

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Evaluación de los ángulos de fricción y cohesión de los ensayos de  
compresión triaxial y corte directo en la resistencia a la compresión de las  
rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte  
(subterráneo) y Tajo Norte (superficie) - Mina Colquijirca.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor:**

**Bach. Crisanto Antonio CONDEZO QUISPE**

**Asesor:**

**Mg. Javier LOPEZ ALVARADO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Evaluación de los ángulos de fricción y cohesión de los ensayos de  
compresión triaxial y corte directo en la resistencia a la compresión de las  
rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte  
(subterráneo) y Tajo Norte (superficie) - Mina Colquijirca**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Julio Alejandro MARCELO AMES**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 144-2024-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Evaluación de los ángulos de fricción y cohesión de los ensayos de compresión triaxial y corte directo en la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (subterráneo) y Tajo Norte (superficie) - Mina Colquijirca.**

Apellidos y nombres de los tesistas:

**Bach. CONDEZO QUISPE, Crisanto Antonio**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg. LOPEZ ALVARADO, Javier**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Geológica**

Índice de Similitud

**6 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 27 de junio del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA  
CACERES Reynaldo FAU  
20154605046 soft.  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 27.06.2024 10:57:09 -05:00

## **DEDICATORIA**

A mis padres Crisanto, Olinda y hermanos/as quienes supieron guiarme por el buen camino, porque me formarón con buenos sentimientos, hábitos y valores el cual me ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

También dedico a mi esposa Ketherine e hijos Sebastián y Alessandra. Quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y en el trabajo para así poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

El Principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mi estudio y trabajo.

Y a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

## RESUMEN

La tesis de investigación intituloado “**Evaluación de los ángulos de fricción y cohesión de los ensayos de compresión triaxial y corte directo en la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (subterráneo) y Tajo Norte (superficie) - Mina Colquijirca**”, ubicado en la región Pasco, Provincia de Pasco, Distrito de Tinyahuarco; tiene el objetivo; de evaluar los ángulos de fricción y cohesión de las rocas con los ensayos de corte directo y compresión triaxial para conocer las limitaciones de ambos métodos en determinar el comportamiento litológico en la resistencia al esfuerzo de corte del macizo rocoso en la zona de Marcapunta y Tajo Norte de la Mina Colquijirca, para determinar la capacidad de resistencia del macizo rocoso a las cargas superpuestas.

El tipo de diseño es cualitativo no experimental. Los niveles de investigación son descriptivo y explicativo con características empíricas, racionales, reproducibles y objetivas. La metodología se constituyó en cinco etapas: trabajo en interior mina y campo, trabajo de gabinete, muestreo de las perforaciones efectuadas, análisis de datos y conclusiones de viabilidad de los resultados.

Las técnicas e instrumentos utilizados fueron: observación en interior mina y campo, tecnología actual disponible (softwares especializados AutoCAD, ArcGIS, office, geocatmin, información digital del Ingemmet).

Se llegó a la conclusión que ambos ensayos determinan distintos ángulos de fricción y cohesión para el mismo macizo rocoso, los que significa que se deben tomar en cuenta el tipo de ensayo realizado para determinar la máxima resistencia al corte de cada unidad litológica. Asimismo, es importante conocer la litología geológica del macizo rocoso para relacionar con los parámetros de resistencia al corte.

**PALABRAS CLAVE:** Ángulo de fricción, Cohesión, litología, roca, resistencia.

## **ABSTRACT**

The research thesis entitled “Evaluation of the friction and cohesion angles of triaxial compression and direct shear tests on the compressive strength of rocks recovered by diamond drilling in Marcapunta Norte (underground) and Tajo Norte (surface) - Mine Colquijirca”, located in the Pasco region, Province of Pasco, District of Tinyahuarco; has the objective; to evaluate the friction and cohesion angles of the rocks with direct shear and triaxial compression tests to know the limitations of both methods in determining the lithological behavior in the resistance to shear stress of the rock mass in the Marcapunta and Tajo Norte area of the Colquijirca Mine, to determine the resistance capacity of the rock mass to superimposed loads.

The type of design is qualitative, non-experimental. The research levels are descriptive and explanatory with empirical, rational, reproducible and objective characteristics. The methodology consisted of five stages: work inside the mine and field, office work, sampling of the drillings carried out, data analysis and conclusions on the viability of the results.

The techniques and instruments used were: observation inside the mine and field, current technology available (specialized software AutoCAD, ArcGIS, office, geocatmin, digital information from Ingemmet).

It was concluded that both tests determine different angles of friction and cohesion for the same rock mass, which means that the type of test carried out must be taken into account to determine the maximum shear resistance of each lithological unit. Likewise, it is important to know the geological lithology of the rock mass to relate it to the shear resistance parameters.

**KEYWORDS:** Friction angle, cohesion, lithology, rock, resistance.

## INTRODUCCIÓN

La investigación tiene el objetivo de evaluar el ángulo de fricción y cohesión de un macizo rocoso, determinados por los ensayos de corte directo y compresión triaxial, para comprender la importancia de usar los ensayos con un determinado propósito, en este caso se ha establecido que para un macizo rocoso que no tiene discontinuidades su ángulo de fricción y cohesión es muy distinto a los ángulos de fricción y cohesión de un macizo rocoso con discontinuidades.

También se ha establecido que cada tipo de macizo rocoso dependiendo de su litología tienen sus propios ángulos de fricción y cohesión en un rango de  $\pm 5\%$ , que se encuentran aceptables.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema .....	2
1.3.1. Problema principal .....	2
1.3.2. Problemas 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 .....	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	4

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	5
2.1.1. Antecedentes Nacionales .....	5
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	6
2.2. Bases teóricas - científicas .....	7

2.3.	Definición de términos básicos .....	21
2.4.	Formulación de Hipótesis .....	22
2.5.	Identificación de variables .....	23
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	23

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	24
3.2.	Nivel de investigación.....	25
3.3.	Método de investigación .....	25
3.4.	Diseño de investigación .....	25
3.5.	Población muestra .....	26
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.6.1.	Técnicas.....	26
3.6.2.	Instrumentos .....	26
3.7.	Técnicas de procedimiento y análisis de datos .....	26
3.8.	Tratamiento estadístico de datos .....	27
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	27

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo .....	28
4.1.1.	Accesibilidad.....	30
4.1.2.	Marco geológico regional .....	30
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	74
4.3.	Prueba de hipótesis.....	82
4.4.	Discusión de resultados.....	83

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01. Usada en la actualidad camara de corte. (Ocampo, 2009).....	14
Figura N° 02. Determinación de los parametros de resistencia cortante para una arena seca aplicando la conclusión de ensayo de corte directo. (Das, 2001).....	15
Figura N° 03. Conseguida a través de ensayos de corte drenada el envolvente de falla para arcilla (Das, 2001) .....	16
Figura N° 04. Envolvente y criterios de falla de Mohr-Colulomb (Lambe, 1969). .....	17

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto N° 01. Prueba de compresión simple (foto obtenida de prodyogi).....	08
Foto N° 02. Ensayo de compresión triaxial (foto obtenida de prodyogi).....	10
Foto N° 03. Ensayo de corte directo sobre discontinuidades .....	19
Foto N° 04. Maquina de corte .....	20
Foto N° 05. Maquina donde se fija los parametros de resistencia al corte.....	21

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01. Cuadro de acceso vía terrestre hacia mina Colquijirca .....	32
Cuadro N° 02. Cuadro características de diametro de perforación. ....	39
Cuadro N° 03. Coordenadas de las perforaciones diamantinas con la maquina UDR..	39
Cuadro N° 04. Coordenadas de las perforaciones diamantinas con la maquina H400.	39
Cuadro N° 05. Descripción de características geomecánicas taladro geotech_ug_001	41
Cuadro N° 06. Descripción de características geomecánicas taladro geotech_ug_005.	45
Cuadro N° 07. Descripción de características geomecánicas taladro geotech_op_001	50
Cuadro N° 08. Descripción de características geomecánicas taladro geotech_op_002	53
Cuadro N° 09. Descripción de características geomecánicas taladro geotech_op_003	56
Cuadro N° 10. Descripción de características geomecánicas taladro geotech_op_006	60
Cuadro N° 11. Descripción de características geomecánicas taladro geotech_op_007	66
Cuadro N° 12. Descripción de características geomecánicas taladro geotech_op_008	70
Cuadro N° 13. Resumen de resultados ensayo triaxial .....	75
Cuadro N° 14. Resultados del ensayo triaxial .....	76
Cuadro N° 15. Resumen de propiedades físicas.....	77
Cuadro N° 16. Resumen de propiedades físicas de compresión simple.....	78
Cuadro N° 17. Resumen de resultados de ensayo de corte directo .....	79
Cuadro N° 18. Resumen de ensayos de compresión triaxial .....	81
Cuadro N° 19. Resumen de resultados de los ensayos triaxial y corte directo .....	83
Cuadro N° 20. Comparaciones de resultados de los ensayos triaxial y corte directo ...	85

Cuadro N° 21. Diferencia entre los valores de la cohesión y ángulo de fricción..... 85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Parametros resistentes de roca intacta (de Gonzales de Vallejo, 2002) ..	11
Tabla N° 02. Constantes elasticas en roca intacta(tabla de Gonzales de vallejo 2002)	13
Tabla N° 03. Columna litoestratigrafica generalizada del distrito minero de Colquijirca. .....	37

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 01. Ubicación del proyecto (google earth).....	31
Mapa N° 02. Mapa geológico regional – según Angeles (1996) .....	38
Mapa N° 03. Mapa de ubicación de los sondaje realizados. ....	40

## ÍNDICE DE ANEXO

Tabla de recolección de datos

Máquina de perforación diamantina H-600

Máquina de perforación diamantina H-400

Fotos de muestras enviadas al laboratorio del sondaje GEOTECH-OP-001

Fotos de muestras enviadas al laboratorio del sondaje GEOTECH-UG-001

Fotos de muestras enviadas al laboratorio del sondaje GEOTECH-UG-005

Fotos de muestras enviadas al laboratorio del sondaje GEOTECH-OP-002

Fotos de muestras enviadas al laboratorio del sondaje GEOTECH-OP-003

Fotos de muestras enviadas al laboratorio del sondaje GEOTECH-OP-006

Fotos de muestras enviadas al laboratorio del sondaje GEOTECH-OP-007

Fotos de muestras enviadas al laboratorio del sondaje GEOTECH-OP-008

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En cualquier proyecto donde se necesita conocer la resistencia de un macizo rocoso se emplean ensayos para determinar el ángulo de fricción y cohesión de la roca intacta.

Asimismo, existen varios ensayos que determinan los parámetros mecánicos de ángulo de fricción y cohesión de las rocas, que se utilizan para determinar la resistencia de la roca, y la calidad del macizo rocoso de las perforaciones diamantinas.

Estos ensayos son el de corte directo y el de compresión triaxial, que tienen sus propios procesos para determinar los parámetros descritos en líneas arriba, que proporcionan distintos valores.

En el presente estudio se analizará las variaciones del ángulo de fricción y la cohesión de las rocas obtenidos por ambos ensayos, para determinar cuál de los dos métodos nos proporciona parámetros confiables para determinar la calidad de un macizo rocoso.

Es importante conocer estos parámetros mecánicos para determinar al final el tipo de sostenimiento a emplearse para hacer seguro una cavidad subterránea (mina subterránea) y superficial (tajo abierto) en la unidad minera el Brocal.

Una manera de conocer estas variables es realizar los ensayos en muestras proporcionadas por las perforaciones diamantinas realizadas para conocer las propiedades hidrogeológicas del macizo rocoso, las cuales se realizó en la zona de investigación con un total de ocho taladros 6 superficiales y dos en subterráneo.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El estudio se ha realizado en la zona de Marcapunta Norte (mina subterránea) y Tajo Norte (mina superficie) del yacimiento minero de Colquijirca.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema principal**

¿Cómo evaluar los ángulos de fricción y cohesión en los ensayos de compresión triaxial y corte directo determinan la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (mina subterránea) y Tajo Norte (mina superficie) - del yacimiento minero de Colquijirca?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cómo los ángulos de fricción y cohesión en los ensayos de compresión triaxial determinan la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (mina subterránea) y Tajo Norte (mina superficie) - Mina Colquijirca?

- b. ¿Cómo los ángulos de fricción y cohesión de los ensayos de corte directo determinan la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (mina subterránea) y Tajo Norte (mina superficie) - Mina Colquijirca?
- c. ¿Cuál de las dos variables son más confiables para determinar la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (subterráneo) y Tajo Norte (superficie) - Mina Colquijirca?

#### **1.4. Formulación de Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar los ángulos de fricción y cohesión de los ensayos de compresión triaxial y corte directo que determinan la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por los trabajos de perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (subterráneo) y Tajo Norte (superficie) - Mina Colquijirca.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Identificar los ángulos de fricción y cohesión de los ensayos de compresión triaxial para determinar la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (subterráneo) y Tajo Norte (superficie) - Mina Colquijirca.
- b. Describir los ángulos de fricción y cohesión de los ensayos de corte directo para evaluar la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (subterráneo) y Tajo Norte (superficie) - Mina Colquijirca.
- c. Evaluar las dos variables para determinar su confiabilidad en la resistencia a la compresión de las rocas recuperadas por perforaciones

diamantinas en Marcapunta Norte (subterráneo) y Tajo Norte (superficie) - Mina Colquijirca.

### **1.5. Justificación de la investigación**

La investigación se realiza para conocer la variación en los parámetros mecánicos del ángulo de fricción y cohesión obtenidos por los ensayos de compresión triaxial y corte directo en la determinación de la calidad del macizo rocoso, para que puedan ser utilizados en futuras investigaciones.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Las limitaciones más notorias son la influencia del nivel freático que modifican los valores de los parámetros mecánicos en campo que no se logran medir en laboratorio, asimismo la influencia de la permeabilidad secundaria que no permite conocer el valor verdadero del ángulo de fricción y la cohesión del macizo rocoso.

Por lo tanto, los datos establecidos en el presente estudio son relativos, por ese motivo los resultados serán utilizados solamente como referencia para un determinado tipo de roca.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

Tisnado Valdivia E, Pastor Contreras W., Velarde Ochoa S., Laura Nina I. (2016) en el estudio Comparación de valores típicos de parámetros de resistencia de las rocas volcánicas en el sector de Totorani –Puno, Universidad del Altiplano, nos muestran resultados que no son similares con los valores típicos de parámetros de resistencia para rocas Hoek y Bray. Concluyendo que se deben realizar estudios preliminares para tener resultados confiables. Los resultados no representan valores reales puesto que se estudiaron por lo general en roca fracturada en función a la resistencia de la prolongada discontinuidad y en la roca intacta la estabilización de taludes, por esta razón se debe impulsar realizar ensayos de muestra en lo extenso de las fracturas, juntas o planos de estratificación. Las diaclasas son muestras de discontinuidad predominante en el macizo rocoso diferenciados por no plantear movimientos y generado por movimientos tectónicos.

### 2.1.2. Antecedentes Internacionales

Flor A. Andy (2016) en la tesis ecuatoriana, denominada Identificación de ángulo de cohesión y fricción de suelo a través de concordancias adquiridas en módulo de elasticidad, las pruebas de plasticidad, y NSPT de suelos de tres secciones de la localidad de Quito. Menciona que el ángulo de fricción y cohesión en suelos y determina por el ensayo del NSPT y se llega a la conclusión de: a causa de no poder precisar interconexiones para suelos cohesivos friccionantes, hallados en el Centro, Sur y Norte de la localidad de Quito, seguidamente se presentaran categorías de valoración de cohesión  $c$  (KN/m<sup>2</sup>) y ángulo de fricción ( $\phi$ ), dependiendo del NSPT calculado in situ. Sur: 20 a 25 golpes,  $c$ : 85 a 185 y  $\phi$  15 a 20°, Centro: 15 a 27 golpes  $c$ : 70 a 115 y  $\phi$ : 16 a 35° y Norte: 9 a 20 golpes  $c$ : 75 a 100 y  $\phi$ : 22 a 32 °

Salinas Riveros E. (2018) Análisis de propiedades geotécnicas de algunas rocas comunes en Chile. Universidad de Chile, donde se realiza un trabajo de reconocimiento, registro y organización de muestras disponibles que pertenecen al laboratorio de Block Caving) para determinar la estimación del ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), cohesión ( $C$ ), coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) y módulo de Young ( $E$ ). para comparar el estudio de rocas con parámetros de roca intacta, como la cohesión ( $C$ ), la compresión simple (UCS), el coeficiente de Poisson ( $\nu$ ), el ángulo de fricción ( $\phi$ ) y valores para el módulo de Young ( $E$ )

## 2.2. Bases teóricas - científicas

**Roca intacta:** bloque de roca intacta a través de discontinuidades o Material rocoso sin discontinuidad (espécimen de mano o mayor). Pese a observarse continua es heteróclito y anisótropa, enlazada a la estructura mineral, fábrica y textura, Mecánicamente, la matriz rocosa se califica por su deformabilidad, resistencia y densidad, asignadas por indicadores de roca intacta: a la tracción y potencia a la compresión simple (UCS), razón de Poisson, módulo de Young, etc. (González de Vallejo, 2002).

**Ensayo uniaxial o de compresión simple (UCS):** Faculta especificar el ensayo en el centro de pruebas la resistencia uniaxial de roca no confinada, o (UCS) resistencia a compresión simple y sus constantes elásticas: el módulo de Young ( $E$ ), parámetro que describe la conducta de un material elástico, mediante la conducción en la que se lleva a cabo una fuerza. y coeficiente de Poisson ( $\nu$ ), parámetro peculiar respectivo del material que señala la conexión dentro las distorsiones longitudinales que experimenta el material en ámbito perpendicular a la fuerza ejecutada y las distorsiones longitudinales en dirección de la fuerza ejecutada en torno al mismo. Por consiguiente, un análisis de laboratorio por su resistencia para tipificar la roca y poder definir su deformación. La relación entre los esfuerzos aplicados en el ensayo es:

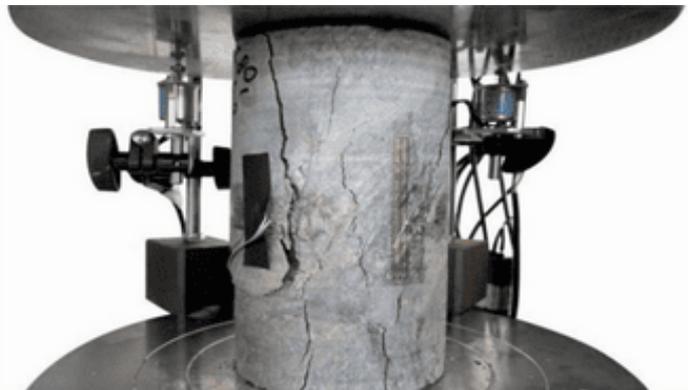
$$\sigma_1 \neq 0; \sigma_2 = \sigma_3 = 0$$

En los efectos de las pruebas de laboratorio inciden como con elementos respecto a la naturaleza y situación de la roca como el estado del análisis. en la foto N° 01. Se ve como es, el ensayo normalmente. Con respecto a las condiciones de la roca como el ensayo, de acuerdo con González de Vallejo (2002), los elementos fundamentales son:

- Volumen y Forma del tubo de ensayo.
- tallado y Preparación del tubo de ensayo.
- aplicación de Dirección de la carga (rocas anisotrópicas).
- celeridad de ejecución de la carga.

El suministro de esfuerzos cambia con la geometría del tubo de ensayo. La razón del cambio es fundamentalmente a causa de la fricción entre la placa de aplicación de la carga y la probeta. La resistencia a compresión simple reduce al aumentar el tamaño de la probeta. El impacto de concavidad que acostumbra manifestarse al comienzo de la rama elástica de la curva esfuerzo-deformación, podría quedar notablemente disminuido si se logra el paralelismo de los fundamentos de la probeta.

**Foto N° 01.** Prueba de Compresión Simple (foto obtenida de Prodyogi).



**Ensayo de compresión triaxial:** Este ensayo interpreta los estados de las rocas en el sitio sujeto a esfuerzos confinantes, a través de la ejecución de presión hidráulica uniforme en torno a la probeta, Tal como se ve en la foto.

Faculta precisar la envolvente o línea de resistencia del material rocoso analizado, desde que sus parámetros alcanzan los valores resistentes fricción ( $\phi$ , es el ángulo de frotamiento por dos planos de la roca misma) y cohesión ( $c$ , es la

potencia de unión entre las partículas minerales que establecen la roca) Las pruebas de laboratorio de compresión multiaxial en mecánica de rocas, el ensayo de compresión triaxial. es el más desarrollado es la conexión de los esfuerzos implantado a la probeta.

$$\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 \neq 0$$

Es la conexión de los esfuerzos implantado a la probeta: A margen de la propiedad de la roca, de la presión confinante adoptada, estará sujeto básicamente de la conclusión del ensayo de compresión triaxial. La estimación de la resistencia compresiva para un valor definido de  $\sigma_3$  se consigue al dividir la fuerza aplicada con la sección de la probeta. En cada situación dada, la resistencia peak, será distinta incrementándose en función de  $\sigma_3$ .

La explicación de las conclusiones de esta prueba o ensayo se fundamenta en aplicar el planteamiento de rotura de Mohr-Coulomb. En base a las curvas  $\sigma - \epsilon$  dadas para distintos valores de  $\sigma_3$ , es posible realizar la envolvente de rotura y trazar los círculos de Mohr, que aporten las estimaciones del material ensayado de  $c$  y  $\phi$  (González de Vallejo, 2002).

**Foto N° 02.** Ensayo de Compresión Triaxial (foto extraída de Prodyogi).



**Resistencia y parámetros resistentes:** La resistencia es actuación de la fuerza de cohesión y fricción del material. La cohesión,  $c$ , es la fuerza adherida sostenida a través de la partícula mineral que integran la roca. El ángulo de rozamiento interno,  $\phi$ , es el ángulo de frotamiento a través de dos planos de la roca misma; para la mayor parte de las rocas estos ángulos oscilan de  $25^\circ$  y  $45^\circ$  que son variables. para la mayor parte de las rocas.

La fuerza de fricción depende del ángulo de rozamiento y del impulso natural, interviniendo referente al plano examinado. La resistencia de la roca no es un valor exclusivo, Pues aparte de los valores de  $c$  y  $\phi$ , se sujeta de alguna situación, como la existencia de agua en los poros, la rapidez de ejecución de carga de ruptura, o el nivel de los esfuerzos encerrados, inclusive en rocas presuntamente homogéneas e isotropas, las estimaciones de  $c$  y  $\phi$  podrían sufrir variación dado el grado de cambios o cementación en la estructura de la mineralogía.

se incorporan en la Tabla la estimación específica de la fricción y cohesión sin discontinuidad rocosa. Los dos criterios se definen previo al análisis de laboratorio de compresión triaxial. (González de Vallejo, 2002).

**Tabla N° 01.** Parámetros Resistentes de Roca Intacta. (González de Vallejo 2002).

roca intacta	resistencia a compresión simple (Mpa)	
	valores medios	rango de valores
Andesita	210-320	100-500
Anfibolita	280	210-530
Anhidrita	90	80-130
Arenisca	95-140	30-235
Basalto	150-215	80-360
Caliza	80-140	60-200
Cuarzo	200-320	100-500
Diabasa	240-360	130-365
Diorita	180-245	120-335
Dolerita	200-300	100-360
Colonia	90-250	65-350
Esquisto	50-60	20-160
Gabro	210-280	180-300
Graso	160-200	85-250
Granito	170-230	100-300
Gravaca	180	80-220
Limolita		35-250
Lutita	30-70	10-100
Marga	70-140	70-190
Mármol	120-200	60-250
Pizarra	100-180	90-250
Sal	12	5-30
Toba		10-45
Yeso	25	10-40

roca	Cohesión (Mpa)	Angulo de fricción (°)
Andesita	28	45
Arenisca	8-35	30-50
Basalto	20-60	40-65
Caliza	5-40	35-50
Caliza margosa	1-6	30
Cuarzo	25-70	40-55
Diabasa	90-120	40-60
Diorita	15	50-55
Colonia	22-40	35-35
Esquisto	35	25-30*
	20-15*	20-30*
Gabro	30	35
Graso	15-40	30-40
Granito	15-50	45-55
Gravaca	6-10	45-50
Mármol	15-35	35-45
Lutita	3-35	40-60
		12-25*
Pizarra	10-50	40-55
	<10*	15-30*
Toba	0,7	
Yeso		30

(\*) En superficies de laminación o espantabilidad  
 Datos seleccionados a partir de Prather (1988), Price (1988), Goodman (1988), Farnet (1988), Jiménez Salas y Julio Aguilar (1975)

**Deformabilidad:** Es la característica que tiene la roca de modificar su tipo en reacción a fuerzas exteriores. En función a su magnitud y manera de fuerza conjunta a la propiedad mecánica de la roca, la deformidad podrá ser constante o elástica que luego de realizar la fuerza recobra su forma inicial, la deformación de la roca se manifiesta por su permanencia elástica  $E$  y  $v$ : d

- $E = \sigma/\epsilon ax$  (Unidades de esfuerzo)
- $v = \epsilon t/\epsilon ax$  (Adimensional)

El módulo de Young, representado por la consonante  $E$ , precisa el vínculo lineal elástica dentro del esfuerzo utilizado y la deformabilidad generado en la dirección de ejecución del esfuerzo, y el coeficiente de Poisson,  $\nu$ , precisa la conexión de la deformabilidad axial y transversal.

Las dos constantes se logran del ensayo de compresión simple y determinan las propiedades de la deformabilidad de la roca, (en la Tabla 2 se mostrarán dichos valores de roca intacta). Una roca dura con conducta débil plantea un superior coeficiente en módulo de Young y un mínimo coeficiente de Poisson que una roca frágil con conducta maleable (González de Vallejo, 2002).

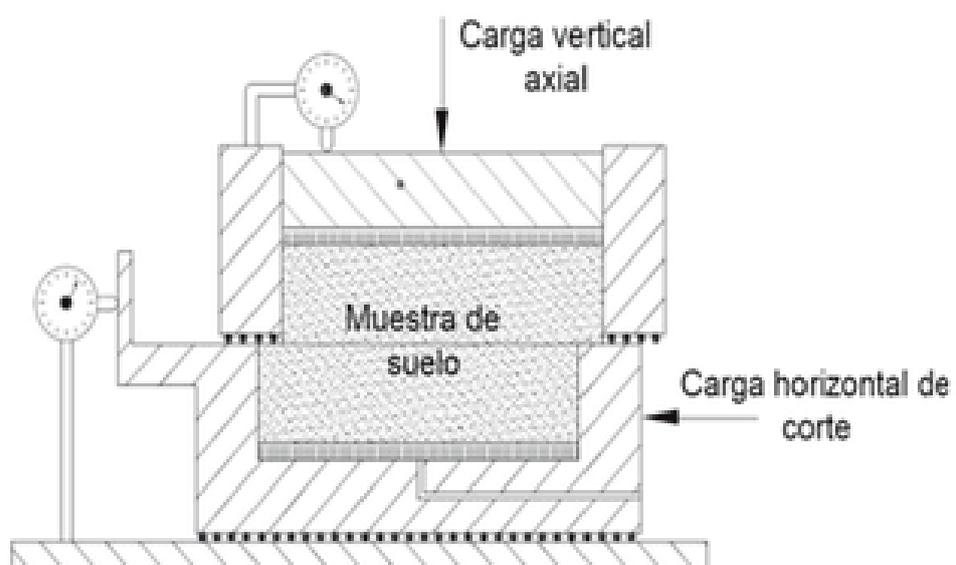
**Tabla N° 02.** Constantes Elásticas en Roca Intacta (González de Vallejo, 2002)

Roca Intacta	Módulo de elasticidad estática, $E$ kg/cm <sup>2</sup> ( $\times 10^4$ )	Módulo de elasticidad dinámica, $E_d$ kg/cm <sup>2</sup> ( $\times 10^4$ )	Coefficiente de Poisson, $\nu$
Andesita	3,0-4,0		0,23-0,32
Anfibolita	1,3-9,2	4,6-10,5	
Ambolita	0,13-7,6		
Arrenisca	0,3-6,1	0,5-3,6	0,1-0,4 (0,24-0,31)
Basalto	3,3-10	4,1-8,7	0,19-0,38 (0,25)
Caliza	1,2-9,0 (2,9-6,0)	0,8-9,9	0,12-0,33 (0,23-0,30)
Cuarzita	2,3-10 (4,2-8,5)	-	0,08-0,24 (0,11-0,15)
Diabasa	6,9-9,6	6,0-9,8	0,28
Florita	0,3-1,7	2,5-4,4	
Dolomita	0,4-3,1	2,2-8,6	0,29-0,34
Gabro	1-6,3		0,12-0,20
Gneiss	1,7-8,1 (5,3-5,5)	2,5-10,5	0,08-0,40 (0,20-0,30)
Naqiso	0,6-3,9 (2,0)		0,01-0,31 (0,12)
Granito	1,7-7,7	1,0-8,4	0,1-0,4 (0,18-0,24)
Guarraca	4,7-6,3	2,3-10,7	
Limolita	3,3-7,5	0,7-6,3	0,25
Luzita	0,3-2,2	1,0-7,0	0,23-0,29
Marga	0,4-3,4	1,0-4,9	
Mirmol	2,8-7,2		0,1-0,4 (0,23)
Micasquistoso	0,1-2,0		
Hizama	0,3-3,0		
Sil	0,3-2,0		0,22
Toba	0,3-7,6		0,24-0,29
Yaso	1,2-3,6		

**Ensayo de corte directo:** El ensayo de resistencia al corte es forma más simple de hallar los parámetros de resistencia de roca y de suelo, es decir la cohesión y ángulo de fricción, a través de la deformabilidad de una muestra en un grado de deformidad manejado, conduciendo la muestra de suelo a la falla, continuando en un área de falla aplicada. Por lo tanto, mediante tres ensayos, se precisa la repercusión de cambiar la carga habitual ejecutada, respecto a la resistencia y deformación del espécimen (Lambe, 1969). A pesar de no saber con claridad, se piensa que Alexander Collin en 1846, fue, el que describió el primer ensayo de corte. quien tuvo interés en medir la resistencia al corte de suelo para analizar la permanencia del talud. Por lo que, dicho ingeniero de Francia realizo su ensayo de laboratorio cargando de forma transversal un muestreo de arcilla de sección cuadrada de 4 cm para fallarla por corte directo doble.

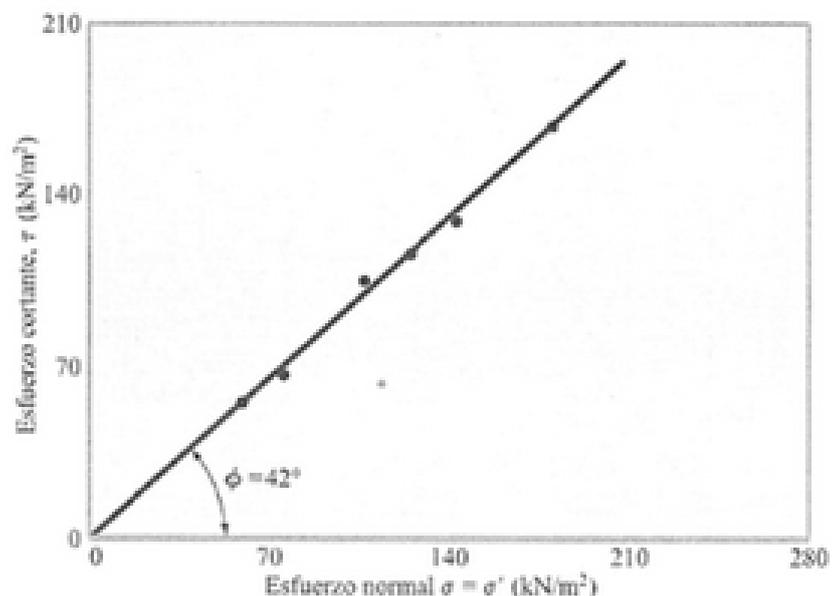
Hoy en día, se aplica la prueba de corte directo manteniendo el diseño principal, pero aplicando los instrumentos más indicativos. Collin. (ver diseño).

**Figura N° 01.** Usada en la actualidad Cámara de corte. (Ocampo, 2009)

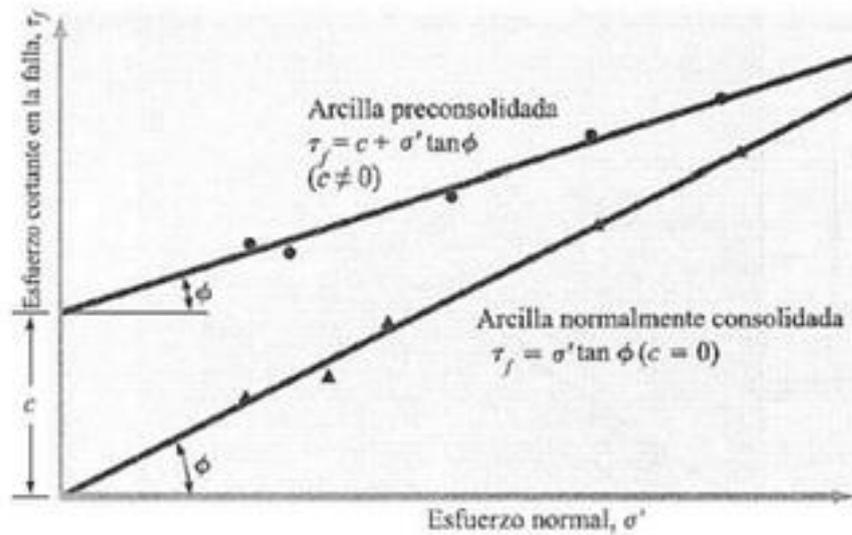


Se le certifica a Casagrande y Krey, Terzaghi por el experimento de corte directo por lo que hoy en día es utilizado. Este ensayo confina horizontalmente un muestreo delgado de suelo, por lo que podría ser rectangular o cilíndrica, en medio de dos cajas rígidas, y verticalmente en medio de dos platos dentados o dos piedras porosas (Asmirza, 2004). Entre las deficiencias que podría manifestar este ensayo de laboratorio se encuentra el estado de esfuerzos y deformación que en la unidad de corte directo no es uniforme, puesto que el sector del suelo normal a las dos cajas de corte varía constantemente y el esfuerzo primordial mayor es ejecutado por el lado inferior y superior del espécimen y se observa uniforme pese a la dureza de los platos de carga. (Ocampo, 2009). El ensayo de corte directo se aplica a diversas muestras llevando a cabo distintos esfuerzos comunes. Dichos esfuerzos y su respectivo valor de resistencia cortante pico admiten el diseño de un esquema, por lo tanto, podremos recabar los parámetros de resistencia al corte (Das, 2001). Por consiguiente, en las figuras 2 y 3, se observan figuras tradicionales de pruebas de corte directo sobre arcillas y arena suelta.

**Figura N° 02.** Determinación de los parámetros de resistencia cortante para una arena seca aplicando la conclusión de ensayos de corte directo. (Das, 2001)



**Figura N° 03.** Conseguida a través de ensayos de corte drenada el envolvente de falla para arcilla. (Das, 2001).



**Envolvente de resistencia:** Aporto, Mohr en 1900, una hipótesis, alegando que la deficiencia o error de un material se debe a la mezcla determinante de esfuerzo cortante - esfuerzo normal, de tal forma que el vínculo durante un esfuerzo cortante y normal en torno a un plano de falla se podría formular de la siguiente manera.

$$\tau = f(\sigma_n)$$

La envolvente de falla establecida en la ecuación dada anteriormente es una línea curva (observar figura 04), por lo tanto, permite acercarse al esfuerzo cortante sobre el plano de falla tal cual, a una función lineal del esfuerzo normal, a fin de que la resistencia de un suelo se encuentra en el punto determinado dependiendo de los esfuerzos realizados.

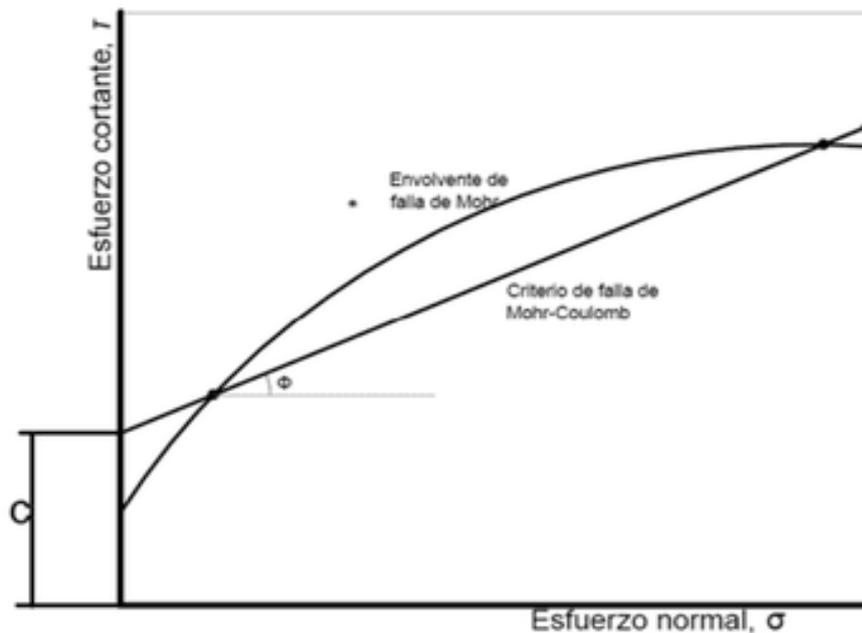
Indicada por la Ley de MohrCoulomb, dada como Límite de la curva esfuerzo – deformación. que implica, el ángulo de fricción o ángulo de resistencia al corte y la cohesión. (Lambe, 1969) Tal como se observa en la formula.

$$\tau = c' + \sigma_n * \tan \phi$$

cómo:

- Resistencia al corte.
- Cohesión.
- Tensión Normal.
- Ángulo de fricción interna.

**Figura N° 04.** Envoltente y criterios de falla de Mohr- Coulomb.



Entre los elementos que inciden respecto a resistencia al corte se encuentran la tensión de confinamiento, la conexión de vacíos y la celeridad de carga; por otro lado, residen diversos elementos que conviertan que la resistencia se modifique de un suelo a otro, incluso al de igual situación de tensión de

confinamiento y nexos de vacíos, tales como la dimensión de las partículas que forman la muestra, y la humedad de la misma.

### **Ensayos en laboratorio**

Consiste en identificar las características mecánicas y físicas de los diversos componentes de rocas y minerales teniendo como base muestras específicas y típicas de zonas de formaciones geológicas peculiares de las rocas. Los análisis en laboratorio de Mecánica de Rocas, En función a los especímenes de minerales o rocas derivados del yacimiento, que son retirados y trasladados tecnológicamente. se llevan a cabo aplicando las reglas planteadas por ISRM (Society International For Rock Mechanic´s), traducido en castellano “Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas”. Por lo tanto, están sujetas a las siguientes pruebas de laboratorio:

#### **Características Físicas**

Porosidad supuesta, Densidad, Peso determinado supuesto, asimilación de peso.

#### **Características Mecánicas**

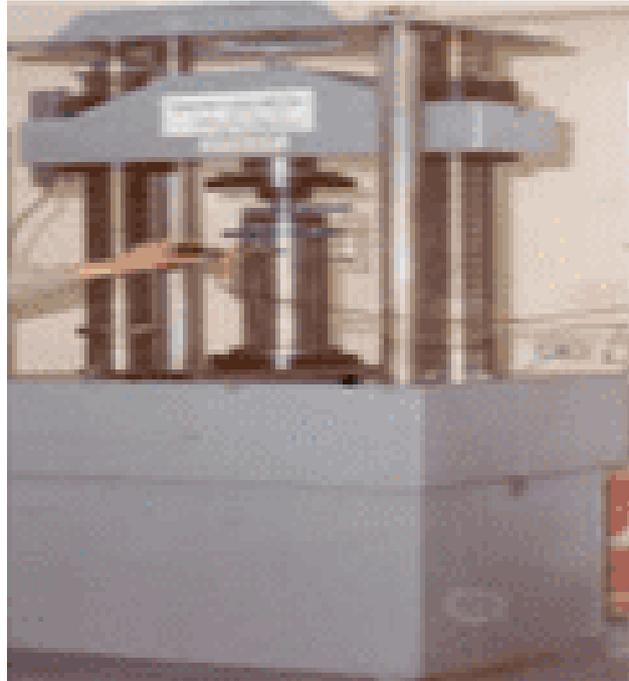
Pruebas de Carga Puntual, Pruebas de Compresión Uniaxial, Pruebas de Corte Directo, Prueba de Tracción Indirecta – brasilero, Prueba o ensayo de Compresión Triaxial, Prueba para la detección de Constantes Elásticas.

#### **Ensayo de compresión triaxial**

Se procede instalando probetas cilíndricas con relaciones  $L/D = 2$ , en el interior de una celda triaxial y empleando una tensión de confinamiento lateral de constante (Esfuerzo básico Menor), sobre un grado fijado, se remite a estas a un cargado axial mientras produce su ruptura, en esfuerzos que pertenecen a  $d1$  (Esfuerzo básico mayor). Con las cifras indicadas de  $d1$  y  $d3$ , se edifica la

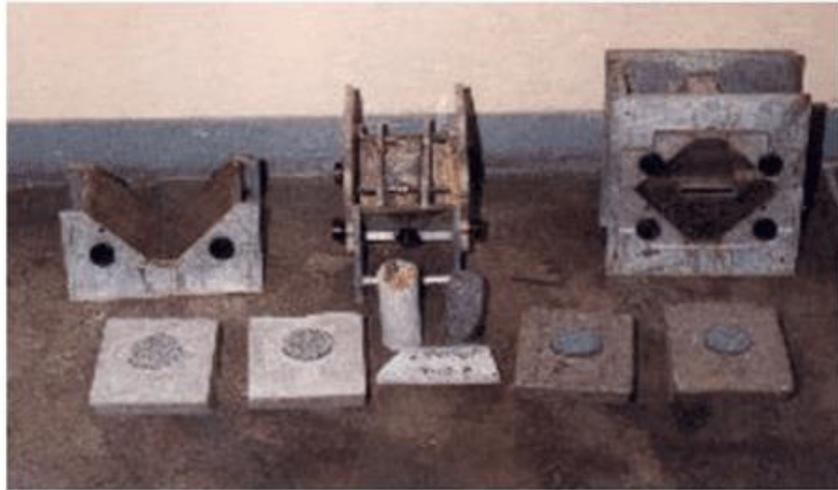
envolvente de Mohr, consiguiendo asimismo los parámetros de Resistencia al Corte: Cohesión  $S_o$  y el Angulo de Fricción interior  $\phi_i$  del mineral o de la roca, tal como se observa en la fotografía.

**Foto N° 03.** Ensayo de corte directo sobre discontinuidades.



Se ejecutan las pruebas de laboratorio mediante suelos de discontinuidad enunciadas en testigos de minerales rocosos de. 50 mm (5 cm) de diámetro, en conformidad a la normativa del ISRM, por lo que son ubicados en patrones de concreto y que después serán trasladados a la máquina de corte, tal como se observa en la fotografía.

**Foto N° 04.** Máquina de corte.



El análisis implica en cizallar la probeta mediante los suelos de discontinuidad, siendo sujeta a un Esfuerzo Común constante “ $\sigma_n$ ”. El Esfuerzo de Corte “ $\tau_c$ ” para comenzar y sostener el movimiento, es definido para un rango de esfuerzos normales. mientras los ensayos o pruebas se calculan los movimientos “ $\Delta$ ” “del punto superior de la probeta con respecto al punto inferior, generando como resultado la ejecución de los esfuerzos. Con los datos inscritos se edifican las envolventes residual y máximo, logrando las ecuaciones de Coulomb a través del ajuste por escamos cuadrados, fijándose de esta manera los correspondientes parámetros de resistencia al corte: ángulos de rozamiento básico residual y cohesión, mediante los suelos de discontinuidad, tal como se observa en la fotografía.

**Foto N° 05.** Maquina donde se fija los parámetros de resistencia al corte.



### **Situaciones de ensayos**

Cada uno de los ensayos a llevarse a cabo en el Laboratorio de mecánica de Rocas, se determinan los distintos aspectos dadas en las condiciones específicas a través de los procesos habituales y para esta forma de labor, principalmente se tiene que considerar los métodos propuestos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). de la directiva de normalización de Ensayos de Laboratorio e In-situ. Generalmente, la rapidez de carga es ejecutada cuando las pruebas compresivas cuentan con una condición sugerida de 5 a 10 Kg/cm<sup>2</sup>/seg. (0.5 MPa – 1.0 MPa/seg.), esta rapidez de carga aplica un modo estático a las características mecánicas definidas. En función a las propiedades del agua subterránea de las zonas donde serán extraídas los especímenes de minerales rocosos, estas serán analizadas o ensayadas en laboratorio, tal cual como se encuentran, siendo tal vez seca, con humedad saturada o natural, que será indicado puntualmente en cada prueba o en su defecto hay que registrarse al programa de ensayos a llevarse a cabo. De tal manera que se racionalice la cifra de pruebas. Las resistencias compresivas señaladas podrán ser adquiridas de las pruebas de

constantes elásticas (Deformación en Compresión Uniaxial), De la misma manera en el ensayo triaxial se podrán hacer uso de informes de la resistencia compresiva uniaxial, resistencia a la tracción para la valoración de la Envoltura de Morh. Respecto a la representación del muestreo y las conclusiones de los ensayos, se debería indicar referente al primero, que mientras la campaña de muestras o recolección de muestras rocosas y/o minerales sería muy factible de sacar especímenes típico de su ambiente físico, en cuanto al segundo punto, el dimensionamiento o la planificación de los ensayos deberían aplicarse según la finalidad del análisis de Mecánica de Rocas, a fin de que los parámetros conseguidos son usados en diversos ejemplos de análisis. En tal efecto, las conclusiones adquiridas son el promedio de ensayos que se aplicaran sobre probetas que en cifras cambian de 4 a 5 por espécimen, para un óptimo entendimiento del resultado considerando aun todavía promediar parámetros en conformidad con los otros elementos que abarca el proyecto integral, en particular con conclusiones del análisis litológico-estructural y otros ensayos in-situ.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Alteración.**

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

#### **Cizallamiento**

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

## **Deformación**

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

### **Deformación elástica**

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

### **Deformación plástica**

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

## **Macizo**

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

## **Muestra**

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

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La evaluación geotécnica de los taladros perforados resultó buenas muestras para mandar al laboratorio para sus análisis.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) ¿las evaluaciones de los ángulos de fricción de las muestras se notó la diferencia en muestras compactas y muestras con fisuras?
- b) ¿las evaluaciones de corte directo de las muestras se notó la diferencia en muestras compactas y muestras con fisuras

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable Independiente

Se realizó la evaluación de los ángulos de fricción y de corte directo.

### 2.5.2. Variable dependiente

Se realizó la comparación de los ángulos de fricción y de corte directo

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

<b>VARIABLES</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>INDICADOR</b>
<b>Independiente:</b> Evaluación de corte de fricción y corte directo.	Descripción de los esfuerzos realizados con las muestras enviadas al laboratorio.	Clasificación de rocas
<b>Dependiente:</b> la descripción de los cortes de fricción y corte directo.	Descripción de diferencia de los ensayos realizados.	Comparación de ángulos de Fricción.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El proyecto de investigación tiene los factores característicos de una investigación de tipo descriptivo y aplicativo.

Utilizando lo expresado por Hernández y otros, (2014, p.92) donde menciona que “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”.

El proyecto es descriptivo porque especifica las características geológicas y geotécnicas de los relaves para realizar una cubicación de recursos mineros.

Utilizando lo formulado por Lozada donde nos menciona que “La investigación Aplicada se centra en la resolución de problemas en un contexto determinado, es decir, busca la aplicación o utilización de conocimientos, desde una o varias áreas especializadas, con el propósito de implementarlos de forma práctica para satisfacer necesidades concretas, proporcionando una solución a problemas del sector social o productivo”. (Lozada, 2014, p. 35).

El proyecto es aplicado porque después de realizar la recopilación de datos en campo se realiza una interpretación y luego se formulan resultados que nos servirán para solucionar el problema de encontrar nuevos recursos mineros.

### **3.2. Nivel de investigación**

Los niveles del presente trabajo de investigación son de nivel descriptivo y explicativo.

#### **Característica de la investigación**

Las características del presente trabajo de investigación: es empírica, racional, reproducible y objetiva.

### **3.3. Método de investigación**

De acuerdo a las características del proyecto reúne los factores que integran el método Analítico - Sintético, que se realiza descomponiendo de un todo en sus partes elementales para luego evaluarlas en forma individual (características geológicas y geotécnicas de los relaves), y por separado, para después integrarlos en una solución total.

### **3.4. Diseño de investigación**

Asimismo el diseño de la investigación se encuentra en una investigación de diseño pre-experimental, porque analiza los principios y técnicas de verificación de los ángulos de fricción y la cohesión de las rocas como una sola variable, con un grado de control mínimo, porque son datos de campo condicionados a muchos factores que muchas veces no son tomados en cuenta al momento de la evaluación, pero nos permite realizar un análisis para solucionar el problema de conocer la calidad del macizo rocoso para determinar el tipo de sostenimiento adecuado.

### **3.5. Población muestra**

La población para nuestro proyecto son los macizos rocosos que se encuentran en la mina Colquijirca y la muestra son las rocas que fueron interceptadas por las perforaciones diamantinas.

Procedimiento del muestreo

Las muestras utilizadas son de las perforaciones diamantinas realizadas en la zona en estudio. Se han utilizado las perforaciones diamantinas: GEOTECH-OP-001, GEOTECH-OP-002, GEOTECH-OP-003, GEOTECH-OP-006, GEOTECH-OP-007 y GEOTECH-OP-008.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

- Se realiza la ubicación de los puntos de exploración.
- Se realiza las perforaciones diamantinas
- Se efectúa los muestreos de las rocas a intervalos de los sondeos
- Se efectúa los ensayos de compresión triaxial y Corte directo.
- Se procesa la información para analizar el ángulo de fricción y cohesión de las rocas.

#### **3.6.2. Instrumentos**

- Mapas geotécnicos y geológicos
- Resultados de los ensayos.
- Tabla de resultados de los ángulos de fricción y cohesión de las rocas.

### **3.7. Técnicas de procedimiento y análisis de datos**

Se realizaron planos topográficos y geológicos los cuales se utilizaron para ubicar las perforaciones diamantinas, luego se realizó el logueo para caracterizar las rocas que serán enviadas a laboratorio, luego interpretar los

parámetros geomecánicos. Los datos de campo se procesan en softwares: Excel, AutoCAD 2021, ArcGIS 10.8, para posteriormente se analiza el comportamiento litológico de las rocas.

### **3.8. Tratamiento estadístico de datos**

Con los datos obtenidos de los ensayos Triaxial y Corte, se realizó un análisis estadístico y se caracteriza para conocer las correlaciones que existen entre los ángulos de fricción y cohesión de las rocas.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

Con el presente trabajo de investigación realizada, los métodos usados, los datos obtenidos y procesados únicamente fueron utilizados para el trabajo en mención y la mejora continua para el crecimiento de la Compañía Minera de Colquijirca.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

El área del proyecto se ubica en el distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco. Geomorfológicamente, corresponde al límite septentrional de las Pampas de Junín con altitudes promedio de 4180 msnm y a las primeras estribaciones del norte de las Pampas de Junín (Cerro Marcapunta y Tajo Abierto), a una altitud promedio de 4,200 msnm.

Mapa N° 01. Ubicación del proyecto



#### 4.1.1. Accesibilidad

El acceso principal y común se realiza mediante vía asfaltada Lima - Colquijirca.

##### 4.1.1.1. Distancias proximadas.

**Cuadro N° 01.** Cuadro de acceso vía terrestre hacia mina Colquijirca.

VÍA TERRESTRE						
Tramo	Punto de partida	Punto de llegada	Distancia (Km)	Tiempo (Hrs)	Tipo de vía	Movilidad
1	Lima – San Mateo - Oroya – Junín – Carhuamayo.	Colquijirca	300	4, 51	Asfaltado	Camioneta.
2	Lima – Canta – Huallay.	Colquijirca	235	5.3	Asfaltado	Camioneta.

#### 4.1.2. Marco geológico regional

##### 4.1.2.1. Geología estructural local

Estamos utilizando la información de Ingemmet y su publicación del Boletín 22 (K) de la Geología de Cuadrángulo de Cerro de Pasco de la Carta Geológica Nacional a escala 1:50,000. En el cual se distingue los Grupos y Formaciones geológicas siguientes:

- **Grupo Excelsior:**

Está compuesto por lutitas pizarrosas negras (en ocasiones micáceas) con intercalaciones de areniscas cuarzosas en estratos menores a 10 cm. La base de la secuencia no aflora y el techo está sobreyaciendo en

discordancia erosional directamente por el Grupo Mitú (Pérmico superior-Triásico inferior) o el Grupo Pucará (Triásico superior-Jurásico inferior).

- **Grupo Mitú:**

Compuesto principalmente por areniscas rojas y conglomerados con clastos subredondeados a angulosos de naturaleza volcánica, sedimentaria y metamórfica; estos están envueltos en una matriz de arenisca roja.

- **Grupo Pucará:**

Unidades estratigráficas más importantes en el centro del Perú, ya sea como metalotecto litológico para el emplazamiento de mineralización polimetálica en yacimientos metasomáticos de contacto o del tipo Mississippi Valley, como roca generadora de petróleo o como canteras de sustancias no metálicas.

#### **4.1.2.2. Geología regional**

Las fallas regionales controlan la evolución geodinámica de las cuencas sedimentarias, emplazamiento del magmatismo y mineralización. Para el caso del informe solo se describirá las que tienen influencia en el Distrito de Colquijirca y que se menciona a continuación:

- **Falla Cerro de Pasco:**

Estuvo activa desde el Pérmico superior. Cubierta por depósitos cuaternarios donde tiene una dirección N 120° hasta llegar a Ninacaca, el cual se une con la falla Ticlacayán. También, se observa en el Tajo Raúl (Mina Cerro de Pasco), con dirección promedio de N – S

- **Falla Atacocha – Milpo – Ninacaca:**

Estuvo activa desde el Triásico. Se trata de un sistema de fallas de dirección N – S a N 165°. En Carmen Chico, Paraíso y Laguna Pavana presenta dirección N 140°. Finalmente, la falla ha sido reconocida mediante cartografía de campo que se proyecta hacia el sur llegando a proyectar a Ninacaca que une a las fallas Cerro de Pasco y Tíclacayán.

#### **4.1.2.3. Geología local**

- **Grupo Excelsior:**

Esta unidad en su mejor exposición, se muestran restringidas al corazón del anticlinal de Cerro de Pasco y su espesor es superior a los 300 m, pero localmente afloran en la quebrada de Mishiguajanan y al Norte de Colquijirca (Condorcayan).

- **Grupo Mitú:**

Conglomerados subredondeados a subangulosos. Sus componentes son de cuarcitas y cuarzo lechoso, en menor proporción filitas el cual se comporta como matriz, además, de un material arenosa hasta limosa. Esta, se presenta al NO de Colquijirca en la quebrada de Mishiguajanan, suprayaciendo en fuerte discordancia angular al Grupo Excelsior. El espesor de esta unidad es de aproximadamente 400 m. (Ángeles, 1993).

- **Grupo Pucará:**

Se distingue dos facies. Una en la parte Occidental y oriental, separadas por una Falla Longitudinal (Boit, 1949; Jenks, 1951).

- **Conglomerado Shuco:**

Corta a las areniscas y conglomerados del Grupo Mitú. Consiste en clastos calcáreos heterométricos de forma angulada a subredondeados. Presenta una matriz detrítica de coloración pardo rojiza y cemento calcáreo en menor proporción. Su espesor sobrepasa los 100 m y se le atribuye un origen aluvial a esta unidad (Jenks, 1951; Ángeles, 1993).

- **Calera Inferior:**

Consiste en niveles conglomerádicos calcáreos de coloración negra a blanquecina y de color rojizo que pertenece a la arenisca. También, tobáceos de color verde claro y arcillosos y limolitas de color rojo ocre. Este miembro puede alcanzar 5 m de espesor.

- **Calera Medio:**

Tiene un espesor de 60 m cuya litología alcanza los 60 m de espesor. Litológicamente, son calizas mudstone de color pardo en la parte inferior. En la parte central conformada presenta calizas bioclásticas de color beige a pardo. Hacia el techo presenta calizas margosas y margas de color gris verdosas.

- **Calera Superior:**

Supera 150 metros de espesor y composición litológica está conformada de la siguiente manera. En la parte inferior calizas y dolomías con fina estratificación e intercalación de milimétricos niveles arcílicos negros bituminosos, que constituyen las denominadas dolomías varvadas, el cual contribuyen el límite superior de la mineralización Del Tajo Norte.

- **Complejo volcánico de Marcapunta:**

Su emplazamiento es controlado por la Falla Longitudinal. Es en realidad una diatrema compuesta por brechas piroclásticas, freatomagmáticas y un conjunto de domos coalescentes o “nidados” de composición dacítica en forma de “hongos” o lacolitos que intruyen un paleorelieve. Este complejo conformado por litologías encontradas durante la perforación el cual se indica a continuación:

- ✓ Depósitos piroclásticos.
- ✓ Domos de dacitas superiores.
- ✓ Brechas freatomagmáticas.
- ✓ Brechas hidrotermales.

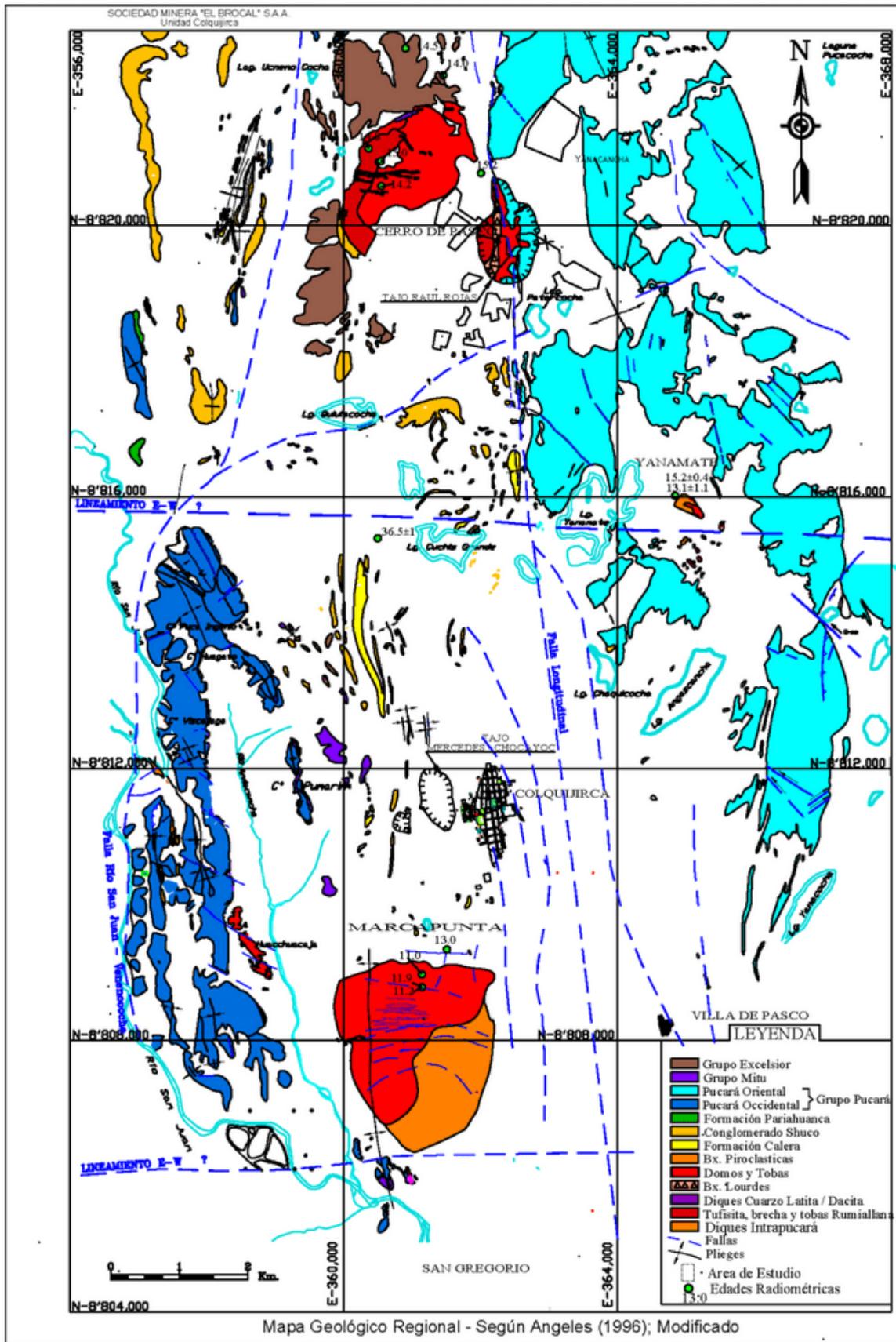
- **Geología estructural Local**

La falla Longitudinal es la estructura más importante que controló la sedimentación del Grupo Pucará, el complejo volcánico de Cerro de Pasco y Marca Punta. Otra gran estructura paralela más al oeste es la Falla Río San Juan-Venenococha. A lo largo del tiempo, se produjo la operación multifásica de las fallas longitudinales, así en el desgarramiento lateral del Triásico, como el empuje de las grandes etapas de deformación que afectaron a la región en el Oligoceno-Mioceno y en las etapas posteriores del empuje lateral (Ángeles, 1996). También se han mapeado en el área varias fallas y dependencias de dirección NW – SE, E-W y NE – SW, que en conjunto son importantes para la mineralización de Colquijirca y Cerro de Pasco (Ángeles, 1996).

Tabla N° 03 Columna Litoestratigráfica generalizada del distrito minero de Colquijirca.

COLUMNA LITOSTRATIGRAFICA GENERALIZADA DEL DISTRITO MINERO DE COLQUIJRCA								
ERA	PERIODO	SERIE	GRUPO		LITOLOGIA GRAFICA	DESCRIPCION		
CENOZOICO	CUATERNARIO		MATERIAL FLUVIO GLACIAR			Material fluvio-glacial, aluvial.		
		TERCIARIO	MEDIO A SUPERIOR	CENTRO VOLCANICO	VOLCANICO MARCAPUNTA		Domos y lavas desfilices a cuarsolíticas.	
	TUPO UNISH					Brechas piroclásticas, tobas y lavas		
	INFERIOR		FORMACION CALZEA	MIEMBRO SUPERIOR		Dolomías margosas, dolomías interc. arcilitas, limolitas, areniscas, chert y mantos de óxidos.		
				MIEMBRO MEDIO		Al tope arcilitas, margas y calizas margosas con abundante chert. A la base calizas con rizomorfos y arcilitas verdes.		
		MIEMBRO INFERIOR			Intercalaciones arcilitas y calizas margosas, nódulos micríticos, ostracoides, bioclastos y rizomorfos. En la base caliza mudstone margosa, sedimentos volcanoclasticos y piroclásticos (tobas ricliticas).			
		CONGLOMERADO SHUCO			Brecha sedimentaria de clastos calcáreos sub redondeados a sub angulosos del chambara. Escasos niveles de areniscas, areniscas limosas.			
	MESOZOICO	CRETACEO		MIEMBRO CACUAN			Arcilitas limosas, limolita roja, areniscas y brechas conglomeráticas clastos subangulares a subredondeados cemento calcáreo.	
		JURASICO	INFERIOR	GRUPO PUCARA	PUCARA OCCIDENTAL	FM. CHAMBARA		Pucara Occidental.- Dolomías beige, brechas intraformacionales y dolomías secundarias.
			SUPERIOR				Formación Chambara.- Calizas mudstone nodulares, intercalaciones de calcarenitas bioclasticas.	
PALEZOZOICO		PERMICO SUPERIOR		GRUPO MITU	ARENISCA MITU		Areniscas rojas con lentes de conglomerados.	
	CONGLOMERADO MITU					Conglomerados y brechas de color gris oscuro.		
	DEVONICO		GRUPO EXCELSIOR		Pisarras, filitas y cuarcitas.			
SOCIEDAD MINERA "EL BROCAL" S. A.A. Mina Colquijirca			DPTO. DE GEOLOGIA		GEOLOGIA : CARLOS ANGELES	FECHA : Enero 2005		
					ACTUALIZACION : Marco Panes	FECHA : Agosto 2021		

Mapa N°02. Mapa Geológico Regional – Según Angeles (1996)



#### 4.1.3. Perforaciones diamantinas.

Los trabajos de operación y supervisión estuvieron a cargo de RAMPERÚ, los ensayos de mecánica de suelos y roca fueron realizados por GEOMECÁNICA LATINA.

**Cuadro N° 02.** Características de diámetros de perforación.

Linea	Diametro Sondeo (mm)	Diametro Testigo (mm)	Características Casing
HQ3	95.6	63.5	HW
NQ3	75.3	47.6	HQ

#### 4.1.4. Coordenadas de las perforaciones diamantinas superficiales con la maquina UDR 650 y con la H600.

**Cuadro N° 03.** Coordenadas de las perforaciones maquina UDR 650 y H600.

Ubicación	Máquina	Sondaje	Profundidad propuesta (m)	Profundidad final (m)	Coordenadas propuestas, UTM WGS 84			Azimut propuesta	Dip. Propuesta	Coordenadas finales UTM. WGS 84			Azimut final	Dip. Final
					Este	Norte	Elevación (m.s.n.m)			Este	Norte	Elevación (m.s.n.m.)		
Superficial	UDR650	GEOTECH_OP_001	200	220.2	361248	8809984	4318.7	270	-60	361225.601	8810001.731	4323.729	270	-55
	UDR650	GEOTECH_OP_002	110	130.45	361160	8809570	4272.8	270	-70	361149.829	8809583.794	4275.623	270	-70
	H600	GEOTECH_OP_003	250	210.3	361484.6	8809043.2	4229.2	210	-60	361492.812	8809057.375	4219.699	210	-60
	UDR650	GEOTECH_OP_006	300	300.2	360721.8	8808605.9	4358	60	-60	360721.8	8808605.916	4361.423	60	-65
	H600	GEOTECH_OP_007	200	180	360717	8809003	4298.6	100	-60	360797.874	8808991.565	4302.577	100	-60
	UDR650	GEOTECH_OP_008	120	130.3	360623	88039646	4254.6	60	-60	360688.039	8809677.538	4269.491	60	-60

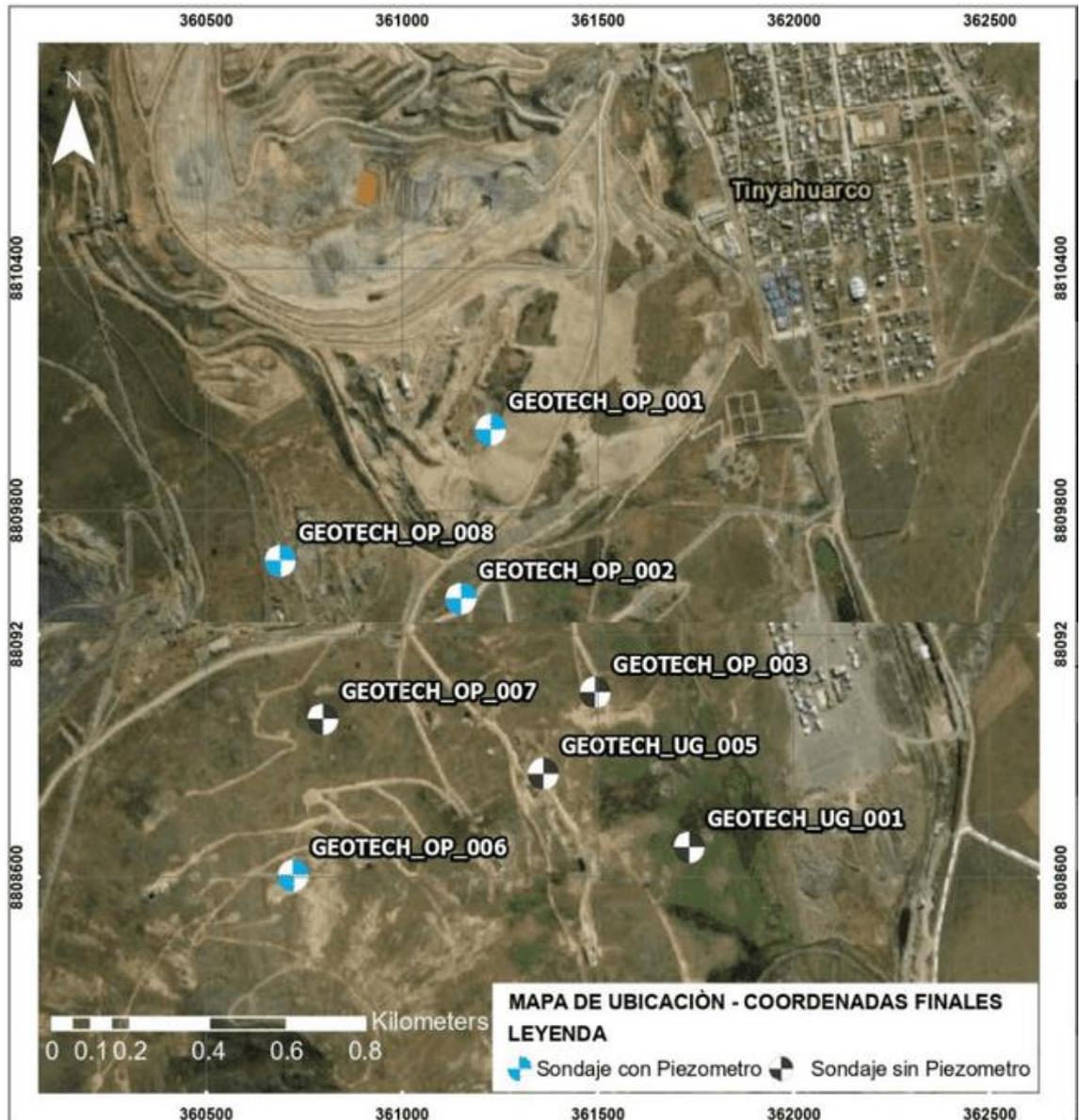
#### 4.1.5. Coordenadas de las perforaciones diamantinas subterránea con la maquina Muky H400.

**Cuadro N° 04.** Coordenadas de las perforaciones maquina H400

Ubicación	Máquina	Sondaje	Profundidad propuesta (m)	Profundidad final (m)	Coordenadas propuestas, UTM WGS 84			Azimut propuesta	Dip. Propuesta	Coordenadas finales UTM. WGS 84			Azimut final	Dip. Final
					Este	Norte	Elevación (m.s.n.m)			Este	Norte	Elevación (m.s.n.m.)		
Subterránea	H400	GEOTECH_UG_005	200	200.3	361132.8	8808493.4	4126.9	210	50	361359.276	8808856.142	4179.5606	210	50
	H400	GEOTECH_UG_001	200	200.15	361507.8	8808390.3	3887	45	-80	361732.137	8808675.977	3935.572	45	-75

#### 4.1.6. Ubicación de las perforaciones diamantinas

Mapa N°03. Mapa Ubicación de los sondajes.



#### 4.1.7. Características geotécnicas de las perforaciones

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición dacitas porfíricas, conglomerados, brechas freatomagmáticas, areniscas y limolitas. La caracterización geotécnica ha servido para la elaboración de la columna perforada.

#### 4.1.7.1. Taladro Geotech\_UG\_001

**Cuadro N° 05.** Descripción de características geomecánicas taladro geotech\_ug\_001.

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
0.30	0.70	Dacitas porfiríticas	53	56	Regular
0.70	1.10	Dacitas porfiríticas	53	56	Regular
1.10	2.60	Dacitas porfiríticas	56	60	Regular
2.60	4.10	Dacitas porfiríticas	47	41	Mala
4.10	4.70	Dacitas porfiríticas	49	53	Regular
4.70	5.05	Dacitas porfiríticas	56	52	Regular
5.05	5.90	Dacitas porfiríticas	51	55	Regular
5.90	7.05	Dacitas porfiríticas	51	55	Regular
7.05	7.90	Dacitas porfiríticas	47	42	Mala
7.90	8.40	Dacitas porfiríticas	56	53	Regular
8.40	9.00	Dacitas porfiríticas	63	67	Regular
9.00	9.60	Dacitas porfiríticas	66	69	Regular
9.60	10.65	Dacitas porfiríticas	60	64	Regular
10.65	11.50	Dacitas porfiríticas	49	43	Mala
11.50	12.45	Dacitas porfiríticas	59	61	Regular
12.45	13.10	Dacitas porfiríticas	46	42	Mala
13.10	13.70	Dacitas porfiríticas	44	39	Mala
13.70	14.35	Dacitas porfiríticas	48	45	Mala
14.35	14.90	Dacitas porfiríticas	52	48	Regular
14.90	15.80	Dacitas porfiríticas	55	60	Regular
15.80	16.65	Dacitas porfiríticas	60	65	Regular
16.65	17.50	Dacitas porfiríticas	61	64	Regular
17.50	18.50	Dacitas porfiríticas	69	72	Buena
18.50	19.10	Dacitas porfiríticas	66	69	Buena
19.10	19.30	Dacitas porfiríticas	66	59	Buena
19.30	20.60	Dacitas porfiríticas	55	49	Regular
20.60	21.80	Dacitas porfiríticas	48	52	Regular
21.80	22.95	Dacitas porfiríticas	73	76	Buena
22.95	24.55	Dacitas porfiríticas	55	59	Regular
24.55	25.65	Dacitas porfiríticas	66	60	Regular
25.65	26.95	Dacitas porfiríticas	54	57	Regular
26.95	27.80	Dacitas porfiríticas	49	45	Mala
27.80	29.30	Dacitas porfiríticas	62	67	Regular
29.30	30.45	Dacitas porfiríticas	61	55	Regular
30.45	31.10	Dacitas porfiríticas	58	63	Regular

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
31.10	31.90	Dacitas porfiríticas	56	60	Regular
31.90	32.10	Dacitas porfiríticas	51	45	Regular
32.10	32.60	Dacitas porfiríticas	71	73	Buena
32.60	33.75	Dacitas porfiríticas	76	78	Buena
33.75	35.25	Dacitas porfiríticas	76	78	Buena
35.25	36.75	Dacitas porfiríticas	64	68	Buena
36.75	38.25	Dacitas porfiríticas	66	70	Buena
38.25	39.80	Dacitas porfiríticas	63	68	Buena
39.80	41.25	Dacitas porfiríticas	60	64	Buena
41.25	42.85	Dacitas porfiríticas	58	63	Buena
42.85	44.30	Dacitas porfiríticas	62	66	Buena
44.30	45.90	Dacitas porfiríticas	61	65	Buena
45.90	47.45	Dacitas porfiríticas	62	67	Buena
47.45	49.00	Dacitas porfiríticas	64	68	Buena
49.00	50.55	Dacitas porfiríticas	63	67	Buena
50.55	52.15	Dacitas porfiríticas	61	67	Buena
52.15	53.25	Dacitas porfiríticas	63	67	Buena
53.25	53.45	Dacitas porfiríticas	52	47	Regular
53.45	55.05	Dacitas porfiríticas	59	64	Regular
55.05	56.60	Dacitas porfiríticas	64	69	Regular
56.60	58.15	Dacitas porfiríticas	69	74	Buena
58.15	59.25	Dacitas porfiríticas	58	52	Regular
59.25	59.90	Dacitas porfiríticas	73	76	Buena
59.90	61.20	Dacitas porfiríticas	65	70	Buena
61.20	62.80	Dacitas porfiríticas	77	79	Buena
62.80	63.90	Conglomerados	63	68	Buena
63.90	65.50	Conglomerados	62	66	Buena
65.50	67.05	Conglomerados	59	63	Buena
67.05	68.20	Conglomerados	55	50	Regular
68.20	68.75	Brechas freatomagmáticas	68	72	Buena
68.75	70.35	Conglomerados	73	76	Buena
70.35	71.85	Brechas freatomagmáticas	68	72	Buena
71.85	73.35	Brechas freatomagmáticas	60	64	Buena
73.35	74.85	Brechas freatomagmáticas	71	75	Buena
74.85	76.15	Brechas freatomagmáticas	66	70	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
76.15	77.75	Brechas freatomagmáticas	71	73	Buena
77.75	78.95	Brechas freatomagmáticas	68	70	Buena
78.95	79.75	Brechas freatomagmáticas	66	70	Buena
79.75	80.35	Brechas freatomagmáticas	75	77	Buena
80.35	81.95	Brechas freatomagmáticas	64	68	Buena
81.95	83.55	Conglomerados	58	52	Buena
83.55	85.15	Conglomerados	66	70	Buena
85.15	86.65	Conglomerados	66	70	Buena
86.65	88.10	Conglomerados	62	66	Buena
88.10	89.65	Conglomerados	61	65	Buena
89.65	91.15	Conglomerados	64	68	Buena
91.15	92.65	Conglomerados	68	72	Buena
92.65	94.15	Conglomerados	70	74	Buena
94.15	95.65	Brechas freatomagmáticas	62	56	Buena
95.65	97.15	Brechas freatomagmáticas	65	68	Buena
97.15	97.90	Brechas freatomagmáticas	72	75	Buena
97.90	98.60	Brechas freatomagmáticas	59	64	Buena
98.60	100.15	Brechas freatomagmáticas	77	80	Buena
100.15	101.55	Conglomerados	64	69	Buena
101.55	103.15	Conglomerados	70	75	Buena
103.15	104.60	Conglomerados	60	64	Buena
104.60	106.15	Conglomerados	70	74	Buena
106.15	107.65	Conglomerados	77	79	Buena
107.65	109.15	Conglomerados	61	65	Buena
109.15	110.65	Conglomerados	68	73	Buena
110.65	112.25	Conglomerados	64	68	Buena
112.25	113.70	Conglomerados	68	73	Buena
113.70	115.20	Conglomerados	65	70	Buena
115.20	116.70	Conglomerados	71	75	Buena
116.70	118.00	Conglomerados	65	70	Buena
118.00	119.60	Conglomerados	70	75	Buena
119.60	121.20	Conglomerados	65	69	Buena
121.20	122.70	Conglomerados	69	73	Buena
122.70	124.20	Conglomerados	72	77	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
124.20	125.70	Conglomerados	75	79	Buena
125.70	127.20	Conglomerados	71	76	Buena
127.20	128.70	Conglomerados	68	73	Buena
128.70	130.20	Conglomerados	68	73	Buena
130.20	131.70	Conglomerados	61	66	Regular
131.70	133.20	Conglomerados	55	60	Regular
133.20	134.60	Conglomerados	66	70	Buena
134.60	136.20	Conglomerados	67	72	Buena
136.20	137.70	Conglomerados	60	65	Buena
137.70	139.20	Conglomerados	71	76	Buena
139.20	140.60	Conglomerados	62	66	Buena
140.60	142.15	Conglomerados	82	83	Buena
142.15	143.65	Conglomerados	69	74	Buena
143.65	145.20	Conglomerados	64	69	Buena
145.20	146.70	Conglomerados	64	69	Buena
146.70	148.10	Conglomerados	64	69	Buena
148.10	149.60	Conglomerados	65	69	Buena
149.60	151.20	Arenisca	67	71	Buena
151.20	152.75	Arenisca	64	69	Buena
152.75	153.35	Arenisca	62	66	Buena
153.35	154.25	Arenisca	70	72	Buena
154.25	155.75	Arenisca	71	75	Buena
155.75	157.25	Arenisca	64	69	Buena
157.25	157.95	Conglomerados	75	77	Buena
157.95	158.80	Brechas freatomagmáticas	75	77	Buena
158.80	160.30	Conglomerados	80	82	Buena
160.30	161.75	Brechas freatomagmáticas	66	71	Buena
161.75	163.25	Conglomerados	79	81	Buena
163.25	164.75	Dacitas porfiríticas	65	69	Buena
164.75	165.55	Arenisca	40	36	Mala
165.55	166.25	Dacitas porfiríticas	62	56	Buena
166.25	167.75	Dacitas porfiríticas	60	64	Buena
167.75	169.25	Dacitas porfiríticas	56	50	Buena
169.25	170.75	Dacitas porfiríticas	56	61	Buena
170.75	172.30	Dacitas porfiríticas	60	64	Buena

173.80	175.30	Dacitas porfiríticas	59	63	Buena
175.30	176.80	Dacitas porfiríticas	63	67	Buena
176.80	178.30	Dacitas porfiríticas	57	61	Buena
178.30	179.80	Dacitas porfiríticas	76	78	Buena
179.80	181.30	Dacitas porfiríticas	78	80	Buena
181.30	182.80	Dacitas porfiríticas	65	69	Buena
182.80	184.30	Dacitas porfiríticas	78	80	Buena
184.30	185.80	Dacitas porfiríticas	80	81	Buena
185.80	187.30	Dacitas porfiríticas	80	81	Buena
187.30	188.80	Dacitas porfiríticas	80	81	Buena
188.80	190.35	Dacitas porfiríticas	74	77	Buena
190.35	191.85	Dacitas porfiríticas	47	44	Mala
191.85	193.35	Dacitas porfiríticas	54	50	Mala
193.35	194.85	Dacitas porfiríticas	46	42	Mala
194.85	196.35	Limolitas	45	41	Mala
196.35	197.85	Limolitas	40	38	Mala
197.85	199.35	Limolitas	66	70	Buena
199.35	200.15	Limolitas	54	49	Regular

#### 4.1.7.2. Taladro Geotech\_UG\_005

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición dacitas porfiríticas, aglomerados, depósitos piroclásticos tobas y brechas en la base.

**Cuadro N° 06.** Descripción de características geomecánicas taladro geotech\_ug\_005.

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
0.00	1.00	Dacitas porfiríticas	42	41	Mala
1.00	2.60	Dacitas porfiríticas	56	62	Regular
2.60	4.05	Dacitas porfiríticas	63	59	Regular
4.05	5.55	Dacitas porfiríticas	52	49	Regular
5.55	6.95	Brechas freatomagmáticas	45	41	Mala
6.95	8.50	Aglomerado	80	82	Buena
8.50	10.05	Aglomerado	69	71	Buena
10.05	11.55	Aglomerado	64	68	Buena
11.55	12.85	Aglomerado	81	83	Buena
12.85	14.35	Aglomerado	54	59	Regular
14.35	15.85	Aglomerado	80	82	Buena
15.85	17.45	Aglomerado	77	79	Buena
17.45	18.95	Aglomerado	65	68	Buena
18.95	20.45	Aglomerado	63	67	Buena
20.45	21.75	Aglomerado	76	78	Buena
21.75	22.95	Aglomerado	48	44	Mala
22.95	24.45	Dacitas porfiríticas	34	31	Mala
24.45	26.00	Dacitas porfiríticas	60	64	Regular
26.00	27.50	Dacitas porfiríticas	51	47	Mala
27.50	29.00	Dacitas porfiríticas	62	65	Regular
29.00	30.50	Dacitas porfiríticas	49	46	Regular
30.50	32.00	Aglomerado	70	71	Buena
32.00	33.05	Dacitas porfiríticas	*	*	*
33.05	34.60	Dacitas porfiríticas	64	68	Buena
34.60	36.10	Depósitos piroclásticos	74	78	Buena
36.10	37.70	Depósitos piroclásticos	63	67	Buena
37.70	39.30	Aglomerado	68	72	Buena
39.30	40.90	Aglomerado	*	*	*
40.90	42.50	Aglomerado	74	78	Buena
42.50	44.10	Aglomerado	62	65	Regular
44.10	45.70	Aglomerado	*	*	*

45.70	47.20	Aglomerado	*	*	*
47.20	48.70	Dacitas porfiríticas	*	*	*
48.70	50.20	Dacitas porfiríticas	61	66	Regular
50.20	51.75	Depósitos piroclásticos	68	72	Buena
51.75	53.20	Depósitos piroclásticos	58	53	Regular
53.20	54.70	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
54.70	56.20	Depósitos piroclásticos	64	68	Regular
56.20	57.70	Depósitos piroclásticos	67	71	Buena
57.70	59.20	Depósitos piroclásticos	58	63	Buena
59.20	60.70	Depósitos piroclásticos	64	68	Regular
60.70	62.20	Depósitos piroclásticos	66	69	Regular
62.20	63.65	Depósitos piroclásticos	60	66	Regular
63.65	65.20	Depósitos piroclásticos	59	63	Regular
65.20	66.70	Depósitos piroclásticos	56	60	Regular
66.70	68.10	Depósitos piroclásticos	52	56	Regular
68.10	69.60	Depósitos piroclásticos	53	58	Regular
69.60	71.10	Tobas	*	*	*
71.10	72.70	Tobas	51	57	Buena
72.70	74.30	Tobas	55	60	Buena
74.30	75.70	Tobas	46	42	Mala
75.70	77.20	Tobas	58	63	Buena
77.20	78.80	Tobas	63	67	Buena
78.80	80.40	Tobas	43	40	Mala
80.40	81.90	Tobas	45	41	Mala
81.90	83.30	Tobas	41	39	Mala
83.30	84.60	Tobas	40	38	Mala
84.60	85.40	Tobas	54	58	Regular
85.40	87.00	Depósitos piroclásticos	60	64	Buena
87.00	88.10	Depósitos piroclásticos	75	77	Buena

88.10	89.60	Depósitos piroclásticos	78	80	Buena
89.60	91.20	Depósitos piroclásticos	62	57	Buena
91.20	92.60	Depósitos piroclásticos	65	69	Buena
92.60	93.80	Depósitos piroclásticos	62	67	Buena
93.80	95.20	Tobas	71	75	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>8</sup> <sub>9</sub>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
95.20	96.80	Depósitos piroclásticos	64	69	Buena
96.80	98.20	Depósitos piroclásticos	52	46	Buena
98.20	99.70	Depósitos piroclásticos	56	61	Buena
99.70	101.00	Depósitos piroclásticos	55	49	Regular
101.00	102.40	Depósitos piroclásticos	68	72	Buena
102.40	104.00	Depósitos piroclásticos	59	64	Buena
104.00	105.50	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
105.50	107.00	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
107.00	108.40	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
108.40	109.20	Brechas	46	51	Mala
109.20	110.70	Brechas	37	42	Buena
110.70	112.10	Brechas	53	58	Buena
112.10	113.70	Tobas	55	60	Regular
113.70	115.10	Tobas	46	41	Mala
115.10	116.60	Tobas	48	53	Mala
116.60	118.10	Tobas	53	58	Regular
118.10	119.55	Tobas	55	60	Regular
119.55	121.00	Tobas	46	51	Mala
121.00	122.50	Tobas	48	53	Mala
122.50	124.00	Tobas	44	49	Mala
124.00	125.60	Tobas	46	51	Mala
125.60	127.00	Tobas	42	47	Mala
127.00	127.80	Tobas	52	57	Regular
127.80	129.40	Dacitas porfiríticas	51	56	Regular
129.40	130.40	Dacitas porfiríticas	50	55	Regular

130.40	131.90	Dacitas porfiríticas	62	67	Buena
131.90	133.50	Dacitas porfiríticas	53	58	Regular
133.50	134.90	Dacitas porfiríticas	62	67	Buena
134.90	136.40	Dacitas porfiríticas	51	56	Regular
136.40	137.80	Dacitas porfiríticas	31	28	Regular
137.80	139.30	Dacitas porfiríticas	49	54	Regular
139.30	140.70	Dacitas porfiríticas	51	56	Regular
140.70	142.20	Dacitas porfiríticas	49	44	Mala
142.20	143.00	Dacitas porfiríticas	49	54	Mala
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
143.00	144.60	Dacitas porfiríticas	62	67	Buena
144.60	145.80	Dacitas porfiríticas	53	58	Buena
145.80	147.20	Dacitas porfiríticas	60	65	Buena
147.20	148.30	Dacitas porfiríticas	62	67	Buena
148.30	148.90	Dacitas porfiríticas	55	60	Buena
148.90	150.40	Dacitas porfiríticas	47	44	Mala
150.40	151.70	Dacitas porfiríticas	60	65	Regular
151.70	153.20	Dacitas porfiríticas	55	60	Regular
153.20	154.70	Dacitas porfiríticas	55	60	Regular
154.70	156.30	Dacitas porfiríticas	62	67	Regular
156.30	157.80	Dacitas porfiríticas	58	63	Regular
157.80	158.30	Dacitas porfiríticas	55	60	Regular
158.30	159.90	Dacitas porfiríticas	60	65	Regular
159.90	160.90	Dacitas porfiríticas	62	67	Regular
160.90	162.40	Dacitas porfiríticas	55	60	Regular
162.40	164.00	Dacitas porfiríticas	60	65	Regular
164.00	165.55	Dacitas porfiríticas	58	63	Regular
165.55	167.15	Dacitas porfiríticas	60	65	Regular
167.15	168.10	Dacitas porfiríticas	57	62	Regular
168.10	169.70	Dacitas porfiríticas	60	65	Regular
169.70	171.20	Dacitas porfiríticas	60	65	Regular
171.20	172.75	Dacitas porfiríticas	62	67	Regular
172.75	174.30	Dacitas porfiríticas	62	67	Regular
174.30	175.80	Dacitas porfiríticas	53	58	Regular
175.80	176.55	Dacitas porfiríticas	53	58	Regular
176.55	178.10	Dacitas porfiríticas	60	65	Regular
178.10	179.70	Dacitas porfiríticas	39	34	Mala

179.70	180.50	Dacitas porfiríticas	53	58	Regular
180.50	182.00	Dacitas porfiríticas	55	60	Regular
182.00	183.50	Dacitas porfiríticas	47	52	Mala
183.50	185.00	Dacitas porfiríticas	45	40	Mala
185.00	186.60	Dacitas porfiríticas	48	53	Mala
186.60	188.10	Dacitas porfiríticas	50	55	Regular
188.10	189.65	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
189.65	189.95	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
189.95	190.95	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
190.95	192.35	Depósitos piroclásticos	45	40	Mala
192.35	193.45	Depósitos piroclásticos	46	43	Mala
193.45	195.05	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
195.05	196.65	Depósitos piroclásticos	57	62	Regular
196.65	198.25	Depósitos piroclásticos	48	53	Mala
198.25	199.80	Depósitos piroclásticos	45	40	Mala
199.80	200.30	Brechas	49	54	Mala

#### 4.1.7.3. Taladro Geotech\_OP\_001

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición dacitas porfiríticas, calizas, calizas varvadas, dolomías, dolomías varvadas y limoarcillitas.

**Cuadro N° 07.** Descripción de características geomecánicas taladro geotech\_op\_001.

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
81.55	82.30	Dacitas porfiríticas	64	68	Regular
81.55	83.80	Dacitas porfiríticas	44	41	Mala
83.80	85.30	Dacitas porfiríticas	48	45	Mala
85.30	85.80	Calizas	57	53	Regular
85.80	87.30	Calizas	49	48	Mala
87.30	87.40	Calizas	*	*	*
87.40	88.30	Calizas	51	48	Regular
88.30	89.80	Calizas	57	54	Regular
89.80	91.30	Calizas	55	51	Regular
91.30	92.80	Calizas	46	45	Mala
92.80	94.30	Calizas	52	48	Regular
94.30	95.80	Calizas	53	50	Regular
95.80	97.30	Calizas	63	68	Buena
97.30	97.80	Calizas	60	57	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
97.80	99.30	Calizas	64	59	Buena
99.30	99.70	Calizas	50	48	Mala
99.70	100.40	Calizas	64	59	Regular
100.40	101.60	Calizas	54	49	Regular
101.60	103.10	Caliza varvadas	51	45	Mala
103.10	104.60	Caliza varvadas	49	46	Mala
104.60	106.15	Calizas	47	44	Mala
106.15	107.60	Calizas	51	46	Mala
107.60	109.10	Calizas	43	42	Mala
109.10	110.10	Calizas	44	43	Mala
110.10	111.60	Calizas	46	42	Mala
111.60	112.30	Calizas	45	42	Mala
112.30	112.60	Calizas	61	56	Buena
112.60	114.10	Calizas	54	60	Regular
114.10	115.30	Calizas	55	49	Regular
115.30	116.80	Calizas	53	49	Regular

116.80	118.30	Calizas	55	51	Regular
118.30	119.00	Calizas	61	56	Regular
119.00	119.70	Calizas	50	47	Mala
119.70	120.10	Calizas	57	51	Regular
120.10	121.30	Calizas	55	49	Regular
121.30	122.80	Caliza Varvadas	50	46	Mala
122.80	124.30	Calizas	50	47	Regular
124.30	125.80	Calizas	51	48	Regular
125.80	126.00	Calizas	63	57	Regular
126.00	127.30	Calizas	47	43	Mala
127.30	128.40	Dolomías	47	42	Mala
128.40	129.05	Dolomías	50	46	Mala
129.05	130.05	Dolomías	44	39	Mala
130.05	131.60	Dolomías	48	44	Mala
131.60	132.10	Limoarcillitas	47	44	Mala
132.10	133.40	Limoarcillitas	52	49	Mala
133.40	134.95	Limoarcillitas	48	45	Mala
134.95	135.60	Limoarcillitas	46	42	Mala
135.60	136.60	Dolomías	53	48	Mala
136.60	138.15	Dolomías	48	45	Mala
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
138.15	138.85	Dolomías	44	41	Mala
138.85	139.55	Dolomías	53	49	Mala
139.55	140.00	Dolomías	46	42	Mala
140.00	141.50	Dolomías	53	49	Mala
141.50	141.75	Dolomías varvadas	55	51	Mala
141.75	142.70	Dolomías varvadas	51	47	Mala
142.70	144.05	Dolomías varvadas	50	47	Mala
144.05	145.50	Dolomías varvadas	47	44	Mala
145.50	147.00	Dolomías varvadas	50	46	Mala
147.00	148.00	Calizas	51	46	Mala
148.00	149.50	Calizas	44	40	Mala
149.50	150.20	Calizas	43	40	Mala
150.20	151.70	Calizas	45	42	Mala
151.70	153.20	Dolomías varvadas	57	53	Mala

153.20	154.70	Tobas	55	51	Mala
154.70	155.70	Dolomías varvadas	44	40	Mala
155.70	157.20	Dolomías varvadas	46	42	Mala
157.20	158.70	Dolomías	50	46	Mala
158.70	160.20	Tobas	47	43	Mala
160.20	161.70	Dolomías	47	43	Mala
163.20	163.30	Dolomías	28	25	Muy mala
163.30	164.15	Dolomías	24	19	Muy mala
164.15	165.25	Dolomías	24	19	Muy mala
165.25	165.55	Dolomías	29	26	Muy mala
165.55	166.25	Dolomías	24	24	Muy mala
166.25	166.65	Margas	27	24	Muy mala
166.65	167.50	Margas	27	24	Muy mala
167.50	167.75	Dolomías varvadas	30	27	Muy mala
167.75	168.05	Limoarcillitas	27	24	Muy mala
168.05	169.55	Limoarcillitas	28	25	Muy mala
169.55	170.55	Limoarcillitas	33	30	Muy mala
170.55	171.55	Limoarcillitas	41	36	Muy mala
171.55	172.65	Limoarcillitas	38	33	Muy mala
172.65	174.15	Limoarcillitas	42	37	Muy mala
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
174.15	175.65	Dolomías	30	27	Muy mala
175.65	176.05	Dolomías	45	40	Muy mala
176.05	177.55	Dolomías	41	36	Muy mala
177.55	178.65	Dolomías	45	50	Muy mala
178.65	179.45	Dolomías	43	48	Muy mala
179.45	179.65	Dolomías	39	34	Muy mala
179.65	180.20	Dolomías	24	24	Muy mala
180.20	180.35	Dolomías	33	30	Muy mala
180.35	181.70	Dolomías varvadas	23	18	Muy mala
181.70	183.05	Dolomías varvadas	37	34	Muy mala
183.05	184.55	Dolomías varvadas	41	36	Muy mala
184.55	185.25	Dolomías varvadas	45	50	Mala
185.25	186.75	Dolomías	39	36	Muy mala
186.75	187.75	Dolomías	43	38	Muy mala

187.75	189.25	Dolomías	45	50	Mala
189.25	190.75	Dolomías	37	34	Mala
190.75	192.25	Dolomías	41	36	Mala
192.25	193.75	Dolomías	41	36	Mala
193.75	195.25	Dolomías	45	50	Mala
195.25	196.05	Dolomías	39	36	Mala
196.05	196.30	Dolomías	37	34	Mala
196.30	196.70	Dolomías	27	24	Muy mala
196.70	198.20	Dolomías	28	25	Mala
198.20	199.70	Dolomías	45	40	Mala
199.70	200.20	Dolomías	45	50	Mala

#### **4.1.7.4. Taladro Geotech\_OP\_002**

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta solo de dacitas porfiríticas.

**Cuadro N° 08.** Descripción de características geomecánicas taladro geotech\_op\_002.

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
4.55	5.15	Dacitas porfiríticas	68	70	Buena
5.15	5.75	Dacitas porfiríticas	68	70	Buena
5.75	6.35	Dacitas porfiríticas	68	70	Buena
6.35	6.80	Dacitas porfiríticas	55	60	Buena
6.80	7.25	Dacitas porfiríticas	65	67	Buena
7.25	8.15	Dacitas porfiríticas	68	70	Buena
8.15	9.55	Dacitas porfiríticas	53	59	regular
9.55	10.00	Dacitas porfiríticas	68	70	Buena
10.00	10.40	Dacitas porfiríticas	69	71	Buena
10.40	11.95	Dacitas porfiríticas	74	76	Buena
11.95	13.40	Dacitas porfiríticas	53	57	Buena
13.40	14.90	Dacitas porfiríticas	56	62	Buena
14.90	16.40	Dacitas porfiríticas	58	63	Buena
16.40	17.90	Dacitas porfiríticas	46	52	Buena
17.90	19.40	Dacitas porfiríticas	65	70	Buena
19.40	20.90	Dacitas porfiríticas	64	68	Buena
20.90	22.40	Dacitas porfiríticas	55	59	Buena
22.40	23.90	Dacitas porfiríticas	52	57	Buena
23.90	25.40	Dacitas porfiríticas	63	67	Buena
25.40	26.90	Dacitas porfiríticas	38	34	Buena
26.90	27.90	Dacitas porfiríticas	43	40	Buena
27.90	28.40	Dacitas porfiríticas	60	63	Buena
28.40	29.90	Dacitas porfiríticas	65	70	Buena
29.90	31.40	Dacitas porfiríticas	63	68	Buena
31.40	32.90	Dacitas porfiríticas	59	65	Buena
32.90	34.40	Dacitas porfiríticas	80	81	Buena
34.40	35.90	Dacitas porfiríticas	63	69	Buena
35.90	37.40	Dacitas porfiríticas	56	60	Buena
37.40	38.90	Dacitas porfiríticas	79	80	Buena
38.90	40.40	Dacitas porfiríticas	80	81	Buena
40.40	41.90	Dacitas porfiríticas	81	82	Buena
41.90	43.40	Dacitas porfiríticas	56	52	Buena
43.40	44.90	Dacitas porfiríticas	68	71	Buena

44.90	46.40	Dacitas porfiríticas	80	81	Buena
46.40	47.90	Dacitas porfiríticas	75	77	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
47.90	49.40	Dacitas porfiríticas	75	78	Buena
49.40	50.90	Dacitas porfiríticas	53	58	Buena
50.90	52.40	Dacitas porfiríticas	67	71	Buena
52.40	53.90	Dacitas porfiríticas	76	78	Buena
53.90	55.40	Dacitas porfiríticas	78	79	Buena
55.40	56.90	Dacitas porfiríticas	62	67	Buena
56.90	58.40	Dacitas porfiríticas	74	77	Buena
58.40	59.90	Dacitas porfiríticas	69	73	Buena
59.90	61.40	Dacitas porfiríticas	60	63	Buena
61.40	64.40	Dacitas porfiríticas	53	57	Buena
64.40	65.90	Dacitas porfiríticas	54	59	Buena
65.90	67.40	Dacitas porfiríticas	51	47	Buena
67.40	68.90	Dacitas porfiríticas	50	45	Buena
68.90	70.40	Dacitas porfiríticas	51	56	Buena
70.40	71.90	Dacitas porfiríticas	47	42	Mala
71.90	73.40	Dacitas porfiríticas	48	43	Mala
73.40	74.90	Dacitas porfiríticas	50	46	Mala
74.90	76.40	Dacitas porfiríticas	61	65	Buena
76.40	77.90	Dacitas porfiríticas	45	41	Mala
77.90	79.40	Dacitas porfiríticas	45	41	Mala
79.40	80.90	Dacitas porfiríticas	47	43	Mala
80.90	82.40	Dacitas porfiríticas	42	38	Mala
82.40	83.90	Dacitas porfiríticas	47	44	Mala
83.90	85.40	Dacitas porfiríticas	55	49	Mala
85.40	86.90	Dacitas porfiríticas	57	62	Regular
86.90	88.40	Dacitas porfiríticas	58	52	Regular
88.40	89.90	Dacitas porfiríticas	66	71	Buena
89.90	91.40	Dacitas porfiríticas	55	60	Buena
91.40	92.90	Dacitas porfiríticas	65	70	Buena
92.90	94.40	Dacitas porfiríticas	65	70	Buena
94.40	95.90	Dacitas porfiríticas	53	57	Regular
95.90	97.40	Dacitas porfiríticas	49	44	Buena
97.40	98.90	Dacitas porfiríticas	57	62	Buena

98.90	100.40	Dacitas porfiríticas	60	65	Buena
100.40	101.90	Dacitas porfiríticas	60	64	Buena
101.90	103.30	Dacitas porfiríticas	41	36	Mala
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
103.30	104.80	Dacitas porfiríticas	39	44	Buena
104.80	106.40	Dacitas porfiríticas	41	46	Mala
106.40	107.90	Dacitas porfiríticas	43	48	Mala
107.90	109.40	Dacitas porfiríticas	41	46	Mala
109.40	110.00	Dacitas porfiríticas	41	46	Mala
110.00	111.40	Dacitas porfiríticas	45	50	Mala
111.40	112.40	Dacitas porfiríticas	50	55	Mala
112.40	113.90	Dacitas porfiríticas	45	50	Mala
113.90	114.55	Dacitas porfiríticas	32	37	Mala
114.55	116.05	Dacitas porfiríticas	32	37	Mala
116.05	117.10	Dacitas porfiríticas	40	45	Mala
117.10	118.40	Dacitas porfiríticas	44	49	Mala
118.40	119.90	Dacitas porfiríticas	42	47	Mala
119.90	121.00	Dacitas porfiríticas	34	29	Mala
121.00	122.50	Dacitas porfiríticas	44	49	Mala
122.50	123.50	Dacitas porfiríticas	40	35	Mala
123.50	125.00	Dacitas porfiríticas	40	45	Mala
125.00	125.80	Dacitas porfiríticas	42	47	Mala
125.80	127.35	Dacitas porfiríticas	38	43	Mala
127.35	128.90	Dacitas porfiríticas	44	49	Mala
128.90	130.45	Dacitas porfiríticas	50	55	Regular

#### 4.1.7.5. Taladro Geotech\_OP\_003

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición margas, conglomerados, volcanoclásticos, dacitas porfiríticas y limoarcillitas.

**Cuadro N° 09.** Descripción de características geomecánicas taladro geotech\_op\_003.

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
19.85	20.85	Marga	54	49	Mala
20.85	22.05	Marga	51	47	Mala
22.05	23.60	Marga	55	60	Regular
23.60	25.00	Marga	62	66	Regular
25.00	26.60	Marga	59	64	Regular
26.60	28.05	Marga	61	65	Regular
28.05	29.65	Marga	73	76	Buena
29.65	31.05	Marga	65	69	Buena
31.05	32.65	Conglomerados	62	67	Buena
32.65	34.05	Volcanoclásticos	56	63	Regular
34.05	35.65	Volcanoclásticos	57	63	Regular
35.65	37.10	Conglomerados	68	72	Buena
37.10	38.70	Marga	64	67	Buena
38.70	40.20	Marga	78	79	Buena
40.20	41.80	Marga	59	65	Regular
41.80	43.20	Volcanoclásticos	59	55	Regular
43.20	44.80	Volcanoclásticos	59	64	Buena
44.80	46.20	Marga	68	70	Buena
46.20	47.70	Marga	78	79	Buena
47.70	49.20	Marga	62	66	Buena
49.20	50.70	Marga	68	70	Buena
50.70	52.20	Marga	78	79	Buena
52.20	53.80	Marga	68	70	Buena
53.80	55.20	Volcanoclásticos	73	76	Buena
55.20	56.80	Volcanoclásticos	64	66	Buena
56.80	58.15	Volcanoclásticos	79	80	Buena
58.15	59.65	Volcanoclásticos	74	76	Regular
59.65	61.15	Volcanoclásticos	60	64	Regular
61.15	62.65	Conglomerados	62	66	Buena
62.65	64.15	Marga	72	73	Buena
64.15	65.75	Marga	61	66	Buena
65.75	67.15	Marga	78	79	Buena
67.15	68.70	Conglomerados	61	65	Regular

68.70	70.15	Conglomerados	72	75	Regular
70.15	71.75	Conglomerados	76	79	Buena
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
71.75	73.15	Marga	80	81	Buena
73.15	74.75	Marga	74	75	Buena
74.75	76.20	Marga	72	74	Buena
76.20	77.80	Marga	79	80	Buena
77.80	79.30	Marga	61	65	Buena
79.30	80.90	Marga	58	63	Regular
80.90	82.20	Marga	69	72	Buena
82.20	83.80	Marga	76	78	Buena
83.80	85.25	Marga	60	65	Regular
85.25	86.75	Marga	60	65	Regular
86.75	88.25	Marga	71	74	Buena
88.25	89.75	Marga	74	76	Buena
89.75	91.25	Marga	65	69	Buena
91.25	92.85	Marga	60	64	Regular
92.85	94.25	Conglomerados	79	80	Buena
94.25	95.85	Conglomerados	63	57	Regular
95.85	97.35	Conglomerados	58	62	Regular
97.35	98.85	Conglomerados	61	66	Regular
98.85	100.35	Conglomerados	58	63	Regular
100.35	101.90	Volcanoclásticos	47	43	Mala
101.90	103.35	Volcanoclásticos	53	48	Mala
103.35	104.90	Volcanoclásticos	79	80	Buena
104.90	106.35	Volcanoclásticos	78	79	Buena
106.35	107.85	Volcanoclásticos	67	72	Buena
107.85	109.35	Volcanoclásticos	57	52	Regular
109.35	110.55	Volcanoclásticos	65	69	Buena
110.55	112.00	Volcanoclásticos	80	81	Buena
112.00	113.50	Volcanoclásticos	58	63	Regular
113.50	115.00	Conglomerados	62	66	Regular
115.00	116.50	Conglomerados	78	79	Buena
116.50	118.00	Conglomerados	78	79	Buena
118.00	119.50	Conglomerados	78	79	Buena
119.50	121.00	Conglomerados	67	70	Buena

121.00	122.50	Conglomerados	48	44	Mala
122.50	123.50	Conglomerados	43	42	Mala
123.50	124.65	Conglomerados	64	67	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
124.65	126.15	Conglomerados	46	43	Mala
126.15	127.65	Conglomerados	47	45	Mala
127.65	128.65	Conglomerados	79	80	Buena
128.65	130.00	Conglomerados	68	72	Buena
130.00	131.55	Volcanoclásticos	60	65	Buena
131.55	133.00	Volcanoclásticos	54	50	Regular
133.00	134.55	Volcanoclásticos	70	75	Buena
134.55	136.00	Conglomerados	61	66	Regular
136.00	137.50	Volcanoclásticos	52	48	Mala
137.50	139.00	Volcanoclásticos	64	57	Regular
139.00	140.50	Conglomerados	59	52	Regular
140.50	142.05	Conglomerados	65	70	Buena
142.05	143.45	Conglomerados	59	54	Regular
143.45	150.00	Vacío	*	*	*
150.00	150.30	Conglomerados	74	75	Buena
150.30	151.05	Conglomerados	57	52	Regular
151.05	152.25	Conglomerados	59	53	Regular
152.25	153.40	Conglomerados	56	50	Regular
153.40	154.90	Conglomerados	74	77	Buena
154.90	156.50	Conglomerados	59	53	Regular
156.50	158.00	Conglomerados	51	47	Mala
158.00	159.50	Conglomerados	65	69	Buena
159.50	161.00	Conglomerados	69	71	Buena
161.00	162.50	Conglomerados	59	53	Regular
162.50	162.70	Conglomerados	74	65	Buena
162.70	164.20	Conglomerados	52	49	Mala
164.20	164.90	Vacío	*	*	*
164.90	166.00	Conglomerados	51	48	Mala
166.00	167.50	Conglomerados	53	49	Mala
167.50	169.00	Conglomerados	56	51	Regular
169.00	170.50	Conglomerados	57	53	Regular
170.50	172.00	Conglomerados	63	67	Buena
172.00	173.50	Conglomerados	66	70	Buena

173.50	174.80	Conglomerados	54	49	Mala
174.80	175.60	Conglomerados	*	*	*
175.60	177.10	Conglomerados	69	72	Buena
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
177.10	178.50	Conglomerados	54	50	Regular
178.50	179.80	Conglomerados	53	50	Regular
179.80	181.40	Conglomerados	47	44	Mala
181.40	183.00	Conglomerados	47	44	Mala
183.00	184.50	Conglomerados	59	54	Buena
184.50	186.00	Conglomerados	37	34	Mala
186.00	187.50	Conglomerados	33	30	Mala
187.50	189.10	Dacita porfirítica	39	34	Mala
189.10	189.20	Dacita porfirítica	37	34	Mala
189.20	190.50	Dacita porfirítica	43	48	Mala
190.50	192.10	Dacita porfirítica	35	32	Mala
192.10	192.55	Dacita porfirítica	42	47	Mala
192.55	192.95	Dacita porfirítica	40	35	Mala
192.95	193.75	Dacita porfirítica	40	35	Mala
193.75	195.35	Dacita porfirítica	29	26	Mala
195.35	196.15	Conglomerados	35	32	Mala
196.15	197.65	Conglomerados	39	36	Mala
197.65	199.05	Conglomerados	41	36	Mala
199.05	199.65	Limoarcillitas	31	28	Mala
199.65	201.15	Limoarcillitas	35	32	Mala
201.15	202.65	Limoarcillitas	35	32	Mala
202.65	204.25	Limoarcillitas	38	33	Mala
204.25	205.30	Limoarcillitas	42	47	Mala
205.30	206.85	Limoarcillitas	42	47	Mala
206.85	208.15	Limoarcillitas	42	47	Mala
208.15	209.70	Limoarcillitas	38	33	Mala
209.70	210.30	Limoarcillitas	44	49	Mala

#### 4.1.7.6. Taladro Geotech\_OP\_006

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición dacitas porfiríticas, depósitos piroclásticos y brechas freatomagmáticas.

**Cuadro N° 10.** Descripción de características geomecánicas taladro geotech\_op\_006.

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
21.90	23.50	Dacitas porfiríticas	41	46	Mala
23.50	25.00	Dacitas porfiríticas	44	49	Mala
25.00	26.40	Dacitas porfiríticas	43	48	Mala
26.40	28.00	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
28.00	29.50	Dacitas porfiríticas	45	50	Mala
29.50	31.00	Dacitas porfiríticas	46	42	Mala
31.00	32.50	Dacitas porfiríticas	54	51	Regular
32.50	34.00	Dacitas porfiríticas	33	39	Mala
34.00	35.50	Dacitas porfiríticas	56	61	Buena
35.50	37.00	Dacitas porfiríticas	43	38	Mala
37.00	38.50	Dacitas porfiríticas	54	49	Mala
38.50	40.00	Dacitas porfiríticas	56	51	Regular
40.00	41.50	Dacitas porfiríticas	62	57	Regular
41.50	43.00	Dacitas porfiríticas	58	63	Regular
43.00	44.50	Dacitas porfiríticas	57	51	Regular
44.50	46.00	Dacitas porfiríticas	48	46	Mala
46.00	47.55	Dacitas porfiríticas	60	64	Regular
47.55	49.00	Dacitas porfiríticas	60	66	Regular
49.00	50.50	Dacitas porfiríticas	51	46	Regular
50.50	52.00	Dacitas porfiríticas	52	58	Regular
52.00	53.15	Dacitas porfiríticas	44	42	Mala
53.15	54.65	Dacitas porfiríticas	48	44	Mala
54.65	56.15	Dacitas porfiríticas	41	46	Mala
56.15	57.10	Dacitas porfiríticas	44	49	Mala
57.10	58.70	Dacitas porfiríticas	52	58	Regular
58.70	60.30	Dacitas porfiríticas	46	52	Mala

60.30	61.90	Dacitas porfiríticas	60	64	Regular
61.90	63.50	Dacitas porfiríticas	56	61	Regular
63.50	65.10	Dacitas porfiríticas	56	60	Regular
65.10	66.70	Dacitas porfiríticas	55	60	Regular
66.70	68.20	Dacitas porfiríticas	59	64	Buena
68.20	69.70	Dacitas porfiríticas	62	66	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
69.70	71.20	Dacitas porfiríticas	57	52	Regular
71.20	72.80	Dacitas porfiríticas	51	45	Mala
72.80	74.30	Dacitas porfiríticas	53	57	Regular
74.30	75.90	Dacitas porfiríticas	72	74	Buena
75.90	77.50	Dacitas porfiríticas	58	63	Buena
77.50	79.00	Dacitas porfiríticas	60	65	Buena
79.00	80.50	Dacitas porfiríticas	64	68	Buena
80.50	82.00	Dacitas porfiríticas	73	74	Buena
82.00	83.50	Dacitas porfiríticas	73	75	Buena
83.50	85.00	Dacitas porfiríticas	75	77	Buena
85.00	86.50	Dacitas porfiríticas	70	73	Buena
86.50	88.00	Dacitas porfiríticas	77	79	Buena
88.00	89.50	Dacitas porfiríticas	70	73	Buena
89.50	91.00	Dacitas porfiríticas	69	72	Buena
91.00	92.50	Dacitas porfiríticas	72	75	Buena
92.50	94.00	Dacitas porfiríticas	67	70	Buena
94.00	95.50	Dacitas porfiríticas	72	75	Buena
95.50	97.00	Dacitas porfiríticas	72	75	Buena
97.00	98.50	Dacitas porfiríticas	69	61	Buena
98.50	100.00	Dacitas porfiríticas	65	69	Buena
100.00	101.50	Dacitas porfiríticas	69	72	Buena
101.50	103.00	Dacitas porfiríticas	74	77	Buena
103.00	104.10	Dacitas porfiríticas	62	65	Buena
104.10	105.60	Dacitas porfiríticas	67	71	Buena
105.60	107.10	Dacitas porfiríticas	59	53	Buena
107.10	108.30	Dacitas porfiríticas	51	45	Mala
108.30	109.55	Dacitas porfiríticas	47	43	Mala
109.55	110.80	Dacitas porfiríticas	45	42	Mala
110.80	111.90	Dacitas porfiríticas	53	48	Mala

111.90	113.40	Dacitas porfiríticas	68	70	Buena
113.40	114.90	Dacitas porfiríticas	77	79	Buena
114.90	116.40	Dacitas porfiríticas	76	78	Buena
116.40	117.90	Dacitas porfiríticas	68	72	Buena
117.90	119.40	Dacitas porfiríticas	67	70	Buena
119.40	120.90	Dacitas porfiríticas	67	71	Buena
120.90	122.15	Dacitas porfiríticas	68	72	Buena
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
122.15	123.65	Dacitas porfiríticas	64	68	Buena
123.65	125.25	Dacitas porfiríticas	58	62	Buena
125.25	126.85	Dacitas porfiríticas	41	36	Mala
126.85	128.45	Dacitas porfiríticas	36	31	Mala
128.45	130.00	Dacitas porfiríticas	39	44	Mala
130.00	131.50	Dacitas porfiríticas	37	42	Mala
131.50	133.00	Dacitas porfiríticas	41	46	Mala
133.00	134.50	Dacitas porfiríticas	45	50	Mala
134.50	136.00	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
136.00	137.50	Dacitas porfiríticas	47	52	Mala
137.50	138.25	Dacitas porfiríticas	39	44	Mala
138.25	139.00	Dacitas porfiríticas	45	50	Mala
139.00	140.50	Dacitas porfiríticas	47	52	Mala
140.50	142.00	Dacitas porfiríticas	47	52	Mala
142.00	143.50	Dacitas porfiríticas	47	42	Mala
143.50	145.00	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
145.00	146.50	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
146.50	148.00	Dacitas porfiríticas	47	52	Mala
148.00	149.50	Dacitas porfiríticas	47	52	Mala
149.50	151.00	Dacitas porfiríticas	54	59	Mala
151.00	152.50	Dacitas porfiríticas	47	52	Mala
152.50	154.05	Dacitas porfiríticas	43	48	Mala
154.05	155.55	Dacitas porfiríticas	43	48	Mala
155.55	157.10	Dacitas porfiríticas	45	50	Mala
157.10	158.60	Dacitas porfiríticas	43	48	Mala
158.60	160.10	Dacitas porfiríticas	37	42	Mala
160.10	161.60	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
161.60	163.10	Dacitas porfiríticas	45	40	Mala
163.10	164.60	Dacitas porfiríticas	49	54	Mala

164.60	166.10	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
166.10	167.60	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
167.60	169.10	Dacitas porfiríticas	43	48	Mala
169.10	170.60	Dacitas porfiríticas	41	46	Mala
170.60	172.10	Dacitas porfiríticas	45	50	Mala
172.10	173.60	Dacitas porfiríticas	45	50	Mala
173.60	175.10	Dacitas porfiríticas	45	40	Mala
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
175.10	176.60	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
176.60	178.10	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
178.10	179.60	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
179.60	181.10	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
181.10	182.60	Dacitas porfiríticas	47	42	Mala
182.60	184.10	Dacitas porfiríticas	47	52	Mala
184.10	185.60	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
185.60	187.10	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
187.10	188.60	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
188.60	190.10	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
190.10	191.60	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
191.60	193.10	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
193.10	194.60	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
194.60	196.10	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
196.10	197.60	Dacitas porfiríticas	54	59	Regular
197.60	199.10	Dacitas porfiríticas	47	52	Mala
199.10	200.60	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
200.60	202.10	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
202.10	203.60	Dacitas porfiríticas	41	46	Mala
203.60	205.10	Brechas	45	50	Mala
205.10	206.60	Brechas	42	47	Mala
206.60	208.10	Brechas	47	52	Mala
208.10	209.60	Brechas	45	50	Mala
209.60	211.10	Brechas	45	50	Mala
211.10	212.60	Brechas	52	57	Regular
212.60	214.10	Brechas	50	55	Regular
214.10	215.60	Brechas	55	60	Regular
215.60	217.10	Brechas	57	62	Regular
217.10	218.60	Brechas	57	62	Regular

218.60	220.10	Brechas	55	60	Regular
220.10	221.60	Brechas	55	60	Regular
221.60	223.10	Brechas	57	62	Regular
223.10	224.60	Brechas	49	54	Regular
224.60	226.10	Brechas	55	60	Regular
226.10	227.60	Brechas	46	51	Mala
227.60	229.10	Dacitas porfiríticas	50	55	Regular

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
229.10	230.60	Dacitas porfiríticas	57	62	Regular
230.60	232.00	Dacitas porfiríticas	52	57	Regular
232.00	233.60	Dacitas porfiríticas	48	53	Mala
233.60	235.10	Dacitas porfiríticas	55	60	Regular
235.10	236.60	Brecha freatomagmáticas	57	62	Regular
236.60	238.10	Brecha freatomagmáticas	48	53	Mala
238.10	239.60	Tobas	55	60	Regular
239.60	241.10	Tobas	50	55	Regular
241.10	242.60	Brecha freatomagmáticas	53	58	Regular
242.60	244.10	Tobas	44	49	Mala
244.10	245.60	Tobas	40	45	Mala
245.60	247.10	Tobas	53	58	Regular
247.10	248.60	Tobas	50	55	Regular
248.60	250.10	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
250.10	251.60	Depósitos piroclásticos	48	53	Regular
251.60	253.10	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
253.10	254.60	Depósitos piroclásticos	48	53	Mala
254.60	256.10	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
256.10	257.60	Depósitos piroclásticos	53	58	Regular
257.60	259.10	Depósitos piroclásticos	53	58	Regular
259.10	260.60	Depósitos piroclásticos	49	54	Mala
260.60	262.10	Depósitos piroclásticos	53	58	Regular
262.10	263.60	Depósitos piroclásticos	45	50	Mala

263.60	265.10	Depósitos piroclásticos	50	55	Mala
265.10	266.60	Depósitos piroclásticos	50	55	Mala
266.60	268.10	Depósitos piroclásticos	52	57	Mala
268.10	269.45	Depósitos piroclásticos	47	52	Mala
269.45	269.65	Depósitos piroclásticos	52	47	Mala
269.65	271.15	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
271.15	272.65	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
272.65	274.15	Depósitos piroclásticos	46	51	Mala
274.15	275.75	Depósitos piroclásticos	51	56	Regular
275.75	277.15	Depósitos piroclásticos	48	53	Mala
277.15	278.65	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
278.65	280.15	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
280.15	281.65	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
281.65	283.20	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
283.20	284.70	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
284.70	286.20	Depósitos piroclásticos	42	47	Mala
286.20	287.70	Depósitos piroclásticos	57	62	Regular
287.70	289.20	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
289.20	290.70	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
290.70	292.20	Depósitos piroclásticos	57	62	Regular
292.20	293.70	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
293.70	295.20	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
295.20	296.70	Brecha freatomagmáticas	55	60	Regular
296.70	298.20	Brecha freatomagmáticas	55	60	Regular
298.20	299.70	Brecha freatomagmáticas	55	60	Regular
299.70	300.20	Brecha freatomagmáticas	52	57	Regular

#### 4.1.7.7. Taladro Geotech\_OP\_007

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición dolomías, dolomías varvadas, limoarcillitas, margas, tobas y volcanoclásticos.

**Cuadro N° 11.** Descripción de características geomecánicas taladro geotech\_op\_007.

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
11.10	12.30	Dolomías	53	46	Mala
12.30	13.40	Dacitas porfíricas	47	51	Mala
13.40	14.70	Dolomías varvadas	54	58	Mala
14.70	15.80	Dolomías varvadas	47	51	Regular
15.80	16.10	Dolomías varvadas	39	33	Mala
16.10	17.00	Dolomías varvadas	45	41	Mala
17.00	18.20	Dolomías varvadas	50	53	Regular
18.20	19.20	Dolomías varvadas	49	53	Mala
19.20	20.20	Dolomías varvadas	53	57	Buena
20.20	20.80	Dolomías varvadas	49	52	Mala
20.80	22.30	Dolomías varvadas	49	52	Mala
22.30	23.00	Dolomías varvadas	49	44	Regular
23.00	24.30	Dolomías varvadas	52	45	Regular
24.30	25.10	Dolomías varvadas	54	58	Regular
25.10	26.20	Dolomías varvadas	60	54	Regular
26.20	28.10	Dolomías varvadas	52	55	Mala
28.10	29.60	Dolomías varvadas	52	45	Regular
29.60	31.10	Dolomías varvadas	52	55	Regular
31.10	32.00	Dolomías varvadas	47	51	Regular
32.00	32.55	Dolomías varvadas	47	50	Regular
32.55	33.40	Dolomías varvadas	52	45	Mala
33.40	34.20	Dolomías varvadas	52	55	Mala
34.20	35.10	Dolomías varvadas	46	41	Mala
35.10	35.90	Dolomías varvadas	48	51	Mala
35.90	37.10	Dolomías varvadas	49	52	Regular
37.10	37.90	Dolomías varvadas	54	49	Mala
37.90	38.80	Dolomías varvadas	49	52	Regular

38.80	40.20	Dolomías varvadas	49	52	Regular
40.20	40.80	Dolomías varvadas	46	41	Regular
40.80	41.90	Dolomías varvadas	49	52	Regular
41.90	42.70	Dolomías varvadas	45	40	Buena
42.70	43.70	Dolomías varvadas	49	52	Buena
43.70	44.50	Dolomías varvadas	46	40	Regular
44.50	45.50	Margas	50	53	Mala
45.50	46.40	Limoarcillitas	47	40	Regular
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
46.40	47.50	Limoarcillitas	54	47	Buena
47.50	48.00	Limoarcillitas	47	50	Buena
48.00	48.90	Limoarcillitas	46	49	Buena
48.90	50.20	Limoarcillitas	43	39	Buena
50.20	51.40	Limoarcillitas	48	51	Buena
51.40	52.20	Limoarcillitas	48	41	Buena
52.20	53.45	Limoarcillitas	52	46	Buena
53.45	53.90	Limoarcillitas	49	42	Buena
53.90	55.10	Limoarcillitas	54	57	Buena
55.10	56.60	Limoarcillitas	47	51	Buena
56.60	57.70	Limoarcillitas	52	55	Buena
57.70	58.90	Limoarcillitas	48	51	Buena
58.90	59.40	Limoarcillitas	49	52	Buena
59.40	60.90	Limoarcillitas	47	42	Buena
60.90	62.45	Dolomías varvadas	45	40	Buena
62.45	63.50	Dolomías	48	43	Buena
63.50	65.05	Dolomías	46	41	Buena
65.05	66.60	Dolomías	48	42	Buena
66.60	68.20	Dolomías	53	47	Buena
68.20	69.70	Dolomías	46	40	Buena
69.70	71.30	Margas	48	44	Buena
71.30	72.90	Margas	51	44	Buena
72.90	74.30	Margas	55	58	Mala
74.30	75.25	Margas	53	56	Mala
75.25	76.00	Margas	58	61	Mala
76.00	76.70	Margas	58	59	Mala
76.70	77.40	Margas	55	50	Buena

77.40	78.40	Margas	55	48	Buena
78.40	79.60	Margas	59	62	Buena
79.60	80.50	Margas	53	47	Buena
80.50	81.50	Margas	57	60	Buena
81.50	82.50	Margas	62	66	Buena
82.50	83.50	Dolomías	56	50	Buena
83.50	84.50	Dolomías	56	61	Buena
84.50	86.00	Dolomías	55	59	Buena
86.00	87.50	Dolomías	59	63	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
87.50	88.85	Dolomías	49	44	Mala
88.85	90.45	Dolomías	60	52	Regular
90.45	91.05	Dolomías	52	48	Mala
91.05	92.10	Dolomías	59	52	Mala
92.10	93.70	Dolomías	57	51	Mala
93.70	94.10	Dolomías	65	59	Regular
94.10	95.60	Dolomías	61	55	Mala
95.60	97.00	Limoarcillitas	51	47	Mala
97.00	98.50	Limoarcillitas	55	51	Mala
98.50	100.00	Volcanoclásticos	45	49	Mala
100.00	100.80	Margas	72	73	Buena
100.80	102.40	Margas	60	64	Mala
102.40	104.00	Margas	58	52	Regular
104.00	105.50	Margas	41	37	Mala
105.50	107.10	Margas	63	67	Regular
107.10	108.65	Margas	63	67	Regular
108.65	109.70	Margas	55	51	Regular
109.70	110.70	Margas	67	71	Regular
110.70	111.80	Margas	65	69	Regular
111.80	113.40	Margas	59	54	Mala
113.40	114.65	Margas	61	55	Regular
114.65	116.25	Margas	58	63	Mala
116.25	117.85	Margas	61	66	Buena
117.85	119.35	Margas	63	67	Buena
119.35	120.85	Margas	63	57	Buena
120.85	122.40	Margas	57	63	Mala
122.40	123.85	Margas	56	51	Regular

123.85	125.45	Margas	65	68	Regular
125.45	126.85	Margas	59	53	Mala
126.85	128.45	Margas	49	43	Mala
128.45	129.85	Volcanoclásticos	46	42	Mala
129.85	131.45	Volcanoclásticos	54	58	Mala
131.45	132.85	Volcanoclásticos	59	53	Mala
132.85	134.45	Volcanoclásticos	54	58	Regular
134.45	135.85	Margas	54	60	Regular
135.85	137.45	Margas	52	56	Regular
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
137.45	138.85	Margas	56	50	Regular
138.85	140.40	Margas	58	63	Regular
140.40	141.85	Margas	59	62	Regular
141.85	143.45	Margas	57	61	Regular
143.45	144.85	Margas	50	44	Regular
144.85	146.40	Margas	57	50	Regular
146.40	147.85	Margas	61	56	Regular
147.85	149.45	Margas	61	63	Regular
149.45	150.85	Margas	76	77	Buena
150.85	152.45	Margas	57	61	Regular
152.45	153.85	Margas	71	74	Buena
153.85	155.35	Margas	54	58	Regular
155.35	158.85	*	*	*	*
158.85	160.20	Tobas	56	57	Regular
160.20	161.70	Tobas	61	62	Regular
161.70	163.20	Tobas	61	62	Regular
163.20	164.40	*	*	*	*
164.40	165.35	Tobas	55	59	Regular
165.35	165.75	Tobas	56	59	Regular
165.75	167.35	Tobas	45	49	Mala
167.35	168.60	*	*	*	*
168.60	170.20	Tobas	61	62	Regular
170.20	171.70	Tobas	61	62	Regular
171.70	173.80	Tobas	*	*	*
173.80	180.00	Tobas	*	*	*

#### 4.1.7.8. Taladro Geotech\_OP\_008

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición margas, limoarcillitas, dolomías y tobas.

**Cuadro N° 12.** Descripción de características geomecánicas taladro geotech\_op\_008.

(\*) representa vacíos, muestra muy deleznable, zonas de falla, roca muy meteorizada o alterada.

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
4.00	4.90	Margas	49	44	Mala
4.90	5.50	Margas	67	70	Buena
5.50	6.20	Margas	53	49	Mala
6.20	6.90	Margas	44	36	Mala
6.90	7.60	Margas	42	39	Mala
7.60	8.80	Margas	52	46	Mala
8.80	9.20	Margas	49	40	Mala
9.20	9.90	Margas	45	38	Mala
9.90	10.80	Margas	48	43	Mala
10.80	10.90	Margas	47	39	Mala
10.90	11.85	Margas	47	39	Mala
11.85	12.55	Margas	48	40	Mala
12.55	13.30	Margas	47	39	Mala
13.30	13.90	Margas	49	41	Mala
13.90	14.60	Margas	47	39	Mala
14.60	15.40	Margas	49	41	Mala
15.40	16.30	Margas	47	39	Mala
16.30	16.50	Margas	45	38	Mala
16.50	16.95	Margas	45	38	Mala
16.95	17.95	Margas	45	43	Mala
17.95	19.30	Margas	48	43	Mala
19.30	20.80	Margas	48	43	Mala
20.80	22.30	Margas	48	43	Mala
22.30	23.80	Margas	48	43	Mala
23.80	25.30	Margas	50	45	Mala
25.30	26.10	Margas	45	38	Mala
26.10	26.85	Margas	45	38	Mala

26.85	28.30	Margas	48	43	Mala
28.30	29.25	Margas	49	43	Mala
29.25	29.55	Margas	53	48	Mala
29.55	29.85	Margas	46	37	Mala
29.85	30.35	Margas	54	47	Mala
30.35	30.45	Margas	50	43	Mala
30.45	31.35	Margas	47	40	Mala
31.35	32.85	Margas	50	45	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
32.85	34.10	Margas	53	48	Mala
34.10	35.60	Margas	51	46	Mala
35.60	36.85	Margas	49	44	Mala
36.85	37.55	Margas	45	38	Mala
37.55	39.05	Margas	49	44	Mala
39.05	40.30	Margas	49	44	Mala
40.30	41.80	Margas	48	43	Mala
41.80	42.65	Dolomías	45	38	Mala
42.65	43.30	Dolomías	50	43	Mala
43.30	44.70	Dolomías	48	43	Mala
44.70	45.70	Dolomías	48	46	Mala
45.70	46.10	Dolomías	45	38	Mala
46.10	46.80	Margas	47	40	Mala
46.80	47.80	Margas	45	43	Mala
47.80	48.70	Margas	45	38	Mala
48.70	49.20	Margas	45	38	Mala
49.20	50.00	Margas	45	38	Mala
50.00	51.50	Margas	48	43	Mala
51.50	52.50	Margas	45	43	Mala
52.50	53.70	Margas	48	43	Mala
53.70	54.80	Limoarcillitas	45	43	Mala
54.80	56.30	Limoarcillitas	48	43	Mala
56.30	57.20	Limoarcillitas	45	38	Mala
57.20	58.30	Limoarcillitas	46	44	Mala
58.30	59.80	Limoarcillitas	50	45	Mala
59.80	61.30	Limoarcillitas	48	43	Mala
61.30	62.75	Limoarcillitas	43	39	Mala

62.75	64.10	Limoarcillitas	40	36	Mala
64.10	65.30	Limoarcillitas	44	41	Mala
65.30	66.60	Dolomías	40	37	Mala
66.60	67.10	Dolomías	36	32	Mala
67.10	68.60	Dolomías	36	33	Mala
68.60	69.90	Dolomías	36	33	Mala
69.90	71.30	Dolomías	39	37	Mala
71.30	72.90	Dolomías	42	40	Mala
72.90	74.30	Dolomías	44	40	Mala
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
74.30	75.20	Dolomías	37	32	Buena
75.20	76.20	Dolomías	34	34	Mala
76.20	77.20	Dolomías	36	36	Mala
77.20	78.50	Dolomías	40	36	Mala
78.50	79.85	Dolomías	40	37	Mala
79.85	80.60	Dolomías	39	33	Mala
80.60	82.20	Dolomías	42	38	Mala
82.20	83.45	Dolomías	40	37	Mala
83.45	84.30	Dolomías	40	35	Mala
84.30	86.75	Dolomías	40	37	Mala
86.75	87.15	Dolomías	37	32	Mala
87.15	87.65	Dolomías	38	33	Mala
87.65	88.35	Dolomías	38	33	Mala
88.35	88.90	Dolomías	38	33	Mala
88.90	89.70	Dolomías	37	32	Mala
89.70	90.00	Dolomías	37	32	Mala
90.00	91.40	Dolomías	41	38	Mala
91.40	92.90	Dolomías	43	40	Mala
92.90	93.35	Chert	38	34	Mala
93.35	94.70	Desmonte / Relleno	42	40	Mala
94.70	95.20	Dolomías	39	35	Mala
95.20	95.65	Dolomías	39	35	Mala
95.65	95.80	Dolomías	37	33	Mala
95.80	96.20	Dolomías	39	35	Mala
96.20	96.70	Dolomías	41	36	Mala
96.70	97.20	Dolomías	41	36	Mala
97.20	98.85	Dolomías	48	42	Mala

98.85	99.25	Dolomías	45	37	Mala
99.25	99.75	Dolomías	44	36	Mala
99.75	100.30	Dolomías	40	35	Mala
100.30	100.60	Dolomías	40	35	Mala
100.60	101.60	Limoarcillitas	42	42	Mala
101.60	102.60	Limoarcillitas	47	42	Mala
102.60	102.90	Limoarcillitas	57	60	Mala
102.90	103.00	Limoarcillitas	65	59	Mala
103.00	103.40	Limoarcillitas	54	49	Mala
Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR <sup>89</sup>	RMR <sup>76</sup>	Calidad
103.40	104.50	Limoarcillitas	47	42	Mala
104.50	106.00	Tobas	49	44	Mala
106.00	107.30	Tobas	40	37	Mala
107.30	108.10	Tobas	33	27	Mala
108.10	108.60	Tobas	35	30	Mala
108.60	109.00	Tobas	35	30	Mala
109.00	109.45	Tobas	35	30	Mala
109.45	109.95	Tobas	33	28	Mala
109.95	110.45	Tobas	36	31	Mala
110.45	111.80	Tobas	38	35	Mala
111.80	112.55	Tobas	33	28	Mala
112.55	113.05	Tobas	33	28	Mala
113.05	114.30	Tobas	42	39	Mala
114.30	115.25	Tobas	53	49	Mala
115.25	116.75	Tobas	61	65	Regular
116.75	118.30	Tobas	63	67	Regular
118.30	119.80	Tobas	52	46	Regular
119.80	121.30	Tobas	58	52	Regular
121.30	122.80	Tobas	54	58	Regular
122.80	124.30	Tobas	57	61	Regular
124.30	125.80	Tobas	53	47	Mala
125.80	127.30	Tobas	59	63	Regular
127.30	128.80	Tobas	51	48	Mala
128.80	130.30	Tobas	59	53	Regular

De acuerdo a los resultados mostrados en las tablas por cada sondaje perforado, los taladros con muestras mala calidad son Geotech\_OP\_001, seguido por el sondaje Geotech\_OP\_008. Por otro lado, los sondajes que presentan regular calidad Geotech\_OP\_003, Geotech\_OP\_007 y Geotech\_OP\_006. Finalmente, el de mejor calidad de roca son Geotech\_UG\_001 y Geotech\_UG\_005.

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Suelos

Se han desarrollado 5 pruebas de corte triaxial no consolidado no drenado (CU) de 2 de diámetro. Los ensayos desarrollados permitieron caracterizar los distintos materiales identificados. El objetivo de estos ensayos ha sido determinar los parámetros de resistencia cortante totales y efectivos de los materiales. Estas pruebas se realizaron de acuerdo con el procedimiento con los de la norma ASTM D4767. En la Tabla 14 se presenta el resumen de estos ensayos.

**Cuadro N° 13.** Resumen de resultados de ensayo Triaxial UU

Muestra	Profundidad		SUCS	Esfuerzos Efectivos		Esfuerzos Totales	
	De (m)	Hasta (m)		C' (kg/cm <sup>2</sup> )	φ' (°)	C (kg/cm <sup>2</sup> )	φ (°)
GEOTECH_OP_001	60.8	62.6	MH	0.28	8.91	0.3	6.8
GEOTECH_OP_002	1.2	1.75	MH	0.37	7.12	0.4	5.8
GEOTECH_OP_003	2	6.85	CH	0.4	8.53	0.4	6.4
GEOTECH_OP_006	4.2	4.75	ML	0.25	18.35	0.3	15.2
GEOTECH_OP_007	5.5	6.1	ML	0.28	11.49	0.3	9.2

Los resultados del ensayo triaxial UU muestra que el valor de cohesión varía en el rango de 0.3 kg/cm<sup>2</sup> y 0.4 kg/cm<sup>2</sup>, con un valor medio a 0.3 kg/cm<sup>2</sup>.

En el caso del del ángulo de fricción presenta 5.8° hasta 15.2° con un valor de media igual 8.7°.

#### 4.2.2. En rocas

##### 4.2.2.1. Ensayos para Constantes elásticas

Los Conglomerados tienen los siguientes valores promedios: la resistencia a compresión entre 188.5 MPa, sus módulos de Young de 29.7 y la relación de Poisson de 0.09. Las Dacitas tienen la resistencia a compresión entre 60.7 MPa, sus módulos de Young de 8.7, la relación de Poisson de 0.12.

**Cuadro N° 14.** Resultados del ensayo Triaxial UU

Muestra	Litología	Profundidad		Resistencia compresiva (MPa)	Módulo Young E (GPa)	Relación de Poisson (ν)
		De (m)	Hasta (m)			
GEOTECH-OP-001 UCS-02	Calizas	106.15	106.46	120.49	18.27	0.13
GEOTECH-OP-001 UCS-04	Dolomías	198.00	198.00	86.85	18.73	0.1
GEOTECH-UG-001 UCS-04	Conglomerados	110.74	110.99	271.23	34.1	0.08
GEOTECH-UG-001 UCS-05	Conglomerados	137.70	138.07	182.91	29.29	0.07
GEOTECH-UG-001 UCS-06	Conglomerados	160.64	160.96	111.37	25.85	0.14
GEOTECH-UG-005 UCS-04	Depósitos piroclásticos.	93.56	93.80	43.76	8.47	0.14
GEOTECH-UG-005 UCS-06	Dacitas Porfirítica	143.39	143.60	56.25	8.52	0.14
GEOTECH-UG-005 UCS-07	Dacitas Porfirítica	163.68	164.00	65.14	8.86	0.1

#### 4.2.2.2. Ensayo de Propiedades Físicas

Se tienen 20 muestras para ensayos de propiedades físicas, pertenecientes a sondajes. Las muestras fueron clasificadas con litología tipo Piroclásticos, Dacitas, Margas, Volcanoclásticos, Tobas y Brechas. Los resultados de los ensayos de propiedades físicas indican que la densidad humedad de para las dolomías presentan un valor de mediana igual a 2.4 kN/m<sup>3</sup>, los margas de 2.61 kN/m<sup>3</sup> y las dacitas de 2.51 kN/m<sup>3</sup>. Se presenta un resumen de los ensayos en la Tabla 3.

**Cuadro N° 15.** Resumen de propiedades físicas.

Muestra	Profundidad		Litología	Densidad seca (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad húmeda (kN/m <sup>3</sup> )	Porosidad aparente (%)	Humedad (%)
	De (m)	hasta (m)					
GEOTECH-OP-001 PF-02	136.8	137.11	Dolomías	2.26	2.43	16.58	6.83
GEOTECH-OP-001 PF-03	185.25	185.45	Dolomías	2.52	2.6	7.88	3.02
GEOTECH-UG-001 PF-04	-	-	Arenisca	2.49	2.56	6.12	2.38
GEOTECH-UG-001 PF-06	-	-	Limolitas	2.56	2.63	6.94	2.63
GEOTECH-UG-005 PF-01	-	-	Dacitas Porfírica	2.48	2.53	5.2	2.05
GEOTECH-UG-005 PF-04	-	-	Depósitos piroclásticos	2.25	2.42	17.3	7.14
GEOTECH-UG-005 PF-03	-	-	Dacitas Porfírica	2.37	2.47	9.48	3.83
GEOTECH_OP_003 PF-01 (B)	24.68	25.56	Margas	2.52	2.58	6.38	2.46
GEOTECH_OP_003 PF-02 (A)	33.75	34.05	Volcanoclásticos	2.58	2.62	4.68	1.77
GEOTECH_OP_003 PF-03 (A)	60.65	60.98	Conglomerados	2.66	2.67	0.97	0.35
GEOTECH_OP_003 PF-04	98.85	99.2	Marga	2.61	2.66	4.98	1.86
GEOTECH_OP_003 PF-05	141.57	141.89	Conglomerados	2.57	2.61	4.77	1.81

GEOTECH-OP-006-3C	182.6	182.99	Dacita porfírica	2.43	2.54	11.14	1.98
GEOTECH-OP-006-4B	245.6	245.88	Tobas	2.69	2.73	3.46	1.26
GEOTECH-OP-006-5	296.46	296.7	Freatomagmáticas	2.41	2.53	12.85	5.06
GEOTECH-OP-007-1C	17.23	17.53	Dolomías varvadas	2.2	2.33	21.03	4.38
GEOTECH-OP-007-2B	65.61	65.91	Dolomías	2.54	2.62	8.41	3.20
GEOTECH-OP-007-4	117.85	118.03	Margas	2.54	2.59	5.16	5.29
GEOTECH-OP-008-3A	83.83	84.03	Dolomías	1.97	2.21	24.05	10.89
GEOTECH-OP-008-4A	110.95	111.3	Tobas	2.32	2.45	12.97	9.05

#### 4.2.2.3. Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple (UCS)

Se tienen 17 muestras tipo UCS, pertenecientes a sondajes. Las muestras fueron clasificadas con litología tipo Caliza, Limoarcillitas, Dacitas, Conglomerado, Aglomerado y Tobas. Los resultados de la resistencia a la compresión uniaxial para las Dacitas varían en un rango desde 51 hasta 155.8 MPa, con un valor de mediana igual a 83.6 MPa. En el caso de las Dolomías varia en un rango desde 27.4 MPa.

**Cuadro N° 16.** Resumen de propiedades físicas de Compresión Simple.

Muestra	Profundidad		Litología	UCS (MPa)
	De (m)	Hasta (m)		
GEOTECH-OP-001 UCS-01	77.97	78.29	Calizas	111.6
GEOTECH-OP-001 UCS-03	134.38	134.58	Limoarcillitas	144.3
GEOTECH-UG-001 UCS-02	60.6	147.5	Dacitas Porfiríticas	53.3
GEOTECH-UG-001 UCS-03	60.5	145.7	Conglomerados	190.1
GEOTECH-UG-005 UCS-01	60.8	145.9	Aglomerado	63.4
GEOTECH-UG-005 UCS-03	60.7	146.2	Tobas	40.4
GEOTECH-OP-006 UCS-01	60.6	145.5	Dacitas Porfiríticas	79.1
GEOTECH-OP-006 UCS-02	60.6	144.7	Dacitas Porfiríticas	76.6
GEOTECH-OP-006 UCS-03	60.6	145.3	Dacitas Porfiríticas	71.7
GEOTECH-OP-006 UCS-04	61.1	144.4	Dacitas Porfiríticas	81.2
GEOTECH-OP-006 UCS-05	61.1	145.1	Dacitas Porfiríticas	51.0
GEOTECH-OP-006 UCS-06	61.1	145.2	Dacitas Porfiríticas	78.3
GEOTECH-OP-006 UCS-07	61.1	146.8	Dacitas Porfiríticas	155.8
GEOTECH-OP-006 UCS-08	60.8	144.9	Dacitas Porfiríticas	105.5
GEOTECH-OP-007 UCS-02	61.1	145.5	Dolomías/Limoarcillitas/Margas	27.4
GEOTECH-OP-007 UCS-03	60.8	145.8	Dolomías/Limoarcillitas/Margas	35.7
GEOTECH-OP-008 UCS-01	60.8	119.1	Dolomías	28.6

**Nota:** U.C.S: Uniaxial Compressive Strength

#### 4.2.2.4. Ensayo de Corte Directo

Los ensayos de corte directo comprenden en 31 muestras, descritas con litología tipo Calizas, Dolomías, Conglomerados, Tobas, Areniscas, Dacitas, Volcanoclásticos, Margas y Brechas, pertenecientes a sondajes, los ensayos fueron realizados en discontinuidades naturales obteniendo resultados de ángulo de fricción para Dacitas que varía desde 24.8° hasta 44° con una media de 36.9°, y valores de cohesión desde 0.1

a 0.4 MPa con una media de 0.1 MPa. En el caso de Margas ángulo de fricción varía desde 32.2° hasta 39.5° con una media de 36.9°, valores de cohesión desde 0.0 a 0.1 MPa con una media de 0.1 MPa.

**Cuadro N°17.**Resumen de resultados ensayo de corte directo.

Muestra	Profundidad		Litología	Cohesión C (MPa)	Angulo de fricción residual $\phi$ (°)
	De (m)	Hasta (m)			
GEOTECH- OP-001 CD-02	123.54	123.79	Calizas	0.0	32.2
GEOTECH- OP-001 CD-04	194.73	194.91	Dolomías	0.0	34.0
GEOTECH- UG-001 CD-03	133.8	134.05	Conglomerados	0.1	27.0
GEOTECH- UG-005CD-02	55.45	55.67	Depósitos piroclásticos	0.1	29.2
GEOTECH- UG-005 CD-03	95.31	95.62	Tobas	0.1	32.4
GEOTECH- UG-005 CD-05	179.7	180	Dacita porfirítica	0.1	32.6
GEOTECH- OP-001 CD-01	100.65	100.89	Calizas	0.3	39.8
GEOTECH- UG-001 CD-01	37.75	37.86	Dacita porfirítica	0.1	43.0
GEOTECH- UG-001 CD-02	101.15	101.43	Conglomerados	0.1	48.0
GEOTECH- UG-001 CD-04	146.88	147.12	Arenisca	0.1	48.0
GEOTECH- UG-005 CD-04	140.77	141.01	Dacita porfirítica	0.2	43.3
GEOTECH_OP_002 CD-01	104.21	104.55	Dacita porfirítica	0.1	24.8
GEOTECH_OP_003 CD-01	25.34	25.56	Marga	0.1	36.1
GEOTECH_OP_003 CD-02	43.31	43.55	Volcanoclásticos	0.1	33.3
GEOTECH_OP_003 CD-03	48.53	48.75	Marga	0.1	39.5
GEOTECH_OP_003 CD-04	94.4	94.7	Dacita porfirítica	0.0	39.7
GEOTECH- OP-006 CD-01	40.13	40.45	Dacita porfirítica	0.1	34.0
GEOTECH- OP-006 CD-02	68.88	69.18	Dacita porfirítica	0.0	33.8

GEOTECH- OP-006 CD-03	92.5	92.8	Dacita porfirítica	0.4	34.1
GEOTECH- OP-006 CD-04	114.69	114.9	Dacita porfirítica	0.2	44.0
GEOTECH- OP-006 CD-05	138.48	138.68	Dacita porfirítica	0.2	37.1
GEOTECH- OP-006 CD-06	179.6	179.94	Dacita porfirítica	0.0	40.1
GEOTECH- OP-006 CD-07	233.6	233.83	Dacita porfirítica	0.1	36.5
GEOTECH- OP-006 CD-08	248.6	248.89	Depósitos piroclásticos	0.0	38.0
GEOTECH- OP-006 CD-09	278.77	279.08	Depósitos piroclásticos	0.3	46.3
GEOTECH- OP-006 CD-10	298.66	299.03	Brecha Freatomagmáticas	0.5	34.9
GEOTECH- OP-007 CD-01	111.2	111.4	Margas	0.0	32.2
GEOTECH- OP-007 CD-02	126.85	127.1	Marga	0.1	36.9
GEOTECH- OP-007 CD-03	131.54	131.75	Volcanoclásticos	0.2	17.8
GEOTECH- OP-008 CD-01	114.87	115.12	Marga	0.1	38.8
GEOTECH- OP-008 CD-02	128.18	128.43	Marga	0.0	37.8

#### 4.2.2.5. Ensayo de Resistencia a la Compresión Triaxial.

Se obtuvieron 17 muestras triaxiales, pertenecientes a sondajes, las muestras fueron identificadas con litología tipo Caliza, Conglomerados, Tobas, Dacitas, Margas, Volcanoclásticos y Brechas. De acuerdo con los resultados se tiene que los valores de la resistencia compresiva para Dacitas que se encuentran entre 17.8 MPa a 87.8 MPa, el valor de  $M_i$  es entre 14.3 y 26.8. La cohesión de la roca intacta es de 3.8 MPa a 14.7 MPa, el ángulo de fricción interna se encuentra entre 43.9 a 55.1°. Los resultados de los ensayos se resumen en el Tabla 6.

**Cuadro N° 18.** Resultados ensayos de Comprensión triaxial.

Muestra	Profundidad		Litología	Resistencia compresiva (MPa)	mi	Cohesión (MPa)	Angulo de fricción interno (°)
	De	Hasta					
GEOTECH-OP-001-TX-01	81.55	82.07	Calizas	48.23	15.31	9.68	47.66
GEOTECH-UG-001 TX-01 (A, B)	57.22	57.43	Dacita porfirítica	87.78	26.84	14.68	55.07
GEOTECH-UG-001 TX-03- (A, B, C)	86.80	87.10	Conglomerados	193.67	28.66	28.95	57.64
GEOTECH-UG-001-TX-04 (A)	162.80	163.25	Conglomerados	62.73	17.39	13.98	46.29
GEOTECH-UG-005-TX-02	107.58	108.14	Tobas	44.29	15.17	9.07	47.13
GEOTECH-UG-005-TX-03 (A)	131.32	131.75	Dacita porfirítica	47.29	21.74	9.49	50.09
GEOTECH_OP_002 TX-01	33.65	34.3	Dacita porfirítica	17.82	16.81	3.77	47.06
GEOTECH_OP_002 TX-02	109.19	112.76	Dacita porfirítica	23.96	20.15	6.51	44.08
GEOTECH_OP_003 TX-01	23.84	24.46	Marga	54.39	24.5	8.04	57.29
GEOTECH_OP_003 TX-02	36.48	37	Conglomerados	57.29	26.21	8.59	57.18
GEOTECH_OP_003 TX-03	76.75	78.1	Marga	100.98	15.99	18.66	50.01
GEOTECH_OP_003 TX-04	105.85	107.63	Volcanoclásticos	92.46	23.48	15.33	54.45
GEOTECH_OP_003 TX-05	130.93	131.23	Volcanoclásticos	75.82	8.15	18.62	38.49
GEOTECH_OP_006 TX-01	75.45	78.16	Dacita porfirítica	79.92	20.36	14.01	52.49
GEOTECH_OP_006 TX-02	117.9	118.46	Dacita porfirítica	56.73	15.16	11.75	46.84
GEOTECH_OP_006 TX-03	189.35	189.9	Dacita porfirítica	55.86	14.3	12.91	43.89
GEOTECH_OP_006 TX-05	294.86	295.63	Brecha Freatomagmática	103.22	11.69	22.2	44.32

### 4.3. Prueba de hipótesis

De acuerdo con los ensayos de laboratorio en roca, las dolomías presentan una densidad seca entre 1.97 a 2.54 KN/m<sup>3</sup>, las dacitas ente 2.37 a 2.43 KN/m<sup>3</sup>, las areniscas 2.49 KN/m<sup>3</sup>, las margas entre 2.52 a 2.61 KN/m<sup>3</sup>, limolitas 2.56 KN/m<sup>3</sup>, conglomerados entre 2.66 a 2.57 KN/m<sup>3</sup>, tobas entre 2.32 a 2.69 KN/m<sup>3</sup>, depósitos piroclásticos 2.25 KN/m<sup>3</sup>, volcanoclásticos 2.58 KN/m<sup>3</sup> y brecha 2.41 KN/m<sup>3</sup>.

De acuerdo con los ensayos triaxiales en roca las calizas presentan una cohesión de 9.68 MPa y fricción de 47.66°. Las dacitas presentan una cohesión entre 3.8 MPa a 14.7 MPa con una fricción entre 43.09 y 55.1. El Conglomerado presenta una cohesión entre 8.59 y 28.95 MPa con una fricción entre 46.29 a 57.64°. La toba presenta una cohesión de 9 MPa con una fricción de 47°. La marga presenta una cohesión entre 8 a 18.7 MPa con una fricción entre 50 y 57°. Los volcanoclásticos presenta una cohesión entre 15 y 18.6 MPa con un ángulo de fricción entre 38.5 y 54.5°. La brecha presenta una cohesión de 22.2 MPa y una fricción de 44.32°.

Los ensayos de corte directo fueron realizados en discontinuidades naturales obteniendo resultados en roca de calizas presentan una cohesión de 0,00 a 0,3 MPa y de 32,2° a 39,8° de ángulo de fricción, para Dacitas que varía desde 24.8° hasta 44° con una media de 36.9°, y valores de cohesión desde 0.1 a 0.4 MPa con una media de 0.1 MPa. Para los conglomerados tenemos 27 al 48° con una cohesión de 0,1 Mpa, La toba presenta una cohesión de 0,1 MPa con una fricción de 32,4°. En el caso de Margas ángulo de fricción varía desde 32.2° hasta 39.5° con una media de 36.9°, valores de cohesión desde 0.0 a 0.1 MPa con una media de 0.1 MPa. Los volcanoclásticos presenta una cohesión entre 0,1 y 0,2

MPa con un ángulo de fricción entre 17,8 y 33,3°. La brecha presenta una cohesión de 0,5 MPa y una fricción de 34,9°.

El resumen de los resultados se visualiza en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 19.** Resumen de resultados ensayos triaxial y corte directo.

Tipo de Roca.	Ensayo Triaxial		Ensayo Corte Directo	
	Cohesión Mpa	Angulo de fricción (°)	Cohesión Mpa	Angulo de fricción(°)
Calizas	9,68	47,66	0,00 - 0,3	32,2 – 39,8
Dacitas	3,8	43,09 - 55,1	0,1 - 04	24,8 – 44
Conglomerado	8,59 – 28,95	46,29 - 57,64	0,1	27 - 48
Toba	9	47	0,1	32,4
Margas	8 – 18,7	50 - 57	0.00 - 0,1	32,2 - 39,5
Volcanoclásticos	15-18,6	38,5 - 54,5	0,1 - 0,2	17,8 - 33,3
Brecha	22,2	44,32	0,5	34,9

#### 4.4. Discusión de resultados

- ✓ Para conocer los resultados realizamos una comparación entre tipo de roca, según su cohesión y ángulo de fricción por tipo de ensayo:

Cohesión del ensayo Triaxial:

- ✓ Las rocas tipo brecha presentan mayor cohesión, esta se establece por el tipo de matriz soportada con líticos angulosos a subredondeados y con pobre selección textural.
- ✓ Las rocas volcánico clásticos presentan valores intermedios por el tipo de matriz.
- ✓ Las calizas y conglomerados presentan similar cohesión, en los conglomerados se eleva la cohesión en rocas que presentan una matriz de sílice.
- ✓ Las margas presentan una cohesión intermedia por tener una matriz silícea.
- ✓ Las tobas presentan una cohesión intermedia por su matriz de sílice.

- ✓ En las dacitas se puede corroborar la influencia de la ceniza volcánica en la cohesión que es muy bajo.

Angulo de fricción del ensayo Triaxial

- ✓ Todas las rocas presentan un valor alto.

Cohesión del ensayo de Corte directo

- ✓ Todas las rocas presentan una cohesión baja, por estar influenciada por las discontinuidades.

Angulo de fricción Corte Directo

- ✓ Las brechas presentan el mayor valor.
- ✓ Las calizas, margas y tobas con valores similares.

**Cuadro N° 20.** Comparación de resultados ensayos triaxial y corte directo.

Tipo de Roca.	Ensayo Triaxial		Ensayo Corte Directo	
	Cohesión Mpa	Angulo de fricción (°)	Cohesión Mpa	Angulo de fricción(°)
Calizas	9,68	47,66	0,00 - 0,3 0,15	32,2 – 39,8 36
Dacitas	3,8	43,09 - 55,1 49,09	0,1 – 04 0,25	24,8 – 44 34,4
Conglomerado	8,59 – 28,95 18,77	46,29 - 57,64 51,97	0,1	27 - 48 37,5
Toba	9	47	0,1	32,4
Margas	8 – 18,7 13,35	50 - 57 53,5	0.00 - 0,1 0,05	32,2 - 39,5 35,85
Volcanoclásticos	15 - 18,6 16,8	38,5 - 54,5 46,5	0,1 - 0,2 0,15	17,8 - 33,3 25,55
Brecha	22,2	44,32	0,5	34,9

Cuadro diferencias entre los valores de la cohesión y ángulo de fricción.

**Cuadro N° 21.** Diferencia entre los valores de la cohesión y ángulo de fricción.

Tipo de Roca.	Ensayo Triaxial	Ensayo Corte Directo	Diferencia	Ensayo Triaxial	Ensayo Corte Directo	Diferencia
	Cohesión Mpa	Cohesión Mpa		Angulo de fricción (°)	Angulo de fricción(°)	
Calizas	9,68	0,15	<b>9,53 Mpa</b>	47,66	36	<b>11,66°</b>
Dacitas	3,8	0,25	<b>3,55 Mpa</b>	49,09	34,4	<b>14,69°</b>
Conglomerado	18,77	0,1	<b>18,67 Mpa</b>	51,97	37,5	<b>14,47°</b>
Toba	9	0,1	<b>8,99 Mpa</b>	47	32,4	<b>14, 6°</b>
Margas	13,35	0,05	<b>13,30 Mpa</b>	53,5	35,85	<b>17,65°</b>
Volcanoclásticos	16,8	0,15	<b>16,65 Mpa</b>	46,5	25,55	<b>20,95°</b>
Brecha	22,2	0,5	<b>21,7 Mpa</b>	44,32	34,9	<b>9,42°</b>

Se aprecia que existe diferencias entre los valores de los ángulos de fricción y la cohesión, según el ensayo realizado:

- En las rocas Calizas en la cohesión existe una diferencia de 9,53 Mpa, y en el ángulo de fricción de 11,66°.
- En las dacitas de 3,55 MPa y 14,69°.
- En los conglomerados en la cohesión una diferencia de 18,67 Mpa, y 14,47°
- En la toba la diferencia es de 8,99 Mpa y 14,6°.
- En las margas se diferencia en 13,30 Mpa y de 17,65°.
- En los volcánico clásticos la diferencia es de 16,65 Mpa y 20,85°.
- En la brecha la diferencia es de 21,7 y 9,42°.
- Lo que nos indica que la con referencia a la cohesión los valores más altos son los proporcionados por el ensayo Triaxial y los más bajos son los brindaos por el ensayo de corte directo.
- Se debe tomar en cuenta que los ensayos triaxiales se efectuaron en macizos rocosos con todas las discontinuidades.
- El ensayo de corte directo de efectuó en superficies de las discontinuidades.

Por lo que podemos concluir:

Que al efectuarse el ensayo triaxial se está tomando en cuenta las condiciones geológicas del macizo rocoso, por lo tanto, es factible uso de los datos para calcular la resistencia al corte del macizo rocoso y por lo tanto determinar la calidad del macizo. Por otro lado, podemos también sugerir que el ensayo de corte directo nos proporciona parámetros de resistencia al corte para ser usados en fallas o discontinuidades de gran longitud.

## CONCLUSIONES

1. Se ejecutó 8 perforaciones, dos en interior mina y 6 en el tajo. Las perforaciones ejecutadas en el tajo, se instrumentó solo 4 sondajes Geotech\_OP\_001, Geotech\_OP\_002, Geotech\_OP\_006 y Geotech\_OP\_008.
2. De acuerdo con los ensayos de laboratorio en roca, las dolomías presentan una densidad seca entre 1.97 a 2.54 KN/m<sup>3</sup>, las dacitas ente 2.37 a 2.43 KN/m<sup>3</sup>, las areniscas 2.49 KN/m<sup>3</sup>, las margas entre 2.52 a 2.61 KN/m<sup>3</sup>, limolitas 2.56 KN/m<sup>3</sup>, conglomerados entre 2.66 a 2.57 KN/m<sup>3</sup>, tobas entre 2.32 a 2.69 KN/m<sup>3</sup>, depósitos piroclásticos 2.25 KN/m<sup>3</sup>, volcanoclásticos 2.58 KN/m<sup>3</sup> y brecha 2.41 KN/m<sup>3</sup>.
3. Los ensayos triaxiales en roca las calizas presentan una cohesión de 9.68 MPa y fricción de 47.66°. Las dacitas presentan una cohesión entre 3.8 MPa a 14.7 MPa con una fricción entre 43.09 y 55.1. El Conglomerado presenta una cohesión entre 8.59 y 28.95 MPa con una fricción entre 46.29 a 57.64°. La toba presenta una cohesión de 9 MPa con una fricción de 47°. La marga presenta una cohesión entre 8 a 18.7 MPa con una fricción entre 50 y 57°. Los volcanoclásticos presenta una cohesión entre 15 y 18.6 MPa con un ángulo de fricción entre 38.5 y 54.5°. La brecha presenta una cohesión de 22.2 MPa y una fricción de 44.32°.
4. Los resultados de los ensayos de corte directo fueron en roca de calizas presentan una cohesión de 0,00 a 0,3 MPa y de 32,2° a 39,8° de ángulo de fricción, para Dacitas que varía desde 24.8° hasta 44° con una media de 36.9°, y valores de cohesión desde 0.1 a 0.4 MPa con una media de 0.1 MPa. Para los conglomerados tenemos 27 al 48° con una cohesión de 0,1 Mpa, La toba presenta una cohesión de 0,1 MPa con una fricción de 32,4°. En el caso de Margas ángulo de fricción varía desde 32.2° hasta 39.5° con una media de 36.9°, valores de cohesión desde 0.0 a 0.1 MPa con

una media de 0.1 MPa. Los volcanoclásticos presenta una cohesión entre 0,1 y 0,2 MPa con un ángulo de fricción entre 17,8 y 33,3°. La brecha presenta una cohesión de 0,5 MPa y una fricción de 34.9°.

5. El número de discontinuidades determina la calidad del macizo rocoso.

## **RECOMENDACIONES**

1. Determinar bien las muestras para él envío al laboratorio ya sea después de los contactos o terrenos muy fracturados.
2. Para determinar la resistencia al corte de un macizo rocoso se debe tener en cuenta el número de discontinuidades.
3. Asimismo para determina la calidad del macizo rocoso, se debe emplear el tipo de ensayo adecuado de acuerdo a las condiciones geológicas en que se encuentra la roca.
4. Las muestras seleccionas para el envío al laboratorio tienen que ser bien protegidas y enviadas con mucho cuidado para que no se lastimen en el viaje.
5. Seleccionar un buen número de muestras para enviar al laboratorio para tener varios resultados para comparar y ver si hay errores en los ensayos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, E. and J. Alcovero (2004). Swelling and Degradation of Argillaceous Rocks. Unsaturated Soils. Barcelona, España, Swets & Zeitlinger.
- American Society for Testing and Materials (2002). Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rocks Specimen Under Constant Normal Force, ASTM International. D 5607.
- Asmirza, S. (2004). Direct Shear Testing Kuala Lumpur, Universitas Sumatera Utara.
- Bjerrum, L. (1967). "Progressive Failure in Slopes of Over consolidated Plastic Clay and Clay Shales." Journal of Soil Mechanics & Foundations division 93. Bro, A., J. Stewart, et al. Estimating Undrained Strength of Clays from Direct Shear Testing at Fast Displacement Rates. Los Angeles, University of California.
- Das, B. (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. California.
- Duque, G. (2003). Macizo Rocosó. Manual de Geología para Ingenieros. Manizales, Universidad Nacional de Colombia
- Erguler, Z. A. and R. Ulusay (2003). "A Simple Test and Predictive Models for Assessing Swell Potential of Ankara (Turkey) Clay." Engineering Geology
- Flor A. Andy (2016) Determinación de ángulo de fricción y cohesión del suelo mediante correlaciones obtenidas en los ensayos de plasticidad, módulo de elasticidad y NSPT de suelos de tres sectores de la ciudad de Quito. Tesis de Título.
- Gannon, J., G. Masterton, et al. (1999). Piled foundations in weak rock. London, Construction Industry Research and Information Association.
- González de Vallejo L., Ferrer Mercedes, Ortuño Luis, Oteo Carlos (2002) Ingeniería geológica. Pearson Educación Madrid.

- Lambe T, W. (1969). Soil Mechanics. New York.
- Nickmann, M., G. Spaun, et al. (2006). Engineering Geological Classification of Weak Rocks. Congress of International Association for Engineering Geology and the Environment. G. S. o. London. London, United Kingdom.
- Nieto, A. (1982). Caracterización Geotécnica de Macizos de Roca Blanda. I Congreso Suramericano de Mecánica de Rocas. M. I. C. S. d. M. d. Rocas.
- Ocampo, M. S. (2009). Fracturamiento de partículas en materiales granulares sometidos a cargas cíclicas con rotación de esfuerzos. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Universidad de Los Andes. Doctor en Ingeniería.
- Pérez, D. M. (2012). Propuesta técnica para la Determinación del comportamiento del terreno en excavaciones subterránea con base en un Túnel Exploratorio. Caso: Túnel de la Línea. Facultad de Ingeniería. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Magister en Ingeniería- Geotecnia.
- Rodríguez, J. A. (2007). Caracterización de macizos rocosos Ingeniería geológica: Caracterización de macizos rocosos. Oviedo, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo.
- Salinas Riveros E. (2018) Análisis de propiedades geotécnicas de algunas rocas comunes en Chile. Universidad de Chile- Tesis de Título.
- Tisnado Valdivia E, Pastor Contreras W., Velarde Ochoa S., Laura Nina I. (2016) en el estudio Comparación de valores típicos de parámetros de resistencia de las rocas volcánicas en el sector de Totorani –Puno, Universidad del Altiplano, Tesis de Título.

Tovar, R. D. (2008). Influencia de Ciclos de Humedecimiento y Secado en la Resistencia al Corte De Rocas Arcillosas. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Maestría.

## **ANEXOS**

- Instrumentos de recolección de datos.
- Maquinas perforadoras diamantinas utilizadas en el proyecto de Colquijirca.
- Puntos topográficos de los sondajes perforados.
- Fotos de las muestras seleccionadas de las perforaciones diamantinas para el envío al laboratorio para el ensayo triaxial y el ensayo uniaxial

## Tabla de recolección de datos.

SERIE		UNIDAD	Code	Litología	Code	Abrev	Litología	INTERVALO PERFORADO	DESCRIPCIÓN GEOLOGICA			
HOLOCENO		COLUVO ALUVIAL		Suelo	401	QS	Cobertura/Suelo	De 0.00 m a 81.55 m	Material cuaternario artificial (botarero) en el cual se identifican bloques y bolones de rocas carbonatadas y chert englobados en matriz arcillosa, limosa y arenosa.			
EOCENO INFERIOR	CALERA SUPERIOR	10_Calera_Sup	Calera superior	303	CLZA	Calizas	De 81.55 m a 93.10 m	Intercalacion de calizas de textura mudstone de colores gris medio, con delgados horizontes de margas pardo claras. estas ultimas tienen un espesores desde 20 cm hasta 80 cm. Se tienen nodulos de chert entre 85.55 m a 85.90 m de profundidad. Toda la secuencia presenta venillas de calcita y en oquedades de las calizas se presenta en agregados cristalinos diminutos.				
				De 93.10 m a 102.05 m	Calizas de textura mudstone intercalada con delgados horizontes tobaceos y limoarcilíticos hacia el tope de la secuencia. Las tobas se ubican entre los 93.15 m a 93.85 m de profundidad, seguidos de los tramos limoarcilíticos gris oscuros (con espesores de hasta 20 cm). Se aprecian ocurrencias de calcita en venillas de espesores de 1 mm a 5 mm.							
				De 102.05 m a 104.30 m	Calizas varvadas de color gris medio que muestran ocurrencias de calcita como agregados concordantes a la estratificación.							
				De 104.30 m a 121.30 m	Intercalaciones de calizas mudstone de color gris medio, con margas de color pardo amarillento (de espesores de 5 cm a 15 cm) y delgados horizontes de dolomias hacia la base de la secuencia, con espesores de 1 m de espesor que contienen nodulos de chert. Se aprecia en la secuencia ocurrencias de venillas de calcita de 1 mm a 1 cm de espesor.							
				De 121.30 m a 123.90 m	Calizas de incipiente textura varvada de color gris medio. En su tope contiene toba de 10 cm espesor, las limoarcillitas muestran espesor milimétrico. Toda la secuencia se muestra cortada por venillas de calcita.							
				De 123.90 m a 127.60 m	Calizas intercaladas con delgados tramos margosos. Presenta vetilleo de calcita de espesores milimétricos. Asimismo se intercala con delgados horizontes de limoarcilíticos gris oscuros de 1 cm a 2 cm de espesor.							
				De 127.60 m a 131.10 m	Intercalaciones de dolomias con calizas, ambas con presencia de nodulos de chert. Se tiene un delgado nivel de bioturbacion de 133.00 cm a 133.10 cm rellenos por calcita. Asimismo contiene la secuencia delgados tramos de margas gris amarillentas y ocasionales horizontes de limoarcilíticos de 5 cm de espesor.							
				De 131.10 m a 132.00 m	Intercalacion de calizas con limoarcillitas, ambas de espesores delgados.							
				De 132.00 m a 133.00 m	Dolomias gris amarillentas de textura masiva fina.							
				De 133.00 m a 141.75 m	Dolomias gris amarillentas claras intercaladas con delgados horizontes limoarcilíticos de color gris medio, con ocurrencias ocasionales de nodulos de chert.							
				De 141.75 m a 146.90 m	Dolomias gris parduscas de textura varvada, que se intercala con delgados horizontes de limoarcillitas gris oscuras.							
				De 146.90 m a 151.80 m	Secuencia constituida por calizas gris amarillentas de textura oquerosa, la cual se intercala con horizontes limoarcilíticos gris medio de similar espesor (20 cm), contiene la unidad nodulos de chert.							
				De 151.80 m a 153.15 m	Dolomias varvadas intercaladas con delgados niveles limoarcilíticos gris oscuros							
				De 153.15 m a 153.90 m	Toba gris blaquecina, redepositada, que muestra gradacion grano decreciente por tramos.							
				De 153.90 m a 156.40 m	Dolomias varvadas intercaladas por tramos con delgados horizontes limoarcilíticos gris oscuros.							
				De 156.40 m a 157.05 m	Marcador estratigrafico LMMS constituido por margas gris azuladas a los topes de la misma, tobacea de grano grueso en medio de la misma. Separa la Formacion Calera Superior de la Formacion Calera Medio.							
				EOCENO INFERIOR	CALERA MEDIO	20_Calera_Mid	Calera medio	306	DLVA	Dolomias varvadas	De 157.05 m a 158.25 m	Dolomias varvadas pardo grisaceas claras, que se intercalan con delgados horizontes de limoarcillitas gris oscuras a negras.
								310	LIAR	Limoarcillitas	De 158.25 m a 158.40 m	Limoarcillitas gris oscuras a pardo grisaceas.
								201	TOBA	Tobas	De 158.40 m a 158.75 m	Marcador de mineralizacion, toba gruesa gris clara.
304	DOLO	Dolomias	De 158.75 m a 167.40 m					Dolomias gris pardo oscuras, intercaladas con margas de color gris oscuras. Presenta niveles de tobas gris claras de similar potencia.				
307	MARG	Margas	De 167.40 m a 168.05 m					Margas de color gris oscuras y amarillos ocre.				
306	DLVA	Dolomias varvadas	De 168.05 m a 169.70 m					Dolomias varvadas color gris amarillentas con inclusiones de calcita que ocurre como agregados granulares concordantes a la estratificación.				
310	LIAR	Limoarcillitas	De 169.70 m a 174.80 m					Limoarcillitas gris verdosas oscuras masivas al tope de la secuencia, intercalados con delgados tramos dolomíticos varvados en el medio y gris oscuras a negras tambien masivas a la base de la unidad.				
304	DOLO	Dolomias	De 174.80 m a 181.40 m					Dolomias gris pardos claras, intercaladas con limoarcillitas gris oscuras a negras. Contienen ocasionales tramos tobaceos gris claros.				
306	DLVA	Dolomias varvadas	De 181.40 m a 185.10 m					Dolomias gris pardos claras, varvadas por tramos, intercalados con limoarcillitas gris oscuras de 1 cm a 5 cm de espesor.				
304	DOLO	Dolomias	De 185.10 m a 188.70 m					Dolomias gris claras intercaladas con horizontes de limoarcillitas gris pardas, que tienen espesores desde cm a 20 cm.				
304	DOLO	Dolomias	De 188.70 m a 196.75 m					Dolomias gris pardas intercaladas con ocasionales horizontes de limoarcillitas de espesor milimétrico.				
304	DOLO	Dolomias	De 196.75 m a 200.20 m	Dolomias masivas intercaladas con ocasionales horizontes de limoarcillitas. Contiene nodulos de chert y ocurrencias de calcita como venillas y en oquedades como geodas y drusas.								

Página 1

## MAQUINAS DE PERFORACION DIAMANTINA

### Maquina DDH H-600.

Máquina perforadora diamantina H-600 equipo que nos ayudó a perforar los taladros superficiales en las pruebas realizadas en la mina Colquijirca.



## Maquina DDH H-400.

Máquina perforadora diamantina H-400 equipo que nos ayudó a perforar los taladros en interior mina para las pruebas realizadas en la mina Colquijirca.



# Punto topográfico del sondaje GEOTECH\_OP\_001



**EL BROCAL**  
Sociedad Minera el Brocal S.A.S.

## ORDEN DE TRABAJO PARA TOPOGRAFIA

Sociedad Minera el Brocal  
Dpto. de Geología

### LEVANTAMIENTO DE SONDAJE DIAMANTINO

#### DATOS PROGRAMADOS

NIVEL: 4318.7  
LABOR: BOTADERO SUR  
OBJETIVO: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO  
MAQUINA: UDR 650  
N° DE SONDAJE: Geotech\_OP\_001

SISTEMA DE COOR.: PLANAS  
DATUM: WGS84  
ZONA: \_\_\_\_\_  
EQUIPO TOPOGRÁFICO: ESTACIÓN TOTAL LEYCA TS11  
PUNTOS DE BASE: \_\_\_\_\_

#### DATOS DEL SONDAJE LEVANTADO

C\_ESTE: 361225.601  
C\_NORTE: 8810001.731  
COTA: 4323.729  
AZIMUT: 257° 39' 17.51"  
INCLINACIÓN: (-)64° 37' 56.72"  
PROFUNDIDAD: 200

REF\_ESTE: 361225.912  
REF\_NORTE: 8810140.601  
REF\_COTA: 4147.672

GEOTECNISTA: Christian Ramos  
FECHA: 01/06/2021

TOPOGRÁFO: David Carhuas M.  
FECHA DE ENTREGA: 10/06/2021

Christian Ramos, Elvira  
Geotecnia - Flujamiento  
05 de junio 2021

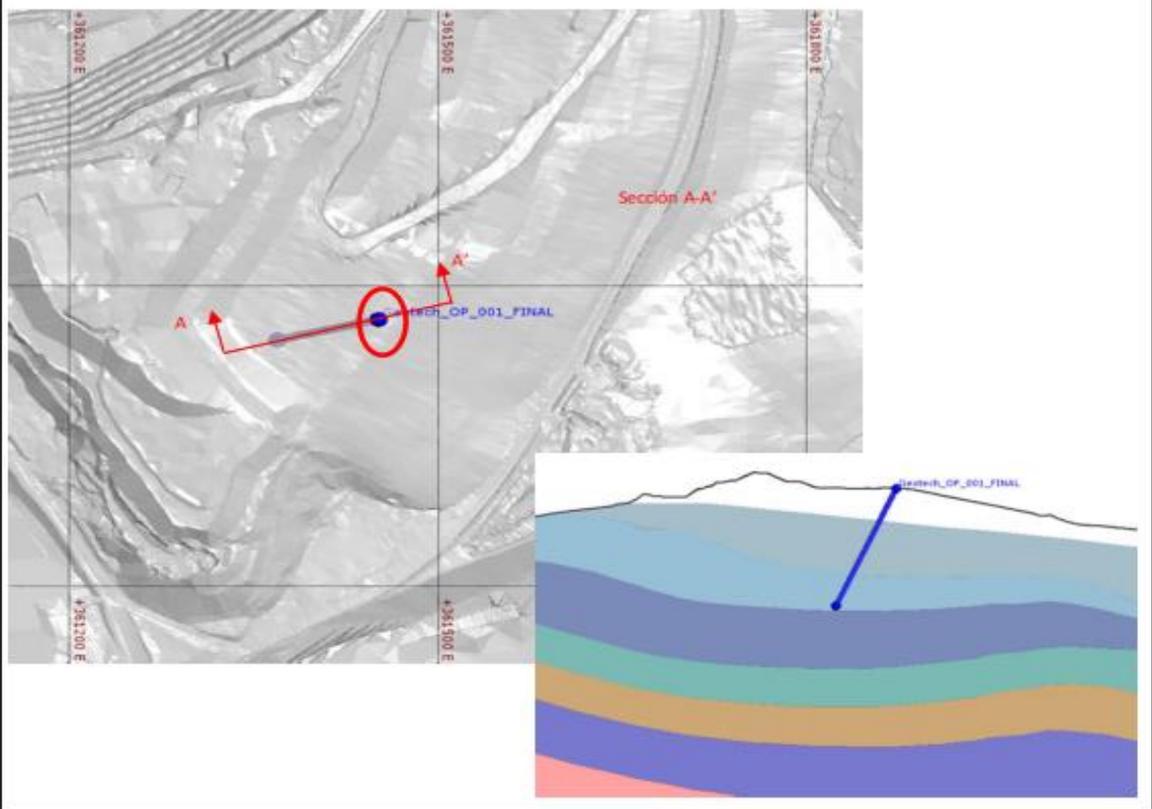
FIRMA

Geotecnista

FIRMA

TOPOGRAFO

Croquis



## Punto topográfico del sondaje GEOTECH\_OP\_002



### ORDEN DE TRABAJO PARA TOPOGRAFIA

Sociedad Minera el Brocal  
Dpto. de Geología

### LEVANTAMIENTO DE SONDAJE DIAMANTINO

#### DATOS PROGRAMADOS

NIVEL: 4323.957  
 LABOR: RB7 - PV6  
 OBJETIVO: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO  
 MAQUINA: UDR 650  
 N° DE SONDAJE: Geotech\_OP\_002

SISTEMA DE COOR.: PLANAS  
 DATUM: WGS84  
 ZONA: \_\_\_\_\_  
 EQUIPO TOPOGRÁFICO: ESTACIÓN TOTAL LEYCA TS11  
 PUNTOS DE BASE: \_\_\_\_\_

#### DATOS DEL SONDAJE LEVANTADO

C\_ESTE: 361149.8291  
 C\_NORTE: 8809583.794  
 COTA: 4275.6233  
 AZIMUT: 267° 31' 31.76"  
 INCLINACIÓN: (-)70° 15' 45.33"  
 PROFUNDIDAD: 110

REF\_ESTE: 361150.2919  
 REF\_NORTE: 8809583.814  
 REF\_COTA: 4276.9144

GEOTECNISTA: Christian Ramos  
 FECHA: 01/07/2021

TOPOGRÁFO: David Carhuas M.  
 FECHA DE ENTREGA: 01/07/2021

Christian Ramos, Divilo  
Geotecnia - Plazamiento  
01 de Julio 2021

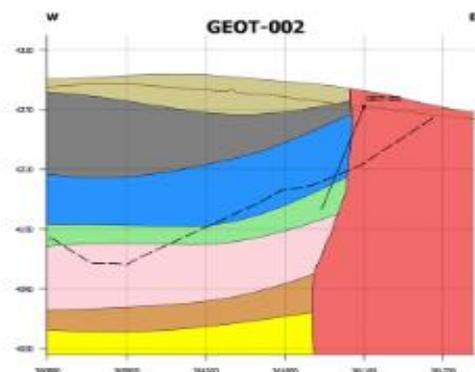
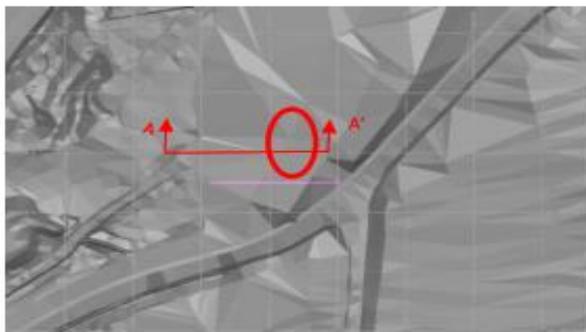
FIRMA

Geotecnista

FIRMA

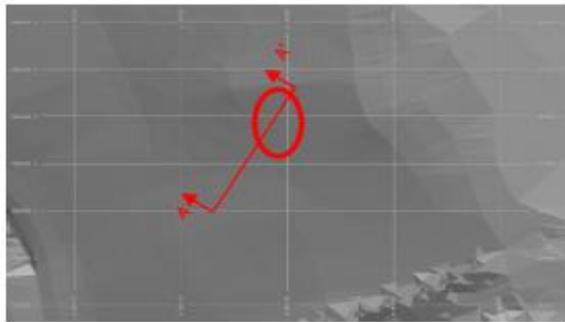
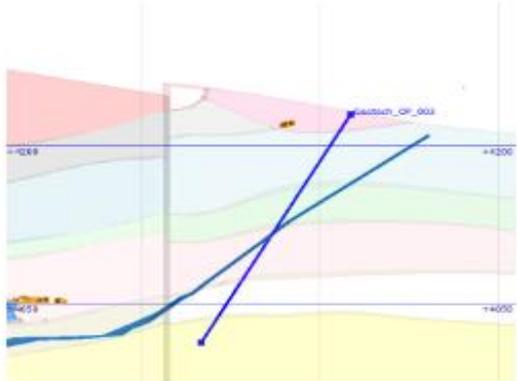
TOPOGRAFO

Croquis



LEYENDA		
CÓDIGO	LITOLOGÍA	COLOR
303	CALIZA BEIGE	
303	CALIZA GRÍS	
307	MARGA	
304	DOLOMÍA	
302	VULCANOCLASTO	
200	PORFIDO DACÍTICO	
301	CONGLOMERADO	
300	ARENISCA	

## Punto topográfico del sondaje GEOTECH\_OP\_003

	<b>ORDEN DE TRABAJO PARA TOPOGRAFIA</b>	Sociedad Minera el Brocal Dpto. de Geología																															
<b>LEVANTAMIENTO DE SONDAJE DIAMANTINO</b>																																	
<b>DATOS PROGRAMADOS</b>																																	
NIVEL:	4268.572	SISTEMA DE COOR.:	PLANAS																														
LABOR:	BOCAMINA LUMBRERAS	DATUM:	WGS84																														
OBJETIVO:	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	ZONA:																															
MAQUINA:	H600	EQUIPO TOPOGRÁFICO:	ESTACIÓN TOTAL LEYCA TS11																														
N° DE SONDAJE:	Geotech_OP_003	PUNTOS DE BASE:																															
<b>DATOS DEL SONDAJE LEVANTADO</b>																																	
C_ESTE:	361492.8118	REF_ESTE:	361493.0012																														
C_NORTE:	8809057.375	REF_NORTE:	8809057.702																														
COTA:	4219.6989	REF_COTA:	4220.3524																														
AZIMUT	210° 04' 46.68"																																
INCLINACIÓN:	(-)59° 57' 39.85"																																
PROFUNDIDAD:	250																																
GEOTECNISTA:	Christian Ramos	TOPOGRÁFO:	David Carhuas M.																														
FECHA:	01/07/2021	FECHA DE ENTREGA:	01/07/2021																														
 Christian Ramos, Divilo Geotecnista - Plazamiento 00 de Junio 2021		_____ FIRMA TOPOGRAFO																															
FIRMA Geotecnista																																	
<b>Croquis</b>																																	
																																	
<table border="1" style="font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="3">LEYENDA</th> </tr> <tr> <th>CÓDIGO</th> <th>LITOLOGÍA</th> <th>COLOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>303</td> <td>CALIZA BEIGE</td> <td style="background-color: #f0e68c;"></td> </tr> <tr> <td>303</td> <td>CALIZA GRÍS</td> <td style="background-color: #808080;"></td> </tr> <tr> <td>307</td> <td>MARGA</td> <td style="background-color: #90ee90;"></td> </tr> <tr> <td>304</td> <td>DOLOMÍA</td> <td style="background-color: #6495ed;"></td> </tr> <tr> <td>302</td> <td>VULCANOCLASTO</td> <td style="background-color: #ff6347;"></td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>PORFIDO DACÍTICO</td> <td style="background-color: #cd5c5c;"></td> </tr> <tr> <td>301</td> <td>CONGLOMERADO</td> <td style="background-color: #d2691e;"></td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>ARENISCA</td> <td style="background-color: #ffff00;"></td> </tr> </tbody> </table>				LEYENDA			CÓDIGO	LITOLOGÍA	COLOR	303	CALIZA BEIGE		303	CALIZA GRÍS		307	MARGA		304	DOLOMÍA		302	VULCANOCLASTO		200	PORFIDO DACÍTICO		301	CONGLOMERADO		300	ARENISCA	
LEYENDA																																	
CÓDIGO	LITOLOGÍA	COLOR																															
303	CALIZA BEIGE																																
303	CALIZA GRÍS																																
307	MARGA																																
304	DOLOMÍA																																
302	VULCANOCLASTO																																
200	PORFIDO DACÍTICO																																
301	CONGLOMERADO																																
300	ARENISCA																																

## Punto topográfico del sondaje GEOTECH\_OP\_006



**EL BROCAL**  
Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

### ORDEN DE TRABAJO PARA TOPOGRAFIA

Sociedad Minera el Brocal  
Dpto. de Geología

### LEVANTAMIENTO DE SONDAJE DIAMANTINO

#### DATOS PROGRAMADOS

NIVEL: <u>4406</u>	SISTEMA DE COOR.: <u>PLANAS</u>
LABOR: <u>aguas arriba laguna Esmelter</u>	DATUM: <u>WGS84</u>
OBJETIVO: <u>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</u>	ZONA: _____
MAQUINA: <u>UDR600</u>	EQUIPO TOPOGRÁFICO: <u>ESTACIÓN TOTAL LEYCA TS11</u>
N° DE SONDAJE: <u>Geotech_OP_006</u>	PUNTOS DE BASE: _____

#### DATOS DEL SONDAJE LEVANTADO

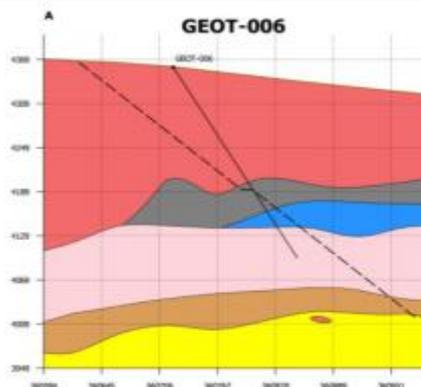
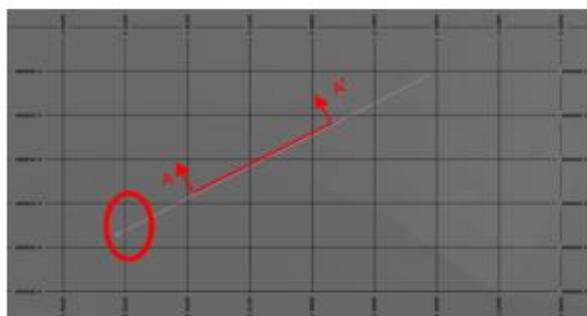
C_ESTE: <u>360721.800</u>	REF_ESTE: <u>360720.974</u>
C_NORTE: <u>8808605.916</u>	REF_NORTE: <u>8808605.768</u>
COTA: <u>4361.423</u>	REF_COTA: <u>4363.141</u>
AZIMUT: <u>79° 07' 26.86"</u>	
INCLINACIÓN: <u>(-)65° 28' 02.98"</u>	
PROFUNDIDAD: <u>300</u>	
GEOTECNISTA: <u>Christian Ramos</u>	TOPOGRÁFO: <u>David Carhuas M.</u>
FECHA: <u>13/07/2021</u>	FECHA DE ENTREGA: <u>18/07/2021</u>

Christian Ramos Dávila  
Geotecnia - Placemiento  
13-07-2021

FIRMA  
Geotecnista

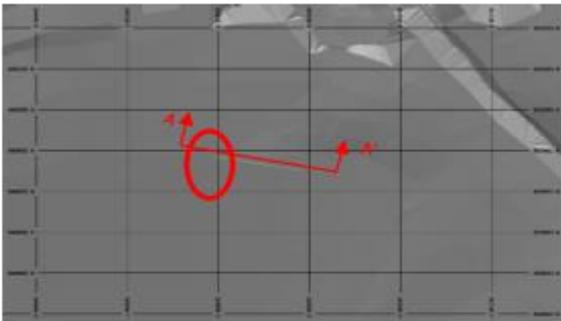
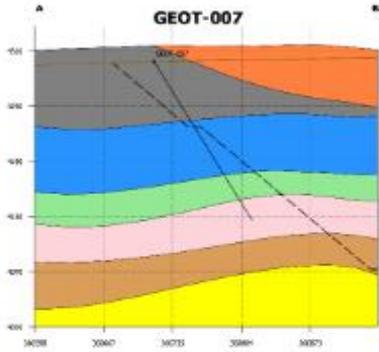
FIRMA  
TOPOGRAFO

Croquis



LEYENDA		
CÓDIGO	LITOLOGÍA	COLOR
303	CALIZA BEIGE	[Color swatch]
303	CALIZA GRÍS	[Color swatch]
307	MARGA	[Color swatch]
304	DOLOMÍA	[Color swatch]
302	VULCANOCLASTO	[Color swatch]
200	PORFIDO DACÍTICO	[Color swatch]
301	CONGLOMERADO	[Color swatch]
300	ARENISCA	[Color swatch]

## Punto topográfico del sondaje GEOTECH\_OP\_007

	<b>ORDEN DE TRABAJO PARA TOPOGRAFIA</b>		Sociedad Minera el Brocal Dpto. de Geología																														
	<b>LEVANTAMIENTO DE SONDAJE DIAMANTINO</b>																																
<b>DATOS PROGRAMADOS</b>																																	
NIVEL:	<u>4302</u>	SISTEMA DE COOR.:	<u>PLANAS</u>																														
LABOR:	<u>aguas arriba laguna Esmelter</u>	DATUM:	<u>WGS84</u>																														
OBJETIVO:	<u>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</u>	ZONA:	<u></u>																														
MAQUINA:	<u>H600</u>	EQUIPO TOPOGRÁFICO:	<u>ESTACIÓN TOTAL LEYCA TS11</u>																														
N° DE SONDAJE:	<u>Geotech_OP_007</u>	PUNTOS DE BASE:	<u></u>																														
<b>DATOS DEL SONDAJE LEVANTADO</b>																																	
C_ESTE:	<u>360797.874</u>	REF_ESTE:	<u>360797.053</u>																														
C_NORTE:	<u>8808991.565</u>	REF_NORTE:	<u>8808991.973</u>																														
COTA:	<u>4302.577</u>	REF_COTA:	<u>4304.166</u>																														
AZIMUT	<u>116° 25' 51.13"</u>																																
INCLINACIÓN:	<u>(-)60 01' 06.48"</u>																																
PROFUNDIDAD:	<u>200</u>																																
GEOTECNISTA:	<u>Christian Ramos</u>	TOPOGRÁFO:	<u>David Carhuas M.</u>																														
FECHA:	<u>18/07/2021</u>	FECHA DE ENTREGA:	<u>18/07/2021</u>																														
 Christian Ramos Dávila Geotecnia - Plazamiento 18-07-2021 <b>FIRMA</b> Geotecnista		<b>FIRMA</b> TOPOGRAFO																															
<b>Croquis</b>																																	
																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">LEYENDA</th> </tr> <tr> <th>CÓDIGO</th> <th>LITOLOGÍA</th> <th>COLOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>303</td> <td>CALIZA BEIGE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>303</td> <td>CALIZA GRIS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>307</td> <td>MARGA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>304</td> <td>DOLOMÍA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>302</td> <td>VULCANOCLASTO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>PORFIDO DACÍTICO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>301</td> <td>CONGLOMERADO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>ARENISCA</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				LEYENDA			CÓDIGO	LITOLOGÍA	COLOR	303	CALIZA BEIGE		303	CALIZA GRIS		307	MARGA		304	DOLOMÍA		302	VULCANOCLASTO		200	PORFIDO DACÍTICO		301	CONGLOMERADO		300	ARENISCA	
LEYENDA																																	
CÓDIGO	LITOLOGÍA	COLOR																															
303	CALIZA BEIGE																																
303	CALIZA GRIS																																
307	MARGA																																
304	DOLOMÍA																																
302	VULCANOCLASTO																																
200	PORFIDO DACÍTICO																																
301	CONGLOMERADO																																
300	ARENISCA																																

## Punto topográfico del sondaje GEOTECH\_OP\_008



### ORDEN DE TRABAJO PARA TOPOGRAFIA

Sociedad Minera el Brocal  
Dpto. de Geología

### LEVANTAMIENTO DE SONDAJE DIAMANTINO

#### DATOS PROGRAMADOS

NIVEL: <u>4318</u>	SISTEMA DE COOR.: <u>PLANAS</u>
LABOR: <u>Ciudad antigua Smelter</u>	DATUM: <u>WGS84</u>
OBJETIVO: <u>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</u>	ZONA: <u>18 SUR</u>
MAQUINA: <u>UDR650</u>	EQUIPO TOPOGRÁFICO: <u>ESTACIÓN TOTAL LEYCA TS11</u>
N° DE SONDAJE: <u>Geotech_OP_008</u>	PUNTOS DE BASE: _____

#### DATOS DEL SONDAJE LEVANTADO

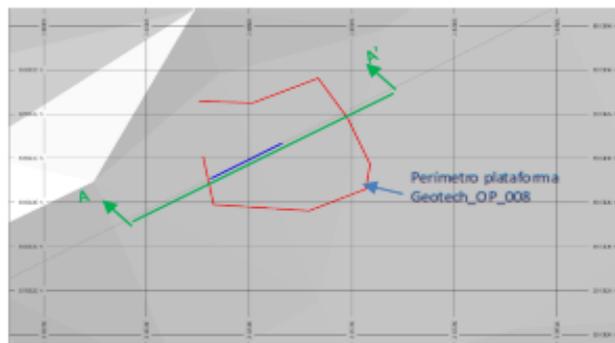
C_ESTE: <u>360688.0384</u>	REF_ESTE: <u>360688.4894</u>
C_NORTE: <u>8809677.538</u>	REF_NORTE: <u>8809677.793</u>
COTA: <u>4269.490767</u>	REF_COTA: <u>4270.405867</u>
AZIMUT: <u>240° 30' 56.66"</u>	
INCLINACIÓN: <u>-60° 28' 58.58"</u>	
PROFUNDIDAD: <u>130</u>	

GEOTECNISTA: <u>Teófilo Huarancay Huamani</u>	TOPOGRÁFO: <u>POR: TACO CRUZ, Francisco</u>
FECHA: <u>1/08/2021</u>	FECHA DE ENTREGA: <u>11/08/2021</u>

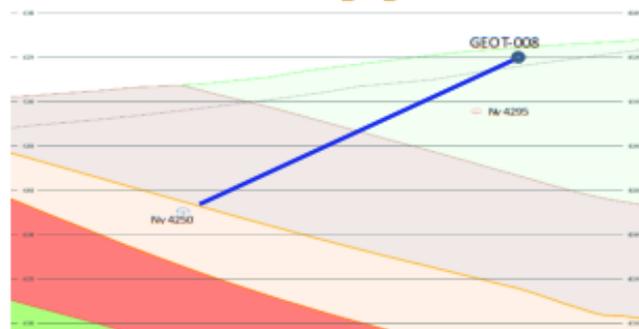
  
**TEÓFILO AUGUSTO HUARANCAY HUAMANI**  
 Especialista Geotécnica  
 Geotecnista

  
 FIRMA  
 TOPOGRAFO

Croquis



**Geotech\_OP\_008**



LEYENDA		
CÓDIGO	LITOLÓGIA	COLOR
303	CALIZA BEIGE	[Color swatch]
303	CALIZA GRÍS	[Color swatch]
307	MARGA	[Color swatch]
304	DOLOMÍA	[Color swatch]
302	VULCANOCLASTO	[Color swatch]
200	PORFIDO DACÍTICO	[Color swatch]
301	CONGLOMERADO	[Color swatch]
300	ARENISCA	[Color swatch]

## Punto topográfico del sondaje GEOTECH\_UG\_001



### ORDEN DE TRABAJO PARA TOPOGRAFIA

Sociedad Minera el Brocal  
Dpto. de Geología

### LEVANTAMIENTO DE SONDAJE DIAMANTINO

#### DATOS PROGRAMADOS

NIVEL: 3942  
LABOR: VN8674E por RP1462  
OBJETIVO: Marcado topografico  
MAQUINA: MD-500-2  
N° DE SONDAJE: Geotech\_UG\_001 (negativo)

SISTEMA DE COOR.: PLANAS  
DATUM:   
ZONA: 185  
EQUIPO TOPOGRÁFICO: ESTACIÓN TOTAL LEYCA TS11  
PUNTOS DE BASE:

#### DATOS DEL SONDAJE LEVANTADO

C\_ESTE: 361732.1375  
C\_NORTE: 8808675.9770  
COTA: 3935.5726  
AZIMUT: 45° 53' 49.83"  
INCLINACIÓN: - 71° 02' 13.5"  
PROFUNDIDAD: 200 mts.

REF\_ESTE: 361732.1148  
REF\_NORTE: 8808675.9550  
REF\_COTA: 3935.6646

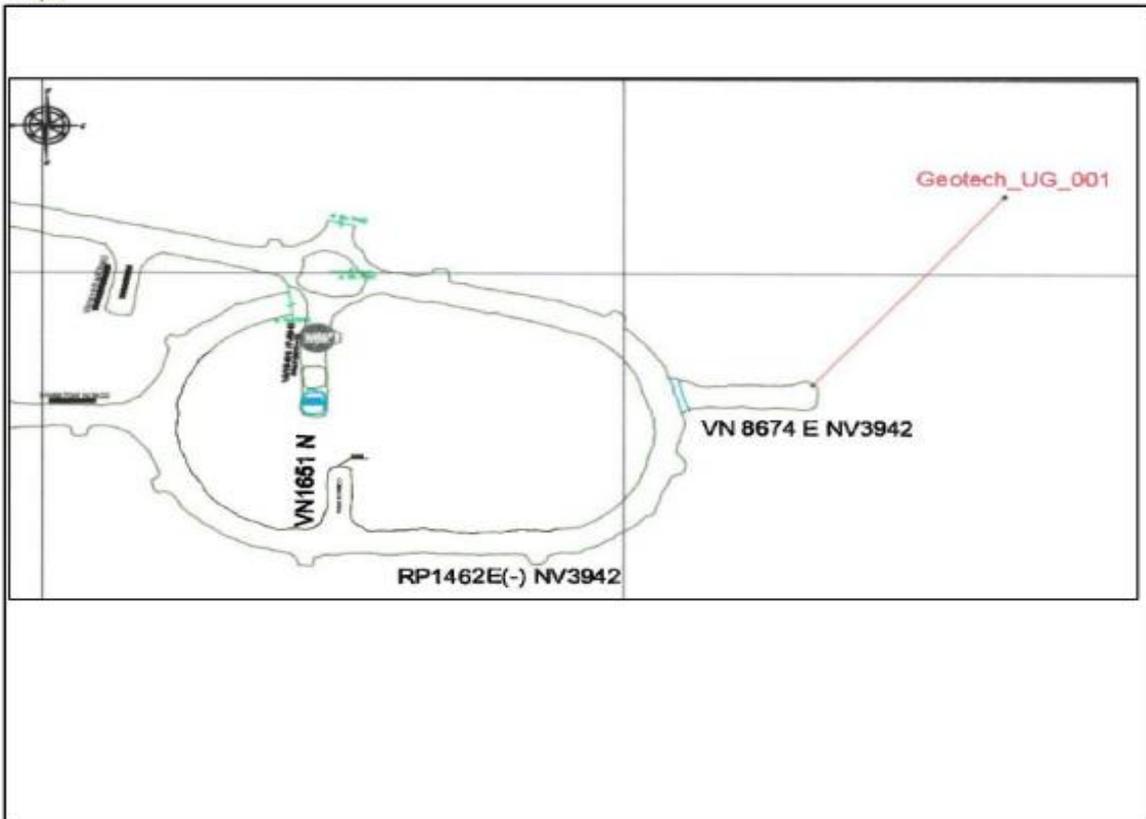
GEOMECANICO: Julián Arcelles Marchand  
FECHA: 08/09/2021

TOPOGRÁFO: Marino Maylle Melchor  
FECHA DE ENTREGA: 08/09/2021

FIRMA GEOMECANICO

FIRMA  
TOPOGRAFO

Craquis



# Punto topográfico del sondaje GEOTECH\_UG\_005



## ORDEN DE TRABAJO PARA TOPOGRAFIA

Sociedad Minera el Brocal  
Dpto. de Geología

### LEVANTAMIENTO DE SONDAJE DIAMANTINO

#### DATOS PROGRAMADOS

NIVEL:	<u>4180</u>	SISTEMA DE COOR.:	<u>PLANAS</u>
LABOR:	<u>VN8858W por RP1345</u>	DATUM:	<u></u>
OBJETIVO:	<u>Levantamiento topografico del collar</u>	ZONA:	<u>185</u>
MAQUINA:	<u>MD-500-2</u>	EQUIPO TOPOGRÁFICO:	<u>ESTACIÓN TOTAL LEYCA TS11</u>
N° DE SONDAJE:	<u>Geotech_UG_005 (Positivo)</u>	PUNTOS DE BASE:	<u></u>

#### DATOS DEL SONDAJE LEVANTADO

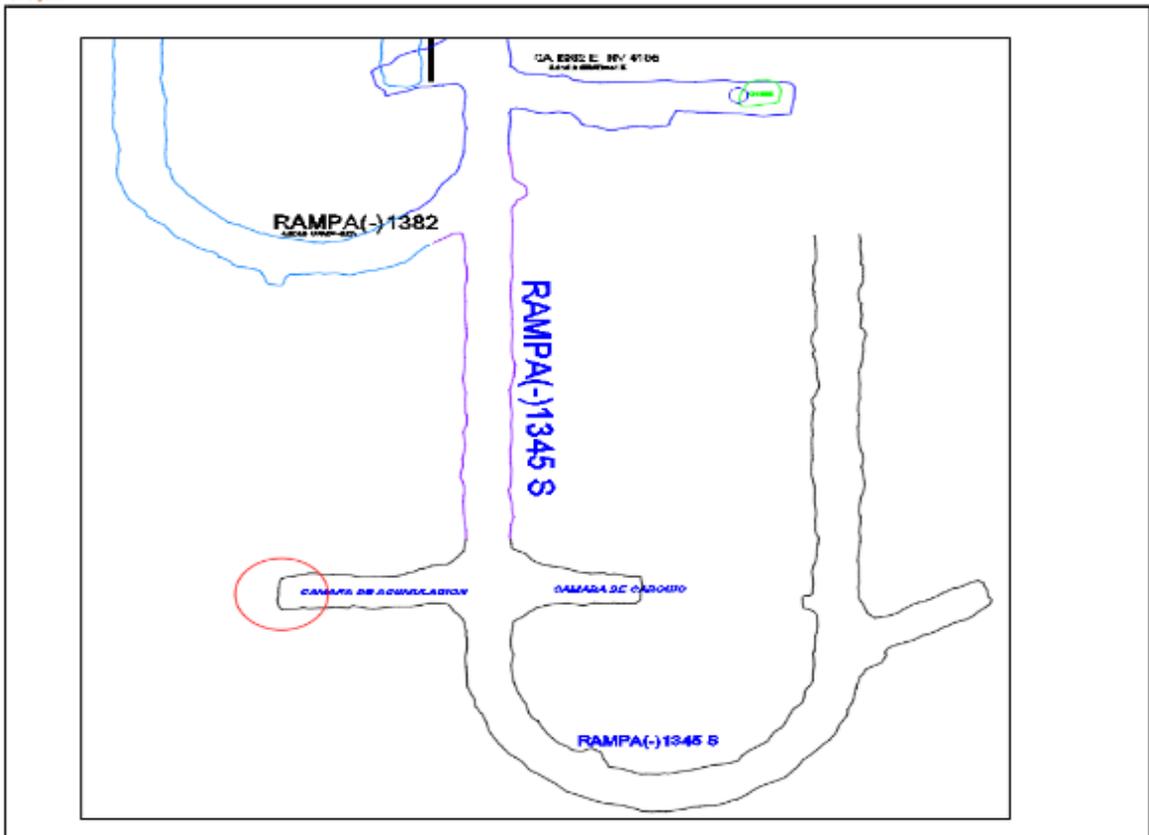
C_ESTE:	<u>361359.2766</u>	REF_ESTE:	<u>361359.3870</u>
C_NORTE:	<u>8808856.1418</u>	REF_NORTE:	<u>8808856.3252</u>
COTA:	<u>4179.5606</u>	REF_COTA:	<u>4179.3283</u>
AZIMUT	<u>211°2'46.97"</u>		
INCLINACIÓN:	<u>(+)47°20'21.81"</u>		
PROFUNDIDAD:	<u></u>		
GEOMECANICO:	<u>ALEX CHAMBE GARCIA</u>	TOPOGRÁFO:	<u>DEYBY ROBLES CACERES</u>
FECHA:	<u>10/06/2021</u>	FECHA DE ENTREGA:	<u>11/06/2021</u>

  
ALEX CHAMBE GARCIA  
DNI: 44413062

FIRMA  
GEOMECANICO

FIRMA  
TOPOGRAFO

Croquis



**MUESTRAS DE LOS SONDAJE REALIZADOS LISTO PARA ENVIAR  
AL LABORATORIO SEGÚN TALADRO PERFORADO**

**Muestras del sondaje GEOTECH-OP-001**

Muestras UCS del taladro GEOTECH-OP-001



Muestras TX del taladro GEOTECH-OP-001



Muestras PF del taladro GEOTECH-OP-001



Muestras CD del taladro GEOTECH-OP-001



## Muestras del sondaje GEOTECH-UG-001

Muestras UCS del taladro GEOTECH-UG-001



Muestras TX del taladro GEOTECH-UG-001





## Muestras del sondaje GEOTECH-UG-005

Muestras UCS del taladro GEOTECH-UG-005



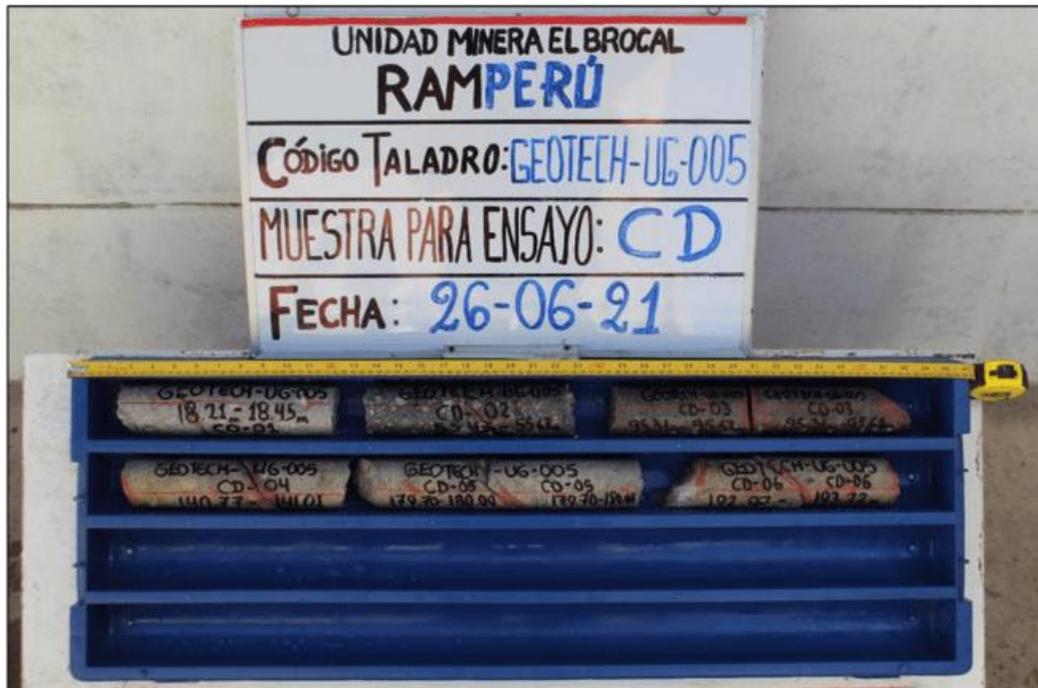
Muestras TX del taladro GEOTECH-UG-005



Muestras PF del taladro GEOTECH-UG-005



Muestras CD del taladro GEOTECH-UG-005



## Muestras del sondaje GEOTECH-OP-002

Muestras TX del taladro GEOTECH-OP-002



Muestras CD del taladro GEOTECH-OP-002



## Muestras del sondaje GEOTECH-OP-003

Muestras CD del taladro GEOTECH-OP-003



Muestras TX del taladro GEOTECH-OP-003



Muestras CD del taladro GEOTECH-OP-003



Muestras PF del taladro GEOTECH-OP-003



## Muestras del sondaje GEOTECH-OP-006

Muestras TX del taladro GEOTECH-OP-006



Muestras TX del taladro GEOTECH-OP-006



Muestras UCS del taladro GEOTECH-OP-006



Muestras CD del taladro GEOTECH-OP-006

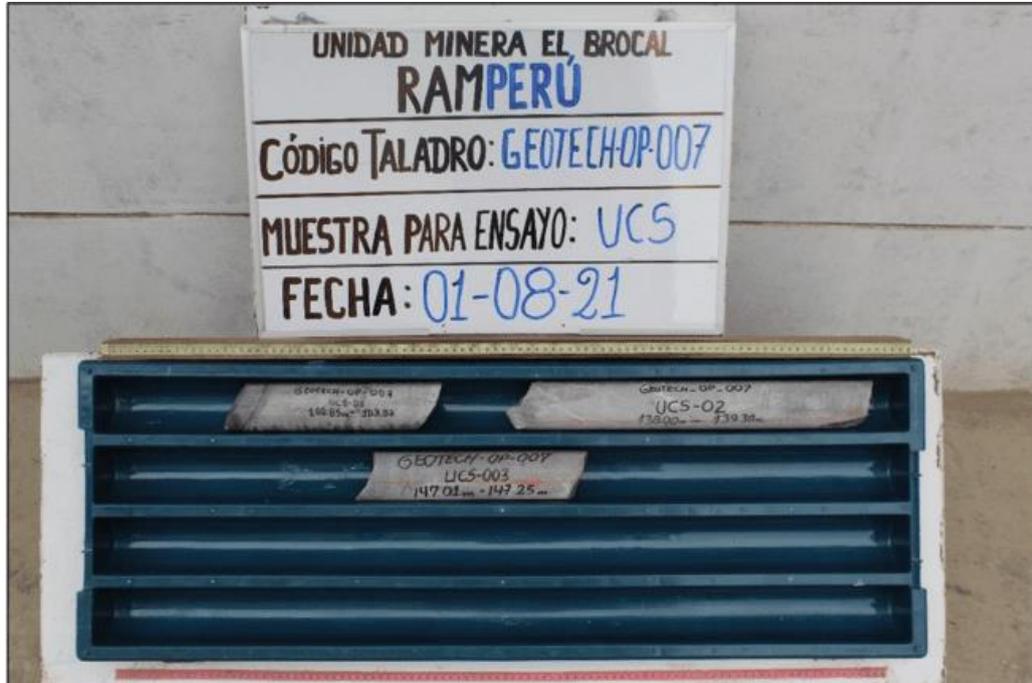


Muestras PF del taladro GEOTECH-OP-006



## Muestras del sondaje GEOTECH-OP-007

Muestras UCS del taladro GEOTECH-OP-007



Muestras PF del taladro GEOTECH-OP-007



Muestras CD del taladro GEOTECH-OP-007

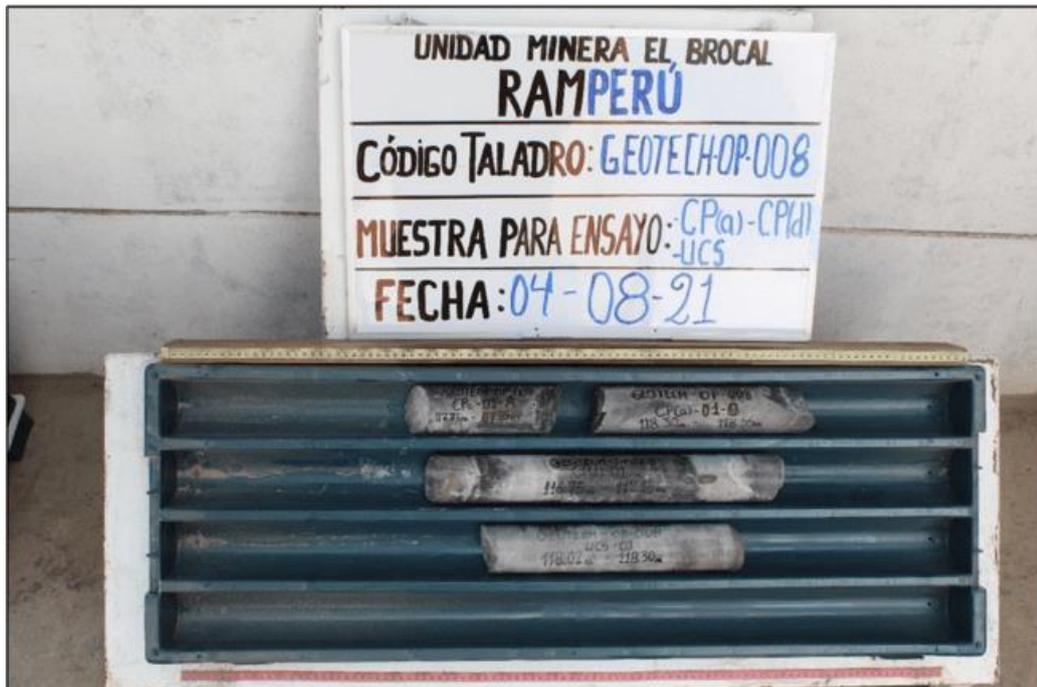


## Muestras del sondaje GEOTECH-OP-008

Muestras CD del taladro GEOTECH-OP-008



Muestras UCS del taladro GEOTECH-OP-008



Muestras CD-TX del taladro GEOTECH-OP-008

