

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**REDUCCIÓN DE DESGASTE EN EL USO DE BROCAS TRICÓNICAS EN LA
MINA TOQUEPALA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JUAN ALBERTO SANCHEZ VILLALTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

REDUCCIÓN DE DESGASTE EN EL USO DE BROCAS TRICÓNICAS EN LA MINA TOQUEPALA

PRESENTADA POR:

Bach. JUAN ALBERTO SÁNCHEZ VILLALTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 18 DE NOVIEMBRE DEL 2016

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

.....

Dr. Ing. JUAN MAYHUA PALOMINO

PRIMER MIEMBRO

.....

M.Sc. Ing. JORGE DURANT BRODEN

SEGUNDO MIEMBRO

.....

Ing. AGUSTIN PEREZ QUISPE

DIRECTOR DE TESIS

.....

Ing. DAVID VELÁSQUEZ MEDINA

ASESOR DE TESIS

.....

Ing. OWAL A. VELÁSQUEZ VIZA

Área : Ingeniería de Minas.
Tema : Perforación y voladura de rocas.

DEDICATORIA

A mis padres por su infinita ayuda en mi vida universitaria, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, quien con su esfuerzo y dedicación me permitió la culminación de mi carrera profesional, a mis hermanos y familiares, por su ayuda y confianza depositada en mi persona.

A mi pareja, por su constante apoyo, quien con su paciencia y perseverancia supo motivar y superar las dificultades hasta lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios superiores en ésta primera casa de estudios.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, a la plana docente por haberme transmitido los conocimientos, experiencias y orientación vocacional para mi formación como ingeniero de minas.
- A mis padres, hermanos y familiares quienes contribuyeron ya sea directa o indirectamente para hacer realidad mi formación profesional.
- Mi agradecimiento a la Empresa Southern Peru, unidad Toquepala por haber permitido realizar el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	v
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2.1	Pregunta general	12
1.2.2	Preguntas específicas	12
1.3	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.3.1	Objetivo general.....	12
1.3.2	Objetivos específicos	13
1.4	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.5	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	13
1.6	VIABILIDAD DEL ESTUDIO	14

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.2	BASES TEÓRICAS.....	18
2.2.1.	La velocidad de barrido	22
2.2.2	Sarta de perforación	23
2.2.3	Detritus.....	23
2.2.4	El aire en la perforación.....	25
2.2.5	Trepano	26

2.2.6	Corte.....	28
2.2.7	Evaluación de los triconos gastados	29
2.2.8	Principales características de los triconos.....	30
2.2.9	Selección de brocas.....	31
2.2.10	Tipos de triconos.....	33
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES	33
2.4	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	36
2.4.1	Hipótesis general.....	36
2.4.2	Hipótesis específicas.....	36

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1	UBICACIÓN	37
3.2	ACCESSIBILIDAD.....	38
3.3	GEOMORFOLOGÍA.....	38
3.3.1	Relieve y elevaciones.....	38
3.3.2	Procesos geomórficos	38
3.3.3	Drenaje.....	39
3.4	GEOLOGÍA.....	39
3.4.1	Geología general	39
3.4.2	Geología regional.....	41
3.4.2.1	Rocas volcánicas.....	42
3.4.2.2	Rocas intrusivas	42
3.4.2.3	Litología.....	43
3.4.2.4	Alteraciones	43
3.4.3	Geología local	44
3.4.3.1	Rocas volcánicas.....	44
3.4.3.2	Rocas intrusivas	45
3.4.3.3	Brechas.....	46
3.4.4	Geología estructural.....	46
3.4.4.1	Fallas principales	46

3.4.4.2	Otras estructuras	47
3.4.5	Geología económica	47
3.4.5.1	Génesis del yacimiento	47
3.4.5.2	Mineralización	48
3.4.5.3	Reservas minerales	51

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	55
4.2	POBLACIÓN	64
4.3	MUESTRA	64
4.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	64
4.4.1	Variable independiente	64
4.4.2	Variable dependiente	65

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	66
5.2	CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	68
5.2.1	Resultados comparativos de desgaste de brocas	68
5.2.2	Desgaste de brocas tricónicas	73
5.2.3	Enjuiciamiento y validación de los resultados	75
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES	80
	BIBLIOGRAFÍA	81
	ANEXOS	82

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado Reducción de desgaste en el uso de brocas tricónicas en la Mina Toquepala tiene como objetivo principal, reducir el desgaste de las brocas tricónicas mediante la evaluación de los factores de presión de aire del barrido, fuerza de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración, y granulometría de los detritos en la mina Toquepala. La explotación del yacimiento minero de Toquepala de la compañía Minera Southern Peru Cooper Corporation, se ejecuta con equipos de gran tonelaje y en este caso perforadoras Bucyrus y P&H, con brocas tricónicas, marca Varel modelo RB67G y RB67 de 11 y 12 ¼ pulgadas de diámetro. Para lograr los objetivos planteados se ha realizado el control de cada uno de los factores intervinientes en el proceso de perforación y el desgaste de las brocas tricónicas, llegando a los siguientes resultados.

Mediante el control y evaluación de los factores de: presión de aire necesario para el barrido, presión de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración y la granulometría que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas, se concluye que en la perforación anterior cada broca tiene una vida útil promedio de 1 603.65 metros perforados y en la perforación actual se logra una vida útil promedio de 1 711.32 metros perforados por cada broca utilizada, teniendo una diferencia de 107.68 metros perforados por cada broca, obteniendo un ahorro total de 753.76 metros perforados por las 07 brocas utilizadas, en comparación con la perforación anterior.

Realizando el control de los factores que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas se concluye que en la perforación actual los más apropiados son: Presión de aire del barrido un promedio de 50 170 lb/pulg², presión de empuje de 64 801.28 lb/pulg, velocidad angular de 65.63 RPM, velocidad de penetración un promedio de 35.16 m/h.

Según el análisis granulométrico de los detritos de perforación, para reducir el desgaste de las brocas tricónicas el más apropiado es una granulometría de grano medio en un intervalo de 152- 248 micras.

Palabras clave: Reducción, desgaste, brocas tricónicas, mina.

INTRODUCCIÓN

El yacimiento de Toquepala se encuentra ubicado en el distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre y departamento de Tacna, a 180 km. en dirección NW y a 10 km. de la localidad de Camiara a una altitud de 1 930 m.s.n.m.

El yacimiento cuprífero se encuentra emplazado en el Batolito de la Costa, segmento Tacna, formando parte de la faja costanera de la provincia metalogenética de cobre. Actualmente la compañía minera explota el mineral cobre y molibdeno, con una producción diaria de 150,000 toneladas métricas de mineral.

En la explotación superficial la perforación se realiza con equipos de gran tonelaje en este caso perforadoras Bucyrus y P&H con brocas tricónicas, marca Varel modelo RB67G y RB67 de 11 y 12 ¼ pulgadas de diámetro.

El trabajo de investigación se ha dividido en cinco capítulos: en el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, descripción de la realidad problemática, objetivos de la investigación y justificación del trabajo de investigación, en el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico, antecedentes de la investigación, definiciones conceptuales y formulación de hipótesis, en el Capítulo III, se considera la caracterización del área de investigación, ubicación del yacimiento, accesibilidad y geología, en el Capítulo IV, se plantea la metodología de la investigación, población, muestra y operacionalización de variables, y en el Capítulo V, se resume las discusiones, análisis de resultados, contrastación de las hipótesis, desgaste de las brocas tricónicas y resultados comparativos del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Compañía Minera Southern Peru, unidad Toquepala, viene desarrollando las actividades de perforación y voladura en el tajo Toquepala, fase 3, 4 y 5.

Durante la evaluación de las operaciones de perforación se encontró el desgaste prematuro de las brocas tricónicas, ocasionando un costo adicional en la perforación, debido a la falta de control estricto de los factores que intervienen en el desgaste de las brocas tricónicas tales como: la presión de aire del barrido, velocidad angular, velocidad de penetración, fuerza de empuje, y la granulometría de los detritus de perforación. La velocidad ascensional mínima para la extracción de los detritus está en función de la densidad de roca, el tamaño de las partículas y el caudal de aire.

El presente control de desgaste de brocas se realizó en la fase 4, nivel 3130 y 3145, la perforación se ha realizado en roca intrusiva, dacita porfirítica, sin presencia de yeso y anhidrita, con alteración cuarzo-sericita, con una densidad de $2,76 \text{ TM/m}^3$, y una

resistencia a la compresión simple de 164.9 MPa. (ver Cuadro 1.1 y Anexo N°5), en bancos de 15 m. con sobre perforación de 1.5 m.

Cuadro 1.1. Prueba de resistencia a la compresión simple - SPCC - Mina Toquepala.

Unidad de Macizo Rocoso			Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Promedio
Litología	Tope de Yeso	Alteración	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)
Dacita Porfírica	NO G/A	Cuarzo Sericita	164.9	164.9	164.9
	G/A	Cuarzo Sericita	72.4	145.7	106.9

Nota:

NOG/A: Indica ausencia de yeso y anhidrita

G/A: Indica presencia de yeso y anhidrita

Fuente: Mina Toquepala.

Actualmente en la mina Toquepala viene trabajando con 11 máquinas perforadoras entre Bucyrus y P&H, teniendo un consumo de 64 a 68 brocas tricónicas, mensuales, marca Varel modelo RB67G, RB67 de 11, 12 ¼ pulgadas de diámetro y barrenos de 9¼ y 10 ¾ de pulgada de diámetro.

La utilización de la perforadoras rotativas del mes de Junio fue de 76,73 %, la misma que se reduce en 3,84 % respecto al mes de Mayo donde fue de 80.57%.

El costo promedio por metro de perforación primaria en el mes de Junio ha sido de 15,19 US\$/m.

La vida útil de las brocas se mantiene en un promedio de 1711 metros perforados con un costo promedio de 2,45 US\$/m.

La operación unitaria de perforación es de mucha importancia en la explotación de minas a tajo abierto, y es necesario realizar el control estricto de los factores que intervienen en el desgaste de las brocas tricónicas, cuyo control permitirá adicionar la vida de estas brocas tricónicas y generar mayor rentabilidad para la empresa minera.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Pregunta general

¿Cómo reducimos el desgaste en el uso de brocas tricónicas mediante la evaluación de los factores de presión de aire del barrido, fuerza de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración, y granulometría de los detritos en la mina Toquepala?

1.2.2 Preguntas específicas

- a) ¿Cuál es la presión de aire necesario del barrido y la fuerza de empuje para la reducción del desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala?
- b) ¿Cuál es la velocidad angular y la velocidad de penetración para reducir el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala?
- c) ¿Cuál es la granulometría de los detritos para reducir el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Reducir el desgaste en el uso de brocas tricónicas mediante la evaluación de los factores de presión de aire del barrido, fuerza de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración, y granulometría de los detritos en la mina Toquepala.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Evaluar la presión de aire del barrido y la fuerza de empuje para reducir el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.
- b) Evaluar la velocidad angular y la velocidad de penetración para reducir el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.
- c) Determinar la granulometría de los detritos para reducir el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación, tiene como fin contribuir a la Empresa minera Southern Peru, unidad Toquepala, referente al uso de las brocas tricónicas, el trabajo permitirá la reducción del desgaste de las brocas tricónicas, determinando la presión de aire del barrido, fuerza de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración y la granulometría de los detritos formado durante la perforación y evitar que sean triturados por los elementos rotativos y cortadores de la broca.

Además el estudio beneficiará específicamente a la empresa minera Southern Peru - Unidad Toquepala, incrementando la vida de las brocas tricónicas y generando mayor rentabilidad para la empresa minera.

1.5 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El presente proyecto de investigación no tiene limitaciones en el proceso de su ejecución y cuenta con el apoyo de la unidad minera Toquepala.

1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación esta íntegramente relacionado con la actividad minera, y es una fuente de desarrollo del país en lo económico, infraestructuras y desarrollo social, de la misma manera su importancia a nivel internacional. Conociendo su grado de importancia es viable para su desarrollo de acuerdo a la nueva tecnología minera, y para su ejecución se cuenta con recursos económicos y recursos humanos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Atlas Copco Drilling Solutions LLC (2012), en la tercera edición. “Blasthole Drilling in Open Pit Mining” presentado en el MINEXPO 2012, en las Vegas, USA. Como resultado establece que la regla tradicional es que el caudal mínimo es de 5000 cfm en el fondo del taladro. La cantidad real de aire requerido variará ampliamente en base a la densidad del material y el tamaño del detritus, o en conseguir un compresor de aire de mayor capacidad mediante la adaptación o compra de una nueva máquina, cualquiera que sea la aplicación es fundamental contar con aire adecuado para la evacuación de detritus.

La importancia del aire es un elemento clave en la perforación rotatoria para evacuar eficientemente el detritus del taladro, el que es levantado a través de la pared del taladro y las barras de perforación con aire comprimido, para ello se requiere aire suficiente para levantar el detritus, también existe una variedad de triconos que se han desarrollado para satisfacer las diversas necesidades de perforación. Es importante contar con suficiente espacio entre la pared del taladro y las barras de perforación, para

que se pueda levantar los detritus de diámetro grande, si esta holgura, conocida como zona anular no es suficiente, los detritus tendrán una remolienda al no poder ser evacuado eficientemente del fondo del taladro y esto dará lugar a un desgaste prematuro de las brocas.

Bauer (1979), en su obra. “Drilling and Blasting” Bucyrus Erie. Como resultado establece que el aire produce la remoción de los detritus elevando hasta la superficie, si los trozos de detritus son grandes y el caudal de aire insuficiente vuelven a caer en el fondo del taladro, produciéndose su remolienda, hasta alcanzar un tamaño adecuado hasta ascender. La falta de aire produce así, un consumo de energía innecesario, una menor velocidad de penetración y un mayor desgaste de la broca. Por el contrario si la velocidad ascensional es muy alta aumenta los desgastes en el centralizador y en las barras de perforación.

Farge (2006), en su tesis. “Perforación y Voladura en Minería a Cielo Abierto”, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Como resultado establece que la velocidad de evacuación de detritus ideal al momento de la perforación debe estar debe estar en el rango de 2134 m/min y 2439 m/min (7000 ft/min 8000 ft/min). Por lo tanto se elige un compresor de 42 m³ /min (2500 cfm) a nivel del mar y relativo a la barra se debería trabajar una de 8 pulg. y la broca de 9 7/8 pulg.

Ortiz (2000), “Curso MI57E, Explotación de Minas”, Universidad de Chile. Establece que el aire comprimido, que se inyecta por el interior de la columna de barras hacia el fondo del barreno, cumple los siguientes objetivos:

- Remoción o barrido del detritus desde el fondo del taladro.
- Extracción del detritus hacia afuera.

- Refrigeración y lubricación de los rodamientos del tricono.

El barrido y extracción del detritus de perforación se realiza a expensas de la energía cinética del aire que circula por el espacio anular comprendido entre las barras y las paredes del pozo. Por lo tanto, la eficiencia del proceso depende, en lo esencial, de la velocidad del aire (V) en este espacio anular y de la masa de aire o caudal (Q) que circula por el sistema. La velocidad ascensional mínima para la extracción del detritus es función de la densidad de la roca y del tamaño promedio de las partículas. Las velocidades mínimas son como se muestra en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Velocidad mínima para evacuar los detritus.

Tipo de roca	Velocidad mínima (pies/min)
BLANDAS	4000
MEDIANAS	5000
DURAS	6000

Fuente: Explotación de minas, Universidad de Chile.

Rojas (2009), en su tesis. “Descripción Cuantitativa de los Procesos de Extracción y Reducción de Mineral en la Minería de Cobre a Cielo Abierto”, Universidad de Chile. Como resultado establece que el barrido de detritus de la perforación se realiza con aire comprimido, para lo cual el equipo está dotado de uno a dos compresores ubicados en la sala de máquinas. Mediante un tubo flexible se inyecta el flujo de aire a través del cabezal de rotación, por el interior de la columna de barras hasta el fondo del pozo. Dependiendo de la longitud de los taladros, la presión requerida se ubica en un rango de 2 a 4 (bar). El barrido y extracción del detritus de la perforación se realiza a expensas de la energía cinética del aire que circula por el espacio anular comprendido entre las barras y las paredes del pozo, por lo tanto, la deficiencia del proceso depende en lo esencial de: la velocidad del aire (V) en este espacio anular y la

masa de aire o caudal (Q) que circula por el sistema. La velocidad esencial mínima para la extracción del detritus es función de la densidad de la roca y del tamaño promedio de las partículas. Si bien existe alguna formulas empíricas que permiten estimar esta velocidad estas tienen escasas posibilidades de aplicación, dado las dificultades para obtener datos confiables a cerca del tamaño promedio del detritus de perforación. No obstante, según la práctica minera, las velocidades del aire recomendadas atendiendo al tipo de roca, son las que se indican en el cuadro siguiente. (ver Cuadro 2.2)

Cuadro 2.2. Velocidad mínima y máxima para evacuar los detritus.

Tipo de roca	Velocidad mínima (m/min)	Velocidad máxima (m/min)
BLANDAS	1200	1800
MEDIANAS	1500	2100
DURAS	1800	2400

Fuente: Mina Toquepala.

2.2 BASES TEÓRICAS

Los elementos rotativos - cortadores de la broca. Para ello debe suministrarse una adecuada circulación de aire para evacuar dichos detritus hacia la parte superior de los taladros; también debe suministrar para una eficiente perforación, los detritus formados por la perforación, los cuales se encuentran dentro de los taladros deben ser inmediatamente evacuados para evitar que sean triturados por suministrarse suficiente agua para controlar el polvo.

Las billas y los polines son refrigerados por el volumen suficiente de aire que debe proveerse. Siendo el interés el mejoramiento de las eficiencias en la operación unitaria de perforación, para esto se aplicara las siguientes; teorías, técnicas, y prácticas operativas.

NELMARK

Para determinar la velocidad mínima de aire para la evacuación de los cutting, propone las fórmulas.

$$V = \frac{54600(d)c^{0.6}}{d + 62.4}$$

Donde:

V = Velocidad de aire para la evacuación de los detritus en (pies/min)

c = Tamaño de los cutting (diámetro en pies)

d = Densidad de los cutting de la roca (Lb/pie³)

$$V_i = 528(d)^{1/2}(c_i)^{1/2}$$

V_i = Velocidad de aire para la evacuación de los detritus en (pies/min)

c_i = Tamaño de los cutting formados (diámetro en pulg.)

d = Densidad de los cutting de la roca (Lb/pie³)

ALAN BAUER

El aire comprimido cumple las siguientes funciones:

- Enfriar y lubricar los cojinetes del tricono
- Limpiar el fondo del barreno y
- Evacuar el detritus de una velocidad ascensional adecuada.

El aire produce la remoción del detritus elevándolo hasta la superficie, si los trozos de detritus son grandes y el caudal de aire insuficiente, vuelven a caer en el fondo del taladro, produciéndose su remolienda, hasta alcanzar un tamaño adecuado hasta ascender. La falta de aire produce así, un consumo de energía innecesario, una menor velocidad de penetración y un mayor desgaste de la broca. Por el contrario si la velocidad ascensional es muy alta aumenta los desgastes en el centralizador y en las barras de perforación. Alan Bauer postuló la siguiente fórmula para la evacuación de los detritus.

$$BV = \frac{185.18(Q)}{(D^2 - d^2)}$$

Donde:

BV = Velocidad de barrido (bailing velocity) pies/min.

Q = Capacidad de aire comprimido de la compresora (corregido) CFM

D = Diámetro del taladro (pulg.)

d = Diámetro del barreno (pulg.)

PERNIA LLERA, PLA ORTIZ DE URBINA, LOPEZ JIMENO

Si se conoce la densidad de la roca y el diametro de las partículas, pueden aplicarse dos fórmulas para calcular la velocidad ascensional mínima:

$$V_a = 573x \frac{\delta_r}{\delta_r + 1} xd^{0.6}_p$$

$$V_a = 250x\delta_r^{1/2} xd^{1/2}_p$$

Donde:

V_a = Velocidad ascensional mínima (m/min)

δ_r = Densidad de la roca (g/cm^3)

d = Diametro de la partícula (mm)

El caudal de aire necesario se calcula mediante la expresión:

$$Q_a = A_b \times V_a = V_a \times \frac{(D^2 - d^2)}{1.27}$$

A_b = Area de la corona circular entre la barra y la pared del barreno (m^2)

Q_a = Caudal de aire necesario (m^3/min).

V_a = Velocidad ascensional (m/min)

D = Diámetro del barreno (m)

d = Diámetro de la barra (m)

DANIEL BERNOULLI. (Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, Severiano Perez R.)

La ecuación de Bernoulli describe el comportamiento de un fluido bajo condiciones variantes y tiene la forma siguiente:

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{Constante}$$

P = Es la presión estática a la que está sometido el fluido, debida a las moléculas que lo rodean.

ρ = Densidad del fluido.

v = Velocidad de flujo del fluido.

g = Valor de la aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2 en la superficie de la Tierra).

h = Altura sobre un nivel de referencia.

2.2.1. La velocidad de barrido

Este término se utiliza para referirse a la velocidad con la que el material perforado (detritus) es evacuado del pozo mediante el aire inyectado al pozo. Los rangos normales de velocidad de barrido para la perforación rotativa son entre 5000 y 7000 pies por minuto, al incrementar la velocidad hace que el detritus desgaste prematuramente los aceros de perforación y el usar una velocidad menor provoca remolienda en el tricono por que el aire no es capaz de evacuar el 100% del detritus, quedando partículas remanentes y produciendo desgaste y en algunos casos atrapamiento de las barras. Los dos factores que influyen directamente en la velocidad de barrido es la capacidad del compresor y del espacio anular.

Capacidad del compresor: Recordemos que se debe utilizar el valor real, descontando del valor nominal del compresor todos los factores que influyen en el rendimiento del compresor.

Debemos siempre considerar que a medida que nuestras barras de perforación se desgastan el espacio anular aumenta y nuestra velocidad de barrido es disminuida, por lo tanto es adecuado calcular las velocidades de barrido en condiciones con barras con diámetro original y diámetro máximo de desgaste permitido de las barras de perforación. (Rojas, 2009).

2.2.2 Sarta de perforación

La sarta de perforación o también conocida como columna de perforación es la encargada de transmitir las fuerzas de empuje y rotación al tricono, además de determinar la profundidad del pozo. Por dentro de la sarta circula aire para evacuar el detritus y además enfriar la broca y agua que sirve para estabilizar las paredes del pozo. La sarta de perforación se compone de los siguientes componentes; Amortiguador, adaptador, barra, adaptador de broca, broca, anillo guía.

El largo de la sarta va aumentando cuando cada vez vamos agregando barras a nuestra sarta de perforación. Para una perforación eficiente siempre debemos tener una sarta de perforación lo más vertical posible para evitar vibraciones que provoquen fatigas de material en los componentes. (López, 1987).

2.2.3 Detritus

El detritus es el material ya perforado y que queda depositado en la boca del taladro en forma representativa de lo que tenemos debajo de nuestros pies. La información que nos puede entregar el detritus mediante el muestreo es muy valiosa ya que mediante pruebas podríamos determinar lo que nuestros ojos no pueden ver, podríamos determinar el tipo de material perforado, su ley y la ubicación para una planificación de la extracción.

Si consideramos que los taladros están distribuidos en una malla de perforación en formas geométricas y además que cada taladro tiene una ubicación única en la superficie terrestre determinada por sistema de GPS, podemos concluir que los valores geológicos que entrega el detritus se podrían utilizar para generar una vista en tres dimensiones de los materiales incluidos en la ubicación de la malla ya perforada. Si lo pensamos más detenidamente podríamos darnos cuenta que todas las proyecciones de

extracción se planifican de acuerdo a esta información, es lógico pensar que mientras más malla se perfora más datos geológicos, por lo tanto tu estimación es más real al predecir la dirección del mineral. El detritus, también nos sirve a los operadores de perforadoras, como dijimos el detritus es la representación gráfica de nuestro proceso de perforación, al ver su granulometría podremos detectar la calidad de la perforación:

Detritus muy fino: nos demuestra que los parámetros de la perforación no fueron adecuados, este material tipo polvillo nos refleja el poco peso aplicado a la broca y mucha rotación de perforación. El daño producido en nuestra broca es considerable, los insertos se gastan en forma prematura o se quiebran y en realidad toda su estructura es dañada, debemos cuestionarnos ¿será la broca adecuada para este terreno? Muchas veces el perforar terrenos duros con brocas diseñadas para terrenos blandos provoca estos efectos, y la broca como lo mencionábamos, su muerte es prematura. Además podríamos detectar un problema en nuestro compresor.

Detritus con buena granulometría: Esto nos demuestra que el tipo de broca es la adecuada para el terreno y los parámetros fueron muy bien aplicados por el operador. El tamaño del detritus es aproximadamente entre 0,2 y 0,5 centímetros.

Detritus gredoso: terreno bastante complejo de perforar ya que requiere que la cantidad de agua inyectada sea la adecuada un leve exceso genera barro difícil de evacuar y presenta problemas de atrapamiento de barras.

La verdad es que existen más formas de analizar el detritus pero estas son las más generales ya que las otras es preferible verlas en el terreno mismo porque recordemos ningún taladro es igual a otro. En verdad que esta pequeña partícula tantos datos que nos entrega y nos permite replantearnos si estamos haciendo bien las cosas.

Es por eso que prestemos atención a estos pequeños detalles, nunca está de más. (Coffman and Connors, 1974).

2.2.4 El aire en la perforación

El aire en la perforación cumple dos funciones que son las de evacuar el material perforado (detritus) y la de enfriar la broca de perforación. El componente encargado de entregar el caudal de aire necesario para la perforación es el compresor, que por lo general es de tornillos. Como ya hemos mencionado anteriormente existen dos tipos de perforación, en el caso de la perforación rotativa se usan compresores de una etapa y en la perforación roto percutora se utilizan compresores de dos etapas para poder aumentar la presión necesaria para que funcione el martillo. (Agreda, 2011).

Los compresores de tornillos necesitan del aceite para su lubricación, es por eso que en la salida del compresor encontraremos aire mezclado con aceite, para poder separarlos necesitamos de un filtro separador, el cual, nos entregara aire limpio para la perforación y el aceite lo retornará a un deposito o acumulador. Las capacidades de los compresores son medidas por el caudal que entregan en CFM (pies cúbicos por minutos) y a nivel del mar. Las pérdidas de eficiencia del compresor se presentan sobre el nivel del mar y las temperaturas también las afectan, es por eso que siempre debes considerar tres factores que afectan el rendimiento de los compresores. (Agreda, 2011).

Pérdida por altura: Por cada 1000 pies se debe restar 3.4% al valor nominal del compresor. (Atlas, 2012).

Pérdida por temperatura: en temperaturas de 15.6° C, cada aumento de 5,5° C se debe restar 2% al valor nominal del compresor. (Atlas, 2012).

Pérdida por estado mecánico: también debemos considerar el estado mecánico del compresor. (Atlas, 2012).

2.2.5 Trepano

Es la herramienta de corte localizado en el extremo inferior de la sarta de perforación que se utiliza para cortar o triturar la formación durante el proceso de la perforación rotatoria.

Actualmente los trépanos más utilizados son los trépanos triturantes o triconos. Esta herramienta apareció en 1910, sin embargo su utilización masiva se introdujo cuando se perfeccionaron los equipos de rotación en la década de los 60. Este tipo de perforación al principio se utilizó en rocas blandas o de poca resistencia, pero actualmente estos sistemas ya son competitivos en rocas duras. Con este sistema de perforación se alcanzan buenos rendimientos, del orden de 60-100 m/turno, en profundidades de hasta 200 m. Se utiliza en ingeniería civil con diámetros entre 100 y 300 mm. Sin embargo, estos límites se superan, por ejemplo en perforaciones petrolíferas, donde en España se han superado los 4500 m de profundidad. (ver Figura 2.1).

El principio de perforación se basa en dos acciones combinadas, indentación y corte:

- **Indentación:** Los dientes o insertos penetran en la roca debido al empuje sobre la boca. Este mecanismo tritura la roca.

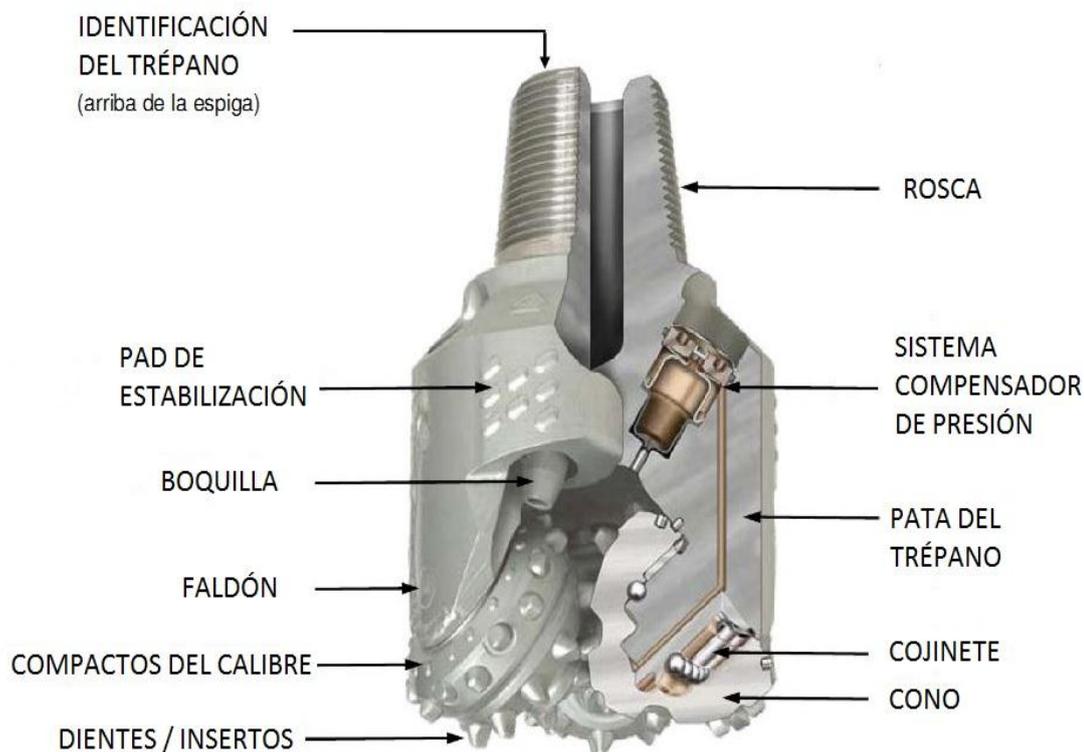


Figura 2.1. Partes de una broca tricónica.

Fuente: (Coffman K. 2 012).

La fuerza de avance se produce al introducir los botones del tricono en la roca. Este empuje se transmite al varillaje mediante una cadena de accionamiento hidráulico. La magnitud del empuje no debe sobrepasar cierto umbral para evitar el agarrotamiento del trépano sobre la roca y otro tipo de fallos. La limpieza de la perforación se realiza mediante un fluido, generalmente lodo, aunque en ocasiones se usa agua o aire comprimido, que se inyecta por el interior de la columna de barras hacia el fondo del barreno. Este caudal, aparte de barrer el detritus, permite la refrigeración y lubricación de los rodamientos del tricono.

La velocidad de penetración de este sistema depende de la dureza o resistencia de la roca y de las variables de operación, que son las siguientes:

- Velocidad de rotación.
- Fuerza de empuje.
- Diámetro de la perforación.
- Velocidad y caudal del aire de barrido.
- Desgaste de los trépanos.

2.2.6 Corte

La roca se fragmenta debido al movimiento lateral de desgarre de los conos al girar sobre el fondo del barreno. Se pueden distinguir dos tipos de triconos: de dientes y de insertos de carburo de tungsteno. Los triconos de dientes tienen un costo económico menor, aproximadamente una quinta parte menos que los de insertos. Sin embargo éstos últimos presentan claras ventajas:

- Mantienen la velocidad de penetración durante la vida útil.
- Requieren menos empuje para una determinada velocidad de penetración.
- Necesitan menos par, disminuyendo las tensiones sobre los motores de rotación.
- Reducen las vibraciones, con menos fatiga sobre la perforadora y el varillaje.
- Disminuye el desgaste sobre el estabilizador y la barra.
- Producen menos pérdidas de tiempo por cambio de bocas y menores daños en las roscas. (López, 1987).

2.2.7 Evaluación de los triconos gastados

Un trabajo importante en la utilización efectiva de los triconos lo constituye el análisis de las brocas gastadas ya que la identificación de las posibles causas ayudan a corregir los errores de operación y mejorar la selección del tipo de tricono. Los fallos de las brocas se producen generalmente debido a tres causas:

- Fallos de los cojinetes.
- Fallos de la estructura de corte.
- Fallos del faldón.

a.- Fallos de los cojinetes.

Causas posibles:

- Velocidad de rotación excesiva.
- Tipo de tricono inadecuado.
- Aire insuficiente para refrigerar los cojinetes.
- Bloqueo del paso de aire.
- Empuje excesivo sobre el tricono.

b.- Fallos de la estructura de corte.

Causas posibles.

- Aire insuficiente para limpiar el centro del barreno.
- Elección inadecuada del tricono.
- Excesiva velocidad de rotación.

c.- Fallos del faldón.

Causas posibles.

- Aire insuficiente para la velocidad de penetración.
- Formaciones diaclasas y abrasivas.
- Pandeo de la barra. (López, 1987).

2.2.8 Principales características de los triconos

A. Estructura de corte

- a) Las formas y grados de los insertos son fabricados usando el estado de arte en de carburos de tungsteno para diferentes formaciones rocosas consideran la perforabilidad y resistencia a la compresión simple, para entregar un óptimo equilibrio entre resistencia al desgaste y tenacidad de los insertos.
- b) Utilizando una simulación computacional que muestra el quiebre de la roca al fondo del taladro, los ingenieros están capacitados para diseñar el mejor espacio para los insertos asegurando una carga balanceada en cada inserto.
- c) Doble fila de insertos en el calibre para mantener una mejor protección del diámetro exterior del tricono dentro del pozo. (López, 1987).

B. Cojinetes de rodillos

Basado en el cálculo de la distribución de la carga sobre los componentes de los cojinetes, todos lo cojinetes de los triconos tienen una óptima geometría y distribución de carga diseñada para maximizar la vida útil de los cojinetes.

a) Cojinetes abiertos

Tipos de cojinetes: Rodillo- Bola – Rodillo – Botón de empuje sin sello.

b) Cojinetes sellados

Tipos de cojinetes: Sello – Rodillo- Bola – Rodillo-Botón de empuje. (López, 1987).

C. Vida útil del faldón y talón

a) Diseño convencional del talón/faldón

Esta característica del diseño con el corte diagonal del talón aumenta el área de escape y la velocidad de barrido y disminuye la remolienda de las rocas quebradas y el desgaste sobre el faldón y el labio del faldón.

b) Diseño particular del talón/faldón

Esta característica del diseño con el corte diagonal del talón aumenta el área de escape y la velocidad de barrido y disminuye la remolienda de las rocas quebradas y el desgaste sobre el faldón y el labio del faldón.

También se adiciona una mayor cantidad de soldadura de protección en la camisa sector paralelo a la columna de faldón y labio inferior del faldón. (López, 1987).

2.2.9 Selección de brocasa) **Condiciones para la selección de la broca.**

Generalmente se consideran las siguientes condiciones:

- Tipo de roca.

- Longitud y diámetro de los taladros.
- Equipo de perforación.
- Velocidad de perforación.
- Costos.

b) Presión.

El equipo deberá ser capaz de proveer una presión de 4 000 a 8 000 PSI por diámetro de pulgada. El peso por pulgada de diámetro de la broca puede incrementarse con el aumento del diámetro de la broca. (López, 1987).

La siguiente tabla orienta las presiones máximas para perforación de rocas duras. (ver Tabla 2.1)

Tabla 2.1. Presión del aire según el diámetro de la broca.

Diámetro de la broca (pulgadas)	Presión recomendable (PSI)
7	35000
9	60000
12	75000
15	120000

Fuente: (Agreda, 2011).

2.2.10 Tipos de triconos

a) Triconos de dientes

Se clasifican en tres categorías, según el tipo de roca a perforar y son:

Blanda, media y dura

Los triconos de dientes para rocas blandas tienen rodamiento pequeños compatible con lo largos y los pequeños empujes sobre la boca que son necesarios.

b) Triconos de insertos

Existen varios tipos de triconos, que se diferencian en el diseño y tamaño de los insertos en el espaciamiento de los mismos y en la acción de corte. Los triconos de insertos generalmente se emplean para rocas duras.

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

1. Espacio anular.

Es la diferencia de espacio entre la pared del taladro y la barra, es decir la diferencia entre el tricono y las barras, Ejemplo si tenemos un tricono de 10" y barras de 9" nuestro espacio anular es de 1"

2. Perforación.

Desde hace mucho tiempo, que el hombre, ha necesitado del proceso de la perforación para diferentes cosas. Hoy se utiliza, para realizar: pozos de agua, bases para edificios, estudios de suelo, estudio de glaciares, etc. pero en el trabajo se enfoca en la perforación para la minería.

Para reducir el tamaño de una inmensa roca, se demoraría muchos años. Pero en la minería, se reduce el diámetro de la roca para facilitar el transporte y también para procesar en la planta concentradora.

Todo esto se logra gracias a la perforación y voladura.

3. Caudal de aire

Cuando es necesario comprar una nueva máquina perforadora necesitamos calcular que capacidad del compresor necesitamos para nuestra faena, recordemos que los compresores pierden eficiencia sobrepasando cada vez más el nivel del mar, además las temperaturas y el estado mecánico los afectan.

Cuando la perforación se efectúa con menos aire que el necesario para limpiar con efectividad el barreno, se producen los siguientes efectos negativos:

- Disminución de la velocidad de penetración.
- Aumento del empuje necesario para perforar.
- Incremento de las averías de la perforadora, debido al mayor par necesario para hacer girar el tricono.

4. La remolienda.

La remolienda es un efecto que se produce cuando el detritus no es evacuado eficientemente del taladro y se deposita en el fondo del pozo produciendo desgastes prematuros en los aceros de perforación especialmente en la broca. Cuando se produce la remolienda el detritus sale del taladro como una especie de polvillo y es porque se produce una especie de molino en el fondo del taladro.

5. Empuje sobre la broca

Para obtener una buena velocidad de penetración en la roca es preciso un determinado empuje que depende tanto de la resistencia de la roca como del diámetro del barreno que se pretende perforar.

El empuje aplicado sobre la boca debe ser suficiente para sobrepasar la resistencia compresión de la roca, pero no debe ser excesivo para evitar fallos prematuros del tricono.

La capacidad de empuje de la máquina se recomienda que sea un 30% mayor que el empuje máximo de trabajo. (García, 2003).

6. Triconos

La aparición de los triconos como herramienta de perforación se remonta al año de 1910 y hasta la década del 60 no se logró un perfeccionamiento en el diseño y fabricación de este tipo de brocas que hiciera su utilización masiva en minería. En la actualidad estas brocas han permitido a la perforación rotativa, competir con otros métodos empleados en rocas duras.

El trabajo de un tricono se basa en la combinación de dos acciones: Indentación y corte.

7. Velocidad angular.

La velocidad de penetración aumenta con la velocidad de rotación en una proporción algo menor que la unidad, hasta un límite impuesto por la evacuación de los detritus.

La velocidad de rotación varían desde 60 a 120 r/m para los insertos de carburo de tungsteno, el mismo que depende del tipo de roca.

8. Densidad de partículas.

Es el peso específico de los detritus como resultado de la perforación realizada en los taladros con las brocas tricónicas.

9. Corte.

Los fragmentos de roca se forman debido al movimiento lateral de desgarre de los conos al girar sobre el fondo del barreno.

2.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.4.1 Hipótesis general

Evaluando la presión de aire, fuerza de empuje, velocidad angular, velocidad ascensional, y la granulometría de los detritus se reducirá el desgaste en las brocas tricónicas de la mina Toquepala.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a) Empleando adecuadamente la presión de aire del barrido necesario y la fuerza de empuje se reducirá el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.
- b) Utilizando adecuadamente la velocidad angular y la velocidad de penetración se reducirá el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.
- c) Evaluando la granulometría de los detritus se reducirá el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 UBICACIÓN

El yacimiento cuprífero de Toquepala se encuentra ubicado en el flanco occidental de la cordillera occidental de los Andes dentro de la jurisdicción de:

Distrito : Ilabaya

Provincia : Jorge Basadre

Departamento : Tacna

Las coordenadas geográficas son las siguientes:

Latitud : 17° 13 S

Longitud : 70° 36 O

El yacimiento de Toquepala, se encuentra a un altitud de 2800 - 3600 m.s. n.m.

3.2 ACCESSIBILIDAD

El acceso más rápido al área de la concesión, puede efectuarse siguiendo la ruta Lima –Tacna - Camiara, como se describe en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Accesibilidad a la mina Toquepala.

Origen	Destino	Vía	Distancia (km) Aproximadamente
Lima	Tacna	Aérea	945
Tacna	Camiara	Carretera asfaltada	160
Camiara	Toquepala	Carretera asfaltada	75
Total			1 180 km.

Fuente: Mina Toquepala.

3.3 GEOMORFOLOGÍA

3.3.1 Relieve y elevaciones

El área se emplaza en el flanco occidental de la cordillera de los Andes, en su sector meridional, el relieve del área se presenta de forma bastante irregular, con una topografía muy accidentada. La altitud máxima de la zona es de 3,675 m.s.n.m. y la mínima es de 3,125 m.s.n.m., de acuerdo con la división que hizo el Dr. Pulgar Vidal (1948), esta zona se ubicaría dentro de la región Quechua.

3.3.2 Procesos geomórficos

Contribuyeron en el modelado del relieve:

Intemperismo; La descomposición o la desintegración de la roca in situ es notoria en la Diorita debido a los cambios bruscos de temperatura.

Erosión; La acción pluvial se encuentra relativamente estacionaria debido a que las lluvias son poco perceptibles, en cambio los efectos del viento se realiza con mayor dinamismo, dando como resultado el desgaste uniforme de las rocas expuestas.

Vulcanismo; El movimiento de magmas hacia la superficie terrestre se produjo hace 75 millones de años en todo el sur del Perú. En el área, este acontecimiento volcánico está determinado por la presencia de rocas volcánicas del grupo Toquepala.

Orogénesis; Esta manifestada por la formación de montañas representada por la apófisis del batolito andino (Diorita) e intrusiones pequeñas debido a la formación de la cordillera de los andes.

3.3.3 Drenaje

Se distingue un drenaje dendrítico o arborescente, el cual está controlado por la naturaleza de las rocas subyacentes, dando como un resultado un relieve topográfico variado.

El drenaje de la zona se encuentra representado por los cursos de las quebradas principales y secundarias que las atraviesan; que temporalmente, constituyen cursos de agua.

3.4 GEOLOGÍA

3.4.1 Geología general

El depósito está situado en un terreno que fue sometido a intensa actividad ígnea, incluyendo una gran variedad de fenómenos eruptivos, los que se registraron hace 70 millones de años (Cretáceo-Terciario); esta actividad produjo enormes cantidades de material volcánico, el cual se acumuló en una serie de mantos de lava

volcánica, hasta completar un espesor de 1500 m. constituyendo el basamento regional, el mismo que está compuesto por derrames alternados de riolitas, andesitas y aglomerados, inclinados ligeramente hacia el Oeste y que constituyen el llamado “Grupo Toquepala”. (Barua, 1961).

Posteriormente, la actividad ígnea fue principalmente intrusiva y produjo grandes masas de roca en fusión que intruyeron, rompiendo y fundiendo las lavas enfriadas del “Grupo Toquepala”. Estas rocas intrusivas constituyen apófisis del batolito andino que fueron emplazadas en diferentes etapas. Debido a que provinieron de un magma de composición química variable, resultaron diferentes tipos de rocas por diferenciación (dioritas, dacita porfirítica, etc.). Ver anexo 6.

La actividad tectónica regional, está relacionada a la formación de la Cordillera de los Andes, estructuralmente representada en el área de Toquepala por la Falla Micalaco y por el alineamiento Toquepala. La intersección de estas dos fallas está ubicada en el área de la mina. (Barua, 1961).

Posteriormente, soluciones hidrotermales de alta temperatura, resultado de un estado de diferenciación magmática, fluyeron a través de las rocas existentes, destruyendo y alterando su composición química, haciéndolas más permeables.

Estas soluciones favorecidas por un intemperismo preexistente produjeron la alteración y mineralización primaria.

Los diferentes eventos intrusivos de Dacita Porfirítica dieron origen a un sistema de estructura de Brechas (Brecha Pipe mineralizada), y Brechas de colapso, parcialmente mineralizada.

Un evento ígneo tardío tuvo lugar inmediatamente al norte del yacimiento, caracterizado por actividad eruptiva explosiva e hidrotermal, constituido por una diatrema que fue rellenada por los fragmentos de rocas preexistentes y un magma de composición dacítica, por lo que se le denomina Pórfido de Dacita Aglomerado. Cerrando el ciclo de actividad intrusiva ocurrieron Diques de Latita porfirítica y de Dacita que se emplazaron a lo largo del Alineamiento Toquepala, y atravesaron todas las rocas existentes. (Barua, 1961).

Esta actividad intrusiva - volcánica fue seguida por sucesivos estados de intensa erosión, asociados a variaciones del nivel de agua que contribuyeron en la lixiviación de la parte superior de la zona mineralizada (Leach Capping), dando como resultado una concentración de Cobre en profundidad (Zona de Enriquecimiento Secundario). Todos estos eventos son responsables de la superficie expuesta actual.

La edad medida para el depósito de Toquepala están alrededor de los 58 a 52 millones de años. (Barua, 1961).

3.4.2 Geología regional

La mina Toquepala, está situada en la región que pertenece a la faja sísmica de los Andes Sur Occidentales del Perú; que se caracteriza por haber soportado una intensa actividad eruptiva, cuyos remanentes son una serie de conos volcánicos, luego intrusivos posteriores del batolito andino, de composición ácida a intermedia que han afectado a las rocas encajonantes. Posteriormente una erosión, provocó la formación de una superficie irregular la que fue rellenada por flujos volcánicos recientes. Las edades varían desde el cretáceo superior al reciente.

Resumiendo, se puede indicar que las unidades litológicas presentes, incluyen rocas de orígenes volcánicos e intrusivos. (Barua, 1961).

3.4.2.1 Rocas volcánicas

Grupo Toquepala.- Consiste en una gran secuencia de rocas volcánicas, donde predominan los derrames intercalados de riolitas y andesitas. Forman el basamento regional y tienen una potencia de varios millones de metros, se calcula que pertenece al Cretaceo Superior y Terciario Inferior. La diferencia entre los volcánicos, es la interrelación de tufos y aglomerados que se presentan en alguna formación, así como diferentes colores y texturas. Pertenecen a este grupo:

- Formación Toquepala.
- Formación Paraleque.
- Volcánico Quellaveco.
- Formación Inogoya.
- Volcánico Cuajone.
- Formación Huaylillas: Compuesto por tufos volcánicos. (Barua, 1961).

3.4.2.2 Rocas intrusivas

Compuesta por apófisis stocks del batolito andino que compone la Cordillera Sur Occidental de los Andes. Dentro de ellos destacan la diorita, latita, granodiorita, dacita, monzonita cuarcífera, andesita intrusiva, aglomerado de dacita, formaciones de brechas angulares, brechas de guijarros, y finalmente los diques de formación tubular de latita monzonita.

Es destacable que la diorita y la granodiorita, son los cuerpos más extensos, éstas forman parte del cuerpo mineralizado de la mina Toquepala, generalmente, es una roca de grano medio a fino, de colores que varían de gris a rosado verdoso, otra roca

importante dentro de la región, es el granito, que generalmente es de grano medio a grueso y de color rojizo a rosáceo. (Barua, 1961).

3.4.2.3 Litología

Tenemos la siguiente litología:

- Relacionado a una intensa actividad ígnea desde el Cretáceo Superior al Terciario Inferior.
- El basamento consiste de flujos alternados de Riolitas y Andesitas de posición sub horizontal, con una potencia acumulada de más de 1,500 m, los cuales constituyen el Grupo Toquepala.
- Las intrusiones atravesaron el basamento, con apófisis y cuerpos irregulares de Granodiorita y Diorita pertenecientes al Batolito de la Costa. (Barua, 1961).

3.4.2.4 Alteraciones

Muestra las tres alteraciones más comunes:

- Alteración Propilítica (Epidota, Calcita, Pirita, Clorita).
- Alteración Arfílica (Cuarzo –Arcillas).
- Alteración Fílica (Cuarzo, Sericita y Pirita).
- Alteración Fílica Potásica (Cuarzo-Sericita, Biotita, Feldespato Alcalino).
- La zona de alteración abarca un área más grande que el cuerpo mineralizado.
- Todo el basamento y las rocas intrusivas han sido alteradas, excepto los diques de última generación.

- Alteración Silícea ocurre principalmente en el Cuarzo Porfirítico Quellaveco en el Porfido de Dacita Porfirítica” (Barua, 1961).

3.4.3 Geología local

En el área se establece la presencia de rocas volcánicas de edad Cretáceo Superior y Terciario Inferior, pertenecientes al grupo Toquepala, Formación Quellaveco, Series Toquepala y Alta respectivamente, las mismas que consisten en derrames alternados de riolitas, andesitas y aglomerados, diferenciándose entre sí, por sus características estratigráficas y petrográficas particulares. Ver anexo 6.

3.4.3.1 Rocas volcánicas

Formación Quellaveco. Comprende cinco miembros de los cuales afloran en la mina Toquepala, solo tres:

Pórfido Cuarcifero Quellaveco. Derrames macizos de riolita, de color blanco en superficies frescas y gris blanquecino a blanco amarillento cuando esta alterado, presenta granos de cuarzo de forma redondeada. Presenta características similares al Pórfido Cuarcifero Toquepala; pudiendo diferenciar por el color grisáceo y por la ubicación estratigráfica.

Serie Toquepala. Se subdivide en cuatro unidades las cuales son las siguientes: Dolerita Toquepala, Pórfido Cuarcifero Toquepala, Andesita Toquepala y Riolita Toquepala. (Barua, 1961).

Serie Alta. Representa a otro miembro de la Formación Quellaveco y suprayace a la Serie Toquepala con discordancia angular, comprende cuatro unidades: Alta Andesita, Alta Riolita, Riolita aglomerádica y Aglomerado Andesítico.

3.4.3.2 Rocas intrusivas

En el área se observa un stock de composición diorítico y granodiorítico perteneciente al Batolito Andino que ha intruido a través del basamento de derrames.

Diorita.- Es la roca intrusiva más antigua del área, de composición variable, tiene una cantidad muy apreciable de cuarzo en fenocristales subhedrales de 1 a 2 mm, plagioclasa como mineral principal y una textura granular en algunos casos y en otros de textura granular y cantidades poco perceptibles de cuarzo. A simple vista es una roca holocristalina, fanerítica de grano fino a medio, granos subhedrales, hipidiomórfica por color leucócrata, se encuentra alterada a clorita y sericita. (Barua, 1961).

Dacita porfirítica.- De color pardo rosáceo en superficie intemperizada y gris claro en superficie fresca, a simple vista es una roca holocristalina, fanerítica, de grano fino a medio, inequigranular, como minerales principales, plagioclasa subhedral y cuarzo anhedral, minerales secundarios alterados, fractura concoidea, por color leucócrata. (Barua, 1961).

Dacita aglomerádica.- Textura y composición idéntica a la Dacita porfirítica excepto por los fenocristales de cuarzo, el color varía de gris a gris verdoso, la textura varía de acuerdo a la alteración, no presenta una mineralización económica de calcopirita.

Latita porfirítica.- Fenocristales de ortoclasa en una matriz gris de grano fino, esta roca se presenta como diques cortando a los intrusivos, no presenta una mineralización importante. (Barua, 1961).

3.4.3.3 Brechas

Brecha turmalina.- Formada por explosión, fracturamiento de la diorita, la Dacita porfirítica y deposición de Turmalina a través de las fracturas.

Brecha angular.- Relacionadas a eventos explosivos, donde todos los fragmentos son angulares y están cementados por una mineralización de cuarzo, pirita, calcopirita, bornita, molibdenita; La alteración y mineralización de los fragmentos depende del tipo de roca.

Brecha de guijarros.- Ocurre principalmente en chimeneas cortando a la Dacita aglomerádica en el área del cráter constituida por material de grano fino y fragmentos bien redondeados de diferentes tamaños. (Departamento de Geología Mina Toquepala).

3.4.4 Geología estructural

3.4.4.1 Fallas principales

En el área existen afloramientos nítidos de fallas afectando al stock de Diorita Granodiorita y rocas volcánicas, pero la más importante es la falla Incapuquio seguida de la falla Micalaco. Ver anexo 7.

Falla Incapuquio.- Es la mayor estructura regional que se proyecta por el Sur de la Mina Toquepala, esta falla evidencia el tectonismo en el Sur del Perú. Aflora en toda la región en el Oeste de Villa Toquepala (el campamento) con un espesor de 100 metros, presentando zonas de panizo, brechas y un intenso fracturamiento.

Falla Micalaco.- Esta estructura regional localizada en la zona central del lado oeste y parte inferior oeste con una orientación promedio de N 56° 0 y un buzamiento

subvertical tiene un recorrido rectilíneo; regionalmente tiene una longitud de 21 km., presentando una ancha zona de cizallamiento entre 200 y 250 m., acompañado de fracturamiento y brechamiento, la mayor parte del movimiento de esta estructura ha tenido lugar posiblemente, durante el Terciario Inferior. (Departamento de Geología Mina Toquepala).

Falla Yarito.- Presenta un fuerte sistema de vetillos Este - Noreste y cruza parte del Tajo Toquepala, esta estructura es una compleja serie de subfallas paralelas. Muchas de estas innumerables estructuras pasan por la parte alta de la mina; esta falla corta la Diorita en los bancos del lado Este del tajo.

3.4.4.2 Otras estructuras

Diaclasamiento.- Estos son planos divisorios o superficies que dividen a las rocas y a lo largo de las cuales no hubo movimientos visibles paralelos a las superficies de fractura.

Brechamiento.- Son cuerpos de diferentes formas y dimensiones (Diques y pequeños afloramientos), posiblemente han sido originadas por procesos ubicados entre las últimas manifestaciones hidrotermales. (Departamento de geología mina Toquepala).

3.4.5 Geología económica

3.4.5.1 Génesis del yacimiento

La teoría de deposición del mineral de origen hidrotermal, las específicamente mesotermal, se funde en tres factores principales:

- Una fuente de soluciones minerales.

- La existencia de canales por los cuales fluyen estas soluciones.
- La existencia de espacios para la deposición del mineral y ganga.

En el primer factor se estudia la geoquímica de la diferenciación magmática a la que se supone asociadas las soluciones minerales y los efectos que ésta produce en las rocas que atraviesa. Estos aspectos se tratan en la mineralización. Los factores 2 y 3 se refieren a la estructura en sí y su probable origen, aspectos a los que se dio referencia anteriormente.

En este tipo de depósitos la brechación ocurre principalmente por la caída de fragmentos del techo de la cámara magmática, ocasionado por la reducción de volumen debido a la corrosión ocasionada por los líquidos hidrotermales. En estos tipos la acción volcánica, generalmente está ausente, y si ella hubiere estado presente, no muestra una mayor relación con las chimeneas de brecha.

Los yacimientos mesotermales se forman a temperaturas y presiones moderadas. Según la clasificación de Lindgren, las menas se depositan alrededor de 200° a 300° C a partir de soluciones que probablemente tienen al menos una ligera conexión con la superficie. Los yacimientos diseminados de cobre “porfiríticos”, se consideran mesotermales. (Barua, 1961).

3.4.5.2 Mineralización

En la descripción de la mineralización de los pórfidos de cobre, invariablemente ha de referirse a ella como constituida por el relleno y reemplazamiento de angostas vetillas y la diseminación de sulfuros en todo el cuerpo mineralizado, el que a su vez es denominado chimenea de la brecha (breccia pipe). En consecuencia es condición necesaria para que un depósito sea clasificado como tal, la

existencia de una profusa fracturación. Este fracturamiento y la mayor o menor rotación o movimiento de los fragmentos así fracturados determinan la existencia de los diferentes tipos de brechas, a las que invariablemente está relacionada toda chimenea de brecha.

En Toquepala el área mineralizada está restringida a la zona de mayor fracturamiento, brechamiento y alteración; los límites laterales y de profundidad del cuerpo mineralizado están controlados estructuralmente por el grado de brechamiento tipo “stock work” de la roca encajonante. (ver Figura 3.1).

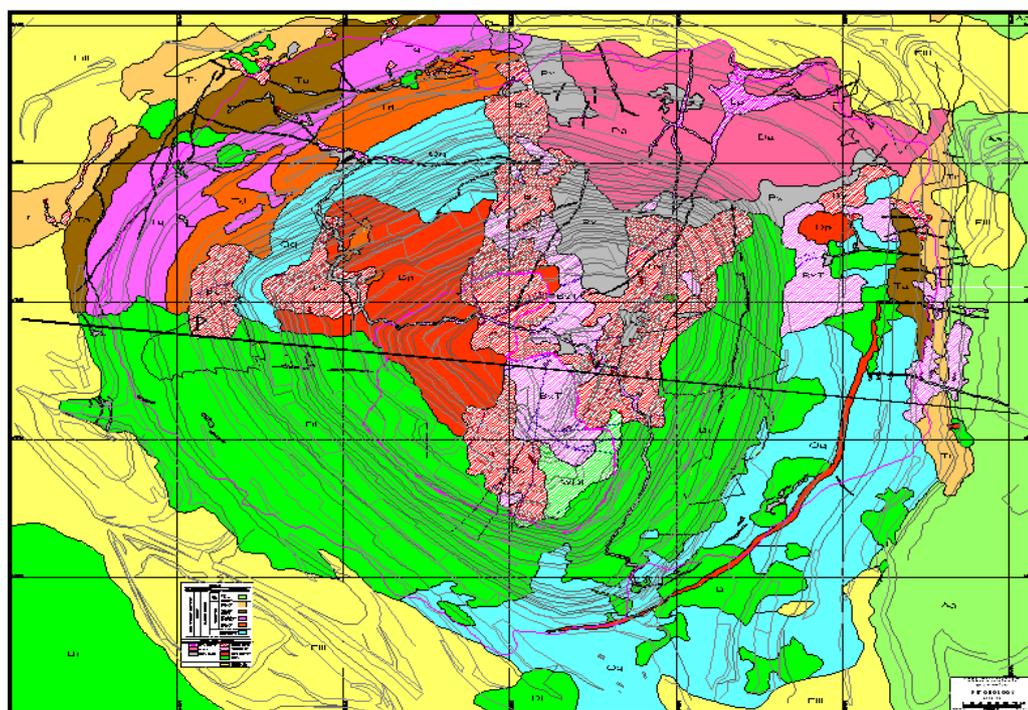


Figura 3.1. Geometría del cuerpo mineralizado, Mina Toquepala.

Fuente: Departamento de geología, Mina Toquepala.

Zona primaria.- El mineral hipógeno está conformado por calcopirita, pirita, molibdenita y trazas de bornita, escalerita y galena.

En Toquepala, una mineralización temprana ocurrió con cuarzo turmalina con menos sulfuros y menos cuarzo turmalina. La deposición de anhidrita ocurrió con la

mineralización primaria y probablemente fue fijado más azufre como sulfato en la anhidrita que en los sulfuros.

Zona enriquecida.- El límite superior fue una superficie ondulada casi horizontal y directamente en contacto con material lixiviado. La superficie superior es irregular, en la parte central el máximo espesor fue de 150m y de unos pocos metros en los márgenes.

El mineral predominante es la calcosita densa, existiendo también la variedad pulverulenta denominada “Sooty calcosita”. Trazas de covelina y digenita, mayormente distribuidas en la brecha angular donde hubo zonas de mayor espesor de mineral primario, los minerales están asociados como calcosita calcopirita - pirita y calcocita - pirita.

Zonas de óxidos.- Pequeñas cantidades de silicatos de cobre existieron en los afloramientos iniciales, pero no constituyeron mena. Los principales minerales fueron la malaquita, crisocola, cuprita y otros de menos importancia. (Barua, 1961).

Zona de lixiviación.- La cubierta original fue compuesta de material de lixiviación con espesores que varían desde unos metros hasta 300mm. Los minerales son limoníticos principalmente hematina, goletita y jarosita.

Radios metálicos.- En la parte central de la mina se observa el siguiente radio pirita: calcopirita de 1:1 a 2:1; al Oeste de la mina la relación es de 4:1 y en lado Sur Este, y este alcanzan de 18:1 a 20:1.

3.4.5.3 Reservas minerales

El estudio de las reservas minerales en la mina Toquepala, es un tema bastante reservado, se estima que en los últimos años, se irá incrementando el tonelaje de mineral extraído y se reducirá el desmonte. El estudio de reservas, llega a las siguientes conclusiones: Los niveles inferiores de la mina Toquepala, aún no ha sido determinados, se estima que existen más de 3000 millones de toneladas de mineral, con 0.74% de cobre. Existen considerables indicios de un apreciable tonelaje de mineral primario con valor comercial que existen debajo de la zona explorada.

La mineralización de cobre a una ley de corte $\geq 0.4\%$ tiene forma de un gran cilindro con un diámetro de 1 Km. por una profundidad de 1 Km.; este cuerpo mineral de geometría vertical y consistencia geológica homogénea debería continuar profundizando lo cual requerirá perforación de alta profundidad. (ver Figura 3.2)

El volumen de recurso mineral existente en Toquepala ha conducido a realizar nuevos cálculos y simulaciones económicas, utilizando un precio de Libra conservador, que permitirá incrementar sustancialmente las reservas de mineral y por ende la vida de la mina. Las reservas de mineral según el tipo de roca se ve en el Cuadro 3.2.

Las reservas de mineral son muy sensibles a la variación del precio del cobre en el mercado internacional, ya que la ley de cobre está calculada en función al precio coyuntural de los mercados de metales.

El estudio de reservas minerales, se basa en los siguientes aspectos:

- Geometría del cuerpo mineral $\geq 0.4\%$ Cu.
- Comportamiento vertical de la Ley de Cu.

- Geometría del cuerpo mineral < 0.4% Cu.
- Espaciamiento de taladros diamantinos.

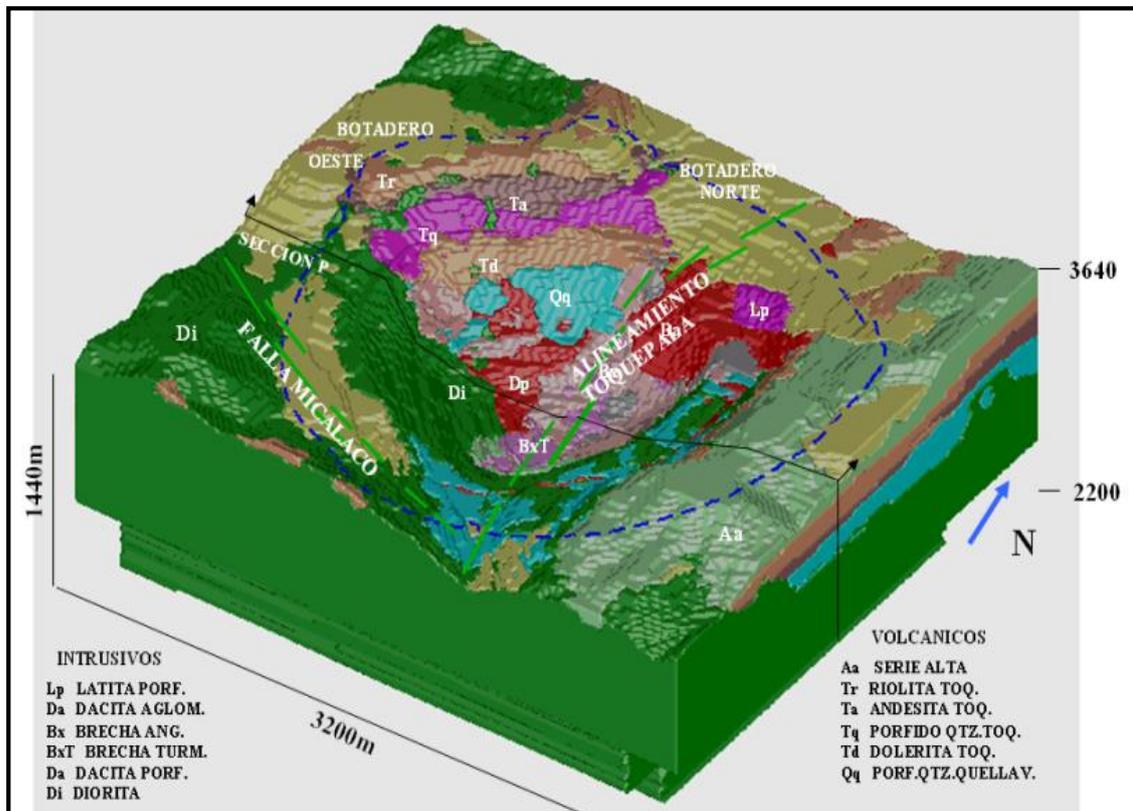


Figura 3.2. Isometría del cuerpo mineral en la Mina Toquepala.

Fuente: Departamento de Geología, Mina Toquepala.

Cuadro 3.2 Reservas de mineral por tipo de roca.

Tipo de roca	Reservas %	% Cu	Observaciones
Brecha Angular	51	0.90	Reconocido desde e4m Nivel 3400 al 2200
Diorita	22	0.57	Roca Caja de dimensión regional
Dacita Porfírica	17	0.58	Apósis de diferenciación magmática
Otras Rocas	10	0.45	Volcánicos, Pebble brecha e Intrusivos de baja ley

Fuente: Departamento de geología, Mina Toquepala.

Pirita (FeS₂)

Se encuentra diseminada en algunos tipos de roca volcánica como la Andesita Toquepala (Ta), Riolita Toquepala (Tr), Dolerita Toquepala y Diorita, mayormente los granos de pirita son finos y están dispersos sobre la matriz de la roca. En las zonas de

quebrada se presenta un halo de oxidación producto del intemperismo con las aguas que filtraron a través del eje de quebrada.

Calcopirita (CuFeS_2)

Dentro de las rocas volcánicas e intrusivas de la parte superior del tajo se la encuentra finamente diseminada y en poca cantidad. A veces, este mineral se encuentra rellenando fracturas cuando la roca se encuentra brechada, aunque también se ha observado delgadas vetillas de calcopirita alteradas a óxidos de hierro. Cuando su ley dentro de la roca es mayor que 0.4% Cu, tiene como destino final planta Concentradora.

Calcosita (Cu_2S)

Se presenta masivo, y a veces cristalizado en las zonas de enriquecimiento. Su color es gris plomo y se presenta formando vetas delgadas de 2 metros de potencia, rellenando fracturas delgadas. Generalmente en los niveles superiores teniendo como roca encajonante a la diorita, pórfido cuarífero Quellaveco y andesita Toquepala. Cuando no va acompañado de mucho óxido, es enviado a concentradora, en caso contrario su destino son los depósitos de lixiviable.

Turmalina (AlSi_2O_9)₃WNa₃B₃Al₃(O, OH, F)₄

Se encuentra en agregados masivos como cemento de brecha con fragmentos angulosos de cuarzo, pero en muy poca cantidad. Este material es considerado como ganga, y cuando está en las brechas volcánicas es enviado a los depósitos de desmonte.

Calcantita ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Este material se encuentra como pátinas, asociado a los óxidos de hierro (limonitas) y formado posiblemente por la alteración de los sulfuros de cobre que se encuentran masivos con un grado de oxidación moderado.

Asimismo se encuentra intercrecida con la sericita. Este mineral es un óxido que tiene beneficio perjudicial en el proceso de planta concentradora, por lo que es enviado a los depósitos de lixiviable.

Cuarzo (SiO_2)

Este mineral se encuentra de dos maneras, como producto de alteración hidrotermal que silifica la roca, y en un segundo caso como diminutos agregados cristalizados dentro de las oquedades de la roca asociado a sulfuros diseminados (cp-py) y a veces intercrecido con la bornita en agregados masivos. Dependiendo de la ley de corte tiene destino variable.

Óxidos de hierro

Estos minerales producto de alteración de algunos sulfuros entre los que se encuentran las hematitas y jarositas, se encuentran de manera abundante intercrecidos con la calcantita. Y como relleno de fracturas ya que anteriormente estas fracturas estuvieron rellenas por sulfuros como la calcopirita intercrecida con la pirita. Tiene como destino los depósitos de lixiviable y desmonte.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la naturaleza del trabajo de investigación y por las características del estudio es de tipo descriptivo y explicativo, el estudio se refiere a la reducción del desgaste de las brocas tricónicas, determinando la presión de aire, fuerza de empuje, velocidad angular, velocidad ascensional, densidad de roca y la granulometría de los detritus de perforación en la mina Toquepala.

Actualmente se está realizando los trabajos de perforación primaria en los bancos de los niveles; 2815, 2830, 3115, 3130, 3145, 3400, 3415 y 3430 de la mina Toquepala, con un consumo de 64 a 68 brocas tricónicas mensuales, marca Varel modelo RB67G, RB67 de 11, 12 ¼ pulgadas de diámetro y barrenos de 9 ¼ y 10 ¾ de pulgada de diámetro. Utilizando 11 máquinas perforadoras Bucyrus y P&H, con un total de 115 244 metros perforados, lo que ocasiona altos costos de perforación.

El presente estudio se realizó con 7 perforadoras 1 broca cada uno en de 11 pulgadas de diámetro marca Varel, modelo RB67 y barrenos de 9 ¼ de diámetro de

pulgada, haciendo la diferencia de estos tendríamos $1 \frac{3}{4}$ pulgadas, que vendría a ser el espacio anular, espacio que sirve para evacuar el detritus de perforación.

El estudio tiene como origen, el haber encontrado en el campo los detritus de perforación con granulometría fina (Ver Figura 4.1 y Cuadro 4.1), al observar esta situación se realizó el análisis para encontrar cuál sería la causa que estaría ocasionando para que los detritus de perforación tenga la granulometría fina, y llegamos a la conclusión que al obtener la granulometría fina se estaría produciendo una remolienda de los detritus de perforación en el interior de los taladros y por consiguiente se estaría dando mayor desgaste de las brocas tricónicas, esto a raíz de que uno de los factores sería el caudal de aire insuficiente, por ende es necesario realizar este incremento para lograr mejoras en la granulometría y reducir el desgaste de las brocas tricónicas por un tema de remolienda. Por tal razón se realizara un análisis de la: granulometría de los detritus de perforación, presión de aire de barrido, presión de empuje velocidad angular y velocidad de penetración.

El control de los factores que intervienen en el desgaste de la brocas tricónicas, se ha realizado en dos periodos: Perforación anterior, en el mes de Mayo del 2015. (ver cuadros de reporte mes de Mayo en el anexo 1) y la perforación actual, se ha realizado en los meses de Julio y Agosto del 2015. (ver cuadros de reporte mes de Julio y Agosto en el anexo 2).

En ambos casos se analizaron los factores de: presión de aire del barrido, presión de empuje, velocidad angular (RPM), velocidad de penetración y la granulometría de los detritus de perforación.

La metodología para determinar la granulometría de los detritus en el periodo de perforación anterior, se realizó en el mes de Mayo del 2015, y consistió en recoger

muestras de 5 kilos, de los detritus que son acumulados en la parte superior del taladro perforado (ver Figura 4.1), estas muestras fue llenada en bolsas de lona, y este procedimiento se realizó para las 7 brocas en estudio, dichas muestras fueron llevadas a laboratorio de planta concentradora de la mina Toquepala, para su respectivo análisis granulométrico. (ver Cuadro 4.1).

El análisis granulométrico es todo procedimiento manual o mecánico, por medio del cual se separan las partículas de la muestra del detritus de perforación según tamaño, de tal manera que se puedan conocer en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes medidas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de las muestras de detritus de perforación en cada una de ellas. El peso de cada tamaño se expresa como porcentajes retenidos en cada malla.



Figura 4.1. Detritus de perforación con granulometría fina, Mayo del 2015.

Fuente: Mina Toquepala.

Cuadro 4.1. Análisis granulométrico de los detritus de perforación, Mayo del 2015.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Granulometría (micras)
DRO1	11” Varel	RB67	Semi-duro	85 – 140
DRO2	11” Varel	RB67	Semi-duro	82 - 135
DRO3	11” Varel	RB67	Semi-duro	79 - 136
DRO4	11” Varel	RB67	Semi-duro	88 - 135
DRO7	11” Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140
DRO8	11” Varel	RB67	Semi-duro	94 - 142
DRO9	11” Varel	RB60	Semi-duro	82 - 139

Fuente: Laboratorio de planta concentradora, Mina Toquepala.

Finalmente en la perforación actual, correspondiente a los meses de Julio y Agosto del 2015, de manera similar al periodo anterior se volvió a realizar el análisis granulométrico, obteniendo mayor tamaño de granulometría. (ver Figura 4.2 y Cuadro 4.2).



Figura 4.2. Detritus de perforación con granulometría gruesa, Julio y Agosto del 2015.

Fuente: Mina Toquepala.

Cuadro 4.2. Análisis granulométrico de los detritus de perforación Julio y Agosto del 2015.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Granulometría (micras)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 – 240
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 235
DRO3	11" Varel	RB67	Semi-duro	168 – 236
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 – 238
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248
DRO9	11" Varel	RB60	Semi-duro	146 – 235

Fuente: Laboratorio de planta concentradora, Mina Toquepala.

El control de los datos de estudio como son: presión de aire del barrido, presión de empuje, velocidad angular y la velocidad de penetración, correspondiente a la perforación anterior, se realizó en el mes de mayo del 2015, y la metodología consistió en obtener los datos que registran las perforadoras en cada taladro perforado, estos datos son visualizados en el monitor o pantalla del operador, el cual es usado para proporcionar al operador con un interfaz a la máquina y sus áreas funcionales. Desde esta pantalla informacional el operador puede hacer entradas que ejecuten la operación de la máquina, monitorear sistemas y ajustes al sistema. Durante el proceso de perforación para obtener los datos de los factores que intervienen en este proceso se ingresa a la pantalla de estado (ver Figura 4.3), esta es la primera herramienta de información operacional visible del operador de la perforadora durante el uso diario de esta máquina. Los controles disponibles en esta pantalla proporcional operador la información necesaria para mirar el estado de los componentes necesarios para perforar y hacer cambios e instalaciones de control. Los datos de estudio son visualizados en

unos manómetros de esta pantalla del operador, a continuación se detalla los 4 manómetros que utilizaremos para el presente estudio:

Manómetro de presión de aire: El manómetro de presión de aire muestra la presión de aire en unidades de libras por pulgada cuadrada (PSI). Una exhibición numérica bajo el manómetro muestra el valor actual.

Manómetro de fuerza empuje-: El manómetro fuerza de empuje muestra la fuerza en la broca en unidades de Kilo-Pounds (klbs) o Kilo-Newton (kN). Una exhibición numérica bajo el manómetro muestra el valor actual.

Manómetro de velocidad de rotación: El manómetro de velocidad de rotación muestra la velocidad de rotación actual de la broca en revoluciones por minuto (RPM).

Velocidad de penetración: Este dato queda registrado en la pantalla del operador según cuantos metros perfora en una hora.



Figura 4.3. Pantalla de estado, indicando los valores de perforación por taladro.

Fuente: Departamento de geología de Mina Toquepala.

Todo estos datos son registrados y visualizados en la pantalla del operador, con las distintas variaciones que pueda darse, durante el tiempo que dure en perforar un taladro de 16.5 m. si es taladro de producción y 15 m. si es taladro del TRIM (perforación para voladura controlada), estos datos que se visualiza en la pantalla del operador también se visualiza y queda registrados en la base de datos de control DISPACH, es aquí donde se quedan registrados todo los datos que emite las perforadoras por cada taladro durante todo el día, posteriormente la oficina de perforación y voladura tiene acceso a estos datos de los factores que interviene en el desgaste de brocas, para así obtener el resumen diario, semanal y mensual, y finalmente queda registrado en la oficina de perforación y voladura, para su respectivo análisis y reporte mensual correspondiente al mes de Mayo. (ver Cuadro 4.3).

El seguimiento para obtener los datos de los parámetros de perforación a las 7 perforadoras con su respectiva broca duro en un total de 24 días.

Cuadro 4.3. Valores de factores de perforación en el mes de Mayo del 2015.

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	66.21	44.45	50.80	35.12
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	65.87	46.70	51.35	35.22
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	64.34	42.34	50.75	34.96
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	66.49	43.25	51.60	35.18
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	67.20	43.11	50.15	35.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	65.75	44.14	51.10	35.37
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	63.57	44.32	50.85	34.85
PROMEDIO				65.63	43.90	50.94	35.16

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se ha realizado el análisis de los datos obtenidos, luego se coordinó con el equipo encargado de perforación, para que incremente los valores en la perforación actual los factores de: presión de aire del barrido y presión de empuje, con la única finalidad de evacuar los detritus de perforación lo más antes posible hacia el exterior del taladro para evitar el desgaste de las brocas tricónicas, por exceso de remolienda en el fondo del taladro.

Los datos se han obtenido de forma similar que en la perforación y como consecuencia de estos cambios se obtuvo que la velocidad angular y la velocidad de penetración, se ha incrementado y la granulometría de los detritus de perforación se presenta de mayor tamaño granulométrico, por ende se afirma que se produjo menor remolienda de los detritus de perforación en el fondo del taladro y menor desgaste de broca tricónica, correspondiente al mes de Julio y Agosto.

Para obtener los datos de perforación se ha realizado el seguimiento a las 7 perforadoras con su respectiva broca en un total de 38 días. (ver Cuadro 4.4)

Cuadro 4.4. Valores de factores de perforación en los mes de Julio y Agosto del 2015.

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	74.29	50.17	65.73	36.35
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	75.41	50.10	61.37	36.15
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	73.62	50.25	66.77	36.25
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	73.51	50.15	63.42	36.35
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	75.65	50.02	65.10	36.40
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	74.35	50.36	64.47	36.25
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	75.21	50.15	66.75	36.20
PROMEDIO				74.58	50.17	64.801	36.28

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo los datos de ambos periodos de perforación y realizando el análisis, podemos encontrar distintas relaciones de la granulometría y la presión de aire. Debemos tener presente que los equipos de perforación de la mina Toquepala, no pueden exceder los 52 PSI de la presión de aire. (ver Figura 4.4, Figura 4.5 y Figura 4.6)



Figura 4.4. Relación de presión de aire con granulometría del detritus de perforación.

Fuente: Mina Toquepala.

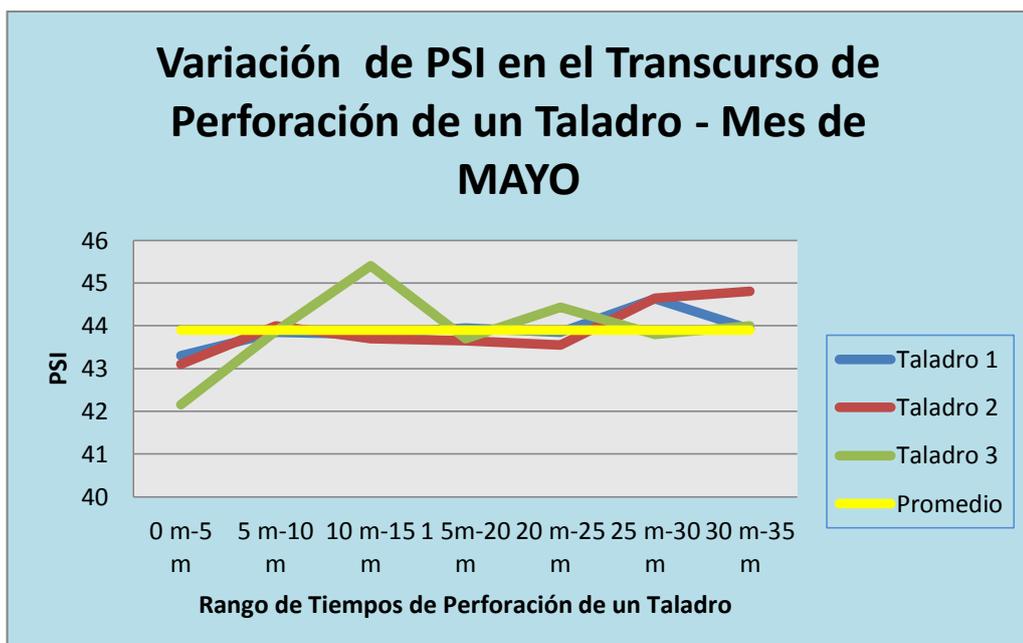


Figura 4.5. Variación de la presión de aire durante la perforación de un taladro.

Fuente: Mina Toquepala.

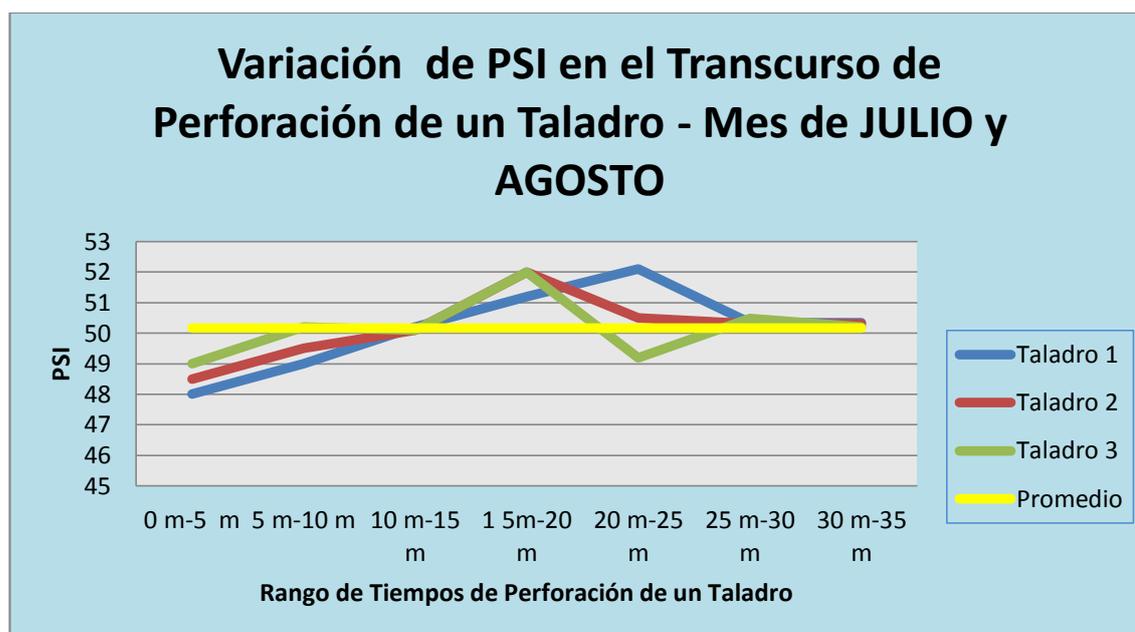


Figura 4.6. Variación de la presión de aire durante la perforación de un taladro.

Fuente: Mina Toquepala.

4.2 POBLACIÓN

Para la población se han considerado las 11 brocas tricónicas de perforación utilizados en la mina Toquepala.

4.3 MUESTRA

Para la muestra se han considerado, 07 brocas tricónicas de marca Varel, de la mina Toquepala.

4.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

4.4.1 Variable independiente

La presión de aire del barrido, fuerza de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración, y la granulometría de los detritus de perforación en la mina Toquepala.

4.4.2 Variable dependiente

El desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala. (ver Cuadro 4.5)

Cuadro 4.5. Operacionalización de variables.

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Variable independiente</p> <p>La presión de aire, fuerza de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración, y la granulometría de los detritus de perforación en la mina Toquepala.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dureza de las rocas - Longitud del taladro - Diámetro del taladro 	<ul style="list-style-type: none"> - Dura, semi dura, suave - Pies, metro - Pulgadas
<p>Variable dependiente</p> <p>El desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vida útil de la broca - Costo de la broca 	<ul style="list-style-type: none"> - Pies perforados - \$/pie, \$/m

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente trabajo de investigación el control de los factores que intervienen en el desgaste prematuro de las brocas tricónicas, se ha realizado en el Tajo de la mina Toquepala, fase 4, del nivel 3 130 m.s.n.m. y 3 145 m.s.n.m.

La perforación se ha realizado en roca intrusiva, dacita porfirítica, sin presencia de yeso y anhidrita, con alteración cuarzo-sericita, con una densidad de 2,76 TM/m³, y una resistencia a la compresión simple de 164.9 MPa, (ver Anexo N°5), en bancos de 15 m. con sobre perforación de 1.5 m., también se han perforado taladros de 15 m., esto en los taladros de la fila del Trim (Perforación para voladura controlada). (ver Cuadro 5.1)

El presente trabajo de investigación se ha realizado con 07 perforadoras con sus respectivas brocas tricónicas de 11 pulgadas de diámetro, marca Varel, modelo RB67 y barrenos de 9¼ de diámetro de pulgada, haciendo una diferencia de 1 ¾ pulgadas, que viene a ser el espacio anular, por el cual es evacuado los detritus de perforación.

Cuadro 5.1. Prueba de resistencia a la compresión simple - SPCC - Mina Toquepala.

Unidad de macizo rocoso			Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Promedio
Litología	Tope de yeso	Alteración	(MPa)	(MPa)	(MPa)
Dacita Porfirítica	NO G/A	Cuarzo Sericita	164.9	164.9	164.9
	G/A	Cuarzo Sericita	72.4	145.7	106.9

NOG/A: Indica ausencia de yeso y anhidrita.

G/A : Indica presencia de yeso y anhidrita

Fuente: Mina Toquepala.

Actualmente en la mina Toquepala se viene trabajando con 11 máquinas perforadoras Bucyrus y P&H, de los cuales se ha considerado como muestra 07 perforadoras con sus respectivas brocas tricónicas, marca Varel modelo RB67G y RB67 de 11” de diámetro.

En el control y evaluación de los factores que influyen en el desgaste prematuro de las brocas tricónicas, se ha considerado el desgaste de brocas tricónicas en la perforación anterior (ver Anexo N°1), el mismo que se ha realizado en el mes de Mayo del año 2015 y posteriormente en la perforación actual se ha controlado en el mes de Julio y Agosto del año 2015(ver Anexo N°2). Los resultados se muestran en el Cuadro 5.9 y 5.10, respectivamente.

5.2 CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

HIPÓTESIS 1.

Empleando adecuadamente la presión de aire del barrido necesario y la fuerza de empuje se reducirá el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.

5.2.1 Resultados comparativos de desgaste de brocas

A) PERFORACIÓN ANTERIOR

El control de los factores de presión de aire necesario para el barrido de detritus y la fuerza de empuje que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas se ha realizado en el mes de Mayo, obteniendo los siguientes resultados. (Cuadro 5.2).

Cuadro 5.2. Presión de aire del barrido y presión de empuje anterior.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Presión de aire del barrido K (lb/pulg ²)	Presión de empuje (lb/pulg)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	44.45	50 800
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	46.70	51 350
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	42.34	50 750
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	43.25	51 600
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	43.11	50 150
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	44.14	51 100
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	44.32	50 850
				43.90	50 942.86

Fuente: Elaboración propia.

B) PERFORACIÓN ACTUAL

El control de los factores de presión de aire necesario para el barrido de detritos y la fuerza de empuje que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas se ha realizado en el mes de Julio y Agosto, obteniendo los siguientes resultados. (ver Cuadro 5.3)

Cuadro 5.3. Presión de aire del barrido y presión de empuje actual.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Presión de aire del barrido K (lb/pulg ²)	Presión de empuje K(lb/pulg)
DRO1	11” Varel	RB67	Semi-duro	50.17	65 730
DRO2	11” Varel	RB67	Semi-duro	50.10	61 370
DRO3	11” Varel	RB57	Semi-duro	50.25	66 770
DRO4	11” Varel	RB67	Semi-duro	50.15	63 420
DRO7	11” Varel	RB67	Semi-duro	50.02	65 100
DRO8	11” Varel	RB67	Semi-duro	50.36	64 470
DRO9	11” Varel	RB67	Semi-duro	50.15	66 750
				50.17	64 801.43

Fuente: Elaboración propia.

HIPOTESIS 2

- b) Utilizando adecuadamente la velocidad angular y la velocidad penetración se reducirá el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.

C) PERFORACIÓN ANTERIOR

El control anterior de los factores de la velocidad angular y la velocidad de penetración que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas se ha realizado en el mes de Mayo, obteniendo los siguientes resultados. (ver Cuadro 5.4)

Cuadro 5.4. Velocidad angular y velocidad de penetración anterior.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Velocidad angular RPM	Velocidad de penetración. m/h
DRO1	11” Varel	RB67	Semi-duro	66.21	35.12
DRO2	11” Varel	RB67	Semi-duro	65.87	35.22
DRO3	11” Varel	RB57	Semi-duro	64.34	34.96
DRO4	11” Varel	RB67	Semi-duro	66.49	35.18
DRO7	11” Varel	RB67	Semi-duro	67.20	35.45
DRO8	11” Varel	RB67	Semi-duro	65.75	35.37
DRO9	11” Varel	RB67	Semi-duro	63.57	34.85
				65.63	35.16

Fuente: Elaboración propia.

D) PERFORACIÓN ACTUAL

El control actual de los factores de la velocidad angular y la velocidad de penetración que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas se ha realizado en el mes de Julio y Agosto, obteniendo los siguientes resultados. (ver Cuadro 5.5).

Cuadro 5.5. Velocidad angular y velocidad de penetración actual.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Velocidad angular RPM	Velocidad de penetración. m/h
DRO1	11” Varel	RB67	Semi-duro	74.29	36.35
DRO2	11” Varel	RB67	Semi-duro	75.41	36.15
DRO3	11” Varel	RB57	Semi-duro	73.62	36.25
DRO4	11” Varel	RB67	Semi-duro	73.51	36.35
DRO7	11” Varel	RB67	Semi-duro	75.65	36.40
DRO8	11” Varel	RB67	Semi-duro	74.35	36.25
DRO9	11” Varel	RB67	Semi-duro	75.21	36.20
				74.58	36.28

Fuente: Elaboración propia.

HIPOTESIS 3.

Evaluando la granulometría de los detritos se reducirá el desgaste de las brocas tricónicas en la mina Toquepala.

E) PERFORACIÓN ANTERIOR

El control del factor de la granulometría de los detritos que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas se ha realizado en el mes de Mayo, obteniendo los siguientes resultados. (ver Cuadro 5.6).

Cuadro 5.6. Granulometría anterior.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Granulometría (micras)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	85 – 140
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 135
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	79 - 136
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	88 - 135
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 142
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 139

Fuente: Elaboración propia.

F) PERFORACIÓN ACTUAL

El control del factor de granulometría de los detritos que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas se ha realizado en el mes de Julio y Agosto, obteniendo los siguientes resultados. (ver Cuadro 5.7)

Cuadro 5.7. Granulometría actual.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Granulometría (micras)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 – 240
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 235
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 236
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 – 238
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 235

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Desgaste de brocas tricónicas

A) PERFORACIÓN ANTERIOR

La duración anterior de cada uno de las brocas tricónicas marca Varel de 11 pulgadas de diámetro se muestra en el Cuadro 5.8.

En la perforación anterior se obtiene una duración promedio de 1 603.65 metros perforados por cada broca utilizada.

Cuadro 5.8. Duración de brocas perforación anterior.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Promedio de metros perforados por día	Duración de brocas metros perforados
DRO1	11” Varel	RB67	Semi-duro	340.95	1602.46
DRO2	11” Varel	RB67	Semi-duro	342.71	1610.74
DRO3	11” Varel	RB57	Semi-duro	341.81	1606.51
DRO4	11” Varel	RB67	Semi-duro	340.85	1601.99
DRO7	11” Varel	RB67	Semi-duro	338.90	1592.83
DRO8	11” Varel	RB67	Semi-duro	340.45	1600.12
DRO9	11” Varel	RB67	Semi-duro	342.75	1610.93
				341.20	1603.65

Fuente: Elaboración propia.

B) PERFORACIÓN ACTUAL

La duración actual de cada uno de las brocas tricónicas marca Varel de 11 pulgadas de diámetro se muestra en el Cuadro 5.9.

En la perforación actual se obtiene una duración promedio de 1 711.33 metros perforados por cada broca utilizada.

Cuadro 5.9. Duración de brocas perforación actual.

Equipo	Broca	Modelo	Tipo de roca	Promedio de metros perforados por día	Duración de brocas metros perforados
DRO1	11” Varel	RB67	Semi-duro	341.37	1706.85
DRO2	11” Varel	RB67	Semi-duro	344.63	1723.15
DRO3	11” Varel	RB57	Semi-duro	342.65	1713.25
DRO4	11” Varel	RB67	Semi-duro	341.79	1708.85
DRO7	11” Varel	RB67	Semi-duro	339.83	1699.15
DRO8	11” Varel	RB67	Semi-duro	341.76	1708.80
DRO9	11” Varel	RB67	Semi-duro	343.85	1719.25
				342.27	1711.33

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los cuadros 5.8 y 5.9, se muestra claramente la diferencia en la vida útil de las brocas tricónicas marca Varel de 11 pulgadas de diámetro.

Es decir en la perforación anterior cada broca tiene una vida útil de 1 603.65 metros perforados y en la perforación actual se logra una vida útil de 1 711.33 metros perforados por cada broca utilizada, teniendo una diferencia de 107.68 metros perforados por cada una de las brocas de 11 pulgadas de diámetro, obteniendo un incremento en la vida útil de las brocas en un total de 753.76 metros perforados por las 07 brocas utilizadas, en comparación con la perforación anterior.

5.2.3 Enjuiciamiento y validación de los resultados

En el Cuadro 5.8 se muestra que la duración promedio anterior de las brocas tricónicas marca Varel de 11 pulgadas de diámetro es 1 603.65 metros perforados, este resultado es debido a que no se ha realizado un control estricto o minucioso de los factores de presión de aire del barrido, fuerza de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración, y granulometría de los detritus.

Podemos comprobar que la duración promedio actual de las brocas tricónicas es 1 711.33 metros perforados (ver Cuadro 5.9), el incremento de la vida útil de cada broca tricónica marca Varel de 11 pulgadas de diámetro es de 107.68 metros perforados, es debido a que en esta etapa se realizó un mayor control y su respectiva evaluación de los factores de presión de aire del barrido, presión de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración y la granulometría de los detritus y como resultado se ha reducido el desgaste de las brocas tricónicas de la mina Toquepala. Para lograr la reducción del desgaste de las brocas tricónicas, la presión de aire del barrido se ha incrementado de 43.90 k(lb/pulg²) a 50.17 k(lb/pulg²), y así se obtuvo que el detritus que se encuentra en el fondo del taladro, sea evacuado rápidamente hacia la parte exterior del taladro, y no vuelva a caer por falta de presión de aire de barrido, para así evitar una remolienda de los detritus, ya que en esos casos al producirse la remolienda se produce mayor desgaste de las brocas tricónicas, por tal motivo es muy importante el análisis de la presión de aire del barrido. Se tiene que considerar que si excedemos la presión de aire del barrido, se produce mayores desgastes en el centralizador y la barra de perforación, por tal motivo se tiene que tener mucho cuidado en suministrar una adecuada presión de aire del barrido.

Adicionalmente a este control y evaluación de los factores se ha incrementado la velocidad angular de 65.63 R.P.M. a 74.58 R.P.M. y la presión de empuje de 50.942 k(lb/pulg), a 64.801 k(lb/pulg), con el incremento de estas dos variables se ha logrado una granulometría de grano medio de 152- 248 micras y un aumento en la velocidad de penetración de 35.16 m/h a 36.28 m/h. (ver Cuadro 5.10 y Cuadro 5.11).

Cuadro 5.10. Desegaste de brocas promedio anterior mes de mayo del 2015.

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITOS	PROMEDIO DE METROS PERFORADOS POR DÍA	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	85 - 140	340.95	66.21	44.45	50.80	35.12
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 135	342.71	65.87	46.70	51.35	35.22
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	79 - 136	341.81	64.34	42.34	50.75	34.96
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	88 - 135	340.85	66.49	43.25	51.60	35.18
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140	338.90	67.20	43.11	50.15	35.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 142	340.45	65.75	44.14	51.10	35.37
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 139	342.95	63.57	44.32	50.85	34.85
PROMEDIO							43.90	50.94	35.16

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.11. Desgaste de brocas promedio actual mes de julio y agosto del 2015.

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	PROMEDIO DE METROS PERFORADOS POR DÍA	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 – 240	341.37	74.29	50.17	65.73	36.35
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 235	344.63	75.41	50.10	61.37	36.15
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 236	342.65	73.62	50.25	66.77	36.25
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 – 238	341.79	73.51	50.15	63.42	36.35
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229	339.83	75.65	50.02	65.10	36.40
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248	341.76	74.35	50.36	64.47	36.25
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 235	343.85	75.21	50.15	66.75	36.20
PROMEDIO									
						74.58	50.17	64.801	36.28

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Mediante el control y evaluación de factores de presión de aire necesario para el barrido, presión de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración y la granulometría que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas, se concluye que en la perforación anterior cada broca tiene una vida útil promedio de 1 603.65 metros perforados y en la perforación actual se logra una vida útil promedio de 1 711.32 metros perforados por cada broca utilizada, teniendo una diferencia de 107.68 metros perforados por cada broca, obteniendo un ahorro total de 753.76 metros perforados por las 07 brocas utilizadas, en comparación con la perforación anterior.

SEGUNDA: Realizando el control de los factores que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas se concluye que en la perforación actual los más apropiados son: Presión de aire del barrido un promedio de 50.170 lb/pulg², presión de empuje de 64 801.42 lb/pulg, velocidad angular de 74.58 RPM, velocidad de penetración un promedio de 36.28 m/h

TERCERA: Según el análisis granulométrico de los detritos de perforación, para reducir el desgaste de las brocas tricónicas el más apropiado es una granulometría de grano medio en un intervalo de 152 – 248 micras.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se debe cumplir estrictamente el control de los factores que influyen en el desgaste de las brocas tricónicas en la perforación de taladros en los tajos de la mina Toquepala para reducir el desgaste de las brocas tricónicas.

SEGUNDA: Se debe controlar el recorrido promedio de cada una de las brocas tricónicas utilizadas en la perforación taladros de los tajos de la mina Toquepala.

TERCERA: La supervisión es un factor importante en el cumplimiento de los objetivos de la empresa minera y el personal de perforación se debe capacitar permanentemente.

BIBLIOGRAFÍA

- Agreda, C. (2011). *Estrategias para la Reducción de Costos en Perforación y Voladura en Minería Superficial* – Perú.
- Atlas Copco Drilling Solutions LLC (2012). *Blasthole Drilling in Open Pit Mining: tercera edición*. MINEXPO 2012, Las Vegas – USA.
- Barua, V. (1961). Reconocimiento geológico de la zona de Tacna y Moquegua.
- Bauer, A. (1979). *Drilling and Blasting Bucyrus Erie* – USA.
- Coffman, K. W. and Connors J. (1974). *Rolling Cutter Bit Development and Application in the Mining Industry* – USA.
- Dinis, C. (2005). Instituto Superior TECNOLÓGICO.
- Farge, I. (2006). *Perforación y Voladura en Minería a Cielo Abierto* – Perú.
- García, J. (2003). Atlas Powder international.
- Nelmark, J. D. (1970). *Large Diameter Blasthole Drills*. Mining congress journal – USA.
- Ortiz, J. (2000). *Curso MI57E, Explotación de Minas*- Chile.
- Pernia, U., Lopez, C. y E. (1987). *Manual de Perforación y voladura de rocas* – España.
- Rojas, M. (2009). Tesis *Descripción cuantitativa de los procesos de extracción y reducción de mineral en la minería de cobre a cielo abierto* – Chile.

ANEXOS

ANEXO 1
REPORTES DE PERFORACIÓN – AL PERIODO ANTERIOR – MES DE MAYO
FECHA: 04 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS μm	TALADROS DE 16.5 m	TALADROS DE 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO $\text{k}(\text{lb}/\text{pulg}^2)$	PRESION DE EMPUJE $\text{k}(\text{lb}/\text{pulg})$	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	75 - 144	165.0	180.0	65.30	46.65	49.50	35.60
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 135	181.5	150.0	67.45	44.35	51.10	34.50
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	79 - 134	165.0	165.0	63.10	44.25	50.90	34.30
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	80 - 140	181.5	180.0	64.75	45.45	49.20	34.50
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	75 - 142	165.0	165.0	68.25	45.30	50.50	35.80
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 141	181.5	180.0	66.90	43.44	51.60	37.5
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 143	165.0	180.0	69.90	45.10	52.10	34.5

FECHA: 05 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS μm	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO $\text{k}(\text{lb}/\text{pulg}^2)$	PRESION DE EMPUJE $\text{k}(\text{lb}/\text{pulg})$	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	76 - 148	181.5	180.0	64.35	47.86	51.40	34.10
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	77 - 136	165.0	150.0	65.85	42.65	52.20	35.60
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	81 - 134	165.0	165.0	62.15	42.45	50.40	33.90
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 146	181.5	150.0	67.75	46.25	51.95	34.70
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	75 - 142	165.0	180.0	66.25	42.70	50.40	34.80
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 141	181.5	165.0	68.65	42.35	49.70	36.50
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 143	165.0	165.0	69.25	46.15	51.55	33.70

FECHA: 06 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESSION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	77 - 143	313.5		68.55	46.85	50.60	36.20
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 130	346.5		66.45	44.45	52.10	35.80
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	78 - 136	313.5		65.05	43.15	51.57	34.60
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	89 - 135	330.0		66.75	43.65	49.20	35.70
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	76 - 142	346.5		64.25	42.34	51.75	36.40
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 146	330.0		67.80	47.55	49.70	34.30
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 143	363.0		69.70	45.25	50.65	35.20

FECHA: 07 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESSION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	75 - 144	330.0		65.35	45.95	52.60	34.60
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 135	313.5		64.85	40.65	50.45	35.40
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	79 - 134	346.5		63.15	40.35	49.50	35.80
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	80 - 140	330.0		66.35	44.25	51.25	35.60
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	75 - 142	363.0		68.15	45.70	50.70	34.30
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 141	330.0		67.65	42.45	52.65	33.50
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 143	346.5		69.25	46.15	51.30	36.30

FECHA: 08 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 142	313.5		63.50	45.85	49.85	34.30
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	76 - 137	330.0		64.75	42.46	51.60	33.70
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	79 - 134	313.5		68.25	43.15	50.55	34.50
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	80 - 140	346.5		66.85	44.65	52.15	35.40
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	75 - 142	330.0		64.15	45.55	50.75	35.70
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 143	346.5		67.90	46.56	51.30	34.90
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	81 - 142	313.5		69.60	46.45	50.85	35.30

FECHA: 09 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	75 - 144	330.0		66.75	46.75	52.60	33.20
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 135	346.5		65.45	42.85	51.85	35.70
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	79 - 134	313.5		63.65	43.52	49.70	33.80
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	80 - 140	330.0		67.35	44.16	51.95	35.50
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	75 - 142	363.0		64.25	44.60	50.40	34.90
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 141	313.5		68.85	44.35	49.65	36.30
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	80 - 142	330.0		69.55	44.68	52.10	35.40

FECHA: 11 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	77 - 143	330.0		66.15	45.85	51.45	33.80
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 130	313.5		64.50	43.76	52.20	35.60
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	78 - 136	363.0		68.35	43.60	49.35	33.40
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	89 - 135	313.5		66.25	42.64	51.60	35.60
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	76 - 142	346.5		65.55	45.35	50.45	36.50
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 145	330.0		63.85	46.34	49.70	35.90
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 142	346.5		69.40	43.25	51.55	36.20

FECHA: 12 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140	330.0		67.35	46.35	51.45	36.20
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	77 - 133	313.5		65.85	42.57	52.10	35.10
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	78 - 138	330.0		63.15	42.86	49.85	33.70
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	89 - 136	346.5		64.75	43.46	50.60	35.40
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	76 - 141	330.0		66.25	44.10	51.75	34.90
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 144	346.5		68.65	44.60	49.80	33.70
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140	363.0		69.25	44.35	51.55	35.50

FECHA: 13 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	80 - 144	313.5		65.75	44.65	51.40	36.10
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 132	346.5		66.65	43.67	52.25	35.60
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	79 - 136	330.0		63.45	43.70	50.45	34.50
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	89 - 135	346.5		68.15	42.78	51.75	33.40
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	75 - 142	313.5		64.35	45.78	50.40	36.20
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 144	346.5		67.60	42.35	49.75	34.10
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	83 - 143	330.0		69.50	46.10	51.65	36.30

FECHA: 14 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 139	346.5		66.35	43.80	51.75	34.10
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 130	330.0		65.85	42.50	52.15	35.60
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	77 - 126	346.5		63.15	41.45	49.40	33.90
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	89 - 135	330.0		67.75	42.70	50.60	35.50
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140	346.5		64.25	45.55	51.40	34.80
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 142	330.0		68.65	46.55	50.70	36.50
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	81 - 139	346.5		69.25	44.60	51.65	33.70

FECHA: 15 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	88 - 138	330.0		65.15	44.20	51.75	33.20
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 135	313.5		66.25	42.86	52.20	35.60
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	80 - 126	346.5		63.35	42.90	49.40	34.70
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	89 - 135	330.0		66.55	43.23	51.60	35.80
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 140	346.5		64.15	43.50	50.40	36.50
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	94 - 142	363.0		67.70	43.65	49.70	34.60
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	83 - 139	330.0		68.40	42.14	51.50	36.30

FECHA: 16 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	87 - 143	330.0		68.15	44.56	50.40	35.30
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	82 - 130	346.5		65.45	42.40	52.20	35.40
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	78 - 138	313.5		63.25	42.60	49.40	33.70
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	88 - 137	346.5		67.45	42.45	51.60	35.30
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 142	330.0		66.35	43.78	50.40	34.60
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	94 - 140	346.5		64.75	43.70	49.70	36.20
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	84 - 140	313.5		69.15	44.10	51.50	34.50

FECHA: 18 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 139	313.5		66.25	44.56	52.75	34.50
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 130	330.0		66.15	42.40	51.20	35.60
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	77 - 126	363.0		63.35	42.60	49.45	34.70
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	89 - 135	330.0		66.45	42.45	52.15	35.60
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140	313.5		64.65	43.78	50.40	36.50
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 142	330.0		68.70	43.70	49.75	33.70
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	81 - 139	346.5		67.40	44.10	51.50	36.10

FECHA: 19 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	87 - 143	346.5		67.45	42.45	52.75	36.20
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 130	313.5		64.75	42.50	51.20	35.40
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	78 - 138	346.5		63.25	42.12	49.40	33.60
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	88 - 137	330.0		66.35	43.20	49.65	35.80
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 142	313.5		68.15	44.50	50.40	34.50
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 140	346.5		67.75	44.87	49.70	33.70
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	84 - 140	330.0		69.85	43.50	52.10	36.15

FECHA: 20 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 139	330.0		65.10	44.56	51.75	35.40
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 130	346.5		64.25	42.40	52.20	35.60
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	77 - 126	330.0		68.45	43.78	49.40	34.50
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	89 - 135	313.5		66.65	43.60	52.60	35.30
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140	330.0		64.25	44.20	50.40	33.70
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 142	363.0		67.70	44.14	49.70	34.80
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	81 - 141	346.5		63.50	43.25	51.50	36.10

FECHA: 21 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	87 - 143	330.0		69.35	43.23	52.75	34.60
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 130	313.5		66.15	42.67	51.20	35.70
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	78 - 138	346.5		63.25	42.60	49.45	34.50
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	88 - 137	313.5		66.45	42.85	51.60	35.40
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 142	330.0		64.35	43.45	50.40	36.20
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 140	346.5		67.60	44.16	49.70	34.80
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	84 - 140	330.0		68.20	44.60	51.50	36.30

FECHA: 22 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESSION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 139	313.5		63.65	44.35	52.75	35.40
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 130	346.5		64.15	42.34	51.25	36.60
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	77 - 126	363.0		65.35	42.86	49.35	33.80
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	89 - 135	330.0		66.25	43.73	49.60	35.70
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140	346.5		68.45	44.25	50.40	34.60
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 142	330.0		67.15	45.70	49.45	33.60
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	81 - 139	346.5		69.45	42.90	52.15	34.40

FECHA: 23 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESSION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	87 - 143	346.5		67.45	43.15	52.25	34.50
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 130	313.5		66.25	44.85	51.20	35.80
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	78 - 138	330.0		63.15	40.46	49.40	33.30
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	88 - 137	346.5		69.35	41.17	52.60	35.70
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 142	330.0		64.45	42.34	50.40	36.80
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 140	346.5		68.60	44.50	49.70	34.50
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	84 - 140	330.0		66.40	43.30	51.50	35.70

FECHA: 25 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	82 - 142	346.5		67.45	44.35	51.75	34.50
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	80 - 132	330.0		66.25	42.16	52.20	35.80
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	79 - 136	346.5		65.15	43.60	49.40	33.30
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	88 - 135	363.0		69.35	42.89	51.60	35.70
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 140	313.5		64.45	44.46	50.40	36.80
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	94 - 142	346.5		68.60	45.10	49.70	34.50
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	82 - 139	363.0		66.40	44.26	51.50	35.70

FECHA: 26 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 139	363.0		76315	43.67	51.75	36.20
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 130	346.5		64.25	42.44	52.20	34.50
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	77 - 126	330.0		69.35	43.78	49.40	35.60
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	89 - 135	346.5		66.75	43.55	51.60	36.70
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 140	363.0		64.45	43.25	50.40	35.60
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	94 - 142	313.5		67.70	46.45	49.70	33.80
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	81 - 139	363.0		66.80	43.76	51.50	34.50

FECHA: 27 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESSION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	87 - 143	346.5		66.15	42.85	51.75	34.60
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	82 - 130	330.0		64.25	42.46	52.20	35.40
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	78 - 138	313.5		69.45	40.12	49.40	33.60
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	88 - 137	363.0		66.35	41.23	51.60	35.70
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 142	330.0		68.55	43.78	50.40	34.60
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	94 - 140	363.0		67.75	43.98	49.70	33.80
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	84 - 140	330.0		63.65	42.87	51.50	35.30

FECHA: 28 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESSION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 140	313.5		69.60	45.20	51.75	34.20
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	77 - 133	330.0		66.25	41.76	52.20	35.60
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	78 - 138	363.0		68.75	43.68	49.40	34.30
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	89 - 136	346.5		64.65	42.56	51.60	35.50
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	76 - 141	330.0		63.35	43.56	50.40	36.80
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	78 - 144	346.5		67.70	45.34	49.70	33.90
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	79 - 140	313.5		65.80	46.45	51.50	37.30

FECHA: 29 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	85 - 140	330.0		66.15	45.90	51.85	34.30
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 135	346.5		64.45	41.24	52.20	35.60
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	79 - 136	313.5		63.35	42.38	49.40	33.70
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	88 - 135	330.0		66.65	42.56	51.65	35.50
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140	346.5		68.45	45.24	50.40	34.60
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 142	330.0		67.75	42.46	49.70	33.40
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 139	346.5		69.55	44.45	51.50	34.80

FECHA: 30 MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 140	363.0		69.15	45.60	51.35	35.40
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 133	346.5		64.05	42.57	52.45	33.50
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	76 - 138	330.0		68.35	43.16	49.65	34.60
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	91 - 136	379.0		66.55	42.56	50.75	33.30
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	78 - 141	330.0		64.45	45.50	51.45	36.60
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 144	313.5		67.70	46.55	49.75	35.40
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	83 - 140	346.5		63.20	46.45	51.50	34.80

RESUMEN MES DE MAYO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	PROMEDIO DE METROS PERFORADOS POR DÍA	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	85 - 140	340.95	66.21	44.45	50.80	35.12
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 135	342.71	65.87	46.70	51.35	35.22
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	79 - 136	341.81	64.34	42.34	50.75	34.96
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	88 - 135	340.85	66.49	43.25	51.60	35.18
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	79 - 140	338.90	67.20	43.11	50.15	35.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	94 - 142	340.45	65.75	44.14	51.10	35.37
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	82 - 139	342.95	63.57	44.32	50.85	34.85
PROMEDIO									
							43.90	50.942	35.16

ANEXO 2
REPORTES DE PERFORACIÓN – AL PERIODO ACTUAL – MES DE JULIO Y AGOSTO
FECHA: 01 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 – 230	165.0	180.0	71.50	50.20	65.30	36.50
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	153 – 225	181.5	165.0	76.45	51.50	60.25	35.90
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	151 – 228	165.0	180.0	75.50	50.0	65.40	36.25
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 – 225	181.5	165.0	72.60	49.50	60.10	35.70
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	165.0	180.0	76.10	49.50	67.45	36.35
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 227	181.5	165.0	72.50	50.20	66.90	37.50
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 223	165.0	180.0	75.40	49.60	64.65	35.70

FECHA: 02 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 – 230	181.5	150.0	71.30	51.75	64.30	36.25
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	153 – 225	165.0	180.0	75.15	48.30	59.25	37.10
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	151 – 228	165.0	165.0	73.40	50.70	67.15	36.75
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 – 225	181.5	135.0	71.50	49.20	60.40	36.45
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	165.0	165.0	75.70	48.55	66.45	37.35
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 227	181.5	165.0	74.60	49.40	67.90	36.65
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 223	165.0	180.0	76.30	49.35	65.65	35.80

FECHA: 03 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 – 240	313.5		76.50	51.50	60.45	35.70
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 235	330.0		74.55	50.47	6 5.65	36.90
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 236	346.5		72.50	50.60	66-45	37.45
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 – 238	330.0		75.60	51.40	67.15	35.65
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229	313.5		76.50	49.70	63.45	36.25
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248	330.0		73.50	52.35	66.75	37.85
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 235	346.5		71.30	50.46	67.65	36.35

FECHA: 04 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 – 230	346.5		75.20	51.50	66.30	36.85
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	153 – 225	330.0		71.45	48.75	60.45	35.90
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	151 – 228	313.5		73.60	49.65	67.20	37.35
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 – 225	346.5		77.20	48.50	64.10	36.40
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	313.5		75.50	47.70	67.10	37.15
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 227	330.0		74.35	48.20	66.90	36.50
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 223	346.5		76.45	47.40	61.65	35.75

FECHA: 06 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 – 240	330.0		71.50	51.45	65.75	36.25
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 235	346.5		75.45	50.75	61.25	35.90
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 236	313.5		73.20	50.60	67.65	37.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 – 238	330.0		70.65	51.70	65.35	35.50
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229	346.5		76.10	50.55	61.30	36.65
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248	363.0		74.55	52.30	66.45	37.40
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 235	330.0		75.65	50.65	60.85	35.90

FECHA: 07 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 – 230	313.5		76.50	51.55	67.35	36.35
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	153 – 225	363.0		74.55	49.50	59.20	35.90
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	151 – 228	330.0		73.50	50.65	67.35	36.45
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 – 225	346.5		71.65	49.80	59.40	35.85
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	313.5		75.30	48.75	66.65	37.15
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 227	330.0		73.85	50.35	64.80	36.65
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 223	363.0		75.65	50.75	65.65	35.75

FECHA: 08 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 – 240	330.0		74.30	51.70	66.25	36.60
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 235	346.5		72.45	50.35	58.45	36.55
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 236	313.5		73.40	50.50	66.35	35.75
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 – 238	363.0		71.55	51.75	59.55	35.80
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229	330.0		75.50	50.85	67.85	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248	346.5		74.65	51.45	58.65	36.60
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 235	330.0		76.35	50.65	67.15	35.85

FECHA: 09 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 – 230	346.5		73.45	51.75	65.40	36.70
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	153 – 225	330.0		75.15	49.30	58.55	35.90
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	151 – 228	346.5		73.40	49.50	67.35	36.75
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 – 225	330.0		71.50	49.45	59.20	35.80
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	346.5		77.25	48.50	66.75	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 227	330.0		75.85	49.40	67.80	36.60
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 223	346.5		76.35	48.25	64.45	35.80

FECHA: 10 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 – 240	330.0		75.45	49.70	66.15	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 235	313.5		74.15	48.95	65.25	35.70
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 236	346.5		73.35	49.35	58.35	35.75
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 – 238	330.0		72.50	50.20	67.55	36.85
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229	363.0		75.85	50.50	58.75	37.35
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248	330.0		71.65	51.75	66.25	36.65
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 235	313.5		75.85	50.10	59.15	36.75

FECHA: 11 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 – 230	346.5		72.55	50.70	64.30	36.45
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	153 – 225	379.5		75.15	49.95	59.25	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	151 – 228	330.0		73.45	49.50	67.15	36.75
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 – 225	379.0		71.50	48.25	58.10	35.50
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	330.0		76.35	48.50	66.45	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 227	346.5		74.60	49.35	67.90	36.60
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 223	313.5		77.10	50.65	65.65	35.75

FECHA: 13 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 – 231	330.0		74.85	50.75	67.25	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 234	363.0		75.15	51.15	65.35	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 235	313.5		73.40	51.55	66.25	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 240	330.0		71.55	51.80	67.45	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 226	363.0		75.75	49.10	59.65	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 - 245	330.0		74.60	51.45	66.85	36.65
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 – 233	346.5		77.10	50.65	58.15	35.90

FECHA: 14 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 – 230	346.5		72.35	50.70	68.40	35.60
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	153 – 225	330.0		75.15	50.30	64.35	36.35
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	151 – 228	346.5		73.40	50.50	67.25	35.75
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 – 225	363.0		71.50	50.20	65.30	36.80
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	346.5		75.70	48.50	66.15	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 227	313.5		74.60	50.40	67.80	36.60
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 223	330.0		76.55	49.60	65.45	36.25

FECHA: 15 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 231	330.0		73.85	51.75	66.25	36.85
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 - 234	346.5		75.15	51.15	65.55	35.15
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 - 235	330.0		74.55	51.95	66.35	36.55
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 240	346.5		71.55	51.45	67.55	35.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 226	330.0		75.75	50.10	59.25	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 - 245	346.5		76.60	51.85	66.45	36.65
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 233	363.0		72.85	50.65	58.25	35.95

FECHA: 16 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 235	313.5		75.35	51.85	67.35	36.15
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 238	330.0		76.15	52.15	59.15	35.95
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	156 - 235	346.5		73.45	51.55	58.45	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 - 230	330.0		72.55	50.20	64.60	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 225	363.0		75.75	49.10	67.55	37.25
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 245	330.0		74.25	51.45	66.70	35.85
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 225	346.5		77.10	50.65	65.15	35.90

FECHA: 17 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 - 230	363.0		72.85	51.75	65.75	36.75
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 238	346.5		76.45	52.15	58.25	35.55
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	155 - 226	330.0		73.55	50.55	67.65	36.65
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 - 235	346.5		71.75	51.35	65.35	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 223	379.5		75.35	51.10	59.55	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 247	346.5		74.60	51.45	66.45	36.25
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 - 226	313.5		77.35	50.65	58.85	35.75

FECHA: 18 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 233	313.5		75.85	50.75	65.65	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 237	346.5		74.15	51.15	67.45	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	156 - 224	330.0		73.40	50.55	66.25	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 - 235	313.5		71.55	51.20	67.55	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	363.0		75.75	49.10	59.75	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 246	330.0		74.60	51.45	66.85	36.65
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 223	363.0		77.25	50.65	58.35	36.25

FECHA: 20 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	149 - 237	363.0		75.85	51.75	67.25	36.25
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	158 - 235	330.0		74.15	50.15	66.40	35.85
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	155 - 226	346.5		73.40	49.55	58.35	36.55
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	149 - 234	330.0		71.55	51.20	64.50	36.95
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	144 - 225	346.5		75.75	50.15	67.15	37.35
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	142 - 245	313.5		72.65	51.75	59.80	36.65
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	146 - 225	346.5		77.15	49.65	58.35	35.45

FECHA: 21 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	157 - 231	346.5		75.45	51.75	65.75	36.65
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	175 - 234	313.5		72.75	51.15	58.25	35.85
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	168 - 235	330.0		73.40	51.55	66.15	36.15
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	146 - 240	346.5		71.55	51.70	65.25	36.95
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	148 - 226	330.0		75.25	51.15	67.65	37.45
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	145 - 245	346.5		74.60	51.45	66.55	36.65
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	142 - 233	313.5		77.15	50.65	59.35	35.70

FECHA: 22 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 233	330.0		72.85	50.75	65.75	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 237	346.5		75.15	51.15	58.25	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	156 - 224	313.5		73.40	50.25	66.15	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 - 235	330.0		71.55	51.20	65.25	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	346.5		75.75	51.15	67.65	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 246	330.0		74.60	51.45	66.55	36.65
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 223	363.0		78.25	50.65	59.35	35.85

FECHA: 23 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	Nº DE TALADROS 16.5 m	Nº DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 232	346.5		77.85	49.25	66.65	36.35
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 - 235	330.0		75.15	50.15	58.35	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 - 237	363.0		76.45	51.55	67.45	36.45
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 242	346.5		71.55	51.20	65.55	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 227	330.0		75.75	50.10	59.15	37.15
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 - 246	346.5		72.85	51.45	65.25	36.65
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 235	330.0		73.10	50.65	67.75	35.55

FECHA: 24 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRÍA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 234	363.0		72.25	50.75	67.35	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 236	346.5		75.45	50.85	59.15	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	156 - 224	330.0		73.40	50.55	67.35	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 - 236	346.5		71.55	51.20	64.50	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 225	313.5		75.75	51.10	58.25	37.65
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 247	330.0		74.60	51.45	66.70	36.35
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 224	346.5		77.10	50.65	65.85	36.25

FECHA: 25 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRÍA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 233	346.5		77.85	49.75	67.35	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 237	330.0		75.15	51.15	58.75	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	156 - 224	346.5		73.40	50.55	65.85	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 - 235	330.0		71.55	50.20	66.35	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	313.5		75.75	49.10	58.55	37.25
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 246	346.5		74.60	51.45	66.45	36.55
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 223	330.0		72.25	50.83	59.15	35.75

FECHA: 27 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	148 - 233	330.0		76.85	50.75	67.30	36.65
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	157 - 237	346.5		75.15	51.15	59.25	35.85
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	156 - 224	313.5		73.40	59.55	67.15	36.35
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	149 - 235	330.0		71.55	51.20	64.10	36.95
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	144 - 220	313.5		75.75	49.10	58.45	37.15
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	142 - 246	330.0		74.60	51.45	66.70	36.60
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	146 - 223	363.0		72.10	50.65	65.65	35.75

FECHA: 30 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	148 - 233	346.5		72.85	50.75	66.10	37.10
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	157 - 237	330.0		75.15	50.85	67.25	35.75
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	156 - 224	363.0		73.55	49.55	65.15	36.15
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	149 - 235	330.0		71.65	51.25	58.05	36.75
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	144 - 220	346.5		75.75	50.10	59.35	37.35
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	142 - 246	313.5		73.60	51.45	66.45	36.65
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	146 - 223	330.0		76.95	49.65	65.15	36.25

FECHA: 31 DE JULIO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	N° DE TALADROS 16.5 m	N° DE TALADROS 15.0 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 233	313.5		77.85	50.75	67.30	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 237	363.0		75.15	51.15	59.25	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	156 - 224	330.0		73.40	50.55	67.15	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 - 235	346.5		71.55	51.20	64.10	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	330.0		75.75	49.10	67.45	37.25
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 246	363.0		74.60	51.45	66.90	36.55
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 223	313.5		72.25	49.75	65.25	35.75

FECHA: 01 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 - 240	330.0		77.85	51.75	56.35	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 - 235	313.5		75.15	50.15	48.15	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 - 236	363.0		73.40	50.55	67.35	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 - 238	330.0		71.55	51.20	65.25	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229	313.5		75.75	51.10	59.65	37.25
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248	363.0		74.60	51.45	66.75	36.55
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 235	330.0		72.25	51.65	65.95	35.75

FECHA: 03 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 231	346.5		72.25	50.75	64.30	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 - 234	313.5		75.45	51.15	59.25	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 - 235	346.5		73.40	51.55	67.15	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 240	313.5		71.55	51.20	58.10	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 226	330.0		75.75	49.10	67.45	37.65
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 - 245	346.5		74.60	51.45	66.90	36.35
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 233	363.0		77.10	51.65	65.15	36.25

FECHA: 04 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	148 - 233	330.0		76.85	50.75	59.75	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 237	313.5		75.15	49.15	58.25	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	156 - 224	330.0		73.40	48.55	67.65	36.35
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 - 235	346.5		71.55	49.20	66.35	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 220	313.5		75.75	49.10	65.55	37.15
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 246	330.0		74.60	51.45	66.45	36.60
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 - 223	346.5		72.10	49.83	58.85	35.75

FECHA: 05 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	158 – 238	330.0		72.25	50.75	67.30	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	156 – 235	346.5		75.45	50.15	59.25	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	156 – 234	313.5		73.40	51.55	58.15	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	149 – 237	330.0		71.55	51.20	64.10	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	144 - 229	346.5		75.75	50.10	67.45	37.65
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 240	313.5		74.60	51.45	66.90	36.35
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 236	346.5		77.10	50.25	58.65	36.25

FECHA: 06 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	150 – 241	346.5		72.85	51.75	58.25	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	165 – 238	313.5		75.15	51.15	68.15	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	158 – 235	379.5		73.40	51.25	57.35	36.15
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	156 – 231	346.5		71.55	51.20	65.55	36.95
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	147 - 228	330.0		75.75	50.15	59.45	37.25
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 246	346.5		74.60	51.45	66.65	36.55
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 223	330.0		72.10	49.55	65.75	35.75

FECHA: 07 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	156 – 240	346.5		75.45	51.70	59.30	36.65
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	145 – 239	330.0		74.15	50.95	58.25	35.70
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 238	346.5		73.35	50.35	67.15	35.75
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	15 – 239	330.0		72.50	51.20	58.10	36.85
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	147 - 227	346.5		75.85	50.50	67.45	37.35
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	142 - 246	363.0		71.65	51.75	66.90	36.65
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 223	330.0		75.85	49.10	64.65	36.75

FECHA: 08 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 – 240	363.0		72.55	51.10	66.15	36.45
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 235	346.5		75.15	51.55	58.45	35.85
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 236	330.0		73.45	50.50	67.35	36.75
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 – 238	346.5		71.50	51.25	65.65	35.50
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229	330.0		76.35	50.50	59.25	37.45
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248	346.5		74.60	51.35	65.55	36.60
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 235	330.0		77.10	50.65	67.75	35.75

FECHA: 10 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Vare	RB67	Semi-duro	157 - 231	330.0		74.85	50.75	67.45	36.65
DRO2	11" Vare	RB67	Semi-duro	175 - 234	363.0		75.15	50.15	66.15	35.85
DRO3	11" Vare	RB57	Semi-duro	168 - 235	313.5		73.40	50.55	67.45	36.15
DRO4	11" Vare	RB67	Semi-duro	146 - 240	330.0		71.55	51.20	65.65	36.95
DRO7	11" Vare	RB67	Semi-duro	148 - 226	346.5		75.75	50.10	59.75	37.45
DRO8	11" Vare	RB67	Semi-duro	145 - 245	330.0		74.60	51.45	66.35	36.65
DRO9	11" Vare	RB67	Semi-duro	142 - 233	346.5		77.10	50.34	65.75	35.90

FECHA: 11 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	TALADROS DE 16.5 m	TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Vare	RB67	Semi-duro	159 - 240	346.5		72.35	50.70	59.15	35.60
DRO2	11" Vare	RB67	Semi-duro	175 - 235	330.0		75.15	59.30	67.40	36.35
DRO3	11" Vare	RB57	Semi-duro	168 - 236	346.5		73.40	63.50	65.25	35.75
DRO4	11" Vare	RB67	Semi-duro	176 - 238	313.5		71.50	61.20	58.50	36.80
DRO7	11" Vare	RB67	Semi-duro	157 - 229	330.0		75.70	60.50	66.75	37.45
DRO8	11" Vare	RB67	Semi-duro	152 - 248	379.5		74.60	51.40	64.45	36.60
DRO9	11" Vare	RB67	Semi-duro	146 - 235	363.0		76.55	50.60	65.45	36.25

FECHA: 12 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	150 - 241	330.0		73.85	51.75	67.15	36.85
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	165 - 238	346.5		75.15	50.15	58.35	35.15
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	158 - 235	330.0		74.55	49.95	65.45	36.55
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	156 - 231	363.0		71.55	51.45	67.65	35.95
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	147 - 228	313.5		75.75	49.10	59.75	37.45
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	142 - 246	379.5		76.60	51.85	66.85	36.65
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	146 - 223	346.5		72.85	49.55	58.25	35.95

FECHA: 13 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varej	RB67	Semi-duro	162 - 247	363.0		75.35	51.85	66.85	36.15
DRO2	11" Varej	RB67	Semi-duro	175 - 232	330.0		76.15	51.15	59.60	35.95
DRO3	11" Varej	RB57	Semi-duro	168 - 236	313.5		73.45	59.55	67.25	36.15
DRO4	11" Varej	RB67	Semi-duro	176 - 228	379.5		72.55	50.20	58.50	36.95
DRO7	11" Varej	RB67	Semi-duro	157 - 229	330.0		75.75	50.10	66.75	37.25
DRO8	11" Varej	RB67	Semi-duro	152 - 248	346.5		74.25	51.45	64.90	35.85
DRO9	11" Varej	RB67	Semi-duro	146 - 225	330.0		77.10	49.65	67.55	35.90

FECHA: 14 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Vare	RB67	Semi-duro	159 – 240	346.5		72.85	51.75	59.15	36.75
DRO2	11" Vare	RB67	Semi-duro	175 – 235	313.5		76.45	51.15	58.35	35.55
DRO3	11" Vare	RB57	Semi-duro	168 – 236	330.0		73.55	51.55	67.45	36.65
DRO4	11" Vare	RB67	Semi-duro	176 – 238	363.0		71.75	51.35	65.65	36.95
DRO7	11" Vare	RB67	Semi-duro	157 - 229	379.5		75.35	50.10	67.75	37.45
DRO8	11" Vare	RB67	Semi-duro	152 - 248	346.5		74.60	51.15	66.85	36.25
DRO9	11" Vare	RB67	Semi-duro	146 – 235	363.0		77.35	50.55	58.25	35.75

FECHA: 15 DE AGOSTO

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 16.5 m	METROS PERFORADOS EN TALADROS DE 15 m	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Vare	RB67	Semi-duro	150 – 241	346.5		73.45	50.55	59.15	36.65
DRO2	11" Vare	RB67	Semi-duro	165 – 238	363.0		75.15	51.30	58.35	35.85
DRO3	11" Vare	RB57	Semi-duro	158 – 235	346.5		73.40	51.50	67.45	36.35
DRO4	11" Vare	RB67	Semi-duro	156 – 231	379.5		71.50	51.15	65.65	36.25
DRO7	11" Vare	RB67	Semi-duro	147 - 228	330.0		77.25	50.50	67.75	37.10
DRO8	11" Vare	RB67	Semi-duro	142 - 246	346.5		75.85	51.40	66.85	36.45
DRO9	11" Vare	RB67	Semi-duro	146 – 223	313.5		76.35	50.25	58.25	35.75

RESUMEN MES DE JULIO Y AGOSTO DEL 2015

EQUIPO	BROCA	MODELO	TIPO DE ROCA	GRANULOMETRIA DE DETRITUS	PROMEDIO DE METROS PERFORADOS POR DÍA	VEL. ANGULAR R.P.M.	PRESIÓN DE AIRE DEL BARRIDO k(lb/pulg ²)	PRESION DE EMPUJE k(lb/pulg ²)	VEL. DE PENETRACIÓN (m/h)
DRO1	11" Varel	RB67	Semi-duro	159 – 240	341.37	74.29	50.17	65.73	36.35
DRO2	11" Varel	RB67	Semi-duro	175 – 235	344.63	75.41	50.10	61.37	36.15
DRO3	11" Varel	RB57	Semi-duro	168 – 236	342.65	73.62	50.25	66.77	36.25
DRO4	11" Varel	RB67	Semi-duro	176 – 238	341.79	73.51	50.15	63.42	36.35
DRO7	11" Varel	RB67	Semi-duro	157 - 229	339.83	75.65	50.02	65.10	36.40
DRO8	11" Varel	RB67	Semi-duro	152 - 248	341.76	74.35	50.36	64.47	36.25
DRO9	11" Varel	RB67	Semi-duro	146 – 235	343.85	75.21	50.15	66.75	36.20
PROMEDIO									
						74.58	50.17	64.80	36.28

ANEXO 3
DETRITUS DE PERFORACIÓN ANTERIOR – MES DE MAYO



Fuente: Departamento de perforación y voladura, mina Toquepala.

ANEXO 4

DETRITUS DE PERFORACIÓN ACTUAL – MES DE JULIO Y AGOSTO



Fuente: Departamento de perforación y voladura, mina Toquepala.

ANEXO 5

ESTADÍSTICA DE PRUEBAS A LA RESISTENCIA DE COMPRESIÓN SIMPLE

SPCC - MINA TOQUEPALA. (Lo resaltado con amarillo es la roca de estudio en esta investigación)

Unidad de Macizo Rocoso ¹			# de Pruebas Válidas	Valor Mínimo (MPa)	Valor Máximo (MPa)	Valor Promedio (MPa)	Desviación Estándar (MPa)
Litología ²	Tope de	Alteración ⁴					
Aa	No G/A	PROP	12	109.3	240.0	171.6	39.8
Bx	No G/A	PROP	2	57.3	116.6	87.0	29.6
	G/A	PROP	3	125.9	178.8	145.5	23.7
		QS	10	88.8	175.5	128.3	22.1
Da	No G/A	PROP	7	64.2	99.6	82.4	13.0
		QS	1	128.3	128.3	128.3	-
	G/A	PROP	10	62.3	135.0	91.3	21.2
Di	No G/A	PROP	18	103.5	242.4	191.5	34.9
		QS	2	156.0	180.9	168.4	12.4
	G/A	PROP	10	133.6	198.0	165.7	19.9
		QS	11	78.4	175.6	132.3	28.3
Dibx	G/A	QS	5	39.9	260.6	131.0	73.5
Dp	No G/A	QS	1	164.9	164.9	164.9	-
	G/A	QS	7	72.4	145.7	106.9	24.2
Lp	No G/A	PROP	7	46.2	131.3	89.7	31.4
		QS	3	89.3	119.0	102.5	12.4
	G/A	QS	1	130.0	130.0	130.0	-
Px	No G/A	PROP	8	45.1	118.9	94.8	24.5
		QS	3	58.9	145.4	95.2	36.7
	G/A	PROP	5	58.2	116.0	90.0	24.1
		QS	2	49.6	109.4	79.5	29.9
Qq	No G/A	QS	6	81.6	203.2	139.0	41.6
Ta	No G/A	PROP	5	61.8	229.0	152.4	57.2
Td	No G/A	PROP	4	90.2	237.9	185.2	57.1
Tq	No G/A	QS	1	122.5	122.5	122.5	-
Tr	No G/A	PROP	10	136.5	259.1	186.9	37.2

Fuente: Departamento de mecánica de rocas de mina Toquepala.

Notas:

- Basado en la codificación de SPCC y en el logeo geológico de los 20.000m de taladros geotécnicos perforados el año 2015 y desarrollado por SPCC.
- Tipo de roca según el siguiente listado: Aa (Alta Andesite), Bx (Hydrothermal Breccia), Da (Dacite), Di (Diorite), Dibx (Diorite Breccia), Dp (Dacite

Porphyry), Lp (Latite Porphyry), Px (Pebble Breccia), Qq (Quartz Quellaveco), Ta (Toquepala Andesite), Td (Toquepala Dolerite), Tq (Toquepala Quartz Porphyry) y Tr (Toquepala Rhyolite).

3. Presencia o ausencia de yeso y anhidrita. NO G/A indica la ausencia de estas especies minerales, mientras que G/A, indica la presencia de dichos minerales.
4. Alteración principal en la roca. PROP corresponde a Alteración Propolítica y QS a Alteración Cuarzo-Sericita.

ANEXO DE PLANOS

- ANEXO N° 06: Plano Geológico De La Mina Toquepala.
- ANEXO N° 07: Plano Estructural De La Mina Toquepala