación entre discontinuidades se define como la mínima distancia entre dos fracturas naturales contiguas de una misma familia, por lo que se obtendrán distancias promedios de cada familia para determinar un promedio en toda la corrida con el objetivo de obtener su valoración, según el RMR'.

A continuación se muestran dos ejemplos:

Imagen N°14: Separación entre discontinuidades de la masa rocosa en testigos.



- 1ra. Corrida (color naranja):

Long. De carrera = 1.5 m, # Discontinuidades = 5, Separaciones.

Discont. = 0.3 m

- 2da. Corrida (color verde):

Long. De carrera = 1.5 m, # Discontinuidades = 4, Separaciones.

Discont. = 0.4 m

CARACTERIZACION GEOMECANICA

Para caracterizar al macizo rocoso, se toma en cuenta el índice RMR' (Bieniaswki, 89), el índice Q' (Barton, 2000) y el índice GSI (Hoek).

En primer lugar se determina el índice RMR' según los parámetros de caracterización del macizo rocoso y descritos anteriormente con sus respectivas valoraciones.

El índice Q' se determina en función del índice RMR', según la siguiente relación:

$$RMR = 15 \log Q + 50$$

$$Q \gg 10^{\frac{(RMR-50)}{15}}$$

De igual manera, el índice GSI se determina de la siguiente relación:

Es muy importante tener en cuenta que en los valores obtenidos de los índices RMR' y Q' no se consideran los factores influyentes (agua, tensiones y excavación), ya que estos últimos se consideran para determinar el sostenimiento temporal durante una excavación. Como parte complementaria de la caracterización del macizo rocoso, se toma en cuenta su resistencia (σ_{ma}), con el objetivo de estimar el comportamiento del macizo rocoso en una excavación, aplicando la tabla múltiple propuesta por G. Russo, 2007. Esta resistencia se determina según la siguiente relación:

DESCRIPCION CUALITATIVA

La descripción cualitativa se realiza cuando se ha terminado todo el logeo del sondaje diamantino y tener todas las cajas extendidas, con el objetivo de identificar tramos donde las características del macizo rocoso sean diferentes, es decir rocas Tipo I, II, III y IV, tomando en cuenta los parámetros del índice RMR'. Estos tramos pueden abarcar varias cajas o también menos de una caja, es decir longitudes mayores de 1.0 m. donde se describen la litología y estructuras (zonas de falla o de intenso corte), así como la profundidad inicial y final del tramo, grado de fracturamiento promedio, grado de alteración promedio, resistencia de roca intacta promedio y observaciones que crea conveniente el geólogo.

Esta descripción es muy importante en el logeo geotécnico, ya que nos dará la zonificación geomecánica a lo largo del sondaje.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

➤ El sondeo geotécnico:

➤ Es un tipo de prospección manual o mecánica, perteneciente a las técnicas de reconocimiento geotécnico del terreno, llevadas a cabo para conocer sus

características. Se trata de perforaciones de pequeño diámetro, (entre 65 y 140 mm) que, aunque no permiten la visión "in situ" del terreno, de ellos se pueden obtener testigos del terreno perforado, así como muestras, y realizar determinados ensayos en su interior.

➤ **Testigo de Perforación:**

Muestra cilíndrica, continua, conformada por los materiales que corta la corona diamantada de la perforación, es a esta muestra a la que se le pueden realizar ensayos de laboratorio (mecánica de rocas y mecánica de suelos), también es posible describir sus parámetros geotécnicos mediante el logueo.

➤ **Recuperación del Testigo:**

La recuperación es la longitud de la roca que sale en el tramo.

➤ **RQD:**

Designación de la calidad de roca (rock quality designation).

➤ **Elevación del collar:**

Elevación en que se inicia la perforación, a partir de la cual se referencian las profundidades.

➤ **Inclinación:**

El ángulo entre un plano horizontal y el eje de la perforación (90° para una perforación vertical)

➤ **Azimut:**

El ángulo medido en sentido horario entre el Norte y la proyección del eje de la perforación en un plano horizontal, se debe especificar siempre en perforaciones inclinadas (se usa N/A para perforaciones verticales).

➤ **Diámetro de la Perforación:**

Registrar el tamaño actual del hueco en pulgadas o milímetros.

➤ **Agua subterránea:**

Apunta la presencia o escasez de agua subterránea en perforación y el volumen de flujo si está presente.

➤ **Tajo(minería a cielo abierto):**

Se conoce como minería a cielo abierto; minería a tajo (o rajo) abierto o cantera, a aquellos aprovechamientos mineros o explotaciones mineras, que se desarrollan en la superficie del terreno, a diferencia de la mina subterránea o de perforación. La minería a cielo abierto se aplica cuando los depósitos comercialmente útiles se encuentran cerca de la superficie. Se emplean medios mecánicos o explosivos para remover los terrenos que recubren o rodean la formación geológica que forma al yacimiento, o banco de materiales. Estos materiales se denominan, genéricamente, estéril, mientras que a la formación a explotar se le llama mineral. El estéril excavado es necesario apilarlo en escombreras fuera del área final que ocupará la explotación, con vistas a su utilización en la restauración de la mina.

➤ **Taludes:**

Son superficies inclinadas que pueden ser naturales (laderas) o artificiales y son de especial interés para la ingeniería por estar relacionados con carreteras y estructuras civiles. Los taludes presentan ciertos problemas como deslizamientos, meteorización, erosión y hundimiento, siendo el problema de deslizamiento el más grave de todos.

➤ **Un dren horizontal o sub dren de penetración:**

Consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo mediante una perforación profunda sub horizontal o ligeramente inclinada, con la cual se busca abatir el nivel freático y aliviar la presión de poros, para hacer más estable el talud.

La perforación se realiza por diferentes métodos (percusión, rotación o rotopercusión) dependiendo del tipo de material a perforar, una vez terminada la perforación se introduce tubería de drenaje.

La principal ventaja de los drenes subhorizontales es que son rápidos y simples de instalar y se puede obtener un aumento importante del factor de seguridad del talud en muy poco tiempo.

➤ **Caudal de agua:**

Es la cantidad de agua que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

➤ **Agua superficial:**

Agua que fluye o se almacena sobre la superficie del terreno. Incluye los ríos, lagos, lagunas y embalses.

Es aquella constituida por corrientes superficiales sean naturales o artificiales, (p.e. agua de los ríos, lagos o pantanos).

➤ **Las aguas subterráneas:**

Son aquellas formaciones de agua dulce situadas a nivel superficial en la corteza terrestre. Suelen encontrarse en formaciones geológicas impermeables llamadas acuíferos.

➤ **El nivel freático:**

Corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general. También se conoce como capa freática, manto freático, napa freática, napa subterránea (del francés nappe=mantel), tabla de agua (traducción del inglés, "water table") o simplemente freático.

➤ **Acuífero:**

Es aquella masa de rocas permeables que permite la circulación y la acumulación del agua subterránea en sus poros o grietas.

➤ **Zona de recarga:**

Donde el flujo de aguas subterráneas va hacia abajo y la napa está alejada de la superficie.

➤ **Zona de transporte:**

Donde las cargas hidráulicas son uniformes a cualquier profundidad.

➤ **Zona de descarga.**

Salida del agua subterránea a la superficie. El flujo es predominantemente ascendente, mostrando una napa freática muy cercana a la superficie y mayores esfuerzos efectivos cercanos a la superficie. Es esta zona la más vulnerable al deslizamiento.

2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del macizo rocoso se conseguirá a través de perforación diamantina con recuperación de muestra en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

a). Los parámetros geotécnicos de testigos diamantinas, nos conllevara a la caracterización de la calidad del macizo rocoso en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.

b). Los parámetros geotécnicos de testigos diamantinas, ayudara a diseñar e instalar un dren subhorizontal para despresurizar las paredes del tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

Perforación diamantina con recuperación de muestra.

2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE:

Identificación de parámetros geotécnicos los testigos de perforación diamantina.

2.5.3. VARIABLE INTERVINIENTES

Determinación de la calidad del macizo rocoso a través de parámetros geotécnicos en perforación diamantina con recuperación de muestra.

2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLE E INDICADORES

La calificación de la calidad del macizo rocoso será, mala, muy mala, regular, bueno, muy bueno de acuerdo a los parámetros geotécnicos obtenidos.

Para la medición de los indicadores se utilizará la caracterización geomecánica (RMR) de Bieniawski 1989).

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto a desarrollar de acuerdo al problema planteado es una investigación aplicada, ya que busca la aplicación de conocimientos adquiridos en la práctica de la investigación y se sustenta en base a resultados.

3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACION

Se realizará un enfoque Cuantitativo, describiendo y explicando la caracterización de la calidad del macizo rocoso en base a parámetros geotécnicos, mediante la toma de datos de testigos de perforación diamantina.

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

Para cumplir el objetivo del estudio se realizó una serie de actividades como son:

- ✓ Perforación diamantina con recuperación de muestra con las siguientes características:
 - Inclinación: +10°
 - Profundidad Programada: 150.00m
 - Profundidad Ejecutada: 150.60m
 - Diámetro de perforación: HQ

- Máquina perforadora: OMRAM1000
- Empresa ejecutora: MBC DRILLING SAC

- ✓ Logueo geotécnico.
- ✓ Toma de fotografías de testigos de perforación diamantina por cajas.
- ✓ Procesamiento de datos.
- ✓ Medición de caudales de agua encontradas en dicha perforación.
- ✓ Diseño e instalación de dren subhorizontal.
- ✓ Análisis de resultados.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Exploratorio: Se tomarán datos de campo de los testigos de perforación diamantinos, obteniéndose información de parámetros geotécnicos para determinar la calidad de masa rocosa.

Descriptiva: Descripción detallada de parámetros geotécnicos de los testigos de perforación diamantina, medición de caudal de agua de dicha perforación.

Explicativa: Definiremos las causas y efectos que implican la caracterización de calidad de la masa rocosa.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

La población en este estudio es perforación diamantina con recuperación de muestra de 150.60m de profundidad en el tajo norte de la compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.

3.4.2. MUESTRA

Las muestras en este estudio son los parámetros geotécnicos de testigos diamantinas tomadas en forma sistemática.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El presente estudio del tajo norte de la compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal fue realizado mediante perforación diamantina con recuperación de muestra; mediante esta técnica se evalúa las características geotécnicas de los testigos diamantinos y la evaluación del caudal del agua.

3.5.1. TÉCNICAS

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos en la presente investigación fueron la observación y recolección de datos directa de campo, procesamiento de datos, asimismo se utilizó la técnica de la perforación diamantina con recuperación de muestra, logueo geotécnico, toma de fotografías de cajas de muestras, diseño de dren subhorizontal y los ensayos de caudal de agua.

3.5.2. INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados para la recolección de información de la investigación se usaron de una maquina perforadora diamantina OMRAN1000, guías de observación en campo, procesamiento de datos, análisis de contenido, hoja de logueo geotécnico, cajas de muestras, cámara fotográfica, libreta de campo, laptop para procesamiento de datos, balde para mediciones de caudal, maquina perforadora diamantina (omram 100), tuberías PVC para la instalación de dren subhorizontal.

3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos realizaos en gabinete se describe a continuación:

- ✓ Revisión e interpretación de toda la información adquirida.
- ✓ Procesamiento y análisis de la información registrada en el campo.
- ✓ Evaluación de los factores complementarios de influencia sobre la estabilidad (agua y esfuerzos).
- ✓ Elaboración del informe técnico.
- ✓ Toma de datos y de muestras in situ, revisión de perforaciones diamantinas antiguas, revisión y recopilación de estudios geológicos existentes del distrito Minero.
- ✓ Procesamiento de datos geotécnicos tomados en campo.
- ✓ Análisis e interpretación de resultados
- ✓ Para el análisis de datos se utilizó el software Excel, Autocad 2020.

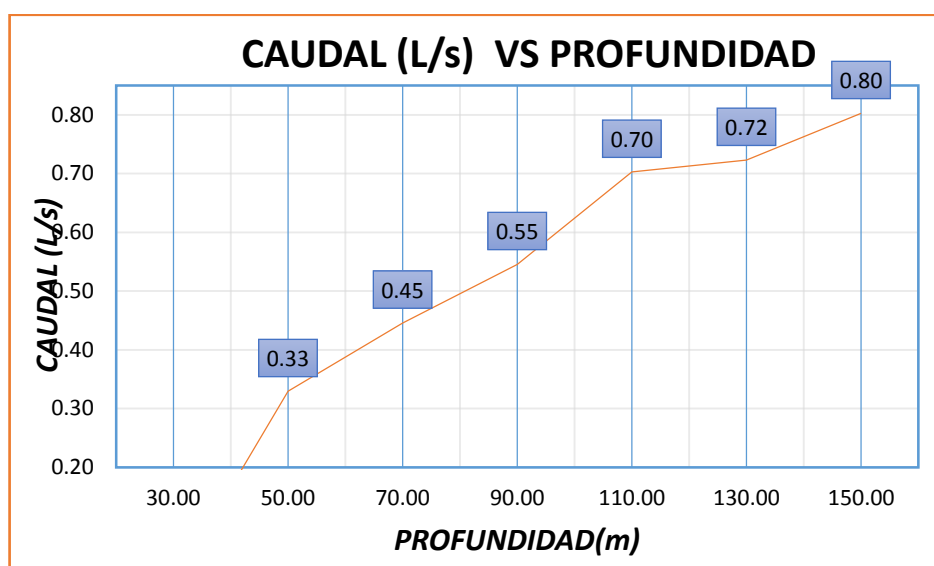
3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Para la caracterización del macizó rocoso en este estudio se estableció los siguientes datos estadísticos:

Tabla N° 14: Resultados Caudal de agua obtenidos durante la perforación en THC - 01

CUADRO DE MEDICIÓN DE CAUDALES							
FECHA	Tiempos (seg)			T _{prom} (Seg)	Vol(L)	CAUDAL (L/s)	Prof(m)
	T ₁	T ₂	T ₃				
22/07/2019	15.25	14.85	15.46	15.19	5	0.33	30.00
23/07/2019	11.11	11.23	11.31	11.22		0.45	50.00
24/07/2019	9.22	9.16	9.12	9.17		0.55	70.00
25/07/2019	7.19	7.18	6.98	7.12		0.70	90.00
26/07/2019	6.90	7.05	6.80	6.92		0.72	110.00
27/07/2019	6.30	6.21	6.18	6.23		0.80	130.00
28/07/2019	6.12	6.00	6.10	6.07		0.82	150.00

Imagen N° 15: Caudal de agua (L/S) en función a la profundidad



3.8. SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Para la selección y validación de los instrumentos de investigación de este proyecto se detallan a continuación:

Se utilizó para la perforación una máquina perforadora OMRAM 100 pertenecientes a la empresa especializada MBC DRILLING SAC, en cuanto a todos los accesorios de perforación y materiales utilizados para desarrollo del proyecto perforación fueron asumidos por dicha empresa en mención.

3.9. ORIENTACIÓN ÉTICA

El proyecto nos conlleva que todo el personal que ejecuta trabajos dentro de las instalaciones compañía de minas Buenaventura – unidad el Brocal, tenga condiciones de trabajo de acuerdo al área y tarea a desarrollarse, para así poder prevenir accidentes y/o incidentes, para el personal, procesos, equipos y medio ambiente.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

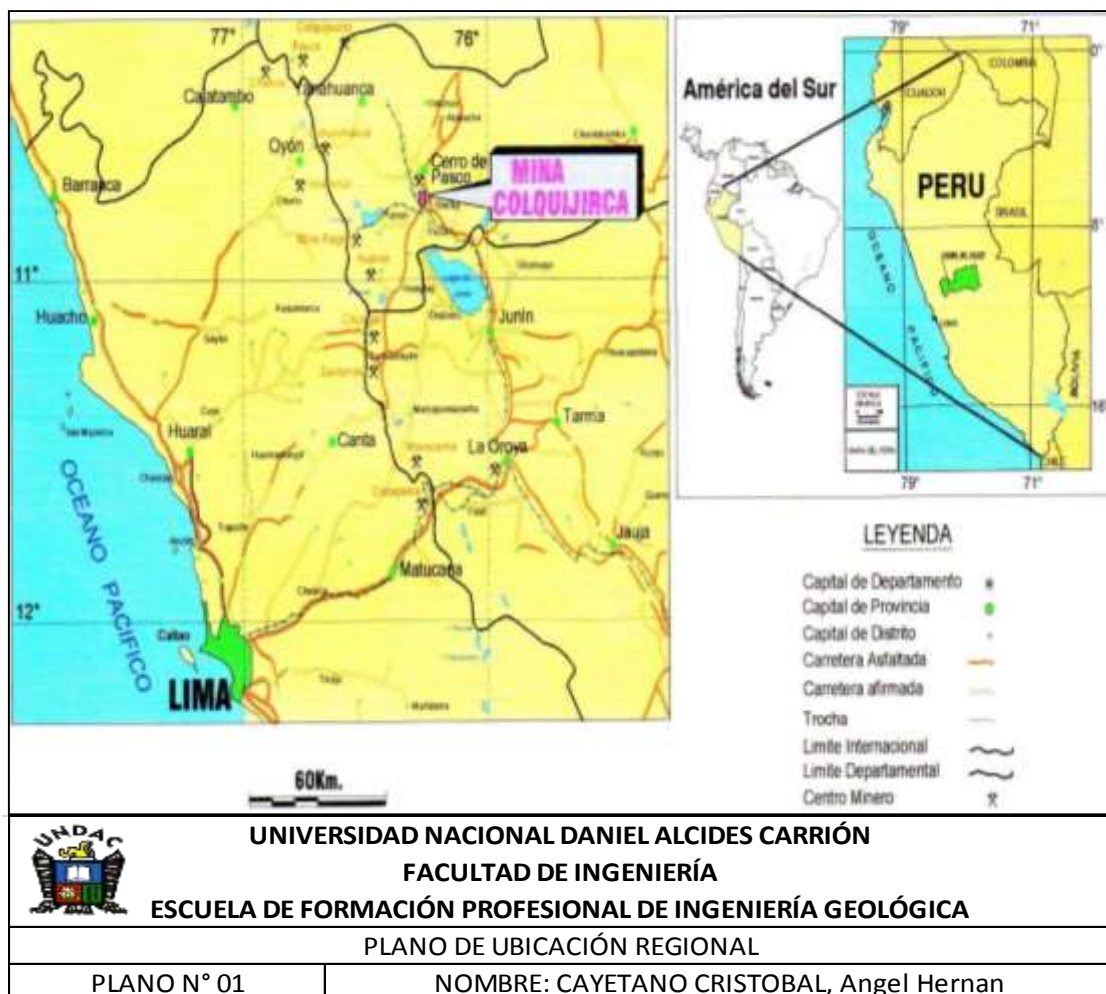
4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO EN CAMPO

4.1.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El estudio se encuentra ubicado en el distrito de Tinyahuarco, Provincia y Región de Pasco, el acceso a la zona de interés desde la Ciudad de Lima es vía terrestre a 289 Km de Lima y a 10 km de Pasco, es propiedad de Minas Buenaventura.

Latitudinalmente se emplaza aproximadamente sobre los 4250 m.s.n.m.

Plano N° 01: Plano de ubicación Regional



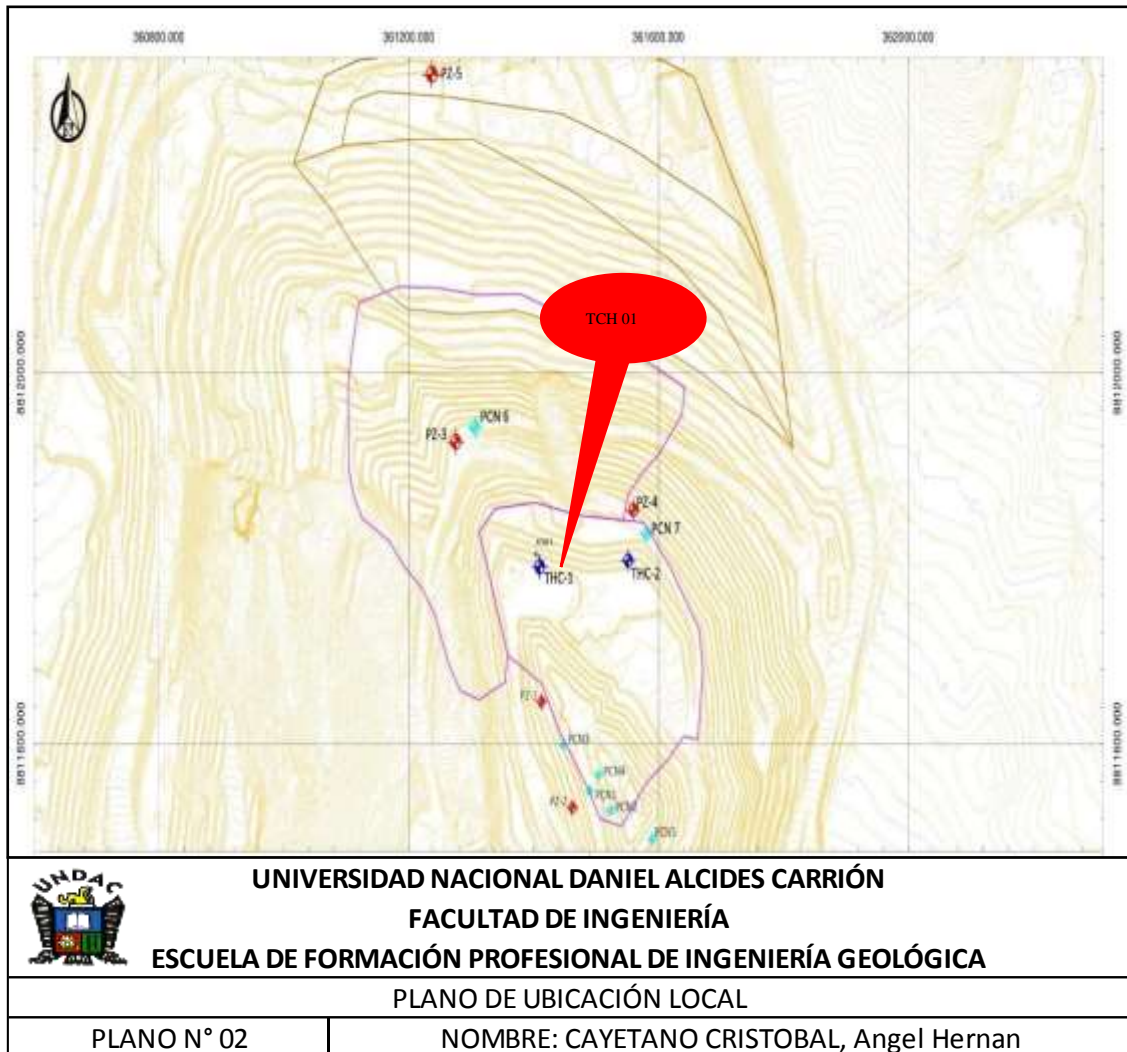
El pozo THC - 01 de perforación diamantina de estudio se encuentra ubicado en el Tajo Norte (Ex garza) dentro de las instalaciones la compañía de minas Buenaventura unidad el Brocal.

Con Coordenadas UTM. Que se puede observar en el siguiente cuadro.

Tabla N° 15: Ubicación y coordenadas del pozo THC – 01

COORDENADAS UTM WGS - 84				
LOCACIÓN	CÓDIGO	ESTE	NORTE	Cota m.s.n.m
Tajo Norte Ex Garza	THC – 01	361024	8811503	4142

Plano N° 02: Plano de ubicación local Pozo THC – 01



4.1.2. CLIMA, VEGETACION Y FAUNA

4.1.2.1 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.

4.1.2.2 VEGETACIÓN

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

4.1.2.3. FAUNA

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

4.1.3. GEOMORFOLOGIA

El zona de estudio se emplaza en la meseta de Bombón, entre los 4,100 y 4,350 msnm de altitud, en una zona de suave relieve, donde predominan las planicies como las Pampas de Junín, con pendientes poco pronunciadas y con algunas elevaciones aisladas, entre las cuales destacan la loma Jana Huaylan y los cerros Marcapunta, Vista Alegre, Calcahuayin, Jelaash y San Cristóbal.

Las instalaciones mineras del tajo Norte, labores subterráneas antiguas, incluyendo las labores del yacimiento Marcapunta y la bocamina Unish, son parte de un alineamiento Norte - Sur de aproximadamente 6.5 km de longitud que separa al valle de Huachuacaja al Oeste, desde una pampa relativamente plana al Este. El cerro Marcapunta forma la extensión Sur de este alineamiento y el desarrollo del tajo Norte y botaderos han modificado el relieve de la parte Norte del alineamiento. Las unidades geomorfológicas más importantes de la zona de estudio, son las siguientes:

4.1.3.1 Domo Volcánico

Constituido por las elevaciones más conspicuas, ligado a procesos intrusivos y volcánicos, como es el caso del cerro Marcapunta, que tiene pendientes suaves, un largo de 4 km y un ancho de 3 km y se eleva aproximadamente 385 m desde 4,190 hasta 4,475 msnm, teniendo como referencia la altitud del río San Juan (4,195 msnm).

4.1.3.2 Colinas

Conformadas por cerros poco elevados. Estas colinas, en la parte baja del río San Juan, tienen dirección Norte-Sur, estando constituidas por rocas carbonatadas.

4.1.3.2 Farallones

Esta unidad se observa en la margen derecha de la quebrada Huachuacaja en el cerro Lachipana y, en las partes altas del valle de Andacancha.

4.1.3.3 Valles Glaciales

Presentan forma cóncava (en U), se caracterizan por ser amplios y de pendiente suave. Tal es el caso de los valles de Quiulacocha, Unish y Huachuacaja que incluye los pasivos ambientales de la fundición cerrada y la planta de tratamiento de aguas ácidas.

4.1.3.4 Valles Fluviales

Son valles de forma cóncava (en V) cuyo fondo es bastante amplio y de pendiente suave. Tal es el caso del curso del río San Juan, ubicado al Sureste de la mina, el mismo que en las áreas planas forma pequeños meandros.

4.1.4. HISTORIA

El "El Brocal" SA., empresa dedicada a la explotación y exploración de yacimientos de plata, plomo, cobre 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 131

Patrón Lequerica 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).

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 2,000 133

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), Rogers y Frey (1954), De las Casas (1963), Jochamowicz (1970), R. Lehne (1971), Misión Alemana (1973), Instituto de Energía Nuclear y Orlando Orbegoso (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.

4.1.5. GEOLOGIA

4.1.5.1. 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 monolíticos 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 porfiríticas, 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 sondeos, 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.

4.1.5.2. 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 limoarcilíticos, 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 “frangas 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 barbadas 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 deleznales 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 efervesce 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 Mitú, 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.

4.1.5.3. 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.

4.1.6. GEOLOGÍA LOCAL

La mineralización de Depósito Colquijirca se encuentra alojado en la Formación Calera.

Esta formación suprayace concordante y gradualmente a la Formación Shuco.

La secuencia sedimentaria en el Depósito de Colquijirca es mixta y está constituida por rocas carbonatadas, detríticas y piroclásticas. Descrita por C. Ángeles (1992).

4.1.6.1 ESTRATIGRAFIA

Los códigos litológicos de la compañía de minas Buenaventura unidad el Brocal, se describe de la siguiente manera.

Tabla N°16: Códigos litológicos el Brocal.

CODIGOS LITOLOGICOS - EL BROCAL			
Tipo Litológico	SIMBOLO	Código Actual	
Arenisca	ARE	1	300
Conglomerado	CON	2	301
Vulcanoclástico	VUC	3	304
Marga	MAR	4	311
Dolomía	DOL	5	303
Caliza beige y limolitas	CLB	6	303
Caliza gris y argilitas	CLG	7	308
Piroclásticos y Tobas	TOB	8	201
Dacita	DAC	9	200
Intrusivo	INT	10	204
Brechas Hidrotermales	BXH	11	-

La secuencia estratigráfica de la compañía de minas Buenaventura unidad el Brocal, se describe de la siguiente manera.

Tabla N° 17: Estratigrafía de la compañía de minas Buenaventura unidad el Brocal.

ERA	PERIODO	GRUPO / FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	ESPESOR (m)	
	CUATERNARIO	DEPOSITOS CUATERNARIOS		Depositos aluviales, fluviales y fluvioglaciares		
CENOZOICO	NEOGENO	MIOCEN MEDIO		Domas - lavas de composicion dacitica a cuarzo latfica Diques de composicion cuarzo - monzonitica		
						PALEOGENO
	FM. SHUCO	Brecha monomictica, clastos de caliza y silex del Chambara en una matriz calcarca	150			
			FM. CACUAN	Areniscas, lutitas, limonitas rojas, areniscas y conglomerados polimicticos	100	
MESOZOICO	JURASICO	INF	GRUPO PUCARA	PUCARA OCCIDENTAL	Dolomias, brechas y dolomias secundarias de color beige	2900
	TRIASICO	SUP		PUCARA OCCIDENTAL (Fm Chambara)	Calizas mudstones gris con intercalaciones de calcarenitas bioclasticas	360
		INF	GRUPO MITU		Areniscas rojas con lentes de conglomerados gris oscuros	400
PALEOZOICO	PERMICO	SUP			Conglomerados y brechas gris oscuro de matriz arenosa	
	DEVONICO		GRUPO EXCELSIOR		Pizarras y filitas grises a gris verdosas, con sericita y clorita	300



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ESTRATIGRAFÍA DE LA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A – UNIDAD EL BROCAL

NOMBRE: CAYETANO CRISTOBAL, Angel Hernan

4.1.6.2. LITOLÓGICA TAJO NORTE - SMELTER - MARCAPUNTA NORTE

La descripción petrográfica del distrito minero de Colquijirca modificado sus códigos litológicos en base de datos del 2015 se muestran a continuación.

Areniscas:

Secuencia detrítica conformado por areniscas rojas gris oscuro con laminaciones planas y oblicuas, alternada con limoarcillitas de una coloración verdosa a rojiza.

Se ubica como substrato en Tajo Norte, Smelter y Marcapunta Norte, generalmente estéril, aunque en Marcapunta norte se ha evidenciado vetillas de sulfuros.

Conglomerados:

Conformada por clastos monogénicos de calizas y sílex del Chambará, con clastos angulosos a subredondeados de 2 o 3 cm y 30 cm.

Los estratos son gruesos (más de 0.5 m), sin organización interna, con paquetes de base casi plana.

Matriz compuesta de guijarros finos con cemento calcáreo.

Se ubica alternando a los depósitos vulcanoclásticos y conforma en parte a la Formación Shuco.

En el sector del Tajo y Smelter no se ha evidenciado mineralización, Sin embargo, en el sector de marcapunta Norte es el host de mineralización en el sector de brechas.

Vulcanoclásticos:

Caracterizado por una secuencia detrítica de grano grueso a fino de fragmentos de caliza heterométricos y volcánicos englobados en una matriz tufácea, con cemento calcáreo.

Con tonalidades gris a gris blanco, verdoso y rojizo. Se encuentra alternado con estratos delgados de conglomerados calcáreos.

Se ubica infrayaciendo a la secuencia de margas y se presenta alternada con los conglomerados calcáreos, conformando la Formación Shuco.

En los sectores de Tajo Norte y Smelter, no se ha evidenciado alteración y mineralización, sin embargo en Marcapunta Norte, forma parte del host de mineralización en el sector de Brechas), no se observa en el tajo.

Margas:

Están conformadas por estratos anchos de margas grises con niveles aislados de calizas mudstone, y calizas margosas. Las calizas margosas poseen estructura concrecionaria y abundantes estilolitos y estructuras de disolución.

Suprayacen a la secuencia de vulcanoclástica e infrayacen a la secuencia de dolomías mineralizadas. Aunque existe tramos con leve dolomitización sin mineralización económica.

Presenta estratos de conglomerados en algunas zonas. Dicho secuencia seria parte del miembro inferior de la Formación Calera.

En el sector del Tajo y Smelter, no se ha evidenciado mineralización, por lo cual se considera horizontes estériles, siendo el límite inferior de la mineralización.

Dolomía:

Conformada por estratos dolomías con un espesor de 0.1 a 1.0 m. de color gris claro a beige. Fotos muestras 19049 y 19053 con Zn, Pb y Ag. Aisladamente se observan niveles delgados de limoarcillitas gris y tobas blanquecina de grano grueso a fino (0.1 a 0.5 m)

Con intercalación de calizas masivas a fosilíferas con sílex y chert, los niveles inferiores presentan calizas mudstone levemente margosas. Puntualmente presentan laminaciones de materia orgánica.

Dolomitizada de moderada a fuerte intensidad, mostrando una tonalidad beige a blanquecina. En los sectores de Smelter y Marcapunta Norte dicha secuencia se encuentra silicificada y reemplazada masivamente por sulfuros. Considerada como la zona mineralizada (ZM).

Correspondería a la parte inferior del miembro Medio de la Formación Calera.

Caliza Beige:

Conformada por estratos de calizas con un espesor de 0.5-1.5 m, con tonalidades beige a beige blanquecina

Con algunos estratos de calizas grises, esencialmente mudstone con algunas intercalaciones de packstone y wackestone fosilífera. (muy escasos oolitos, bivalvos, gasterópodos milimétricos). Aisladamente se alternan con lutitas bituminosas, estratos delgados de limoarcillitas grises y puntualmente estratos delgados de chert.

Dicha secuencia es estéril con niveles puntuales y delgados, con leve dolomitización y oxidación, y venillas de calcita.

Se ubica principalmente en los tramos correspondientes al miembro superior de la Formación Calera.

Caliza Gris:

Consiste en una alternancia de estratos delgados de calizas gris mudstone a veces margosas con una alternancia de argilitas (denominado por algunos autores como calizas barbadas), secuencia caracterizado por una secuencia fina con estratos de 0.5m.

Se observan estratos delgados de limoarcillitas, de color gris azulado (EN marcador estratigráfico LMMS), gris verdoso, gris oscuro, e incluso negro que son generalmente lutitas y que son ricas en materia orgánica.

Presenta estratos delgados de tobas gruesas y finas levemente agilizados.

Por sectores y hacia la parte inferior presenta leve alteración (dolomitización) y mineralización (flancos La Llave y La Pampa).

Dicha secuencia correspondería a la parte superior del Miembro Medio de la Formación Calera.

Tobas y Depósitos Piroclásticos:

Secuencias piroclásticas de grano grueso y fino constituidas por granos de cuarzo, feldespato, cloritas y escasamente biotitas en una matriz agilizada (arcillosa) y fragmentos líticos afaníticos.

Se ubican en pocos niveles alternando a la caliza beige con espesores de 0.25 m en el miembro superior de la Formación Calera.

Así también se ubican aisladamente y con un espesor de 0.1 hasta 0.6 m, a través de todo el paquete estratigráfico de la Formación Calera.

Se considera una secuencia estéril y se presenta normalmente con leve argilización.

Se ubican suprayaciendo discordantemente a las dacitas en el complejo volcánico Marcapunta y hacia la parte sur de Marcapunta Norte, completamente estéril.

Dacita:

Caracterizadas por zonas de alteración vuggy sílica, cuarzo-alunita-(dickita), con halos de alteración argílica, propilítica y roca fresca.

Roca volcánica a subvolcánica con textura porfirítica, conformada por 40% a 45 % de fenocristales de feldespato potásico (sanidina), cristales de cuarzo de 5% a 10%, biotita, matriz de cristales de plagioclasas.

Se ubica restringida al complejo volcánico de Marcapunta, a manera de múltiples domos que forman un lacolito, por lo general es estéril, aunque presenta en zonas superficiales con alteración de sílica vuggy con mineralización Au-Ag,

En las zonas internas en contacto con los cuerpos calcáreos, presenta mineralización de Cu (enargita) en fracturas sub verticales.

Intrusivo Marcapunta Norte:

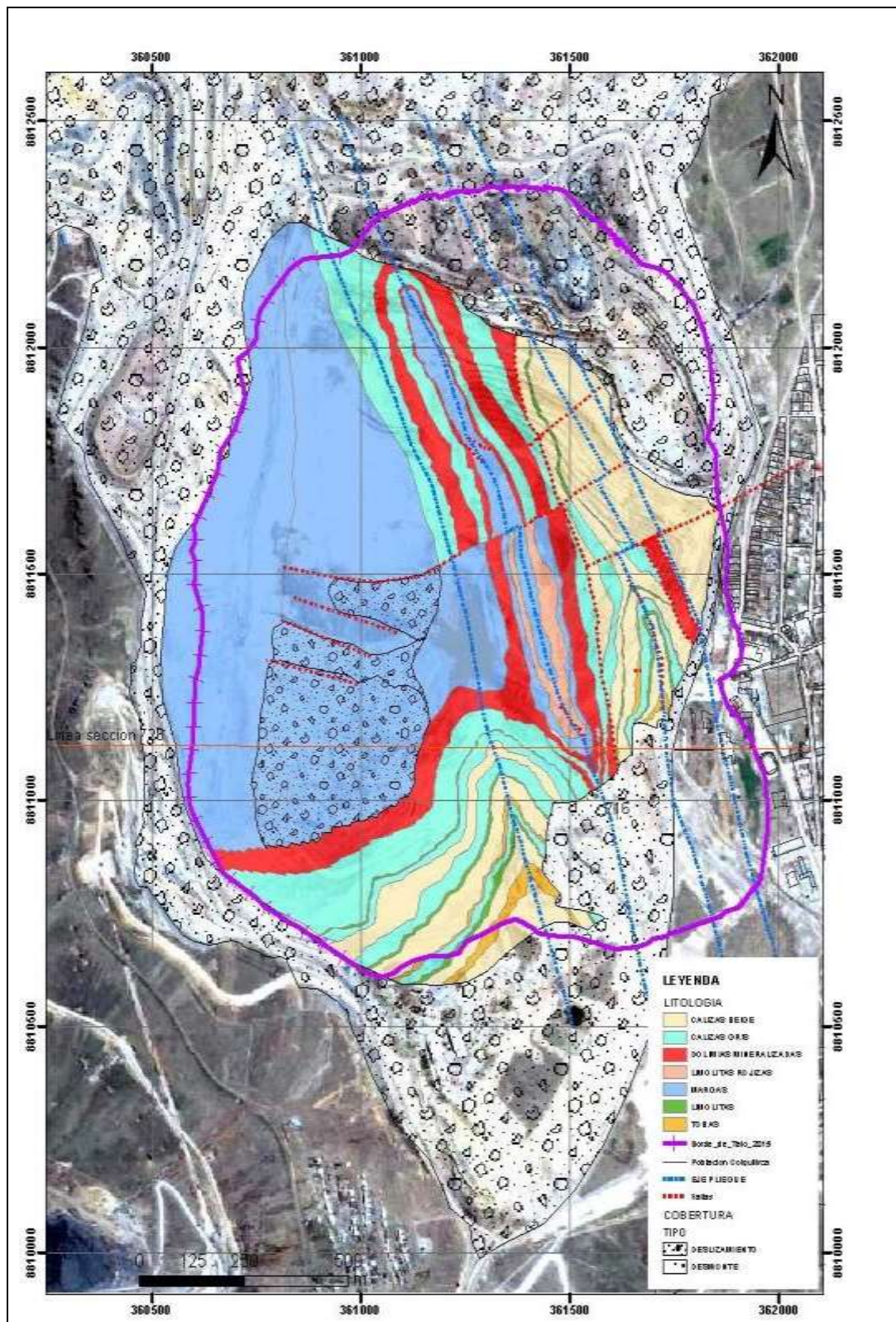
Cuerpo subvolcánico de composición andesítica con escaso feldespató potásico y minerales máficos, en una matriz afanítica moderadamente alterada (argilizada).


Se ubica hacia el sector este de Marcapunta Norte e intruye las secuencias terciarias, completamente estéril.

Bechas:

Conformado por fragmentos angulosos calcáreos y/o silisificados.

Plano N° 02: Plano litológico compañía de minas Buenaventura unidad el Brocal.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
	PLANO LITOLÓGICO DE LA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A – UNIDAD EL	
PLANO N° 03	NOMBRE: CAYETANO CRISTOBAL, Angel Hernan	

4.1.6.3. CONTROL ESTRUCTURAL LOCAL

4.1.6.3.1. ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

En el área de Colquijirca, los estratos están fuertemente plegados, dando origen a anticlinales y sinclinales, cuyos ejes tienen rumbo NNW y, un buzamiento suave del eje hacia el Sur, cuya ocurrencia habría sido antes de la mineralización e incluso antes de la intrusión. Regionalmente, en el área de estudio, existen las siguientes estructuras:

Fallas Mayores:

Las siguientes, son fallas longitudinales paralelas a los ejes de plegamiento:

- ✓ Falla Longitudinal Este. Con rumbo NW-SE, se halla ubicada al Este de Marcapunta y del poblado de Colquijirca, a la altura de Buenavista, se evidencia desde la laguna Yanamate hasta la altura del cerro San Cristobal.
- ✓ Falla Longitudinal Oeste. Al igual que la anterior tiene rumbo NW-SE, se halla ubicada al Oeste de Buenavista y Este de Colquijirca, se evidencia desde Pachamachay hasta la altura de Marcapunta Sur.
- ✓ Falla Río San Juan. Con rumbo NS, se halla siguiendo el lineamiento del río San Juan.

Fallas Menores:

Principalmente, son fallas transversales a los ejes de plegamiento:

- ✓ La falla San Cristobal. Con rumbo NW-SW, se ubica al W del tajo y se proyecta hasta San Cristobal.

- ✓ Falla Andacancha. Con rumbo NW-SE, se ubica al SW del tajo y se proyecta hasta el río San Juan.
- ✓ Falla Lachipana. Con rumbo NW-SE, se ubica al NW de Marcapunta Norte y desde la parte baja de la relavera Huachuacaja hasta el río San Juan.
- ✓ Fallas en el área del tajo, con rumbo EW.
- ✓ Falla Norte.
- ✓ Falla Colquijirca.
- ✓ Fallas en el área de Marcapunta, con rumbo EW.
- ✓ Falla Smelter.
- ✓ Falla Marcapunta Norte.
- ✓ Falla Unish Norte.
- ✓ Falla Unish Sur.
- ✓ Falla Juanita.

4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO

Para caracterizar la masa rocosa se utilizó el logeo geotécnico a través de una plantilla de Excel aplicando formulas, nomenclatura con la información desarrollada líneas arriba. Para este estudio se ha considerado las estimaciones de RMR para cada tramo registrado, los cuales han realizado empleando la clasificación de macizo rocoso de Bieniawski de 1989.

Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, fueron estimados con el uso de martillo de geólogo según la escala de valoración.

La medición del caudal (L/s) de agua se desarrolló a través de pruebas de airlift.

4.2.1.1. CÁLCULO DE RMR

El sistema de clasificación RMR1989 (Bieniawski) es calculado de la siguiente manera:

$$\text{RMR}=\text{R1}+\text{R2}+\text{R3}+\text{R4}+\text{R5}$$

Donde:

- ✓ **R1** = resistencia de la matriz rocosa (valuación = 0 a 15)
- ✓ **R2** = índice de calidad de roca, RQD (valuación = 3 a 20)
- ✓ **R3** = separación entre diaclasas (valuación = 5 a 20)
- ✓ **R4** = estado de las discontinuidades (valuación = 0 a 30)
- ✓ **R5** = agua subterránea (valuación = 0 a 15)

Las valuaciones de los cinco parámetros se añaden para definir los valores de RMR que representan la condición del macizo rocoso de la zona en estudio.

Cinco clases del macizo rocoso, basados en los valores de RMR, clasifican las características del macizo rocoso de la siguiente manera:

Tabla N° 18: RMR DE (Bieniawski 1989)

RMR (Bieniawski 1989)		
Suma de los puntajes obtenidos	Descripción del macizo rocoso	Clase
81 - 100	Muy bueno	I
61 - 80	Bueno	II
41 - 60	Medio	III
21 - 40	Malo	IV
0 - 20	Muy malo	V

4.2.1.2. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Se ha considerado los parámetros geotécnicos que fueron colectados por los durante el logueo de las perforación geotécnica.

Estos parámetros fueron utilizados en la clasificación RMR e incluyeron:

- ✓ Identificación de la litología.
- ✓ Recuperación total del testigo.
- ✓ Designación de la calidad de la roca (RQD).
- ✓ Número de fracturas por corrida y espaciamiento de discontinuidades.
- ✓ Índice de resistencia.
- ✓ Índice de meteorización/alteración.
- ✓ Condición de agua.

Con toda la información obtenida en el proceso de logueo geotécnico se elaboraron registros geomecánicos para la perforaciones geotécnica ejecutada, con denominación THC - 01 continuación se discute cada uno de los parámetros utilizados para la estimación del RMR con base a la información obtenida:

Según los resultados obtenidos en calidad de la masa rocosa se hizo una caracterización en 3 tramos consecutivos en función a la profundidad.

A). DESIGNACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ROCA (RQD).

Con base a la información geotécnica obtenida con la perforación, los resultados obtenidos se muestran en lo siguiente:

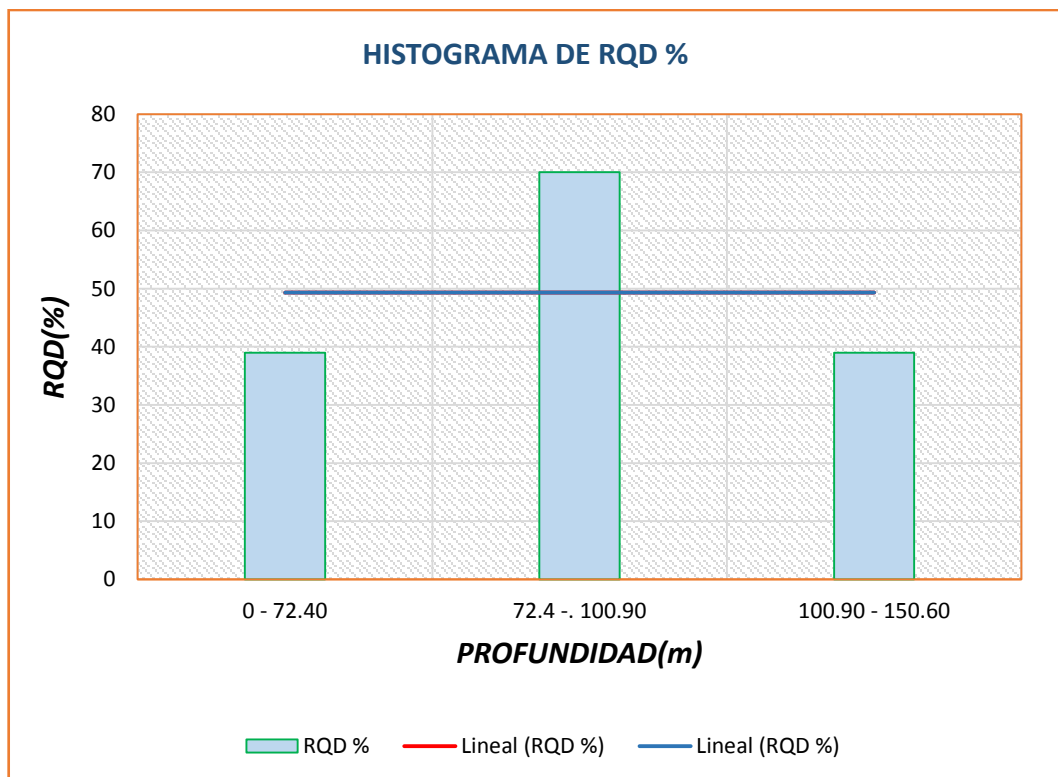
- ✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tiene un índice de calidad promedio de roca (RQD) de 39% que indica una calidad MALA.

- ✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tiene un índice de calidad promedio de roca (RQD) de 70% que indica una calidad REGULAR.
- ✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tiene un índice de calidad promedio de roca (RQD) de 39% que indica una calidad MALA.

Tabla N° 19: Designación de la calidad de la roca (RQD%) obtenido en la perforación THC – 01.

PROFUNDIDAD(m)	LITOLÓGÍA	RQD%			CALIDAD
		MAX	MIN	PROM	
0 - 72.40	CALIZA	50	26	39	MALA
72.4 - 100.90	CALIZA	75	56	70	REGULAR
100.90 - 150.60	CALIZA	50	28	39	MALA

Imagen N° 16: Histograma de RQD% VS Profundidad.



B). RESISTENCIA DE LA MASA ROCOSA:

La resistencia de la masa rocosa fue hallada en este proyecto con el uso un martillo geológico, de acuerdo a la tabla N° 20.

Tabla N° 20: Resistencia de la masa rocosa.

RESISTENCIA DE LA MASA ROCOSA			
Término	Nomenclatura/ Valoración	C.S. (Mpa)	Descripción
Extremadamente blanda	R0/0	<1	Se puede marcar con la uña. Fácilmente desmenuzable con la mano.
Muy blanda	R1/1	1 - 5	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza. Con la navaja se talla fácilmente.
Blanda	R2/2	5 - 25	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas. Con la navaja se talla con dificultad.
Moderadamente dura	R3/4	25 - 50	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse. Con la navaja no puede tallarse.
Dura	R4/7	50 - 100	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.
Muy dura	R5/12	100 - 250	Se requiere muchos golpes del martillo para fracturarla.
Extremadamente dura	R6/15	>250	Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas.

Con base a la información geotécnica obtenida con la perforación THC - 01, los resultados obtenidos fueron:

- ✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tiene una resistencia de R2 a R3.
- ✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tiene una resistencia de R2 a R3.
- ✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tiene una resistencia de R1 a R3.

Tabla N° 21: Resistencia de la masa rocosa obtenida en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.

PROFUNDIDAD(m)	LITOLÓGÍA	RESISTENCIA DE LA MASA ROCA
0 - 72.40	CALIZA	R2 - R3
72.4 - . 100.90	CALIZA	R2 - R3
100.90 - 150.60	CALIZA	R1 - R3

C). SEPARACIÓN ENTRE DISCONTINUIDADES (m)

La separación entre las discontinuidades obtenida en la perforación, fueron obtenidos de acuerdo ala Tabla N° 22 que muestran a continuación:

Tabla N° 22: La separación entre las discontinuidades.

SEPARACIÓN ENTRE DISCONTINUIDADES(M)	
ESPACIADO	VALORACIÓN
> 2.02	20
0.6 - 2.0	15
0.2 - 0.6	10
0.06 - 0.2	8
< 0.06	5

Con base a la información geotécnica obtenida con la perforación THC - 01, los resultados obtenidos fueron:

- ✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tiene un espaciado promedio de 0.101m.
- ✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tiene una espaciado promedio de 0.197m.
- ✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tiene un espaciado promedio de 0.120m.

Tabla N° 23: Espaciamiento entre discontinuidades de la masa rocosa obtenida en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.

PROFUNDIDAD(m)	LITOLÓGÍA	ESPACIADO(m)
0 - 72.40	CALIZA	0.101
72.4 - . 100.90	CALIZA	0.197
100.90 - 150.60	CALIZA	0.120

D). CONDICIÓN DE JUNTAS:

La condición de juntas se desarrollo con la suma de las valoraciones de persistencia, abertura, rugosidad, relleno y meteorización de la siguiente manera:

Condición de junta = persistencia + abertura + rugosidad + relleno + meteorización

✓ **ABERTURA:**

Las aberturas de las discontinuidades de los cores diamantinos en este proyecto fueron hallados de acuerdo a la Tabla N° 24.

Tabla N° 24: Abertura.

ABERTURA		
Término	Nomenclatura	Valoración
Nada (0 mm)	A	6
Menor a 0.1mm	B	5
Entre 0.1 y 1mm	C	4
Entre 1 y 5mm	D	1
Mayor a 5mm	E	0

Con base a la información geotécnica obtenida con la perforación THC - 01, los resultados obtenidos fueron:

- ✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tienen una abertura de discontinuidades de 1 y 5mm.
- ✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tienen una abertura de discontinuidades de 1 y 5mm.

- ✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tienen una abertura de discontinuidades de 1 y 5mm.

Tabla N° 25: Abertura de discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.

ABERTURAS DE LAS DISCONTINUIDADES		
PROFUNDIDAD(m)	LITOLÓGÍA	ABERTURA(mm)
0 - 72.40	CALIZA	Entre 1 y 5mm
72.4 - 100.90	CALIZA	Entre 1 y 5mm
100.90 - 150.60	CALIZA	Entre 1 y 5mm

✓ **PERSISTENCIA:**

La persistencia de las discontinuidades de los cores diamantinos en este proyecto fueron hallados de acuerdo a la Tabla N° 26.

Tabla N° 26: Persistencia.

PERSISTENCIA		
Término	Nomenclatura	Valoración
Menor a 1m	A	6
Entre 1 y 3m	B	4
Entre 3 y 10m	C	2
Entre 10 y 20m	D	1
Mayor a 20m	E	0

Con base a la información geotécnica obtenida con la perforación THC - 01, los resultados obtenidos fueron:

- ✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tienen una persistencia de discontinuidades menor a 1m.
- ✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tienen una persistencia de discontinuidades menor a 1m.

- ✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tienen una persistencia de discontinuidades menor a 1m.

Tabla N° 27: Persistencia de discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.

PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES		
PROFUNDIDAD (m)	LITOLÓGÍA	PERSISTENCIA
0 - 72.40	CALIZA	Menor a 1m.
72.4 - 100.90	CALIZA	Menor a 1m.
100.90 - 150.60	CALIZA	Menor a 1m.

✓ **RUGOSIDAD:**

La rugosidad de las discontinuidades de los cores diamantinos en este proyecto fueron hallados de acuerdo a la Tabla N° 28.

Tabla N° 28: Rugosidad.

RUGOSIDAD		
Término	Nomenclatura	Valoración
Muy rugosa	M	6
Rugosa	R	5
Ligeramente rugosa	L	4
Suave	S	1
Pulido	P	0

Con base a la información geotécnica obtenida con la perforación THC - 01, los resultados obtenidos fueron:

- ✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tienen una rugosidad de pulido a ligeramente rugoso.
- ✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tienen una rugosidad de pulido a ligeramente rugoso.

- ✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tienen una rugosidad de pulido a ligeramente rugoso.

Tabla N° 29: Rugosidad de las discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.

RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES		
PROFUNDIDAD(m)	LITOLÓGÍA	RUGOSIDAD:
0 - 72.40	CALIZA	Pulido a ligeramente rugoso
72.4 - 100.90	CALIZA	Pulido a ligeramente rugoso
100.90 - 150.60	CALIZA	Pulido a ligeramente rugoso

✓ **RELLENO:**

El relleno de las discontinuidades de los cores diamantinos en este proyecto fueron hallados de acuerdo a la Tabla N° 30.

Tabla N° 30: Relleno.

RELLENO		
Término	Nomenclatura	Valoración
Sin relleno (Ninguno)	A	6
Relleno Duro < 5mm	B	4
Relleno Duro > 5mm	C	2
Relleno Blando < 5mm	D	2
Relleno Blando > 5mm	E	0

Con base a la información geotécnica obtenida con la perforación THC - 01, los resultados obtenidos fueron:

- ✓ De 0.00m – 72.40m; Las discontinuidades de los macizos rocosos se caracteriza en algunos casos por no tener relleno y en algunos casos con Relleno Blando < 5mm.

- ✓ De 72.40m – 100.90m; Las discontinuidades de los macizos rocosos se caracteriza en algunos casos por no tener relleno y en algunos casos con Relleno Blando < 5mm.
- ✓ De 100.90m – 150.60m; Las discontinuidades de los macizos rocosos se caracteriza en algunos casos por no tener relleno y en algunos casos con Relleno Blando < 5mm.

Tabla N° 31: Relleno de las discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.

RELLENODE LAS DISCONTINUIDADES		
PROFUNDIDAD(m)	LITOLÓGÍA	RELLENO
0 - 72.40	CALIZA	Sin relleno y Relleno Blando < 5mm
72.4 - 100.90	CALIZA	Sin relleno y Relleno Blando < 5mm
100.90 - 150.60	CALIZA	Sin relleno y Relleno Blando < 5mm

✓ **METEORIZACIÓN:**

La meteorización de las discontinuidades de los cores diamantinos en este proyecto fueron hallados de acuerdo a la Tabla N° 32.

Tabla N° 32: Meteorización.

Meteorización		
Alteración	Nomenclatura	Valoración
Inalterada	W1	6
Lig. Alterada	W2	5
Mod. Alterada	W3	3
Muy Alterada	W4	1
Descompuesta	W5	0

Con base a la información geotécnica obtenida con la perforación THC - 01, los resultados obtenidos fueron:

- ✓ De 0.00m – 72.40m; Las discontinuidades de los macizos rocosos se encuentran Inalterada, Ligeramente alterada, Moderadamente alterada.
- ✓ De 72.40m – 100.90m; Las discontinuidades de los macizos rocosos se encuentran Inalterada, Ligeramente alterada.
- ✓ De 100.90m – 150.60m; Las discontinuidades de los macizos rocosos se encuentran Ligeramente alterada.

Tabla N° 33: Meteorización de las discontinuidades obtenidas en la perforación THC - 01 en base a la profundidad.

METEORIZACION LAS DISCONTINUIDADES		
PROFUNDIDAD(m)	LITOLOGÍA	RELLENO
0 - 72.40	CALIZA	Inalterada, Lig. Alterada, Mod. Alterada
72.4 -. 100.90	CALIZA	Inalterada, Lig. Alterada
100.90 - 150.60	CALIZA	Lig. Alterad

E). CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA:

Para la obtención de agua en este proyecto se efectuó mediante la prueba de airlift en un recipiente de 5L durante todo el proceso de perforación, y se desarrollo en función al siguiente cuadro:

Tabla N° 34: Condición de agua subterránea.

CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA		
Término	Nomenclatura	Valoración
Completamente seco	S	15
Húmedo	H	10
Mojado	M	7
Goteante	G	4
Fluente	F	0

En función de agua subterránea obtenida en la perforación THC - 01, el agua fue fluente durante toda la perforación, los resultados obtenidos en función a la profundidad de la perforación se muestran a continuación:

Tabla N° 35: Agua obtenida obtenido durante la perforación THC - 01 en base a la profundidad.

PROFUNDIDAD(m)	LITOLÓGÍA	CAUDAL(L/S)
0 - 72.40	CALIZA	0.39
72.4 - 100.90	CALIZA	0.63
100.90 - 150.60	CALIZA	0.77

- ✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 29 a 35, de lo cual el tramo desarrollado en este proyecto es de MALA calidad.
- ✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 40 a 45, de lo cual el tramo desarrollado en este proyecto es de una calidad REGULAR.
- ✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 40 a 45, de lo cual este tramo desarrollado en este proyecto es de MALA calidad.

4.2.2. RESUMEN DE RMR (Bieniawski 1989)

Con base a la recolección de los parámetros geotécnicos obtenidos en la perforación THC - 01, se pueden resumir los resultados obtenidos en función a la profundidad de la perforación.

- ✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 29 a 35, de lo cual el tramo desarrollado en este proyecto es de MALA calidad.
- ✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 40 a 45, de lo cual el tramo desarrollado en este proyecto es de una calidad REGULAR.

✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 40 a 45, de lo cual este tramo desarrollado en este proyecto es de MALA calidad.

Tabla N° 36: Resumen de resultados de calidad del macizo rocoso en la perforación TCH – 01 en función a la profundidad.

RESUMEN DE RESULTADOS DE CALIDAD DEL MACIZÓ ROCOSO EN LA PERFORACIÓN TCH - 01							
PROFUNDIDAD (m)	RQD%			RMR			CALIDAD
	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
0 - 72.40	50	26	39	39	29	35	MALA
72.4 - 100.90	75	56	70	45	40	41	REGULAR
100.90 - 150.60	50	28	39	39	30	34	MALA

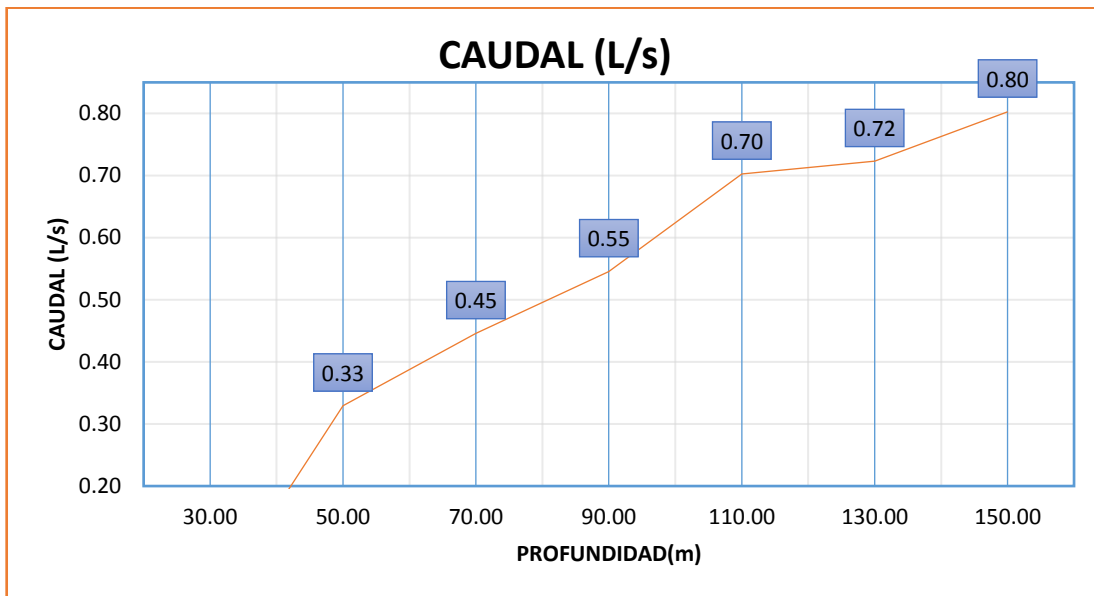
4.2.3. PRUEBAS HIDROGEOLÓGICAS

Las pruebas hidrogeológicas se desarrollaron Durante la perforación en agua afloro dando inicio en 30m de profundidad, para lo cual se procedió a tomar el caudal (L/seg) en un recipiente de 5 litros.

Tabla N° 37: Resumen de caudal TCH 01.

CUADRO DE MEDICIÓN DE CAUDALES							
FECHA	Tiempos (seg)			T _{prom} (Seg)	Vol(L)	CAUDAL (L/s)	Prof(m)
	T ₁	T ₂	T ₃				
22/07/2019	15.25	14.85	15.46	15.19	5	0.33	30.00
23/07/2019	11.11	11.23	11.31	11.22		0.45	50.00
24/07/2019	9.22	9.16	9.12	9.17		0.55	70.00
25/07/2019	7.19	7.18	6.98	7.12		0.70	90.00
26/07/2019	6.90	7.05	6.80	6.92		0.72	110.00
27/07/2019	6.30	6.21	6.18	6.23		0.80	130.00
28/07/2019	6.12	6.00	6.10	6.07		0.82	150.00

Imagen N° 17: Detalle de incremento de caudal TCH 01.



De acuerdo a las pruebas desarrollados en campo el resultado obtenido de caudal de agua inicia con 0.33L/S a una profundidad de 50.0m, según avanza la profundidad el caudal de agua también asciende, llegando así a un caudal de 0.80L/S a una profundidad de 150.0m. A que la presencia de agua es muy desfavorable para la estabilidad de talud de lo cual se decide diseñar e instalar un dren subhorizontal en la perforación para despresurizar las paredes del tajo en una primera fase, con el fin capturar el agua subterránea a elevaciones superiores, y con ello disminuir la inestabilidad de las paredes del tajo.

4.2.4. DISEÑO DE DREN SUBHORIZONTAL

El diseño de dren subhorizontal se realizó de acuerdo a la calidad del macizo roco, litología y a los resultados de caudal de agua.

4.2.5. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PVC

Al pozo perforado se le instaló 43 tuberías ranuradas de 2” de diámetro con una longitud de 3m c/u, en la parte final se instaló un cono “punta lápiz” de medida 0.30m, la tubería ranurada es para el paso del agua subterránea, entre la tubería PVC y la

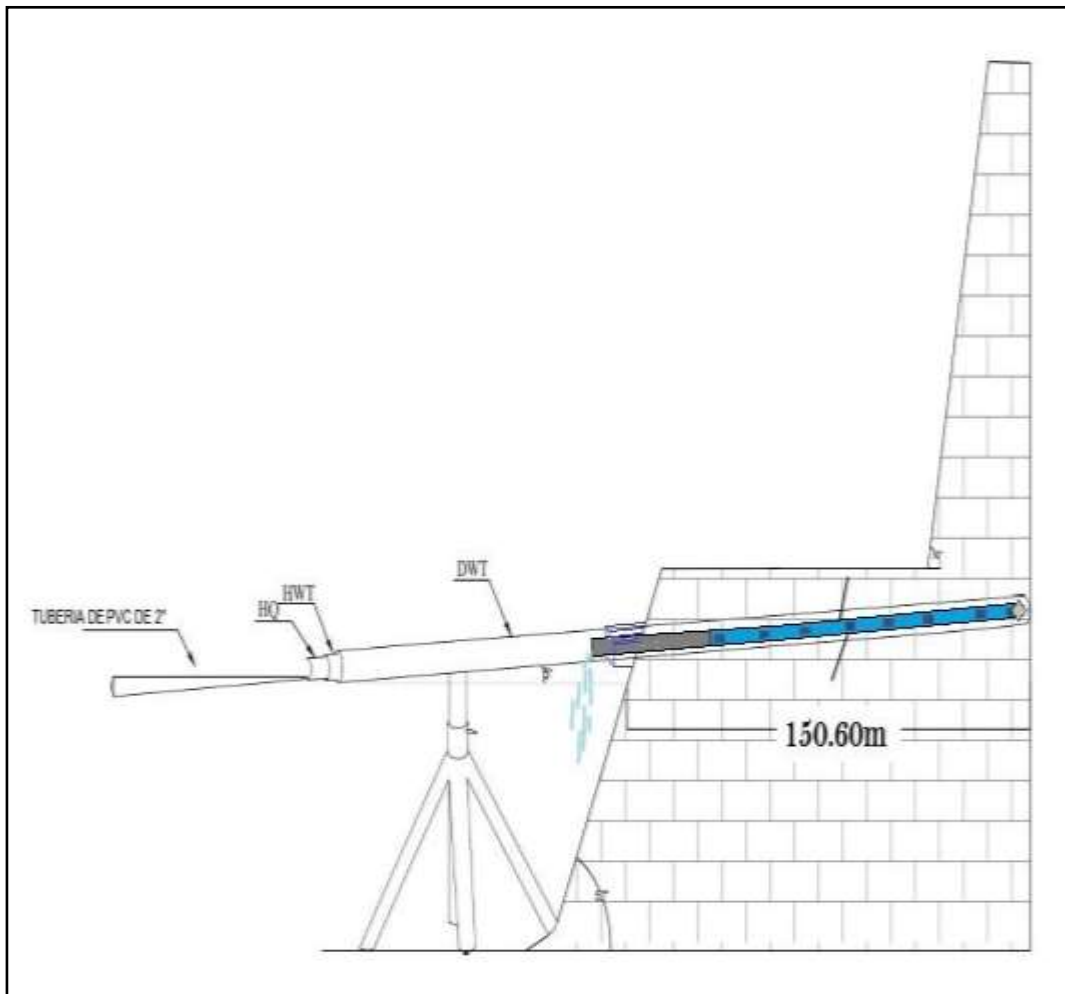
pared del pozo; se instaló también 07 tuberías (lisas) de 2” de diámetro con una longitud de 3m c/u. Es preferible utilizar una cinta gris (duck tape) para mantener las conexiones entre los tubos (utilizar esta técnica en todas las tuberías por seguridad). El peso de las tuberías sin esta protección puede ocasionar que estas se suelten y engendrar el derrumbe del taladro. A continuación, algunos alcances sobre los procedimientos durante la instalación:

- Preparar las tuberías PVC en el orden de instalación y escribir sobre ellas el número de acuerdo al orden de instalación.
- Medir las tuberías de PVC (longitud del tubo sin la rosca), la longitud del PVC es constante, 3 metros cada uno.
- Al final de la instalación del PVC se completa el formato. Este formato ayuda a calcular hasta qué profundidad ha sido colocada la tubería PVC. Si hay un derrumbe, se observa a que profundidad queda la parte ranurada y si todo está de acuerdo con el diseño original.

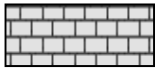
Tabla N° 38: Detalle de suministro de instalación.

MATERIALES	CANTIDAD
Tubería PVC Ranurada de 2”	43 unidades de 3m c/u
Tubería PVC Ciega (Lisa) de 2”	7 unidades de 3m c/u
Punta de Lápiz de PVC de 2”	1 unidad de 0.30m
Cinta duck Tape	Conexión entre las tuberías

Imagen N° 18: DISEÑO E INSTALACIÓN DE PVC.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
DISEÑO E INSTALACIÓN DE PVC

 Calizas	NOMBRE: CAYETANO CRISTOBAL, Angel Hernan	
	PROFUNDIDAD: 150.60 m	DIAMETRO DE PERFORACIÓN: HQ
	SONDAJE: TCH 01	INCLINACIÓN: + 5

4.2.6. SEGURIDAD DEL DREN

Luego de realizar toda la instalación de las tuberías de PVC, se procedió con la instalación del dado de concreto de 0.40x0.40x0.30m con fin de seguridad, utilizando una mezcla de cemento, hormigón y agua.

Materiales que se usaron son la siguiente:

✓ Una bolsa de cemento de 42.5Kg

✓ Hormigón 40kg

✓ 20 litros de agua

4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

La presente investigación es exploratorio, por lo que las pruebas de hipótesis se plantean por el cumplimiento de los objetivos, de la siguiente manera:

OBJETIVO GENERAL:

Determinar la calidad del macizo rocoso aplicando el logueo geotécnico en sondaje diamantino con recuperación de testigos.

De acuerdo al objetivo general se alcanzó al caracterizar el macizo rocoso mediante sondaje diamantina con recuperación de testigos, ya que la caracterización se realizó en 3 sectores de acuerdo a la profundidad y calidad de la masa rocosa.

OBJETIVO ESPECIFICOS N° 01:

Coleccionar información geotécnica básica a partir de las características de los testigos, ya que son esenciales para caracterizar al macizo rocoso.

Se cumplió con el objetivo N° 01, coleccionando los parámetros geotécnicos como; la litología, resistencia de la masa rocosa, RQD%, espaciamiento de las discontinuidades, condición de las discontinuidades y condición de agua subterránea lo cual nos sirvió para caracterizar el macizo rocoso y ejecutar un buen diseño de dren subhorizontal.

OBJETIVO ESPECIFICOS N° 02:

Diseñar e instalar un dren subhorizontal en la perforación fin de despresurizar las paredes del tajo.

Se cumplió con el objetivo N° 02, ejecutando un diseño de dren subhorizontal e instalando con tuberías PVC de 2" de acuerdo al diseño.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En relación a los objetivos planteados y luego de ser confrontadas con los resultados obtenidos, la perforación diamantina con recuperación de muestras realizada fue muy útil ya que de ello nos permitió identificar la litología, resistencia de la masa rocosa, RQD%, espaciamiento de las discontinuidades, condición de las discontinuidades y condición de agua subterránea y según estos parámetros realizar una buena caracterización de la masa rocosa.

Según el estudio realizado litológicamente se encuentra caracterizado por caliza Gris (CLG); Dicha secuencia correspondería a la parte superior del Miembro Medio de la Formación Calera.

Según los parámetros geotécnicos de los testigos diamantinos obtenidos se pudo hacer la caracterización del macizo rocoso en 3 block de acuerdo a la calidad de la masa rocosa.

- ✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 29 a 35, de lo cual el tramo desarrollado en este proyecto es de MALA calidad.
- ✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 40 a 45, de lo cual el tramo desarrollado en este proyecto es de una calidad REGULAR.

✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 40 a 45, de lo cual este tramo desarrollado en este proyecto es de MALA calidad.

De la misma manera de pudo hacer un diseño de dren subhorizontal para la despresurización de las pared del tajo de acuerdo a los parámetros geotécnicos obtenidos.

CONCLUSIONES

1). Para realizar caracterización del macizo rocoso en este proyecto, se realizó una perforación diamantina con recuperación de muestra dicha perforación tiene una inclinación de $+10^\circ$; de diámetro de perforación HQ con una profundidad de 150.60m, realizados por la empresa contratista MBC DRILLING SAC; para lo cual se utilizó una máquina perforadora OMRAM 1000.

2). En relación a la caracterización del macizo rocoso se desarrollo con ayuda del logueo geotécnico en una plantilla de Excel, de los cuales los resultados se obtuvo en 3 block de acuerdo a la calidad de la masa rocosa:

✓ De 0.00m – 72.40m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 29 a 35, de lo cual el tramo desarrollado en este proyecto es de MALA calidad.

✓ De 72.40m – 100.90m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 40 a 45, de lo cual el tramo desarrollado en este proyecto es de una calidad REGULAR.

✓ De 100.90m – 150.60m; El macizo rocoso tiene una puntuación de RMR de 40 a 45, de lo cual este tramo desarrollado en este proyecto es de MALA calidad.

3). Se realizó un diseño e instaló un dren subhorizontal para despresurizar las paredes del tajo en una primera fase, con el fin de capturar el agua subterránea a elevaciones superiores.

4). En relación a los caudales del dren son muy favorables teniendo un caudal promedio final de 0.80L/S, de cual es de gran ayuda para despresurizar las paredes del tajo.

RECOMENDACIONES

- 1). Monitorear constantemente el caudal de agua del dren subhorizontal para saber con certeza el comportamiento hidrogeológico del pozo y plantear acciones preventivas a corto plazo.
- 2). Monitorear de forma permanente las paredes del tajo norte para poder prevenir daños al personal, equipos, procesos y medio ambiente.
- 3). Se recomienda al lector y personas interesadas en complementar esta información con investigaciones adicionales que consta, en ejecutar al menos 3 perforaciones y éstos sean complementados con registros de televiever, ensayos geotécnicos necesarios.
- 4). Se recomienda realizar al menos 3 perforaciones en forma vertical para una caracterización geotécnica detallada de la zona de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

BIENIAWSKI, Z.T. (1989) ENGINEERING ROCK MASS CLASSIFICATIONS - Wiley.Nueva York.

Carrasco, F. (2003). MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTROS GEOTECNICO DE ONDAJES - Estado de Bolivar: Golder Associates S.A.

MANUAL DE LOGUEO GEOTECNICO EN SONDAJES DIAMANTINOS - Ref. Manual de Logueos de Piteau Associates.

GUÍA DE CRITERIOS GEOMECÁNICOS PARA DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, SUPERVISIÓN Y CIERRE DE LABORES SUBTERRÁNEAS – OsinergminL.

FUNDAMENTOS DE GEOTECNIA ICE-1603 - Esteban SAEZ.

MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - Instituto tecnológico Geominero de España.

MANUAL DE PROCEDIMIENTO MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO PARA EL REGISTRO GEOTECNICO DE SONDAJES - (Explodril Colombia Geotecnia).

MANUAL DE LOGUEO Y PERFORACIÓN DIAMANTINA - (Cetemin).

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE MATERIALES PIZARROSOS DEL SINCLINAL DE TRUCHAS (LEÓN-ORENSE) - Tesis doctoral - Azucena Rodríguez Sastre.

ANEXOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE PERFORACION THC - 01

BLOCK N° 01 DE: 0.00m – 72.40m.

DESDE (m)	HASTA (m)	CORRIDA(m)	RECUP (m)	RECUP (%)	RQD (m)	RQD (%)	RMR	DENOMINACIÓN
0.00	1.40	1.40	0.40	29%	0.15	38%	36	MALA
1.40	2.70	1.30	0.35	27%	0.10	29%	34	MALA
2.70	3.20	0.50	0.50	100%	0.20	40%	37	MALA
3.20	4.40	1.20	0.90	75%	0.39	33%	34	MALA
4.40	4.90	0.50	0.50	100%	0.20	40%	35	MALA
4.90	5.90	1.00	0.88	88%	0.35	35%	39	MALA
5.90	7.40	1.50	0.60	40%	0.50	33%	34	MALA
7.40	8.00	0.60	0.60	100%	0.26	43%	39	MALA
8.00	9.00	1.00	0.80	80%	0.32	32%	36	MALA
9.00	10.00	1.00	0.50	50%	0.45	45%	36	MALA
10.00	10.40	0.40	0.40	100%	0.11	28%	36	MALA
10.40	10.90	0.50	0.20	40%	0.15	30%	36	MALA
10.90	11.40	0.50	0.25	50%	0.20	40%	38	MALA
11.40	12.00	0.60	0.60	100%	0.27	45%	38	MALA
12.00	12.60	0.60	0.60	100%	0.26	43%	38	MALA
12.60	13.40	0.80	0.80	100%	0.35	44%	33	MALA
13.40	14.40	1.00	1.00	100%	0.38	38%	35	MALA
14.40	15.00	0.60	0.40	67%	0.20	33%	37	MALA
15.00	16.40	1.40	1.40	100%	0.45	32%	36	MALA
16.40	17.00	0.60	0.50	83%	0.18	30%	39	MALA
17.00	17.70	0.70	0.50	71%	0.22	31%	36	MALA
17.70	18.30	0.60	0.40	67%	0.30	50%	37	MALA
18.30	19.40	1.10	1.10	100%	0.53	48%	31	MALA
19.40	20.00	0.60	0.60	100%	0.23	38%	35	MALA
20.00	21.60	1.60	1.60	100%	0.42	26%	32	MALA
21.60	22.70	1.10	1.10	100%	0.33	30%	36	MALA
22.70	24.20	1.50	1.50	100%	0.70	47%	39	MALA
24.20	25.60	1.40	1.40	100%	0.60	43%	39	MALA
25.60	27.10	1.50	1.50	100%	0.70	47%	33	MALA
27.10	28.40	1.30	1.30	100%	0.60	46%	34	MALA
28.40	29.60	1.20	1.10	92%	0.33	27%	29	MALA
29.60	31.10	1.50	1.50	100%	0.72	48%	33	MALA
31.10	32.60	1.50	0.80	53%	0.54	36%	32	MALA
32.60	34.10	1.50	0.40	27%	0.40	27%	34	MALA
34.10	34.70	0.60	0.60	100%	0.22	37%	36	MALA
34.70	35.50	0.80	0.60	75%	0.23	29%	30	MALA
35.50	36.20	0.70	0.50	71%	0.22	31%	32	MALA
36.20	36.90	0.70	0.50	71%	0.20	29%	31	MALA

36.90	37.50	0.60	0.40	67%	0.22	37%	31	MALA
37.50	38.50	1.00	0.90	90%	0.48	48%	38	MALA
38.50	39.70	1.20	0.60	50%	0.35	29%	38	MALA
39.70	40.70	1.00	0.90	90%	0.32	32%	38	MALA
40.70	42.30	1.60	1.60	100%	0.60	38%	37	MALA
42.30	43.30	1.00	0.70	70%	0.40	40%	37	MALA
43.30	44.90	1.60	1.60	100%	0.70	44%	36	MALA
44.90	46.50	1.60	1.35	84%	0.73	46%	38	MALA
46.50	48.00	1.50	1.50	100%	0.55	37%	38	MALA
48.00	48.80	0.80	0.80	100%	0.25	31%	36	MALA
48.80	49.20	0.40	0.40	100%	0.16	40%	37	MALA
49.20	50.80	1.60	1.20	75%	0.75	47%	31	MALA
50.80	52.00	1.20	1.20	100%	0.55	46%	35	MALA
52.00	52.60	0.60	0.60	100%	0.25	42%	34	MALA
52.60	53.30	0.70	0.70	100%	0.33	47%	37	MALA
53.30	54.60	1.30	1.30	100%	0.65	50%	34	MALA
54.60	55.60	1.00	1.00	100%	0.45	45%	32	MALA
55.60	56.90	1.30	1.30	100%	0.60	46%	31	MALA
56.90	58.10	1.20	1.20	100%	0.37	31%	34	MALA
58.10	59.70	1.60	1.60	100%	0.80	50%	36	MALA
59.70	61.30	1.60	1.60	100%	0.75	47%	32	MALA
61.30	62.90	1.60	1.30	81%	0.79	49%	38	MALA
62.90	64.50	1.60	1.60	100%	0.70	44%	36	MALA
64.50	66.10	1.60	1.30	81%	0.68	43%	32	MALA
66.10	66.70	0.60	0.50	83%	0.20	33%	30	MALA
66.70	67.80	1.10	1.10	100%	0.54	49%	32	MALA
67.80	69.30	1.50	1.20	80%	0.58	39%	32	MALA
69.30	70.80	1.50	1.50	100%	0.68	45%	32	MALA
70.80	72.40	1.60	1.60	100%	0.77	48%	32	MALA

RESUMEN DE RESULTADOS DE PERFORACION THC - 01								
BLOCK N° 02 DE: 72.40m – 100.90m.								
DESDE (m)	HASTA (m)	CORRIDA(m)	RECUP (m)	RECUP (%)	RQD (m)	RQD (%)	RMR	DENOMINACIÓN
72.40	73.80	1.40	1.40	100%	0.90	64%	41	REGULAR
73.80	75.40	1.60	1.60	100%	1.20	75%	41	REGULAR
75.40	76.80	1.40	1.40	100%	1.01	72%	40	REGULAR
76.80	77.40	0.60	0.40	67%	0.40	67%	41	REGULAR
77.40	78.10	0.70	0.60	86%	0.52	74%	40	REGULAR
78.10	79.10	1.00	0.90	90%	0.70	70%	40	REGULAR
79.10	79.80	0.70	0.60	86%	0.50	71%	41	REGULAR
79.80	81.40	1.60	1.60	100%	1.13	71%	40	REGULAR

81.40	82.80	1.40	1.20	86%	0.99	71%	41	REGULAR
82.80	84.40	1.60	1.60	100%	1.20	75%	42	REGULAR
84.40	85.80	1.40	1.40	100%	1.02	73%	43	REGULAR
85.80	87.30	1.50	1.50	100%	0.98	65%	41	REGULAR
87.30	88.80	1.50	1.50	100%	1.10	73%	45	REGULAR
88.80	90.40	1.60	1.60	100%	1.20	75%	41	REGULAR
90.40	91.80	1.40	1.30	93%	1.05	75%	44	REGULAR
91.80	93.40	1.60	1.60	100%	1.09	68%	40	REGULAR
93.40	94.80	1.40	1.40	100%	1.02	73%	41	REGULAR
94.80	96.20	1.40	1.40	100%	0.99	71%	43	REGULAR
96.20	97.80	1.60	1.30	81%	0.99	62%	40	REGULAR
97.80	99.30	1.50	1.50	100%	1.11	74%	43	REGULAR
99.30	100.90	1.60	1.60	100%	0.90	56%	40	REGULAR

RESUMEN DE RESULTADOS DE PERFORACION THC - 01								
BLOCK N° 03 DE: 100.90m – 150.60m.								
DESDE (m)	HASTA (m)	CORRIDA(m)	RECUP (m)	RECUP (%)	RQD (m)	RQD (%)	RMR	DENOMINACIÓN
100.90	102.50	1.60	1.60	100%	0.78	49%	36	MALA
102.50	103.90	1.40	1.40	100%	0.60	43%	33	MALA
103.90	105.00	1.10	1.10	100%	0.53	48%	35	MALA
105.00	105.40	0.40	0.40	100%	0.12	30%	31	MALA
105.40	106.40	1.00	1.00	100%	0.40	40%	32	MALA
106.40	108.00	1.60	1.60	100%	0.70	44%	33	MALA
108.00	109.60	1.60	1.60	100%	0.76	48%	34	MALA
109.60	111.20	1.60	1.40	87%	0.60	37%	32	MALA
111.20	112.80	1.60	0.50	31%	0.50	31%	31	MALA
112.80	113.40	0.60	0.60	100%	0.30	50%	37	MALA
113.40	115.20	1.80	0.55	31%	0.54	30%	34	MALA
115.20	116.40	1.20	0.50	42%	0.45	37%	36	MALA
116.40	117.40	1.00	1.00	100%	0.30	30%	34	MALA
117.40	119.00	1.60	1.60	100%	0.78	49%	36	MALA
119.00	120.60	1.60	1.00	63%	0.54	34%	33	MALA
120.60	121.40	0.80	0.70	87%	0.35	44%	34	MALA
121.40	122.00	0.60	0.60	100%	0.30	50%	35	MALA
122.00	123.60	1.60	1.60	100%	0.54	34%	32	MALA
123.60	124.60	1.00	1.00	100%	0.41	41%	30	MALA
124.60	126.10	1.50	0.70	47%	0.52	35%	32	MALA
126.10	127.60	1.50	1.20	80%	0.47	31%	32	MALA
127.60	129.10	1.50	0.70	47%	0.47	31%	32	MALA
129.10	129.60	0.50	0.30	60%	0.20	40%	30	MALA
129.60	130.70	1.10	1.10	100%	0.48	44%	39	MALA
130.70	132.20	1.50	1.30	87%	0.49	33%	32	MALA

132.20	133.10	0.90	0.90	100%	0.25	28%	31	MALA
133.10	134.00	0.90	0.90	100%	0.43	48%	34	MALA
134.00	135.60	1.60	1.60	100%	0.44	28%	31	MALA
135.60	136.60	1.00	0.90	90%	0.41	41%	33	MALA
136.60	137.80	1.20	0.90	75%	0.45	37%	36	MALA
137.80	139.40	1.60	1.60	100%	0.62	39%	30	MALA
139.40	141.00	1.60	1.60	100%	0.45	28%	31	MALA
141.00	142.50	1.50	1.50	100%	0.65	43%	38	MALA
142.50	144.10	1.60	1.60	100%	0.80	50%	37	MALA
144.10	145.10	1.00	1.00	100%	0.44	44%	37	MALA
145.10	146.60	1.50	1.50	100%	0.42	28%	30	MALA
146.60	148.10	1.50	1.50	100%	0.67	45%	33	MALA
148.10	149.60	1.50	1.40	93%	0.69	46%	34	MALA
149.60	150.60	1.00	0.80	80%	0.43	43%	38	MALA



Imagen N° 19

Instalación de la máquina perforadora ONRAM 1000.



Imagen N° 20

Inicio de la perforación.



Imagen N° 21
Perforación de pozo.



Imagen N° 22
Logueo geotécnico de los testigos recuperados.



Imagen N° 25
Entrega del Dren.



Imagen N° 26
Resultado de testigos de perforación.

MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROYECTO

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL ¿La caracterización del macizo rocoso se determinara a través sondajes diamantinos con fin de dar condiciones al personal, equipos, procesos y medio ambiente en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. –</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la calidad del macizo rocoso aplicando el logueo geotécnico en sondaje diamantino con recuperación de testigos en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL La calidad del macizo rocoso se conseguirá a través de perforación diamantina con recuperación de muestra en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.</p>	<p>Se realizará un enfoque Cuantitativo, describiendo y explicando la caracterización de la calidad del macizo rocoso en base a parámetros geotécnicos, mediante la toma de</p>	<p>POBLACIÓN La población en este estudio es perforación diamantina con recuperación de muestra de 150.60m de profundidad en el tajo norte de la compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.</p>
<p>PROBLEMA ESPECÍFICOS ¿Los parámetros geotécnicos en testigo de sondaje diamantina determinara la calidad del macizo rocoso fin de dar condiciones al personal, equipos, procesos y medio ambiente en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS a). Coleccionar información geotécnica básica a partir de las características de los testigos, ya que son esenciales para caracterizar al macizo rocoso en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal. b). Diseñar e instalar un dren subhorizontal en la perforación fin de despresurizar las paredes del tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS a). Los parámetros geotécnicos de testigos diamantinas, nos conllevara a la caracterización de la calidad del macizo rocoso en el tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal. b). Los parámetros geotécnicos de testigos diamantinas, ayudara a diseñar e instalar un dren subhorizontal para despresurizar las paredes del tajo Norte de compañía de minas Buenaventura S.A.A. – unidad el Brocal.</p>	<p>datos de testigos de perforación diamantina. El desarrollo del presente tema de investigación se realizará en tres etapas; Recopilación de información, trabajo de campo y gabinete, trabajo analítico de resultados.</p>	<p>MUESTRA Las muestras en este estudio son los parámetros geotécnicos de testigos diamantinas tomadas en forma sistemática.</p>

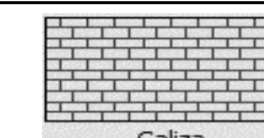


Registro de Logueo Geotécnico THC - 01



SIST. DE COORDENADAS:	UTM	EMPRESA ENCARGADA:	MBC DRILLING SAC	SONDAJE:	THC - 01
ESTE:	8811513	MAQUINA PERFORADORA:	ONRAM 1000	FECHA INICIO:	05/07/2019
NORTE:	361023	PERFORISTAS:	DANILO CASTAÑEDA - ANTONIO MEDINA	FECHA FINAL:	27/07/2019
INCLINACIÓN:	+ 5°	DIAMETRO DE PERFORACIÓN :	HQ	LOGUEADO POR:	Angel, CAYETANO C.
AZIMUT:	175°	PROFUNDIDAD PROGRAMADA:	150.00m	REVISADO:	Yuri, ACARO PEÑA - Javier, BURGOS SEMINARIO
ELEVACIÓN:	4142msnm.	PROFUNDIDAD EJECUTADA:	150.60m	PERSISTENCIA	01.

LEYENDA



CORRIDA	LITOLÓGIA	PROFUNDIDADES (m)		DATOS DE RECUPERACIÓN						LONGITUD TRITURADO (m)	FRAC. ASUMIDAS POR TRAMO TRITURADO	ESPACIADO (mm)	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS										VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN SEGÚN ÍNDICE DE RMR (Bieniawski 1989)													
		DESDE (m)	HASTA (m)	LONGITUD DE CORRIDA (m)	RECUPERADO (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	ROD (%)	FRAC. POR CORRIDA				RESISTENCIA	ÍNDICE DE METEORIZACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE DISCONTINUIDAD	FORMA	TIPO RELLENO 1	PERSISTENCIA	PERSISTENCIA_RMR	ABERTURA	ABERTURA_RMR		RUGOSIDAD	RUGOSIDAD_RMR	RELLENO	RELLENO_RMR	METEORIZACIÓN	ALTERACIÓN_RMR	CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	RESISTENCIA	RQD	ESPACIADO	CONDICIÓN DE JUNTAS	CONDICIÓN DE AGUA	RMR'89
1		0.00	1.40	1.40	0.40	29%	0.15	38%	0	0	8	156	R2	W3	1.40	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	2	8	7	19	0	36	MALA
2		1.40	2.70	1.30	0.35	27%	0.10	29%	0	0.35	7	163	R2	W3	1.30	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	2	6	7	19	0	34	MALA
3		2.70	3.20	0.50	0.50	100%	0.20	40%	15	0.50	10	19	R3	W3	0.50	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	4	8	6	19	0	37	MALA
4		3.20	4.40	1.20	0.90	75%	0.39	33%	0	0.90	18	63	R2	W3	1.20	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	2	7	6	19	0	34	MALA
5		4.40	4.90	0.50	0.50	100%	0.20	40%	0	0.50	10	45	R2	W3	0.50	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	2	8	6	19	0	35	MALA
6		4.90	5.90	1.00	0.88	88%	0.35	35%	16	0.88	18	29	R2	W3	1.00	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	2	7	6	19	0	34	MALA
7		5.90	7.40	1.50	0.60	40%	0.50	33%	0	0.20	4	29	R2	W3	1.50	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	2	7	6	19	0	34	MALA
8		7.40	8.00	0.60	0.60	100%	0.26	43%	0	0.60	12	300	R2	W3	0.60	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	2	9	9	19	0	39	MALA
9		8.00	9.00	1.00	0.80	80%	0.32	32%	18	0.80	16	46	R3	W3	1.00	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	4	7	6	19	0	36	MALA
10		9.00	10.00	1.00	0.50	50%	0.45	45%	0	0.50	10	29	R2	W3	1.00	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	2	9	6	19	0	36	MALA
11		10.00	10.40	0.40	0.40	100%	0.11	28%	13	0.40	8	91	R3	W3	0.40	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	4	6	7	19	0	36	MALA
12		10.40	10.90	0.50	0.20	40%	0.15	30%	0	0.20	4	18	R2	W3	0.50	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W3	3	F	2	7	6	21	0	36	MALA
13		10.90	11.40	0.50	0.25	50%	0.20	40%	0	0.25	5	100	R2	W3	0.50	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W2	5	F	2	8	7	21	0	38	MALA
14		11.40	12.00	0.60	0.60	100%	0.27	45%	0	0.60	12	83	R2	W3	0.60	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W2	5	F	2	9	6	21	0	38	MALA
15		12.00	12.60	0.60	0.60	100%	0.26	43%	0	0.60	12	46	R2	W3	0.60	J	U		A	6	D	1	L	3	A	6	W2	5	F	2	9	6	21	0	38	MALA
16		12.60	13.40	0.80	0.80	100%	0.35	44%	6	0.30	6	46	R3	W2	0.80	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	2	9	6	19	0	33	MALA
17		13.40	14.40	1.00	1.00	100%	0.38	38%	5	0.20	4	62	R3	W2	1.00	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	2	8	6	19	0	35	MALA
18		14.40	15.00	0.60	0.40	67%	0.20	33%	14	0.10	2	100	R3	W2	0.60	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	4	7	7	19	0	37	MALA
19		15.00	16.40	1.40	1.40	100%	0.45	32%	1	0.10	2	35	R3	W2	1.40	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	4	7	6	19	0	36	MALA
20		16.40	17.00	0.60	0.50	83%	0.18	30%	16	0.15	3	350	R3	W2	0.60	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	4	7	9	19	0	39	MALA
21		17.00	17.70	0.70	0.50	71%	0.22	31%	16	0.35	7	30	R3	W3	0.70	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	4	7	6	19	0	36	MALA
22		17.70	18.30	0.60	0.40	67%	0.30	50%	22	0.30	6	29	R2	W2	0.60	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	2	10	6	19	0	37	MALA
23		18.30	19.40	1.10	1.10	100%	0.53	48%	25	0.45	9	21	R2	W2	1.10	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	2	10	6	19	0	37	MALA
24		19.40	20.00	0.60	0.60	100%	0.23	38%	9	0.10	2	31	R2	W2	0.60	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	2	8	6	19	0	35	MALA
25		20.00	21.60	1.60	1.60	100%	0.42	26%	5	0.08	2	50	R1	W1	1.60	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	1	6	6	19	0	32	MALA
26		21.60	22.70	1.10	1.10	100%	0.33	30%	1	0.10	2	211	R2	W1	1.10	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	2	7	8	19	0	36	MALA
27		22.70	24.20	1.50	1.50	100%	0.70	47%	9	0.20	4	275	R2	W2	1.50	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	2	9	9	19	0	39	MALA
28		24.20	25.60	1.40	1.40	100%	0.60	43%	9	0.12	2	107	R2	W2	1.40	J	P		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	2	9	7	19	0	37	MALA
29		25.60	27.10	1.50	1.50	100%	0.70	47%	7	0.10	2	113	R2	W1	1.50	VN	P	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	2	9	7	15	0	33	MALA
30		27.10	28.40	1.30	1.30	100%	0.60	46%	10	0.30	6	150	R2	W3	1.30	VN	P	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	2	9	7	15	0	33	MALA
31		28.40	29.60	1.20	1.10	92%	0.33	27%	14	0.50	10	76	R2	W3	1.20	VN	P	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	2	6	6	15	0	29	MALA
32		29.60	31.10	1.50	1.50	100%	0.72	48%	1	0.20	4	48	R2	W2	1.50	VN	P	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	2	10	6	15	0	33	MALA
33		31.10	32.60	1.50	0.80	53%	0.54	36%	10	0.20	4	250	R2	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	S	1	D	2	W2	5	F	2	7	8	15	0	32	MALA
34		32.60	34.10	1.50	0.40	27%	0.40	27%	10	0.15	3	100	R3	W3	1.50	J	I		A	6	D	1	S	1	A	6	W3	3	F	4	6	7	17	0	34	MALA
35		34.10	34.70	0.60	0.60	100%	0.22	37%	0	0.30	6	107	R2	W2	0.60	J	I		A	6	D	1	S	1	A	6	W2	5	F	2	8	7	19	0	36	MALA
36		34.70	35.50	0.80	0.60	75%	0.23	29%	0	0.60	12	86	R1	W3	0.80	J	I		A	6	D	1	S	1	A	6	W3	3	F	1	6	6	17	0	30	MALA
37		35.50	36.20	0.70	0.50	71%	0.22	31%	20	0.20	4	62	R2	W3	0.70	J	I		A	6	D	1	S	1	A	6	W3	3	F	2	7	6	17	0	32	MALA
38		36.20	36.90	0.70	0.50	71%	0.20	29%	13	0.30	6	28	R2	W3	0.70	J	I		A	6	D	1	S	1	A	6	W3	3	F	2	6	6	17	0	31	MALA
39		36.90	37.50	0.60	0.40	67%	0.22	37%	20	0.40	8	35	R2	W3	0.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W3	3	F	2	8	6	15	0	31	MALA
40		37.50	38.50	1.00	0.90	90%	0.48	48%	10	0.10	2	21	R3	W1	1.00	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W1	6	F	4	10	6	18	0	38	MALA
41		38.50	39.70	1.20	0.60	50%	0.35	29%	20	0.30	6	77	R3	W1	1.20	J	I		A	6	D	1	L	3	A	6	W1	6	F	4	6	6	22	0	38	MALA
42		39.70	40.70	1.00	0.90	90%	0.32	32%	7	0.20	4	44	R3	W2	1.00	J	I		A	6	D	1	L	3	A	6	W2	5	F	4	7	6	21	0	38	MALA

VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN SEGÚN ÍNDICE DE RMR (Bieniawski 1989)

VALORACIONES DE LOS PARÁMETRO DE CARACTERIZACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE RMR

Resistencia (MPa)			RQD (%)		Separación entre discontinuidades (m)	
Compresión Simple	Den.	Val.	RQD	Val.	Separación	Val.
> 250	R6	15	> 90	20	> 2.0	20
100 - 250	R5	12	75 - 90	17	0.6 - 2.0	15
50 - 100	R4	7	50 - 75	13	0.2 - 0.6	10
25 - 50	R3	4	25 - 50	8	0.06 - 0.2	8
5 - 25	R2	2	< 25	3	< 0.06	5
1 - 5	R1	1				
< 1	R0	0				



Registro de Logueo Geotécnico THC - 01



SIST. DE COORDENADAS:	UTM	EMPRESA ENCARGADA:	MBC DRILLING SAC	SONDAJE:	THC - 01
ESTE:	8811513	MAQUINA PERFORADORA:	ONRAM 1000	FECHA INICIO:	05/07/2019
NORTE:	361023	PERFORISTAS:	DANILO CASTAÑEDA - ANTONIO MEDINA	FECHA FINAL:	27/07/2019
INCLINACIÓN:	+ 5°	DIAMETRO DE PERFORACIÓN :	HQ	LOGUEADO POR:	Angel, CAYETANO C.
AZIMUT:	175°	PROFUNDIDAD PROGRAMADA:	150.00m	REVISADO:	Yuri, ACARO PEÑA - Javier, BURGOS SEMINARIO
ELEVACIÓN:	4142msnm.	PROFUNDIDAD EJECUTADA:	150.60m	PERSISTENCIA	02.

LEYENDA



CORRIDA	LITOLOGÍA	PROFUNDIDADES (m)		DATOS DE RECUPERACIÓN						LONGITUD TRITURADO (M)	FRACTURAS ASUMIDAS POR TRAMO TRITURADO	ESPACIADO (mm)	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS										RESISTENCIA	RQD	ESPACIADO	CONDICIÓN DE JUNTAS	CONDICIÓN DE AGUA	RMR99	DENOMINACIÓN							
		DESDE (m)	HASTA (m)	LONGITUD DE CORRIDA (m)	RECUPERADO (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	FRACTURAS POR CORRIDA				RESISTENCIA	ÍNDICE DE METEORIZACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE DISCONTINUIDAD	FORMA	TIPO RELLENO 1	PERSISTENCIA	PERSISTENCIA_RMR	ABERTURA	ABERTURA_RMR								RUGOSIDAD	RUGOSIDAD_RMR	RELLENO	RELLENO_RMR	METEORIZACIÓN	ALTERACIÓN_RMR	CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA
43		40.70	42.30	1.60	1.60	100%	0.60	38%	7	0.40	8	83	R2	W2	1.60	J	I		A	6	D	1	L	3	A	6	W2	5	F	2	8	6	21	0	37	MALA
44		42.30	43.30	1.00	0.70	70%	0.40	40%	7	0.10	2	100	R2	W2	1.00	J	I		A	6	D	1	P	0	A	6	W2	5	F	2	8	7	18	0	35	MALA
45		43.30	44.90	1.60	1.60	100%	0.70	44%	13	0.15	3	100	R2	W2	1.60	J	I		A	6	D	1	P	0	A	6	W2	5	F	2	9	7	18	0	36	MALA
46		44.90	46.50	1.60	1.35	84%	0.73	46%	7	0.10	2	94	R2	W2	1.60	J	I		A	6	D	1	P	0	A	6	W2	5	F	2	9	7	18	0	36	MALA
47		46.50	48.00	1.50	1.50	100%	0.55	37%	21	0.40	8	160	R2	W2	1.50	J	I		A	6	D	1	L	3	A	6	W2	5	F	2	8	7	21	0	38	MALA
48		48.00	48.80	0.80	0.80	100%	0.25	31%	13	0.35	7	50	R2	W2	0.80	J	I		A	6	D	1	L	3	A	6	W2	5	F	2	7	6	21	0	36	MALA
49		48.80	49.20	0.40	0.40	100%	0.16	40%	0	0.40	8	38	R2	W2	0.40	J	I		A	6	D	1	L	3	A	6	W2	5	F	2	8	6	21	0	37	MALA
50		49.20	50.80	1.60	1.20	75%	0.75	47%	8	0.15	3	44	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	9	6	14	0	31	MALA
51		50.80	52.00	1.20	1.20	100%	0.55	46%	7	0.20	4	133	R3	W1	1.20	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	9	7	15	0	35	MALA
52		52.00	52.60	0.60	0.60	100%	0.25	42%	1	0.00	0	100	R3	W1	0.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	8	7	15	0	34	MALA
53		52.60	53.30	0.70	0.70	100%	0.33	47%	3	0.00	0	300	R3	W1	0.70	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	9	9	15	0	37	MALA
54		53.30	54.60	1.30	1.30	100%	0.65	50%	8	0.20	4	175	R2	W2	1.30	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	10	8	14	0	34	MALA
55		54.60	55.60	1.00	1.00	100%	0.45	45%	13	0.10	2	100	R2	W2	1.00	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	9	7	14	0	32	MALA
56		55.60	56.90	1.30	1.30	100%	0.60	46%	4	0	0	63	R2	W2	1.30	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	9	6	14	0	31	MALA
57		56.90	58.10	1.20	1.20	100%	0.37	31%	7	0.20	4	260	R2	W2	1.20	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	7	8	17	0	34	MALA
58		58.10	59.70	1.60	1.60	100%	0.80	50%	11	0.20	4	100	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	10	7	17	0	36	MALA
59		59.70	61.30	1.60	1.60	100%	0.75	47%	10	0.10	2	100	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	9	7	14	0	32	MALA
60		61.30	62.90	1.60	1.30	81%	0.79	49%	6	0.10	2	123	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	R	5	D	2	W2	5	F	2	10	7	19	0	38	MALA
61		62.90	64.50	1.60	1.60	100%	0.70	44%	0	0.00	0	178	R0	W4	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	R	5	D	2	W2	5	F	0	9	8	19	0	36	MALA
62		64.50	66.10	1.60	1.30	81%	0.68	43%	8	0.20	4	100	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	9	7	14	0	32	MALA
63		66.10	66.70	0.60	0.50	83%	0.20	33%	0	0.50	10	123	R2	W2	0.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	7	7	14	0	30	MALA
64		66.70	67.80	1.10	1.10	100%	0.54	49%	4	0.00	0	55	R2	W2	1.10	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	10	6	14	0	32	MALA
65		67.80	69.30	1.50	1.20	80%	0.58	39%	8	0.00	0	220	R2	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	8	8	14	0	32	MALA
66		69.30	70.80	1.50	1.50	100%	0.68	45%	11	0.80	16	167	R2	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	9	7	14	0	32	MALA
67		70.80	72.40	1.60	1.60	100%	0.77	48%	7	0.00	0	54	R1	W1	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	1	10	6	15	0	32	MALA
68		72.40	73.80	1.40	1.40	100%	0.90	64%	4	0.00	0	88	R3	W3	1.40	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W3	3	F	4	13	6	18	0	41	REGULAR
69		73.80	75.40	1.60	1.60	100%	1.20	75%	7	0.60	12	280	R2	W3	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W3	3	F	2	15	9	15	0	41	REGULAR
70		75.40	76.80	1.40	1.40	100%	1.01	72%	6	0.10	2	105	R2	W2	1.40	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	14	7	17	0	40	REGULAR
71		76.80	77.40	0.60	0.40	67%	0.40	67%	14	0.10	2	156	R2	W2	0.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	15	7	17	0	41	REGULAR
72		77.40	78.10	0.70	0.60	86%	0.52	74%	4	0.40	8	35	R2	W2	0.70	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	15	6	17	0	40	REGULAR
73		78.10	79.10	1.00	0.90	90%	0.70	70%	8	0.10	2	54	R2	W1	1.00	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W1	6	F	2	14	6	18	0	40	REGULAR
74		79.10	79.80	0.70	0.60	86%	0.50	71%	5	0.10	2	91	R2	W1	0.70	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W1	6	F	2	14	7	18	0	41	REGULAR
75		79.80	81.40	1.60	1.60	100%	1.13	71%	8	0.20	4	88	R2	W1	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W1	6	F	2	14	6	18	0	40	REGULAR
76		81.40	82.80	1.40	1.20	86%	0.99	71%	5	0.10	2	123	R3	W1	1.40	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W1	6	F	2	14	7	18	0	41	REGULAR
77		82.80	84.40	1.60	1.60	100%	1.20	75%	1	0.10	2	175	R3	W1	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	15	8	15	0	42	REGULAR
78		84.40	85.80	1.40	1.40	100%	1.02	73%	1	0.10	2	400	R3	W1	1.40	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	14	10	15	0	43	REGULAR
79		85.80	87.30	1.50	1.50	100%	0.98	65%	1	0.10	2	350	R3	W1	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	13	9	15	0	41	REGULAR
80		87.30	88.80	1.50	1.50	100%	1.10	73%	7	0.20	4	375	R3	W1	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	14	10	15	0	43	REGULAR
81		88.80	90.40	1.60	1.60	100%	1.20	75%	1	0.10	2	125	R3	W1	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	15	7	15	0	41	REGULAR
82		90.40	91.80	1.40	1.30	93%	1.05	75%	3	0.10	2	400	R3	W1	1.40	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	15	10	15	0	44	REGULAR
83		91.80	93.40	1.60	1.60	100%	1.09	68%	5	0.20	4	233	R3	W1	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	13	8	15	0	40	REGULAR
84		93.40	94.80	1.40	1.40	100%	1.02	73%	1	0.10	2	160	R2	W1	1.40	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	2	14	7	15	0	38	MALA

VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN SEGÚN ÍNDICE DE RMR (Bieniawski 1989)

VALORACIONES DE LOS PARÁMETRO DE CARACTERIZACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE RMR

Resistencia (MPa)			RQD (%)		Separación entre discontinuidades (m)	
Compresión Simple	Den.	Val.	RQD	Val.	Separación	Val.
> 250	R6	15	> 90	20	> 2.0	20
100 - 250	R5	12	75 - 90	17	0.6 - 2.0	15
50 - 100	R4	7	50 - 75	13	0.2 - 0.6	10
25 - 50	R3	4	25 - 50	8	0.06 - 0.2	8
5 - 25</						

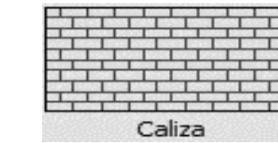


Registro de Logueo Geotécnico THC - 01



SIST. DE COORDENADAS:	UTM	EMPRESA ENCARGADA:	MBC DRILLING SAC	SONDAJE:	THC - 01
ESTE:	8811513	MAQUINA PERFORADORA:	ONRAM 1000	FECHA INICIO:	05/07/2019
NORTE:	361023	PERFORISTAS:	DANILO CASTAÑEDA - ANTONIO MEDINA	FECHA FINAL:	27/07/2019
INCLINACIÓN:	+ 5°	DIAMETRO DE PERFORACIÓN :	HQ	LOGUEADO POR:	Angel, CAYETANO C.
AZIMUT:	175°	PROFUNDIDAD PROGRAMADA:	150.00m	REVISADO:	Yuri, ACARO PEÑA - Javier, BURGOS SEMINARIO
ELEVACIÓN:	4142msnm.	PROFUNDIDAD EJECUTADA:	150.60m	PERSISTENCIA	03.

LEYENDA



CORRIDA	LITOLOGÍA	PROFUNDIDADES (m)		DATOS DE RECUPERACIÓN						LONGITUD TRITURADO (M)	FRACTURAS ASUMIDAS POR TRAMO TRITURADO	ESPACIADO (mm)	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS																							
		DESDE (m)	HASTA (m)	LONGITUD DE CORRIDA (m)	RECUPERADO (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	FRACTURAS POR CORRIDA				RESISTENCIA	ÍNDICE DE METEORIZACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE DISCONTINUIDAD	FORMA	TIPO RELLENO 1	PERSISTENCIA	PERSISTENCIA_RMR	ABERTURA	ABERTURA_RMR	RUGOSIDAD	RUGOSIDAD_RMR	RELLENO	RELLENO_RMR	METEORIZACIÓN	ALTERACIÓN_RMR	CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	RESISTENCIA	RQD	ESPACIADO	CONDICIÓN DE JUNTAS	CONDICIÓN DE AGUA	RMR99	DENOMINACIÓN
85		94.80	96.20	1.40	1.40	100%	0.99	71%	1	0.20	4	350	R2	W1	1.40	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W1	6	F	2	14	9	18	0	43	REGULAR
86		96.20	97.80	1.60	1.30	81%	0.99	62%	4	0.10	2	233	R2	W1	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W1	6	F	2	12	8	18	0	40	REGULAR
87		97.80	99.30	1.50	1.50	100%	1.11	74%	6	0.20	4	229	R3	W1	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W1	6	F	4	14	8	15	0	41	REGULAR
88		99.30	100.90	1.60	1.60	100%	0.90	56%	7	0.15	3	136	R3	W1	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W1	6	F	4	11	7	18	0	40	REGULAR
89		100.90	102.50	1.60	1.60	100%	0.78	49%	8	0.50	10	145	R1	W1	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W1	6	F	1	10	7	18	0	36	MALA
90		102.50	103.90	1.40	1.40	100%	0.60	43%	13	0.60	12	84	R1	W2	1.40	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	1	9	6	17	0	33	MALA
91		103.90	105.00	1.10	1.10	100%	0.53	48%	11	0.40	8	54	R1	W2	1.10	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	1	10	6	17	0	34	MALA
92		105.00	105.40	0.40	0.40	100%	0.12	30%	20	0.20	4	55	R1	W2	0.40	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	1	7	6	17	0	31	MALA
93		105.40	106.40	1.00	1.00	100%	0.40	40%	21	0.20	4	16	R1	W2	1.00	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	1	8	6	17	0	32	MALA
94		106.40	108.00	1.60	1.60	100%	0.70	44%	14	0.10	2	38	R1	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	1	9	6	17	0	33	MALA
95		108.00	109.60	1.60	1.60	100%	0.76	48%	13	0.25	5	94	R1	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	1	9	7	17	0	34	MALA
96		109.60	111.20	1.60	1.40	87%	0.60	37%	13	0.30	6	84	R1	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	1	8	6	17	0	32	MALA
97		111.20	112.80	1.60	0.50	31%	0.50	31%	0	0.00	0	80	R1	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	1	7	6	17	0	31	MALA
98		112.80	113.40	0.60	0.60	100%	0.30	50%	10	0.20	4	79	R3	W2	0.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	4	10	6	17	0	37	MALA
99		113.40	115.20	1.80	0.55	31%	0.54	30%	8	0.10	2	40	R3	W2	1.80	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	4	7	6	17	0	34	MALA
100		115.20	116.40	1.20	0.50	42%	0.45	37%	14	0.15	3	164	R3	W2	1.20	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	4	8	7	17	0	36	MALA
101		116.40	117.40	1.00	1.00	100%	0.30	30%	15	0.24	5	67	R3	W2	1.00	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	4	7	6	17	0	34	MALA
102		117.40	119.00	1.60	1.60	100%	0.78	49%	10	0.30	6	48	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	10	6	17	0	35	MALA
103		119.00	120.60	1.60	1.00	63%	0.54	34%	20	0.40	8	94	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	7	7	17	0	33	MALA
104		120.60	121.40	0.80	0.70	87%	0.35	44%	0	0.00	0	55	R2	W2	0.80	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	9	6	17	0	34	MALA
105		121.40	122.00	0.60	0.60	100%	0.30	50%	10	0.10	2	78	R2	W2	0.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	10	6	17	0	35	MALA
106		122.00	123.60	1.60	1.60	100%	0.54	34%	14	0.40	8	46	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	7	6	17	0	32	MALA
107		123.60	124.60	1.00	1.00	100%	0.41	41%	20	0.40	8	70	R2	W2	1.00	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	8	6	17	0	33	MALA
108		124.60	126.10	1.50	0.70	47%	0.52	35%	22	0.40	8	34	R2	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	7	6	17	0	32	MALA
109		126.10	127.60	1.50	1.20	80%	0.47	31%	14	0.20	4	48	R2	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	7	6	17	0	32	MALA
110		127.60	129.10	1.50	0.70	47%	0.47	31%	21	0.40	8	79	R2	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	7	6	17	0	32	MALA
111		129.10	129.60	0.50	0.30	60%	0.20	40%	0	0.00	0	50	R2	W2	0.50	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	8	6	14	0	30	MALA
112		129.60	130.70	1.10	1.10	100%	0.48	44%	13	0.20	4	500	R2	W2	1.10	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	9	11	17	0	39	MALA
113		130.70	132.20	1.50	1.30	87%	0.49	33%	22	0.30	6	61	R2	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	7	6	17	0	32	MALA
114		132.20	133.10	0.90	0.90	100%	0.25	28%	13	0.20	4	52	R2	W2	0.90	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	6	6	17	0	31	MALA
115		133.10	134.00	0.90	0.90	100%	0.43	48%	10	0.15	3	50	R2	W2	0.90	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	9	6	17	0	34	MALA
116		134.00	135.60	1.60	1.60	100%	0.44	28%	13	0.30	6	64	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	6	6	17	0	31	MALA
117		135.60	136.60	1.00	0.90	90%	0.41	41%	0	0.00	0	80	R2	W2	1.00	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	2	8	6	17	0	33	MALA
118		136.60	137.80	1.20	0.90	75%	0.45	37%	22	0.35	7	1000	R2	W2	1.20	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	8	15	14	0	39	MALA
119		137.80	139.40	1.60	1.60	100%	0.62	39%	5	0.00	0	40	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	8	6	14	0	30	MALA
120		139.40	141.00	1.60	1.60	100%	0.45	28%	5	0.10	2	267	R2	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	2	6	9	14	0	31	MALA
121		141.00	142.50	1.50	1.50	100%	0.65	43%	13	0.25	5	200	R3	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	4	9	8	17	0	38	MALA
122		142.50	144.10	1.60	1.60	100%	0.80	50%	7	0.20	4	79	R3	W2	1.60	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	4	10	6	17	0	37	MALA
123		144.10	145.10	1.00	1.00	100%	0.44	44%	13	0.30	6	133	R3	W2	1.00	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	4	9	7	17	0	37	MALA
124		145.10	146.60	1.50	1.50	100%	0.42	28%	14	0.30	6	50	R3	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	4	6	6	14	0	30	MALA
125		146.60	148.10	1.50	1.50	100%	0.67	45%	6	0.10	2	71	R3	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	4	9	6	14	0	33	MALA
126		148.10	149.60	1.50	1.40	93%	0.69	46%	5	0.00	0	167	R3	W2	1.50	J	I	Ca	A	6	D	1	P	0	D	2	W2	5	F	4	9	7	14	0	34	MALA
127		149.60	150.60	1.00	0.80	80%	0.43	43%	20	0.30	6	250	R3	W2	1.00	J	I	Ca	A	6	D	1	L	3	D	2	W2	5	F	4	9	8	17	0	38	MALA

VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN SEGÚN ÍNDICE DE RMR (Bieniawski 1989)

VALORACIONES DE LOS PARÁMETRO DE CARACTERIZACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE RMR

Resistencia (MPa)		RQD (%)		Separación entre discontinuidades (m)	
Compresión Simple	Den. Val.	RQD	Val.	Separación	Val.