

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA
MEDIANTE LAS BROCAS HAYDEN EN LA CONTRATA MINERA
EXPLOMIN DEL PERÚ S.A. – UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – PUNO.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ALAGUIEN URIEL ALVAREZ JUAREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERÚ

2019

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



TESIS

OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA
MEDIANTE LAS BROCAS HAYDEN EN LA CONTRATA MINERA
EXPLOMIN DEL PERÚ S.A. – UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – PUNO.

PRESENTADA POR:

Bach. ALAGUIEN URIEL ALVAREZ JUAREZ

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :
D.Sc. Jorge Gabriel Durant Broden

PRIMER MIEMBRO :
Ing. David Velásquez Medina

SEGUNDO MIEMBRO :
Ing. Arturo Rafael Chayña Rodriguez

DIRECTOR DE TESIS :
Ing. Amílcar G. Terán Dianderas

Área: Ingeniería de Minas

Tema: Análisis de costos mineros

DEDICATORIA

A mis distinguidos padres: Nicasio y Julia, por su apoyo desinteresado hacia mi persona para culminar mis estudios universitarios y lograr mi anhelo de ser Ingeniero de Minas.

A mi querida pareja Yeny, por su apoyo incondicional y a mi hermosa hija Xiomara, H., por ser un motivo para seguir adelante con mis estudios.

A mis hermanos, por su apoyo y aliento en cada etapa de mi vida estudiantil hasta lograr mi título profesional como Ingeniero de Minas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios creador del universo y la vida, por concederme salud para realizar mis estudios universitarios.

A la Facultad de Ingeniería de Minas, al personal docente y administrativo por haber transmitido los conocimientos, experiencias y orientación vocacional para mi formación profesional como Ingeniero de Minas.

Finalmente, mi especial agradecimiento al Ing. David Segura, residente de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. proyecto San Rafael – MINSUR, y al personal administrativo, por haberme brindado la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
ACRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13

CAPÍTULO I**INTRODUCCIÓN**

1.1 Planteamiento del problema	14
1.2 Formulación del problema.....	15
1.2.1 Pregunta general	15
1.2.2 Preguntas específicas.....	15
1.3 Formulación de hipótesis.....	15
1.3.1 Hipótesis general.....	15
1.3.2 Hipótesis específicas.....	16
1.4 Objetivos de la investigación.....	16
1.4.1 Objetivo general	16
1.4.2 Objetivos específicos.....	16
1.5 Justificación de la investigación	17
1.6 Viabilidad del estudio.....	17

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Ubicación.....	18
2.2 Accesibilidad.....	18
2.3 Clima y vegetación.....	19
2.4 Topografía.....	19
2.5 Geología Regional.....	20
2.6 Geología Local.....	22
2.7 Geología estructural.....	23
2.8 Geología económica.....	24
2.9. Antecedentes de la investigación.....	26
2.10 Bases teóricas.....	27
2.10.1 Perforación diamantina.....	27
2.10.2 Brocas de perforación diamantina.....	29
2.10.2.1 Descripción general.....	29
2.10.2.2 Brocas JC Portal y Brocas Hayden.....	31
2.10.3 Selección del tipo de broca.....	32
2.10.4 Modelo de máquina de perforación diamantina.....	34
2.10.5 Características de máquina perforadora H400 – 03A.....	35
2.10.6 Partes de un equipo de perforación diamantina modelos H400 – 03A	39
2.10.7 Procedimiento para efectuar la perforación diamantina	44
2.11 Definiciones conceptuales.....	54

CAPÍTULO III**MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1	Diseño metodológico.....	57
3.2	Población.....	58
3.3	Muestra.....	58
3.4	Metodología.....	58
3.5	Operacionalización de variables	59
3.5.1	Variable independiente	59
3.5.2	Variable dependiente	59
3.6	Técnicas de recolección de datos.....	60
3.6.1	Instrumentos de recolección de datos.....	60

CAPÍTULO IV**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Análisis de resultados	62
4.2	Perforación diamantina.....	62
4.3	Contrastación de hipótesis.....	63
4.4	Costo de perforación diamantina anterior.....	63
4.5	Costo de perforación diamantina optimizado.....	65
4.6	Discusión de resultados de perforación diamantina.....	68
4.7	Resultados de costos de perforación diamantina anterior y optimizado	68
4.8	Discusion de resultados con otras fuentes.....	69
	CONCLUSIONES.....	70
	RECOMENDACIONES.....	71
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
	ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla comparativo de las brocas Hayden y JC Portal.....	31
Tabla 2. Diámetro de coronas.....	41
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	60
Tabla 4. Mano de obra.....	63
Tabla 5. Máquina perforadora.....	63
Tabla 6. Materiales de perforación.....	64
Tabla 7. Aditivos de perforación.....	64
Tabla 8. Herramientas y otros materiales.....	64
Tabla 9. Implementos de seguridad.....	66
Tabla 10. Mano de obra optimizada.....	66
Tabla 11. Máquina perforadora.....	66
Tabla 12. Materiales de perforación optimizada.....	66
Tabla 13. Aditivos de perforación.....	66
Tabla 14. Herramientas y otros materiales.....	67
Tabla 15. Implementos de seguridad.....	67
Tabla 16. Resumen de costos de perforación diamantina.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Broca de perforación diamantina y corte de sección.....	30
Figura 2. Comparación de rendimiento de brocas Hayden y JC Portal.....	32
Figura 3. Cuadro de selección de series de broca de acuerdo al tipo de roca.....	33
Figura 4. Máquina perforadora diamantina.....	34
Figura 5. Tablero de mando de la máquina perforadora.....	37
Figura 6. Unidad de poder.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Máquina diamantina y tina de lodos.....	75
Anexo N° 2. Tina de lodos.....	76
Anexo N° 3. Bomba Chamber.....	76
Anexo N° 4. Aditivos de perforación.....	77
Anexo N° 5. Tubo interior.....	77
Anexo N° 6. Máquina perforadora diamantina.....	78
Anexo N° 7. Panel de mandos.....	79
Anexo N° 8. Testigo.....	80
Anexo N° 9. Muestra.....	81
Anexo N° 10. Brocas Hayden.....	82
Anexo N° 11. Serie de Broca Hayden.....	83
Anexo N° 12. Cámara de perforación.....	83
Anexo N° 13. Herramientas.....	84
Anexo N° 14. Tubería de perforación diamantina.....	85
Anexo N° 15. Brocas JC Portal.....	86
Anexo N° 17. Plano Geologico Del Sondaje DDH-324-H400-03A-19.....	88
Anexo N° 18. Plano geologico de mineralizacion de estaño y cobre.....	89
Anexo N° 19. Datos de sondaje.....	90

RESUMEN

La Contrata Minera Explomin del Perú S.A. es una de las Contratas de la Unidad Minera San Rafael propiedad de la Cía Minera MINSUR S.A., se encuentra ubicada dentro de la jurisdicción del Distrito de Antauta, Provincia de Melgar y Departamento de Puno. En la actualidad viene realizando perforaciones diamantinas en la zona San Germán para determinar la continuidad de las reservas de mineral, en una longitud proyectada de 450 metros lineales. Al realizar la evaluación a una distancia de 100 metros de avance lineal, se encontró el problema de elevados costos de perforación diamantina debido a las características de las brocas JC Portal. De continuar con este problema afectaría al presupuesto de ejecución y los beneficios económicos que debe generar para la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. El objetivo del estudio de investigación es optimizar los costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno. La metodología para desarrollar el presente estudio de investigación, ha consistido en su primera etapa en realizar la evaluación de las operaciones de perforación diamantina con las brocas JC Portal en la zona San Germán. En dicha evaluación se ha considerado, el diámetro de la broca, vida útil de la broca, costo de broca, rendimiento de la broca, costo de máquina, tipo de roca y aditivos de perforación, dichos controles se han realizado durante 10 días, equivalente a 20 guardias. Posteriormente en el estudio de investigación se ha realizado la evaluación de la perforación diamantina con las brocas Hayden, considerando en el control, el diámetro de la broca, vida útil de la broca, costo de broca, aditivos de perforación, rendimiento de las brocas, costo de máquina y tipo de roca. Estos controles se han realizado durante 10 días, equivalente a 20 guardias. Los datos se han registrado en las fichas de control correspondiente. En el trabajo de investigación se ha minimizado los costos de perforación diamantina mediante el uso de las brocas Hayden que tiene una vida útil de 110 metros perforados. Finalmente los costos de perforación diamantina se ha optimizado de 11,44 US\$/m a 10,50 US\$/m., mediante el uso de las brocas Hayden, haciendo una diferencia de 0,94 US\$/m, en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Palabras claves: Optimización, costos, perforación diamantina y brocas.

ABSTRACT

The Mining Contract Explomin del Perú S.A. It is one of the contracts from San Rafael Mining Unit property by the Ceo Mining MINSUR S.A.. It's located in side the jurisdiction of the District of Antauta, Melgar Province and Puno Department. Actually it has been carrying out diamond drilling in the San Germán area to determine the continuity of the mineral reserves, in a projected length of 450 linear meters. When carrying out the evaluation at a distance of 100 meters from the linear advance, the problem of high diamond drilling costs was found due to the characteristics of the JC Portal drill bits. If this problem continues, it would affect the execution budget and the economic benefits that it must generate for the Mining Contract Explomin del Perú S.A. The objective of the research study is to optimize diamond drilling costs through Hayden drill bits in San German area of the Mining Contract Explomin del Perú S.A. - San Rafael Mining Unit - Puno. The methodology to develop the present research study has consisted in its first stage in carrying out the evaluation of diamond drilling operations with the JC Portal drill bits in the San Germán area. In this evaluation, the drill diameter, drill life, drill cost, drill performance, machine cost, rock type and drilling additives have been considered, these controls have been carried out for 10 days, that's equivalent 20 guards Subsequently, in the research study the evaluation of diamond drilling with Hayden drill bits has been carried out, considering in the control, the diameter of the drill bit, useful life of the drill, drill cost, drilling additives, drill performance, machine cost and type of rock. These controls have been carried out for 10 days, equivalent to 20 guards. The data has been recorded in the corresponding control sheets. In the research work, diamond drilling costs have been minimized through the use of Hayden drill bits that have a lifespan of 110 meters drilled. Finally, diamond drilling costs have been optimized from US \$ 11.44 / m to US\$ 10.50 / m., Using Hayden drill bits, making a difference of US\$ 0.94 / m, in San Germán zone from Mining Contract Explomin del Perú SA - San Rafael Mining Unit - Puno.

Keywords: Optimization, costs, diamond drilling and drill bits

INTRODUCCIÓN

La Contrata Minera Explomin del Perú S.A. es una de las Contratas de la Unidad Minera San Rafael de la Cía. Minera MINSUR S.A., en la actualidad viene realizando perforaciones diamantinas en la zona San Germán, para determinar la continuidad de las reservas de mineral, en una longitud proyectada de 450 metros lineales. Al realizar la evaluación a una distancia de 100 metros de avance lineal, se encontró el problema de elevados costos de perforación diamantina debido a las características de las Brocas JC Portal y como alternativa se ha planteado el uso de las brocas Hayden, para poder minimizar los costos de perforación diamantina en la zona San Germán, cuya aplicación es económicamente favorable para la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Las Brocas JC Portal tiene tres alturas de impregnación estándar: 6, 8 y 12 mm., la matriz de la broca está compuesto por polvos metálicos (Carburo de tungsteno) y con soldadura de cobre, plata y níquel. Las coronas de la broca están impregnadas con diamantes naturales y son de una serie de tipo 8A.4, y las brocas Hayden tiene las mismas características que las brocas JC Portal con una diferencia que sus laterales de la corona externa están reforzados con diamantes naturales, para mantener las dimensiones constantes en condiciones abrasivas.

El tipo de roca en que se realiza la perforación diamantina es la roca metamórfica pizarra con una densidad de 2.6 Tm/m^3 .

El estudio de investigación se ha dividido en Cuatro capítulos, en el Capítulo I, se ha considerado la Introducción del estudio de investigación, en el Capítulo II, se ha desarrollado, la Revisión de literatura, analizando las bases teóricas fundamentales y definiciones conceptuales que serán la base para realizar el estudio de investigación, en el Capítulo III, se describe los Materiales y métodos utilizados en la investigación, en el Capítulo IV, se muestra los Resultados y discusiones de la optimización de costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno, viene desarrollando las perforaciones diamantinas en la zona San Germán para determinar la continuidad de las reservas de mineral, en un sondaje DDH-324-H400-03A-19 de una longitud proyectada de 450 metros lineales. Al realizar la evaluación a una distancia de 100 metros de avance lineal, se encontró el problema de elevados costos de perforación diamantina debido a las características de las Brocas JC Portal. De continuar con el problema la Empresa Explomin del Perú S.A., Tendrá pérdidas económicas que afectarían al presupuesto para las operaciones de perforación diamantina y a las ganancias que genera.

Las brocas JC Portal tienen una vida útil de 90 metros perforados y un costo de 120 US\$, el diámetro interior de la broca es de 47,6 mm. y un diámetro exterior de 75,8 mm. El rendimiento de avance de la broca en terreno compacto es un promedio de 4 pulg. /min, y el rendimiento de la broca en terreno fracturado es un promedio de 2 a 3 pulg. /min.

Las brocas Hayden tienen una vida útil de 110 metros perforados y un costo de 130 US\$, el diámetro interior de la broca es de 47,6 mm. y un diámetro exterior de 75,8 mm. El rendimiento de avance de la broca en terreno compacto es un promedio de 4 pulg. /min. y el rendimiento de la broca en terreno fracturado es un promedio de 2 a 3 pulg. /min.

Para optimizar los costos de perforación diamantina se ha optado por utilizar las brocas Hayden, ya que se ha podido conocer detalladamente el rendimiento de la broca y el comportamiento en diferentes tipos de terrenos. También se ha utilizado los aditivos de perforación diamantina tales como bentonita y polímero (viscosificador), y se a preparados lo lodos de perforación de acuerdo al terreno que se está perforando y así poder obtener el mayor rendimiento de las brocas utilizadas.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Pregunta general

¿Cómo optimizamos los costos de perforación diamantina con las brocas Hayden y JC Portal en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno?

1.2.2 Preguntas específicas

- a) ¿Cuáles son los costos de las brocas JC Portal en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno?
- b) ¿Cuáles son los costos de las brocas Hayden en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno?
- c) ¿Cómo optimizamos los costos de perforación diamantina utilizando las brocas Hayden en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno?

1.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis general

Al conocer los costos de las brocas Hayden y JC Portal se optimizará los costos de perforación diamantina en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

1.3.2 Hipótesis específicas

- a) Al conocer los costos de las brocas JC Portal nos permitirá optimizar los costos de perforación diamantina en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.
- b) Al conocer los costos de las brocas Hayden nos permitirá optimizar los costos de perforación diamantina en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.
- c) Al utilizar las brocas Hayden se optimizará los costos de perforación diamantina en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Optimizar los costos de perforación diamantina en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar los costos de las brocas JC Portal en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.
- b) Determinar los costos de las brocas Hayden en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.
- c) Optimizar los costos de perforación diamantina utilizando las brocas Hayden en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Contrata Minera Explomin del Perú S.A. de la Unidad Minera San Rafael, propiedad de la Cía. Minera MINSUR S.A., para definir la mineralización y las reservas probadas de la zona en estudio requiere la realización de la perforación diamantina de la estructura mineralizada en una longitud promedio de 450 metros lineales.

Actualmente la contrata minera, tiene problemas de elevados costos en perforación diamantina, utilizando las brocas JC Portal, con un costo promedio de 11,44 US\$/m, y utilizando las brocas Hayden un costo promedio es de 10,50 US\$/m., en consecuencia, se tiene una diferencia de 0,94 US\$/m. Al realizar la perforación diamantina en una longitud de 450 metros se tiene un ahorro promedio de 423 US\$ para la Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

La perforación diamantina en la zona San Germán, servirá para recuperar el mineral valioso y para determinar las reservas de mineral de la Unidad Minera San Rafael. Por lo que es necesario realizar el presente estudio de investigación para optimización de costos de perforación diamantina en la Zona San Germán.

El presente estudio de investigación justifica plenamente su ejecución, será de mucha importancia para la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. y será muy favorable para realizar otras labores similares, a costos mínimos de perforación diamantina y obtener mayor beneficio económico para la Empresa Minera.

1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO

Este estudio es viable ya que la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. Busca minimizar los costos de perforación diamantina.

El estudio de investigación está íntegramente relacionado con la actividad minera. La minería es una fuente de desarrollo del país y por ende el departamento de Puno en lo económico, infraestructuras, desarrollo social y su importancia a nivel internacional. Conociendo su grado de importancia es viable para su desarrollo de acuerdo a nuevos métodos y avances de la tecnología minera, para su ejecución se cuenta con recursos económicos y recursos humanos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 UBICACIÓN

La Mina San Rafael propiedad de la Cía. Minera MINSUR S.A., se encuentra ubicada en la Cordillera Oriental de los Andes, dentro de la jurisdicción de:

Distrito : Antauta

Provincia : Melgar

Departamento : Puno

Sus coordenadas geográficas aproximadas son:

14° 13' 45" Latitud Sur

70° 19' 19" Longitud Oeste

Sus coordenadas UTM:

Norte : 8'427,664

Este : 356,270

A una altura promedio de 4 523 m.s.n.m.

2.2 ACCESIBILIDAD

En la actualidad la Mina San Rafael cuenta con los siguientes accesos:

Vía terrestre: Lima – Arequipa – Juliaca – Tirapata – Mina San Rafael Cuzco – Sicuani – Santa Rosa – Nuñoa – Mina San Rafael.

Vía Aérea: Lima – Juliaca y de Juliaca a la Mina por vía terrestre.

2.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

En la Mina San Rafael, prevalece el clima frío, durante todo el año, con muchas variaciones de temperatura. El clima está dividido en 2 estaciones marcadamente diferentes durante el año, una seca y fría entre abril y noviembre, en esta época se producen las más bajas temperaturas (helada), la temperatura oscila por lo general los 0°C y -15°C , los meses de junio, julio y parte de agosto son los meses de las heladas, que las temperaturas llegan a su punto crítico.

La vegetación en la zona es muy escasa debido al clima frío, también se puede decir que la vegetación es muy escasa, porque la mayor parte del Área de la zona, está constituida por afloramientos de roca.

La vegetación de la zona es típica de la región Puna y Cordillera, consta así en su totalidad de plantas como ichu y pastos propios de la zona. (Bateman, 2003).

2.4 TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA

La cordillera oriental en el sur del Perú está limitada por el altiplano y la faja subandina, la cual se caracteriza por la presencia de macizos y picos nevados, con cumbres que sobrepasan los 5,000 msnm de altitud los cuales en su mayoría se encuentran cubiertos de nieve perpetua. Esta cadena también es conocida como la Cordillera de Carabaya, un ramal de ésta, es la que contiene el cuerpo mineralógico de San Rafael. El nevado Quenamari presenta dos picos nevados: San Bartolomé de Quenamari que alcanza a una cota de 5,299 msnm y San Francisco de Quenamari, cuya cota es de 5,297 msnm. El Nevado Quenamari tiene forma semicircular con una topografía empinada en su parte superior y ondulada en la parte inferior. (Bateman, 2003).

En la parte alta hay morrenas en los flancos de estos valles los que a su vez han sido disectados por procesos fluvio-glaciares.

2.5 GEOLOGÍA REGIONAL

En la Cordillera Oriental no se conocen afloramientos del cámbrico, los cuales han podido ser erosionadas o no han sido identificados. Las rocas del ordovícico se depositaron en una gran cuenca que empieza desde Salta y Jutay (Argentina), pasando a Bolivia en el lado de la Cordillera oriental, penetrando en territorio peruano, reconoció esta formación por una fase flihoide Lutitas, luego se produjo una emersión del Continente, pasando de Lutitas a una serie dentritica de tipo fliash, alternando con estratos gruesos de pizarras, determinándose así una edad del cavadociano (ordovícico superior), denotando de esta forma un cambio en el contexto paleográfico de la cuenca paleozoica y posteriormente una total emersión del continente, depositándose así horizontes de tillitas y finalmente una nueva emersión de la cuenca paleozoica en el siluriano, depositándose esquistos, pizarras dando lugar a la formación Ananea. (Bateman, 2003).

Luego de esta orogenia, hubo depósitos continentales que están en concordancia angular con los depósitos del Devónico. En este nuevo depósito que es del Misiiano, se depositaron en la base cuarcitas, dolomitas, en medio de una secuencia marina y en el techo vuelve una secuencia continental compuesta de areniscas y tillitas, lo que indica que se depositó en un ambiente detáico, posteriormente hubo una sumersión (fundimiento), creando un ambiente marino de poca profundidad, intercalada con cenizas producto de una actividad volcánica tipo explosivo cerca de la zona litoral.

Un nuevo período está marcado por el grupo Copacabana, que es edad Lúmico inferior a medio, se depositaron calizas en un ambiente marino de mediana profundidad por la presencia de areniscas finas, descansa en concordancia al grupo Tarma. A fine de esta formación de sedimentos calcáreos, se produce una segunda orogenia Tardiherciniana que plegó y fracturó fuertemente a los estratos del paleozoico inferior, para dar lugar posteriormente a los depósitos de molasas y depósitos volcano-sedimentos, denominándose a estos depósitos como el grupo Mitú, con su correspondiente levantamiento epirogénico. No se tiene afloramiento del Mesozoico regionalmente, porque tal vez hayan sido erosionadas, pero se sabe que ha habido oscilaciones del continente.

a) Estratigrafía

La estratigrafía del área de estudio, corresponde a una secuencia de 800 m., de potencia de pizarras y filitas de color gris oscuro, de grano fino con un alineamiento inicial de los componentes. Esta secuencia está cortada por diques andesíticos y de cuarzo, que poseen un rumbo de $N50^{\circ}W$, similar al rumbo de las estructuras mineralizadas, que tienen un rumbo que varía entre $N^{\circ}30^{\circ}W$, y $N^{\circ}40^{\circ}W$.

Un cuerpo intrusivo granodiorítico, se encuentra cortando toda esta secuencia sedimentaria, sufriendo una metamorfosis a pizarras en las partes más alejada a contacto y a filitas en las partes más cercanas.

Esta roca granodiorítica se caracteriza por presentar fenocristales de ortosa, plagioclasas, feldespatos y cuarzos; presentando un color gris claro y textura porfírica.

Con la delimitación del intrusivo, debajo de la superficie y determinado por la identificación litoógica en las labores mineras a diferentes niveles; se concluye que el cuerpo intrusivo granodiorítico que se presenta en la Mina San Rafael, al acercarse a superficie se adelgaza a manera de dique y se inflexiona al NW y llega a superficie coincidiendo con los afloramientos mapeados en superficie.

Esta unidad estratégica, es de carácter informal, porque el piso de esta columna, no ha sido posible determinarlos, mientras que el tipo si, y está conformado por materiales no consolidados que ocupan área representados por resto glaciares y aluviales. En las partes superiores, al puede los nevados la acción de la nieve ha ocasionado la formación de estrías en las superficies lisas, debido al rozamiento y por efecto de gravedad al deslizarse la nieve. (Catalan, 2004).

b) Rocas ígneas

En la región se ha logrado identificar diques andesíticos y de cuarzo que afloran a superficie, cortando perpendicularmente toda secuencia, llegando inclusive al puede el nevado San Bartolomé de Quenamari, los cuales por ser más resistentes al Intemperismo que las rocas adyacentes, han quedado en relieve a manera de crestas, a lo largo de su recorrido.

En la Mina San Rafael, el intrusivo aflora al NW del nevado San Bartolomé de Quenamari, en el nivel 4730 msnm, frente a la antigua planta de cobre, al costado del antiguo hospital y en el trayecto de la carretera que asciende a la antena retransmisora, también en las labores del umbral. Con excepción de la zona de umbral, los afloramientos no son muy extensos y se manifiestan en una zona única, que el al W del nevado.

2.6 GEOLOGÍA LOCAL

En la mina San Rafael, la litología que predomina es una secuencia de pizarras y filitas grises oscuras, que afloran en los flancos del nevado Quenamari; el cual posee dos picos: San Bartolomé y San Francisco de Quenamari. Observando de Sur a Norte, hacia los nevados, se puede seguir una secuencia ascendente de rocas que poseen iguales características, a partir del margen norte de la laguna Choqueñocota hasta la superficie de los nevados, la roca es la misma.

En las partes bajas, en superficie son más notorias las pizarras con su característico clivaje y a la vez más afectados por el intemperismo, la edad asignada de pizarras y filitas en el Misisipiano y corresponden al grupo Ambo. Las filitas y cuarcitas del paleozoico inferior, con correlaciones con la formación Sandra, en base a un fósil encontrado en los alrededores del nevado Quenamari y determinado como *Michelinoceurus Mnautilus* del ordovícico superior. (Catalan, 2004).

2.7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de la mina San Rafael, ha sido afectada con tectónica herciniana, principalmente por la fase Tardiherciniana, la que ha afectado a los grupos. Ambo, Tarma y Copacabana que no afloran en la zona.

Además del levantamiento andino y la intrusión con características del stock, se produjeron. Fracturas, diaclasas y fallas. Algunas han sido rellenadas por soluciones hidrotermales, constituyendo las vetas actuales. (Bateman, 2003).

Las vetas se presentan en un sistema más o menos paralelas bien formadas en el cuerpo intrusivo, pero al pasar a las pizarras se ramifican, probablemente debido a la incompetencia de estos últimos a la fracturación,

La veta San Rafael es una fractura que tiene una longitud aproximada de 4 Kms., de los cuales la mitad está en roca intrusiva y el resto en pizarras y filitas, presenta ramales y lazos cimoides. Las fracturas se produjeron probablemente debido a su enfriamiento brusco o a los esfuerzos locales producidos por la intrusión ígnea. Las diaclasas son apreciables en la zona de alteración, en el caso de las pizarras y son perpendiculares al plano de clivaje. (ver anexo N° 18).

Las tectónicas Tardiherciniana andina han delineado los plegamientos, como también los fracturamientos y fallamiento especialmente en el Paleozoico, los cuales se caracterizan por fallas inversas, sobre Scurriente y pliegues. La tectónica del terciario se manifiesta principalmente por un fallamiento de dirección NW-SE, que afectan a las intrusiones Miocénicas y que muchas veces coinciden con reactivaciones de un fallamiento anterior. Este fallamiento dio lugar a las fracturas preliminares. (Catalan, 2004).

2.8 GEOLOGÍA ECONÓMICA

En la Mina San Rafael, la mineralización se encuentra principalmente como relleno de fracturas y de reemplazamiento en el intrusivo y en grupo ambo, la principal veta en el intrusivo es San Rafael, la cual contiene cobre y estaño.

El estaño y el cobre se extraen de la casiterita y calcopirita respectivamente como minerales principales, los cuales se encuentran en vetas asociadas a otros minerales que, por su ocurrencia en poca cantidad y valorización económica actual, no son considerados económicos.

San Rafael, tiene estructuras mineralizadas como: Andes peruanos, San Germán, María Elena, Pedro, Mariano, San Rafael, Vicente, Patricia, Jorge y Guillermo; todas estas estructuras contienen cobre y estaño. (Bateman, 2003).

a) Características del yacimiento

La veta San Rafael, lo mismo que otras estructuras de la zona, son depósitos generados por soluciones hidrotermales, son depósitos generados por soluciones hidrotermales, tanto de relleno de fracturas como de reemplazamiento o sustitución, el modo de formación se debe probablemente a la diferenciación magmática, la cual produce fluidos acuosos, en que la mayoría de los metales se pueden concentrar; estos fluidos al desprenderse del magma, pueden transportarse a través de las diferentes aberturas de las rocas y dejar su contenido mineral en las cavidades emplazadas en el cuerpo intrusivo en las rocas metamórficas, dando lugar a la formación de depósitos hidrotermales (epitermales) de estaño y cobre respectivamente. (Catalan, 2004).

b) Mineralogía

Se han considerado cuatro etapas principales de carácter hipogénico en la veta San Rafael, que constituyeron a la secuencia de mineralización. Los minerales económicos principales son: calcopirita y casiterita; y en menor proporción. Galena, esfalerita y tetraedrita.

c) Zoneamiento y paragénesis

En la veta San Rafael hay un marcado zoneamiento vertical de cobre en la parte superior y estaño en la parte inferior.

El zoneamiento se presenta por una zona superior de zinc, plomo y plata seguida por otra de cobre y en profundidad de estaño, teniendo como foco al intrusivo.

La mineralización se presenta bandeada, masiva, diseminada y brechada, esta última engloba varios minerales pre-existentes, lo que indica las diferentes etapas de mineralización. Este brechamiento impide reconstruir la verdadera secuencia de mineralización.

En la veta San Rafael el estaño en agujas llega hasta el nivel 4600msnm, en la parte sur y central, baja bruscamente hasta el nivel 4450 msnm, en su parte norte. Debajo de la zona de estaño en agujas se encuentra el estaño madera de color claro y por debajo de la cumbre del nevado San Bartolomé de Quenamari y hacia el norte aparecen tres cuerpos de brecha mineralizada con estaño.

Se pueden apreciar los isovalores de estaño en la misma veta, varían desde 0.54 % en la parte superior, hasta más del 10% en los niveles inferiores.

En lo que se refiere a cocientes metálicos Sn/Cu llegan a 100 y cerca de 200 en la parte norte, zona de mayor riqueza mineral. Los cocientes 50 y 100 tienden a continuar hacia el contacto y en profundidad. (Bateman, 2003).

2.9 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Riquelme, C. D. (2017), *Determinación de Controles, en las Actividades de Perforación Diamantina en la Unidad Minera Cerro Lindo*. En la perforación diamantina es importante entender el núcleo giratorio, que consiste en la rotación de la corona de diamante (broca), que origina el desprendimiento de partículas de la roca (detritus) los cuales son limpiados y expulsados con bombas de agua a alta presión.

Urteaga, G. J. (2016) *Optimización de Perforación diamantina, aumentando la viscosidad de los fluidos de perforación, en la Minera Condestable*. En donde concluye que, aumentando la viscosidad de los fluidos de perforación, los costos de perforación diamantina se han reducido de 13,52 US\$/m a 12,36 US\$/m, con una diferencia de 1,16 US\$/m. por eso es importante determinar los tipos de aditivos y la selección de tipos de brocas, para una perforación óptima.

Garay, H. Z. (2014) *Análisis de vías de agua de brocas de perforación diamantina mediante simulación numérica*. Las brocas de perforación diamantina sirven como herramientas de corte durante la perforación de pozos, los cuales permiten realizar el análisis geológico de zonas litológicas con alta concentración de minerales, y sobre los que se quiere llevar a cabo un proceso de explotación minera. Debido a la composición diamantada de estas brocas, su aplicación se plantea para la perforación de suelos con diversos grados de dureza, y nos permite seleccionar el tipo de broca a usarse y los aditivos adecuados para el tipo de terreno a perforar.

Un menor desgaste de la broca permite mayores metrajes de perforación, lo cual implica una reducción en el tiempo muerto de la máquina, pues el intercambio de brocas usadas y nuevas se realizará con menor frecuencia dentro de una jornada laboral, lo cual en consecuencia proporciona mayor eficiencia durante la perforación de pozos.

Swarz, M. (2013), *Perforación diamantina de proyectos mineros*. Los costos de perforación diamantina han variado mucho con el tiempo, en el Perú al 2012 los precios variaron entre 12,5 US\$/m y 14,35 US\$/m, incrementándose según la profundidad de perforación. En Colombia la perforación es actualmente 30% más cara. En realidad, este tema del precio es muy variable pues la determinación de precios

depende no solo de la profundidad sino del número de metros totales contratados y de las facilidades operativas o dificultades que el terreno en particular pueda presentar.

Castilla, G. J. H. (2012), *El proceso de exploración minera mediante sondeos*. Madrid. La perforación de rotación con recuperación de testigo se basa en que un elemento de corte de forma anular, con diamantes industriales incrustados colocado en el extremo de la sarta de perforación, corta la roca obteniendo un cilindro de roca que se aloja en el interior de la sarta, a medida que el elemento de corte avanza. El elemento de corte se denomina corona de diamante.

Rios, P. C. A. (2005), *Metodología de caracterización de un material compuesto de matriz metálica con partículas de refuerzo*. Tesis para optar por el Título de Ingeniero Mecánico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Las brocas diamantadas son estudiadas como un material de dos fases (diamantes inmersos en una matriz). Esta matriz, a su vez, también es un material de dos fases, compuesta por una matriz de polvos metálicos y refuerzos de partículas, como sucede en las brocas fabricadas mediante procesos de infiltración. Por ejemplo, en la gran mayoría de las brocas, constituyen parte de la matriz de polvos metálicos, aquellos polvos matriceros de metal duro (Carburo de tungsteno).

2.10 BASES TEÓRICAS

2.10.1 Perforación diamantina

La perforación diamantina se basa justamente en la propiedad del diamante de poseer el grado más alto de dureza, por lo que puede cortar cualquier tipo de roca o material. Se emplea para perforar con ángulos de inclinación positivos o negativos, tanto en superficie como en subterráneo (Riquelme, 2007).

La perforación diamantina permitirá extraer los testigos que nos darán la información relevante del yacimiento por lo que los testigos serán debidamente registrados o logueados por los geólogos especialistas.

Los testigos deben cortarse transversalmente (pues la mitad del testigo por ley es del Estado peruano y teóricamente debe retornar al Estado cuando suceda el evento del cierre de mina al final de ciclo de vida de las operaciones mineras). Una vez cortado la sección útil es preparada identificando blancos con muestra y contra-muestra para comparación en laboratorios acreditados con los debidos requisitos que el QA/QC (aseguramiento de la calidad y control de la calidad respectivamente) exige para dar consistencia a la investigación. Los resultados de regreso permitirán alimentar la base de datos del proyecto y las conclusiones que se obtengan son las que permiten definir el valor del mismo en el mercado (Sanga, 2017).

La máquina que se emplea se llama Sonda, que consiste en una unidad motriz capaz de hacer rotar una broca que contiene la corona, en cuya cara posee diamantes impregnados de diferentes tamaños según sea la formación a perforar.

El cabezal diamantado va unida a la tubería por medio del escariador, a estos se le agregan más barras de perforación, que son aceros huecos por cuyo interior circula el lodo, cuya función principal es la de evitar el sobrecalentamiento, enfriar la corona y sacar el sedimento al exterior (Riquelme, 2007).

Las barras de perforación son de 05 o 10 pies de largo (1.524 y 3.048 metros) y se presentan en múltiples medidas de diámetro, según sea la necesidad de perforar. Después de los primeros 10 pies de perforación, se atornilla una nueva sección de tubo en el extremo superior y así sucesivamente. La profundidad de perforación se calcula manteniendo la cuenta del número de barras de perforación que se han insertado en la perforación (Riquelme, 2007).

La corona al avanzar por rotación, ejecuta una perforación anular, de la cual queda un bastón cilíndrico de roca sólida denominada testigo; este es recibido por el tubo interior a través de un resorte que le permite la entrada y no la salida. Una vez que el tubo interior se llena de testigo, o por necesidades de la perforación, es preciso bloquear la corona y extraer la muestra, haciendo uso del pescador el cual desciende por el interior de las barras de perforación, con la ayuda del wireline atrapa el tubo interior, dentro del cual se encuentra el testigo o núcleo de perforación (Sanga, 2017).

En la perforación diamantina es importante entender el núcleo giratorio, que consiste en la rotación de la corona de diamante (broca), que origina el desprendimiento de partículas de la roca (detritus) los cuales son limpiados y expulsados con bombas de agua a alta presión. La corona al girar ocasiona un desgaste abrasivo, cortando la roca por fricción.

La perforación diamantina puede ser usada en una etapa muy temprana (proyecto Green Field) para delinear cuerpos mineralizados, determinar si la mineralización profundiza, verificar las leyes y determinar recursos mineralizados dentro de un yacimiento o proyecto minero. De igual forma puede usarse también en una etapa posterior (Brown Field), para ubicar nuevas reservas minerales, para validar o recategorizar la información obtenida,

Es importante tener en cuenta que para poder hacer efectiva la perforación se requiere previamente preparar los accesos, las pozas de lodo, las plataformas de perforación, etc. Lo cual supone tener las licencias y permisos del caso. Estos trabajos previos permitirán al contratista especializado hacer una movilización segura y evitar retrasos en la perforación. Recordemos que cada caso es verdaderamente único e individual; Por lo que es importante tomar todas las medidas de precaución y seguridad para evitar accidentes en el proceso de perforación diamantina Por lo que es importante tomar todas las medidas de precaución y seguridad para evitar accidentes en el proceso de perforación diamantina. (Sanga, 2017).

2.10.2 Broca de perforación diamantina

2.10.2.1 Descripción general

las brocas diamantadas son estudiadas como un material de dos fases (diamantes inmersos en una matriz). Esta matriz, a su vez, también es un material de dos fases, compuesta por una matriz de polvos metálicos y refuerzos de partículas, como sucede en las brocas fabricadas mediante procesos de infiltración. Por ejemplo, en la gran mayoría de las brocas, constituyen parte de la matriz de polvos metálicos, aquellos polvos matriceros de metal duro (Carburo de tungsteno) y soldadura (Cobre, Plata, Níquel, etc.).

Las diferentes combinaciones de cantidad y tipos de polvos metálicos, como cantidad y tamaño de diamantes, da como resultado diferentes tipos de brocas, y cada una de estas recomendadas para un determinado tipo de suelo a perforar (suelos duros, extra-duros, abrasivos, no abrasivos, blandos o suaves). En la siguiente Figura N° 2.1, se puede observar una broca de perforación diamantina, y un corte de sección que permite visualizar las partes principales que la conforman. (Garay, 2014).

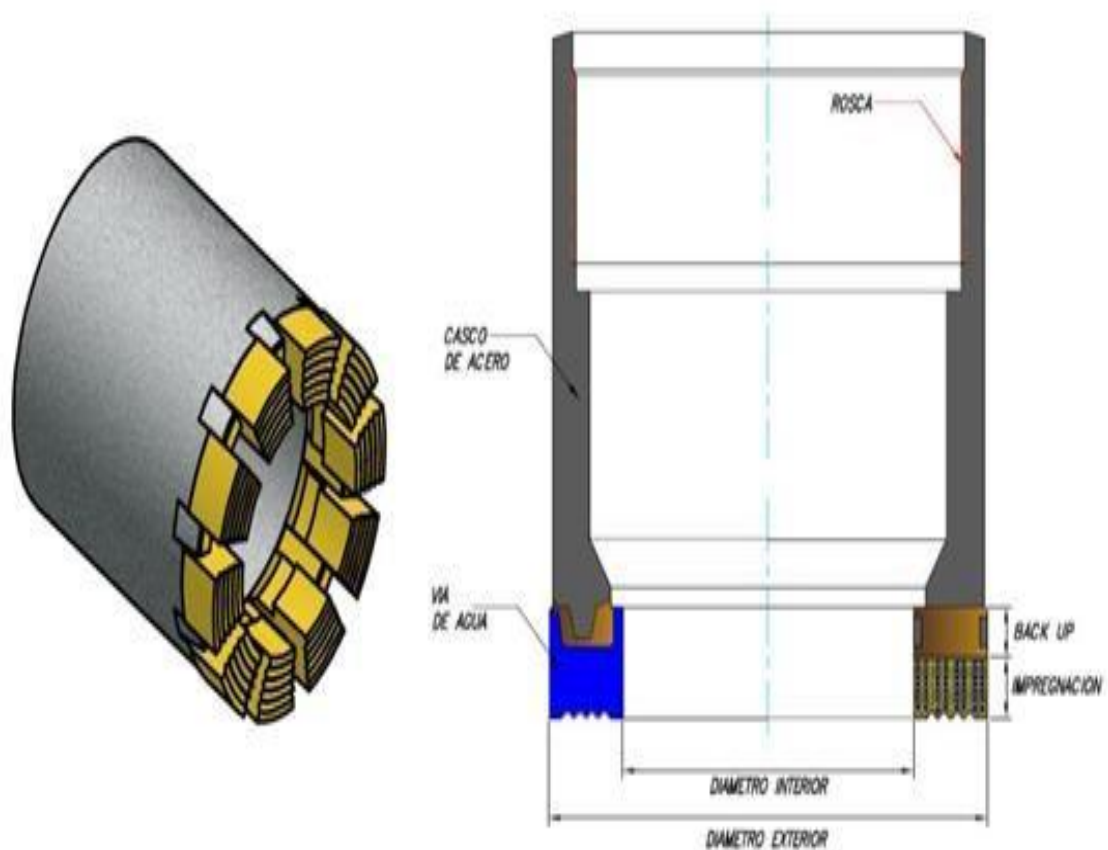


Figura 2.1: Broca de perforación diamantina y corte de sección. (De izquierda a derecha).

Fuente: Tesis. (Garay, 2014).

2.10.2.2 Brocas JC Portal y brocas Hayden

En la siguiente tabla se conocerá las características de las brocas.

Tabla N° 1: Tabla comparativo de las brocas JC Portal y Brocas Hayden

	Brocas JC Portal	Brocas Hayden
Costo de broca	120 US\$	130 US\$
Vida útil de la broca	90 m.	110 m.
Diámetro interior	1.874 pulg. 47.6 mm.	1.874 pulg. 47.6 mm.
Diámetro exterior	2.985 pulg. 75.8 mm.	2.985 pulg. 75.8 mm.
Composición de la corona de la broca	La matriz está compuesta de polvos metálicos, aquellos polvos matriceros de metal duro (Carburo de tungsteno) y soldadura (Cobre, Plata, Níquel). La corona tiene impregnaciones de diamantes naturales	La matriz está compuesta de polvos metálicos, aquellos polvos matriceros de metal duro (Carburo de tungsteno) y soldadura (Cobre, Plata, Níquel). La corona tiene impregnaciones de diamantes naturales. Los laterales de la corona están reforzadas, para un mayor rendimiento.
Altura de la matriz	12 mm.	12 mm.
Serie	8A	8A.4

Fuente: Elaboración propia

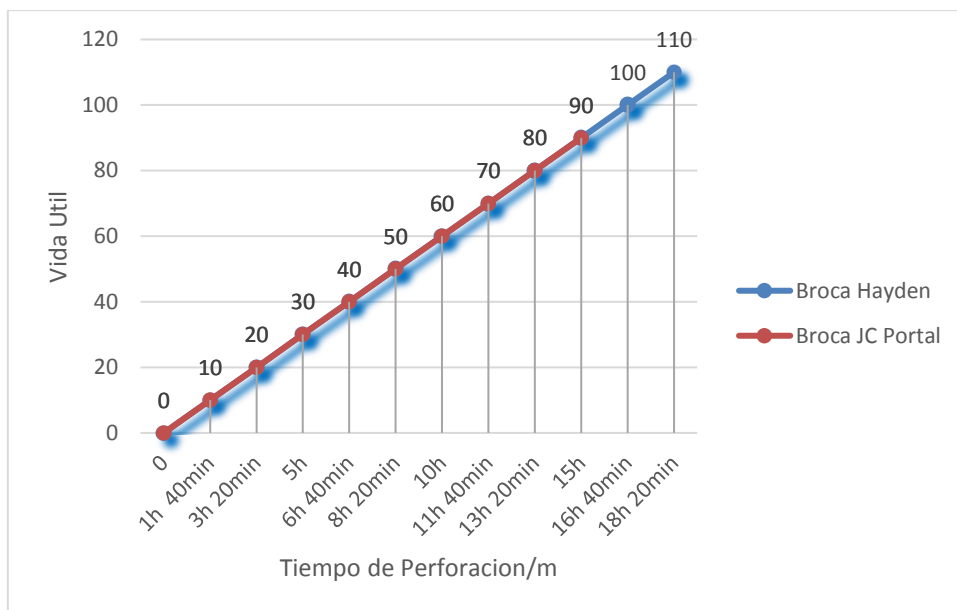


Figura N° 2.2: Comparación de rendimiento de brocas Hayden y JC Portal

Fuente: Elaboración propia

2.10.3 Selección del tipo de broca

Las brocas Hayden se ha seleccionado de acuerdo a la experiencia adquirida en la empresa Geodrill S.A.C. en diferentes proyectos mineros (Proyecto Minero Arcata S.A. y Proyecto Minero Inmaculada S.A.). En dichos proyectos se ha conocido el rendimiento de las brocas Hayden, el tiempo de avance, vida útil, comportamiento en diferentes tipos de terreno, uso adecuado de lodos de perforación para un avance estándar. de acuerdo a esos datos obtenidos se ha planteado utilizar las brocas Hayden para que la empresa pueda minimizar los costos de perforación diamantina.

Seria de la corona	Características de la roca	Tipos de roca
Serie # 10	Extremadamente dura y compacta, de grano fino y no abrasiva. La potencia de la sonda debe ser limitada.	Cuarzo, calcedonia, jaspe, riolitas, taconitas, chert y rocas con mineral de fierro.
Serie # 9	Muy dura y compacta, de grano fino y moderadamente abrasiva. Es una corona de corte muy rápido y capaz de perforar a altas velocidades de penetración.	Dioritas, cuarcitas, taconitas y Riolitas.
Serie # 8	Dura, de grano fino a medio grueso. Formaciones solidas a suavemente fracturadas.	Andesita, granito gneiss, esquisto, basalto, gabro, diorita, hematita, pórfido y silificado.
Serie # 7	Moderadamente abrasiva, grano fino a suavemente fracturadas.	Pegmatitas, gabro, monzonitas, dolomita y serpentina.
Serie # 6	Abrasiva, de grano medio a grueso. Formación medianamente fracturada. Se comporta bien en formaciones sujetas a cambios en la dureza y abrasividad de la roca.	Calcita, conglomerados, areniscas, riolita y Talco, pizarra.
Serie # 4	Abrasiva, grano grueso. Formación fracturada y quebrada.	Areniscas, pegmatitas, taconitas y cuarcitas.
Serie # 2	Extremadamente abrasiva, grano medio grueso. De blanda a muy dura, altamente fracturada, fallas y derrumbes.	Areniscas, granitos, piedras calizas y cuarcitas.

Figura 2.3: Cuadro de selección de serie de broca de acuerdo al tipo de roca.

Fuente: Elaboración propia

2.10.4 Modelo de máquina de perforación diamantina

Hay muchos diseños diferentes de máquinas de perforación diamantina, las cuales se pueden clasificar en máquinas de perforación que se encuentran sobre maquinas autopropulsadas como orugas o camiones y aquellas del tipo modular las cuales son más livianas y pueden ser transportadas en helicóptero o en muchos casos de formas manual.

La máquina con el que se está trabajando es una máquina perforadora diamantina montada sobre un Sky. Modelo H400 – 03A, (Figura 2.4).



Figura 2.4: Máquina perforadora diamantina H400 – 03A.

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

2.10.5 Características de máquina perforadora diamantina H400 – 03A

Perforadora hidráulica

Capacidades		Pesos aproximados	
Tamaño de la varilla	Profundidad máxima aprox. (En metros)	Sonda Perforación Estándar	
HQ	400	Componentes	Peso Total
NQ	600	Unidad de Perforación	1350kg
BQ	800	Panel de Control	148kg
AQ	1000	Bomba de Agua	325kg
		Unidad Potencia (*)	Peso Total
		Motor Eléctrico 55 kW a 1800 rpm	1350 Kg
* También en versiones Diésel y Modulares.			
<h3>Unidad de Potencia</h3> <p>Capacidad de Tanque 112 litros</p> <p>Filtros Filtro de Presión Filtro de Retorno</p> <p>Enfriador Agua - Aceite</p> <p>Adicionales Bomba de Llenado Manual Equipo Encapsulado Montado sobra sistema de ruedas y tiro.</p> <p>Bomba Principal Bomba hidráulica variable</p> <p>Características de pistones axiales de 57 ccr</p> <p>Condiciones de operación 75 litros/min @ 260 bar</p> <p>Bomba Auxiliar Bomba hidráulica variable</p> <p>Características de pistones axiales de 40 ccr</p> <p>Condiciones de operación 44 litros/min @ 210 bar</p>		<h3>Unidad de rotación H</h3> <p>Tipo Hidráulicamente Cerrada Mecánicamente Abierta Sincronización automática con el sujetador de barras desde el panel de control.</p> <p>Mordazas 03 mordazas intercambiables Con insertos de carburo de tungsteno</p> <p>Velocidad Continúa 0 - 1700 rpm</p> <p>Torque Máximo 800 Nm</p> <p>Fuerza de Sujeción Axial 80 Kn</p> <p>Diámetro máximo 98 mm</p> <p>Motor Hidráulico Tipo variable de pistones axiales</p> <p>Adicionales 55 ccr Filtro Presión Hidráulico Sensor de revoluciones por minuto Guiadores de tuberías intercambiables para sartas H, N, B y A</p>	

Motor	Eléctrico
Potencia	55 kW @ 1800 rpm
Tensión	Trifásico 440 V
Frecuencia	60 Hz
Aislamiento	Clase F
Protección	IP56
Adicionales	Termistores con temperatura de disparo en el devanado del estátor. Bombas con reguladores de presión y caudal.

Bombas de Lodos

Tipo	Propulsada por motor hidráulico
Bomba	Tipo pistón de múltiples etapas
Número de Pistones	3
Cilindros	De cerámica reforzados con acero
Capacidad	135 litros / min
Presión Máxima	40 bar
Adicionales	Montada sobre SKI de acero

Sujetador de Barras

Tipo Hidráulicamente Abierto Cerrado por presión de gas - acumulador Sincronización automática con la unidad de rotación desde el panel de control.

Mordazas 02 mordazas intercambiables
Con insertos de carburo de tungsteno

Fuerza de Sujeción Axial 80 Kn
Diámetro máximo 120 mm
Adicionales Guiadores de tuberías intercambiables
para sartas H, N, B y A.



Figura 2.5: Tablero del mando de la máquina perforadora
Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.



Figura 2.6: Unidad de poder

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

2.10.6 Partes de un equipo de perforación diamantina modelos H400 – 03A

La máquina de perforación diamantina comprende dos partes principales:

- A. La Unidad motriz
- B. La columna de perforación.

A. Unidad motriz

Es un motor, enfriado por agua y por aire. Las tres principales bombas que impulsan el sistema hidráulico están directamente acopladas al volante. Un generador de 12 voltios es usado para potenciar las partes eléctricas de la máquina.

B. La columna de perforación

La columna de perforación está formando por un conjunto de partes, las cuales al instalarse interactúan entre sí, para llevar a cabo el proceso de perforación diamantina. Este conjunto esta constituid por:

1) Mástil de operación

Sirve para dar inclinación al sondaje, soporte a la unidad de rotación, a la canastilla, a la tubería de perforación, etc. Debe estar diseñada para resistir las flexiones debidas al peso, el esfuerzo de empuje y las tensiones originadas por la rotación.

2) Tambor de winche

Dispositivo hidráulico o eléctrico, es un cilindro giratorio, en donde se enrolla un cable, el cual pasa por la parte superior del mástil y sirve para subir y bajar las barras de perforación.

3) Bomba de lodos

Tiene la misión de inyectar el lodo de perforación, por el interior de las tuberías y la corona diamantada, para lubricar, refrigerar, extraer los detritus y acondicionar el pozo, manteniendo el flujo constante del lodo en el pozo.

4) Wireline (Línea de cable)

Es una línea de cable delgado cuyo extremo inicial va conectado al pescador. Una vez accionado el motor, el pescador con la ayuda del wireline sube y baja el tubo interior que contiene la muestra, (testigo).

5) Triconos

La roca. Después al inicio de la perforación, si no es de interés económico recuperar el tipo de suelo se recomienda triconear, que involucra realizar la perforación sin recuperación de muestra hasta llegar a de terminada la operación de triconeo se debe bajar el casing en el tramo triconeado. Están formados por tres conos que giran en torno a un eje y que por desprendimiento de roca va penetrando, removiendo los fragmentos del material perforado (cutting) con un fluido o lodo que circula continuamente.

6) Coronas de perforación.

Las coronas o brocas son uno de los constituyentes esenciales de una perforación diamantina, ubicado en frente de la sarta cumple la función de cortar la roca y avanzar con el sondaje. Las coronas diamantinas son brocas de sección anular, de manera que avanza la perforación se talla una muestra de la roca de forma cilíndrica que se introduce en el barril porta testigos inmediatamente detrás de la corona. Existen diferentes tipos de coronas, según la función que desempeñan: brocas de carburo de tungsteno, brocas de carburo de tungsteno triturado, brocas con diamantes, brocas con diamantes insertados, brocas con diamantes impregnados. En la Tabla N° 2, se parecía los diferentes diámetros de coronas según su designación.

Tabla N° 2: *Diámetros de coronas*

SISTEMA WIRELINE		
TAMAÑO	Ø exterior	Ø interior
	Pulg. mm	Pulg. mm
BQ	2.358	1.433
	59.9	36.4
NQ	2.985	1.874
	75.8	47.6
HQ	3.807	2.500
	96.7	63.5

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

a) Coronas incrustadas o insertadas. - Estas coronas llevan sobre la superficie de la matriz una capa de diamantes insertados. Su campo de aplicación es en formaciones blandas y semiduras.

b) Coronas impregnadas de serie. - La matriz de estas coronas se compone de una aleación de diversos polvos metálicos con diamantes sintéticos de alta calidad y refuerzo de Carburo de Tungsteno. Las diferentes combinaciones de cantidad y tipos de polvos metálicos, como cantidad y tamaño de diamantes, dan origen a las diferentes series de coronas recomendadas para los diversos tipos de terrenos a perforar. Las coronas de serie están codificadas numéricamente del 2 al 13 mientras más duro es el tipo de roca, mayor es la serie, es decir, serie 13 para rocas muy duras y series 2 o 4 para las formaciones más blandas y abrasivas.

7) Escariador (Reaming shell)

El escariador es una estructura tubular que une a la corona y a la barra de perforación, está principalmente compuesto de un cuerpo de acero, sobre es componente se proporcionan uno o más anillos, fabricados con diamantes sintéticos, naturales y/o franjas de carburo de tungsteno. Tiene la función de estabilizar e impedir que se produzca una oscilación y pandeo del tubo de perforación, permitiendo a la corona girar correctamente según su eje, y conservar el diámetro específico del pozo a lo largo del taladro a pesar del desgaste que se produzca en la corona.

8) Tubos de perforación

Son barras de acero que sirven para transmitir la presión y el empuje de rotación sobre la broca. Las barras de perforación son de 05 o 10 pies de largo (1.524 y 3.048 metros), se presentan en múltiples medidas de diámetro como: PQ-115mm, HQ-100 mm, NQ-76mm, BQ-51mm o AQ-50mm, según sea la necesidad a perforar. Por el interior de las barras circula el lodo de perforación, también representan la profundidad del pozo y alberga al tubo interior.

9) Tubo interior

Es un tubo acerado, también conocido como muestreado, que contiene al testigo o núcleo de perforación diamantina; el testigo pasa al tubo interior a través de un resorte que le permite la entrada y no la salida.

Una vez que el tubo interior se llena de testigo, o por necesidades de la perforación, es preciso bloquear la corona y extraer la muestra, haciendo uso del pescador el cual desciende por el interior de las barras de perforación, con la ayuda del wireline y atrapa el tubo interior. Sus longitudes varían de 0.60 m. A 3.00 m. Los diámetros del tubo interior corresponden al de las coronas a emplear.

10) Casing (Revestimiento)

El casing es una tubería de mayor diámetro que las barras de perforación y es usada para revestir aquellas formaciones no consolidadas propensas a derrumbes protegiendo el sondaje y las barras de perforación. También mantiene útil la vida del pozo cumpliendo todos los objetivos a lo largo de todo su funcionamiento sin requerir un Workover (re-acondicionamiento de pozo después de ser perforado).

11) Zapatas de revestimiento (Casing shoes)

Las zapatas son usadas para ensanchar o avanzar el casing por una corta distancia en un hueco previamente perforado. La zapata tiene filos de corte en la parte frontal y en el diámetro exterior, utilizada principalmente en el manejo de tubos de revestimiento, para penetrar una sobrecarga con el fin de asentar y rimar el pozo de esta manera prolongar la entubación cuando se coloca revestimiento.

12) Overshot (Pescador)

Es la herramienta que permite subir y bajar el ensamble del tubo interior con la ayuda del wireline a través de la columna de barras. Esta adaptado para soportar fuertes tensiones, torsión y sacudidas sin dañar o distorsionar el testigo que contiene el tubo interior.

13) Head assembly (Cabezal)

El cabezal forma parte del ensamble del tubo interior, en su parte superior tiene una punta en forma de lanza, lo que le permite acoplarse a las tenazas del pescador, teniendo al tubo interior, al cabezal y al pescador unidos, listos para subir o bajar con la ayuda del wireline.

14) Core barrel (tubo porta testigos o tubo interior)

Para un sistema de perforación por cable wireline el barril porta testigo almacena la muestra de testigo en el tubo interior que la corona diamantada corta desde la roca, permitiendo extraer la muestra del fondo del pozo sin necesidad de extraer todo el sistema de perforación. Todo el barril porta testigo mediante cable pipeline incluyen los siguientes componentes principales: Culatín, porta-resorte, resorte, seguro, tubo interior.

2.10.7 Procedimiento para efectuar el proceso de la perforación diamantina

Los procedimientos de las actividades realizadas en la perforación diamantina se basa a la experiencia adquirida en campo y a los procedimientos realizados por el área de seguridad de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A..

1) Construcción de accesos

- Los accesos se efectúan con la ayuda de maquinaria pesada y también utilizando herramientas manuales, sus dimensiones varían de acuerdo al equipo de perforación diamantina que se utiliza.
- Consiste en habilitar una zona de ingreso segura a la plataforma de perforación.
- Construcción de los accesos, se realizará en terreno firme, siguiendo el control topográfico favorable.
- Los accesos deben permitir el traslado normal de toda la infraestructura de la máquina de perforación diamantina y todo los accesorios y materiales.
- Se evitar el excesivo corte o remoción de terreno, para que una vez finalizada las actividades de perforación diamantina, sea más fácil la remediación del suelo.

2) Construcción de plataformas de perforación diamantina

- Las plataformas de perforación diamantina se construirán haciendo uso de maquinaria pesada y de forma manual construyendo plataformas con tablonés.
- Las plataformas se construirán alejado de los derrumbes o deslizamientos que puedan existir.
- Las plataformas debe ser lo suficientemente amplia para la adecuada instalación de todo la máquina de perforación diamantina y además permitir el tránsito normal para el abastecimiento logístico (Combustibles, aditivos, cajas de muestra, etc.).
- La superficie de la plataforma debe estar totalmente nivelada y limpia.
- La plataforma de perforación debe estar orientada según la dirección de la perforación programado.

3) Traslado de máquina de perforación diamantina

- Una vez construido el acceso y la plataforma de perforación, es posible trasladar la máquina de perforación diamantina con todos sus accesorios.
- Se hará uso de una maquinaria pesada para mover el equipo de perforación diamantina al punto indicado, y en caso que el equipo sea del tipo modular este puede ser trasladado con ayuda del personal preparado y capacitado.
- El proceso de traslado será realizado con el apoyo de dos vigías, los cuales estarán en constante comunicación el operador del equipo.
- Los materiales y accesorios que no pasen los 25 Kg podrán ser cargados por el personal capacitado y entrenado, en caso supere el peso establecido, es recomendable llevarlos en un vehículo o equipo que ayude al traslado de los materiales, accesorios para la perforación diamantina.
- El traslado de la máquina de perforación diamantina se realizará en coordinación con el área de geología, el traslado del equipo y sus componentes deberá realizarse durante el turno día, queda impedido el traslado en turno noche.

4) Construcción de pozas de lodo para la captación de fluidos residuales e instalaciones de agua.

- La construcción de la plataforma de perforación diamantina, se deben de construir dos pozas interconectadas para captar los fluidos residuales de la perforación. Estas pozas serán construidas de formas manual o haciendo uso de maquinaria pesada.
- Las pozas de lodos serán de 4 m x 3 m x 3 m, para cada plataforma, una de sedimentación y otra de recirculación, la primera servirá para sedimentar el material residual de los efluentes producto de las perforaciones diamantina, mientras que la segunda servirá para almacenar el agua y posteriormente recircular hacia la máquina de perforación. Las pozas estarán revestidas con geomembrana y con una estación de bombeo.

- El material removido durante la construcción, será apilados a un costado de las mismas pozas.
- La plataforma de perforación con las pozas de captación de fluidos residuales, será a través de pequeños canales con inclinación negativa proveniente de la perforación para que pueda desplazarse por gravedad.
- Es indispensable en las actividades contar con suficiente agua, por ello antes de iniciar con la actividad de perforación, se debe abastecer del recurso hídrico necesario.
- En muchos lugares donde se realiza la perforación diamantina, se cuenta con el recurso hídrico, lo que facilita los trabajos de perforación, solo bastara hacer uso de motobombas y tuberías para trasladar el agua al punto requerido. Si las circunstancias fueran adversas se abastecerá de agua por medio de una cisterna y se almacenará en compartimientos especialmente diseñados, durante los trabajos de perforación diamantina.
- Dependiendo de la estructura geológica y la profundidad del taladro, se estima que en la perforación de un taladro en condiciones normales el 60% del agua será reciclada y retornada al taladro, y el otro 40% que viene a ser la pérdida en el taladro se repone con agua industrial del total de agua que se utiliza.

5) Instalación del equipo sobre la plataforma de perforación diamantina.

- Para la instalación de la máquina de perforación es las actividades principales antes de iniciar la perforación. Sobre la plataforma se instalarán adecuadamente la máquina de perforación (La máquina perforadora con su respectivo motor, las tuberías de perforación, herramientas y todos sus accesorios necesarios, el almacén temporal de insumos y aditivos, las cajas de almacenamiento de testigos, las herramientas de perforación, las tinas de lodos, los tachos de residuos sólidos, el grupo electrógeno, etc.)
- La máquina de perforación diamantina se colocará sobre el punto de perforación, con la dirección e inclinación indicada.

- Se nivelará la máquina de perforación de acuerdo a la dirección e inclinación exacta, la nivelación se efectúa mediante el uso de gatas hidráulicas sobre la plataforma de madera, con el objeto de evitar que éstos se hundan y provoquen una desnivelación de la máquina. El giro de alineamiento para la dirección exacta se efectúa con el apoyo de movimientos de palanca con la ayuda de barretas o tubos de acero.
- El anclaje de la máquina de perforación, consiste en fijar la maquina al terreno mediante pernos, para evitar el desacomodo y desplazamiento de la maquina durante el proceso de perforación.
- Se apilará la tubería de perforación, según sus tamaños y dimensiones.
- Las tinas de lodos se ubicarán junto a la máquina de perforación, acondicionada para trabajar con retorno de fluidos de las pozas de acumulación de aguas industriales y lodos.
- Las cajas de herramientas junto con los accesorios menores de perforación estarán adecuadamente ubicadas y de fácil acceso.
- Se instalará una plataforma de extracción de la muestra del tubo interior. Deberá ser un lugar amplio para facilitar la extracción de los testigos.
- Se colocará adecuadamente el caballete, que es una estructura metálica, diseñado con un canal para el lavado del testigo.
- Se determinará un área libre de obstáculos para el llenado de cajas con testigos de perforación y el área de almacenamiento de las mismas cajas antes de su evacuación de la plataforma.
- Se realizará la instalación eléctrica adecuada, para la instalación de los focos led, para los trabajos de perforación.

6) Preparación y adición de lodos de perforación.

- Se llama fluido de perforación diamantina, lodo, aditivo, agua pesada etc. Al líquido que permite enfriar y lubricar; tuberías de perforación, coronas, tubo interior, head assambly, escariador.
- El lodo de perforación diamantina, también hace posible elevar los detritos de perforación y sacarlos fuera del pozo; asimismo sostener las paredes de la perforación, por lo que se requiere que el fluido sea siempre capaz de depositar una costra o pasta que reemplace un entubado.
- Lo importante que se debe tomar en cuenta, al preparar un lodo, es chequear la calidad del agua que se va a utilizar. Algunas contienen restos de minerales como calcio, magnesio, zinc, etc., que pueden convertirse en contaminantes de los aditivos. También grados de alcalinidad bajos afectan su rendimiento. Para ello se utiliza al inicio de la mezcla “Ceniza de Soda” con la finalidad de eliminar estos contaminantes y a la vez darle al agua una alcalinidad (pH) adecuada entre 8.5 y 9.
- Una vez que el agua ha sido tratada, necesitamos un aditivo que forme nuestra primera pared o revestimiento en el pozo y que, a la vez, sea capaz de suspender los detritos que produce al rotar la corona, para que no se acumulen en el fondo. Este aditivo se llama Bentonita.
- Durante la perforación nos encontraremos con formaciones de arcillas que se caracterizan por absorber agua, hincharse y desprenderse de su sitio, originando derrumbes que complican la estabilidad del pozo, también formaciones de arena o altamente porosas que al dejar pasar el líquido formarán una costra muy gruesa de bentonita en las paredes del pozo, reduciendo el diámetro y originando altos torques y sobre presiones de las bombas al no dejar transitar el lodo; estos inconvenientes se reducen con el uso del Liquid Drispac, que va a evitar esta pérdida excesiva de agua en zonas arcillosas y filtrantes; este aditivo también tiene propiedades excelentes para transportar los detritos hacia la superficie.

- Si el pozo tiene mucha arcilla en su formación será necesario reducir el uso de la bentonita, porque también es una arcilla de tipo comercial, pero no queremos perder sus propiedades viscosificantes; la respuesta es usar un aditivo con viscosidad como el New Drill / Liquid Guar, con el cual alcanzamos la viscosidad de la bentonita usando poco y sin aumentar sólidos arcillosos al pozo.
- Uno de los problemas más comunes durante la perforación es el torque y el arrastre de brocas y tuberías. Torque: Fricción al rotar la columna de perforación. Arrastre: Fricción al movimiento de la columna de perforación.

7) Inicio de la perforación.

- Para el inicio se instalado correctamente la máquina de perforación, se procede a perforar, se perfora generalmente hasta llegar a la roca o hasta donde el material sea estable y no ocurra derrumbes por los materiales no consolidados, para luego introducir el casing o tubería de revestimiento ya que el tricono es de mayor diámetro. El casing servirá de soporte, protección y estabilidad para los primeros metros de las barras de perforación.
- Si por el contrario es de interés recuperar el material desde la superficie, una broca acoplada al casing será el encargado de perforar con recuperación de roca o suelo.
- La tubería de revestimiento por lo general se instala de acuerdo a la profundidad durante el proceso de perforación cuando las áreas a perforar presentan alta inestabilidad por fuerte fracturamientos de la roca.
- Después de instalada la tubería de revestimiento, y antes de comenzar con la perforación se inicia la inyección del lodo y se espera la circulación hasta la superficie, para limpiar el fondo del pozo y evitar fundir la corona al inicio.
- Al recircular el pozo, iniciar la perforación a unos 20 cm antes del fondo del pozo y aumentar gradualmente las RPM (revoluciones por minuto) y el peso sobre la corona de diamante (Broca), la cual se acoplará al extremo de la barra de perforación por medio del escariador.

8) Avance de perforación: acople y desacople de barras de perforación.

- En esta parte se puede apreciar la maquina perforando, para lo cual es necesario la adición de barras de perforación y poder lograr la profundidad proyectada.
- La adición de barras consiste en trasladar las tuberías desde el caballete porta tubos, hacia la unidad de rotación para el acople de barras (tubos de perforación). El trabajo se realiza de forma manual haciendo uso de las llaves Ridgid y finalizando con la fijación y rotación de la unidad.
- Las barras de perforación diamantina se acoplan al girar el extremo macho en sentido horario dentro de la hembra cuidando su alineación. Para tal efecto se analiza cuidadosamente las uniones de las barras previo al acople.
- Al retirar toda acumulación de polvo de la roscas macho y hembra y se aplica una grasa que puede ser (Case Lube de tubería), para facilitar el enrosque. Es esencial lubricar la rosca al acoplar la unión. Así, se permite que el torque apriete adecuado y se impide el desgaste producto de la fricción.
- El torque apriete de precarga el macho y la hembra para cerrar la unión, crea un sello para el fluido e impide bamboleo (movimiento relativamente pequeño entre el macho y la hembra).
- Las barras de perforación diamantina son de 05 o 10 pies de largo (1.524 y 3.048 metros) y se presentan en diferentes medidas de diámetro, según sea la necesidad de para poder perforar. Después de los primeros 10 pies de perforación, se atornilla una nueva sección de tubo en el extremo superior y así sucesivamente hasta llegar la longitud proyectada. La profundidad de perforación se calcula manteniendo la cuenta del número de barras de perforación que se han insertado en el sondaje.

9) Descarga y carga del tubo interior.

- Una vez que el tubo interior se llena de testigo, o por algún suceso de la perforación, es necesario bloquear la corona y extraer el tubo interior.
- Previo a la extracción es necesario ubicar la unión de las barras y colocar la llave stillson mordiendo la tubería a 30 cm aproximadamente arriba de la unión de las barras.
- El perforista procede a dar rotación lenta para romper la unión, y dejar libre la tubería para permitir el ingreso del pescador por el interior de las barras de perforación con la ayuda del wireline y atrapar el tubo interior, dentro del cual se encuentra el testigo o núcleo de perforación. Una vez atrapado empieza el izaje o carga del tubo interior.
- Después coloca el tubo interior encima del caballete y se desconecta del pescador. después, para realizar la descarga se conecta el pescador a un nuevo tubo interior, para introducirlo por el interior de las tuberías de perforación. Y así inyectar lodo para poder armar el tubo interior dentro del core barel. En ese momento el perforista coordinará con el ayudante, para continuar nuevamente con la captura del testigo de perforación.

10) Extracción de los testigos de la perforación diamantina.

- Los testigos de perforación o “Núcleo” viene dentro del tubo interior, la extracción comienza al momento de retirar el cabezal del tubo interior, a la misma vez que debe ser realizada sobre una superficie limpia y protegida, para así identificar posibles pérdidas del testigo.
- Para poder extraer el testigo, se coloca el tubo interior sobre un caballete, se levanta la parte superior del muestreador y con la ayuda de un martillo de goma se da algunos golpes para facilitar la salida del testigo, el trabajo se debe realizar entre 2 ayudantes para no poder romper o mezclar la muestra obtenida.
- Una vez que se haya obtenido el testigo, los ayudantes deberán colocar la muestra en las respectivas cajas porta testigos y así luego codificar la caja y enviar al área de logueo para su posterior análisis de la muestra o testigo.

- El ayudante tendrá que observar el interior del tubo para asegurarse que no hayan quedado restos de muestra.
- Una vez removido el testigo del tubo, debe ser lavado sobre la canaleta para posteriormente depositarlo en la caja porta testigo.

11) Acomodo, codificación y transporte de las cajas con testigos de perforación.

- Cuando el testigo o muestra supere la medida de la caja porta testigos, deberá ser partido con uno o varios golpes de martillo, para el testigo quede dentro de la caja; los testigos se colocarán en la caja de acuerdo al orden de perforación diamantina.
- Las cajas de perforación se identificarán con el nombre del proyecto, ubicación, profundidad inicial y profundidad final, número del sondaje, número de caja, fecha, etc.
- El interior de las cajas está dividido con canaletas, cuyos anchos es igual al diámetro de las muestras a colocar. Las muestras de cada tramo perforado son separadas con tacos de madera, en cada taco se anota, la profundidad perforada, la profundidad recuperada, el intervalo de testigo perforado (desde -hasta), el número de sondaje y el nombre del proyecto.
- Es muy importante que la manipulación de las muestras, tanto al ser extraídas del tubo interior y dispuesto en las cajas de madera, tengan que ser tratadas con mucho cuidado, procurando evitar la disturbancia, contaminación y reacomodo de los testigos.

12) Cambio de broca.

- Cuando la corona diamantada sufre un desgaste prematuro o su vida útil llega a su fin o por requerimiento es necesario cambiar de broca.
- Para cambiar la broca se tiene que retirar toda la tubería de perforación. La tarea comienza al desenbonar la tubería con la ayuda de la unidad de rotación, en coordinación entre ayudantes de sebera retirar la tubería tramo por tramo hasta lograr sacar toda la tubería de perforación.

- Una vez extraída toda la tubería, se deberá cambiar la broca de acuerdo a las condiciones y características del terreno a perforar.
- Por el torque realizado las uniones se ajustan fuertemente, la comunicación que debe de existir entre el ayudante y perforista, la base donde se tiene que parar el ayudante y el buen estado de las llaves Stillson (verificar mordazas y resorte) son de mucha importancia para evitar que se produzca un accidente o incidente.
- La cantidad de tubería que se retira es de acuerdo a la profundidad del pozo y es colocada en caballetes. Para evitar su caída, debe guardar un orden de apilamiento, un buen ángulo de reposo y un piso que no permita el deslizamiento ni dañe los hilos de la tubería.

13) Cambio de línea de perforación diamantina.

- Consiste el cambio de línea al proceso que consiste en cambiar las dimensiones de la tubería con la cual se está perforando, por otras de menor diámetro.
- El cambio de línea se realiza cuando la potencia de la máquina no puede continuar perforando con un diámetro de tubería específico y se requiere usar una tubería de menor diámetro, o en todo caso se realiza el cambio de línea por requerimiento de la empresa.
- Para poder realizar el cambio de línea es necesario extraer toda la tubería con la cual se haya perforando.
- Una vez que se haya extraído toda la tubería se desconecta del core barrel, y se vuelve a introducir la misma tubería sin el core barrel, se utilizará el casing shoe, que viene a ser una zapata de entubación que se utilizará para poder rimar el sondaje. Ahora esta tubería podrá servir como revestimiento y protegerá la perforación de posibles derrumbes que se puedan presentar.
- Después se introducirá dentro de la tubería de mayor diámetro, la nueva tubería de perforación, con el core barrel listo para poder continuar con la perforación.

14) Finalización del sondaje, medidas de control en la perforación diamantina.

- Al finalizar la perforación, se tendrán que tomar medidas para reparar los daños causados al entorno, como mitigación, reparación y compensación ambiental.
- Las medidas de mitigación ambiental tienen como finalidad disminuir los efectos adversos causados por la actividad de perforación diamantina.
- Como medidas de reparación y/o restauración proponen reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar como se tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas.
- Como medidas de compensación ambiental se tiene por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a lo que inicialmente se tenía antes de causado el daño ambiental, estas medidas incluirán el reemplazo o sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados, por otros de similares características, clase, naturaleza y calidad.

2.11 DEFINICIONES CONCEPTUALES.

1. Perforación

Para realizar la voladura es necesario efectuar el confinamiento del explosivo, para esto es necesario perforar la roca a esta operación de agujerea en la roca se le denomina perforación y a los agujeros se le conoce con el nombre de taladros, usualmente cuanto más suave es la roca más es la velocidad de penetración, por otro lado, cuanto más resistente sea a la compresión, mayor fuerza y torque serán necesarios para perforarla.

La perforación se basa en concentrar una cantidad de energía en una pequeña superficie, para vencer la resistencia de la roca, aprovechando el comportamiento a la deformación de elástico - frágil que ellas presentan.

2. Perforación diamantina

La perforación diamantina se basa justamente en la propiedad del diamante de poseer el grado más alto de dureza, por lo que puede cortar cualquier tipo de roca o material.

Se emplea para perforar con ángulos de inclinación positivos o negativos, tanto en superficie como en subterráneo.

3. Cámara ddh

Es el lugar en donde se emplaza personal y máquina de perforar para realizar la exploración, mediante perforación diamantina

4. Parámetros

Se denomina así a las diversas ratios obtenidos en la práctica, a través de la observación en el lugar de trabajo.

5. Macizo rocoso

Es el conjunto de los bloques de la matriz rocosa y de las discontinuidades.

6. Yacimiento

Es la concentración u ocurrencia natural de uno o más minerales que se encuentra depositado en la naturaleza.

7. Tambor de winche

Dispositivo hidráulico o eléctrico, es un cilindro giratorio, en donde se enrolla un cable, el cual pasa por la parte superior del mástil y sirve para subir y bajar las barras de perforación.

8. Línea de cable

Es una línea de cable delgado cuyo extremo inicial va conectado al pescador. Una vez accionado el motor, el pescador con la ayuda del wireline sube y baja el tubo interior que contiene la muestra, (testigo).

9. Tubos de perforación

Son barras de acero que sirven para transmitir la presión y el empuje de rotación sobre la broca. Las barras de perforación son de 05 o 10 pies de largo (1.524 y 3.048 metros), se presentan en múltiples medidas de diámetro como: PQ-115mm, HQ-100 mm, NQ-76mm, BQ-51mm o AQ-50mm, según sea la necesidad a perforar. Por el interior de las barras circula el lodo de perforación, también representan la profundidad del pozo y alberga al tubo interior.

10. Caja porta testigos

Es una caja de madera o triplay de forma rectangular, con dimensiones que pueden variar según el tipo de perforación. Esta caja tiene 5 divisiones en su interior debidamente diseñadas al momento de su fabricación, con la finalidad de almacenar las muestras que se obtengan luego de cada extracción. Toda la muestra extraída después de cada longitud perforada deberá introducirse a la caja porta testigo directamente desde el tubo interior, para después esta muestra ser estudiada. Las muestras se deben colocar ordenadamente dejando los huecos correspondientes si en alguna maniobra no se recupera testigo. Generalmente se escribe en el exterior de la caja a la profundidad que pertenece la muestra.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

Según las características del estudio de investigación es de tipo descriptivo, el estudio se refiere a la optimización de los costos de perforación diamantina en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

La metodología para desarrollar el presente estudio de investigación, ha consistido en su primera etapa en realizar la evaluación de las operaciones de perforación diamantina con brocas JC Portal en la zona San Germán. En dicha evaluación se ha considerado, el diámetro de la broca, tipo de roca, rendimiento de la broca, aditivos utilizados, dichos controles se han realizado durante 10 días, equivalente a 20 guardias. Posteriormente en el estudio de investigación se ha realizado la evaluación de la perforación diamantina con brocas Hayden, considerando en el control, el diámetro de la broca, tipo de roca, aditivos y rendimiento de las brocas. Estos controles se han realizado durante 10 días, equivalente a 20 guardias. Los datos se han registrado en las fichas de control correspondiente. En el trabajo de investigación se ha minimizado los costos de perforación diamantina mediante el uso de las brocas Hayden que tiene una vida útil de 110 metros perforados. Finalmente, con los resultados obtenidos se ha realizado el análisis de los costos de perforación diamantina anterior y actual en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

3.2 POBLACIÓN

La población para el estudio de investigación se ha considerado las zonas San Germán, donde se ha realizado varios sondeos de diferentes profundidades: 700m. 750m. 800. 450m., la perforación diamantina se ha desarrollado en roca pizarra de una densidad de $2,6 \text{ Tm/m}^3$, realizado por la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

3.3 MUESTRA

La muestra que se ha considerado para el estudio de investigación es la zona San Germán en un sondeo de una longitud de 450 metros lineales desarrollado en roca dura con una densidad 2.6 Tm/m^3 , en la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

El diámetro de la muestra es de 47,6 mm.

La perforación se realiza con un tubo interior de 10 pies. Donde la muestra que se obtiene es de 3,10 m. de longitud.

El tiempo de muestreo se ha realizado en 10 días, que es equivalente a 20 guardias.

3.4 METODOLOGIA

Objetivo A

Determinar los costos de las brocas JC Portal en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Para conocer los costos de perforación diamantina con las brocas JC Portal, primeramente, se ha analizado los costos de las brocas mediante los catálogos y posteriormente se ha determinado la densidad de la roca, la longitud de perforación, costo de mano de obra, costo de máquina perforadora por metros, costo de materiales de perforación y costo de herramientas utilizadas.

Objetivo B

Determinar los costos de las brocas Hayden en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Para conocer los costos de perforación diamantina con las brocas Hayden, en su primera fase se ha analizado los costos de las brocas mediante los catálogos adquiridos y posteriormente se ha determinado la densidad de la roca, la longitud de perforación, costo de mano de obra, costo de máquina perforadora por metros, costo de materiales de perforación y costo de herramientas utilizadas en la perforación.

Objetivo C

Optimizar los costos de perforación diamantina utilizando las brocas Hayden en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Para minimizar los costos de perforación diamantina con las brocas Hayden se ha analizados los costos de perforación diamantina con las brocas JC Portal y las brocas Hayden y mediante el análisis comparativo de los costos de ambas brocas se ha determinado que utilizando las brocas Hayden los costos de perforación diamantina se ha minimizado en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**3.5.1 Variable independiente**

Las brocas Hayden en la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. Unidad Minera San Rafael – Puno.

3.5.2 Variable dependiente

Costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Tabla N° 3: Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente:		
Las brocas Hayden en la Contrata		
Minera Explomin del Perú S.A. –	- RMR	- Índice
Unidad Minera San Rafael –	- Rendimiento	- pulg. /min
Puno..		
Variable dependiente:		
Costos de perforación		
diamantina mediante las brocas	- Costo de equipo	- US\$
Hayden en la Contrata Minera	- Costo de perforación	- US\$/m
Explomin del Perú S.A. – Unidad	- Costo de brocas	- US\$/m
Minera San Rafael – Puno.		

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En las técnicas de recolección de datos se consideran procedimientos y actividades que permiten la obtención de la información necesaria para realizar el estudio de investigación. El muestreo se ha realizado en 20 guardias, en un tiempo total de 10 días.

3.6.1 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados para el estudio de investigación son la liquidación mensual para verificar los costos, el reporte diario de operación, reporte mensual de operación, control de perforación diaria, control de tiempos de perforación, control de costos, libretas de campo, formatos de control de datos, cámara fotográfica y equipos de escritorio.

Reporte diario de operación.

- Metros perforados por día
- Tipo de broca utilizada
- Equipos utilizados
- Rendimiento de equipos
- Tiempo de perforación diamantina
- Número de horas operadas de los equipos.

Reporte mensual de operación.

- Metros perforados por mes
- Tipo de broca utilizada
- Equipos utilizados
- Rendimiento de equipos
- Tiempo de perforación diamantina
- Número de horas operadas de los equipos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La optimización de costos de perforación diamantina, se ha realizado en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael. La longitud de la perforación diamantina es de 450 metros lineales, realizado en roca dura de una densidad de $2,65 \text{ Tm/m}^3$

4.2 PERFORACIÓN DIAMANTINA EN LA ZONA SAN GERMÁN

En la zona San Germán existe vetas mineralizadas de Estaño, como tal ha sido necesario verificar la profundidad de la mineralización para descartar las posibles inferencias de la continuidad de las reservas de mineral, en una longitud proyectada de 450 metros de profundidad.

Para la perforación diamantina se ha utilizado los siguientes accesorios:

- Broca, se ha utilizado 02 tipos de brocas: JC Portal y Hayden.
- Reaming Shell, es un escariador que desgasta la pared del sondaje.
- Tubo interior, se utiliza para sacar la muestra.
- Core barrel, se encarga de sujetar al tubo interior.
- Tubería de perforación, tiene una longitud de 3 metros, sirve como extensión de avance.

4.3 CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

HIPOTESIS 1.

- a) Al determinar los costos de perforación diamantina con las brocas JC Portal se conocerá los costos de perforación en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

a) Datos de campo:

- Densidad de roca : 2.65
- Diámetro del taladro : 1,874 pulgadas
- Longitud de la tubería de perforación : 3,00 m.
- Longitud de avance : 20 m/guardia

4.4 COSTO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA ANTERIOR EN LA ZONA SAN GERMÁN

Tabla N° 4: Mano de obra

T.C.= 3.35

Mano de obra directa	Número de personal	Jornal en Soles	Costo US\$/m
Supervisor de operaciones	01	75	1,12
Perforista (Operador)	01	75	1,12
Ayudante perforista	02	65	1,94
Sub total			4,18
Leyes sociales	60%		2,51
Total			6,69

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A

Tabla N° 5: Máquina perforadora

Equipo	Costo US\$	Vida útil Pies/perforados	US\$/pie	Pies perforados	US\$/m
Máquina Perforadora	100 000	500 000	0.20	66	0,66

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A

Tabla N° 6: Materiales de perforación

Accesorios	Cantidad	Costo US \$/unidad	Vida útil pp	Pies Perforados	US\$/pie Perforados	US\$/m
Broca JC Portal	1	120	300	66	0,40	1,32
Reaming shell	1	100	1 640	66	0,06	0,20
Core barel	1	400	16 000	66	0,03	0,10
Tubo interior	2	500	16 000	66	0,03	0,07
Tubería de perf.	7	630	10 000	66	0,06	0,20
Total						1,89

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A

Tabla N° 7: Aditivos de perforación

Aditivos	Cantidad	Costo US\$/kilo	Pies perforados/guardia	US\$/m
Bentonita	50 kilos	0,24	66	0,60
Polímero	13 kilos	0,40	66	0,26
Aceite de perforación	0.25gal	14,50	66	0,18
Grasa para tubería	1 kilo	2,85	66	0,14
Grasa para maquina	1 kilo	3,20	66	0,16
Hidrolina	5 litros	1,50	66	0,38
Total				1,72

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A

Tabla N° 8: Herramientas y otros materiales

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$	Vida útil (días)	Costo US\$/m
Lampas	Unidad	1	12,75	120	0,11
Picos	Unidad	1	12,65	120	0,11
Llaves mixtas	Unidad	1	13,25	360	0,04
Llave stilson N°14	Unidad	1	14,50	360	0,04
Combo de 6 libras	Unidad	1	12,45	360	0,04
Costo total					0,02

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A

Tabla N° 9: Implementos de seguridad

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$	Vida útil (días)	Costo US\$/m
Protector	Pza.	4	12,8	300	0,01
Guantes de cuero	Pza.	4	4,65	25	0,04
Correas porta lámpara	Pza.	4	3,60	300	0,01
Botas de jebe	Pza.	4	21,10	180	0,02
Mamelucos	Pza.	4	23,40	180	0,03
Respiradora	Pza.	4	22,50	180	0,03
Filtro de respiradores	Pza.	4	5,60	15	0,07
Tapón de oídos	Pza.	4	2,40	120	0,01
Ropa de jebe	Pza.	4	31,55	120	0,05
Lentes de seguridad	Pza.	4	10,35	120	0,02
Lámpara de batería	Pza.	4	115,2	120	0,19
Costo total					0,46

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A

Costo total = Tabla 4+5+6+7+8+9

Costo total = 11,44 US\$/m

HIPOTESIS 2.

Al determinar los costos de perforación diamantina con las brocas Hayden se optimizará los costos de perforación en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

4.5 Costo de perforación diamantina optimizado en la zona San German

Datos de campo:

- Densidad de roca : 2.65
- Diámetro del taladro : 2.990 pulgadas
- Longitud de la tubería de perforación : 3,00 m.
- Longitud de avance : 22 m/guardia

Tabla N° 10: Mano de obra

T.C.= 3.35

Mano de obra directa	Número de personal	Jornal en Soles	Costo US\$/m
Supervisor de operaciones	01	75	1,02
Perforista (Operador)	01	75	1,02
Ayudante perforista	02	65	1,76
Sub total			3,80
Leyes sociales	60%		2,28
Total			6,08

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.**Tabla N° 11: Máquina perforadora**

Equipo	Costo US\$	Vida útil Pies/perforados	US\$/pie	Pies perforados	US\$/m
Máquina Perforadora	100 000	500 000	0.20	72	0,65

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.**Tabla N° 12: Materiales de perforación**

Accesorios	Cantidad	Costo US \$/unidad	Vida útil pp	Pies Perforados	US\$/pie Perforados	US\$/m
Broca Hayden	1	130	360	72	0,36	1,18
Reaming shell	1	100	1 640	72	0,06	0,20
Core barel	1	400	16 000	72	0,03	0,10
Tubo interior	2	500	16 000	72	0,03	0,10
Tubería de perf.	7	630	10 000	72	0,06	0,20
Total						1,77

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.**Tabla N° 13: Aditivos de perforación**

Aditivos	Cantidad	Costo US\$/kilo	Pies perforados/guardia	US\$/m
Bentonita	50 kilos	0,24	72	0,55
Polímero	13 kilos	0,40	72	0,24
Aceite de perforación	0.25gal	14,50	72	0,17
Grasa para tubería	1 kilo	2,85	72	0,13
Grasa para maquina	1 kilo	3,20	72	0,15
Hidrolina	5 litros	1,50	72	0,34
Total				1,56

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

Tabla N° 14: Herramientas y otros materiales

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$	Vida útil (días)	Costo US\$/m
Lampas	Unidad	1	12,75	120	0,11
Picos	Unidad	1	12,65	120	0,11
Llaves mixtas	Unidad	1	13,25	360	0,04
Llave stilson N° 14	Unidad	1	14,50	360	0,04
Combo de 6 libras	Unidad	1	12,45	360	0,04
Costo total					0,02

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

Tabla N° 15: Implementos de seguridad

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US\$	Vida útil (días)	Costo US\$/m
Protector	Pza.	4	12,8	300	0,07
Guantes de cuero	Pza.	4	4,65	25	0,03
Correas porta lámpara	Pza.	4	3,60	300	0,01
Botas de jebe	Pza.	4	21,10	180	0,02
Mamelucos	Pza.	4	23,40	180	0,02
Respiradora	Pza.	4	22,50	180	0,02
Filtro de respiradores	Pza.	4	5,60	15	0,07
Tapón de oídos	Pza.	4	2,40	120	0,03
Ropa de jebe	Pza.	4	31,55	120	0,05
Lentes de seguridad	Pza.	4	10,35	120	0,02
Lámpara de batería	Pza.	4	115,2	120	0,17
Costo total					0,42

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

Costo total = Tabla 10+11+12+13+14+15

Costo total = 10.50 US\$/m

4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA

Esta investigación tuvo como propósito optimizar los costos de perforación diamantina mediante el uso de brocas Hayden en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

En el objetivo general que planteábamos en nuestra investigación era optimizar los costos de perforación diamantina en la zona San Germán. En donde se ha determinado que utilizando las brocas JC Portal los costos de perforación diamantina es 11,44 US\$/m, mientras que los costos de perforación diamantina mediante el uso de las brocas Hayden es de 10,50 US\$/m. haciendo una diferencia de 0.94 US\$/m.

Según los datos obtenidos se ha realizado el análisis comparativo de los resultados de perforación diamantina antes y después de la optimización, en los datos se muestra que hay una diferencia en los parámetros y costos de perforación diamantina en la zona San Germán, los cálculos se muestran en la Tabla 16.

4.7 RESULTADOS DE COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA ANTERIOR Y OPTIMIZADA

Los costos de perforación diamantina anterior y optimizada se especifican en la Tabla 16.

Tabla N° 16: Resumen de los costos de perforación diamantina en zona San Germán

Descripción	Anterior US\$	Optimizado US\$	Diferencia US\$
Mano de obra	6,69	6,08	0,61
Equipo de perforación	0,66	0,65	0,01
Material de perforación	3,61	3,33	0,28
Herramientas y otros materiales	0,02	----	----
Implementos de seguridad	0,46	0,42	0,04
Costo por US\$/m	11,44	10,50	0,94

Fuente: Contrata Minera Explomin del Perú S.A.

Según los cálculos realizados se tiene que el costo de perforación diamantina anterior ha sido de 11,44 US\$/m, y en la perforación diamantina optimizada de 10,50 US\$/m, haciendo una diferencia de 0,94 US\$/m. Es decir, para realizar la perforación diamantina de los 450 metros lineales se ha logrado un ahorro de 423 US\$, el mismo que significa un beneficio económico para la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

4.8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES

Mediante los cálculos realizados se tiene que el costo de perforación diamantina por metro perforado mediante el uso de las brocas JC Portal ha sido de 11,44 US\$/m, y mientras que los costos de perforación diamantina por metro perforado mediante el uso de las brocas Hayden han sido de 10,50 US\$/m, haciendo una diferencia de 0,94 US\$/m.,

Los resultados son similares a la tesis optimización de perforación diamantina aumentando la viscosidad de los fluidos de perforación en la Minera Condestable, en donde concluye que, aumentando la viscosidad del fluido, los costos de perforación diamantina se han reducido de 13,52 US\$/m a 12,36 US\$/m, con una diferencia de 1,16 US\$/m. (Urteaga, G. J. 2016).

CONCLUSIONES

Mediante el uso de las brocas JC Portal, los costos de perforación diamantina ha sido de 11,44 US\$/m en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Los costos de perforación diamantina al utilizar las brocas Hayden ha sido de 10,50 US\$/m, en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

El costo de perforación diamantina se ha optimizado de 11,44 US\$/m a 10,50 US\$/m mediante el uso de las brocas Hayden, haciendo una diferencia de 0,94 US\$/m, en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el estudio de las características de la aleación de las brocas JC Portal, para determinar las ventajas y desventajas de estas brocas utilizadas en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Se debe realizar el estudio comparativo de la aleación de las brocas Hayden y otra broca, para determinar las ventajas de estas brocas y utilizar el más apropiado según las características de la roca, en la zona San Germán de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

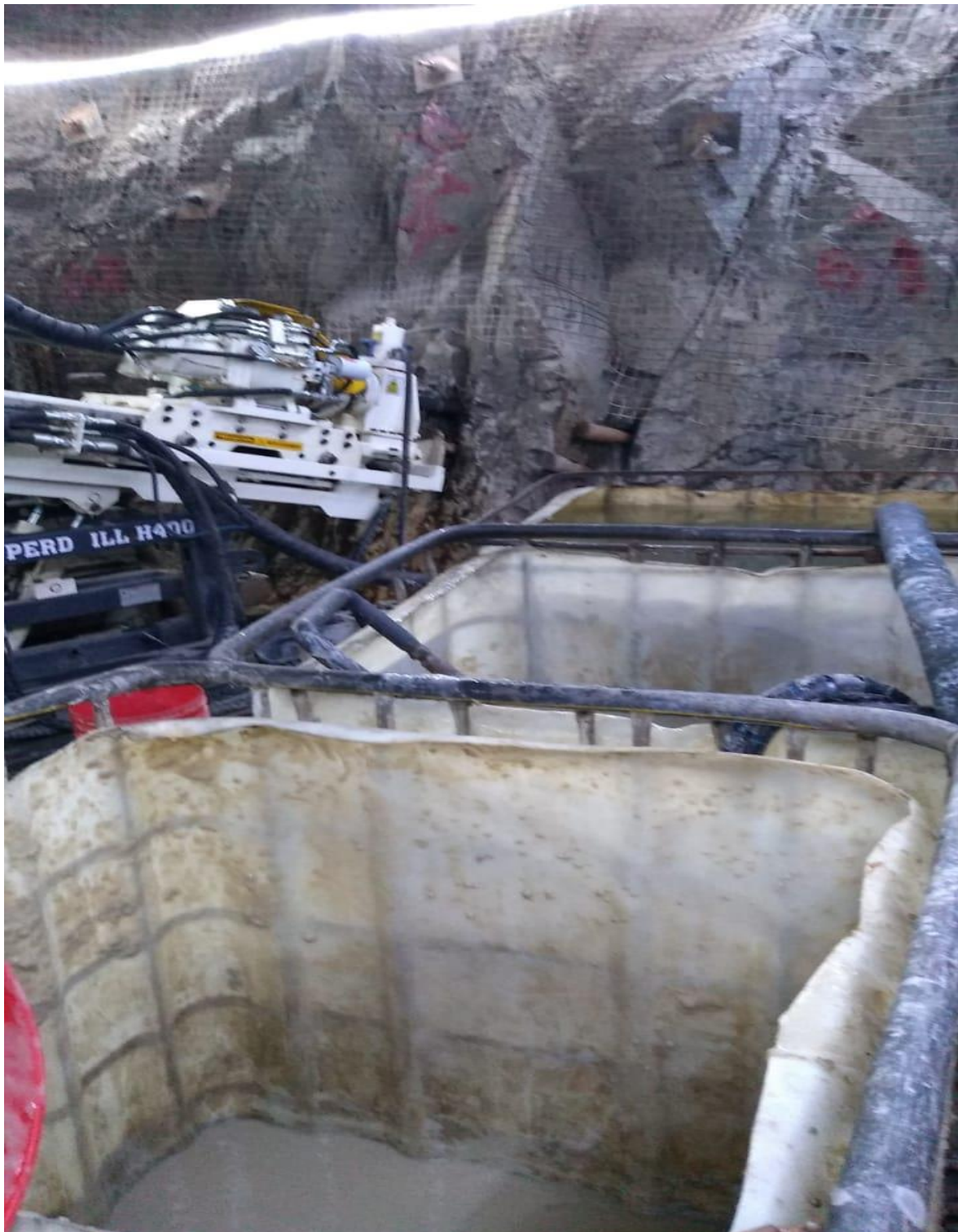
- Bateman, A. M (2003) *Yacimientos minerales de rendimiento económico Mina San Rafael*.
- Castilla, G. J. H. H. (2012). *El proceso de exploración minera mediante sondeos*. Madrid.
- Chumpitaz, C. C. (2007) *estudio geotécnico y geognóstico del sub suelo mediante perforación diamantina*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima: Universidad Particular Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería Civil.
- Garay, H. Z. (2014) *Análisis de vías de agua de brocas de perforación diamantina mediante simulación numérica*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Mecánico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Manual de perforación australiano (2009), *Colin Barden Rod Me Callum Paul Jones*.
- Rios, P. C. A. (2005), *Metodología de caracterización de un material compuesto de matriz metálica con partículas de refuerzo*. Tesis para optar por el Título de Ingeniero Mecánico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Riquelme, C. C., Disney J. (2017), *Determinación de Controles, en las Actividades de Perforación Diamantina en la Unidad Minera Cerro Lindo*.
- Salas, V. A. (2016) *Análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación en diamantina utilizando la metodología DMAIC*.
- Sanga, C. F.(2017), *Implementación de controles para una adecuada gestión de SSOMA en las actividades de perforación diamantina en Xplomine S.A.C en la UM-Las Bambas*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas. Puno: Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ingeniería de Minas.

Swarz, M. (2013). *Perforación diamantina de proyectos mineros*

Urteaga, G. J. (2016) *Optimización de Perforación diamantina, aumentando la viscosidad de los fluidos de perforación, en la Minera Condestable*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Carrera de Ingeniería de Minas.

ANEXOS

ANEXO N° 1: Maquina diamantina y tinas de lodos



ANEXO N° 2: Tina de lodos



ANEXO N° 3: Bomba chamber de lodos



ANEXO N° 4: Aditivos de perforación



ANEXO N° 5: Tubo interior



ANEXO N° 6: Máquina perforadora diamantina H400 – 03A



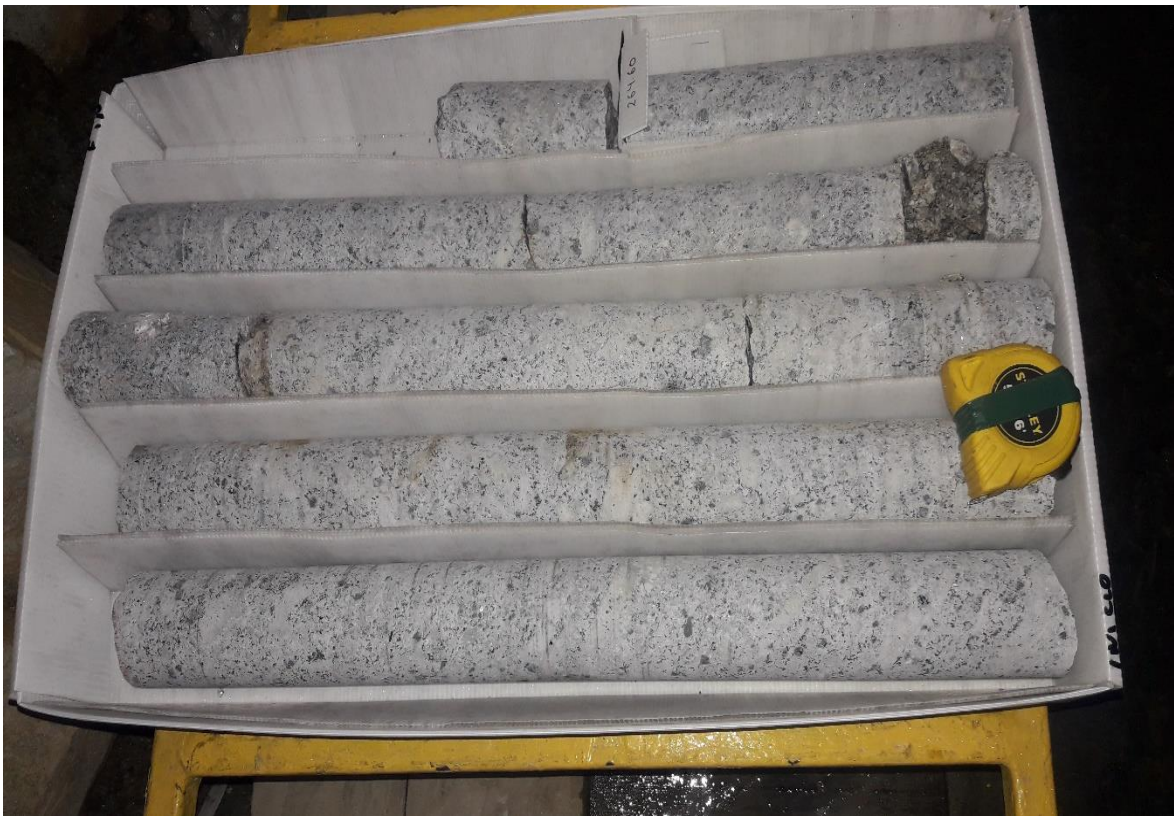
ANEXO N° 7: Panel de mandos



ANEXO N° 8: Testigo



ANEXO N° 9: Testigos o muestra



ANEXO N° 10: Brocas Hayden



ANEXO N° 11: Serie de Broca Hayden



ANEXO N° 12: Cámara de perforación



ANEXO N° 13: Herramientas



ANEXO N° 14: Tuberías de perforación diamantina



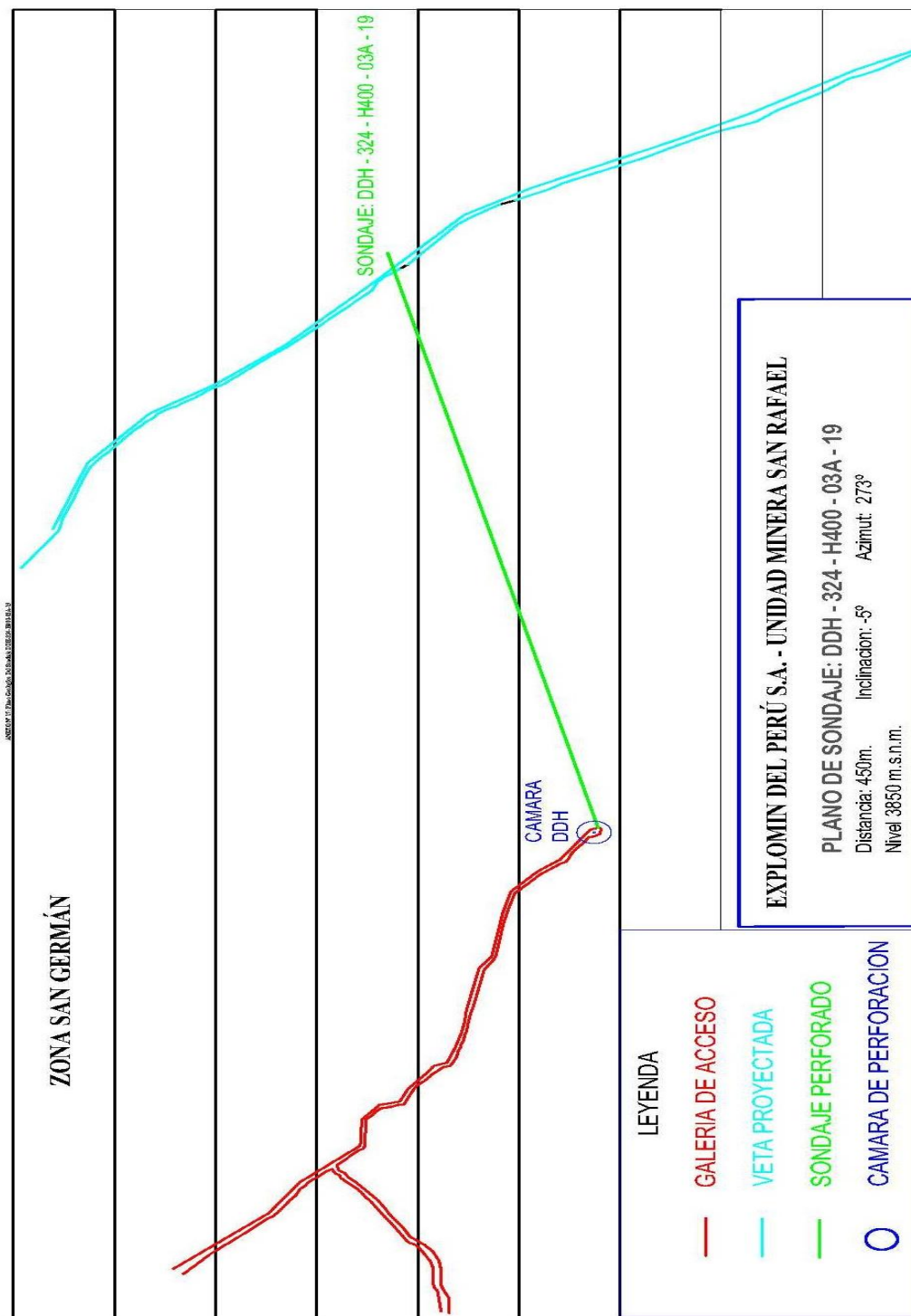
ANEXO N° 15: Brocas JC Portal



ANEXO N° 16: Brocas JC Portal



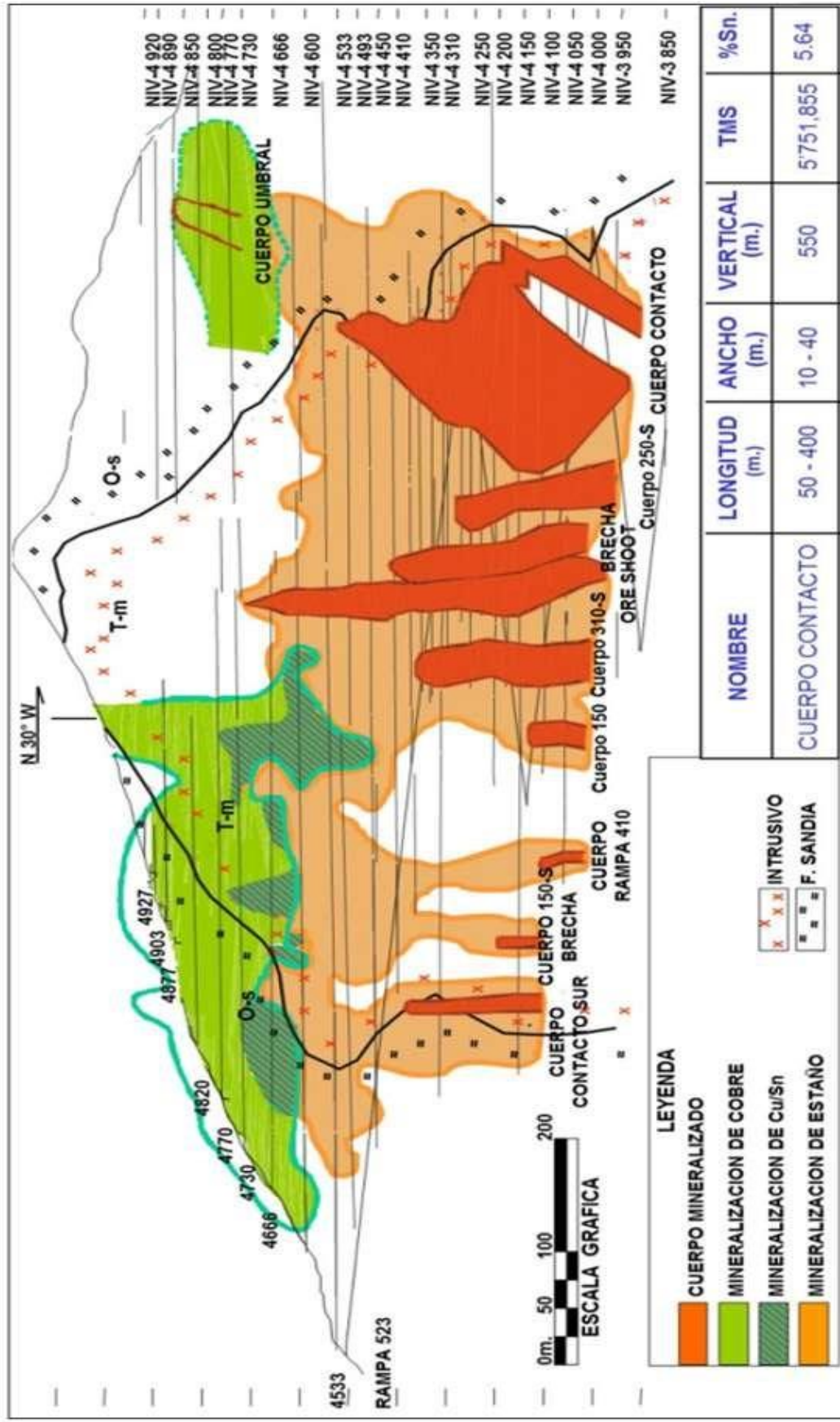
ANEXO N° 17: Plano Geologico Del Sondaje DDH-324-H400-03A-19



ANEXO N° 18: Plano geológico de mineralización de estaño - cobre

MINERALIZACION DE ESTAÑO Y COBRE, UNIDAD MINERA SAN RAFAEL

FIGURA 10.- ZONEAMIENTO DE MINERALIZACION ESTAÑO-COBRE



ANEXO N° 19: Datos de sondaje



Cuadro resumen del sondaje DDH-324-H400-03A-19

Fecha	Sondaje	Broca	Inclin. Prog.	Inclin. Medida	Izimit Prog.	Izimit Medida
09/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.885	273	272.831
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.574	273	272.938
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.951	273	273.468
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.124	273	273.625
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.075	273	273.786
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.088	273	273.622
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.233	273	273.635
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.223	273	273.804
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.183	273	273.899
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.234	273	274.111
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.094	273	274.401
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.14	273	274.591
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.173	273	274.694
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.298	273	274.837
10/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.951	273	274.922
11/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.284	273	275.031
11/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.079	273	275.084
11/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.939	273	275.149
11/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.997	273	275.154
11/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.232	273	275.212
12/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.094	273	275.274
12/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.17	273	275.085
12/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.004	273	275.223
13/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.314	273	275.414
13/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.03	273	275.462
13/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.285	273	275.424
13/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.118	273	275.375
13/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.998	273	275.341
13/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.874	273	275.422
13/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.798	273	275.517
13/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.84	273	275.641
14/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.681	273	275.616
14/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.492	273	275.704
14/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.722	273	275.776
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.765	273	275.946
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.8	273	275.795
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.446	273	275.817
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.516	273	275.842
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.56	273	275.856
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.62	273	276.051
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.592	273	276.278
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.206	273	276.241
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-5.049	273	276.023
15/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-4.968	273	275.958

19/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-4.938	273	276.137
19/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-4.925	273	276.033
19/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-4.921	273	275.993
19/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-4.991	273	276.068
19/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-4.771	273	276.152
19/07/2019	DDH-324-H400-03A-19	H-8A.4-HA59378-13	-5°	-4.601	273	276.233
Mínimo:				-5.885		272.831
Máximo:				-4.601		276.278
Promedio:				-5.26		275.15