

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“REDUCCIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN  
DIAMANTINA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN  
DE BROCAS KRAKEN EN UN PROYECTO  
MINERO DE PATAZ - 2021”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO DE MINAS**

**Autor:**

Victor Manuel Otiniano Paredes

**Asesor:**

Ing. Eduardo Manuel Noriega Vidal  
<https://orcid.org/0000-0001-7674-7125>

Trujillo - Perú

**2023**

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Ing. Ronald Mayta Rodas</b>	<b>42319154</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Ing. Rafael Ocas Boñon</b>	<b>42811302</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Ing. Ronald Alvarado Obeso</b>	<b>44562630</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

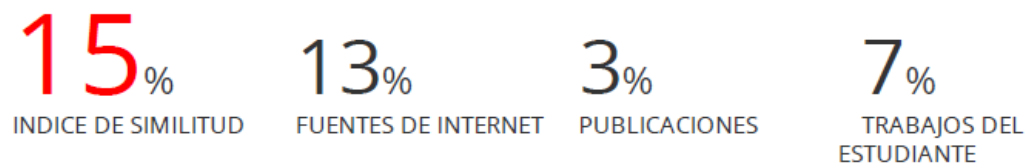
## INFORME DE SIMILITUD

### Tesis

---

INFORME DE ORIGINALIDAD

---



---

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

3%

★ [de.slideshare.net](https://de.slideshare.net)

Fuente de Internet|

---

---

Excluir citas      Apagado  
Excluir bibliografía      Apagado

Excluir coincidencias      Apagado

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico en primer lugar a Dios, por su infinito  
amor y permitirme alcanzar mis objetivos.

A mis padres por todo el amor, sacrificio, confianza y por su apoyo incondicional  
a lo largo de mi vida y sobre todo en mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte que nos han acompañado a lo largo de la carrera, por sus conocimientos y consejos profesionales.

Mi reconocimiento y gratitud.

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>11</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	24
CAPÍTULO III: RESULTADOS	29
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	34
DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	37
REFERENCIAS	38
ANEXOS	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de las brocas Kraken y brocas Fórmula .....	28
Tabla 2: Parámetros para la perforación con brocas Kraken en línea HQ.....	29
Tabla 3: Parámetros para la perforación con brocas Kraken en línea NQ.....	29
Tabla 4: Comparativo de récord de la broca Kraken y broca Fórmula.....	30
Tabla 5: Ratios de brocas – costo / metro perforado \$ /m.....	31
Tabla 6: Resumen de ratios de brocas – costo / metro perforado \$ /m.....	32
Tabla 7: Récord de broca Kraken HQ - 1.....	48
Tabla 8: Récord de broca Kraken HQ – 2.....	48
Tabla 9: Récord de broca Fórmula HQ - 1.....	49
Tabla 10: Récord de broca Fórmula HQ - 2.....	49
Tabla 11: Récord de broca Kraken NQ – 1.....	50
Tabla 12: Récord de broca Kraken NQ – 2.....	51
Tabla 13: Récord de broca Fórmula NQ – 1.....	52
Tabla 14: Récord de broca Fórmula NQ – 2.....	52
Tabla 15: Costo \$ /m brocas Fordia – Kraken HQ.....	53
Tabla 16: Costo \$ /m brocas Fordia – Kraken NQ.....	53
Tabla 17: Costo \$ /m brocas Coretech – Fórmula HQ.....	54
Tabla 18: Costo \$ /m brocas Coretech – Fórmula NQ.....	54
Tabla 19: Resumen del sondaje diamantino DH10B21-08 - línea HQ.....	69
Tabla 20: Resumen del sondaje diamantino DDH-25-21 - línea NQ.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Instrumento de recolección de datos 1.....	45
Figura 2: Instrumento de recolección de datos 2.....	46
Figura 3: Matriz para evaluacion de experto.....	47
Figura 4: Diámetro de tubos de perforación diamantina.....	55
Figura 5: Gráfico de selección de matrix.....	56
Figura 6: Brocas Kraken.....	57
Figura 7: Bastidor de perforación.....	58
Figura 8: Labores de perforación diamantina.....	59
Figura 9: Perforadora diamantina LM 110 y panel de control.....	60
Figura 10: Panel de mandos.....	61
Figura 11: Equipo de bombeo de lodos.....	62
Figura 12: Tina de lodos y tuberías.....	63
Figura 13: Equipo de poder para alimentación eléctrica.....	64
Figura 14: Bomba de fluido hidráulico.....	65
Figura 15: Recuperación de testigos.....	66
Figura 16: Tuberías para perforación diamantina.....	67
Figura 17: Cajas porta testigos.....	68



## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal reducir los costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas Kraken en un proyecto minero de Pataz. La investigación tuvo un diseño no experimental-transversal, se trabajó con una muestra obtenida de 2 sondajes (HQ- NQ) correspondientes a los trabajos de perforación diamantina que viene realizando la contrata minera Redrilsa, entre las cuales se seleccionó 4 brocas de la marca Fordia - Kraken y 4 brocas de la marca Coretech - Fórmula para ser evaluados, debido que al realizar una evaluación del avance lineal de la broca Fórmula, se encontró el problema de elevados costos de perforación. Los parámetros que se tomaron en cuenta fueron las características de la broca y la dureza del terreno. Asimismo, los resultados reflejan la reducción de los costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas Kraken en un proyecto minero de Pataz obteniendo ratios de perforación más bajos, siendo esto beneficioso para la empresa. Se concluye que, al utilizar las brocas Kraken se redujo los costos de perforación diamantina en 1.86 US \$/m en línea HQ y 2.91 US \$/m en línea NQ en comparación a los costos obtenidos con la broca Fórmula.

**PALABRAS CLAVES:** Perforación diamantina, brocas, récord, costos, ratios.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to reduce diamond drilling costs by implementing Kraken bits in a Pataz mining project. The investigation had a non-experimental-transversal design, working with a sample obtained from 2 drilling corresponding to the diamond drilling works that the Redrilsa mining contract, among which 4 drill bits were selected. of the Fordia - Kraken brand and 4 drill bits of the Coretech - Formula brand to be evaluated, due to the fact that when carrying out an evaluation of the linear advance of the Formula drill bit, the problem of high drilling costs was found. The parameters that were taken into account were the characteristics of the bit and the hardness of the terrain. Likewise, the results reflect the reduction in diamond drilling costs through the implementation of Kraken drill bits in a Pataz mining project, obtaining lower drilling rates, which is beneficial for the company. It is concluded that, when using Kraken bits, diamond drilling costs were reduced by 1.86 US \$/m in the HQ line and 2.91 US \$/m in the NQ line, compared to the costs obtained with the Formula bit.

**PALABRAS CLAVES:** Diamond drilling, bits, record, costs, ratios.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la Actualidad, la minería a nivel global enfrenta diversos retos para asegurar la sostenibilidad de sus operaciones a largo plazo. Todos los proyectos mineros buscan soluciones para enfrentar estos retos. Una de las estrategias para impulsar la sostenibilidad se encuentra en las tecnologías de bajo impacto que reducen los costos y aumentan la productividad. Por lo tanto, un aspecto clave en todos los proyectos mineros sostenibles y sustentables es la capacidad de mejorar el uso de recursos disponibles y de esta forma optimizar procesos de exploración y explotación (Couceiro, 2018).

En nuestro país, en los últimos años las inversiones mineras han sufrido caídas significativas, esto se debe fundamentalmente a las garantías que daba el estado peruano a las empresas mineras. El sector minero se ha visto detenido por los conflictos sociales y ambientales, generando la paralización de proyectos a nivel nacional (Romero, 2018).

La contrata minera Remicsa S.A.C. - Redrilsa, la cual se encuentra realizando perforaciones diamantinas en la zona de Pataz, para determinar la continuidad de las reservas de mineral, en los sondajes DH10B21-08 y DDH-25-21 con una longitud proyectada de 500 metros lineales con diámetros de perforación HQ y NQ. Al realizar una evaluación de 50 metros de avance lineal, se encontró el problema de elevados costos de perforación diamantina debido a las características de las brocas Fórmula de la marca Coretech, ya que presentaba un desgaste prematuro, sin llegar a entregar el metraje de perforación requerido por la empresa. De continuar con el problema, la CM Remicsa tendrá pérdidas económicas

que afectaran al presupuesto para las operaciones de perforación diamantina y las ganancias que genera; como alternativa se ha planteado el uso de las coronas de la familia VIKING, en

este caso las brocas KRAKEN de la marca FORDIA, para poder minimizar los costos de perforación diamantina en la zona de Pataz.

Las brocas Fórmula de la marca Coretech, son coronas de tecnología canadiense, pertenecientes a la serie F-14, diseñadas para terrenos muy duros con un grado de dureza de 7.5 a 8.0, están disponibles en 3 alturas de impregnación 13, 16 y 20 mm. La matriz está compuesta por polvos metálicos, carburo de tungsteno y soldadura de cobre, plata y níquel, cuentan con un diámetro interior de 47.6 mm y exterior de 75.3 mm correspondiente a línea NQ y para línea HQ cuentan con un diámetro interior de 63.5 mm y exterior de 95.5 mm (Coretech, 2021).

La familia Viking incluye matrices que cubren una gama extremadamente amplia de condiciones del suelo. Las brocas se desempeñan extremadamente bien en formaciones que varían entre duras y blandas, compactas y fracturadas, abrasivas y no abrasivas, ideal para condiciones que cambian con frecuencia. Todas las matrices se fabrican con diamantes y aleaciones de la más alta calidad. Las brocas Kraken cuentan con una matriz especializada, es excelente para la dureza del suelo de 7.5 a más en la escala de Mohs, además cuenta con configuraciones de corona altas, lo que proporciona una larga vida útil de la broca (Fordia, 2021).

La roca donde se realizan las perforaciones está conformada por Granodiorita y Monzogranito, son 2 tipos de rocas ígneas intrusivas de grano grueso y cuentan con menos del 90% de biotita y hornablenda, están compuestas principalmente por plagioclasas sódicas y cuarzo, presentan una dureza de entre 7 a 8 según la escala de Mohs, debido a que es cuarzo

en su mayor porcentaje; el terreno casi en su totalidad es compacto, pero presenta pequeñas longitudes de fracturado.

La perforación diamantina puede ser usada en una etapa muy temprana (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 manera puede usarse también en una etapa posterior (Brown Field), para ubicar nuevas reservas minerales, para validar o recategorizar la información (Álvarez, 2019).

La perforación diamantina se basa en las propiedades físicas del diamante, de poseer el grado más alto de dureza y conductividad térmica, es debido a estas propiedades de la broca diamantada, por lo que puede cortar cualquier tipo de roca o material. Se utiliza para perforar con ángulos de inclinación positivos o negativos, tanto en superficie como en subterráneo, utilizando energía mecánica, rotación y empuje (Becerra, 2021).

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 (Álvarez, 2019).

Además, la perforación diamantina es un tipo de perforación que permite recuperar el testigo o muestra en forma completa o parcial, en donde es posible visualizar características intactas de la roca, como es la dureza, peso específico, fracturamiento, textura, etc. (Bejarano, 2017).

El control de operaciones es un proceso que se utiliza para asegurar que las actividades reales correspondan a las actividades proyectadas y/o programadas,

estableciendo parámetros y métodos para medir el rendimiento, así también medir el desempeño, determinar si el rendimiento está dentro del margen promedio y aplicar medidas

correctivas. La productividad es la relación entre el resultado de una actividad productiva y los medios necesarios para obtener dicha producción (Castillo, 2021).

Los costos operativos de una organización influyen en el desarrollo de sus actividades u operaciones, en estos se tiene en cuenta el salario del personal, equipos, alquiler de maquinaria, compra de suministros, etc. En perforación ya sea diamantina o aire reverso, los costos se encuentran en dólares por metro perforado, en donde se tiene en cuenta la profundidad y diámetro a perforar (Aguirre, Cleyde, 2015).

La compañía minera de estudio es una empresa aurífera subterránea de mediana minería, se encuentra ubicada en el Departamento de la Libertad, Distrito de Pataz, Provincia de Pataz a 320 km al NE de la ciudad de Trujillo a una altura que va desde los 1250 y 3000 m.s.n.m. con las coordenadas geográficas  $77^{\circ} 35'$  a  $77^{\circ} 39'$  de longitud Oeste  $07^{\circ} 40'$  a  $77^{\circ} 46'$  de Latitud Sur (Huerta, 2018).

La zona aurífera está ligada a una franja de rocas intrínsecas conocidas como “Batolito de Pataz” que cortan los esquistos, filitas y pizarras. El Batolito de Pataz es el cuerpo intrusivo más importante de la región, este se encuentra asociado a vetas de pirita aurífera, y tiene una extensión aproximada de 80 km de longitud y 4 km de ancho. El valle del Marañón constituye el límite entre las cordilleras Occidental y Oriental en el norte del Perú y a su vez separa 2 unidades geológicas con características muy diferentes (Palomino, 2016).

La exploración minera mediante el método de perforación diamantina es un método de perforación rotatorio que se utiliza para extraer muestras de núcleo de rocas y suelos. Es

empleado principalmente en exploraciones mineras, geológicas o con fines de cimentación profunda en obras de ingeniería (Salas, 2016).

Las barras de perforación son de 05 o 10 pies de largo, y se presentan múltiples medidas de diámetro, cual sea la necesidad de perforar. Después de los 10 primeros pies de perforación, se atornilla una nueva sección de tubo en el extremo superior y así sucesivamente, y la profundidad de perforación se calcula manteniendo la cuenta del número de barras de perforación que se han insertado en el proceso (Aparco, García, 2019).

Es importante tener en cuenta que para hacer efectiva la perforación se requiere previamente preparar los accesos, las pozas de lodo, las plataformas de perforación, etc. Lo que necesita tener las licencias y permisos del caso. Estos trabajos previos permitirán a la contrata especializada, hacer una movilización segura y evitar retrasos en la perforación, ya que, cada caso es 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 (Sanga, 2017).

De acuerdo con la circulación del aire, agua o agua con aditivos (inyección) en la perforación, existen dos sistemas:

- **De circulación normal**

Sucede cuando la inyección desciende por el interior de la tubería y asciende arrastrando el cutting, entre la tubería y el espacio que queda con la pared del pozo (Mantilla, 2019).

- **De circulación reversa**

En este sistema la tubería es de doble pared y por lo tanto la inyección desciende por el espacio anular entre esas dos paredes y asciende por el interior de la tubería (Mantilla, 2019).

Existe un gran número de técnicas de perforación y los métodos más empleados son las perforaciones roto-percusivas y las perforaciones rotativas. En las perforaciones roto-percusivas y de trituración por tricono que se realizan en minería, se utiliza el sistema de circulación reversa para evitar la contaminación de las muestras. La diamantina es por circulación normal, pero el contacto de la inyección con el testigo es casi nulo. La elección del método de perforación requiere siempre llegar a un compromiso entre velocidad, costo, cantidad y calidad de la muestra a recuperar, además de aspectos logísticos y medioambientales (Fernández et al., 2015).

La herramienta cortante es de una aleación de metal duro con insertos de diamantes y carburo de tungsteno de distintas formas y dimensiones denominada broca, que es la encargada de triturar la roca por medio de un doble efecto, el golpeteo sobre la roca y el giro (cerca de 6° por cada golpe) para que cada inserto no vuelva a golpear sobre el mismo lugar. Debido a que la abrasión produce polvo y trozos de roca, es necesaria una buena limpieza del fondo del pozo para que esa herramienta no trabaje sobre el material ya roto y se desgaste sin producir un avance sobre la roca (Fernández et al., 2015).

En la perforación, la corona al avanzar por rotación ejecuta una perforación anular, la cual deja 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 del tubo se llena de testigo, o por necesidades de la perforación, es necesario



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 la perforación (Sanga, 2017).

En minería, las unidades de perforación pueden utilizar el martillo de fondo o el tricono, dependiendo de las condiciones del terreno a perforar. Usualmente están montadas sobre camiones de gran envergadura, pero de fácil maniobrabilidad y movilidad, en ocasiones sobre orugas. La perforación con corona diamantada es de lo más utilizado en las exploraciones mineras, porque permite obtener un trozo de roca cilíndrico (testigo; “Core”) prácticamente intacto, lo cual permite una mayor eficacia de los resultados de los análisis químicos, además pueden obtenerse datos geotécnicos (RQD). Si bien de los testigos de roca se obtiene información geológica, es un sistema de avance lento y de alto costo en comparación con otros sistemas (Fernández et al., 2015).

LM -110, es una barrena saca testigos diamantada para perforación subterránea más poderosa ofrecida por Boart Longyear, adecuada para pozos profundos. Equipada con un bastidor de avance de 128 KN, esta barrena proporciona una elevada fuerza de tracción y una alta velocidad de manipulación de barras para una mayor productividad (Boart Longyear, 2018).

Alvarez. A, (2019), en su tesis que tiene por título “Optimización de costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la contrata minera Explomin del Perú S.A. – Unidad minera San Rafael - Puno”, investigación de tipo descriptivo, donde concluye que al utilizar brocas Hayden para optimizar los costos de perforación diamantina, estos se han reducido de 11.44 US \$/m a 10.50 US \$/m, haciendo una diferencia de 0.94 US \$/m.,

donde recomienda realizar estudios comparativos de las características y/o aleación de las brocas mencionadas para determinar las ventajas y desventajas frente las características de la roca donde se utilizara.

Cansaya B. (2019), en su investigación titulada “Selección y empleo de coronas impregnadas en la perforación Diamantina”, argumenta que las condiciones en las que se realiza los trabajos de perforación muchas veces presentan dificultades, generados por el cambio repentino de formaciones en el subsuelo y en un lapso determinado, es por ello por lo que se debe seleccionar de manera correcta la broca a utilizar, debido a que es muy probable que una corona de una serie no sea la adecuada para las características del terreno, teniendo en cuenta que mientras más dura la roca, menor debe ser el tamaño de los diamantes y estos no deben ser utilizados para perforar terrenos muy fracturados y se debe evitar en lo posible el afilado de la corona ya que reduce artificialmente la vida de la corona. Al seleccionar una broca se debe tener en cuenta la abrasividad, dureza, estabilidad y grado de fracturamiento, datos técnicos de la perforadora y experiencia del operador.

Garay H. (2014), en su investigación titulada “Análisis de vías de agua de brocas de perforación diamantina mediante simulación numérica” menciona que las brocas diamantadas desde el punto de vista de la pulvimetalurgia, estas son estudiadas como un material de dos fases (diamantes inmersos en una matriz). Esta matriz, es un material de dos fases, compuesta por una matriz de polvos metálicos y refuerzos de partículas. La mayoría de las brocas, constituyen parte de la matriz de polvos metálicos, polvos matriceros de metal duro y soldadura. Las diferentes combinaciones de cantidad de distintos tipos de polvos metálicos y diamantes, resulta en diferentes tipos de brocas y cada una de ellas es

recomendada para un determinado tipo de suelo (suelos duros, extra duros, abrasivos, no abrasivos, blando o suaves) según la dureza del mismo.

Schwarz M. (2013), en su investigación titulada “Perforación diamantina de proyectos mineros”, argumenta que los costos de perforación diamantina han variado mucho

a lo largo del tiempo, en el Perú, al 2012 los precios variaron entre 12,5 US\$/m y 14,35 US\$/m, que va incrementándose según la profundidad. Los precios son muy variables ya que no solo depende de la profundidad del terreno sino también de las facilidades operativas o dificultades que presente el terreno.

Barreto E. (2018), en su tesis titulada “Supervisión, identificación de peligros y evaluación de riesgos operacionales en el control de los procesos de sondaje diamantino E. E. Redrilsa S.A.C. mina constancia” menciona que en la perforación existen diversos parámetros, los cuales se deben considerar para que el trabajo se realice de manera eficiente, estos parámetros van de la mano con la calidad del terreno, dureza, velocidad de rotación (rpm), presión de avance o empuje, peso de la corona, tipo de broca, velocidad de penetración y las condiciones de pozo, esto va de la mano con la técnica y experiencia del perforista.

Urteaga G. (2016), en su tesis “Optimización de perforación diamantina, aumentando la viscosidad de los fluidos de perforación, en la Minera Condestable”, donde concluye que, incrementando la viscosidad de los fluidos para la perforación, los costos de perforación diamantina se han reducido de 13.52 US\$/m a 12.36 US\$/m, obteniendo una diferencia de 1.16 US\$/m, por lo tanto, es importante determinar los tipos de aditivos y la adecuada selección del tipo de brocas para una perforación óptima.

Mahasneh (2017), en su tesis titulada “Optimización de los parámetros de perforación durante la perforación de pozos de gas” refiere que los resultados de la optimización muestran que la determinación del peso óptimo de la broca es importante en la perforación ya que este parámetro puede cambiar en la operación. La optimización del peso

de la broca mejorará toda la operación en conjunto, reduciendo el tiempo necesario para perforar, lo que por consecuencia reducirá el costo de perforación.

Castilla G. (2012), en su tesis titulada “El proceso de exploración minera mediante sondeos” concluye que la perforación de rotación con recuperación de testigo se basa en que un elemento de corte, con diamantes industriales incrustados 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.

Portocarrero (2019), en su investigación titulada “Reducción de los costos operativos al aumentar la velocidad de rotación en la perforación de terrenos duros, fracturados y abrasivos” argumenta que, al utilizar más de 90 rpm en terreno duro, se obtiene más velocidad de penetración por lo que presenta mejoras significativas en los costos totales de perforación.

Las distintas combinaciones de cantidad de material y polvos metálicos, como también el tamaño de diamantes, da como resultado diferentes tipos de brocas, y cada una de estas recomendadas para un tipo de suelo específico (suelos duros, extra duros, abrasivos, blandos o suaves) (Garay, 2014).

Existen una gran variedad de coronas, de diversas marcas y adaptables a cada necesidad. Los frentes que desgastan la roca del fondo del pozo pueden ser planos, curvos o escalonados y la salida de agua puede variar, así como también la cantidad de diamantes y su tamaño. Las coronas se pueden clasificar en dos tipos: de inserción y de impregnación, las coronas de inserción presentan los diamantes insertados en la superficie y las de impregnación, los diamantes están distribuidos en toda la aleación dura que conforma la

matriz. Las coronas de inserción, por presentar los diamantes solo en la superficie, terminan su vida útil una vez que se desgastan los diamantes, y se utilizan en rocas blandas a semiduras. Las coronas de impregnación, a medida que se desgastan los diamantes y la matriz, surgen los diamantes que están en su interior, y se utiliza en rocas blandas a muy duras (Fernández et al., 2015).

Las coronas, al salir de fábrica, presentan un código que indica el tipo y número de serie, cantidad, ancho de salidas de agua, tipos de matriz, etc. Al finalizar su vida útil, estas pueden ser enviadas al fabricante, con el fin de recuperar los diamantes que hayan quedado. Las coronas tienen un costo muy elevado, por lo que se debe llevar un buen control del desgaste que sufre, con el fin de optimizar los rendimientos, ya que, al realizarse un cambio de corona debe levantarse todo el tren de barras, lo que se traduce en una gran pérdida de tiempo (Fernández et al., 2015).

Los canales de enfriamiento, llamados también vías de agua que generalmente son ranuras radiales. El adecuado desempeño de las ranuras es vital para lograr un óptimo trabajo de perforación, estos canales de enfriamiento son predisuestos como parte de la geometría de la broca de perforación, que tienen como propósito evacuar algún fluido de refrigeración o algún otro tipo de fluido. El estancamiento de las ranuras de refrigeración puede ocasionar

que el casquillo de acero de la broca, que rota a altas velocidades, comience a desgastarse prematuramente debido a las partículas asentadas, o que genere un calentamiento excesivo de la corona por falta de flujo de enfriamiento de la broca, este es el problema de mayor repercusión, ya que provocara que la matriz de sujeción ceda con mayor facilidad, disminuyendo la capacidad de fijación de los diamantes (Garay, 2014).

El presente tema ingresa en la línea de investigación de Nuevas tecnologías y sistemas de construcción, el cual fue aprobado por la Universidad Privada del Norte, continuando con dicha línea, la investigación parte de la siguiente pregunta: ¿Cómo la implementación de las brocas Kraken reducirá los costos de la perforación diamantina en un proyecto minero de Pataz, 2021?

La presente investigación se justifica porque, al implementar las brocas Kraken para perforar los taladros, permite realizar nuevos campos de estudio en cuanto a la reducción de los costos en la perforación diamantina, resultados que responden a la resolución de la problemática planteada. Desde el punto de vista teórico, la investigación se realiza con el propósito de aportar conocimiento a la comunidad estudiantil de la Universidad Privada del Norte, así como también a todas las instituciones, compañías y/o empresas que se encuentran realizando perforaciones ya sea con distintos fines, mejorando los procedimientos de desarrollo de problemáticas similares. Desde el punto de vista práctico, la investigación se realiza porque existe la necesidad de reducir los costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas que permitan un mayor avance y una mejor rentabilidad para la contrata minera Redrilsa y finalmente desde el punto de vista metodológico, la implementación de brocas Kraken para la reducción de costos de perforación diamantina,

mediante la demostración de su validez y confiabilidad de los resultados, se podrán utilizar en futuros trabajos de investigación.

De acuerdo a la investigación y el análisis, podemos determinar que, el objetivo general de este trabajo es de reducir costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas Kraken en un proyecto minero de Pataz. Y como objetivos específicos, Identificar las características de la broca Kraken y los parámetros de perforación

en un proyecto minero de Pataz, Determinar los rendimientos de la broca Kraken en un proyecto minero de Pataz y realizar la estimación de costos de la broca Kraken en un proyecto minero de Pataz.

Este trabajo de investigación tiene como hipótesis que, mediante la implementación de brocas Kraken se podría reducir los costos de perforación diamantina en un proyecto minero de Pataz.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Esta investigación por su finalidad es aplicada porque hace uso de la teoría para dar solución a un problema, según su diseño es No experimental, donde se observará dicho fenómeno para analizarlo, sin modificar de forma intencional la variable independiente, por su naturaleza es cuantitativa porque hace uso de la estadística descriptiva para mostrar los resultados; según el alcance, esta investigación es transversal porque se estudia con profundidad un aspecto de desarrollo en un momento dado; por otro lado es descriptiva porque se basa en la recolección de datos para describir las variables y analizar el comportamiento (Hernández et al., 2014).

La investigación aplicada es una forma para conocer las realidades con una prueba científica, necesita de un marco teórico, sobre el cual se basa para generar una solución al problema planteado, este tipo de investigación se centra en el análisis y solución de problemas con distintas condiciones en la vida real y se caracteriza por la aplicación de los conocimientos (Hernández, 2014).

De enfoque cuantitativo, debido a que, en la presente investigación la recolección y análisis de datos responden a la pregunta de investigación e hipótesis, asimismo se basa en



la medición numérica, el conteo y utiliza la estadística descriptiva para mostrar los resultados (Hernández et al., 2014).

De acuerdo con el propósito de la investigación es aplicada, debido a que genera conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o un entorno productivo, sin embargo, incrementara las bases teóricas de una determinada ciencia, además de aportar en la solución de problemas prácticos (Arias, 2012).

El diseño de la presente investigación por los estudios realizados muestra un diseño no experimental descriptivo, debido a que la variable no está siendo manipulada y mucho menos controlada, así también, la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un fenómeno, individuo o grupo para poder establecer su estructura o comportamiento (Arias, 2012).

De acuerdo con el diseño de la investigación, este obedece al tipo no experimental transversal descriptivo, ya que recolecta datos en un determinado momento o tiempo, de igual manera se describe la variable y se analiza su incidencia y su interrelación en un momento dado; por otra parte, se busca profundizar en la incidencia y en los valores que se manifiestan en una o más variables (Arias, 2012).

Una variable es una propiedad que puede fluctuar, de la cual, cuya variación es susceptible de medirse u observarse (Hernández et al., 2014). En la presente investigación se identificó a las Brocas Kraken como variable independiente, siendo los costos de perforación diamantina la variable dependiente.

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas series de especificaciones (Hernández et al., 2014). Por lo tanto, la población utilizada para esta investigación estuvo conformada por todas las brocas de la marca Fordia y Coretech, que corresponden a los meses de octubre y noviembre del año 2021 en un proyecto minero de Pataz.

Una muestra no probabilística, es un subgrupo de la población de interés y que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación o de los propósitos del investigador (Hernández et al., 2014). Para nuestro estudio se trabajó con una muestra de 8 brocas, las cuales se tomaron de los sondajes

diamantinos donde se utilizaron, considerando las de mayor rendimiento para obtener resultados representativos de estas. Se seleccionaron 4 brocas de la marca Fordia (Kraken), 2 en línea HQ y 2 en línea NQ y 4 brocas de la marca Coretech (Fórmula), 2 en línea HQ y 2 en línea NQ de los sondajes DH10B21-08 que realiza perforaciones con la maquina LM 110 – 01 en la zona de Cedro y del sondaje DDH-25-21 que realiza perforaciones con la maquina LM 110 - 02 en la zona de Pencas. Dentro de las cuales se consideraron ciertos criterios de inclusión y exclusión para la selección de las brocas de estudio:

- **C. de inclusión:** brocas con el mayor rendimiento, brocas con un avance ininterrumpido.
- **C. de exclusión:** brocas con rendimiento bajo, brocas con un avance interrumpido.

Según Cansaya, B. (2019), para seleccionar una broca, se debe tener en cuenta lo siguiente: abrasividad, dureza, estabilidad, grado de fracturamiento, datos técnicos de la perforadora y experiencia del operador.

Las técnicas de muestreo son una de las formas en la que los investigadores intentan recopilar información o datos para investigar. (Hernández et al., 2014). Por lo tanto, en esta investigación, la recolección de datos se realizó mediante la técnica de observación, supervisando las cámaras de perforación, el equipo utilizado fue el LM 110.

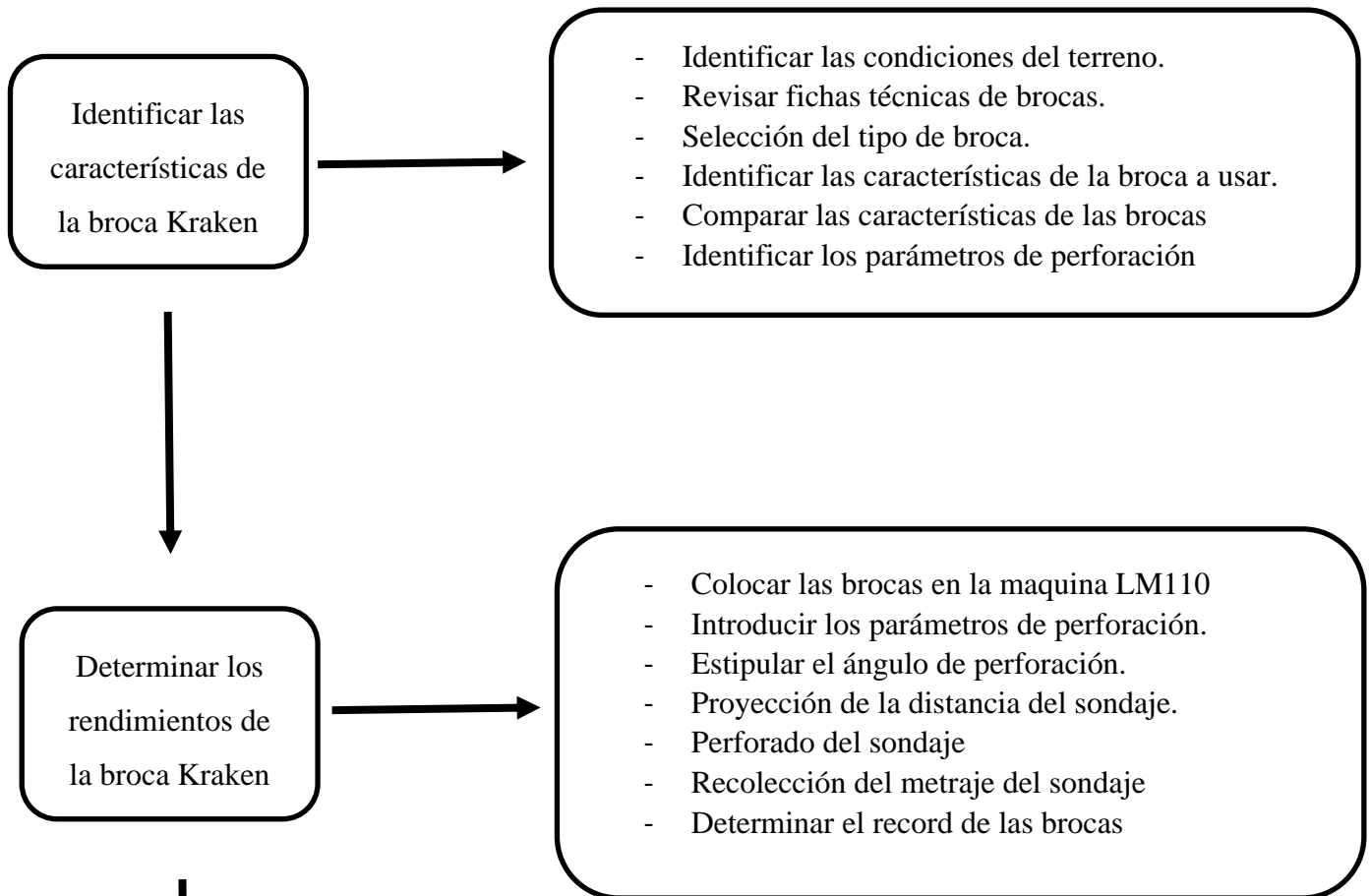
El instrumento de medición es aquel que registra datos observables que representan los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente (Hernández et al., 2014). El instrumento de recolección de datos de la presente investigación son los reportes diarios de perforación diamantina, los cuales fueron facilitados por el perforista y verificados por el ingeniero supervisor (Anexo N° 7) siendo los metros perforados por día, tipo de broca

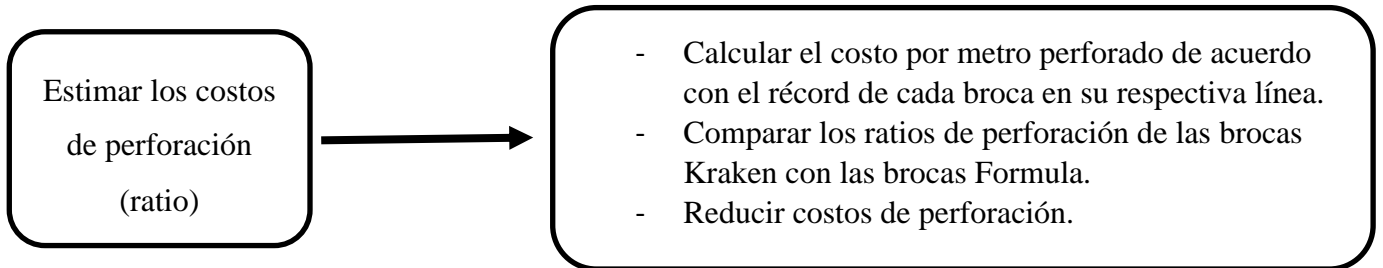
utilizada, equipo de perforación utilizado, parámetros de perforación, costo de broca utilizada, en el análisis de datos, se identificaron las características diferenciadoras de las brocas utilizadas, se empleó la estadística descriptiva, para mostrar de manera organizada y cuantitativa los rendimientos de las brocas obtenidos en la perforación (Anexo N° 1), de igual manera se procesaron los datos obtenidos, seleccionando los metrajes de perforación representativos para cada tipo de broca en ambas líneas (HQ-NQ), se realizó el fraccionamiento del costo de la broca para obtener los ratios de perforación y se seleccionó el ratio beneficioso para la empresa.

Para el presente estudio, inicialmente se procede con la revisión de antecedentes, estudios realizados con anterioridad respecto al tema, tanto en el ámbito local, nacional e internacional, por lo que se recurrió a repositorios virtuales de distintas universidades. Se recopiló la información adecuada para el tema de reducción de costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas. Se visitó el área donde se realizan las labores de perforación diamantina en los sondajes DH10B21-08 y DDH-25-21, cuyo

propósito fue obtener los reportes diarios de perforación, para luego recopilar los datos del rendimiento de perforación de las brocas a estudiar, así como también los parámetros de perforación aplicados en los equipos diamantinos y las características generales de las brocas. Los datos obtenidos en campo se procesaron y tabularon de forma digital. Así mismo, para mostrar los resultados se elaboraron cuadros comparativos de las características, rendimientos, costos de las brocas y ratios de perforación.

**Diagrama de desarrollo:**





### CAPÍTULO III: RESULTADOS

*Tabla 1: Características de las brocas Kraken y brocas Fórmula - Comparativo*

LÍNEA	BROCAS KRAKEN (FORDIA)		BROCAS FÓRMULA (CORETECH)	
	NQ	HQ	NQ	HQ
<b>COSTO DE BROCA (\$)</b>	385.97	508.66	400.69	485.97
<b>VIDA ÚTIL DE BROCA</b>	>100m	>50m	>60m	>25m
<b>COMPOSICION</b>	Polvos metálicos y diamantes		Polvos metálicos y diamantes	
<b>VÍAS DE AGUA</b>	Convexas		Convexas	
<b>ALTURA DE MATRIZ</b>	16 – 20 – 26 (20)		13 – 16 – 20 (20)	

<b>D. INTERIOR (mm)</b>	47.6	63.5	47.6	63.5
<b>D. EXTERIOR (mm)</b>	75.3	95.5	75.3	95.5
<b>DUREZA</b>	7.5 - 9		7.5 – 8	

Fuente: Reporte de perforación diamantina - C.M. Redrilsa (2021)

*Nota:* En la tabla se observa las características pertenecientes a las brocas Kraken de la marca Fordia y las características de las brocas Fórmula de la marca Coretech; las diferencias resaltantes observables provenientes de las fichas técnicas, son el grado de dureza de la broca para el cual está fabricada y el costo de la misma.

**Tabla 2: Parámetros para la perforación con brocas Kraken en línea HQ**

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Aplicación</i>
Presión de Avance	PSI	2000 - 2500
Peso de Corona	PSI	1000
Presión de Fluido	BAR	25 - 30
Rotación	RPM	650 - 700
Velocidad de Penetración	Pulg/min	3 a 3.5"
Torque	PSI	2500 a 2800

Fuente: Reporte de perforación diamantina - C.M. Redrilsa (2021)

*Nota:* En la tabla se observa los parámetros requeridos para la perforación diamantina en línea HQ con la broca Kraken.

**Tabla 3: Parámetros para la perforación con brocas Kraken en línea NQ**

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Aplicación</i>
Presión de Avance	PSI	1500 - 2000
Peso de Corona	PSI	500
Presión de Fluido	BAR	25 - 30
Rotación	RPM	750 - 900
Velocidad de Penetración	Pulg/min	3 a 3.5"
Torque	PSI	3000 a 3200

Fuente: Reporte de perforación diamantina - C.M. Redrilsa (2021)

*Nota:* En la tabla se observa los parámetros requeridos para la perforación diamantina en línea NQ con la broca Kraken.

#### RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LOS RENDIMIENTOS

**Tabla 4: Comparativo de récord de la broca Kraken y broca Formula**

<i>BROCA</i>		<i>SERIE N°</i>	<i>DESDE (m)</i>	<i>HASTA (m)</i>	<i>TOTAL (m)</i>
KRAKEN	HQ	112727204	0.00	50.70	<b>50.70</b>
		112727201	50.70	105.00	<b>54.30</b>
	NQ	112728202	548.70	655.30	<b>106.60</b>
		112728201	655.30	771.00	<b>115.70</b>
FORMULA	HQ	7871612	316.70	360.10	<b>43.40</b>

	7873712	386.20	427.00	<b>40.80</b>
	7140612	423.10	487.60	<b>64.50</b>
<i>NQ</i>				
	800201415	487.60	548.70	<b>61.10</b>

*Nota:* En la tabla se observa la diferencia de avance que presenta la broca Kraken (Fordia) en comparación a la broca Formula (Coretech), en las distintas líneas de perforación HQ y NQ.

#### RATIOS DE LAS BROCAS KRAKEN – FORMULA

**Tabla 5: Ratio de brocas – Costo de broca / Metros perforados - \$ /m**

<i>BROCA</i>	<i>SERIE( N°)</i>	<i>TOTAL (m)</i>	<i>COSTO (\$)</i>	<i>RATIO (\$/m)</i>	
KRAKEN	<i>HQ</i>	112727204	50.70	<b>508.66</b>	<b>10.03</b>
		112727201	54.30	<b>508.66</b>	<b>9.37</b>
	<i>NQ</i>	112728202	106.60	<b>385.97</b>	<b>3.62</b>
		112728201	115.70	<b>385.97</b>	<b>3.34</b>



		7871612	43.40	<b>485.97</b>	<b>11.20</b>
	<i>HQ</i>				
		7873712	40.80	<b>485.97</b>	<b>11.91</b>
FORMULA					
		7140612	64.50	<b>400.69</b>	<b>6.21</b>
	<i>NQ</i>				
		800201415	61.10	<b>400.69</b>	<b>6.56</b>

*Nota:* En la siguiente tabla se observa los diferentes de ratios registrados con la broca Kraken (Fordia) y la broca Formula (Coretech), en las distintas líneas de perforación HQ y NQ.

Estos datos se obtuvieron mediante el fraccionamiento del costo de la broca y el total de metros perforados por la misma.

**Tabla 6: Resumen de ratios de brocas – Costo / Metro perforado \$ /m**

<i>MARCA</i>	<i>MODELO</i>	<i>LÍNEA</i>	<i>RATIO (\$/m)</i>
FORDIA	KRAKEN	HQ	<b>9.69</b>
		NQ	<b>3.47</b>
CORETECH	FORMULA	HQ	<b>11.55</b>
		NQ	<b>6.38</b>

*Nota:* En la siguiente tabla se observa la diferencia de Ratio que presenta la broca Kraken (Fordia) en comparación a la broca Formula (Coretech), en las distintas líneas de perforación HQ y NQ.

El costo por metro perforado en línea HQ con broca Kraken es un 19.2 % más económico y un 45.6 % más económico en línea NQ, en comparación al costo por metro perforado obtenido con la broca Formula.

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **DISCUSIÓN**

En esta investigación que tuvo como objetivo principal reducir los costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas Kraken en un proyecto minero de Pataz. El resultado obtenido mediante los cálculos realizados muestra que el costo de perforación diamantina por metro perforado en las 2 líneas (HQ-NQ) que se utilizó la broca Kraken, ha sido de 9.69 US \$/m en HQ y de 3.47 US \$/m en NQ, mientras que los

costos de perforación diamantina con la broca Formula ha sido de 11.55 US \$/m en HQ y de 6.38 US \$/m en NQ. Esto significa que existe una diferencia de costos por metro perforado con broca Kraken de 1.86 US \$/m en línea HQ y de 2.91 US \$/m en línea NQ en comparación con la broca Formula. De igual forma para Álvarez A. (2019) quien en su investigación concluye que mediante el uso de las brocas Hayden se ha optimizado el costo de perforación diamantina de 11.44 US \$/m a 10.50 US \$/m, haciendo una diferencia de 0.94 US \$/m en la zona de San German de la contrata Minera Explomin del Perú S.A. En tal sentido, confirmamos que al implementar las brocas Kraken en la perforación diamantina, mejorará el rendimiento de esta y generará una mayor rentabilidad.

Respecto al primer objetivo específico que hace referencia a identificar las características de broca Kraken y los parámetros de perforación, se identificó que el grado de dureza según la escala de Mohs para el cual se diseñó la broca Kraken es de 7.5 - 9.0, siendo superior al 7.5 – 8.0 de la broca Formula, esto quiere decir que la broca Kraken es fabricada con una mejor estructura de la matriz, lo que le permite cortar terreno compacto y fracturado sin presentar un desgaste prematuro, su desgaste es normal y parejo para las condiciones del terreno, además no requiere realizar la maniobra operativa del afilado de la

broca con frecuencia. Estos resultados son respaldados por Garay H. (2014) quien en su investigación menciona que las brocas diamantadas se estudian como un material de dos fases, compuesta por una matriz de polvos metálicos y refuerzos de partículas, las diferentes combinaciones de cantidad de distintos tipos de polvos metálicos y diamantes, resulta en diferentes tipos de brocas recomendadas para un determinado tipo de suelo, según la dureza del mismo. Bajo lo referido anteriormente, confirmamos que mientras mejor estructurada

y/o diseñada sea la broca, mejor será el desempeño de esta en el terreno a cortar, produciendo un mejor avance en la perforación diamantina que se realiza en un proyecto minero de Pataz.

Respecto al segundo objetivo específico que hace referencia a determinar los rendimientos de la broca Kraken, se determinó que el avance de perforación promedio de la broca Kraken en línea HQ fue de 52.50 m y en línea NQ fue de 111.15 m, por la otra parte el avance de perforación promedio de la broca Formula en línea HQ fue de 42.1 m y en línea NQ fue 62.8 m. Esto quiere decir que las brocas Kraken tanto en línea HQ como en línea NQ generaron un avance superior con respecto al avance generado por las brocas Formula, lo que significa que las brocas Kraken presentan una mayor eficiencia dentro de su vida útil. Por su parte Álvarez A. (2019) manifiesta que un menor desgaste de la broca permite mayores metrajes de perforación, lo que significa una reducción en el tiempo muerto de la máquina, ya que el intercambio de las brocas usadas y nuevas se realizara con menor frecuencia dentro de una jornada laboral, lo que en consecuencia proporciona mayor eficiencia durante la perforación de los pozos. Por otro lado, Barreto E. (2018) menciona que en la perforación existen diversos parámetros que se deben considerar para que esta se realice de manera eficiente como la calidad del terreno y su dureza, velocidad de rotación (rpm), presión de avance o empuje, tipo de broca, velocidad de penetración y las condiciones

del pozo, estos parámetros van de la mano con la técnica y experiencia del perforista. En tal sentido, el obtener un mayor metraje por broca beneficia positivamente a la perforación diamantina en conjunto, reduciendo los tiempos y costos de esta, sumado a la experiencia del perforista, ya que mientras más años de experiencia tenga este, más eficiente será la perforación de los sondajes debido a que ya conoce los parámetros correctos para perforar en terrenos complicados.

Respecto al tercer objetivo específico que hace referencia a estimar los costos de la broca Kraken, se calculó el costo de broca necesario para generar 1m perforado de avance lineal, los resultados con la broca Kraken fueron de 9.69 US \$/m dólares por metro perforado para línea HQ y 3.47 US \$/m dólares por metro perforado para línea NQ, con respecto a la broca Formula los resultados fueron de 11.55 US \$/m dólares por metro perforado para línea HQ y 6.38 US \$/m dólares por metro perforado para línea NQ, lo que nos da a entender que esta broca presenta mejores ratios de perforación a comparación de la segunda broca mencionada. Lo que nos indica que el costo para perforar 1 metro de terreno con la broca Kraken en línea HQ y en línea NQ (ratios \$/m) es inferior al costo de perforación obtenido de la broca Formula tanto en línea HQ como en línea NQ, a pesar de que el precio de la broca Kraken es 5% superior al precio de la broca Formula. Por su parte Schwarz M. (2013) menciona que los costos de perforación diamantina en el Perú han variado mucho a lo largo del tiempo los cuales van incrementándose según la profundidad. Los precios son muy variables ya que no solo depende de la profundidad del terreno sino también de las facilidades operativas, dificultades técnicas o inconvenientes que se presente el terreno. Frente a estos resultados se entiende que mientras se disminuyan los costos por metro de

perforación, manteniendo la eficiencia y la eficacia, la rentabilidad de la empresa aumentará.

## CONCLUSIONES

Se redujo los costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas Kraken en un proyecto minero de Pataz, ya que existe una diferencia de costos por metro perforado 1.86 US \$/m en línea HQ y de 2.91 US \$/m en línea NQ en comparación a los costos obtenidos con la broca formula.

En las características de las broca Kraken se identificó que el grado de dureza de esta según la escala de Mohs es de 7.5 - 9.0, siendo superior al 7.5 – 8.0 de la broca Formula, esto le permite cortar terreno compacto y fracturado sin presentar un desgaste prematuro, ayudando a que se tengan más horas efectivas de perforación.

Al determinar el avance de perforación promedio de la broca Kraken se obtuvo 52.50 m en línea HQ y 111.15 m en línea NQ, por la otra parte el avance de perforación promedio de la broca Formula fue de 42.1 m en línea HQ y 62.8 m en línea NQ. Por lo tanto, las brocas Kraken presentaron una mejor vida útil reflejándose en un mayor metraje de perforación.

En el cálculo del costo de broca necesario para perforar 1 metro de terreno, el ratio obtenido con la broca Kraken fue de 9.69 US \$/m para línea HQ y 3.47 US \$/m para línea NQ, con respecto a la broca Formula fue de 11.55 US \$/m para línea HQ y 6.38 US \$/m para línea NQ. Por lo tanto, las ratios de perforación más bajos, generan una mayor rentabilidad.

## REFERENCIAS

Aguirre, P., Cleyde, M. (2015). *Reducción de costos operativos en desarrollos mediante actualización de estándares en perforación y voladura, caso de la empresa especializada Mincotrall S.R.L. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú.

- Álvarez, A. (2019). *Optimización de costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la contrata minera Explomin de Perú S.A. – Unidad Minera San Rafael – Puno. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.*
- Aparco, A. García, J. (2019). *Optimización de la vida útil de los aceros de perforación para la reducción de costos en mina San Vicente – Cia. San Ignacio de Morococha S.A.C. año 2018. Facultad de Ingeniería Minas, Civil, ambiental. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica. Perú.*
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Editorial Episteme. Caracas.*
- Barreto, E. (2018). *Supervisión, identificación de peligros y evaluación de riesgos operacionales en el control de los procesos de sondaje diamantino E.E. Redrilsa S.A.C. Mina Constancia. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas. Facultad de Geología, Geofísica y Minas. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa. Perú.*
- Becerra, J. (2021). *Gestión de la perforación diamantina a través de metodologías ágiles (scrum – kanban). Trabajo de investigación para optar el grado académico de magíster en regulación, gestión y economía minera. Escuela de posgrado. Pontificia Universidad Católica del Perú escuela de posgrado. Lima. Perú.*
- Bejarano, V. (2017). *Proceso de perforación diamantina y logueo geológico en el proyecto minero La Granja Río Tinto en Querocto – Chota – Cajamarca. Informe de grado*

*para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa. Perú.*

Cansaya, B. (2019). *Selección y empleo de coronas impregnadas en la perforación diamantina. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Metalurgista. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa. Perú.*

Castilla, J. y Herrera, J. (2012). *El proceso de Exploración Minera Mediante Sondeos. Laboratorio de Tecnologías Mineras. Madrid, España.*

Castillo, J. (2021). *Propuesta de mejora en la planificación de la producción utilizando herramientas de planeamiento y control de operaciones, Heijunka y Smed en una empresa de consumo masivo. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial. Facultad de ciencias e ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú escuela de posgrado. Lima. Perú.*

Couceiro, P. (2018). *Optimización energética de las operaciones mineras. Gerens Escuela de Postgrado. Lima. Perú.*

Fernández, R., De Barrio, R., & Tessone, M. (2015). *Perforaciones en la exploración minera. Apuntes de geología de minas. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires. Argentina.*

Garay, H. (2014). *Análisis de vías de agua de brocas de perforación diamantina mediante simulación numérica. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.*



- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ta ed.). Interamericana editores. S.A.
- Huerta, A. (2018). *Análisis costo beneficio en recuperación de puentes y pilares en labor asignada Cia. Minera Poderosa SA. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz. Perú.*
- Mahasneh, M. (2017). *Optimización del rendimiento de los parámetros de perforación durante la perforación en pozos de gas. Revista Internacional de ingeniería de carbón y gas de petróleo.*
- Mantilla, V. (2019). *Control de la trayectoria de taladros variando tipo de broca y parámetros de perforación con sistema diamantina. Tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas. Universidad Privada del Norte. Cajamarca. Perú.*
- Palomino, H. (2016). *Optimización del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo para mejorar la eficiencia en la compañía Minera Poderosa S.A. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.*
- Portilla, H., Suarez, D., Corzo, R. (2012). *Metodología para la optimización de parámetros de perforación a partir de propiedades geomecánicas. Revista Fuentes. Colombia.*
- Portocarrero, M. (2019). *Reducción de los costos operativos al aumentar la velocidad de rotación en la perforación de terrenos duros, fracturados y abrasivos. Tesis para*

*optar el título profesional de ingeniero de minas. Universidad Privada del Norte.  
Cajamarca. Perú.*

Romero, G. (2018). *La relación entre la producción minera en el Perú y sus precios internacionales, entre los periodos 2010 - 2017. Facultad de ciencias empresariales y administrativas. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Cajamarca. Perú.*

Schwarz, M. (2013). *Perforación diamantina de proyectos mineros. Minería, Industria, Inversiones y Finanzas, Gestión de Operaciones y Proyectos Mineros.*  
<http://maxschwarz.blogspot.com/2013/02/perforacion-diamantina-de-proyectos.html>.

Urteaga, G. (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. Universidad Privada del Norte. Cajamarca. Perú.*

## ANEXOS

### ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Problema general	Objetivos	Marco Teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>¿Cómo es la reducción de costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas Kraken en un proyecto minero de Pataz, 2021?</b></p>	<p><b>O. General:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas Kraken en un proyecto minero de Pataz.</li> </ul> <p><b>O. Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Describir las características de la broca Formula y la</li> </ul>	<p>Alvarez. A, (2019), en su tesis que tiene por título “Optimización de costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la contrata minera Explomin del Perú S.A. – Unidad minera San Rafael - Puno”</p> <p>Castilla G. (2012), en su tesis titulada “El proceso de exploración minera mediante sondeos”</p> <p>Barreto E. (2018), en su tesis titulada “Supervisión, identificación de</p>	<p><b>H. General:</b></p> <p>Mediante la implementación de brocas Kraken se podría reducir los costos de perforación diamantina.</p>	<p><b>V. Independiente:</b></p> <p>Brocas Kraken.</p> <p><b>V. Dependiente:</b></p> <p>Costos de perforación diamantina.</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p><b>Propósito:</b> Aplicada</p> <p><b>Por el diseño:</b> No Experimental</p> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <p>No Experimental transversal descriptivo</p> <p><b>Unidad de estudio:</b></p> <p><b>Población:</b></p> <p>La población utilizada para esta investigación estuvo</p>

broca Kraken en un proyecto minero de Pataz.

- Calcular los rendimientos de la broca Formula y la broca Kraken en un proyecto minero de Pataz.

- Realizar la estimación de costos de la broca formula y la broca Kraken en un proyecto minero de Pataz.

peligros y evaluación de riesgos operacionales en el control de los procesos de sondaje diamantino E. E. Redrilsa S.A.C. mina constancia”

Swarz M. (2013), en su investigación titulada “Perforación diamantina de proyectos mineros”

Portilla et al., (2012), en su tesis que tiene por título “Metodología para la optimización de parámetros de perforación a partir de propiedades geomecánicas”,

Cansaya B. (2019), en su investigación titulada “Selección y empleo de coronas impregnadas en la perforación Diamantina”,

Portocarrero (2019), en su investigación titulada “Reducción de

conformada por todas las brocas de la marca Formula y Kraken, que corresponde a los meses de octubre y noviembre del año 2021 en un proyecto minero de Pataz.

**Muestra:**

Muestreo no probabilístico de 8 brocas, 4 brocas de la marca Fordia (Kraken), 2 en línea HQ y 2 en línea NQ, y 4 brocas de la marca Coretech (Formula), 2 en línea HQ y 2 en línea NQ.

**Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos:**

---

los costos operativos al aumentar la velocidad de rotación en la perforación de terrenos duros, fracturados y abrasivos”

Ríos P. (2005), en su investigación titulada “Metodología de caracterización de un material compuesto de matriz metálica con partículas de refuerzo”

**Técnica:** Observación

**Instrumento:**

Reportes diarios de perforación diamantina

**Análisis de datos:**

Estadística descriptiva


---

**ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.**

<b>Variable independiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Brocas Kraken</b>	Fernández et al., (2015). Broca es una herramienta cortante compuesta de una aleación de metal duro con insertos de diamantes y carburo de tungsteno de distintas formas y dimensiones.	La composición de la broca determina su grado de dureza y el propósito para el cual fueron fabricadas.	-Características de la broca  -Rendimiento de la broca	-Especificaciones técnicas  -Vida útil  -Metros perforadores	-Razón
<b>Variable dependiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Reducción de costos</b>	(Aguirre, Cleyde, 2015). Los costos operativos de una organización influyen en el desarrollo de sus actividades u operaciones, en estos se tiene en cuenta el salario del personal, equipos, alquiler de maquinaria, compra de suministros, etc.	En perforación, los costos se encuentran en dólares por metro perforado, en donde se tiene en cuenta la profundidad y diámetro a perforar.	-Estimación de costos	$Ratio = \frac{Cb}{Mp}$	-Razón

### ANEXO 3. Instrumento de recolección de datos 1 – Sondaje DH10B21-08 - HQ

SONDAJE DIAMANTINO DH10B21-08 - LÍNEA HQ						
SONDEO	MARCA	SERIE	INCLINACIÓN	DESDE	HASTA	AVANCE
DH10B21-08	FORDIA	112727204	-70	0.00	50.70	50.70
DH10B21-08	FORDIA	112727201	-70	50.70	105.00	54.30
DH10B21-08	FORDIA	112728401	-70	105.00	128.00	23.00
DH10B21-08	FORDIA	112728402	-70	128.00	152.30	24.30
DH10B21-08	CORETECH	789701415	-70	152.30	179.80	27.50
DH10B21-08	CORETECH	7718712	-70	179.80	206.80	27.00
DH10B21-08	CORETECH	7983512	-70	206.80	224.70	17.90
DH10B21-08	CORETECH	7875812	-70	224.70	265.50	40.80
DH10B21-08	CORETECH	789741415	-70	265.50	277.90	12.40
DH10B21-08	CORETECH	798831415	-70	277.90	313.20	35.30
DH10B21-08	CORETECH	789741415	-70	313.20	316.70	3.50
DH10B21-08	CORETECH	7871612	-70	316.70	360.10	43.40
DH10B21-08	CORETECH	789711415	-70	360.10	386.20	26.10
DH10B21-08	CORETECH	7873712	-70	386.20	427.00	40.80
DH10B21-08	CORETECH	7876012	-70	427.00	455.70	28.70



**Firma y sello del Representante del área**

**DNI: 42088568**


*Figura 1: Instrumento de recolección de datos 1.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)

**ANEXO 4. Instrumento de recolección de datos 2 – Sondaje DDH-25-21 - NQ**

SONDAJE DIAMANTINO DDH-25-21 - LÍNEA NQ						
SONDEO	MARCA	SERIE	INCLINACIÓN	DESDE	HASTA	AVANCE
DDH-25-21	CORETECH	7140612	-37	423.10	487.60	64.50
DDH-25-21	CORETECH	800201415	-37	487.60	548.70	61.10
DDH-25-21	FORDIA	112728202	-37	548.70	655.30	106.60
DDH-25-21	FORDIA	112728201	-37	655.30	771.00	115.70



Ing. Joao Gerardo Piestas Mejia  
GERENTE DE OBRA  
CIP. N° 154680

Firma y sello del Representante del área



DNI: 42088568

*Figura 2: Instrumento de recolección de datos 2.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)



**ANEXO 5. MATRIZ PARA EVALUACION DE EXPERTO**

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
<b>Título de la investigación:</b>	Reducción de costos de perforación diamantina mediante la implementación de brocas Kraken en un proyecto minero de Pataz - 2021			
<b>Línea de investigación:</b>	Nuevas tecnologías y sistemas de construcción			
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	Ing. Joao Gerardo Fiestas Mejía			
<b>El instrumento de medición pertenece a la variable:</b>	Las brocas Kraken			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	x		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	x		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	x		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	x		
<b>Sugerencias:</b>				
<b>Firma del experto:</b>				
  Ing. Joao Gerardo Fiestas Mejía GERENTE DE OBRA CIP. N° 15488				

*Figura 3: Matriz para evaluación de expertos.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)

## ANEXO 6. Rendimiento de brocas Kraken en línea HQ.

El sondaje elegido para el análisis fue el DH10B21-08, el cual está ubicado en la zona denominada CEDRO, las perforaciones se realizan con un ángulo de inclinación de  $-70^\circ$ , el terreno cortado tiene una dureza de 7 – 7.5 en la escala de Mohs.

**Tabla 7: Récord de broca Kraken HQ - 1**

<i>Fecha</i>	<i>Turno</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>	<i>Avance (m)</i>
31/10/2021	1 turno	0.00	5.30	<b>5.30</b>
1/11/2021	2 turno	5.30	25.70	<b>20.40</b>
1/11/2021	3 turno	25.70	49.50	<b>23.80</b>
2/11/2021	4 turno	49.50	50.70	<b>1.20</b>
<b>TOTAL</b>				<b>50.70</b>

*Nota:* En la tabla se observa el tiempo de vida útil de la broca Kraken (Fordia), la cual tuvo un promedio de metros perforados de 50.70 m. Lo cual fue obtenido en 4 turnos.

**Tabla 8: Récord de broca Kraken HQ – 2**

<i>Fecha</i>	<i>Turno</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>	<i>Avance (m)</i>
2/11/2021	1 turno	50.70	72.10	<b>21.40</b>
2/11/2021	2 turno	72.10	98.80	<b>26.70</b>
3/11/2021	3 turno	98.80	105.00	<b>6.20</b>
<b>TOTAL</b>				<b>54.30</b>

*Nota:* En la tabla se observa el tiempo de vida útil de la broca Kraken (Fordia), la cual tuvo un promedio de metros perforados de 54.30 m. A diferencia de la broca previa, estos fueron obtenidos en 3 turnos, sin embargo, el promedio de avance se mantiene similar.

## ANEXO 7. Rendimiento de brocas formula en línea HQ.

*Tabla 9: Récord de broca Formula HQ - 1*

<i>Fecha</i>	<i>Turno</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>	<i>Avance (m)</i>
11/11/2021	1 turno	316.70	329.30	<b>12.60</b>
12/11/2021	2 turno	329.30	346.10	<b>16.80</b>
12/11/2021	3 turno	346.10	360.10	<b>14.00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>43.40</b>

*Nota:* En la siguiente tabla se muestra el tiempo de vida útil de la broca Formula (Coretech), la cual tuvo un promedio de metros perforados de 43.40 m.

*Tabla 10: Récord de broca Formula HQ - 2*

<i>Fecha</i>	<i>Turno</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>	<i>Avance (m)</i>
14/11/2021	1 turno	386.20	397.20	<b>11.00</b>
14/11/2021	2 turno	397.20	419.50	<b>22.30</b>
15/11/2021	3 turno	419.50	427.00	<b>7.50</b>
<b>TOTAL</b>				<b>40.80</b>

*Nota:* En la siguiente tabla se muestra el tiempo de vida útil de la broca Formula (Coretech), la cual tuvo un promedio de metros perforados de 43.40 m. La cual se mantiene muy similar al avance de la broca previa.

### ANEXO 8. Rendimiento de brocas Kraken en línea NQ.

El sondaje DDH-25-21 fue elegido para el análisis, el cual se encuentra en la zona denominada PENCAS, donde se encuentra la máquina de perforación diamantina la cual será llamada LM 110-2, dicha maquina realiza las perforaciones con un ángulo de inclinación de  $-37^{\circ}$ , el terreno cortado tiene una dureza de 7.5 – 8 en la escala de Mohs siendo en su totalidad terreno compacto.

*Tabla 11: Récord de broca Kraken NQ – 1*

<i>Fecha</i>	<i>Turno</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>	<i>Avance (m)</i>
30/10/2021	1 turno	548.70	556.00	<b>7.30</b>
31/10/2021	2 turno	556.00	573.10	<b>17.10</b>
31/10/2021	3 turno	573.10	593.20	<b>20.10</b>
1/11/2021	4 turno	593.20	609.20	<b>16.00</b>
1/11/2021	5 turno	609.20	630.50	<b>21.30</b>
2/11/2021	6 turno	630.50	646.30	<b>15.80</b>
2/11/2021	7 turno	646.30	655.30	<b>9.00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>106.60</b>

*Nota:* En siguiente tabla se observa el tiempo de vida útil de la broca Kraken (Fordia), la cual tuvo un promedio de metros perforados de 106.60 m.

**Tabla 12: Récord de broca Kraken NQ – 2**

<i>Fecha</i>	<i>Turno</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>	<i>Avance (m)</i>
3/11/2021	1 turno	655.30	663.30	<b>8.00</b>
4/11/2021	2 turno	663.30	680.10	<b>16.80</b>
5/11/2021	3 turno	680.10	690.10	<b>10.00</b>
5/11/2021	4 turno	690.10	700.20	<b>10.10</b>
6/11/2021	5 turno	700.20	715.60	<b>15.40</b>
6/11/2021	6 turno	715.60	732.80	<b>17.20</b>
7/11/2021	7 turno	732.80	749.80	<b>17.00</b>
7/11/2021	8 turno	749.80	764.80	<b>15.00</b>
8/11/2021	9 turno	764.80	771.00	<b>6.20</b>
<b>TOTAL</b>				<b>115.70</b>

*Nota:* En siguiente tabla se muestra el tiempo de vida útil de la broca Kraken (Fordia), la cual tuvo un promedio de metros perforados de 115.70 m. El avance se mantiene similar a pesar de la diferencia de 2 turnos con la broca previa.

## ANEXO 9. Rendimiento de brocas formula en línea NQ.

**Tabla 13: Récord de broca Formula NQ – 1**

<i>Fecha</i>	<i>Turno</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>	<i>Avance (m)</i>
26/10/2021	1 turno	423.10	426.20	<b>3.10</b>
27/10/2021	2 turno	426.20	443.80	<b>17.60</b>
27/10/2021	3 turno	443.80	464.80	<b>21.00</b>
28/10/2021	4 turno	464.80	482.80	<b>18.00</b>
28/10/2021	5 turno	482.80	487.60	<b>4.80</b>
<b>TOTAL</b>				<b>64.50</b>

Nota: En la tabla se aprecia el tiempo de vida útil de la broca Formula (Coretech), la cual tuvo un promedio de metros perforados de 64.50 m, los cuales fueron obtenidos en 5 turnos.

**Tabla 14: Récord de broca Formula NQ – 2**

<i>Fecha</i>	<i>Turno</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>	<i>Avance (m)</i>
28/10/2021	1 turno	487.60	496.80	<b>9.20</b>
29/10/2021	2 turno	496.80	516.40	<b>19.60</b>
29/10/2021	3 turno	516.40	524.90	<b>8.50</b>
30/10/2021	4 turno	524.90	542.60	<b>17.70</b>
30/10/2021	5 turno	542.60	548.70	<b>6.10</b>
<b>TOTAL</b>				<b>61.10</b>

Nota: En la tabla se aprecia el tiempo de vida útil de la broca Formula (Coretech), la cual tuvo un promedio de metros perforados de 61.10 m. La cual permanece muy en el avance promedio de la broca.

## ANEXO 10. Costos de brocas Kraken en línea HQ y NQ.

*Tabla 15: Costo \$ /m Brocas Fordia – Kraken HQ*

<i>Marca</i>	<i>Producto</i>	<i>Serie</i>	<i>Total m</i>	<i>Costo \$</i>	<i>Ratio \$/m</i>
FORDIA	BROCA HQ - KRAKEN	112727204	50.70	508.66	<b>10.03</b>
		112727201	54.30	508.66	<b>9.37</b>
<b>Total</b>			<b>105.00</b>	<b>1017.32</b>	<b>9.69</b>

Fuente: Informe Gerencial - C.M. Redrilsa (2021)

*Nota:* Las brocas Kraken tienen un valor en el mercado de 508.66 dólares. lo que nos arroja un Ratio promedio de 9.69 \$/m, lo cual significa que el costo de cada metro perforado en línea HQ es de 9.69 dólares.

*Tabla 16: Costo \$ /m Brocas Fordia – Kraken NQ*

<i>Marca</i>	<i>Producto</i>	<i>Serie</i>	<i>Total m</i>	<i>Costo \$</i>	<i>Ratio \$/m</i>
FORDIA	BROCA NQ - KRAKEN	112728202	106.60	385.97	<b>3.62</b>
		112728201	115.70	385.97	<b>3.34</b>
<b>Total</b>			<b>222.30</b>	<b>771.94</b>	<b>3.47</b>

Fuente: Informe Gerencial - C.M. Redrilsa (2021)

*Nota:* Las brocas Kraken tienen un valor en el mercado de 385.97 dólares. lo que nos arroja un Ratio promedio de 3.47 \$/m, lo cual significa que el costo de cada metro perforado en línea NQ es de 3.47 dólares.

## ANEXO 11. Costos de brocas Kraken en línea HQ y NQ.

*Tabla 17: Costo \$/m Brocas Coretech – Formula HQ*

<i>Marca</i>	<i>Producto</i>	<i>Serie</i>	<i>Total m</i>	<i>Costo \$</i>	<i>Ratio \$/m</i>
CORETECH	BROCA FORMULA – HQ	7871612	43.40	485.97	<b>11.20</b>
		7873712	40.80	485.97	<b>11.91</b>
<b>Total</b>			<b>84.20</b>	<b>971.94</b>	<b>11.55</b>

Fuente: Informe Gerencial - C.M. Redrilsa (2021)

*Nota:* Las brocas Formula tienen un valor en el mercado de 485.97 dólares. lo que nos arroja un Ratio promedio de 11.55 \$/m, lo cual significa que el costo de cada metro perforado en línea HQ es de 11.55 dólares.

*Tabla 18: Costo \$/m Brocas Coretech – Formula NQ*

<i>Marca</i>	<i>Producto</i>	<i>Serie</i>	<i>Total m</i>	<i>Costo \$</i>	<i>Ratio \$/m</i>
CORETECH	BROCA FORMULA – NQ	7140612	64.50	400.69	<b>6.21</b>
		800201414	61.10	400.69	<b>6.56</b>
<b>Total</b>			<b>125.60</b>	<b>801.38</b>	<b>6.38</b>

Fuente: Informe Gerencial - C.M. Redrilsa (2021)

*Nota:* Las brocas Formula tienen un valor en el mercado de 400.69 dólares. lo que nos arroja un Ratio promedio de 6.38 \$/m, lo cual significa que el costo de cada metro perforado en línea NQ es de 6.38 dólares.



**ANEXO 12. Diámetros de tubos para perforación diamantina.**

<b>Tamaño</b>	<b>GEOMETRÍA</b>	
	<b>Diámetro Exterior (mm)</b>	<b>Diámetro Interior (mm)</b>
AQ	48	27
BQ	59.9	36.4
NQ	75.7	47.6
HQ	96.1	63.5
PQ	122.6	85

*Figura 4: Diámetro de tubos de perforación diamantina*

Fuente: Revista Diamantina Boart Longyear 2016

**ANEXO 13. Diámetros de tubos para perforación diamantina.**

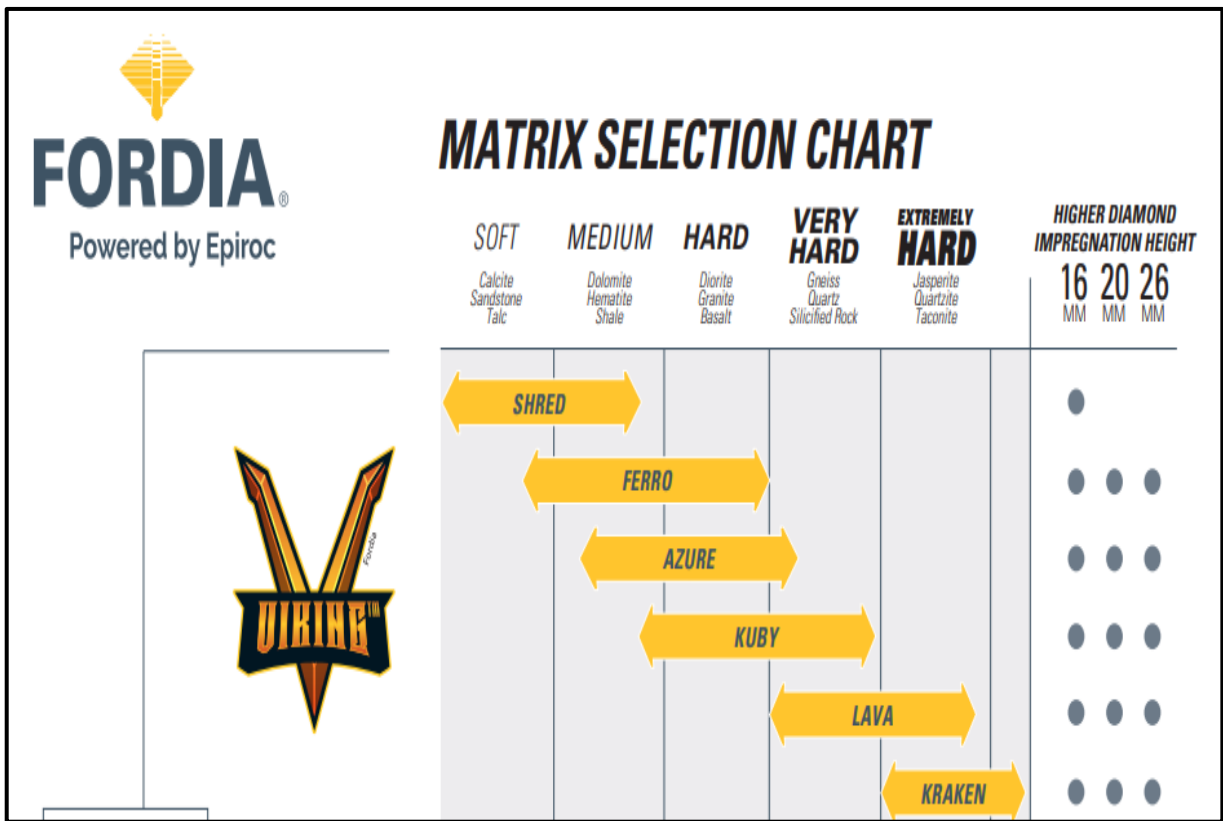


Figura 5: Gráfico de selección de Matrix.

Fuente: Fordia bit select (2021).

## ANEXO 14. Brocas KRAKEN.



*Figura 6: Brocas Kraken.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)

### ANEXO 15. Máquina Perforadora Diamantina LM 110.

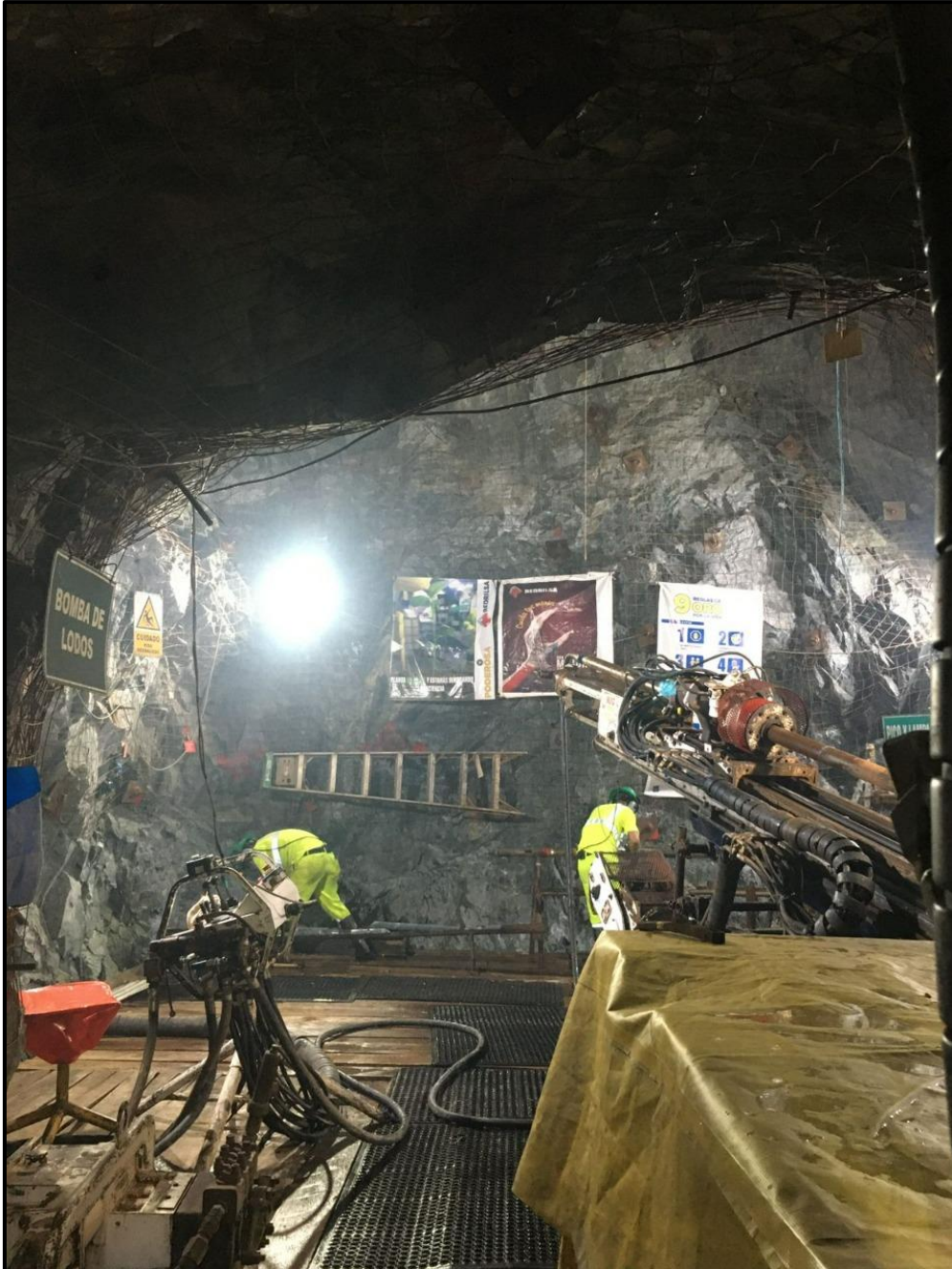


*Figura 7: Bastidor de Perforación.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)



## ANEXO 16. Cámara de Perforación Diamantina.

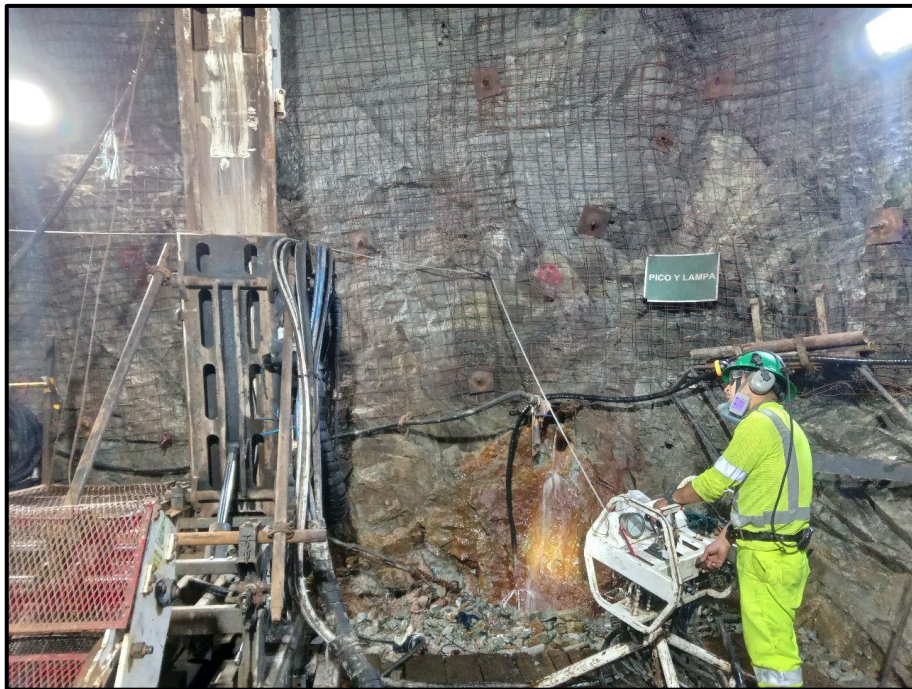


*Figura 8: Labores de perforación Diamantina.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)



**ANEXO 17. Máquina de Perforación Diamantina LM 110.**



*Figura 9: Perforadora diamantina LM 110 y Panel de Control.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)



**ANEXO 18. Panel de mandos.**



*Figura 10: Panel de mandos.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)

## ANEXO 19. Bomba de Lodos.



*Figura 11: Equipo de Bombeo de Lodos.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)



**ANEXO 20. Tina de Lodos.**



*Figura 12: Tina de Lodos y tuberías.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)

## ANEXO 21. Unidad de Poder.

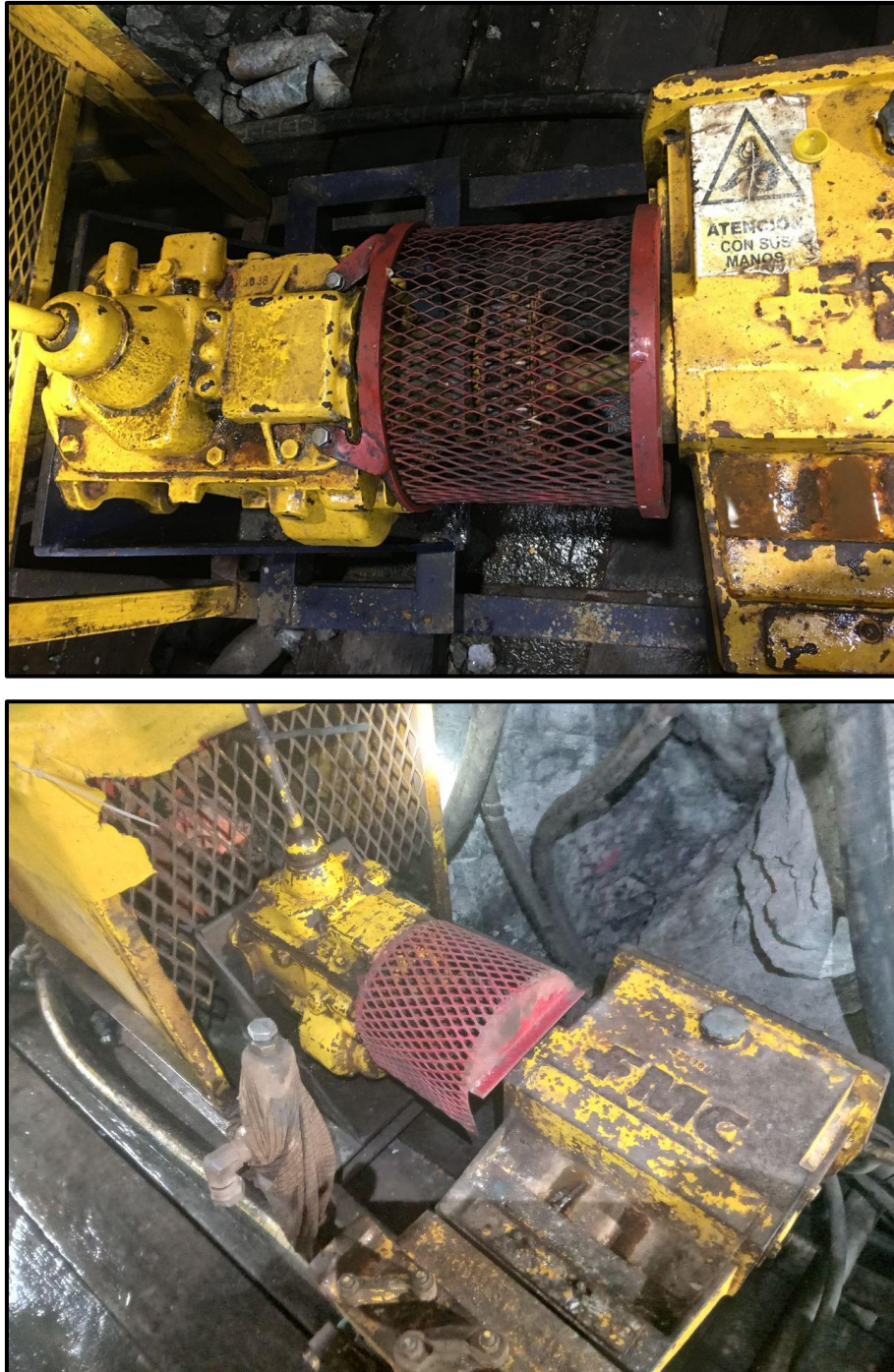


*Figura 13: Equipo de poder para alimentación eléctrica.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)



## ANEXO 22. Bomba Hidráulica.



*Figura 14: Bomba de Fluido hidráulico.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)



### ANEXO 23. Caja porta Testigos.



*Figura 15: Recuperación de Testigos.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)

## ANEXO 24. Tuberías de Perforación Diamantina.



*Figura 16: Tuberías para perforación diamantina.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)



**ANEXO 25. Acopio de cajas porta testigos.**



*Figura 17: Cajas porta testigos.*

Fuente: C.M. Redrilsa (2021)

## ANEXO 26. Sondaje DH10B21-08 en un proyecto minero de Pataz 2021.

*Tabla 19: Resumen del sondaje diamantino DH10B21-08 - Línea HQ*

SONDEO	MARCA	SERIE	DESDE	HASTA	AVANCE
DH10B21-08	FORDIA	112727204	0.00	50.70	50.70
DH10B21-08	FORDIA	112727201	50.70	105.00	54.30
DH10B21-08	FORDIA	112728401	105.00	128.00	23.00
DH10B21-08	FORDIA	112728402	128.00	152.30	24.30
DH10B21-08	CORETECH	789701415	152.30	179.80	27.50
DH10B21-08	CORETECH	7718712	179.80	206.80	27.00
DH10B21-08	CORETECH	7983512	206.80	224.70	17.90
DH10B21-08	CORETECH	7875812	224.70	265.50	40.80
DH10B21-08	CORETECH	789741415	265.50	277.90	12.40
DH10B21-08	CORETECH	798831415	277.90	313.20	35.30
DH10B21-08	CORETECH	789741415	313.20	316.70	3.50
DH10B21-08	CORETECH	7871612	316.70	360.10	43.40
DH10B21-08	CORETECH	789711415	360.10	386.20	26.10
DH10B21-08	CORETECH	7873712	386.20	427.00	40.80
DH10B21-08	CORETECH	7876012	427.00	455.70	28.70

Fuente: Reporte de perforación diamantina - C.M. Redrilsa (2021)

**ANEXO 27. Sondaje DDH-25-21 en un proyecto minero de Pataz 2021.**

*Tabla 20: Resumen del sondaje diamantino DDH-25-21 - Línea NQ*

<b>SONDEO</b>	<b>MARCA</b>	<b>SERIE</b>	<b>DESDE</b>	<b>HASTA</b>	<b>AVANCE</b>
DDH-25-21	CORETECH	7140612	423.10	487.60	64.50
DDH-25-21	CORETECH	800201415	487.60	548.70	61.10
DDH-25-21	FORDIA	112728202	548.70	655.30	106.60
DDH-25-21	FORDIA	112728201	655.30	771.00	115.70

Fuente: Reporte de perforación diamantina - C.M. Redrilsa (2021)