



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



**REDUCCIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA
MEDIANTE LAS BROCAS LONGYEAR EN LA CONTRATA
MINERA GEODRILL S.A.C. – AREQUIPA.**

TESIS

PRESENTADA POR:

EDY NELSON VILCA BARRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Reducción de costos de perforación dia
mantina mediante las brocas Longyear e
n la contrata minera Geodrill S.A.C. - Are
quipa**

AUTOR

Edy Nelson Vilca Barra

RECuento DE PALABRAS

11540 Words

RECuento DE CARACTERES

63279 Characters

RECuento DE PÁGINAS

83 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 25, 2024 12:48 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 25, 2024 12:49 PM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


Dr. Anibal Sucari León
DOCENTE
E.P. DE INGENIERÍA DE MINAS
UNA - PUNO



Resumen



DEDICATORIA

A mi querido padre Primitivo Vilca Carbajal, y mi querida madre, Vicentina Barra Huanca por su apoyo incondicional para culminar todas las etapas de mi vida estudiantil hasta obtener mi título profesional. Gracias por motivarme y darme los buenos consejos en la vida, por ser la fortaleza y por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos difíciles que nos presentaron. Este logro es gracias a todos ustedes querida familia.

A mi compañera de vida Luz Roxana Hanco Flores y mi hijo Dinelson Vilca Hanco, por apoyar moralmente en los momentos más críticos, hasta lograr mi profesión como Ingeniero de Minas.

Edy Nelson Vilca Barra.



AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a Dios, por conceder salud y vida para desarrollar mi conocimiento para lograr mi profesión en el área de ciencias de la minería.

A la plana docente de la Facultad de Ingeniería de Minas, por sus sabias enseñanzas en beneficio y bienestar de mi persona.

Edy Nelson Vilca Barra.



ÍNDICE DE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE DE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	15
1.2.1. Pregunta general	15
1.2.2. Preguntas específicas	15
1.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	15
1.3.1. Hipótesis general.....	15
1.3.2. Hipótesis específicas.....	15
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	16



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.2.	MARCO TEÓRICO	21
2.2.1.	Perforación diamantina	21
2.2.2.	Componentes principales de un sistema de perforación diamantina	22
2.2.3.	Partes de un equipo de perforación diamantina	22
2.2.4.	El procedimiento de perforación diamantina.....	28
2.2.5.	Brocas de perforación diamantina	34
2.2.6.	Propiedades de brocas y tubos de perforación diamantina	37
2.2.7.	Costos.....	38
2.2.8.	Definición de costos.....	38
2.2.9.	Costos de operación	40
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	40

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN	43
3.2.	ACCESIBILIDAD	44
3.3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.3.1.	Tipo de investigación.....	45
3.3.2.	Enfoque de la investigación.....	45
3.3.3.	Diseño de investigación	46
3.4.	POBLACIÓN	46
3.5.	MUESTRA.....	46
3.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	47



3.6.1. Variable independiente	47
3.6.2. Variable dependiente	47
3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	47
3.7.1. Técnicas	47
3.7.2. Instrumentos de recolección de datos	48
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA CON LAS BROCAS	
HAYDEN	49
4.2. COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA CON LAS BROCAS	
LONGYEAR.....	53
4.3. REDUCCIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA	57
4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS	60
4.5. DISCUSIÓN	63
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES	66
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	70

ÁREA: Ingeniería de Minas.

TEMA: Análisis de costos mineros y comercialización de minerales.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31 de enero de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Diámetro de coronas de perforación	24
Tabla 2 Coordenadas de la concesión donde se realizó la perforación diamantina ..	43
Tabla 3 Accesibilidad a la Unidad Minera Bateas S.A.C. desde la ciudad de Lima	45
Tabla 4 Operacionalización de variables	47
Tabla 5 Mano de obra con brocas Hayden.....	49
Tabla 6 Máquina perforadora para brocas Hayden.....	50
Tabla 7 Accesorios de perforación para brocas Hayden.....	50
Tabla 8 Materiales de perforación para uso con brocas Hayden	51
Tabla 9 Herramientas y otros materiales para brocas Hayden.....	51
Tabla 10 Implementos de seguridad con brocas Hayden.....	52
Tabla 11 Mano de obra con brocas Longyear.....	53
Tabla 12 Máquina perforadora para brocas Longyear	54
Tabla 13 Accesorios de perforación para brocas Longyear	54
Tabla 14 Materiales de perforación para uso de broca Longyear	55
Tabla 15 Herramientas y otros materiales para uso con brocas Longyear.....	55
Tabla 16 Implementos de seguridad con brocas Longyear.....	56
Tabla 17 Resumen de los costos de perforación diamantina	57
Tabla 18 Costo total de avance diario con brocas Hayden.	59
Tabla 19 Costo total de avance diario con brocas Longyear.	60
Tabla 20 Estadística de la muestra emparejadas.	61
Tabla 21 Correlación de muestra emparejadas	61
Tabla 22 Prueba t de student para las muestras emparejadas	62



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Máquina de perforación y sus componentes.....	23
Figura 2 Escariador	25
Figura 3 Tuberías de perforación.....	25
Figura 4 Tuberías de perforación.....	26
Figura 5 Esquema del barril armado con escariador y corona.....	27
Figura 6 Bomba de lodos	27
Figura 7 Caja porta testigo	28
Figura 8 Procedimiento de la perforación diamantina	34
Figura 9 Broca para perforación diamantina	35
Figura 10 Brocas de corte tipo Longyear.....	36
Figura 11 Brocas de corte tipo Hayden.....	37
Figura 12 Ubicación de la Minera Bateas S.A.C. - Arequipa.....	44
Figura 13 Comparación de costos del proyecto.....	58



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Mapa de ubicación del proyecto.....	70
ANEXO 2 Fotografías de perforación diamantina	71
ANEXO 3 Plataforma de trabajo y poza de perforación	72
ANEXO 4 Tubos de perforación diamantina y brocas utilizadas	73
ANEXO 5 Cotizaciones adquiridas de las brocas	74
ANEXO 6 Brocas de especialidad Longyear	75
ANEXO 7 Cuadro de brocas (Longyar) en Escala de dureza de MOHS	76
ANEXO 8 Tabla comparativa de series de brocas - Hayden	77
ANEXO 9 Reporte geomecánico en sistema RMR.....	78
ANEXO 10 Plano de perforación del sondaje LF70-03.....	80
ANEXO 11 Resumen del sondaje diamantino LF70-03	81
ANEXO 12 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	82
ANEXO 13 Autorización para el depósito de en Repositorio Institucional.....	83



ACRÓNIMOS

SAC:	Sociedad Anónima Cerrada
US\$:	Dólar americano
UTM:	<i>Universal Transversal Mercator</i>
Tm:	Tonelada métrica
m ³ :	Metro cúbico
RMR:	<i>Rock Mass Rating</i>
m:	Metro
Nº:	Número
Ft:	Pies



RESUMEN

La Contrata Minera GeoDrill S.A.C.– Arequipa, realiza trabajos de perforación diamantina con la finalidad de determinar la continuidad de la mineralización, en el proyecto de exploración tienen programado realizar 390 metros de perforación diamantina. La evaluación inicia a partir de los 42 metros perforados, identificando el consumo excesivo de brocas Hayden lo cual representa un costo elevado, debido al desgaste. Se planteó como objetivo de reducir los costos de perforación diamantina en la Contrata Minera Geodrill S.A.C. – Arequipa. La metodología aplicada fue el enfoque cuantitativo, y el diseño de investigación no experimental y de tipo longitudinal. Se realizó la evaluación con las brocas Hayden y Longyear; lo cual se consideró, rendimiento de las brocas; en donde se recopilaron los datos durante 9 días con las brocas Hayden y 9 días con las brocas Longyear. Finalmente se llegó al resultado que mediante el remplazo de brocas Hayden por las brocas Longyear, el costo de perforación diamantina se redujo de 26,35 US\$/m a 24,56 US\$/m, logrando una diferencia de 1,79 US\$/m. En conclusión, el remplazo de brocas Hayden por brocas Longyear genero una reducción de costos de la perforación diamantina de 6.8% en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C.– Arequipa.

Palabras clave: Brocas, costos, diamantina, perforación, reducción.



ABSTRACT

Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa, carries out diamond drilling work in order to determine the continuity of the mineralization. In the exploration project, they are scheduled to carry out 390 meters of diamond drilling. The evaluation begins with 42 meters drilled, identifying the excessive consumption of Hayden drill bits, which represents a high cost, due to wear. The objective was set to reduce diamond drilling costs at Contrata Minera Geodrill S.A.C. – Arequipa. The methodology applied was the quantitative approach, and the non-experimental and longitudinal research design. The evaluation was carried out with Hayden and Longyear drill bits; which was considered, performance of the drill bits; where data was collected for 9 days with Hayden bits and 9 days with Longyear bits. Finally, the result was reached that by replacing Hayden bits with Longyear bits, the cost of diamond drilling was reduced from 26.35 US\$/m to 24.56 US\$/m, achieving a difference of 1.79 US\$/m. m. In conclusion, the replacement of Hayden drill bits with Longyear drill bits generated a 6.8% cost reduction in diamond drilling at Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.

Key words: Drill bits, costs, diamond, drilling, reduction.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las diferentes empresas mineras del Perú, están sujetos a conocer la profundidad de la mineralización del yacimiento a explotar, las perforaciones diamantinas realizan estas operaciones mineras y existen diversas empresas contratistas. En este caso la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa, desarrolló las perforaciones diamantinas con la finalidad de conocer la profundidad de la mineralización en una distancia programada de 390 metros de profundidad. Al evaluar la perforación diamantina a una longitud de 42 metros de profundidad, se detectó los problemas de costos elevados de perforación diamantina.

La causa fundamental fue, que las brocas utilizadas en la perforación diamantina fueron de bajo rendimiento requiriendo el cambio permanente, así mismo el desgaste prematuro de las brocas Hayden, que genero elevados costos en la perforación diamantina. Donde se ha optado remplazar y utilizar otro tipo de broca, los cuales fueron favorables para la rentabilidad y rendimiento en la contrata minera.

De continuar referente a los costos elevados en perforación diamantina en la contrata minera, se tendría afectado el avance óptimo en la continuación de proyecto de exploración, del mismo modo afectaría los costos de manera negativa y generando pérdidas del presupuesto programado en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.2.1. Pregunta general

¿Cómo se reduce los costos de perforación diamantina con las brocas Longyear en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa?

1.2.2. Preguntas específicas

¿Cuál es el costo de perforación diamantina con las brocas Hayden en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa?

¿Cuál es el costo de perforación diamantina con las brocas Longyear en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa?

1.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

El remplazo de brocas Hayden por Longyear reduce los costos de perforación diamantina en la Contrata Minera Geodrill SAC – Arequipa.

1.3.2. Hipótesis específicas

La perforación diamantina con las brocas Hayden tiene costos elevados en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.

La perforación diamantina con las brocas Longyear tiene un costo bajo en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.



1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Reducir los costos de perforación diamantina mediante las brocas Longyear en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar los costos de perforación diamantina con las brocas Hayden en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.

Determinar los costos de perforación diamantina con las brocas Longyear en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa, en la ejecución de la perforación diamantina en la Minera Bateas S.A.C., tuvo problemas de elevados costos de perforación diamantina con el uso de las brocas Hayden y como alternativa reemplazó y utilizó las brocas Longyear con la finalidad de reducir los costos de perforación diamantina.

A mismo, para comprobar la profundidad de la mineralización del yacimiento en la quebrada Esperanza, realizó la perforación diamantina de la estructura del macizo rocoso en una longitud promedio de 390 metros en línea recta., dichas operaciones fueron realizadas por la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.

La investigación es importante porque permitió conocer la profundidad de la mineralización del yacimiento a explotar, prolongando la vida en la Unidad Minera, además garantizó la continuidad de la explotación minera, generando mejores beneficios económicos a la empresa minera.



El estudio se realizó también con la finalidad de aportar al conocimiento existente referente a la reducción de costos de perforación diamantina, nuevas teorías y conceptos utilizados por diferentes autores del área de Ingeniería de Minas y generar conocimiento para realizar otras investigaciones similares por los futuros egresados de la Facultad de Ingeniería de Minas de la UNA- Puno y ramas afines.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Otiniano (2023) en su investigación “Reducción de costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas kraken en un proyecto minero de Pataz – 2021”. Tuvo como objetivo principal de este estudio fue disminuir los gastos asociados a la perforación diamantina al introducir las brocas Kraken en un proyecto minero en Pataz. La metodología de la investigación fue de tipo no experimental y transversal, empleando una muestra obtenida de 2 perforaciones (HQ-NQ) realizadas por la empresa minera Redrilsa. Se eligieron 4 brocas de la marca Fordia - Kraken y 4 brocas de la marca Coretech - Fórmula para su evaluación, se encontró el problema de costos elevados de perforación diamantina, identificados durante el análisis del avance lineal de la broca Fórmula. Los criterios considerados incluyeron las características de las brocas y la dureza del terreno. Se determinó que al utilizar las brocas Kraken, se logró una reducción de los costos de perforación diamantina en 1.86 USD/m en la línea HQ y 2.91 USD/m en la línea NQ en comparación con los costos asociados a la broca Fórmula. En resumen, la implementación de las brocas Kraken demostró ser eficaz para alcanzar una disminución significativa en los costos de perforación en este proyecto minero específico.

Del Portal (2020) en su estudio de investigación “Comparación de Brocas de perforación diamantina coretech y boart longyear para determinar su rendimiento en el terreno del distrito minero de Parcoy y anexo de Llacuabamba en 2019”, la finalidad es comparar brocas de perforación diamantina utilizando la misma máquina de perforación. Se considera el avance total de la broca en un proyecto de perforación específico, así como las ganancias generadas por ella. Posteriormente, se contrastan los resultados de las



brocas de diferentes marcas para determinar cuál tuvo un rendimiento superior. Según este análisis, se concluyó que algunas brocas de la marca Boart Longyear, dentro de una serie específica, exhibieron un rendimiento superior. Es relevante destacar que estos resultados no se comparten, lo que lleva a que todas las empresas realicen este mismo procedimiento, incurriendo así en los mismos costos. En cuanto a las ganancias generadas, la serie Anaranjado de Boart Longyear demostró un mejor desempeño que la serie F12-14 de Coretech, mientras que la serie F9 de Coretech superó a la serie Verde de Boart Longyear.

Contreras (2019) en su trabajo de investigación se detalla la optimización de la "Aplicación de nuevos métodos de perforación con diamante para abordar problemas en terrenos fracturados en Corocchohuayco - Compañía Minera Antapaccay en 2018". El objetivo principal de este estudio es identificar los procedimientos innovadores de perforación para resolver desafíos en terrenos fracturados. La metodología de investigación se describe como descriptiva y analítica de campo, no experimental. Para abordar los problemas en terrenos fracturados, la empresa optó por implementar nuevos métodos de perforación con diamante después de analizar y detectar pérdidas en las zonas perforadas. Se demostró que las fallas de perforación están directamente relacionadas con factores como la herramienta, las habilidades y el conocimiento del personal de perforación, así como el uso adecuado de materiales aditivos. se llegó a la conclusión de que era necesario implementar nuevos procedimientos de perforación. Estos cambios han llevado a una reducción de pérdidas económicas y retrasos operativos, según informes estadísticos presentados durante el año 2018.

Alvares (2019) en su estudio de investigación de optimización de costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno. El objetivo de la investigación es mejorar



la eficiencia de los costos en la perforación diamantina utilizando las brocas Hayden. La metodología empleada en este estudio comprende inicialmente la evaluación de las operaciones de perforación diamantina utilizando las brocas JC Portal. Concluye que mediante el cambio de broca JP Portal por brocas Hayden, el costo de perforación diamantina se optimizó de 11,44 US\$/m a 10,50 US\$/m, obteniendo un beneficio de 0,94 US\$/m, en la Zona San German de la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Urteaga y Cotrina (2016) en su trabajo de “Optimización de la perforación con diamantina mediante el aumento de la viscosidad de los fluidos de perforación en Minera Condestable”. La meta de este estudio es mejorar la eficiencia en la obtención de muestras de perforación en los taladros realizados por la Empresa Boart Longyear SAC en Minera Condestable. Esto se logrará mediante la aplicación de parámetros adaptados a las características del terreno, con el objetivo de aumentar la representatividad de las muestras obtenidas en los taladros diamantinos, donde se determina que, al aumentar la viscosidad de los fluidos de perforación, los gastos de perforación con diamantina se han minimizado en 1,16 US\$/m, de 13,52 US\$/m a 12,36 US\$/m. por consiguiente para una perforación óptima, es esencial identificar los tipos de aditivos y los tipos de brocas.

Garay (2014) en su trabajo de investigación acerca del “Análisis de vías de agua de brocas de perforación diamantina mediante simulación numérica”, su propósito consiste en evaluar el rendimiento de las brocas y el desgaste asociado a cada configuración geométrica. Se llevaron a cabo pruebas experimentales, específicamente ensayos de perforación, en las instalaciones de la compañía Boyles Bros Diamantina. De acuerdo con los resultados obtenidos, se ratifica que la modificación de la geometría de las vías de agua tiene un efecto positivo en el rendimiento de la broca. La simulación numérica muestra un flujo de fluido más eficiente, marcado por vectores de velocidad de



mayor magnitud y áreas de turbulencia más uniformes. Esto se refleja en una mejora en la capacidad de enfriamiento de la broca de perforación.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Perforación diamantina

Según Schwars (2013) menciona los siguientes conceptos.

La perforación diamantina implica el uso de una broca con incrustaciones de diamante para perforar la roca y obtener un testigo de la misma. Este testigo se extrae, registra y se coloca en las cajas porta testigos para su adecuada protección y almacenamiento en el almacén de testigos. Se utilizan brocas diamantadas en el proceso, ya que el diamante es el material más duro y con mayor capacidad térmica en el mundo, lo que le permite funcionar como una herramienta de corte altamente efectiva para cortar la roca necesaria y recuperar las muestras del yacimiento mineralizado de manera conveniente.

La perforación diamantina puede emplearse en una fase inicial para delinear cuerpos mineralizados y determinar la presencia de mineralización en un yacimiento o proyecto minero. Asimismo, puede utilizarse en etapas posteriores para ampliar las reservas existentes. También se aplica en perforaciones de mina, sirviendo como perforaciones de control para la producción o perforaciones confirmatorias en la profundización en el interior de la mina con el objetivo de cuantificar nuevas reservas minerales.



2.2.2. Componentes principales de un sistema de perforación diamantina

Según Castilla y Herrera (2012) mencionan los siguientes componentes.

- **La sonda o equipo.**

Es la fuente de energía mecánica generada por sus componentes, que incluyen la torre, el cabezal giratorio y la prensa de barras, entre otros.

- **Las herramientas de perforación.**

Incluyen las varillas o collarín de perforación, que corresponden al medio de transferencia de energía mecánica, así como la broca o martillo, que es el instrumento que aplica la energía mecánica a la roca.

- **Fluido de perforación o barrido.**

Este fluido limpia el pozo y evacua el núcleo (testigos) o los restos de la perforación.

2.2.3. Partes de un equipo de perforación diamantina

- **Máquina de perforación.**

Consta de un motor, que impulsa un sistema de transmisión giratorio a un cabezal que aloja el tubo de perforación y tiene una broca de diamante en el extremo. El cabezal puede girar 360° en un plano vertical, lo que permite perforar con la inclinación deseada. El avance se acciona mediante un sistema hidráulico a través de pistones situados en el cabezal de la máquina y separados entre sí de 3 metros (Castilla y Herrera, 2012).

Figura 1

Máquina de perforación y sus componentes.



Nota: (Tomada de Atlas Copco, 2010).

- **Sarta de perforación**

La serie de perforación cumple la función de transferir y soportar tanto los esfuerzos axiales como de torsión. Asimismo, se encarga de orientar y posicionar la dirección del pozo, permitiendo el flujo de fluidos para enfriar tanto el pozo como la broca. Esta serie abarca componentes como la corona, el escariador, el estabilizador del tubo interior, el tubo exterior, el bloqueo, el tubo interior y el culatín (Castilla y Herrera, 2012).

- **Coronas de perforación**

Las brocas o coronas son una de las partes más importantes de una perforación con diamante. Están situadas delante de la barra de perforación y se utilizan para cortar la roca y acelerar la perforación. Como las brocas de diamante son brocas de sección anular, se corta una muestra cilíndrica de la roca y se coloca

en el barril de perforación directamente detrás de la broca a medida que avanza la perforación. Existen diversas categorías de brocas, cada una diseñada para cumplir una función específica, tales como brocas de diamante, brocas insertadas con diamante, brocas impregnadas de diamante, brocas con insertas de carburo de tungsteno y brocas fabricadas con carburo de tungsteno triturado (Fernández et al., 2015).

Tabla 1

Diámetro de coronas de perforación

Designación	Diámetro muestra (mm)	Diámetro taladro (mm)
BQ	36,5	60,1
NQ	47,6	75,8
HQ	63,5	96,5

Nota: (Tomada de Fernández et al., 2015).

- **Escariador (Reaming Shell)**

El escariador está situado inmediatamente detrás de la broca y tiene dos objetivos. La primera es mantener el diámetro nominal de la perforación a lo largo del pozo, lo que permite introducir una nueva broca en el pozo sin que se atasque. La segunda función del escariador es estabilizarlo el barril porta testigo, evitando un desgaste excesivo en el extremo inferior y evitando las oscilaciones de la corona (Fernández et al., 2015).

Figura 2

Escariador



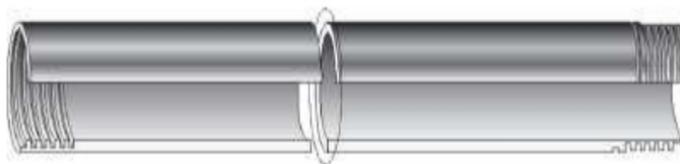
Nota: (Tomada de Fernández et al., 2015).

- **Barras de perforación**

Las barras de perforación son tubos de aceros especiales con roscas en sus extremos y de diámetro externo inferior al de la corona correspondiente, ya que por ese espacio (entre las paredes del pozo y el exterior de las barras) asciende la inyección que lleva la roca molida desde el fondo del pozo (Fernández et al., 2015).

Figura 3

Tuberías de perforación



Fuente: (Tomada de Lambert, 2000).

- **Tuberías de perforación**

Las barras o tubos de perforación, que tienen un diámetro mayor que las barras de perforación, tienen la función principal de estabilizar el material de

revestimiento y las formaciones inestables con tendencia al colapso (Herrera y Castilla, 2012).

Figura 4

Tuberías de perforación



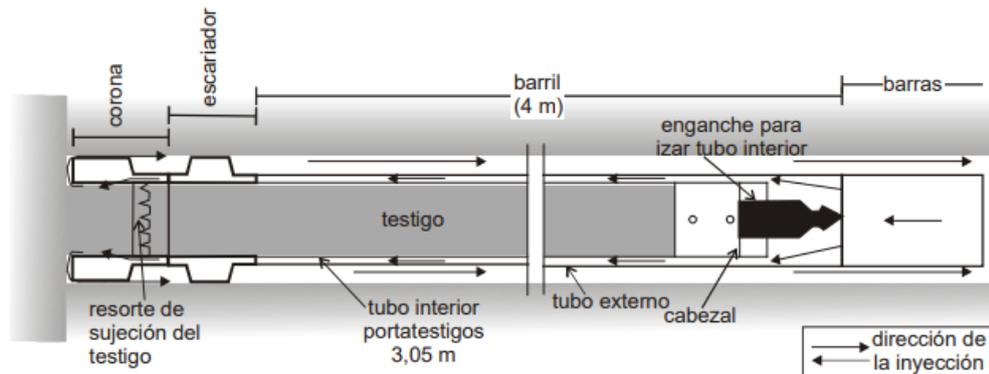
Nota: (Tomada de Salas, 2016).

- Barril saca testigo (Corel Barrel)

El saca-núcleos o barril porta testigos retiene la muestra en el tubo interior que la broca corta de la roca en un sistema de perforación con cable, lo que permite extraer la muestra del fondo del pozo sin la necesidad de retirar todo el equipo de perforación. Los siguientes componentes son estándar en todos los saca-núcleos de cable: boquilla, soporte de resorte, resorte, pestillo y tubo interior (Fernández et al., 2015).

Figura 5

Esquema del barril armado con escariador y corona



Nota: (Tomada de Fernández et al., 2015).

- **Bomba de lodos**

La principal tarea de la bomba de lodo es hacer circular el material de lavado a lo largo de la serie de perforación desde la fuente de lodo hasta la parte inferior del pozo, por lo cual su función principal es proporcionar un flujo de fluido continuo y uniforme con poca variación (Fernández et al., 2015).

Figura 6

Bomba de lodos



Nota: (Tomada de Atlas Copco 2010).

- **Cajas porta testigos**

Se trata de una caja rectangular de madera dura o contrachapada cuyas dimensiones varían en función del tipo de perforación. Esta caja contiene 5 secciones internas, todas las muestras extraídas después de cada perforación deben entregarse directamente en la caja testigo desde el tubo interior, donde podrán ser analizadas. Las muestras deben colocarse de forma ordenada, dejando los agujeros correspondientes si no se recupera un núcleo durante algún movimiento. La profundidad a la que pertenece la muestra suele indicarse en el exterior de la caja (Castilla y Herrera, 2012).

Figura 7

Caja porta testigo



Nota: (Tomada de Salas, 2016)

2.2.4. El procedimiento de perforación diamantina.

El proceso de perforación con diamante se divide en 16 subprocesos consecutivos que se clasifican en tres etapas:



- **Etapa de Pre – Perforación.**

- **Recepción de plataforma.**

Para comenzar la perforación diamantina, se planifica una visita al campo con el objetivo de familiarizarse con la ubicación. Posteriormente, se procede con el traslado del personal y se lleva a cabo una evaluación técnica y visual detallada del lugar (López, 2013).

- **Traslado a plataforma.**

Se refiere al procedimiento de llevar bienes, instrumentos, herramientas y equipos al sitio de trabajo (López, 2013).

- **Instalación de plataforma.**

Se organiza la conexión del cableado eléctrico con la subestación para proporcionar electricidad y conectarlo a la plataforma. Luego, se implementa un plan de trabajo para la instalación de equipos y herramientas, instrumentos y suministros. A continuación, se despeja y limpia el lugar para preparar la instalación de las barreras de seguridad duras. Una vez colocados los obstáculos, se procede a dar a la sonda la inclinación adecuada para su posterior anclaje (López, 2013).

- **Puesta en marcha.**

En una primera fase, se enciende la unidad de fuerza, seguida por la puesta en marcha de la bomba de fluidos (López, 2013).



- **Instalación de herramienta.**

Se procede a la instalación de las varillas y los tubos interiores, dependiendo de si la perforación es positiva o negativa. En una perforación positiva (inclinación superior a 0° vertical) se instala un acoplamiento de relleno para evitar la fuga de fluido durante el ascenso del tubo interior. Para un pozo negativo (inclinación inferior a 0° vertical), colocamos manualmente las varillas antes de introducir manualmente el tubo interior (Lambert, 2000).

- **Inyección del fluido combinado**

Se empieza con la preparación del fluido combinando los polímeros con el agua y así crear una mezcla homogénea, seguida de la instalación del cabezal inyector en la parte superior del cabezal para comenzar la inyección del fluido (Lambert, 2000).

- **Etapas de Perforación**

- **Comenzar la perforación**

Se procede a verificar los resguardos de los componentes móviles y las barreras duras, luego comience el proceso de rotación y perforación sin perder de vista las indicaciones de perforación (Herrera y Castilla, 2012).

- **Extracción del estrato**

Se introduce la muestra del macizo rocoso en el tubo interior y se comprueban los indicadores de presión hasta que la muestra se llene por



completo. La perforación y la inyección de fluido se detienen una vez que el tubo interior está lleno, y se corta el estrato (López, 2013).

- **Extracción del tubo interior**

Las perforaciones positivas comienzan con la elevación del pescante conectado al cable de acero. Se sujeta la caja de relleno a la serie de perforación para controlar la presión del agua hasta que el pescante entre en contacto con el collar. Luego, se produce su descenso y, finalmente, se coloca el tubo interior en el soporte. En el caso de las perforaciones negativas, el descenso del pescante atado al cable metálico hasta que contacte con el collarín para su ascenso y posterior desacoplamiento, seguido de la colocación del tubo interior en el soporte (Lambert, 2000).

- **Extracción de testigos**

La técnica será diferente según se trate de una extracción geológica o geotécnica. Para la extracción geológica se desacoplan el soporte de muelles y el collar del tubo interior y se deposita el testigo en la caja de testigos por percusión. Para la extracción geotécnica se desacoplan el porta-muelle y el collarín del tubo interior, y a continuación se conecta un dispositivo que se acopla a presión al tubo interior tras la introducción de agua a presión para la evacuación de la muestra y los restos en la caja de machos (Castilla y Herrera, 2012).



- **Movimiento de accesorios de la perforación diamantina.**

Este procedimiento tiene tres funciones distintas: inserción y extracción de la varilla, modificación de la entrada de la perforación y reducción del diámetro. Las barras de perforación se manipulan manualmente para su acoplamiento o desacoplamiento antes de la sincronización del comando de control para la inserción o retirada de la barra. Cuando hay que modificar las entradas de perforación, se comienza con el ascenso o descenso de las barras de perforación, seguido de la evacuación de la tubería exterior a la superficie para un examen técnico visual. A continuación, se sustituye la barra de perforación y se baja o se eleva la barra de perforación. El hecho de que la perforación sea positiva o negativa determinará la disminución del diámetro. Si la perforación es satisfactoria, se retira la herramienta para sustituir la entrada de perforación (zapata), y las barras se elevan hasta el fondo del pozo y se fijan a la corona del túnel. La broca se encoge hasta un diámetro reducido antes de insertar la sarta de varillas encogidas en el revestimiento fijado a la broca. Del mismo modo, para la perforación negativa, se retira la herramienta para cambiar la entrada de la perforación (zapata), se cambian las mordazas a un diámetro menor, se bajan las barras y, por último, se baja el tren de barras de menor diámetro (Herrera y Castilla, 2012).

- **Etapas después de la perforación**

- **Encajado de las muestras**

El encajado de la muestra vendrá determinado por el objetivo de la perforación, que puede ser geológico o geotécnico. En el caso de una



muestra geológica, la muestra se traslada manualmente del soporte a la caja de testigos, se colocan los tapones correspondientes y se cierra la caja. La técnica para una muestra geotécnica es la misma que para una muestra geológica, la diferencia es que la muestra se descarga en ángulo (Castilla y Herrera, 2012).

- **Medición de trayectoria**

Medición de la trayectoria Todo comienza con la inspección del equipo para comprobar que está en buen estado de funcionamiento para su montaje manual. Una vez que el instrumento se acopla al pescante en el fondo del pozo, se continúa recogiendo datos cada 3 metros hasta llegar a la cima, momento en el que se desarma y se almacena (Lambert, 2000).

- **Termino de sondaje**

El procedimiento comienza con el traslado de las herramientas y termina con el desmontaje de la plataforma. El movimiento de la herramienta vendrá determinado por si la perforación es positiva o negativa. La perforación positiva comienza con la retirada de las barras de perforación, seguida de la retirada de las barras de revestimiento cortando el anclaje y apilándolas en un sector del emplazamiento. La perforación negativa comienza con la retirada de las barras de perforación, seguida de la retirada de las barras de revestimiento y su almacenamiento en un sector de la posición. Los amarres de la sonda se cortan durante el procedimiento de desmontaje, al que sigue el desmontaje de la plataforma y, por último, se desconecta la energía eléctrica (Castilla y Herrera, 2012).

- **Entrega de la plataforma**

Comienza con la visita del cliente al emplazamiento para una evaluación técnica y termina con el abandono de la postura (López, 2013).

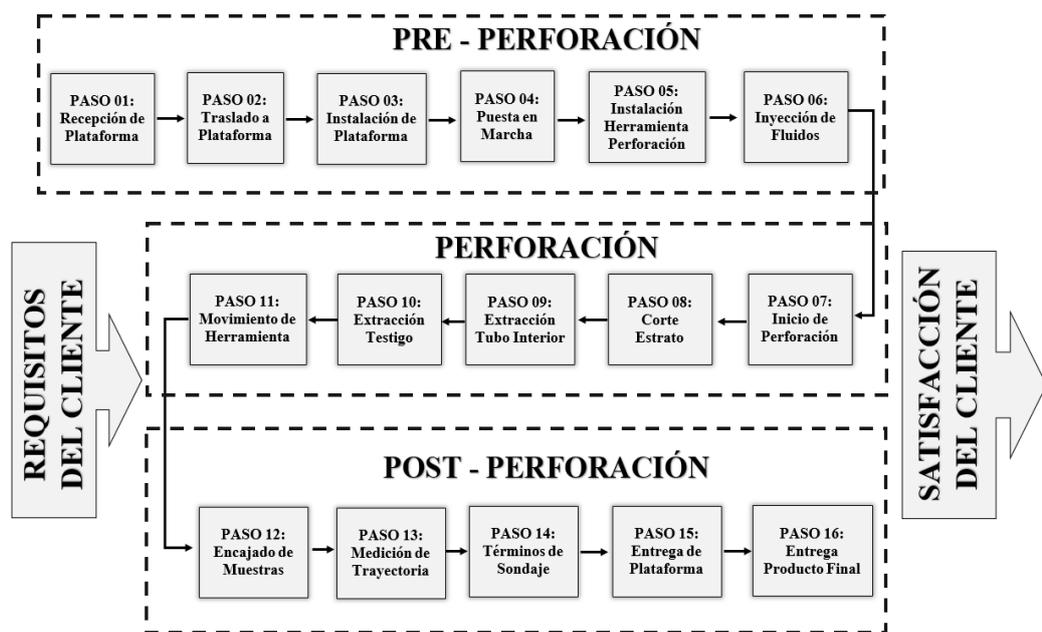
- **Entrega del producto final**

Las cajas se introducen en el vehículo y se conducen hasta el lugar donde se procesarán las muestras.

Se muestra más gráficamente en la siguiente figura:

Figura 8

Procedimiento de la perforación diamantina



Nota: (Tomada de Salas, 2016).

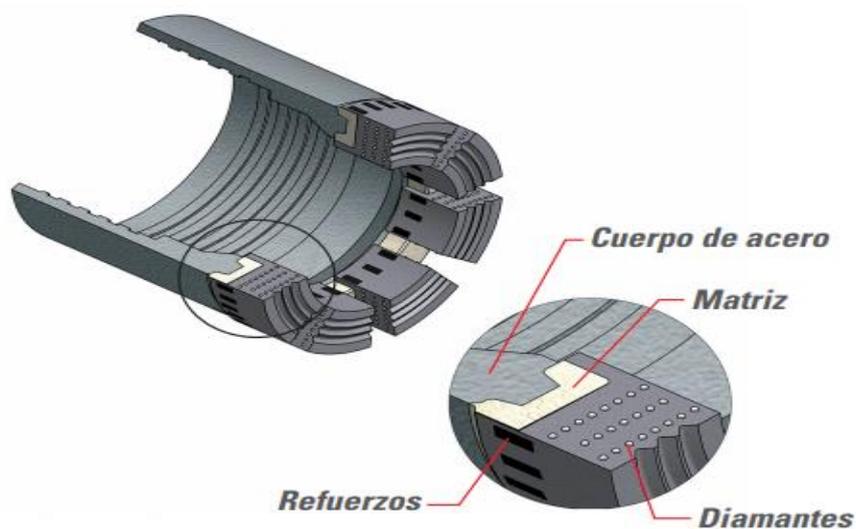
2.2.5. Brocas de perforación diamantina

Las brocas de diamante se investigan como material bifásico (diamantes inmersos en una matriz). Esta matriz, a su vez, es un material bifásico formado por una matriz de polvos metálicos y refuerzos de partículas, como es el caso de

las brocas de infiltración. Las distintas combinaciones de la cantidad y el tipo de polvo metálico, así como de la cantidad y el tamaño del diamante, dan lugar a diferentes tipos de brocas, cada una de las cuales se aconseja para la determinación del tipo de suelo que se va a perforar. En la siguiente figura se puede ver una broca de diamante y una pieza cortada que permite ver los elementos clave que la componen (Lambert, 2000).

Figura 9

Broca para perforación diamantina



Nota: (Tomada de Boyles Bros, 2017)

- **Brocas Longyear**

Las brocas Longyear son comparables a las enormes brocas de diamante, pero proporcionan la comodidad y la suavidad de perforación que exigen los perforadores. Esto se traduce en una mayor producción global y, a la larga, en más testigos. Las novedosas fórmulas de Longyear se han combinado con una particular geometría exprés más abierta para aumentar los índices de penetración. Los chorros cónicos intermedios aumentan el lavado y ayudan a mantener los escombros a raya. La nueva geometría está disponible para nuestras coronas de 16

mm de altura y está diseñada para lograr un corte rápido en terrenos competentes, conservando la vida útil de la broca incluso a velocidades de corte más altas (Longyear, 2019).

Figura 10

Brocas de corte tipo Longyear



Nota: (Tomada de Boart Longyear, 2018)

- **Brocas Hayden**

Las brocas Hayden impregnadas con diamante son producidas utilizando materias primas de alta calidad con el objetivo de lograr un rendimiento de perforación óptimo. Se encuentran disponibles varios perfiles de cara, uniones y calidades de diamante para un rendimiento superior de perforación y una vida útil más prolongada de la broca, lo que resulta en menos viajes dentro y fuera del barreno, lo que reduce los costos y mejora la producción (Hayden Diamond, 2022).

Figura 11

Brocas de corte tipo Hayden



Nota: (Tomada de Hayden Diamond, 2022)

2.2.6. Propiedades de brocas y tubos de perforación diamantina

Los diamantes se colocan en la matriz de la parte delantera de la broca, dejando expuesta entre un octavo y un tercio del diamante. Para formaciones rocosas blandas o semiblandas, se permite una mayor exposición del diamante; para rocas duras, fracturadas y abrasivas, se permite una menor exposición. La matriz está igualmente cubierta por la forma en que se montan los diamantes. Los diamantes pierden su capacidad de corte sobre todo como resultado del pulido, la fractura o el quemado. Una sustancia fuerte y resistente al desgaste constituye la matriz que mantiene los diamantes en posición de corte. (Lambert, 2000).



2.2.7. Costos

Según García, (2008) menciona las siguientes definiciones:

El costo se puede definir como la valoración en términos monetarios de los recursos que son utilizados para algún propósito u ofrecen entregar a cambio de bienes o servicios que se consiguen.

Puede ser interpretado como la representación en términos monetarios de los bienes o servicios utilizados en la producción, pudiendo generar beneficios en el presente o en el futuro. Los costos exhiben diversas características según las circunstancias y el resultado obtenido.

2.2.8. Definición de costos

- **Costos Fijos**

Son costos que mantienen su magnitud constante a lo largo de un período determinado, independientemente de las variaciones que puedan surgir en el volumen de operaciones realizado en ese lapso (García, 2008).

- **Costos Directos**

Según Ramírez, (2008) menciona las siguientes definiciones:

Son aquel costo que se relaciona directamente con la actividad productiva o servicios que ofrece una empresa. En esta definición se considera el salario de la secretaria, del jefe de operaciones, siendo considerado como un costo directo para el área de operaciones; la materia prima está determinado como un costo directo para para la transformación de productos, etc.



- **Formula: Costo Directo Total** = Sumatoria de los Costos Directos de cada ítem del proyecto.

- **Descripción:** Incluye todo el costo directamente atribuible a la ejecución del proyecto, como materiales mano de obra y equipos especiales.

- **Costos Indirectos**

Se describe como un costo que no puede asignarse directamente a una actividad específica sin el uso de un criterio de asignación, es decir, está vinculado tangencialmente a las actividades productivas.

- **Formula:** Costo Indirecto Total = Sumatoria de los Costos Indirectos Asociados al Proyecto.

- **Descripción:** Incluye costos que no asignan directamente a una tarea específica, como administración, supervisión y otros gastos generales

- **Costo Total**

Según García, (2008) menciona las siguientes definiciones:

Incluye el costo de producción además de los gastos relacionados con el transporte y la comercialización. Es la combinación de los costos variables y fijos.

- **Costos Generales**

Costos generales vinculados a la producción, ventas, distribución y aspectos administrativos.



2.2.9. Costos de operación

El costo de operación se define como la suma de dinero destinada a la adquisición de una máquina, su funcionamiento, la ejecución de un trabajo y su mantenimiento en condiciones adecuadas. En este costo, se deben contemplar tanto los gastos fijos como los variables, que comprenden los siguientes.

- Gastos fijos

Desgaste del valor, intereses sobre la inversión de capital, costos de seguros, impuestos y gastos de almacenamiento.

- Gastos variables

Uso de combustibles, aceites y grasas; mantenimiento preventivo y correctivo, utilización de neumáticos y mano de obra.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- Perforación diamantina

La perforación diamantina consiste en emplear una broca diamantada para cortar las rocas de un terreno específico y se destaca por posibilitar la extracción de una muestra de suelo o testigo que se almacena.

- Plataforma de perforación

Es el lugar donde se colocan los trabajadores y el equipo de perforación para avanzar en un proyecto mediante la perforación y la voladura.

- Macizo rocoso

Es el conjunto de discontinuidades y bloques de construcción de la matriz rocosa.



- **Tambor de winche**

Se trata de un cilindro giratorio, hidráulico o eléctrico, alrededor del cual se enrolla un cable que sirve para subir y bajar las barras de perforación. El cable pasa por la mitad superior del mástil.

- **Línea de cable**

Se trata de un sedal corto que se sujeta al pescador por un extremo. Una vez que el motor está en marcha, el pescador sube y baja el tubo interior que contiene la muestra utilizando el sedal (núcleo).

- **Tubos de perforación**

Estas varillas de acero se utilizan para transmitir la presión a la broca y el empuje giratorio. Las barras de perforación se encuentran disponibles en diferentes dimensiones de diámetro, incluyendo PQ 115mm, HQ 100mm, NQ 76mm, BQ 51mm y AQ 50mm, dependiendo del tipo de perforación requerido.

- **Caja porta testigos**

Se trata de una caja rectangular de madera o de madera contrachapada cuyo tamaño puede variar en función del tipo de perforación. El interior de esta caja está dividido en 5 secciones que fueron debidamente planificadas en el momento de la producción para el almacenamiento de las muestras obtenidas de cada extracción. Cada muestra que se extraiga después de cada tramo perforado debe introducirse inmediatamente en la caja testigo del tubo interior para que pueda ser examinada.



- **Costos**

Los costos se refieren a los montos de los recursos reales o financieros empleados en la producción durante un período específico.

- **Vida Útil**

La vida útil representa el lapso estimado durante el cual se espera emplear un activo de la empresa, manteniendo una eficiencia económica en la actividad.

- **Jornal**

Es la remuneración que el empleado recibe de parte del empleador por los servicios prestados y por poner a disposición su fuerza laboral.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

El yacimiento minero de la Minera Bateas S.A.C.– Arequipa, políticamente se encuentra ubicado en el distrito de Caylloma, provincia de Caylloma y departamento de Arequipa, a una altura aproximada de 4800 m.s.n.m.

La zona en estudio se encuentra dentro de las coordenadas U.T.M. sistema WGS 84, de la Zona 19 que son las siguientes:

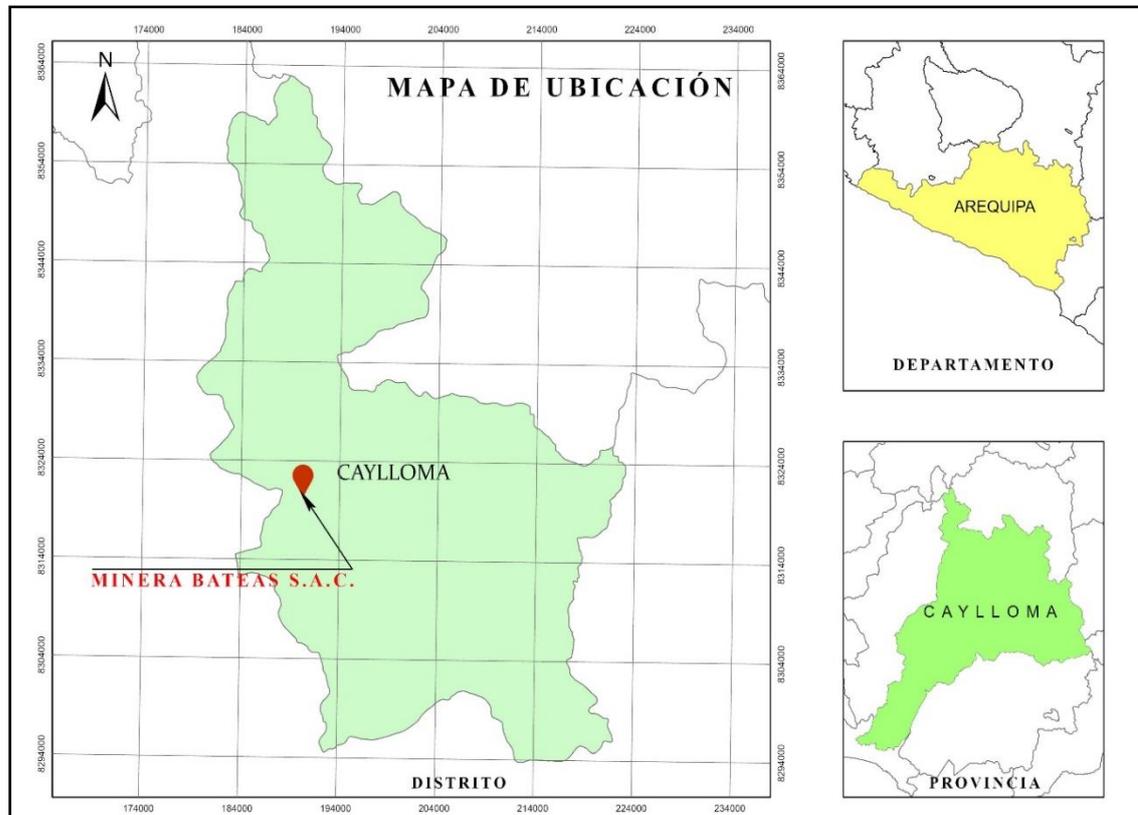
Tabla 2

Coordenadas de la concesión donde se realizó la perforación diamantina

Punto	Norte	Este
P1	8 322 000	192 000
P2	8 320 000	192 000
P3	8 320 000	191 000
P4	8 319 000	191 000
P5	8 319 000	190 000
P6	8 319 000	190 000

Figura 12

Ubicación de la Minera Bateas S.A.C. - Arequipa



3.2. ACCESIBILIDAD

La accesibilidad es desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Arequipa; seguidamente continua el recorrido con el distrito de Caylloma y anexo Arcata.

Tabla 3*Accesibilidad a la Unidad Minera Bateas S.A.C. desde la ciudad de Lima*

Desde	Hasta	Distancia (km)	Tiempo (h)
Lima	Arequipa	1005	18:00
Arequipa	Caylloma	225	3:40
Caylloma	Minera Bateas S.A.C.	15	0:30
Total		1245	21:30

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo de investigación

De acuerdo con las características de la investigación es de tipo descriptivo, el estudio se refiere a la reducción de los costos de perforación diamantina mediante las brocas Longyear en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa. Según Hernández et al. (2014) Existen cuatro categorías de investigaciones, y el actual estudio se clasifica como descriptivo, siendo aplicado en el ámbito de la ingeniería.

3.3.2. Enfoque de la investigación

La investigación fue de un enfoque cuantitativo, fundamentado en la estadística no probabilística en el desarrollo del estudio. Según (Hernández et al., 2014). Indica que el enfoque cuantitativo es la recopilación de datos para verificar hipótesis mediante la medición numérica y el análisis estadístico, con el objetivo de identificar patrones de comportamiento y validar teorías.



3.3.3. Diseño de investigación

Para el caso del estudio, el diseño de investigación es no experimental y de tipo longitudinal porque se recolectaron los datos en distintos momentos. Hernández et al. (2014) define que el diseño no experimental se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, se trata de investigaciones en las que no alteran intencionalmente las variables independientes para observar su impacto en otras variables.

3.4. POBLACIÓN

La población para el estudio de investigación se ha considerado las zonas Paraje Esperanza donde se realizó cuatro perforaciones de diferentes profundidades: 390m, 410m, 510m, 480m, la perforación diamantina se desarrollado en roca dura con una densidad de $2,70 \text{ Tm/m}^3$, realizado por la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa. Hernández et al. (2014) menciona la población que considera para el estudio está conformada por un conjunto o la totalidad de los elementos que tienen las mismas características.

3.5. MUESTRA

La muestra considerada para el estudio de investigación es la zona Paraje Esperanza en un sondaje LF70-03 de una profundidad proyectada de 390 metros lineales, con las siguientes coordenadas Norte: 8 320 134 y Este: 190 294, se desarrollado en roca dura con una densidad promedio de $2,70 \text{ Tm/m}^3$ en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa. Hernández et al. (2014) establece que una muestra es una porción más pequeña de la población, siendo un conjunto de elementos que forman parte de ese grupo definido por sus características, conocido como población.



3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.6.1. Variable independiente

Mediante las brocas longyear en la Contrata Minera Geodrill S.A.C. – Arequipa.

3.6.2. Variable dependiente

Reducción de costos de perforación diamantina en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.

Tabla 4

Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente:		
Mediante las brocas Longyear en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.	- Rendimiento de broca - Vida útil	- m /día - pies/ perforados
Variable dependiente:		
Reducción de costos de perforación diamantina Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.	- Costo de perforación - Costo de brocas	- US\$/m - US\$

3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Técnicas

Se consideran técnicas, procedimientos y actividades de recolección de datos para asegurar el acceso a la información necesaria para llevar a cabo el



trabajo de investigación. Se tomaron las muestras durante 9 días con las brocas Hayden y otros 9 días con las brocas Longyear.

- Observación in situ.
- Describir el campo de estudio.
- Análisis de la literatura: Bibliografía, antecedentes, como base del estudio.
- Identificación geo mecánica.

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas utilizadas en el trabajo de investigación son registros diarios de operación de costos, reporte diario de perforación diamantina, control de avance de perforación, control de costos, libreta de campo, control mediante el formato de recolección datos.

Resumen de la actividad diaria de perforación diamantina.

- Horas de trabajo de equipo
- Metros perforados por día
- Tipo de brocas utilizados
- Metros perforados y equipos utilizados



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA CON LAS BROCAS HAYDEN

Datos de campo:

- Densidad de roca : 2,70 T/m³
- Diámetro del taladro : 75,8 mm
- Longitud de avance : 21,00 m
- Longitud de la tubería de perforación : 3,00 m.

Tabla 5

Mano de obra con brocas Hayden

Tipo de cambio: 1 US\$ = S/. 3,72

Mano de obra directa	N° de personal	Jornal (Soles)	Incidencia (%)	Costo (US \$/m)
Ing. Residente	01	233,33	25	2,99
Ing. Seguridad	01	166,66	25	2,13
Supervisor	01	116,67	50	1,49
Operador perforista	01	95	100	1,22
Ayudante perforista	02	80	100	2,05
Sub total				9,88
Leyes sociales	102,86%			10,16
Total				20,04

Según la tabla 5, se detalla el costo correspondiente a la mano de obra para la perforación diamantina con las brocas Hayden, con el costo de 20,04 US\$/m.

Tabla 6*Máquina perforadora para brocas Hayden*

Equipo	Costo US \$	Vida útil Pies/perforados	US \$/pie	Pies perforados	US \$/m
Máquina Perforadora	115 000	550 000	0,21	69	0,69

En la Tabla 6, se precisa el costo de los 69 pies perforados con el equipo de perforación, cuyo costo fue de 0,69 US\$/m.

Tabla 7*Accesorios de perforación para brocas Hayden*

Accesorios	Cantidad	Costo US \$/unidad	Vida útil pp	Pies Perforados	US \$/pie Perforados	US \$/m
Broca Hayden	1	210,75	300	69	0,70	2,31
Tubo interior	2	84,96	16 000	69	0,01	0,03
Tubería de perf.	7	120,00	10 000	69	0,08	0,28
Reaming shell	1	143,24	1 650	69	0,09	0,29
Core barel	1	112,58	16 000	69	0,01	0,02
Total						2,93

En la Tabla 7, se especifica los costos de los accesorios de perforación utilizados con las brocas Hayden, dicho costo fue de 2,93 US\$/m.

Tabla 8*Materiales de perforación para uso con brocas Hayden*

Aditivos	Cantidad	Costo US \$/unidad	Pies perforados/guardia	US \$/m
Aceite de perforación	0,30gal	15,65	69	0,22
Hidrolina	5 litros	1,75	69	0,42
Bentonita	55 kilos	0,31	69	0,81
Polímero	17 kilos	0,43	69	0,35
Grasa para tubería	1 kilo	3,05	69	0,15
Grasa para máquina	1 kilo	3,53	69	0,17
Petróleo D-2	1 Galón	4,85	69	0,23
Total				2,34

En la Tabla 8, se detallan los costos asociados a los materiales necesarios para la perforación diamantina con brocas Hayden, con un costo de 2,34 US\$/m.

Tabla 9*Herramientas y otros materiales para brocas Hayden*

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$	Vida útil (días)	Costo US \$/m
Lampas	Unidad	2	12,35	120	0,010
Picos	Unidad	2	10,26	120	0,008
Llaves mixtas	Unidad	3	32,65	360	0,013
Llave stilson N°14	Unidad	2	14,75	360	0,004
Combo de 8 libras	Unidad	2	14,56	360	0,004
Costo total					0,039

En la Tabla 9, se detallan los costos relacionados con las herramientas y otros materiales necesarios para la perforación diamantina con brocas Hayden, con un costo de 0,039 US\$/m.

Tabla 10

Implementos de seguridad con brocas Hayden

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$	Vida útil (días)	Costo US \$/m
Botas de jebe	Pares	6	22,85	90	0,073
Orejas para casco	Pares	6	16,12	210	0,022
Guantes de cuero	Pares	6	3,60	25	0,041
Guantes hycron	Pares	6	6,75	55	0,035
Mameluco drill	Unidad	6	24,82	250	0,028
Cortaviento para casco	Unidad	6	3,05	280	0,003
Bloqueador solar	Pares	6	3,82	120	0,009
Tapón de oídos	Pares	6	2,65	90	0,008
Ropa de jebe	Unidad	2	32,45	90	0,034
Lentes de seguridad OM	Unidad	6	3,41	60	0,016
Lentes de seguridad EM	Unidad	6	3,41	180	0,005
Casco minero	Unidad	6	11,35	380	0,009
Barbiquejo	Unidad	6	1,26	180	0,002
Zapatos de seguridad	Unidad	6	25,76	320	0,023
Costo total					0,309

En la Tabla 10, se especifica los costos de implementos de seguridad requeridos en la perforación diamantina con las brocas Hayden cuyo costo fue de 0,309 US\$/m.

- **La sumatoria del costo total de la perforación diamantina con las brocas Hayden**

$$CT = CMO + CMP + CAP + CMP + CHP + CIS$$

Donde:

CT: Costo total

CMO: Costo de mano de obra.

CMP: Costo de máquina perforadora.

CAP: Costo de accesorios de perforación.



CMP: Costo de materiales de perforación.

CHP: Costo de herramientas de perforación.

CIS: Costo implementos de seguridad.

Por lo tanto, se reemplaza los datos.

$$CT = 20,04 \text{ US\$/m.} + 0,69 \text{ US\$/m.} + 2,93 \text{ US\$/m.} + 2,34 \text{ US\$/m.} + 0,039 \text{ US\$/m.} + 0,309 \text{ US\$/m.}$$

$$CT = 26,35 \text{ US\$/m.}$$

4.2. COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA CON LAS BROCAS LONGYEAR

Datos de campo:

- Densidad de roca : 2,70 T/m³
- Diámetro del taladro : 75,8 mm
- Longitud de la tubería de perforación : 3,00 m.
- Longitud de avance : 22,00 m/guardia

Tabla 11

Mano de obra con brocas Longyear

Tipo de cambio: 1 US\$ = S/. 3,72

Mano de obra directa	N° de personal	Jornal (Soles)	Incidencia (%)	Costo (US \$/m)
Ing. Residente	01	233,33	25	2,85
Ing. Seguridad	01	166,66	25	2,04
Supervisor	01	116,67	50	1,43
Operador perforista	01	95	100	1,16
Ayudante perforista	02	80	100	1,96
Sub total				9,43
Leyes sociales	102,86%			9,70
Total				19,13

En la Tabla 11, se detalla el costo correspondiente a la mano obra para la perforación diamantina con las brocas Longyear, con un costo de 19,13 US\$/m.

Tabla 12

Máquina perforadora para brocas Longyear

Equipo	Costo US \$	Vida útil Pies/perforados	US \$/pie	Pies perforados	US \$/m
Máquina Perforadora	115 000	550 000	0,21	72,00	0,68

En la Tabla 12, se precisa el costo de los 72,00 pies perforados con el equipo de perforación, cuyo costo fue de 0,68 US\$/m.

Tabla 13

Accesorios de perforación para brocas Longyear

Accesorios	Cantidad	Costo US \$/unidad	Vida útil pp	Pies Perforados	US \$/pie Perforados	US \$/m
Broca Longyear	1	171,59	350	72,00	0,49	1,60
Tubo interior	2	84,96	16 000	72,00	0,01	0,03
Tubería de perf.	7	120,00	10 000	72,00	0,08	0,27
Reaming shell	1	143,24	1 650	72,00	0,09	0,28
Core barel	1	112,58	16 000	72,00	0,01	0,02
Total						2,22

En la Tabla 13, se especifica los costos de accesorios requeridos en la perforación diamantina con las brocas Longyear cuyo costo fue de 2,22 US\$/m.

Tabla 14*Materiales de perforación para uso de broca Longyear*

Aditivos	Cantidad	Costo US \$/unidad	Pies perforados	US \$/m
Aceite de perforación	0,30gal	15,65	72	0,21
Hidrolina	5 litros	1,75	72	0,40
Bentonita	53 kilos	0,31	72	0,75
Polímero	16 kilos	0,43	72	0,31
Grasa para tubería	1 kilo	3,05	72	0,14
Grasa para máquina	1 kilo	3,53	72	0,16
Petróleo D-2	1 Galón	4,85	72	0,22
Total				2,19

En la Tabla 14, se especifica los costos de materiales para la perforación diamantina con las brocas Longyear cuyo costo fue de 2,19 US\$/m.

Tabla 15*Herramientas y otros materiales para uso con brocas Longyear*

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$	Vida útil (días)	Costo US \$/m
Lampas	Unidad	2	12,35	120	0,009
Picos	Unidad	2	10,26	120	0,008
Llaves mixtas	Unidad	3	32,65	360	0,012
Llave stilson N°14	Unidad	2	14,75	360	0,004
Combo de 8 libras	Unidad	2	14,56	360	0,004
Costo total					0,037

En la Tabla 15, se detallan los costos asociados a las herramientas y otros materiales requeridos para la perforación diamantina con brocas Longyear, el costo es de 0,037 US\$/m.

Tabla 16*Implementos de seguridad con brocas Longyear*

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$	Vida útil (días)	Costo US \$/m
Botas de jebe	Pares	6	22,85	90	0,069
Orejeras para casco	Pares	6	16,12	210	0,021
Guantes de cuero EM	Pares	6	3,60	25	0,039
Guantes hycron	Pares	6	6,75	55	0,033
Mameluco drill	Unidad	6	24,82	250	0,027
Cortaviento para casco	Unidad	6	3,05	280	0,003
Bloqueador solar	Unidad	6	3,82	120	0,009
Tapón de oídos	Pares	6	2,65	90	0,008
Ropa de jebe	Unidad	2	32,45	90	0,033
Lentes de seguridad OM	Unidad	6	3,41	60	0,016
Lentes de seguridad EM	Unidad	6	3,41	180	0,005
Casco minero	Unidad	6	11,35	380	0,008
Barbiquejo	Unidad	6	1,26	180	0,002
Zapatos de seguridad	Unidad	6	25,76	320	0,022
Costo total					0,295

En la Tabla 16, se especifica los costos de implementos de seguridad requeridos en la perforación diamantina con las brocas Longyear cuyo costo fue de 0,295 US\$/m.

- **La sumatoria del costo total de la perforación diamantina con las brocas Longyear**

$$\text{COSTO TOTAL} = \text{CMO} + \text{CMP} + \text{CAP} + \text{CMP} + \text{CHP} + \text{CIS}$$

Donde:

CMO: Costo de mano de obra.

CMP: Costo de máquina perforadora.

CAP: Costo de accesorios de perforación.



CMP: Costo de materiales de perforación.

CHP: Costo de herramientas de perforación.

CIS: Costo implementos de seguridad.

Por lo tanto, se reemplaza los datos:

Costo total = 19,13 US\$/m + 0,68 US\$/m + 2,22 US\$/m + 2,19 US\$/m + 0,037

US\$/m + 0,295 US\$/m

Costo total = 24,56 US\$/m.

4.3. REDUCCIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA

Se realizó la comparación de costos en las dos brocas.

Tabla 17

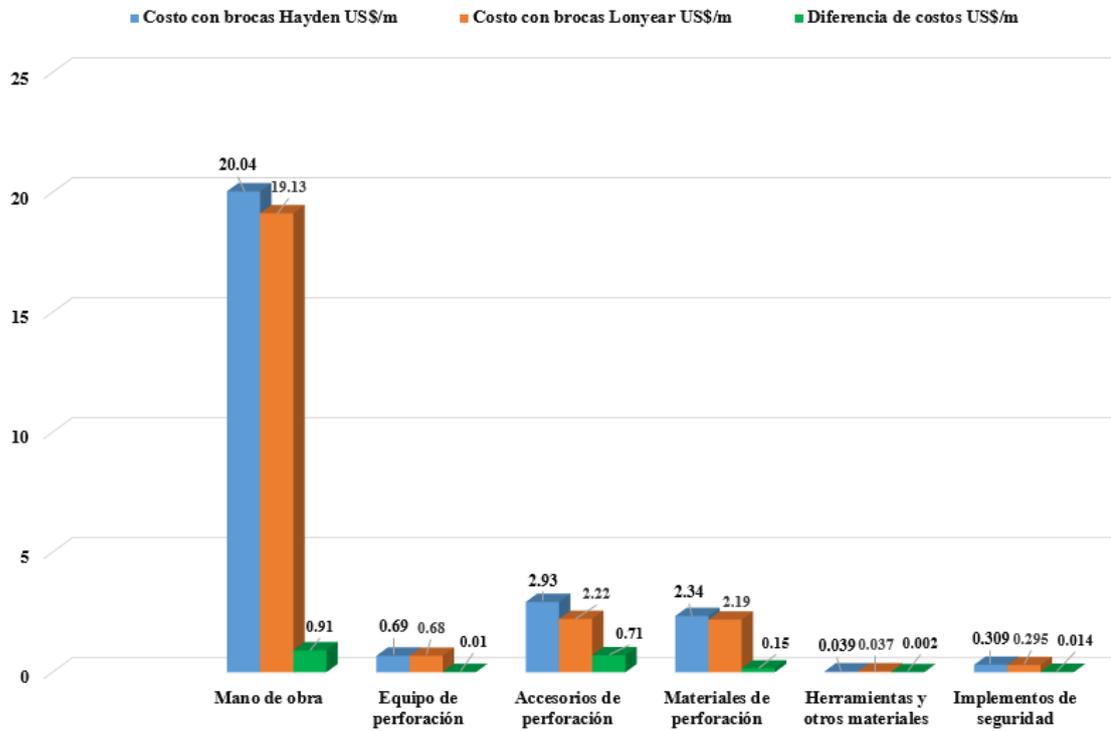
Resumen de los costos de perforación diamantina

Descripción	Brocas Hayden	Brocas Longyear	Diferencia US\$/m
	US\$/m	US\$/m	
Mano de obra	20,04	19,13	0,91
Equipo de perforación	0,69	0,68	0,01
Accesorios de perforación	2,93	2,22	0,71
Materiales de perforación	2,34	2,19	0,15
Herramientas y otros materiales	0,039	0,037	0,002
Implementos de seguridad	0,309	0,295	0,014
Costo por US \$/m	26,35	24,56	1,79

Según la Tabla 17, se especifica que los costos de perforación diamantina con las brocas Hayden fueron de 26,35 US\$/m y los costos con las brocas Longyear fue de 24,56 US\$/m logrando un beneficio de 1,79 US\$/m al utilizar las brocas Longyear en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. de la Minera Bateas S.A.C.– Arequipa.

Figura 13

Comparación de costos del proyecto



Nota: Se muestra la comparación de costos de perforación diamantina con las brocas hayden y longyear.



- **El costo total de perforación diamantina de avance de los 9 días con brocas Hayden.**

Tabla 18

Costo total de avance diario con brocas Hayden

Nº	Avance con Hayden (diario/ m)	Costo (US\$/m)	Costo (US\$/día)
1	20,20	26,35	532,27
2	20,10	26,35	529,64
3	19,80	26,35	521,73
4	20,20	26,35	532,27
5	19,60	26,35	516,46
6	20,00	26,35	527,00
7	19,90	26,35	524,37
8	20,10	26,35	529,64
9	20,10	26,35	529,64
Total			4743,00

En la Tabla 18, se especifica los costos de avance de los 9 días de perforación diamantina con las brocas Hayden, el costo total es de 4743,00 US\$.

- **El costo total de perforación diamantina de avance de los 9 días con brocas Longyear.**

Tabla 19

Costo total de avance diario con brocas Longyear

Nº	Avance con Longyear (diario/ m)	Costo (US\$/m)	Costo (US\$/día)
1	21,30	24,56	523,13
2	20,90	24,56	513,30
3	21,20	24,56	520,67
4	20,80	24,56	510,85
5	20,70	24,56	508,39
6	21,40	24,56	525,58
7	21,10	24,56	518,22
8	21,10	24,56	518,22
9	20,80	24,56	510,85
Total			4649,21

En la Tabla 19, se especifica los costos de avance de los 9 días de perforación diamantina con las brocas Hayden, el costo total es de 4649,21 US\$.

4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Planteamiento de la hipótesis estadística

H₀: El remplazo de brocas Hayden por Longyear no reduce los costos de perforación diamantina en la contrata minera Geodrill SAC - Arequipa

H_i: El remplazo de brocas Hayden por Longyear reduce los costos de perforación diamantina en la contrata minera Geodrill SAC - Arequipa



Nivel de la significancia

Error = 0,05

Nivel de confianza fue al 95%

Criterio de decisión

Si (p-value) es menor que Alpha entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_i

Si (p-value) es mayor que Alpha entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_i

Tabla 20

Estadística de la muestra emparejadas

Brocas	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Hayden	527,0022	9	5,27063	1,75688
Longyear	516,5789	9	6,01571	2,00524

La tabla 20, muestra la estadística descriptiva de la perforación con ambas brocas en el cual se tienen la media de los 9 días que se hizo seguimiento a la perforación con la broca Hayden siendo un costo de perforación igual a 527,0022 \$/día y del mismo modo el seguimiento de 9 días a la perforación de la broca Longyear siendo la media del costo de perforación igual a 516,5789 \$/día.

Tabla 21

Correlación de muestra emparejadas

Brocas de perforación diamantina	N	Correlación	Sig.
Brocas_Hayden & Brocas_Longyear	9	0,179	0,646

En la tabla 21, muestra la prueba de correlación entre los datos de las brocas Hayden y Longyear donde se evidencia el p-value igual a 0,646 esto quiere decir que no es significativo la correlación.

Tabla 22

Prueba t de student para las muestras emparejadas

Brocas	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Hayden - Longyear	10,42333	7,25523	2,41841	4,84647	16,00019	4,310	8	0,003

La tabla 22, muestra la prueba t de student que se le aplicó al costo de perforación diamantina entre las brocas Hayden y Longyear en el cual se obtuvo un p-value igual a 0,003 siendo menor que 0,05, esto quiere decir que se rechaza la H0 y se acepta la Hi, el remplazo de brocas Hayden por Longyear reduce los costos de perforación diamantina en la contrata minera Geodrill SAC – Arequipa, siendo validado los resultados estadísticamente.



4.5. DISCUSIÓN

En primer lugar, se determinó los costos de perforación diamantina con brocas Hayden, según la tabla 5, se ha considerado la mano de obra del Ingeniero Residente, Ingeniero de Seguridad, leyes sociales y otros, considerando el jornal diario según cotización de mercado actual, donde los costos fueron de 20.04 US\$/m en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa. Estos resultados no concuerdan con el costo de mano de obra considerada (Alvares, 2018) quien indico en su primera etapa en realizar la evaluación de las operaciones de perforación diamantina, que mediante el uso de las brocas Hayden, el costo de perforación diamantina ha sido de 6.08 US\$/m; así demostrando que el costo de la mano de obra no se ha considerado del Ingeniero Residente, Área de Seguridad en la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno.

Seguidamente, al utilizar las brocas Longyear en la perforación diamantina, tiene mejor rendimiento. Estos resultados concuerdan con lo que sostiene (Del Portal, 2020), donde contrasta los resultados de las brocas de diferentes marcas para determinar cuál tuvo un rendimiento superior. Según su análisis, concluye que algunas brocas de la marca Boart Longyear exhibieron un rendimiento superior y mejor desempeño. Además (Urteaga y Cotrina, 2016) indican al aumentar la viscosidad de los fluidos de perforación, los gastos de perforación con diamantina se han minimizado en 1,16 US\$/m, de 13,52 US\$/m a 12,36 US\$/m. por consiguiente para una perforación óptima, es esencial identificar los tipos de aditivos y los tipos de brocas.

Finalmente, el presente trabajo de investigación mediante el uso de las brocas Longyear los costos de perforación diamantina se redujeron de 26,35 US\$/m a 24,56 US\$/m, obteniendo un beneficio de 1,79 US\$/m, en la Contrata Minera GeoDrill S–



Arequipa. Estos resultados son similares al estudio realizado por Otiniano (2023), en donde concluye que mediante las brocas Kraken se logró una reducción de los costos de perforación diamantina de 1,86 US\$/m en referencia a las brocas Coretech del proyecto minero Pataz – La Libertad.



V. CONCLUSIONES

- Mediante el remplazo de brocas Hayden por las brocas Longyear, el costo de perforación diamantina se redujo de 26,35 US\$/m a 24,56 US\$/m, logrando una diferencia de 1,79 US\$/m. por lo tanto genero una reducción de costos de 6.8% en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C.– Arequipa.
- Al utilizar las brocas Hayden se determinó, que la perforación diamantina del Paraje Esperanza, los costos de perforación, fueron de 26,35 US\$/m; donde se evidencia bajo rendimiento, así de esa forma requerido el cambio permanente de la broca en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.
- Al utilizar las brocas Longyear, en la perforación diamantina del Paraje Esperanza, el costo de perforación, se redujo a 24,56 US\$/m, en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio de las características geomecánicas del macizo rocoso del área de reservas minerales para seleccionar el tipo de broca para realizar las perforaciones diamantinas, en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C.– Arequipa.
- Realizar el estudio de los costos de perforación diamantina considerando los diferentes tipos de brocas que existen en el mercado considerando las características geomecánicas del macizo rocoso de la Minera Bateas S.A.C. – Arequipa.
- Realizar el estudio de la aleación de las brocas que se utilizan en las perforaciones diamantinas y su influencia en los costos de perforación según la profundidad de la longitud perforada en la Contrata Minera GeoDrill S.A.C. – Arequipa.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, A. (2019). *Optimización de costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la Contrata Minera Explomin del Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12131>
- Boart Longyear. (2018). *Brocas Diamantadas Longyear*. Boart Longyear. https://mundominero.com.pe/wp-content/uploads/2022/04/catalogo-Longyear_Bits_Technical_Overview_-_Spanish_698.pdf
- Boyles Bros. (2017). *Manual Técnico del Perforista*. <https://www.boyles.com.pe/wp-content/uploads/2017/03/MT-DEL-PERFORISTA.pdf>
- Castilla, J., & Herrera, J. (2012). *El Proceso de Exploración Minera Mediante Sondeos*. https://oa.upm.es/10695/1/Proceso_Exploracion_Minera_mediante_Sondeos_20120330_2.pdf
- Contreras, C. (2019). *Aplicación de nuevos métodos de perforación con diamante para abordar problemas en terrenos fracturados en Corocchohuayco - Compañía Minera Antapaccay en 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21333/Contreras_Herrera_Camila_Ruth_total.pdf?sequence=15&isAllowed=y
- Copco, A. (2010). *Productos de exploración*. <https://www.atlascopco.com/es-pe>
- Del Portal, S. (2020). *Comparación de Brocas de perforación diamantina coretech y boart longyear para determinar su rendimiento en el terreno del distrito minero de Parcoy y anexo de Llacuabamba en 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24995?locale-attribute=en>
- Fernández, R., De Barrio, R., & Tessone, M. (2015). *Perforaciones en la exploración minera*. https://blogs.ead.unlp.edu.ar/geominas/files/2016/04/Perforaciones_mineria.pdf
- Garay, H. (2014). *Análisis de vías de agua de brocas de perforación diamantina mediante simulación numérica* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5667>



- García, J. (2008). *Contabilidad de costos* (Tercera ed). <https://fullseguridad.net/wp-content/uploads/2016/11/Contabilidad-de-costos-3ra-Edición-Juan-García-Colín.pdf>
- Hayden Diamond. (2022). *Industrias de brocas de diamante Hayden*. Direct Industry. <https://www.directindustry.es/prod/hayden-diamond-bit-industries/product-4560877-2559199.html>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta edic). <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2. Hernandez, Fernandez y Baptista-Metodología Investigacion Cientifica 6ta ed.pdf>
- Herrera, J., & Castilla, J. (2012). *Utilización de técnicas de sondeos en estudios geotécnicos*. https://oa.upm.es/10517/7/Utilizacion-tecnicas-sondeos-geotecnicos_20120316_4.pdf
- Lambert, A. (2000). *Manual de Sondeos - Sistemas de Perforación de pozos con corona diamante*(2ed.). <https://es.scribd.com/document/423678690/perforacionldeidiamantina2016-161215142517-2-pdf>
- Longyear, B. (2019). *Brocas de diamante impregnado seleccionadas para Peru*. <https://www.boartlongyear.com/es/insite/longyear-bits-selecting-the-right-bit-in-5-easy-steps/>
- López, M. (2013). *Sondeos Mineros*. <https://es.scribd.com/document/603028404/9-Sondeos-mineros>
- Otiniano, V. (2023). *Reducción de costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas Kraken en un proyecto minero de Pataz – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/34199/Otiniano_Paredes%2C Victor Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/34199/Otiniano_Paredes%2C%20Victor%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ramírez, D. (2008). *Contabilidad administrativa, 8va Edicion* (Octava Edi). <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56ed5ab24e850d3d39e6637f2b780a02.pdf>



- Salas, A. (2016). *Análisis Y Mejora De La Calidad En El Proceso De Perforación En Diamantina Utilizando La Metodología Dmaic* [Tesis de pregrado, Universidad Andres Bello]. <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/3670>
- Urteaga, J., & Cotrina, S. (2016). *Optimización del porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos en rocas fracturadas, aumentando la viscosidad de los fluidos de perforación y variando parámetros operacionales en Minera Condestable, 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10697>

ANEXO 2. Fotografías de perforación diamantina



ANEXO 3. Plataforma de trabajo y poza de perforación



ANEXO 4. Tubos de perforación diamantina y brocas utilizadas





ANEXO 5. Cotizaciones adquiridas de las brocas



DRILLING
*Impulsando tu empresa
impulsando tu futuro*

MINERA DRILLING S.R.L.
AV. JESUS NRO. 3158 URB. CERCADO DE MARIANO MELGAR, Mariano Melgar, Arequipa - Arequipa (PE) - Perú
Tel: 054-451641 / +51 996956681
E-mail: ventas@mineradrilling.com / Web: http://www.mineradrilling.com

RUC: 20455821755
COTIZACIÓN
COT003275

Cliente: GEODRILL S.A.C. **RUC:**20273877569
Dirección: AV. HUAYLAS NRO. 1329 URB. EL MORRO, Chorrillos, Lima - Lima (PE) - Perú

Fecha de presupuesto: 27/11/2021 10:18:16

Comercial: VALERIA

Términos de pago: Plazo de pago: Pago inmediato

Orden de Compra:

ITEM	CANT.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PUJ	IMPORTE
1	1.00	Unidad(es)	BIT, NQ LYB ORANGE P580	210.75	\$ 210.75
2	1.00	Unidad(es)	BROCA HYD H12-H14 K55	171.59	\$ 171.59
3	1.00	Unidad(es)	TUBO INTERIOR 3MTS NQ	84.96	\$ 84.96
4	1.00	Unidad(es)	TUBERIA DE PERFORACION NQ 3 MTS	120.00	\$ 120.00
5	1.00	Unidad(es)	REAMING SHELL NQ	143.24	\$ 143.24
6	1.00	Unidad(es)	CORE BAREL NQ 3 MTS	112.58	\$ 112.58

NOTA:
Los cambios y devoluciones podrán realizarse en máximo 24 horas.

Importe Total	\$ 843.12
Descuento	\$ 0.00
Subtotal	\$ 843.12
IGV	\$ 151.76
Total	\$ 994.88

BANCO	TIPO	NUMERO	NUM. INTERBANCARIO
	SOLES	215-1991817-0-18	CCI 00221500199181101420
	Dólares	215-2036607-1-13	CCI 00221500203660711320

BANCO	TIPO	NUMERO	NUM. INTERBANCARIO
	SOLES	011-0764-8301000152-55	CCI 011-764-000100015255-81
	Dólares	011-0764-8301000152-63	CCI 011-764-000100015263-85

ANEXO 6. Brocas de especialidad Longyear



BROCAS DE DIAMANTE POLICRISTALINO COMPACTO (PCD)

Las brocas de PCD están diseñadas para cortar formaciones más blandas a altas tasas de penetración. Generalmente están provistas de cortadores redondos de PCD que pueden reemplazarse para prolongar la vida útil de la broca.



BROCAS DE DIAMANTE TÉRMICAMENTE ESTABLE (TSD)

Las brocas TSD se utilizan cuando se requiere una rápida penetración en formaciones rocosas blandas/dureza media. Las brocas TSD son una alternativa conveniente cuando se debe enfrentar una superficie de piedras de gran extensión y/o a las brocas de PCD.



BROCAS TUYERE O TOBERAS

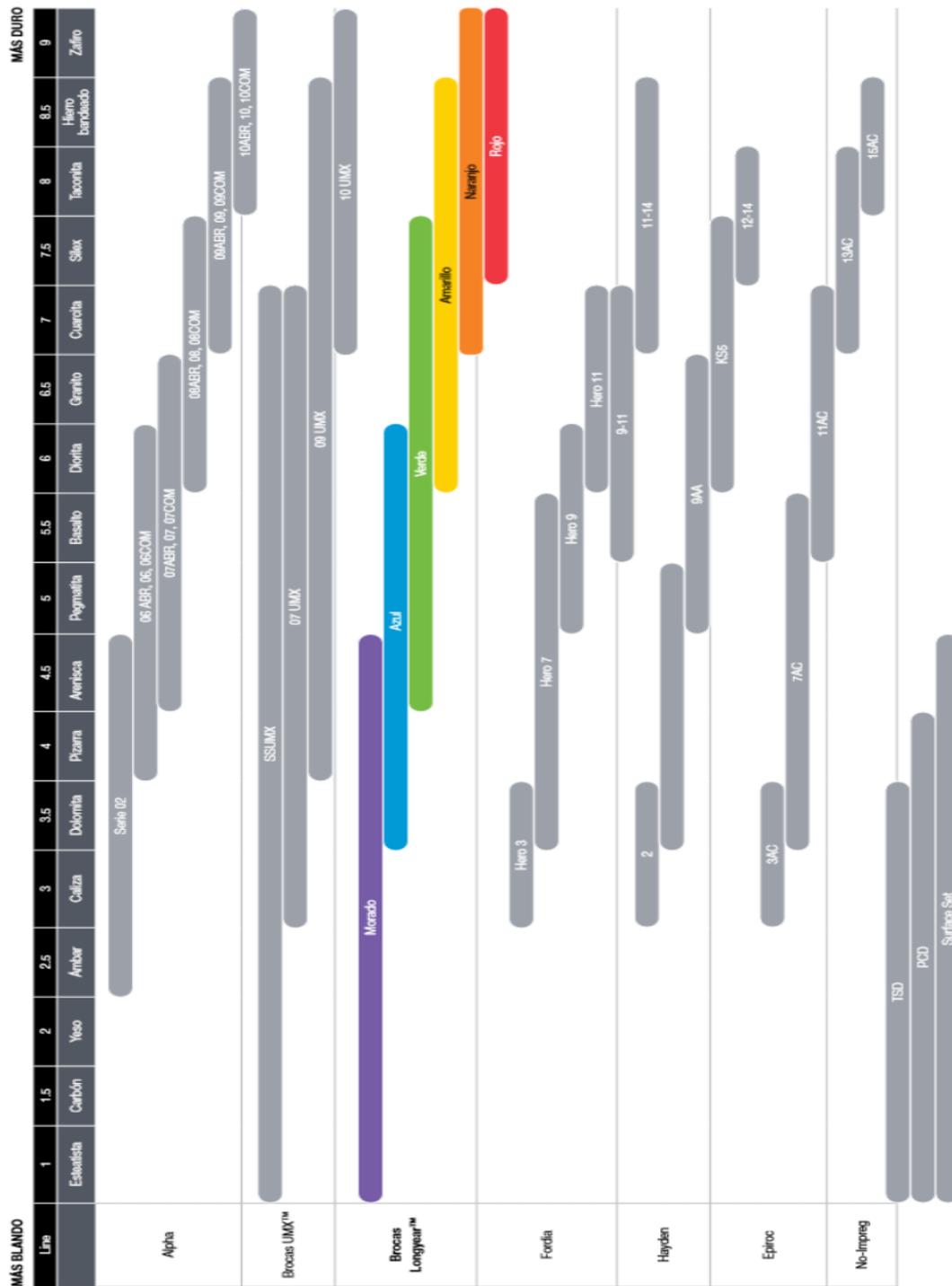
Las brocas Tuyere o toberas se utilizan para perforar a través de los ladrillos refractarios en las plantas fundidoras. A través de sus boquillas inyectan aire dentro de los hornos de fundición.



BROCAS DE DIAMANTES PARA SUPERFICIE

Las brocas de diamantes de superficie se utilizan generalmente cuando se requiere una tasa de penetración más alta que las ofrecidas por las brocas impregnadas en formaciones más blandas. Utilizan una sola capa de diamantes naturales dispuestos en una matriz dura.

ANEXO 7. Cuadro de brocas (Longyar) en Escala de dureza de MOHS



ANEXO 8. Tabla comparativa de series de brocas - Hayden

DUREZA DE ROCA	HAYDEN							
	Std	Series Versatil						
MUY SUAVE	1							
SUAVE	2							
SUAVE A MEDIA	3J	4 - 6	6 - 9					
	4							
MEDIA	5							
	6							
MEDIA A DURA	7 AB							
	HA7							
DURA	8							
DURA A MUY DURA	9							
MUY DURA	10						9 - 11	
MUY DURA A EXT DURA	11				12 - 14			
EXT DURA	14 / 15							



ANEXO 9. Reporte geomecánico en sistema RMR

		FORMULARIO OPERACIONAL		CODIGO	
		REPORTE GEOMECANICO		REVISION	GEREN OPER
				GE0-002-11-2021	
				A-GEOMECC	
				GEREN OPER	
				2 - 6	
REPORTE GEOMECANICO					
Progresiva:	E-3	Densidad	2.70	Ton/m3	
Mina	M. Bateas SAC	Profundidad	390	m.	
Nivel	4800	Estructura	Mineral		
Lugar	Paraje Esperanza	Litología	Andecita		
Fecha	10-Nov-21	Azimut Labor	180		
Realizado:	AREA GEOMECANICA M. BATEAS	Rc / Sv			
SISTEMA RMR					
PARÁMETROS		RANGO		VALOR	
Resistencia a la compresión uniaxial		105.00		7	
RQD		72		13	
Espaciamiento de discontinuidades		0.2-0.6		10	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES					
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	<1m	6
1	100/85	12	Abertura	<0.1mm	5
2	136/80	15	Rugosidad	Lig.rugosa	3
3	60/74	13	Relleno	Duro < 5mm	4
4	92/89	18	Alteración	Sana	6
Agua subterránea				Seco	
Orientación				Media	
				RMR ₈₈ =B	
				69	
Condiciones corregido				RMR ₈₈ =C	
				64	
CLASE DE MACIZO ROCOSO					
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA

		FORMULARIO OPERACIONAL		CODIGO	
		REPORTE GEOMECANICO		REVISION	GEREN OPER
				GE0-002-11-2021	
				A-GEOMECC	
				GEREN OPER	
				2 - 6	
REPORTE GEOMECANICO					
Progresiva:	E-3	Densidad	2.70	Ton/m3	
Mina	M. Bateas SAC	Profundidad	390	m.	
Nivel	4800	Estructura	Mineral		
Lugar	Paraje Esperanza	Litología	Basalto		
Fecha	10-Nov-21	Azimut Labor	180		
Realizado:	AREA GEOMECANICA M. BATEAS	Rc / Sv			
SISTEMA RMR					
PARÁMETROS		RANGO		VALOR	
Resistencia a la compresión uniaxial		120.00		8	
RQD		72		13	
Espaciamiento de discontinuidades		0.6-2		15	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES					
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	<1m	6
1	180/90	12	Abertura	<0.1mm	5
2	136/80	15	Rugosidad	Muy rugosa	6
3	80/84	14	Relleno	Duro < 5mm	4
4	92/89	16	Alteración	Sana	6
Agua subterránea				Seco	
Orientación				Media	
				RMR ₈₈ =	
				78	
Condiciones corregido				RMR ₈₈ =	
				73	
CLASE DE MACIZO ROCOSO					
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA



	FORMULARIO OPERACIONAL	CODIGO	GE0-002-11-2021
		REVISION	A-GEOMEC
	REPORTE GEOMECANICO	APROBADO	GEREN OPER
		PAGINA	2 - 6

REPORTE GEOMECANICO

Progresiva:	E-3	Densidad	2.70	Ton/m3
Mina	M. Bateas SAC	Profundidad	390	m.
Nivel	4800	Estructura	Mineral	
Lugar	Paraje Esperanza	Litologia	Dacita	
Fecha	10-Nov-21	Azimut	180	
Realizado:	AREA GEOMECANICA M. BATEAS	Rc / Sv		

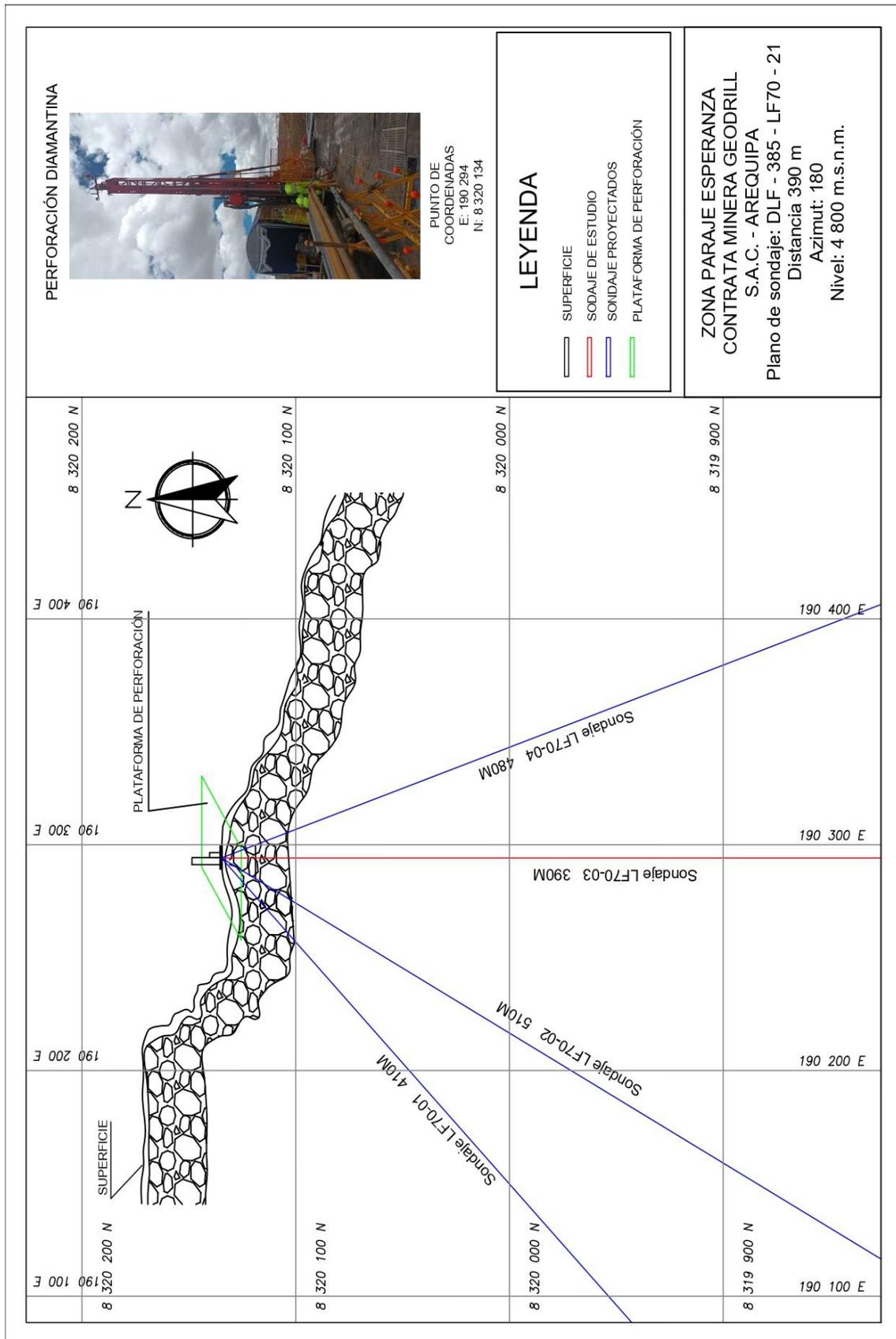
SISTEMA RMR

PARÁMETROS		RANGO		VALOR		
Resistencia a la compresión uniaxial		110.00		8		
RQD		70	%	12		
Espaciamiento de discontinuidades		0.6-2	mm	15		
CONDICION DE DISCONTINUIDADES						
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	<1m	m	6
1	180/85	12	Abertura	Cerrada	mm	6
2	170/90	15	Rugosidad	Lisa		1
3	60/79	13	Relleno	Limpia	mm	6
4	82/89	18	Alteración	Sana		6
Agua subterránea				Humedo		10
Orientación				Media		-5
				$RMR_{89} =$		70
Condiciones corregido				$RMR'_{89} =$		65

CLASE DE MACIZO ROCOSO

RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA

ANEXO 10. Plano de perforación del sondaje LF70-03





ANEXO 11. Resumen del sondaje diamantino LF70-03

N°	FECHA	SONDAJE	BROCA	AZIMUT	DESDE	HASTA	AVANCE
1	18/11/2021	LF70-03	HYDEN	180	0,00	20,20	20,20
2	19/11/2021	LF70-03	HYDEN	180	20,20	40,30	20,10
3	20/11/2021	LF70-03	HYDEN	180	40,30	60,10	19,80
4	21/11/2021	LF70-03	HYDEN	180	60,10	80,30	20,20
5	22/11/2021	LF70-03	HYDEN	180	80,30	99,90	19,60
6	23/11/2021	LF70-03	HYDEN	180	99,90	119,90	20,00
7	24/11/2021	LF70-03	HYDEN	180	119,90	139,80	19,90
8	25/11/2021	LF70-03	HYDEN	180	139,80	159,90	20,10
9	26/11/2021	LF70-03	HYDEN	180	159,90	180,12	20,10
10	27/11/2021	LF70-03	LONG.	180	0,00	21,30	21,30
11	28/11/2021	LF70-03	LONG.	180	21,30	42,20	20,90
12	29/11/2021	LF70-03	LONG.	180	42,20	63,40	21,20
13	30/11/2021	LF70-03	LONG.	180	63,40	84,20	20,80
14	1/12/2021	LF70-03	LONG.	180	84,20	104,90	20,70
15	2/12/2021	LF70-03	LONG.	180	104,90	126,30	21,40
16	3/12/2021	LF70-03	LONG.	180	126,30	147,40	21,10
17	4/12/2021	LF70-03	LONG.	180	147,40	168,50	21,10
18	5/12/2021	LF70-03	LONG.	180	168,50	189,30	20,80



ANEXO 12. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo EDY NELSON VILCA BARRA
identificado con DNI 70321756 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA DE MINAS

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“ REDUCCIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA MEDIANTE LAS BROCAS
LONGYEAR EN LA CONTRATA MINERA GEODRILL S.A.C. – AREQUIPA. ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de ENERO del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 13. Autorización para el depósito de en Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo EDY NELSON VILCA BARRA
identificado con DNI 70321756 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA DE MINAS

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
.. REDUCCIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA MEDIANTE LAS BROCAS
LONGYEAR EN LA CONTRATA MINERA GEODRILL S.A.C. – AREQUIPA.

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mio; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de ENERO del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella