



Universidad Nacional

**SAN LUIS GONZAGA**



## **[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS Y METALURGIA  
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD



El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de **tesis** cuyo título es:

**"USO DE BROCA STRAIGHTRAC 64MM EN EL RENDIMIENTO DE PERFORACIÓN PARA TALADROS LARGOS EN LA UNIDAD OPERATIVA INMACULADA - 2022"**

Presentado por:

**ZEGARRA SALAZAR SAORI SHOMARA**

**Estudiante** del nivel PREGRADO de la **Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia**. El resultado obtenido es 15% por el cual se otorga el calificativo de:

**(APROBADO, Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad)**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

**Observaciones:**

APROBADO OBTUVO EL 15% (MENOR O IGUAL AL 20% REQUERIDO)

Ica, 16 de octubre de 2023

.....  
**DR. VICTOR MANUEL FLORES MARCHAN**  
**DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS Y METALURGIA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA**



**Uso de broca straightrac 64 mm en el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa**

**Inmaculada 2022.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Desarrollo en ciencias puras, ciencias de la tierra e ingeniería de procesos

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR**

**BACH. SAORI SHOMARA ZEGARRA SALAZAR**

**ICA – PERÚ**

**2023**



**Dedicatoria**

A mi madre Jonny, hermanos Melany y Aldair, abuelos Simón y Rosa.



### **Agradecimiento**

A la Universidad San Luis Gonzaga de Ica

A la Facultad de Minas y Metalurgia

A la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

A los docentes, por sus experiencias y conocimientos

A la Unidad Operativa inmaculada

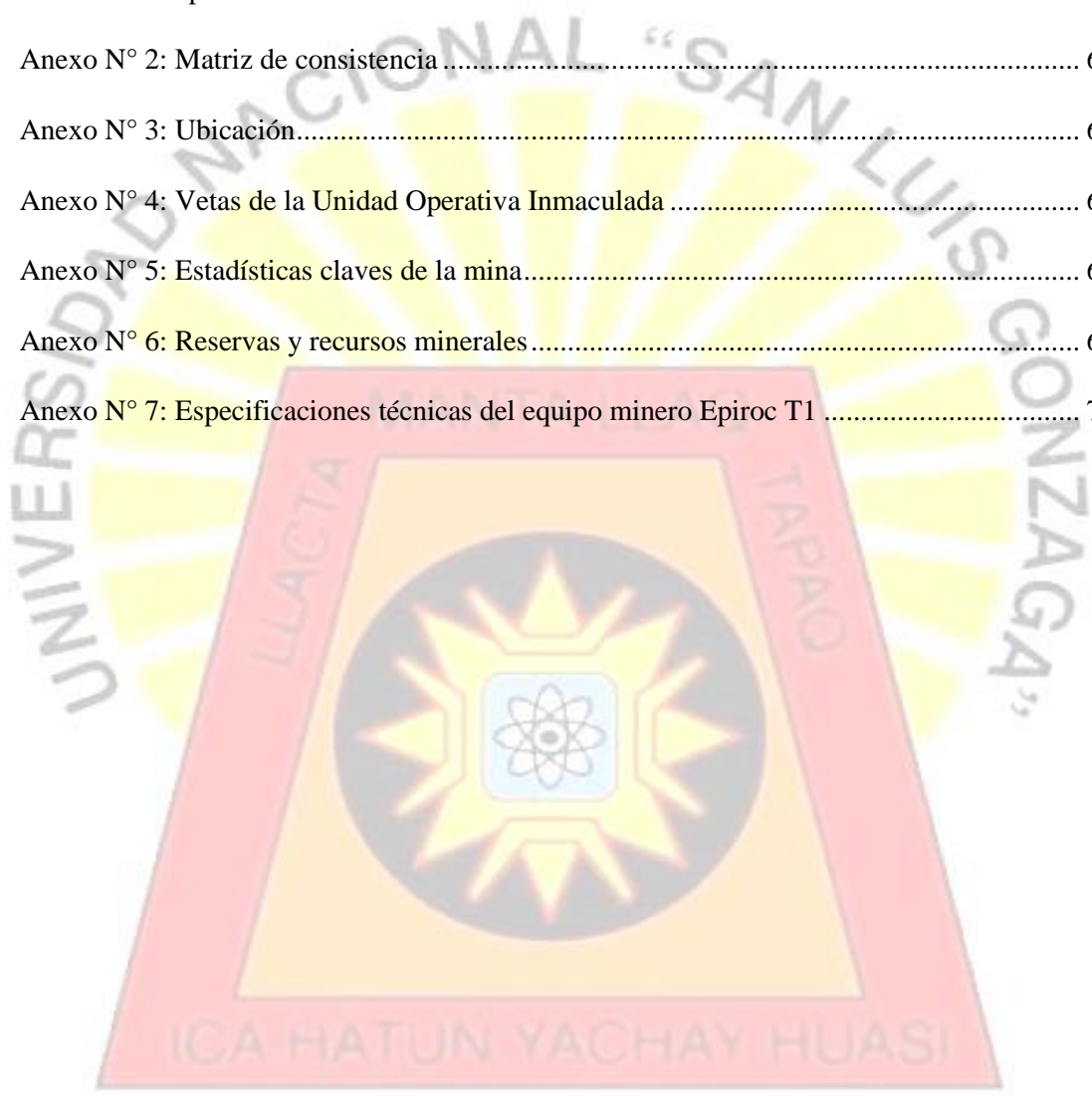
A los profesionales y amistades que sumaron positivamente al presente trabajo

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento .....	III
Índice de contenidos.....	IV
Índice de tablas.....	VII
Índice de figuras.....	VIII
Resumen.....	IX
Abstract.....	X
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Antecedentes .....	13
1.2.1. Internacionales.....	13
1.2.2. Nacionales.....	14
1.3. Bases teóricas.....	16
1.3.1. La explotación de minas subterránea .....	16
1.3.2. La perforación de rocas.....	18
1.3.3. Tipos de perforación de rocas.....	19
1.3.3.1. Perforación con martillo en cabeza.....	19
1.3.3.2. Perforación con martillo en fondo.....	20
1.3.3.3. Perforación hidráulica.....	22
1.3.4. Consideraciones en la perforación subterránea.....	23
1.3.5. Perforación con equipo jumbo.....	25
1.3.6. Las brocas para perforación minera .....	29
1.4. Formulación de los problemas .....	30
1.4.1. Problema general.....	30
1.4.2. Problemas específicos.....	30
1.5. Justificación .....	30

1.6.	Objetivos de investigación.....	31
1.6.1.	<i>Objetivo general</i> .....	31
1.6.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	31
1.7.	Hipótesis de investigación.....	31
1.7.1.	<i>Hipótesis específica</i> .....	31
1.7.2.	<i>Hipótesis específica</i> .....	31
<b>II.</b>	<b>ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....</b>	<b>32</b>
2.1.	Tipo de investigación .....	32
2.2.	Nivel de investigación.....	32
2.3.	Diseño de investigación .....	32
2.4.	Población y muestra .....	32
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
2.6.	Técnicas de análisis e interpretación de datos.....	33
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
3.1.	Unidad operativa Inmaculada .....	34
3.1.1.	<i>Antecedentes históricos</i> .....	34
3.1.2.	<i>Ubicación</i> .....	35
3.1.3.	<i>Condiciones físicas</i> .....	36
3.1.4.	<i>Entorno geológico</i> .....	38
3.1.5.	<i>Método de explotación por taladros largos</i> .....	40
3.2.	Rendimiento de perforación para taladros largos.....	43
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>51</b>
4.1.	Hipótesis general.....	51
4.2.	Hipótesis específicas .....	51
4.2.1.	<i>Hipótesis específica 1</i> .....	51
4.2.2.	<i>Hipótesis específica 2</i> .....	52

4.2.3. Hipótesis específica 3.....	53
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>61</b>
Anexo N°1: Operacionalización de variables.....	62
Anexo N° 2: Matriz de consistencia.....	63
Anexo N° 3: Ubicación.....	64
Anexo N° 4: Vetas de la Unidad Operativa Inmaculada.....	65
Anexo N° 5: Estadísticas claves de la mina.....	66
Anexo N° 6: Reservas y recursos minerales.....	67
Anexo N° 7: Especificaciones técnicas del equipo minero Epiroc T1.....	71



## Índice de tablas

Tabla 1. <i>Zonas de desarrollo de la prueba con cambio de broca</i> .....	43
Tabla 2. <i>Velocidad de perforación con cambio de broca</i> .....	43
Tabla 3. <i>Rendimiento de avance con cambio de broca</i> .....	46
Tabla 4. <i>Consumo de aceros de perforación por equipo jumbo</i> .....	47
Tabla 5. <i>Rendimiento garantizado por equipo jumbo</i> .....	48
Tabla 6. <i>Costo unitario con cambio de broca por equipo jumbo</i> .....	49
Tabla 7. <i>Metros perforados por equipo jumbo</i> .....	49
Tabla 8. <i>Procesamiento de datos de la variable rendimiento de perforación en la Unidad Operativa Inmaculada 2022</i> .....	51
Tabla 9. <i>Procesamiento de datos del indicador velocidad de perforación en la Unidad Operativa Inmaculada 2022</i> .....	52
Tabla 10. <i>Procesamiento de datos del indicador tiempo de perforación en la Unidad Operativa Inmaculada 2022</i> .....	53
Tabla 11. <i>Procesamiento de datos del indicador porcentaje de utilización de broca en la Unidad Operativa Inmaculada 2022</i> .....	54

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Funcionamiento del martillo en fondo</i> .....	21
Figura 2. <i>Componentes de un equipo de perforación hidráulico (jumbo)</i> .....	23
Figura 3. <i>Partes de una perforadora jumbo de frentes</i> .....	26
Figura 4. <i>Equipo Jumbo Epiroc T1</i> .....	27
Figura 5. <i>Equipo Jumbo Epiroc T1 operación</i> .....	28
Figura 6. <i>Tiempo efectivo de perforación - broca Straightrac</i> .....	44
Figura 7. <i>Velocidad de perforación - broca Straightrac</i> .....	45
Figura 8. <i>Rendimiento de avance con cambio de broca</i> .....	47
Figura 9. <i>Suma de metros perforados por equipo jumbo</i> .....	50



## Resumen

**TITULO:** Uso de broca straightrac 64mm en el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

**OBJETIVO:** Determinar que el uso de broca straightrac 64mm influye en el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

**MATERIAL Y MÉTODO:** Es una investigación de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental – pre experimento; se empleó la técnica de la observación sobre la población conformada por todas las zonas de perforación de frentes de avance en las zonas Keila, Talia, Barbada y Angela, en la Unidad Operativa Inmaculada, en el año 2022.

**CONCLUSIÓN:** Se demostró que determinó que el uso de broca straightrac 64mm mejora el rendimiento de perforación para taladros largos, al obtener un incremento total de 98.60 a 100.70 metros, es decir, un aumento del 2.13%, además; aumentó en 22.16% el promedio de velocidad de perforación, se minimizó en promedio el tiempo de perforación de 1.24 a 1.01 minutos y se incrementó en 11.41% el porcentaje de utilización de brocas en las operaciones de la Unidad Operativa Inmaculada, en el año 2022.

**Palabras Claves:** Broca minera, perforación de rocas, rendimiento de brocas.

## Abstract

**TITLE:** Use of straightrac 64mm drill bit in drilling performance for long drills in the Immaculate Operating Unit 2022.

**OBJECTIVE:** To determine that the use of straightrac 64mm bit influences drilling performance for long drills in the 2022 Immaculate Operating Unit.

**MATERIAL AND METHOD:** It is an applied research, explanatory level and experimental design – pre-experiment; the technique of observation was used on the population formed by all the drilling areas of advance fronts in the Keila, Talia, Barbara and Angela areas, in the Immaculate Operational Unit, in the year 2022.

**CONCLUSION:** It was shown that it determined that the use of straightrac 64mm bit improves drilling performance for long drills, obtaining a total increase of 98.60 to 100.70 meters, that is, an increase of 2.13%, in addition; increased the average drilling speed by 22.16%, drilling time was minimized on average from 1.24 to 1.01 minutes and the percentage of drill bit utilization in the operations of the Immaculate Operating Unit increased by 11.41% in 2022.

**Keywords:** *Mining drill, rock drilling, drill bit.*

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La actividad minera en el Perú, es una tradición que se ha sostenido y cultivado por generaciones gracias al factor geológico, factor principal de toda la riqueza mineral metálica y no metálica que se centra en el país; tal motivo es reconocida mundialmente con tratados de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos, China y la Unión Europea, además de ser parte privilegiada de la Asia Economic Cooperation (APEC) y la Comunidad Andina de Naciones (CAN), siendo la razón fundamental, el grado de oportunidad económica para los inversionistas provenientes de otros mercados [1]; la minería es una actividad que cada día se afianza más como pilar fundamental para el desarrollo económico del país; al cierre del 2019 tuvo un incremento de exportaciones de casi 7% respecto del año anterior y tuvo un aporte del 10% al PBI nacional [2], es así que se sintetiza, que la minería es importante en casi todos los países del mundo que la contienen.

La minería ostenta procesos específicos, que en su conjunción tiene como finalidad la extracción de los minerales económicos sea este de manera superficial o subterránea, para finalmente ser procesada y transformada a insumos o materiales que los seres humanos usan diariamente en todo momento y en todo lugar. Es así que su dinámica debe de ser constante, esto debido a los grandes niveles de inversión que acontece un proyecto minero, por lo que se asume que no es provechoso un paraje en la explotación y avance de la mina, puesto que las pérdidas serían cuantiosas y se perdería el sello de responsabilidad en entrega de los materiales a partir de su gestión [3].

En el proceso general de extracción, la minería integra el denominado ciclo de minado que es a su vez el conjunto de operaciones unitarias que participan en tal ciclo; donde encontramos la operación de perforación como punto de partida y eje fundamental para asegurar la constancia en la producción de minerales [4]. La perforación de rocas es la operación unitaria que se ejecuta con el fin de abrir huecos cilíndricos en el macizo rocoso con distribuciones y geometrías adecuadas donde próximamente se redistribuirán cargas explosivas propias al terreno, ejecutada a través de equipos sofisticados en grandes frentes de avance con la finalidad de redistribuir efectivamente los explosivos puestos a continuación, para lograr una alta calidad de fragmentación de rocas [5].

En ese sentido, es claro que la operación de la perforación, es de vital importancia para asegurar el denominado ciclo de minado, la misma que va asegurar calidad en la voladura de rocas, dinamización en la limpieza, acarreo y transporte de minerales, prevenir la accidentabilidad por la seguridad y salud ocupacional ante caída de rocas, lo que impactará en la alta producción y

excelencia de productividad específica y genérica, aseguran fortalecimiento en la economía empresarial [6].

Ahora bien, la perforación de rocas como bien se explica, es llevada a cabo en la conjunción de la máquina perforadora, brocas cónicas mineras, operadores calificados, seguridad específica en el procedimiento de trabajo seguro, entre otros aspectos que son necesarios para lograr los objetivos de la perforación; de todo ello, las brocas de botón son herramientas ampliamente utilizada para la perforación de roca mixta, dura y muy dura, elaborada con barra de acero de alta calidad y aleaciones de carburo de tungsteno, la misma que es esencial en dicha operación, por lo que su selección es crucial, en concordancia con su avance, desgaste, costos y productividad [7].

La Unidad Operativa Inmaculada, unidad minera dedicada a la explotación de minas a nivel superficial, en línea de la mejora continua, evalúa constantemente los pormenores presentados que ostentan acontecimientos impactantes en cada etapa del ciclo de minado, por lo que para el presente estudio se ha previsto el diagnóstico de la operación de la perforación en frentes de avance con jumbo, específicamente respecto al trabajo de la broca de perforación, donde se observó que durante la perforación sufre de atascamiento y la perforación no es constante, el tiempo de perforación por taladro oscila entre 6 a 9 min y si el terreno presenta geodas el tiempo aumenta lo que hace que no haya una buena eficiencia en la perforación, se presenta un buen barrido de perforación lo que hace que sufra mayor desgaste y no logra un rendimiento establecido según su objetivo, esto conlleva un mayor consumo de brocas, al no presentar un buen barrido la broca ciertas veces se llega a tapar, además, presenta mayor consumo, el promedio por equipo es de 18 a 22 brocas mensuales; sin embargo, se está consumiendo entre 23 a 30 brocas mensuales por equipo, lo que admite genera un sobre costo de acuerdo con lo establecido, esto en concordancia con el uso de la broca retráctil.

De lo anterior, entonces se observó acontecimientos no convenientes a la operación, además, discordantes con lo requerido en el planeamiento anual de minado y sus operaciones, así como los parámetros predispuestos para el avance de extracción de minerales, por lo que plantea el cambio de la broca minera y de tal manera, alcanzar reducir el consumo mensual, mejorar el rendimiento para generar buena eficiencia, optimizar el tiempo de perforación por taladro y extender la vida útil.

Siendo la presente investigación, pertinente a la situación evaluada y pertinente de las necesidades de la unidad operativa, por lo que su desarrollo es viable para las pretensiones explicadas.

## 1.2. Antecedentes

### 1.2.1. Internacionales

**Coronel** [8], en Ecuador, en el año 2019, elaboró una investigación cuyo objetivo fue “Optimizar los sistemas de perforación y voladura de rocas en sus parámetros principales como la broca de avance en el frente de explotación de la mina Agua Dulce”. Fue un estudio de nivel descriptivo, de campo y diseño no pre experimental analítico. El autor concluyó que:

- El mejoramiento de la broca de avance permitió el incremento de la eficiencia de avance de 85% a 92%, además, la voladura mejoró hasta un 92.06%, asegurando un avance de 1.09 metros.
- La nueva broca es en 8% mayor en la velocidad de perforación, lo que ha permitido incrementar en 12.5% los pies de avance en frentes de explotación.
- Por lo que trajo como consecuencia el aumento de producción del 10%.

**Puma y Llerena** [9], en Ecuador, en el año 2021, ejecutaron una investigación cuya finalidad principal fue “Optimizar el avance de los frentes de explotación a través de la perforación y voladura en una empresa minera pequeña mediante la ampliación del acero de avance”. Fue una investigación de campo, sintética y experimental con método descriptivo. Las conclusiones fueron:

- La ampliación permitió un incremento de avance del 97.03%, además de la reducción de 0.07 dólares por cada metro lineal de perforación.
- El acero de perforación incrementó los pies de avance en 14%, además, permitió un ahorro general de columna de 1.8\$.
- La rentabilidad económica permitió el ahorro de 18.08 dólares en frentes de explotación.

**González** [10], en Ecuador, en el año 2022, llevo a cabo una investigación que tuvo como alcance esencial “Optimizar el avance de las voladuras a través del cambio de brocas de avance lineal en la Sociedad Minera Nuevas Rojas”. Fue una investigación de campo, técnica observacional, cuantitativa y diseño pre experimental con instrumentos de campo analíticos. El autor concluyó:

- El cambio de acero de avance en perforación permitió mejorar la eficiencia de voladura de rocas en frente de explotación, puesto que se obtuvo en comparación con el anterior una diferencia de 0.1\$/metro de avance.

- El avance conseguido incrementó en 12% la eficiencia de voladura lo que admitió una extracción de 1.16 tn de material mineral en comparativa con el uso de la broca anterior.
- El alcance del nuevo acero de perforación admitió avanzar los 30 metros designados de labor en menos tiempo con un costo total de 4314\$, es decir, 311\$ menos que con la broca anterior.

### 1.2.2. Nacionales

**Camavilca y Vásquez** [11], en Cajamarca, en el año 2019, realizaron una investigación que tuvo como objetivo primordial “Realizar la gestión de control de operaciones para el mejoramiento de rendimiento de brocas magnum de 45 mm en la minería subterránea”. Fue una investigación de tipo aplicada, diseño exploratorio experimental de análisis y carácter exploratorio cuantitativo. Los autores concluyeron:

- Respecto al rendimiento de las brocas magnum 45mm manifestó un alcance promedio de 577 metros, con 613 metros como punto máximo, que superó a los 420 metros de vida útil según el fabricante, incrementando la productividad.
- La broca 45 mm superó a la broca anterior en 37%, es decir, alcanzó 120 metros mayor a establecido.
- La tasa de penetración es 2.33m/min mayor al anterior según el historial.

**Quito y Babilonia** [12], en Huancayo, en el año 2020, llevó a cabo un estudio cuyo alcance principal fue “Determinar los resultados del análisis de la vida útil de aceros de perforación para evaluar costos operativos en galerías de la compañía minera San Cristóbal S.A”. Fue un estudio deductivo – analítico, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental con técnicas de observación de campo. Las conclusiones fueron:

- La velocidad de perforación en pie/min fue de 5.83 min afilada en comparativa con 5.41 de broca sin afilar.
- El tiempo requerido para un frente de 45 taladros por 14 pies es de 165.75 min sin afilar y de 151.50 min afilado
- El ahorro general del cambio de acero es de \$11 497.98 de manera anual y de \$383.27 cada mes.

**Sánchez** [13], en Abancay, en el año 2021, ejecutó una investigación que tuvo como objetivo principal “Determinar la optimización de brocas de perforación en el Crucero 746, para reducir los costos operativos en la Mina Coriloma – Apurímac – 2019”. Fue un estudio de tipo aplicada y nivel descriptivo con análisis de campo y método deductivo inductivo. El autor concluyó:

- La optimización de brocas ha impactado en los costos operativos, puesto que se obtuvo un costo de 0.206 \$/m en la broca nueva en comparación con la broca anterior, el cual se obtuvo 0.367 \$/m, es decir se ha optimizado en 0.161 \$/m con la nueva implementación de broca.
- La vida útil de perforación fue de 334.75 pies perforados para la nueva broca en comparativa con 271.09 pies perforados con el anterior, alcanzando una mejora del 1.5% de la vida útil.
- Se obtuvo una reducción de 0.35 brocas por cada frente de avance, encontrando una minimización de 0.09 brocas/frente en comparativa con el anterior.
- El rendimiento obtenido fue de 34.44 tn/broca es decir una eficiencia operativa de 4.16 m/broca en la utilización de la broca nueva en comparativa con la anterior.

**Aima** [14], en Cusco, en el año 2021, ejecutó una investigación cuya finalidad esencial fue de “Determinar cómo influye la ampliación del diámetro de taladro largos de 64 mm a 89 mm en la optimización de la perforación en la mina Marcapunta Norte”. Fue un estudio de tipo aplicada, nivel descriptivo correlacional y diseño pre experimento con técnicas deductivas de enfoque cuantitativo. El autor concluyó que:

- El cambio de broca de 64 a 89 mm, debido a que se incrementó el ratio de perforación que permitió a su vez el aumento de la productividad de 746 a 980.11 toneladas.
- La ampliación del diámetro de perforación en taladros largos incrementó la ratio de perforación y voladura de 5.88 a 8.78 tn/m.
- Los costos de perforación tras ampliar el diámetro de broca permitieron reducir de 1.91 a 1.63 \$/tn explotada.

**Ccollque y Fernández** [15], en Arequipa, en el año 2022, realizaron una investigación cuya finalidad principal fue “Mejorar la vida útil de las brocas de perforación para disminuir los costos de perforación

en labores de desarrollo Zicsa Contratistas Generales S.A.”. Fue una investigación de tipo estudio de caso, nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y alcance experimental. Los autores concluyeron:

- La vida útil incrementó a 1609 pies perforados en brocas de 45mm debido a la capacitación de los operadores, implementación del afilado y cambios de parámetros de proceso de perforación.
- Debido a la implementación de las mejoras en la vida útil, se mejoró de 1509 a 1604 pies perforados, lo que supuso un aumento de 6%, incluso presentó una mejora del 13.7%.
- Se presentó un costo de 0.0273 \$/pie.perf en comparativa con la broca anterior de 0.0368 \$/pie.perf.
- El cambio de broca permitió un ahorro de \$ 2,869.615 y en general en el proceso un ahorro de \$ 13,198.51.

### **1.3. Bases teóricas**

#### **1.3.1. La explotación de minas subterránea**

La minería subterránea puede subdividirse en minería de roca blanda y minería de roca dura. Los ingenieros de minas hablan de roca 'blanda' cuando no pide el empleo de explosivos en el desarrollo de extracción. En otras expresiones, las rocas blandas tienen la posibilidad de cortarse con las utilidades que brinda la tecnología moderna. La roca blanda más habitual es el carbón, pero además lo son la sal común, la potasa, la bauxita y otros minerales. La minería de roca dura usa equipos de perforación y explosivos como procedimiento de extracción [16]

En parte importante de Europa, la minería se asocia más que nada con la extracción del carbón. En los comienzos se empleaban procedimientos de extracción que implicaban la perforación y la voladura con barrenos, pero desde 1950 por el momento no se emplean esos métodos salvo en unas escasas minas privadas. En este procedimiento se perforan en la veta de carbón dos túneles paralelos separados por unos 300 m (llamados entradas). Ahora se abre una galería que une ambas entradas, y una de las paredes de esa galería se transforma en el frente de trabajo para obtener el carbón. El frente se equipa con sistemas hidráulicos de entibado increíblemente rígidos, que crean un techo por arriba del personal y la maquinaria y soportan el techo de roca ubicado por arriba. En la parte de delante de estos sistemas de entibado está una cadena transportadora. Los lados de la cadena afirman

una máquina de extracción, la cizalladora, que corta el carbón por medio de un tambor cilíndrico con dientes que se hace girar contra el frente de carbón. Los trozos de carbón cortados caen a la cadena transportadora, que los lleva hasta el radical del frente de pared extendida. Ahí, el carbón pasa a una cinta transportadora que lo transporta hasta el pozo o lo saca de manera directa de la mina. Cuando se ha cortado toda la longitud del frente, se hace seguir todo el sistema de sustento y la cizalladora comienza a cortar en sentido contrario, sacando otra capa de carbón. Por detrás de los soportes hidráulicos, el techo cede y se viene abajo. Esto provoca que esta forma de extracción siempre provoque una depresión del terreno ubicado por arriba. En Suráfrica, USA y Australia, parte importante de la extracción se realiza mediante el procedimiento de explotación por cámaras y pilares, en el que unas máquinas llamadas de extracción continua abren una red de túneles paralelos y perpendiculares, lo que deja pilares de carbón que afirman el techo. Este método desaprovecha una proporción sustancial del combustible, pero el área suele ceder menos [17]

En la mayor parte de las minas de roca dura, la extracción se ejecuta mediante perforación y voladura. Primero se hacen agujeros con perforadoras de aire comprimido o hidráulicas. Ahora se insertan barrenos en los agujeros y se hacen explotar, con lo que la roca se fractura y puede ser extraída. Luego se emplean máquinas de carga particulares —muchas ocasiones con motores Diesel y neumáticos— para cargar la roca volada y transportarla hasta galerías especiales de enorme inclinación. La roca cae por esas galerías y se recopila en el pozo de ingreso, donde se carga en contenedores particulares catalogados cucharones y se saca de la mina. Después se transporta a la planta de procesado si es mineral o al vertedero si es material de desecho. Para lograr entrar al yacimiento de mineral hay que excavar una red de galerías de ingreso. En la mayoría de los casos éstas acostumbran hallarse en la roca de desecho que rodea al yacimiento. Este trabajo se llama desarrollo; una mina considerable, como la mina surafricana de platino de Rustenberg, puede abrir hasta 4 km de túneles cada mes. La extracción del mineral exactamente se denomina arranque, y la selección del procedimiento es dependiente de la forma y orientación del yacimiento. En los depósitos tabulares horizontales hay que disponer sistemas de carga y transporte mecanizados para conducir la roca extraída. En los yacimientos muy inclinados, una parte importante del movimiento de la roca puede efectuarse por gravedad. En el procedimiento de socavación de bloques saca beneficio la

fuerza de la gravedad inclusive para romper la roca. Se socava el bloque que quiere extraerse y se deja que caiga por su peso. La minería subterránea es la más dañina por lo cual se prefiere usar alguno de los procedimientos superficiales siempre que sea viable [18]

### **1.3.2. La perforación y Voladura de rocas**

La perforación y voladura es por lo general la primera, y quizás la de mayor relevancia operación minera unitaria en el período total de minado. Los diseños de voladura indebido o de funcionamientos defectuosos podrían tener graves secuelas lo extenso del período de minado, comenzando en la voladura misma y prosiguiendo por medio de las operaciones minera unitaria de carguío, acarreo y chancando. Las buenas operaciones de perforación y voladura en las minas son tanto el resultado del «arte» y cierto sentido habitual, de esta forma como la «ciencia». Del mismo modo, todo programa exitoso de perforación y voladura tendrá que implementarse según las condiciones geológicas, de aplicación, ambientales y de seguridad presentes. No obstante, todas las operaciones de perforación y voladura (P&V), tanto en las minas a tajo abierto como subterránea, tendrá que conducirse de conformidad con prácticas operativas seguras, diseñadas para reducir los impactos ambientales perjudiciales, de esta forma como para asegurar un ámbito un ámbito de trabajo y seguro para los trabajadores de la mina [19][20].

La perforación también, es la operación que se ejecuta con la intención de abrir tiros en el macizo rocoso, con una organización y geometría correcta, en donde se alojarán cargas fulminantes. En chiquita minería, el sistema usual de perforación es el de rotoperCUSión que utiliza energía neumática, y cuyos elementos primordiales son la perforadora manual, que es la fuente de la energía mecánica, las barras, que es el medio de transmisión de esa energía desde la acción de un pistón, el bit, que recibe la energía y es el elemento cortante de la roca, y el fluido de barrido que efectúa la limpieza y retirada del “detritus” o “fragmentos de la perforación” producido. En varias operaciones de chiquita minería se incorporó la utilización de chicos jumbos de perforación (neumáticos o hidráulicos), lo que necesita personal con capacitación particular para operar estos equipos, además de las instalaciones complementarios que necesita su operación.

La perforación y voladura es una técnica aplicable a la extracción de roca en terrenos competentes, donde los medios mecánicos no son ajustables de una forma productivo. De esta forma, partiendo de esta definición, este procedimiento es aplicable a algún

procedimiento de explotación, bien en minería, bien en obra civil, donde sea primordial un movimiento de tierras [21]

La técnica de perforación y voladura se apoya en la ejecución de perforaciones en la roca, donde más adelante se colocarán explosivos que, por medio de su detonación, emiten la energía que se requiere para la división del macizo rocoso a explotar. De esta forma, se tienen dos tecnologías precisamente diferenciadas: la tecnología de la perforación y la tecnología de interfaz y ejecución de voladuras [21]

Las técnicas de perforación, además de la aplicación a la ejecución de perforaciones para voladuras, se emplean para multitud de apps, como puede ser la exploración, drenajes, sostenimiento, etc. La perforación en roca fue evolucionando con el tiempo con la integración y empleo de diferentes tecnologías, aunque muchas fueron cayendo en desuso, bien por la eficacia conseguida, o bien por otros condicionantes externos (económicos, medioambientales, etc.). Las más empleadas y desarrolladas se fundamentan en sistemas de perforación mecánicos, populares como sistemas de perforación “a rotación” y “a percusión”. Son estos procedimientos, cuya efectividad se enmarca en energías particulares abajo de los 1.000 J/cm<sup>3</sup> [21]

Existe una relación intrínseca entre la perforación y la voladura, puesto que puede afirmarse categóricamente que “una buena perforación permite una aceptable voladura, pero una mala perforación afirma una mala voladura”. Se sabe por buena perforación aquella que se hizo con los medios y técnicas más correctas y que también se ha ejecutado de manera precisa. De igual modo una aceptable voladura va a ser aquella que cumple con el propósito para que el que fue creada [21].

### **1.3.3. Tipos de perforación de rocas**

#### **1.3.3.1. Perforación con martillo en cabeza**

Son perforadoras cuyo martillo está pensado para trabajar por medio de aire a 7 - 8 bar de presión máxima. Como resultado, y al objeto de tener una energía de encontronazo bastante, el sector de trabajo del pistón ha de ser grande (ténganse presente que la energía de encontronazo viene dada por el producto de tres factores: presión eficaz, sector y carrera del pistón). El martillo en cabeza, tiene dentro además el mecanismo de rotación que paralelamente puede ser sin dependencia o no del de percusión en funcionalidad de los tamaños y diseños. El empuje lo brinda el motor de adelanto (neumático) que

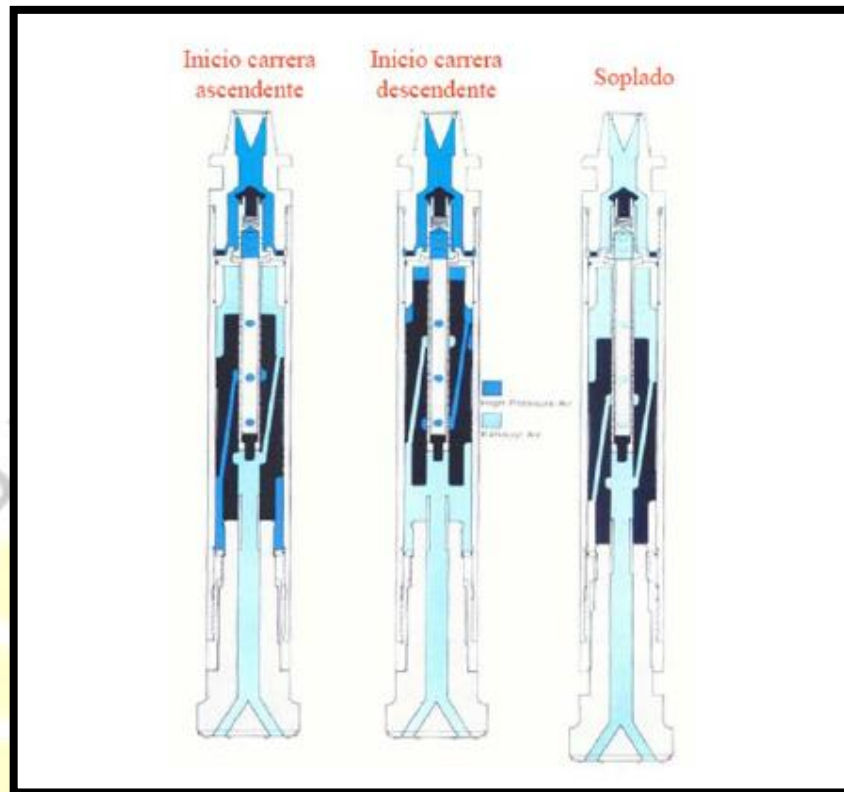
paralelamente acciona una cadena a la que va enganchado el martillo y que así desliza sobre un bastidor llamado “corredera” o “deslizadera”. El grupo por lo general queda montado sobre un chasis que sirve de portador para el resto de elementos que ofrecen todos los movimientos de posicionamiento y traslación. La fuente de energía principal para la percusión es el aire comprimido que paralelamente es suministrado por un compresor incorporado en el conjunto de perforación. En modelos más antiguos, el aire comprimido era suministrado desde una unidad compresora sin dependencia y remolcable, dado que disponía de sus propias ruedas y que se conectaba a la perforadora por medio de una manguera. Esta unidad podía situarse a una distancia de unos 20 – 40 m de la perforadora para que las pérdidas de presión no fueran excesivas.

### **1.3.3.2. Perforación con martillo en fondo**

Son perforadoras en las que, en contraste con los martillos en cabeza, el elemento que brinda la percusión o martillo va ubicado en el interior del taladro e tiene dentro solamente el mecanismo de percusión (los elementos que ofrecen la rotación y el empuje son del todo independientes y están situados en superficie). El chasis y los que sobran elementos son semejantes a los nombrados para las perforadoras de martillo en cabeza, e tienen dentro además el compresor y la cabina para el operador [22]

El martillo tiene forma cilíndrica y su mecanismo de percusión trabaja de manera semejante a como se muestra en la figura 6. La posición “a” muestra el comienzo de la carrera ascendente del pistón. El aire a presión abre la válvula antirretorno ubicada en la parte de arriba del martillo y entra en el tubo central distribuidor. De las tres oquedades de salida de éste, sólo la central está abierta, de manera que el aire llega a la parte de abajo del pistón por medio de uno de los conductos internos del mismo y lo impulsa hacia arriba. En la posición “b” el pistón está en la parte de arriba y en este momento es la oquedad inferior la exclusiva que está abierta. De esta forma el aire llega a la parte de arriba del pistón por medio del otro conducto y lo impulsa hacia abajo. Finalmente, la posición “c” ilustra la situación en que el martillo no está perforando, en cuyo caso la broca no apoya sobre el lote y tanto ella como el pistón están en una posición más baja. En estas situaciones el aire sale por la lumbrera superior y, por el interior del pistón, se comunica con los orificios de barrido de la broca, llevando a cabo un soplado del barreno

sin accionar el mecanismo de percusión del martillo, evadiendo de esta forma la percusión en vacío [22]



**Figura 1.** *Funcionamiento del martillo en fondo*

El hecho de situar el martillo en el fondo del taladro impone una secuencia de restricciones geométricas, de las cuales a lo mejor la más importante es una sustancial reducción del sector de trabajo del pistón. En forma de ejemplo, si para un diámetro de perforación de 104 mm el martillo en cabeza correcto tiene de 150 a 200 mm de diámetro de pistón y un sector de trabajo de 175 a 300 cm<sup>2</sup>, el martillo en fondo correspondiente a ese diámetro de perforación solamente podría tener un pistón de 70 mm de diámetro y un sector de trabajo 5-6 ocasiones menor que la citada previamente. Esto supone que la energía de encontronazo y la consecuente capacidad de percusión de un martillo en fondo son, generalmente, inferiores a la utilizable con un martillo en cabeza para igual diámetro de perforación. De esta manera, la exclusiva forma de compensar esta desventaja que piensa la chiquita sector de trabajo del martillo en fondo, es crear estos martillos tal es así que sean capaces de usar aire a media (10 - 14 bar) ó alta presión (17 - 25 bar).

Las limitaciones que impone el martillo en fondo, con respecto al diámetro de pistón, son superiores en los chicos diámetros de perforación. Por esto puede afirmarse que los

martillos en fondo de más grande diámetro son más efectivos que los de reducido diámetro. De todas formas, puede decirse que para diámetros de perforación inferiores a 80 mm no hay martillos en fondo con un desempeño aceptable. Sin embargo, no todo son desventajas para el martillo de fondo. Este sistema tiene además destacables virtudes frente a el martillo de cabeza neumático, como son [22]:

- Velocidad de perforación básicamente recurrente e sin dependencia de la hondura. No obstante, con el martillo en cabeza se pierde precisamente entre un 5 y un 10% de la energía utilizable en cada varilla, de manera que la agilidad de perforación va disminuyendo con la hondura en igual proporción.
- Mejor aprovechamiento de la energía neumática al explotar el escape del martillo como aire de barrido para la retirada del detritus.
- Menor nivel de ruido.
- Menor fatiga en las varillas de la sarta de perforación.
- Menores desviaciones.

### **1.3.3.3. Perforación hidráulica**

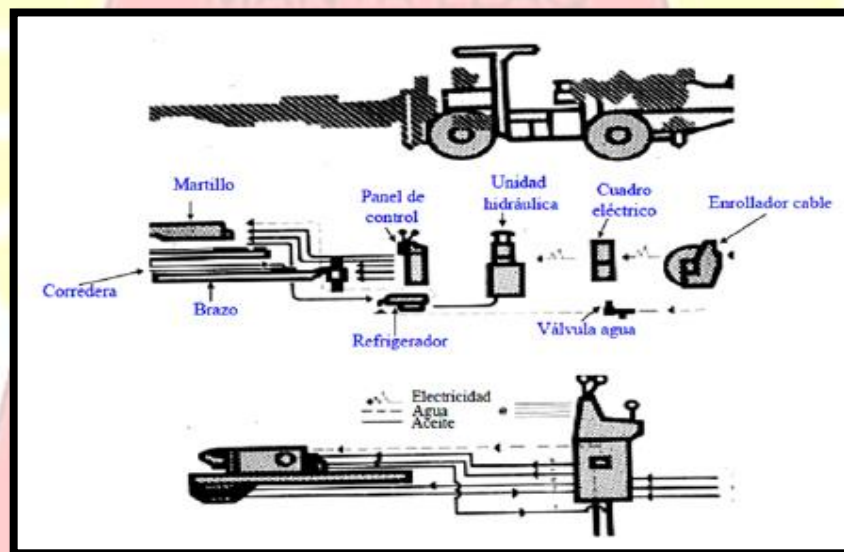
Las perforadoras de martillo en cabeza hidráulico (no hay hoy en día martillos en fondo hidráulicos), trabajan con aceite hidráulico a 100-250 bar de presión. Esta presión, que es de 15 a 35 ocasiones mayor a la del aire que alimenta los martillos neumáticos, facilita en los martillos hidráulicos que el sector de trabajo del pistón sea muy chiquita y básicamente achicado a un insignificante resalte del mismo, por lo cual consigue un perfil longitudinal cuadrado y muy estilizado. Este pistón, por su forma geométrica diferente de la de un pistón de martillo neumático, crea una onda de tensión sobre el varillaje además diferente. Se habla de una onda de manera escalonada y de lapso  $2L/c$ , cuyo primer escalón en los martillos hidráulicos tiene una manera básicamente cuadrada, en tanto que en los neumáticos muestra un pico, originado precisamente por la parte más ancha del pistón.

La perforación hidráulica presenta además otras ventajas sobre la neumática, como son:

- Menor consumo energético. En forma de ejemplo, cabe indicar que una perforadora hidráulica de exterior, con doble capacidad que una neumática, tiene la posibilidad de tener todavía hasta un 25% menos de capacidad

instalada debido al mejor desempeño de los equipos hidráulicos frente a los neumáticos.

- Optimización de las propiedades del ambiente, ya que, al ocultar el escape de los martillos neumáticos, se disminuye el nivel de ruido, principalmente en las bandas de baja continuidad, que son las menos amortiguadas por los protectores auditivos.
- Facilita un más grande nivel de automatización de los equipos. El carácter de fluido incompresible que tiene el aceite, le facilita, en contraste con lo que pasa con el aire, ubicar algún cambio de las condiciones de trabajo como puede ser, entre otras cosas, el comienzo de un atranque. Esta situación se reflejará en el instante en un aumento del par fuerte y esto, paralelamente, en un incremento de presión en el circuito hidráulico que gobierna la rotación, lo que dejará crear un sistema automático antiatranque.



**Figura 2.** Componentes de un equipo de perforación hidráulico (jumbo)

#### 1.3.4. Consideraciones en la perforación subterránea

En minería subterránea, la perforación se usa en los adelantos de los frentes de explotación, de esta forma como en la creación de chimeneas y piques. Esta operación se ejecuta en húmedo para sostener la calidad del aire, achicando el riesgo de patologías expertos. La adición de agua, facilita además el barrido del mineral molido, la refrigeración de las barras y el sellado de las paredes del tiro en terrenos fracturados,

evadiendo el atascamiento de las barras. Para hacer los trabajos de perforación, el plantel a cargo tendrá que estar equipado con la ropa de trabajo, zapatos de seguridad (o botas), cascos, custodia auditiva correcta y antiparras, y comprobar que no existan condiciones de trabajo insegura en el sector a perforar [23].

Antes de iniciar una operación de perforación, el personal a cargo deberá:

- Comprobar la labor en toda su longitud, lavar con agua la frente del tiro previo para descubrir restos de explosivos, procediendo a removerlos, y acuñar los sectores que sean necesarios.
- Comprobar el conjunto de perforación, el nivel de aceite en el pato lubricador, y la cantidad bastante de agua utilizable para la operación. Además, tendrá que comprobar que tiene todas las utilidades y complementos necesarios como barrenos, acuñadores y llave extractora de barrenos.
- Soplar las mangueras de aire antes de acoplar a la máquina, para evadir que ingresen piedrecillas al interior de la perforadora, y comprobar cañerías, uniones, collarines, arranques, coplas y mangueras para evadir probables fugas de aire. Tendrá que procederse de forma semejante respecto de la red de agua.
- Comprobar la dirección e inclinación de la tarea, la organización de los tiros en la frente, y detectar la pata neumática de la perforadora con la inclinación correcta para conseguir el empuje primordial, de tal forma que el trabajador haga el menor empeño.

En una operación de perforación, no debe ejecutarse trabajos de perforación cuando [23]:

- Donde se esté cargando explosivos. □ Cuando la frente se encuentre cargada con explosivos.
- Si en la frente está un tiro quedado. Los tiros, tendrán perforarse a bastante más de 20 centímetros de restos de tiros (culos).
- Al hacer la perforación de los tiros hay que ocupar toda la serie correspondiente de barras, partiendo siempre con la patera, para sostener la seguridad de la operación.
- Todo tiro tendrá que ser de diámetro correspondiente, tal es así que los cartuchos de explosivos logren ser insertos hasta el fondo del mismo, sin ser forzados, para no perjudicar el cebo.

- Al hacer la operación de barrido de los tiros, el perforista y su ayudante tendrán tomar las prudencias de seguridad, ubicándose a un costado del tiro que se está perforando.
- Al finalizar de perforar un tiro, la máquina debe ponerse en el mínimo de rotación, si la barra se traba, hay que parar la máquina para desacoplarla y retirarla con el extractor.

### 1.3.5. Perforación con equipo jumbo

Jumbo es el nombre que recibe una unidad de perforación equipada con uno o numerosos martillos perforadores sobre brazos hidráulicos donde puede montarse un martillo de perforación o una cesta donde tienen la posibilidad de alojarse uno o dos operarios y que facilita el ingreso a algún parte del frente. Es una máquina creada para hacer trabajos subterráneos de manera ligera y automatizada: avance de túneles y galerías, bulonaje y perforación transversal, banqueo con barrenos horizontales y minería por corte y relleno [24].

El mecanismo de traslación de los jumbos comúnmente es autopropulsado por un tractor montado sobre neumáticos, cadenas o carriles, aunque hay modelos remolcados. Cuando trabajan se estacionan y su accionamiento es eléctrico, aunque tienen la posibilidad de tener un motor diésel para el movimiento. Los martillos perforadores son hidráulicos para hallar superiores potencias que los neumáticos, andando a rotoperusión: la barrena da un giro siempre ejerciendo a la vez un encontronazo sobre el fondo del taladro. Se precisa un aporte de agua para arrastrar los detritus y enfriar la boca de perforación. Con esta máquina se tienen la posibilidad de lograr desempeños que sobrepasan los 3,5 m/min de agilidad momentánea de perforación. Además, están computarizados, de manera que se automatiza la dirección de los taladros, el encontronazo y la agilidad de los martillos, y también la secuencia y disposición de los taladros [24].

Antes de comenzar la operación, el operador del conjunto tendrá que hacer por lo menos la siguiente inspección [23]:

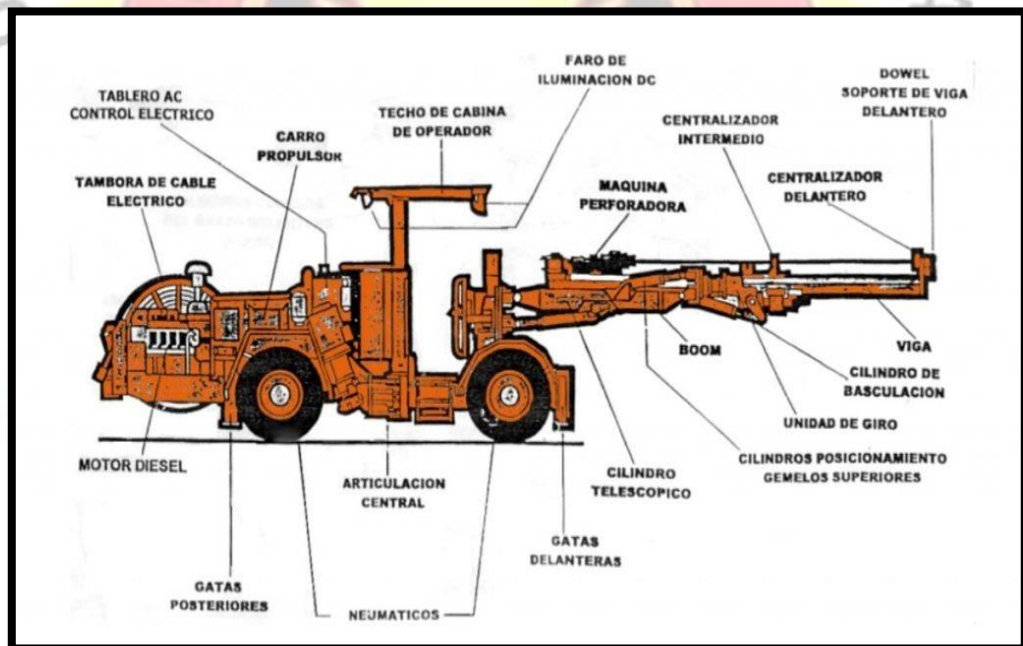
- Comprobar luces, frenos, neumáticos, escenarios de combustible, aceite del motor diesel, aceite hidráulico (bombas y compresor), refrigerante del motor diesel, aceite de lubricación y aceite de transmisión.
- Comprobar el estado del compresor, plumas, mangueras y perforadoras.

- Comprobar el estado del sistema eléctrico del conjunto y su conexión a la red.
- Chequear los elementos de acompañamiento con los que hay que contar: acuñador, pedestales, pala punta de huevo, manguera de goma de alta presión, bolsas para tapar las zapateras, bit escariador, loro "Equipo Trabajando", bitácora, cuchara.

Para la perforación con el jumbo hay que tener presente [23]:

- Perforar manteniendo la viga a la frente con extensión del brazo. Apretar tope de goma en la frente.
- Empezar la perforación en los tiros de zapatera siguiendo una secuencia hacia los tiros superiores.
- No perforar en restos de perforación (culos).
- No acuñar con el conjunto.
- No entrar a la frente mientras se esté llevando a cabo la operación de perforación.

Jumbo minero es un equipo compuesto por un conjunto de martillos perforadores montados sobre brazos articulados de accionamiento hidráulico para la ejecución de trabajos de perforación en el frente de avance; sus partes principales son [25]:



**Figura 3.** Partes de una perforadora jumbo de frentes

### **Jumbo Epiroc T1**

Los robustos equipos de perforación de adelante de Epiroc fueron creados con el fin de la perforación subterránea de barrenos en minería y túneles. Se tienen la posibilidad de equipar con hasta 4 brazos, cubriendo unas partes transversales de 6 m<sup>2</sup> a 206 m<sup>2</sup>.

Los equipos de perforación de adelante de Epiroc se usan para perforación de barrenos para voladura en minería de interior y excavación de túneles. Los equipos están dotados de hasta 4 brazos, lo que facilita contemplar unas partes transversales de 6 m<sup>2</sup> a 206 m<sup>2</sup>. Brindamos equipos con nuestro confiable sistema DCS (sistema de control directo) o con el sistema RCS (sistema de control automatizado de equipos de perforación), a los que se tienen la posibilidad de agregar diferentes escenarios de automatización. Está utilizable una larga gama de martillos con una capacidad de encontronazo de 16 kW a 40 kW.

Boomer T1 es un equipo de perforación frontal de una sola pluma para galerías estrechas y túneles con secciones transversales de hasta 23 m<sup>2</sup>. El portabicicletas cuenta con una gran distancia al suelo y frenos SAHR. Para una máxima durabilidad, el equipo está equipado con un alimentador de aluminio de alta resistencia con alta resistencia a la flexión y torsión. El equipo puede equiparse con una variedad de perforadoras de roca Cop para satisfacer sus necesidades. Para aumentar aún más la versatilidad, el Boomer T1 se puede equipar para la perforación de pozos largos. Cuando necesite un golpe extra en espacios reducidos, puede contar con Boomer T1.



**Figura 4.** *Equipo Jumbo Epiroc T1*

Los equipos de perforación de Boomer T1 tienen una extensa variedad de funcionalidades de automatización accesibles. El pack de excavación dinámica de túneles (DTP) es una utilidad de programa que facilita al grupo de perforación hacer proyectos de perforación customizados de manera directa en el frente del túnel. El operario del conjunto descarga el perfil del túnel en el conjunto de perforación adjuntado con un archivo de reglas de perforación y el conjunto de perforación crea sus propios proyectos de perforación. Esto descarta la necesidad de ir y venir de la oficina al grupo de perforación con los proyectos de perforación. El plan de perforación se crea para el tramo de túnel concreto, lo que proporciona como resultado una más grande exactitud en el avance del túnel. Algunos productos se personalizan agregando funcionalidades automatizadas, como la adición de barras de perforación o el cambio de brocas. Para sostener la exactitud y la seguridad, además están incorporadas propiedades como la nivelación automática y la custodia de detención de la perforación. Nuestro sistema de control de equipos de perforación (RCS) facilita el desempeño remoto con un panel de control que corrobora las cámaras y los sensores.

Las propiedades nivel como los martillos con amortiguación doble alargan la vida servible de los fungibles, mientras el movimiento de brazo ágil con enorme visibilidad maximiza el tiempo productivo.



**Figura 5.** *Equipo Jumbo Epiroc T1 operación*

### 1.3.6. Las brocas para perforación minera

Las brocas de perforación, son utilidades que van enroscadas en el radical inferior de la sarta de perforación, y están dotadas de elementos cortantes, que se usa para traspasar las formaciones en el subsuelo, estableciendo contacto entre la región productora de hidrocarburos y el área. En la perforación, el desarrollo de perforar un hoyo en el frente de avance necesita del uso de un elemento cortante que está constituido por la broca. La selección y condiciones de operación de la mecha conforman uno de los inconvenientes más destacables que debe afrontar el ingeniero de perforación, y para eso es primordial comprender los argumentos de interfaz a fin de detectar las diferencias que ya están entre las brocas accesibles en el mercado, así como los adelantos últimos en el sector de interfaz de brocas de perforación [26].

La broca T38 Retrac 64mm, es un enlace de hilo hechas por la alta definición de la barra de acero de aleación de tungsteno y carburos. Por medio de un régimen térmico, nuestras utilidades de perforación son lo bastante fuerte para agrandar las solicitudes de perforación de rocas y tienen menos pérdida de energía a lo largo de la perforación de las rocas. Además, tenemos la posibilidad de ajustar el diseño de enlace de hilo brocas de perforación según diferentes, y personalizadas son ajustables las brocas para taladrar rock despacio, medio flojo rock y hard rock [27].

Las ventajas de seleccionar una broca eficiente en los trabajos de perforación son [28]:

- Inclusive el conjunto de perforación más fuerte no puede llevar a cabo todo el trabajo por su cuenta. Requiere una broca que coincida con el desempeño del conjunto, que resista las inmensas fuerzas para perforar más metros al día. Solo entonces se experimentará una verídica productividad de perforación.
- Las brocas en las que los botones están recubiertos con diamante protegen a su personal, su productividad y el medioambiente
- Las brocas para perforación subterránea incrementan el desempeño de los equipos. Tienen orificios de barrido optimizados y una configuración de orificios más capaz que las generaciones anteriores de brocas. Entonces, va a aumentar la eficacia de los equipos con una menor presión de agua y un lavado menos efectivo.

## **1.4. Formulación de los problemas**

### **1.4.1. Problema general**

¿De qué manera el uso de broca straightrac 64 mm influye en el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022?

### **1.4.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera el uso de broca straightrac 64 mm influye en la velocidad de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022?
- ¿De qué manera el uso de broca straightrac 64 mm influye en el tiempo de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022?
- ¿De qué manera el uso de broca straightrac 64 mm influye en el porcentaje de utilización de broca para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022?

## **1.5. Justificación**

La investigación se justifica en la medida práctica, debido a que el estudio contempla un cambio de broca para conseguir la mejora del rendimiento en avance por metro de perforación, la misma que va permitir reducir el consumo mensual, mejoramiento de la eficiencia de perforación, optimización del tiempo efectivo de perforación por cada taladros por cada taladros y frente, y permitir la extensión de la vida útil de los aceros en el alcance de los objetivos predispuestos en el plan de minado a pretensiones a corto, mediano y largo plazo.

La investigación se justifica en la medida económica, debido a que reducir el tiempo de perforación y mejorar la vida útil, permitirá conseguir aminorar los costos específicos de operación y de la misma manera, impactar en la rentabilidad económica de la empresa, y de la misma manera en la productividad por minimizar costos a partir de la dinámica de producción. Asimismo, la unidad minera en seguimiento de la mejora continua que contempla todos sus procesos del ciclo minero, considera esencial el incremento de los indicadores de avance en todas sus dimensiones.

La investigación se justifica en la medida metodológica, puesto que la investigación contempla propia ruta metodológica basada en el método científico y sus lineamientos, además, el autor usará técnicas de investigación científica y elaborará instrumentos de propia autoría bajo criterios de ingeniería y en concordancia con la experiencia del profesional para el control de operaciones y aplicabilidad de la mejora continua en un proceso minero.

## **1.6. Objetivos de investigación**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar que el uso de broca straightrac 64mm influye en el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Determinar que el uso de broca straightrac 64 mm influye en la velocidad de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.
- Determinar que el uso de broca straightrac 64 mm influye en el tiempo de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.
- Determinar que el uso de broca straightrac 64 mm influye en el porcentaje de utilización de broca para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

## **1.7. Hipótesis de investigación**

### **1.7.1. Hipótesis específica**

El uso de broca straightrac 64 mm mejora el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

### **1.7.2. Hipótesis específica**

- El uso de broca straightrac 64 mm mejora la velocidad de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.
- El uso de broca straightrac 64 mm mejora el tiempo de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.
- El uso de broca straightrac 64 mm mejora el porcentaje de utilización de broca para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1. Tipo de investigación

Será de tipo aplicada, la misma que contempla el mejoramiento del fenómeno en estudio a partir de la teoría encontrada en la investigación básica puesta en práctica [29]; en ese sentido, la investigación tiene como finalidad mejorar el rendimiento de perforación para taladros largos en las operaciones diarias de extracción de minerales.

### 2.2. Nivel de investigación

Será de nivel explicativa, la misma que busca describir y también explicar los hechos acontecidos del fenómeno en estudio a través de situaciones de causalidad, es decir, el efecto a partir de una causa evaluada [30]; en ese sentido, la investigación pretende demostrar la causalidad del uso de broca straightrac 64mm sobre el rendimiento de perforación para taladros largos.

### 2.3. Diseño de investigación

Será de diseño experimental en su modalidad pre experimento, puesto que la investigación constituirá la manipulación en bajo nivel de la variable denominada independiente (uso de broca straightrac 64mm) para medir las consecuencias en la variable dependiente (rendimiento de perforación para taladros largos) [31].

### 2.4. Población y muestra

La población estará conformada por todas las zonas de perforación de frentes de avance en la Unidad Operativa Inmaculada, en el año 2022.

La muestra estará constituida por las zonas Keila, Talia, Barbada y Angela.

### 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El actual estudio usará la técnica de la observación directa, técnica que consiste en recolectar los datos requeridos en el campo del fenómeno en estudio, siendo su finalidad estar presente en los hechos acontecidos para dar fe de su proceso in-situ [32]. Además, se utilizará la técnica del fichaje, que consiste en la recolección de datos a través de ficheros que puede ser cuantitativa y cualitativamente de los requerimiento pertinentes y relevantes del fenómeno [33].

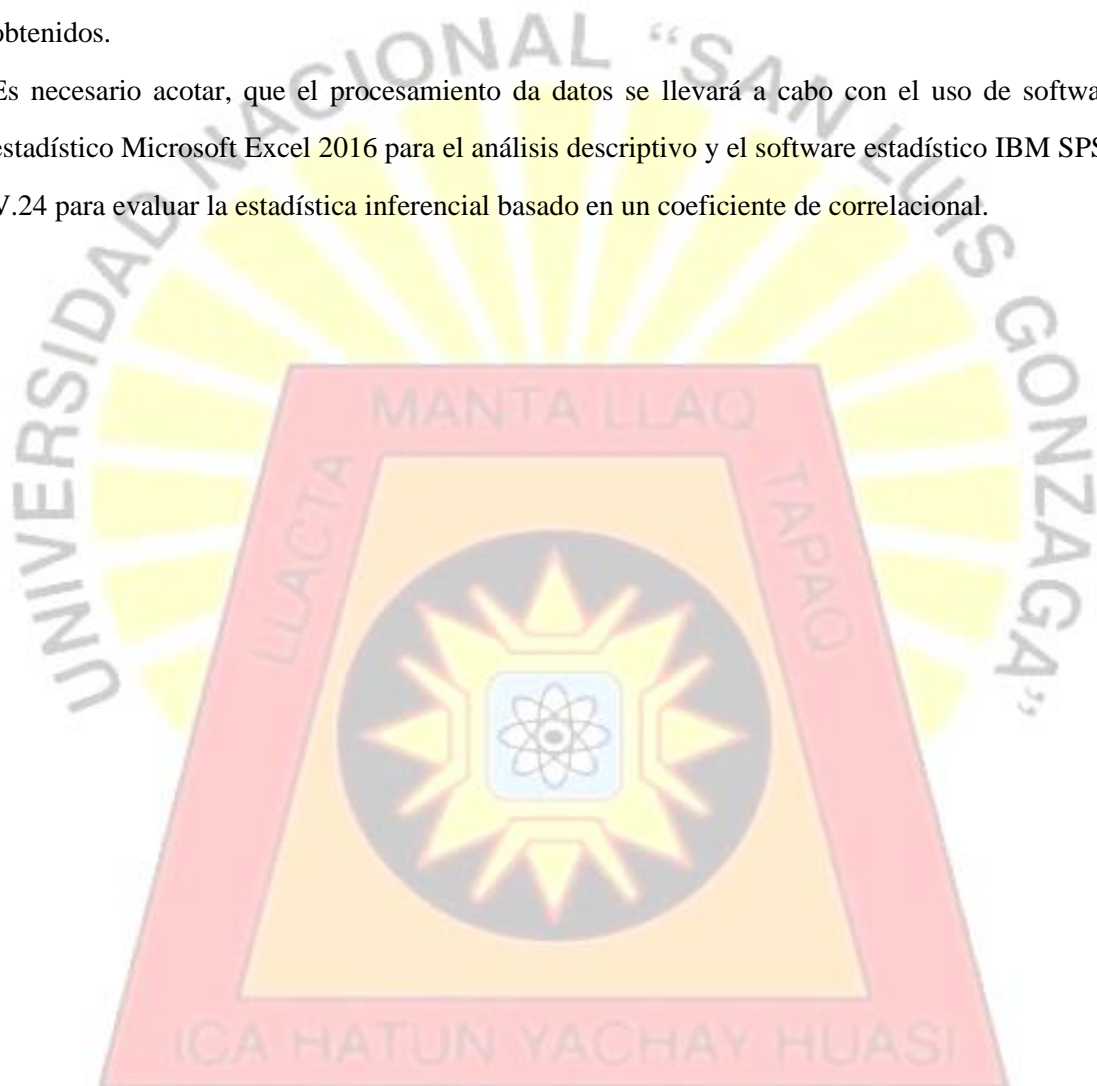
Los instrumentos que se usará serán las fichas de rendimiento de perforación y sus indicadores (velocidad y tiempo de perforación, porcentaje de utilización) elaboradas de autoría propia.

## 2.6. Técnicas de análisis e interpretación de datos

La recolección de datos se dará con los permisos necesarios del jefe de mina y supervisión pertinente en el horario establecido, además, las fichas serán aplicadas en concordancia con el planteamiento del problema y las necesidades del estudio; por otro lado, toda ficha aplicada, se ejecutará sin interrumpir las operaciones y a los operadores para evitar errores de datos.

Los datos obtenidos, pasarán por un ordenamiento de datos, filtro final antes de su proceso, tabulación según variable dependiente y sus indicadores, presentación e interpretación de datos obtenidos.

Es necesario acotar, que el procesamiento de datos se llevará a cabo con el uso de software estadístico Microsoft Excel 2016 para el análisis descriptivo y el software estadístico IBM SPSS V.24 para evaluar la estadística inferencial basado en un coeficiente de correlacional.



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Unidad operativa Inmaculada

##### 3.1.1. Antecedentes históricos

El origen de Hochschild Mining se remonta al Grupo Hochschild fundado en 1911 por Mauricio Hochschild en Chile. En 1922 el Grupo Hochschild se amplió a Bolivia donde tras subsistir a la crisis de los años 30, Mauricio Hochschild en Bolivia. El Grupo Hochschild empezó operaciones en Perú en 1925 y, en 1945, Luis Hochschild se unió a estas operaciones. Entre el 2001 y el 2006, el grupo abrió sus áreas de trabajo de navegación e identificó numerosos proyectos y prospectos en Perú, Argentina, México y Chile y firmó numerosos acuerdos de compañía conjunta con socios mineros, principalmente esos vinculados a San José, Pallancata e Inmaculada. Existen evidencias de trabajos antiguos, desde épocas coloniales, en las ubicaciones altas y bajas del valle de Pacapausa, como pequeñas trabajos y cateos. De esta forma hay restos de antiguos lavaderos y campamentos mineros.

1990-1992: Mitsui Mining Corp. Los primeros estudios sistemáticos se iniciaron en la década de los 90's de parte de Mitsui. Más adelante esta compañía transfirió las características a Mauricio Hochschild & Cía. (MHC).1994: MHC/Lac Minerals. MHC firma "joint venture" con Lac Minerals, con el propósito de examinar las características. 1995: MHC/North. En 1995, MHC firma "joint venture" con North Empresa Minera SA. A finales del primer año de la firma, las características se revirtieron a MHC.1998: Minera Ares SAC (Subsidiaria de MHC) MHC, bajo las subsidiarias Empresa Minera Ares SAC y Minera Argento SRL, ejecuta trabajos de navegación regional y distrital. 2005: MHC, finaliza los trabajos de navegación, luego de haber completado 9,107.69m, lineales de perforación diamantina.

2007- 2008: Minera Ares - Ventura Gold Perú (Joint Venture). En mes de Abril, VGP reinicia los trabajos de navegación en la propiedad, en el sector de Inmaculada donde afloran vetas de cuarzo, seguido de Minas cucho y San Salvador.2009: MICON; en Febrero; publica el primer cálculo de Elementos de la veta Ángela, sobre la base de información de 54 taladros diamantinos.

2010: Minera Ares SAC, después de considerar la data, opta por seguir con los trabajos de navegación y perforación, para llenar el estudio de factibilidad en septiembre del 2010.

2011: Minera Suyamarca, En enero, inicia el avance del Proyecto. Se desarrollaron un total de 30,547.00 metros. 2012: En marzo, comienza la operación anual de parte de Minera Suyamarca. Se desarrollaron un total de 46,369.00 metros. Ausenco Perú S.A.C lleva a cabo el Estudio de Factibilidad (FS), responsable del Diseño y la Estimación de Elementos de la Planta de Procesos e Infraestructura del proyecto; en abril 2012 Ausenco distribución el reporte final de Factibilidad.

2013: En marzo, comienza la operación anual de perforación, de parte de Minera Suyamarca, Se desarrollaron un total de 843 m. sobre novedosas construcciones, ahora mismo se sigue en pie con la etapa de creación del Proyecto.

En el año 2015 la empresa dio a conocer la producción comercial de la unidad minera Inmaculada, en la actualidad la operación más importante de la empresa. Inmaculada es una mina de 20 000 hectáreas, de las cuales dos tercios son de oro y una tercera parte de plata, con 40 concesiones mineras ubicadas en el departamento de Ayacucho, en el sur del Perú. Se caracteriza por ser sistemas mineralizados de baja y alta sulfuración, estructurada por las vetas, brechas y diseminaciones en rocas volcánicas terciarias. La mina tiene un prominente potencial geológico. Ángela, la veta primordial permanece abierta, con potencial de desarrollo agregada en numerosas otras construcciones dentro de la propiedad Inmaculada está a 112 kilómetros de la operación Pallancata. Los derechos de concesión e intereses en Inmaculada eran propiedad de Minera **Suyamarca S.A.C.**, por medio de la cual la corporación poseía una participación del 60 % en el control de Inmaculada, con el 40 % que sobra correspondiente a IMZ, bajo los términos de un convenio de joint Venture. Tras la finalización de la compra de IMZ en diciembre del 2013 la mina Inmaculada es en este momento 100 % propiedad directa de Hochschild Mining.

### **3.1.2. Ubicación**

- La Unidad Operativa Inmaculada se localiza al Sur del Perú, políticamente está localizada en el distrito de Oyolo, provincia de Paucar del Sara Sara; en el departamento de Ayacucho, ubicado entre 3 900 y 4 800 m.s.n.m., dentro del cinturón metal genético epitermal Puquio – Caylloma; precisamente a 210 km. Delimitada por los cerros: Umachata, Machopata y Quello al Norte, Huarmopata al Noreste, Pacachunta al Este, Loma Ruiruruni al Sureste, Huallpi al Sur, Hurgaicha

al Suroeste, San Salvador al Oeste, Ccochacocha al Noroeste. Se ubica de manera específica en el distrito de Oyolo, sobre terrenos superficiales de los poseedores de los terrenos eriazos del anexo Huancute y de la red social campesina de Huallhua, cuyos predios abarcan dos distritos. Así, el poblado de San Francisco de Ravacayco, provincia de Parinacochas, departamento de Ayacucho, pero parte de sus tierras trascienden el límite distrital y se internan en el distrito de Oyolo; mientras la red social campesina de Huallhua se posiciona en el distrito de San Javier de Alpbamba, provincia de Paucar del Sara Sara, departamento de Ayacucho e de todas formas sus terrenos se prolongan hasta el distrito de Oyolo.

- El ingreso a la región a la Unidad Operativa Inmaculada puede ser por vía aérea a Cuzco (1 hora) y después por carretera de Cuzco a Abancay (195 km), después de Abancay a Chalhuanca (120 km) al centro poblado de Iscahuaca (43 km), desde donde se ingresa al emprendimiento por una trocha Carrozable de 138 km. También se tiene ingreso a la región de la unidad operativa Inmaculada por vía terrestre desde Lima por la carretera Panamericana Sur hasta Nazca (460 km), donde se toma un desvío hacia el Este (por un ramal que conduce al Cuzco) por una carretera asfaltada hasta el poblado de Puquio (155 km). Luego se sigue en pie por una vía asfaltada hasta el poblado de Iscahuaca (142 km), desde donde se toma un desvío por trocha carrozable hacia la unidad operativa Inmaculada 138 km).

### 3.1.3. Condiciones físicas

- Está a una altitud promedio de 4 200 m.s.n.m. donde Suya marca tiene una estación del clima, la cual, registra parámetros de precipitación total día tras día, temperaturas (media, máxima y mínima), humedad relativa y dirección y agilidad de viento. Respecto al clima, la unidad operativa está en un clima frío-templado (la temperatura media anual se muestra en un rango de 9,5 – 12,5 °C), equilibradamente lluvioso (la precipitación media anual es de 870,0 mm) y de amplitud térmica continental.
- El tiempo es frígido o de puna, se destaca por tener días fríos y noches muy frías. La temperatura media anual es mayor a 0 °C e inferior a 7 °C. La máxima, entre septiembre y abril, es mayor a 15 °C, llegando hasta 22 °C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto oscilan entre – 9 °C y – 25 °C. Hay fuerte oscilación térmica entre el sol y la sombra, entre el día y la noche. Las lluvias y la nieve caen en verano,

empezando desde octubre; hay una época áspera, de mayo a septiembre. La precipitación fluctúa entre 200 – 400 y 1000 mm al año.

- Las formaciones vegetales presentes en el sector de la Unidad Minera Inmaculada son primordialmente el césped de puna, pajonal, roquedal. Es el césped de puna y el pajonal las formaciones que abarcan más grande sector en la región. Se asentaron 80 especies de flora vascular, agrupadas en 60 géneros y 24 familias. Las familias más distintas son Asteráceas con 25 especies y las monocotiledóneas, de la familia Poaceas con 13 especies.
- Se observaron distintas especies de fauna silvestre en el sector entre aves, reptiles y mamíferos, cuya presencia va a ser variable según la estacionalidad y tipo de observación que se haga. Para su avance se evaluó 6 transeptos donde se identificaron 60 especies y 49 géneros de fauna silvestre en el sector de estudio. Del total, 17 especies son de mamíferos, 39 especies de aves, 3 especies de reptiles y 1 clase de anfibios. Con los registros de fauna de los monitoreos, se identificó especies amenazadas, dentro de ellos mamíferos avistados y potenciales como: la clase taruca (*Hippocamelus antisensis*) registrados por literatura enfocada (rango de distribución), están clasificada como clase en circunstancia vulnerable, en tanto que el puma con color y la vicuña (*Vicugna vicugna*) están clasificados como especies amenazadas. Cabe indicar que el puma fué registrado por literatura enfocada en tanto que la vicuña fué avistada en el sector de estudio. El “gato de pajonal” (*Leopardus colocolo*), el “zorro andino” (*Pseudalopex culpaeus*). En cuanto a las especies de aves, el cóndor andino (*Vultur gryphus*) y la parihuana habitual (*Phoenicopterus chilensis*) avistadas en el sector, están clasificadas como una clase en riesgo y como amenazadas respectivamente. De las especies de reptiles, ninguna está clasificada con particular estatus de conservación según el Decreto Supremo N° 034-2004-AG. En tanto que, de las especies de anfibios, el sapo (*Rhinella spinulosus*), registrado por literatura enfocada, está clasificado como una clase amenazada.
- La geomorfología que se encuentra en la unidad operativa Inmaculada es producto de distintos eventos tectónicos por medio del tiempo y de la acción modeladora de agentes que intervienen en la geodinámica externa, como: ríos, vientos y glaciares, que fueron causando una fuerte erosión, transporte y sedimentación de materiales. En el sector resalta las mesetas prominente andinas con un nivel de erosión poco y

los valles altoandinos, además de altas cumbres, morrenas, mesetas, valles glaciales y laderas equilibradamente empinadas.

- Tiene una topografía diferente, con presencia de laderas y lomas con relieves ondulados a planos y zonas abruptas con presencia de relieves rocosos accidentados y ondulados por las intersecciones de pequeñas quebradas; cuyas pendientes van de 45° a 70° propiedades del modelaje glaciar.

#### 3.1.4. Entorno geológico

- **Geología regional**

La geología regional de Inmaculada muestra un basamento Mesozoico con rocas de sedimentación marina areniscosa a carbonatada, que están conformadas por las Formaciones:

- Formación Soraya: Que aflora en la margen derecha del río Pacapausa entre las localidades de Pacapausa y San Francisco de Ravacayco; y en el cerro Condorcanca, Se le ha estimado un espesor de más o menos 800 m. •
- MARA: Esta unidad aflora en el fondo del río Iscahuaca, en el margen derecho de la quebrada de Jacullamayoc, en la header de la quebrada de Sumariahuasi, y en las lagunas de Concorcara; también se le observa el noroeste del pueblo de Pacapausa.
- Formación Ferrobamba: Aflora en las dos márgenes del río Iscayhuanca, en el cerro Chachamusca y alrededores; además se aprecia a noroeste del pueblo de Pacapausa. Esta unidad se compone de calizas gris a grisnegruzcas, masivas y calizas areniscosas gris visibles a amarillentas. Sobre este basamento siguen en disconformidad las secuencias volcánicas.
- Formación Tacaza: Formada una secuencia volcánico sedimentaria que cubren en discordancia angular a sedimentos mesozoicos o a las Capas Rojas cretácico terciarias siendo cubierto, en discordancia angular, por volcánicos brechoides ácidos, catalogados como Formación Alpbamba (nueva unidad estratigráfica). Se le considera de edad de Oligoceno medio (30 Ma) a Mioceno inferior (23 Ma).
- Formación Alpbamba: Esta unidad aflora en la esquina suroeste del cuadrángulo, continuando hacia los cuadrángulos de Chaviña, Coracora y

Pausa conformando enormes extensiones de lote, y sigue en pié por el fondo del río Pallancata al menos hasta la ciudad de Tinco. Además, se le mira al fondo del río Colcabamba en el radical norte del cuadrángulo, con una litología de tobas finas laminadas de estructura riolítica y riodacítica.

- Formación Saycata: Aflora en su mayoría en el radical norte del cuadrángulo, constituyendo las partes más altas de los cerros: Mina Inmaculada 13 Pucacunca (volcán Saycata), Chachacoma, Chacoma, Huamanripa, Pamanuta, Collapampa. En el radical sur sólo se tiene el cerro Coñacahua. Expuesta extensamente hacia el sector de Pallancata y Explorador con una litología de lavas de estructura andesítica.
- Formación Sencca: Aflora en las partes altas, a bastante más de 4,000 m.s.n.m. donde compone amplias mesetas, ubicadas en la esquina sureste del cuadrángulo y de la parte alta de Aniso hacia la esquina noreste del referido cuadrángulo y de la parte alta de Aniso hacia la esquina noreste del referido cuadrángulo. Además, se aprecia un afloramiento en los alrededores de la laguna de Aychococha ubicado al este de la mina Tumire.
- Formación Pampamarca: Esta unidad sólo aflora en la esquina noreste del cuadrángulo de Pacapausa, en los dos márgenes del río Pillone, prolongándose aguas abajo hasta Quilcaccasa, continuando hacia el este al cuadrángulo de Chaviña.

- **Geología local**

La serie volcánica está constituida por afloramientos de la Formación Quellopata (4 500 - 4 800 m.s.n.m.) conformados por lavas andesíticas de grano medio, porfiríticas y “debris flow” andesíticos verdes violáceos; la cual es correlacionada regionalmente con la Formación Saycata que aflora ampliamente entre Pallancata y Selene-Explorador.

- **Geología estructural**

En contexto regional los mayores lineamientos estructurales son de azimut NW-SE; los cuales son cortados a su vez por lineamientos de azimut NE y otras de azimut

NS. También se observan las estructuras circulares de las calderas de Selene-Explorador, Pallancata, Poracota, Caylloma, etc.

### **3.1.5. Método de explotación por taladros largos**

El procedimiento de minado de taladros largos con relleno en pasta contempla las operaciones de perforación y voladura de taladros, limpieza de mineral volado en el nivel inferior del tajeo, y acarreo de mineral a la chancadora. Una vez concluido la explotación del tajeo en su totalidad; se procede inmediatamente a completar el espacio vacío del tajeo con relleno en pasta. Este procedimiento de minado es correcto para cuerpos mineralizados con fuerte buzamiento (normalmente filonianos). El ancho de galería puede o no encajar con el del cuerpo mineralizado. Este procedimiento se lleva a cabo cuando la roca caja no es competente y según el tipo de relleno a usarse se puede llegar a una enorme productividad en relación además del dimensionamiento de los trabajos o tajeos. Se desarrollarán rampas paralelas al cuerpo mineral, las que van a permitir reforzar y entrar a los subniveles de explotación como a los escenarios de extracción. Las rampas se ubican sabiendo la organización del cuerpo mineral. El desarrollo de minado radica en entrar al cuerpo mineral por medio de cruceros y/o ventanas y después desarrollar subniveles de explotación. Estos subniveles van a ser divididos en bloques de explotación, los cuales se desplazarán verticalmente según el dimensionamiento de los trabajos. Los cruceros parten de las rampas de explotación y están organizados según las distancias insuperables de transporte de los equipos de acarreo.

El Bench & Fill es el procedimiento de minado de taladros largos con relleno en pasta contempla las operaciones de perforación y voladura de taladros, limpieza de mineral volado en el nivel inferior del tajeo, y acarreo de mineral a la chancadora. Una vez concluido la explotación del tajeo en su totalidad; se procede inmediatamente a completar el espacio vacío del tajeo con relleno en pasta. Este procedimiento de minado es correcto para cuerpos mineralizados con fuerte buzamiento (normalmente filonianos).

El ancho de galería puede o no encajar con el del cuerpo mineralizado. Este procedimiento se lleva a cabo cuando la roca caja no es competente y según el tipo de relleno a usarse se puede llegar a una enorme eficacia en relación además del dimensionamiento de los trabajos o tajeos. Se desarrollarán rampas paralelas al cuerpo mineral, las que van a permitir reforzar y entrar a los subniveles de explotación como a

los escenarios de extracción. Las rampas se ubican teniendo en cuenta la organización del cuerpo mineral. El desarrollo de minado radica en entrar al cuerpo mineral por medio de cruceros y/o ventanas y después desarrollar subniveles de explotación. Estos subniveles van a ser divididos en bloques de explotación, los cuales se desplazarán verticalmente según el dimensionamiento de los trabajos. Los cruceros parten de las rampas de explotación y están organizados según las distancias insuperables de transporte de los equipos de acarreo. La voladura se enlista por medio de perforaciones verticales en malla. Los recientes sistemas de perforación aceptan lograr distancias cada vez superiores (30 o más metros). Luego del disparo, se procede al desatado y después el material va a ser recuperado, transportado y descargado por los equipos de acarreo en los ores pass localizados cerca de las rampas de explotación. El material será recuperado de nuevo y cargado en los camiones que trasladarán el mineral o desmonte hacia su destino fuera de la mina. Una vez limpia la tarea, se procede al relleno para poder controlar la seguridad del tajeo. En la situación de relleno en pasta se va a tomar presente el tiempo desecado antes de volver a seguir a un nuevo período, por lo cual hay que tener suficientes labores en operación con el objetivo de llenar la producción proyectada.

La perforación de taladros largos, se aplica por lo general en la producción de otros minerales dando lugar a enormes frentes. Una vez concluidos los trabajos de sostenimiento, se procederá con la perforación de los taladros largos entre subniveles. La perforación se va a realizar con Equipos de Perforación Vertical, que aseguren el cumplimiento del ritmo de producción. Hay que contar hasta con dos (02) equipos de perforación: SIMBA, con barras de 5 pies de longitud y sistema automático de cambio de barras. En la perforación, se va a realizar la abertura de la chimenea de cara libre y por último todas las filas hasta deducir el tajeo. Para el triunfo de una aceptable voladura se va a tener presente el paralelismo que debe existir tanto en la perforación horizontal como vertical. En la perforación vertical se usará el casing, dando permiso una más grande agilidad en la perforación, no-atascamiento de la columna de perforación y la obtención de taladros más limpios, facilitando el carguío de explosivos en la voladura previo al carguío de taladros. Asimismo, cuando finalice de perforar cada taladro negativo, estos van a ser cubiertos por un cono de plástico color naranja.

El carguío, acarreo y transporte para las ocupaciones de minado es la etapa donde se carga el mineral a los camiones volquetes, para que sean trasladados a la chancadora de manera

directa y termina al bajar el desmonte al depósito de desmonte. El carguío del mineral/desmonte se va a realizar con los scooptrams previstos de 6.0 yd<sup>3</sup> a camiones 8 x 4 de 30.0 t. Se han estimado preliminarmente 6 camiones. Estos camiones circularán desde las ubicaciones de carguío dentro de la mina, hasta la salida por el ingreso principal. 4400 donde se descargará el material para ser chancado en una región de chancado al lado de la bocamina y después transportado por faja.

El tajeo por subniveles, geste procedimiento además popular como sublevel stoping y radica en dejar cámara vacía después de la extracción del mineral. El procedimiento se destaca por su enorme eficacia gracias a que los trabajos de elaboración se hacen en su más grande parte dentro del mineral. Para impedir el colapso de las paredes, los cuerpos enormes comúnmente son divididos en dos o más tajeos, la recuperación de los pilares se ejecuta en la etapa final. Se ha elegido este procedimiento para la región central del depósito la cual se caracterizan por una mejor calidad del macizo rocoso ( $RMR > 40$ ) además de tener zonas con un ancho de estructura mineralizada correcto para la aplicación de este procedimiento. El minado se va a realizar durante los 90 m establecidos como la unidad de minado en tres sectores divididos verticalmente, todos los cuales está conformado por 5 cortes verticales. Se accederá a la región central de todos los sectores por medio de ventanas horizontales, las cuales conectarán con los trabajos de by-pass y las rampas. Los echaderos de mineral cruzarán los by-pass verticalmente de tal forma de hacer más simple la extracción de mineral hacia el Nivel 4,300. La definición de los cortes se va a hacer transversalmente a la composición mineralizada y con un ancho máximo de 6 m (medidos en todo el rumbo de la estructura).

### 3.2. Rendimiento de perforación para taladros largos

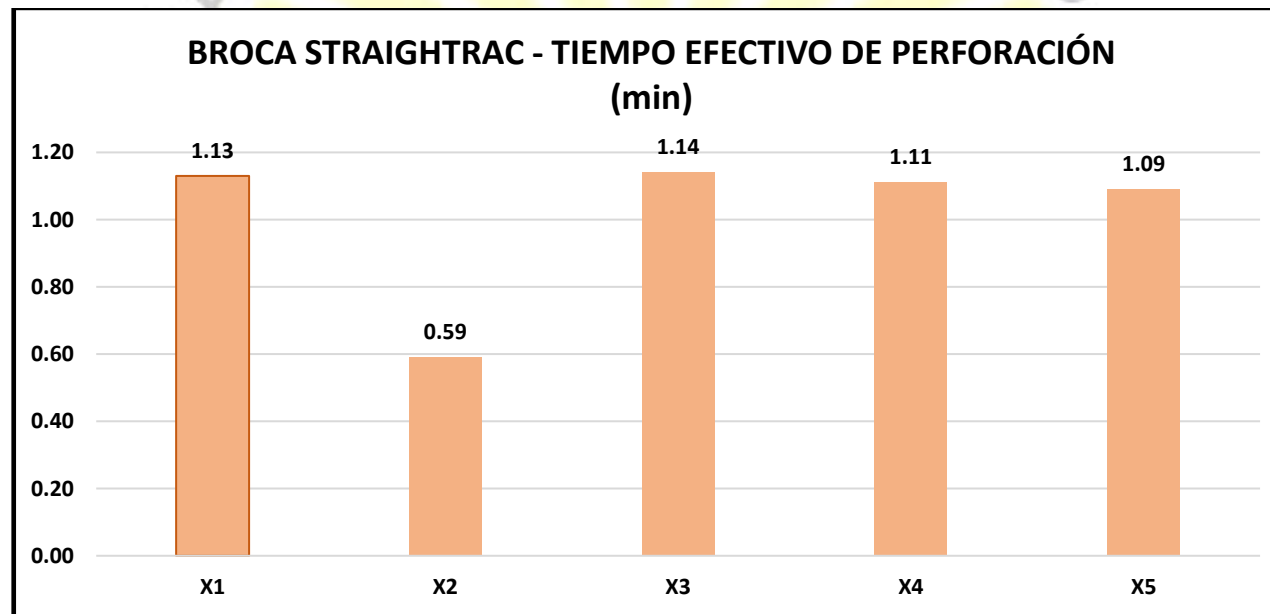
**Tabla 1.**  
*Zonas de desarrollo de la prueba con cambio de broca*

I. ZONA DEL DESARROLLO DE LA PRUEBA – BROCA STRAIGHTRAC							
TEST	EQUIPO	OPERADOR	ZONA	NIVEL	LABOR	VELOCIDAD DE PERF. (MIN)	RENDIMIENTO (metros)
X1	T1D - 03	GODOFREDO RODRIGUEZ	KEILA	4393	BA6511	1.13	99.0
X2	T1D - 02	FREDDY ALI	TALIA	4250	BA4365	0.59	107.0
X3	T1D - 01	NOE CALLASI	BARBADA	4338	BA3330	1.14	97.5
X4	T1D - 02	FREDDY ALI	TALIA	4250	BA4365	1.11	96.0
X5	T1D - 01	CLAUDIO CHULLO	ANGELA	4354	BA1955	1.09	104.0

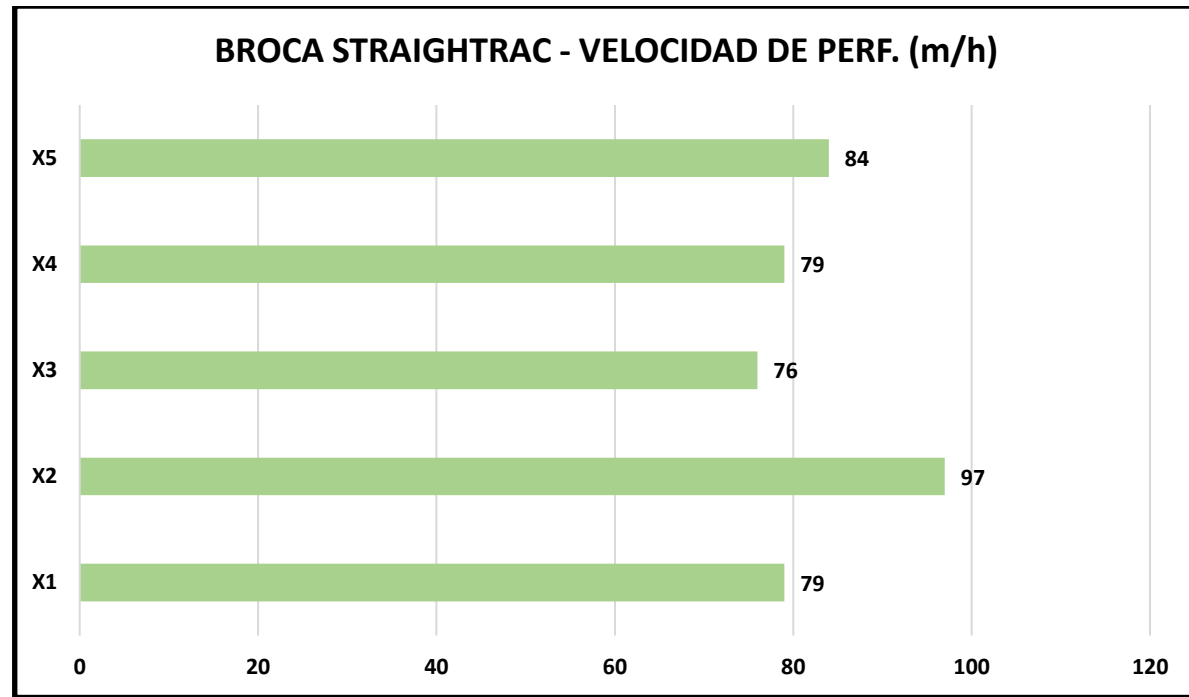
**Tabla 2.**  
*Velocidad de perforación con cambio de broca*

II. VELOCIDAD DE PERFORACION BROCA STRAIGHTRAC Y BROCA RETRACTIL 64MM									
VELOCIDAD DE PERFORACION					BROCA STRAIGHTRAC		BROCA RETRACTIL		EFICIENCIA (+) Broca STRAIGHTRAC
TEST	DESCRIPCION	LONGITUD DE PERFORACION	METODO DE PERF.	TIPO DE ROCA	Tiempo de perforación Efectiva (Min)	VELOCIDAD DE PERF. (m/h)	Tiempo de perforación Efectiva (Min)	VELOCIDAD DE PERF. (m/h)	
X1	BROCA 64MM T38	1.5	POSITIVO	IIIB	1.13	79	1.22	67	9%
X2	BROCA 64MM T38	1.5	NEGATIVO	IIIB	0.59	97	1.16	76	17%

X3	BROCA 64MM T38	1.5	POSITIVO	IIIB	1.14	76	1.41	56	27%
X4	BROCA 64MM T38	1.5	POSITIVO	IIIB	1.11	79	1.25	65	14%
X5	BROCA 64MM T38	1.5	NEGATIVO	IIIB	1.09	84	1.15	76	6%
<b>PROMEDIO</b>					<b>1.01</b>	<b>83.00</b>	<b>1.24</b>	<b>68.00</b>	<b>15%</b>



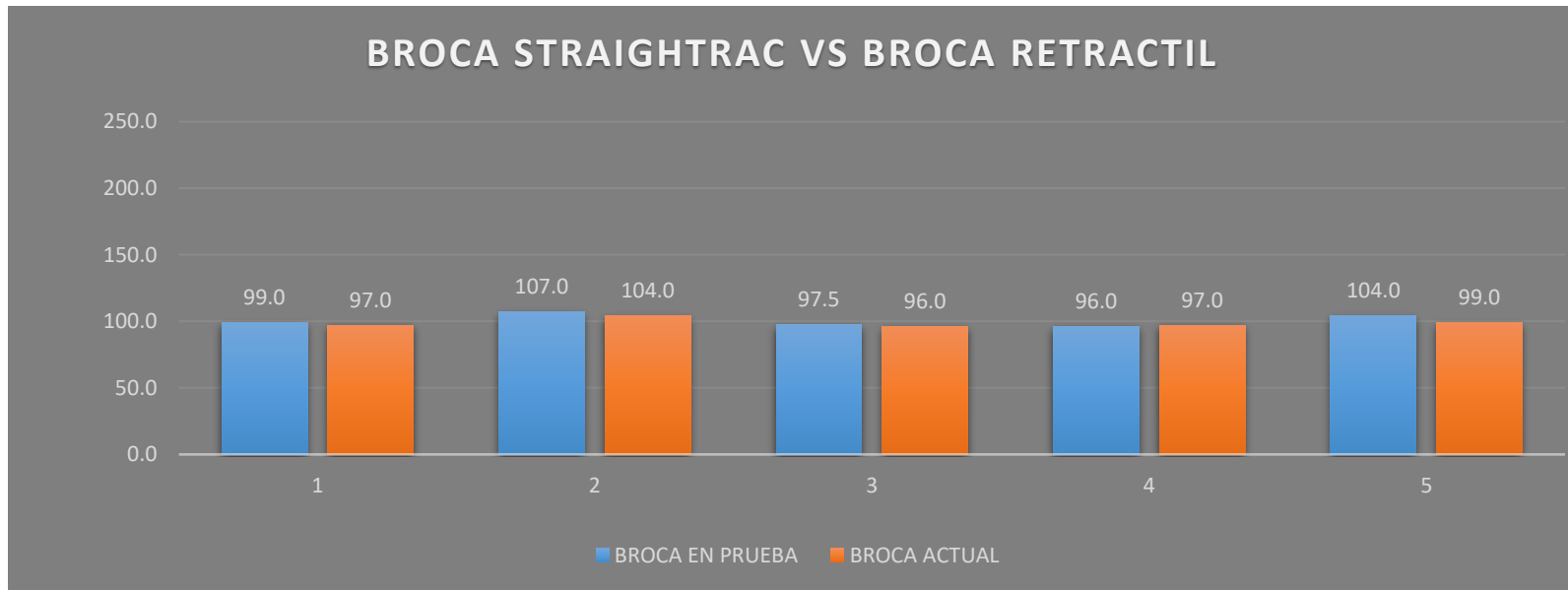
**Figura 6.** *Tiempo efectivo de perforación - broca Straightrac*



**Figura 7.** *Velocidad de perforación - broca Straightrac*

**Tabla 3.**  
*Rendimiento de avance con cambio de broca*

III. RENDIMIENTO BROCA STRAIGHTRAC 64MM						
RENDIMIENTO (METROS)				BROCA EN PRUEBA	BROCA ACTUAL	
TEST	DESCRIPCION	METODO DE PERF.	TIPO DE ROCA	Metros Perforados	Metros Perforados	Eficiencia Broca Straightrac
X1	BROCA 64MM T38	POSITIVO	IIIB	99.0	97.0	2%
X2	BROCA 64MM T38	NEGATIVO	IIIA	107.0	104.0	3%
X3	BROCA 64MM T38	POSITIVO	IIIB	97.5	96.0	2%
X4	BROCA 64MM T38	POSITIVO	IIIA	96.0	97.0	-1%
X5	BROCA 64MM T38	NEGATIVO	IIIB	104.0	99.0	5%
<b>PROMEDIO</b>				<b>100.70</b>	<b>98.60</b>	<b>2%</b>



**Figura 8.** Rendimiento de avance con cambio de broca

**Tabla 4.**

*Consumo de aceros de perforación por equipo jumbo T1D EPIROC*

**CONSUMO DE ACEROS**

COLUMNA T38	TIPO DE ACERO	T1D - 5	T1D - 6	T1D - 7	RAPT - 1	TOTAL
	BROCA STRAGHTRA 64MM	20	21	22	19	82
BARRA MF 5 PIES T38	20	20	30	20	90	
SHANK COP 1838T 525MM	8	8	14	8	38	
TUBO GUIA 5 PIES 38	4	4	4	3	15	
RIMADORA 127MM T38	2	0	2	0	4	

**Tabla 5.**  
*Rendimiento garantizado por equipo jumbo T1D EPIROC*

**RENDIMIENTOS**

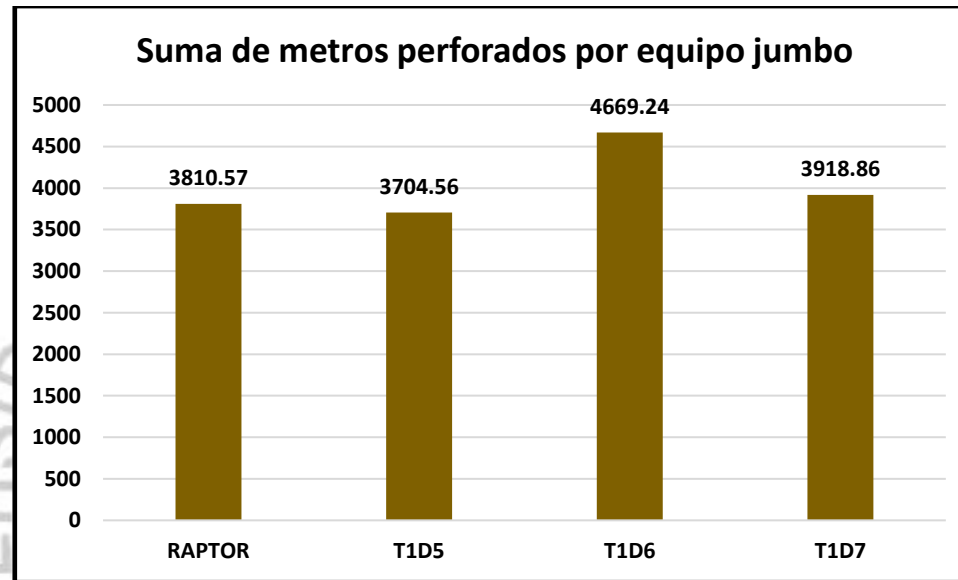
COLUMNA T38	TIPO DE ACERO	T1D - 5	T1D - 6	T1D - 7	RAPT - 1	Promedio	Rend. Garantizado	% Util.
	BROCA STRAIGHTRAC 64MM	253	225	263	271	<b>253</b>	250	101%
	BARRA MF 5 PIES T38	257	271	185	218	<b>233</b>	220	106%
	SHANK COP 1838T 525MM	643	678	397	545	<b>566</b>	900	63%
	TUBO GUIA 5 PIES 38	1,198	1,245	1,230	1,399	<b>1268</b>	1000	127%

**Tabla 6.**  
*Costo unitario con cambio de broca Straightrac por equipo jumbo*

COSTO UNITARIO / COSTO TOTAL POR EQUIPO					
	T1D - 5	T1D - 6	T1D - 7	RAPT - 1	
BROCA STRAIGHTRAC 64MM	\$ 89.89	\$ 89.89	\$ 89.89	\$ 89.89	
CANTIDAD CONSUMIDA	20	25	32	21	
BROCA STRAIGHTRAC 64MM	\$ 1,797.80	\$ 2,247.25	\$ 2,876.48	\$ 1,887.69	\$ 8,809.22

**Tabla 7.**  
*Metros perforados por equipo jumbo T1D EPIROC un brazo*

Etiquetas de fila	Suma de M. PERFORADOS	Suma de M. RIMADOS	Suma de M. TOTALES
RAPTOR	3810.57	86.1	3896.67
T1D5	3704.56	356.9	4061.46
T1D6	4669.24	258.5	4927.74
T1D7	3918.86	532.3	4451.16



**Figura 9.** *Suma de metros perforados por equipo jumbo*

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Hipótesis general

#### La hipótesis general sostiene:

El uso de broca straightrac 64mm mejora el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

#### 1° Formulación de las hipótesis estadísticas

##### H0: $\rho=0$

No existe mejora del rendimiento de perforación para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

##### Ha: $\rho \neq 0$

Existe mejora del rendimiento de perforación para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

#### 2° Procesamiento de datos

**Tabla 8.**

*Procesamiento de datos de la variable rendimiento de perforación en la Unidad Operativa Inmaculada 2022*

VARIABLE	BROCA STRAIGHTRAC	BROCA RETRACTIL	% DE MEJORA
Rendimiento de perforación	100.70 metros	98.60 metros	2.13%

#### 5° Toma de decisión

Tomando en cuenta lo obtenido en la tabla 8, se consiguió en las pruebas realizadas de campo, un rendimiento de perforación de 100.70 metros para broca straightrac y 98.60 metros para broca retráctil, lo que supuso una mejora del 2.13%, lo que admite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, asegurando que existe mejora del rendimiento de perforación para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64 mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

### 4.2. Hipótesis específicas

#### 4.2.1. Hipótesis específica 1

La hipótesis específica 1 sostiene:

El uso de broca straightrac 64 mm mejora la velocidad de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

### 1° Formulación de las hipótesis estadísticas

**H0:  $\rho=0$**

No existe mejora de la velocidad de perforación para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

**Ha:  $\rho \neq 0$**

Existe mejora de la velocidad de perforación para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

### 2° Procesamiento de datos

**Tabla 9.**

*Procesamiento de datos del indicador velocidad de perforación en la Unidad Operativa Inmaculada 2022*

INDICADOR 1	BROCA STRAIGHTRAC	BROCA RETRACTIL	% DE MEJORA
Velocidad de perforación (promedio)	83.00 metros/hora	68.00 metros/hora	22.16%

### 5° Toma de decisión

Tomando en cuenta lo obtenido en la tabla 9, se consiguió en las pruebas realizadas de campo, una velocidad de perforación promedio de 83.00 metros/hora para broca straightrac y 68.00 metros/hora para broca retráctil, lo que supuso una mejora del 22.16%, lo que admite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, asegurando que existe mejora de la velocidad de perforación para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

#### 4.2.2. Hipótesis específica 2

**La hipótesis específica 2 sostiene:**

El uso de broca straightrac 64mm mejora el tiempo de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

## 1° Formulación de las hipótesis estadísticas

**H0:  $\rho=0$**

No existe mejora del tiempo de perforación para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

**Ha:  $\rho\neq 0$**

Existe mejora del tiempo de perforación para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

## 2° Procesamiento de datos

**Tabla 10.**

*Procesamiento de datos del indicador tiempo de perforación en la Unidad Operativa Inmaculada 2022*

INDICADOR 2	BROCA STRAIGHTRAC	BROCA RETRACTIL	% DE MEJORA
Tiempo de perforación (promedio)	1.01 minutos	1.24 minutos	18.55%

## 5° Toma de decisión

Tomando en cuenta lo obtenido en la tabla 10, se consiguió en las pruebas realizadas de campo, un tiempo de perforación promedio de 1.01 minutos para broca straightrac y 1.24 minutos para broca retráctil, lo que supuso una mejora del 18.55%, lo que admite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, asegurando que existe mejora del tiempo de perforación para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

### 4.2.3. Hipótesis específica 3

**La hipótesis específica 3 sostiene:**

El uso de broca straightrac 64mm mejora el porcentaje de utilización de broca para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

## 1° Formulación de las hipótesis estadísticas

**H0:  $\rho=0$**

No existe mejora del porcentaje de utilización de broca para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

**Ha:  $\rho \neq 0$**

Existe mejora del porcentaje de utilización de broca para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

## 2° Procesamiento de datos

**Tabla 11.**

*Procesamiento de datos del indicador porcentaje de utilización de broca en la Unidad Operativa Inmaculada 2022*

INDICADOR 3	BROCA STRAIGHTRAC	BROCA RETRACTIL	% DE MEJORA
Porcentaje de utilización de broca	101%	89.59%	11.41%

## 5° Toma de decisión

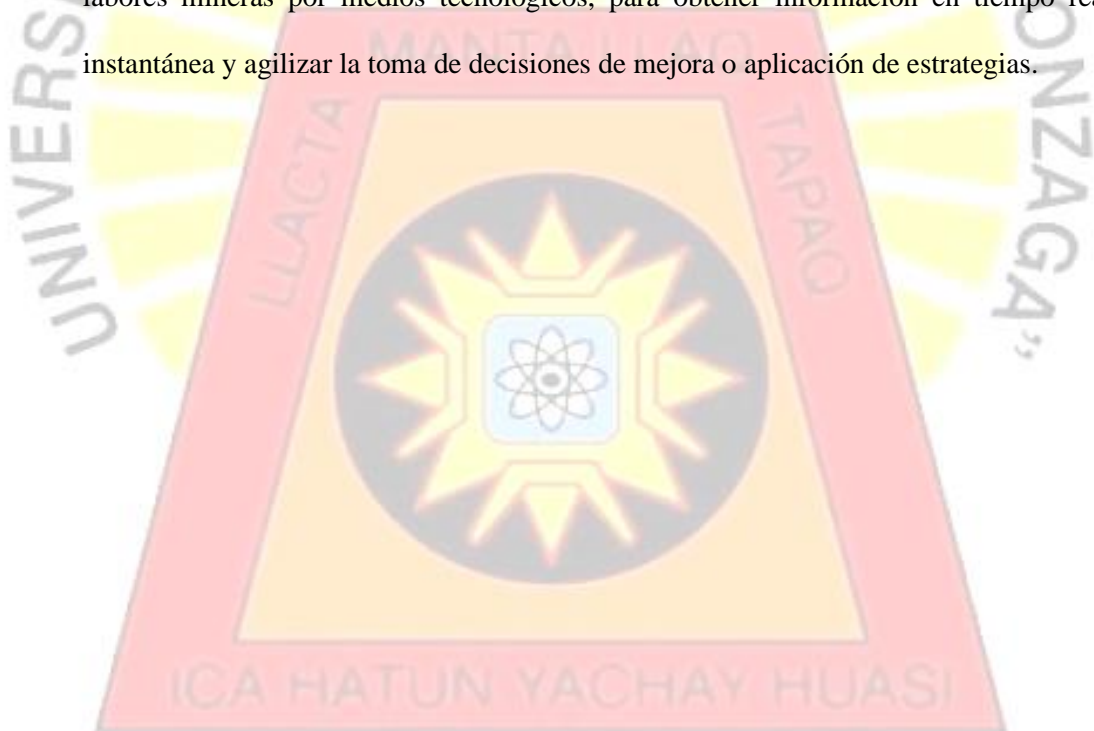
Tomando en cuenta lo obtenido en la tabla 11, se consiguió en las pruebas realizadas de campo, un porcentaje de utilización de broca de 101% para broca straightrac y 89.59% para broca retráctil, lo que supuso una mejora del 11.41%, lo que admite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, asegurando que existe mejora del porcentaje de utilización de broca para taladros largos a partir del uso de broca straightrac 64mm en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

## V. CONCLUSIONES

- a. Se determinó que el uso de broca straightrac 64mm mejora el rendimiento de perforación para taladros largos, al obtener un incremento total de 98.60 a 100.70 metros, es decir, un aumento del 2.13%, en las operaciones de la Unidad Operativa Inmaculada, en el año 2022.
- b. Se determinó que el uso de broca straightrac 64mm mejora la velocidad de perforación para taladros largos, al obtener un incremento promedio de 68 a 83 metros/hora, es decir, un aumento del 22.16%, en las operaciones de la Unidad Operativa Inmaculada, en el año 2022.
- c. Se determinó que el uso de broca straightrac 64mm mejora el tiempo de perforación para taladros largos, al obtener una minimización promedio de 1.24 a 1.01 minutos, es decir, una mayor rapidez en 18.55%, en las operaciones de la Unidad Operativa Inmaculada, en el año 2022.
- d. Se determinó que el uso de broca straightrac 64mm mejora el porcentaje de utilización de broca para taladros largos, al obtener un incremento total de 89.59% a 101%, es decir, un aumento del 11.41%, en las operaciones de la Unidad Operativa Inmaculada, en el año 2022.

## VI. RECOMENDACIONES

- a. Se recomienda a la empresa, seguir efectuando pruebas de campo respecto a factores que influyen en la operación de perforación, para conseguir la mayor productividad operativa a partir de la comparativa de cambios, como la presente investigación.
- b. Se recomienda efectuar el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos mineros de perforación, puesto que la eficiencia de la broca es concordante a la eficacia del jumbo.
- c. Se recomienda a la empresa, evaluar otros aspectos cualitativos que admitan mejorar los parámetros de perforación en cuanto a su tiempo y velocidad, como las capacitaciones, entorno laboral, clima y cultura organizacional, entre otros afines.
- d. Se recomienda a la empresa, aplicar el seguimiento de indicadores de perforación de labores mineras por medios tecnológicos, para obtener información en tiempo real, instantánea y agilizar la toma de decisiones de mejora o aplicación de estrategias.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Museoh, «Riqueza Minera del Perú», *Mineralogía y petrología*, 2018. [https://museohn.unmsm.edu.pe/mine\\_riqueza.html#:~:text=](https://museohn.unmsm.edu.pe/mine_riqueza.html#:~:text=)
- [2] El Comercio, «Exportaciones Mineras y su aporte», 25/06/2019, 2019. <https://elcomercio.pe/economia/peru/exportaciones-mineras-crecieron-6-2-2018-sumar-us-29-451-millones-noticia-nndc-648877-noticia/#:~:te>
- [3] Conexión Esan, «la minería: motor de crecimiento en la economía local», 11/09/2019, 2019. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/09/por-que-la-mineria-es-el-motor-del-crecimiento-de-la-economia-local/#:~:te>
- [4] Antofagasta Minerals Group, «Etapas del proceso productivo de una mina», *SONAMI2*, 2012. <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/04/01.-Etapas-del-Proceso-Productivo-de-una-Mina.pdf>
- [5] Instituto Tecnológico Geominero de España, *Manual de arranque, carga y transporte en minería*. Madrid (España), 2006. [En línea]. Disponible en: [http://info.igme.es/SidPDF%5C066000%5C874%5C66874\\_0001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF%5C066000%5C874%5C66874_0001.pdf)
- [6] Jornada Pervol'17 en la ETSIMM, «Avances tecnológicos en la perforación y voladura de rocas», *Interempresas*, 2017.
- [7] J. Corrales, «Broca botón», *MVM Supplies*, 15 de mayo de 2018. [https://mvmsupplies.com.pe/broca-boton-mvm-supplies/#:~:text=La%20broca%20bot%C3%B3n%](https://mvmsupplies.com.pe/broca-boton-mvm-supplies/#:~:text=La%20broca%20bot%C3%B3n%20) (accedido 11 de abril de 2023).
- [8] C. Coronel, «Optimización de los procesos de perforación y voladura de rocas en el frente de explotación “Nivel H” de la mina Agua Dulce, Portovelo - El Oro (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)», Universidad del Azuay, Cuenca, 2019. Accedido: 26 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9483>
- [9] K. Puma y J. Llerena, «Optimización del proceso de perforación y voladura en una mina dedicada a la extracción metálica a pequeña escala en la comunidad la Fortuna, Ponce Enríquez (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)», Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2021. Accedido: 26 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52305>
- [10] B. González, «Optimización de los procesos de perforación y voladura en la sociedad minera Nueva Rojas, concesión Bella Rica, Camilo Ponce Enríquez-Azuay (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)», Universidad del Azuay, Cuenca, 2022. Accedido: 26

- de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12500>
- [11] E. Camavilca y M. Vásquez, «Influencia de la gestión de control en la operación unitaria de perforación para el rendimiento en brocas magnum de 45 mm para minería subterránea, Cerro de Pasco, 2019 (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)», Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 2019. Accedido: 26 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23838>
- [12] J. Quito y R. Babilonia, «Análisis de la vida útil de aceros de perforación para evaluar costos operativos en galerías Compañía Minera San Cristobal S.A.A. (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)», Universidad Continental, Huancayo, 2020. Accedido: 26 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8523>
- [13] E. Sánchez, «Optimización de brocas de perforación en el crucero 746, para reducir costos operativos en la mina Coriloma - Apurímac-2019 (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)», Universidad Nacional Micaela Bastidas, Abancay, 2021. Accedido: 26 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://190.119.174.92/handle/UNAMBA/1083>
- [14] J. Aima, «Optimización de la perforación mediante la ampliación del diámetro de taladros largos en el método tajeo por subniveles en la mina Marcapunta Norte – El Brocal – Pasco (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)», Universidad Nacional de San Antonio Abad, Cusco, 2021. Accedido: 26 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5596>
- [15] H. Ccollque y J. Fernández, «Mejoramiento de la vida útil de las brocas de perforación para generar un mejor control económico en las labores de desarrollo - Zicsa Contratistas Generales S.A. (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)», Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, 2022. Accedido: 26 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5952>
- [16] J. Herrera, «Introducción a la minería subterránea. Vol II: Construcción de accesos», *Universidad Politécnica de Madrid*, 2019. [https://oa.upm.es/62724/7/CONTRUCCION\\_DE\\_ACCESOS\\_A\\_INTERIOR\\_LM1B4T\\_2R0-20191114.pdf](https://oa.upm.es/62724/7/CONTRUCCION_DE_ACCESOS_A_INTERIOR_LM1B4T_2R0-20191114.pdf) (accedido 18 de febrero de 2023).
- [17] J. Herrera y J. Gómez, «Diseño de explotación e infraestructura mineras subterráneas», *Universidad Politécnica de Madrid*, 2007.

- [https://oa.upm.es/21841/1/L3\\_labores\\_subterraneas\\_071101\\_2.pdf](https://oa.upm.es/21841/1/L3_labores_subterraneas_071101_2.pdf) (accedido 18 de febrero de 2023).
- [18] Australia Unlimited, «Minería Subterránea», 2013. [https://www.austrade.gov.au/ArticleDocuments/5310/Mineria Subterranea.pdf.aspx](https://www.austrade.gov.au/ArticleDocuments/5310/Mineria_Subterranea.pdf.aspx)
- [19] Dirección General de Asuntos Ambientales, «Guía ambiental para la perforación y voladura en operaciones mineras», *Ministerio de Energía y Minas*, 1995.
- [20] Ministerio de Energía y Minas, «Guía ambiental para la perforación y voladura en operaciones mineras», *Dirección General de Asuntos Ambientales*, 1995. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/perforacion.pdf>
- [21] J. Pernia, F. Ortiz, C. Lopez Jimeno, y E. Lopez Jimeno, *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid: ETIMSA, 2003. [En línea]. Disponible en: <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/10/Manual-de-Perforación-y-Voladura-de-Rocas.pdf>
- [22] A. Gonzalo, «Métodos de Perforación en Minería Subterránea», *Academy-ISE*, 12 de septiembre de 2021. <https://ise-academy.net/metodos-de-perforacion-en-mineria-subterranea/> (accedido 11 de abril de 2023).
- [23] Sernageomin, «Guía N°4 de operación para la pequeña minería. Perforación y tronaduras», *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 20 de mayo de 2016. <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/10/G4PerforacionTronaduras.pdf> (accedido 11 de abril de 2023).
- [24] V. Yepes, «Perforación mediante jumbos», *Apuntes de la Universitat Politècnica de València*, 27 de julio de 2014. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/07/27/perforacion-mediante-jumbos/> (accedido 11 de abril de 2023).
- [25] K. Carrero, «Jumbo», *Prensa Compunet*, 17 de marzo de 2018. <https://prensa.compunet.info/glossary/jumbo/> (accedido 11 de abril de 2023).
- [26] J. Ramos, «Estado del arte de brocas de perforación», *Revista de Investigación de la Universidad de América*, vol. 4, n.º 2, pp. 99-114, 2011, Accedido: 11 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/784/1/1034302975-2011-2-IP.pdf>

- [27] rockdrill-tooL, «Broca rosca de botón T38 de 64mm», *ROCKDRILL*, 26 de junio de 2022. <https://spanish.rockdrill-tool.com/sale-14444191-64mm-t38-underground-mining-thread-button-bit-iso-9001-listed.html> (accedido 11 de abril de 2023).
- [28] Epiroc, «Powerbit X de Epiroc», *Epiroc*, 10 de diciembre de 2021. <https://www.epiroc.com/es-bo/products/rock-drilling-tools/tophammer/powerbit-x> (accedido 11 de abril de 2023).
- [29] C. Cruz, S. Olivares, y M. Gonzáles, *Metodología de la investigación*. México D.F: Patria, 2014.
- [30] C. Bernal, *Metodología de la Investigación*, 3era ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010. Accedido: 13 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- [31] R. Hernández, C. Fernández, y P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 5ta ed. México D.F: Mc Graw Hill, 2010.
- [32] J. Hurtado, *Metodología de la Investigación Holística*, 3era ed. Caracas: Fundación Sypal, 2000.
- [33] S. Carrasco, *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos, 2007.
- [34] Bestlink, «RETRAC y Standard taladro de rosca Botón Bits», *Xiamen Bestlink Factory Co*, 2019. <http://es.quarryingtools.com/RETRAC-y-Standard-taladro-de-rosca-Bot%C3%B3n-Bits-para-orificios-profundos-pd95432246.html> (accedido 26 de marzo de 2023).
- [35] V. Yepes, «Rendimiento en una perforación rotativa con triconos», *Universidad Politécnica de Valencia*, 2019. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/11/25/rendimiento-en-una-perforacion-rotativa-con-triconos/> (accedido 26 de marzo de 2023).



## **VIII. ANEXOS**

**Anexo N°1: Operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	TÉCNICA/INSTRUMENTO
<p align="center"><b>VARIABLE X:</b> <b>Uso de broca straightrac 64mm</b></p>	<p>Es una broca roscada de botón fabricada de acero de alta calidad y carburos de tungsteno bajo tratamiento térmico con elevada resistencia y poca pérdida de energía durante la perforación que consigue satisfacer la demanda de perforación de roca [34].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asimetría de la rosca</li> <li>• Alta resistencia al desgaste</li> <li>• Facilidad para conectar y desconectar</li> </ul>	<p>Técnica de la observación / el fichaje</p>
<p align="center"><b>VARIABLE Y:</b> <b>Rendimiento de perforación para taladros largos</b></p>	<p>Se refiere a los resultados favorables en cuanto al mejoramiento de la velocidad y tiempos de perforación, basado en el porcentaje de utilización de las brocas usadas [35].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de perforación</li> <li>• Tiempo de perforación</li> <li>• Porcentaje de utilización</li> </ul>	<p>Técnica de la observación / el fichaje</p>

## Anexo N° 2: Matriz de consistencia

**TÍTULO:** Uso de broca straightrac 64 mm en el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general			
¿De qué manera el uso de broca straightrac 64mm influye en el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022?	Determinar que el uso de broca straightrac 64mm influye en el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.	El uso de broca straightrac 64mm mejora el rendimiento de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.	<b>Variable X:</b> Uso de broca straightrac 64mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asimetría de la rosca</li> <li>• Alta resistencia al desgaste</li> <li>• Facilidad para conectar y desconectar</li> </ul>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel:</b> Explicativa</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental – pre experimento</p> <p><b>Población:</b> La población estará conformada por todas las zonas de perforación de frentes de avance en la Unidad Operativa Inmaculada, en el año 2022.</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra estará constituida por las zonas Keila, Talia, Barbada y Angela.</p> <p><b>Técnicas:</b> La observación y el fichaje</p> <p><b>Instrumentos:</b> Fichas de rendimiento de perforación</p>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
¿De qué manera el uso de broca straightrac 64mm influye en la velocidad de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022?	Determinar que el uso de broca straightrac 64mm influye en la velocidad de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.	El uso de broca straightrac 64mm mejora la velocidad de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.			
¿De qué manera el uso de broca straightrac 64mm influye en el tiempo de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022?	Determinar que el uso de broca straightrac 64mm influye en el tiempo de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.	El uso de broca straightrac 64mm mejora el tiempo de perforación para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.	<b>Variable Y:</b> Rendimiento de perforación para taladros largos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de perforación</li> <li>• Tiempo de perforación</li> <li>• Porcentaje de utilización</li> </ul>	
¿De qué manera el uso de broca straightrac 64mm influye en el porcentaje de utilización de broca para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022?	Determinar que el uso de broca straightrac 64mm influye en el porcentaje de utilización de broca para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.	El uso de broca straightrac 64mm mejora el porcentaje de utilización de broca para taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada 2022.			

**Anexo N° 3: Ubicación**





**Anexo N° 5: Estadísticas claves de la mina**

ESTADÍSTICAS CLAVE	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015
Producción de mineral (toneladas)	1,349,892	948,937	1,338,569	1,323,525	1,295,701	1,306,606	659,637
Ley media de plata (g/t)	174	154	163	150	145	133	115
Ley media de oro (g/t)	4.05	4.33	4.71	4.36	4.15	4.21	4.36
Plata producida (koz)	6,236	4,034	5,747	5,690	5,506	4,908	2,055
Oro producido (koz)	165.73	129.17	189.18	174.2	165.07	162.71	84.64
Plata equivalente producida (koz)	20,488	15,143	21,070	18,581	17,721	16,948	8,318
Plata vendida (koz)	6,216	4,020	5,732	5,676	5,498	5,004	1,638
Oro vendido (koz)	165.86	129.7	188.59	172.4	162.32	164.75	67.51
Recursos (atrib. Moz Ag Eq)	229.2	220.3	233.8	212.7	126.4	143.8	138.7
Capacidad (t/día)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500

### Anexo N° 6: Reservas y recursos minerales

CATEGORÍA DE RESERVAS	PROBADAS Y PROBABLES (T)	AG (G/T)	AU (G/T)	AG (MOZ)	AU (KOZ)	AG EQ (MOZ)
<b>OPERACIONES<sup>1</sup></b>						
<b>Inmaculada</b>						
Probadas	1,637,395	168	4.1	8.9	213.8	24.3
Probables	5,002,635	140	3.3	22.5	527.4	60.5
Total	6,640,030	147	3.5	31.4	741.3	84.7
<b>Pallancata</b>						
Probadas	524,132	265	1.2	4.5	19.9	5.9
Probables	393,336	187	0.9	2.4	11.2	3.2
Total	917,468	231	1.1	6.8	31.1	9.1
<b>San Jose</b>						
Probadas	396,524	368	5.7	4.7	72.5	9.9
Probables	365,524	314	5.7	3.7	66.8	8.5
Total	762,315	342	5.7	8.4	139.4	18.4
<b>GRAN TOTAL</b>						
<b>Probadas</b>	2,558,050	219	3.7	18.0	306.3	40.1
<b>Probables</b>	5,761,763	154	3.3	28.6	605.5	72.2
<b>Total</b>	8,319,813	174	3.4	46.6	911.8	112.2

ICA HATUN YACHAY HUASI

CATEGORÍA DE RECURSOS	TONELADAS(T)	AG(G/T)	AU(G/T)	AU EQ(G/T)	AG(MOZ)	AU(KOZ)	AG EQ (MOZ)
<b>OPERACIONES</b>							
<b>Inmaculada</b>							
Medidas	1,938,000	199	4.89	551	12.4	304.7	34.3
Indicadas	5,987,000	160	3.88	440	30.8	747.6	84.6
<b>Total</b>	<b>7,925,000</b>	<b>169</b>	<b>4.13</b>	<b>467</b>	<b>43.2</b>	<b>1,052.3</b>	<b>118.9</b>
Inferidas	11,989,000	102	2.57	286	39.2	988.7	110.3
<b>Pallancata</b>							
Medidas	1,273,000	330	1.50	439	13.5	16.6	17.9
Indicadas	846,000	246	1.18	331	6.7	32.2	9.0
<b>Total</b>	<b>2,119,000</b>	<b>297</b>	<b>1.38</b>	<b>396</b>	<b>20.2</b>	<b>93.7</b>	<b>27.0</b>
Inferidas	1,845,000	230	0.98	300	13.6	58.3	17.8
<b>San Jose</b>							
Medidas	790,500	481	7.67	1,034	12.2	195.0	26.3
Indicadas	611,490	358	6.21	805	7.0	122.0	15.8
<b>Total</b>	<b>1,401,990</b>	<b>427</b>	<b>7.04</b>	<b>934</b>	<b>19.3</b>	<b>317.0</b>	<b>42.1</b>
Inferidas	937,890	332	5.22	708	10.0	157.4	21.4

ICA HATUN YACHAY HUASI

GRAN TOTAL							
Meridas	116,156,500	16	0.86	77	59.3	3,193.7	289.2
Indicadas	316,668,490	12	0.76	67	123.9	7,717.9	679.6
Total	432,824,990	13	0.78	70	183.1	10,911.6	968.8
Inferidas	67,578,890	66	1.03	140	143.9	2,231.4	304.6

01. Precios utilizados para el cálculo de los recursos: Au: 1.800 \$/oz y Ag: 26,0 \$/oz y ratio Ag/Au de 72x.

02. Los cuadros representan el 100 % del recurso mineral. Los recursos incluyen las reservas.



CONTENIDO EQUIVALENTE AG (MILLONES DE ONZAS)	CATEGORÍA	% ATRIBUIBLE DICIEMBRE 2021	DICIEMBRE 2020 ATR. <sup>1</sup>	DICIEMBRE 2021 ATR. <sup>1</sup>	DIFERENCIA NETA	% DE CAMBIO
Inmaculada	Recurso	100%	195.8	229.3	33.5	17.1%
	Reserva		79.3	84.7	5.4	6.9%
Pallancata	Recurso	100%	47.8	44.8	(3.0)	(6.3%)
	Reserva		7.1	9.1	2.0	27.8%
San Jose	Recurso	51%	65.2	63.4	(1.8)	(2.7%)
	Reserva		14.2	18.4	4.2	29.5%
Crespo	Recurso	100%	52.7	52.7	-	-
	Reserva		-	-	-	-
Azuca	Recurso	100%	107.5	107.5	-	-
	Reserva		-	-	-	-
Volcan	Recurso	100%	687.7	687.7	-	-
	Reserva		-	-	-	-
Arcata	Recurso	100%	88.0	88.0	-	-
	Reserva		-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>Recurso</b>		1,244.7	1,273.4	28.7	2.3%
	<b>Reserva</b>		100.6	112.2	11.6	11.5%

ICA HATUN YACHAY HUASI

# Boomer T1

Single-boom face drilling rig for narrow drifts and tunnels with cross sections up to 23 m<sup>2</sup>



# Prime performance packed into a small, versatile unit

The Boomer T1 is an ideal rig for narrow vein mining. It can be quickly and accurately set up for work in any geotechnical conditions and can be equipped with boom suspension for safer tramming and less wear on parts. The rig can be fitted with a variety of COP rock drills so you can select one ideally suited to your requirements. To further increase the versatility of the rig, it can be equipped with a supplementary drilling kit for long-hole drilling. Boomer T1 has proven popular with operators in diverse work areas throughout the world.

## ⊕ Main benefits

**Suitable for mines with small drift sizes** thanks to its small envelope and the ability to get into places where hand-held equipment may have been used in the past.

**Outstanding drill steel economy** with the COP MD20, COP 1638HD+, COP 1838HD+ and COP 2238HD+ rock drills that feature dual damping for efficient, high-speed drilling and greater drill steel longevity.

**Safety and control** thanks to a FOPS certified telescopic protective roof or an ergonomically designed ROPS and FOPS certified cabin which ensures safety, excellent visibility and surveillance for the operator.

ROPS and FOPS certified cabin

Rock drill updated to the new generation of COP MD20

True top mounted feed for excellent cross cut capabilities



2

3

## Packs a punch in narrow drifts and tunnels

The Boomer T1 has been specially engineered to suit smaller, narrower drifts and tunnels with cross sections up to 23 m<sup>2</sup>. The carrier features high ground clearance as well as spring applied hydraulic release brakes. For maximum durability, the rig is equipped with a heavy-duty aluminium feed with high bending and torsional resistance.



### • Certified power and performance

The rig is powered by a 4-cylinder diesel engine that concurrently offers powerful performance and low emissions to reduce environmental impact. The engine is available with stage IIIA certification.



### • Easy to operate and maintain

The operator can enjoy an ergonomically designed cabin with a user-friendly interface to easily monitor and control all rig functions. The rig is also cleverly designed to provide straightforward access to all service points for easy maintenance.



### • The COP MD20 series

Rock drills in the COP MD20 series provide separate lubrication of driver and gear as well as pressurized side bolts and mating surfaces for reliable operation, low maintenance costs and long intervals between overhauls. The variable and reversible rotation motor ensures high torque with exceptional speed control.



## A comprehensive service offering

Even the best equipment needs to be serviced regularly to make sure it sustains peak performance. An Epiroc service solution offers peace of mind, maximizing availability and performance throughout the lifetime of your equipment. We focus on safety, productivity and reliability.

By combining genuine parts and an Epiroc service from our certified technicians, we safeguard your productivity - wherever you are.

## Technical specifications

● - Standard □ - Option

Drilling system		Electrical system	
COP MD20	<input type="checkbox"/>	Total installed power 55 kW	<input checked="" type="checkbox"/>
COP 1838HD-	<input type="checkbox"/>	Total installed power 79 kW	<input type="checkbox"/>
COP 1838HD-	<input type="checkbox"/>	Main motors 55 kW	<input checked="" type="checkbox"/>
COP 2238HD-	<input type="checkbox"/>	Main motors 75 kW	<input checked="" type="checkbox"/>
Water mist flushing, external water and air supply heater or air oil cooler	<input type="checkbox"/>	Voltage 380-1 000 V	<input checked="" type="checkbox"/>
Hole blowing kit	<input checked="" type="checkbox"/>	Frequency 50 Hz - 60 Hz	<input type="checkbox"/>
Rock drill lubrication warning kit	<input checked="" type="checkbox"/>	Starting method star/delta 380-690 V direct start 3000 V	<input checked="" type="checkbox"/>
Big hole drilling system	<input checked="" type="checkbox"/>	Starting method - soft start (not for 1000 V)	<input type="checkbox"/>
		Transformer 4 kVA	<input checked="" type="checkbox"/>
		Electronic overvoltage protection for electric motors	<input checked="" type="checkbox"/>
		Percussion hour meter	<input checked="" type="checkbox"/>
		Digital voltmeter/ampere meter in electrical cabinet	<input checked="" type="checkbox"/>
		Phase sequence and earth fault indicator	<input checked="" type="checkbox"/>
		Battery charger	<input checked="" type="checkbox"/>
		Dual controls for cables reel	<input checked="" type="checkbox"/>
		Electrical cable (5uffw)	<input type="checkbox"/>
		Connector	<input type="checkbox"/>
		Plug PC4/PCS	<input type="checkbox"/>
		Socket PC4/PCS	<input type="checkbox"/>
		Switch gear	<input type="checkbox"/>
		*Larger powerpacks may be used at high altitude or with certain options.	
Boom		Carrier	
SUT 4	<input checked="" type="checkbox"/>	Deutz D6K1L04, EPA III/COM III, Stage IIIA/Tier 3, 55 kW	<input checked="" type="checkbox"/>
Automatic boom lubrication kit (rear part of the boom)	<input type="checkbox"/>	Deutz TCD 2.21.03, Stage V, 55.4 kW	<input type="checkbox"/>
Boom suspension system	<input type="checkbox"/>	Deutz TCD 2.21.02, ChA, 55.4 kW	<input type="checkbox"/>
Long Hole Drilling system (manual rod handling) including DM4 or DM4-C 2000 series production feed (1.2, 1.5 or 1.8 m extension steel), GSH 45 drill steel, rear stinger FAM T1 angle reading instrument	<input type="checkbox"/>	Articulated +40° steering angle	<input checked="" type="checkbox"/>
		Four wheel drive	<input checked="" type="checkbox"/>
		Electrical system 24 V	<input checked="" type="checkbox"/>
		Batteries 2x12 V, 70 Ah	<input checked="" type="checkbox"/>
		Working lights, 3x80 W LED, 24 V DC	<input checked="" type="checkbox"/>
		Warning lights, 6x40 W LED, 24 V DC	<input checked="" type="checkbox"/>
		Illuminated stairs	<input type="checkbox"/>
		Automatic differential lock on front axle	<input checked="" type="checkbox"/>
		Tires, 8.25R15S	<input checked="" type="checkbox"/>
		Clearance outside axles rear 10°	<input checked="" type="checkbox"/>
		Front and rear hydraulic jacks	<input checked="" type="checkbox"/>
		Fuel tank volume, 4-cylinder engine, 50 l	<input checked="" type="checkbox"/>
		Manual lubrication kit	<input type="checkbox"/>
		Fire suppression system ANGUS (manual, check fire or automatic)	<input type="checkbox"/>
		Rig washing kit	<input type="checkbox"/>
		Shield for bits and tools	<input type="checkbox"/>
		Holder for spare drill rods	<input type="checkbox"/>
		Cold weather package	<input type="checkbox"/>
Feed		Control system	
DM4 2625, drill steel length 2 600 mm	<input type="checkbox"/>	Direct Control System (DCS2)	<input checked="" type="checkbox"/>
DM4 2621, drill steel length 3 000 mm	<input type="checkbox"/>	Feed Angle Measurement, FAM T1 (including electronic parallel hold)	<input type="checkbox"/>
DM4 2627, drill steel length 2 700 mm	<input type="checkbox"/>		
Telescopic feed DM4-T 3000-series (max. 3.7 m)	<input type="checkbox"/>		
Extension drilling set DM4-L10 (DM4 feeds only)	<input type="checkbox"/>		
Bulk head style hose tree on feeds	<input type="checkbox"/>		
Air/water system			
Hydraulic water booster pump capacity at 12 bar, 66 l/min	<input checked="" type="checkbox"/>		
Compressor Atlas Copco LET	<input checked="" type="checkbox"/>		
Hydraulic system			
Low oil level indicator	<input checked="" type="checkbox"/>		
Oil temperature meter	<input checked="" type="checkbox"/>		
Filtration 10 µm	<input checked="" type="checkbox"/>		
Oil filter indicator	<input checked="" type="checkbox"/>		
Mineral hydraulic oil	<input checked="" type="checkbox"/>		
Electric oil filling pump	<input checked="" type="checkbox"/>		
Water/oil cooler in stainless steel	<input checked="" type="checkbox"/>		
Hydraulic oil thermostat	<input type="checkbox"/>		
Ni-Cr plated piston rods (limitations apply)	<input type="checkbox"/>		
Only with water cooled diesel engine	<input type="checkbox"/>		

## Technical specifications

● - Standard □ - Option

### Cabin (optional)

ROPS/FOPS approved airconditioned cabin, noise level <80 dB(A)	●
Media player	●
12 V outlet	●
JoyStick controlled spot light, 70 W (roof mounted)	●
Fixed seat	●
Front window, 18 mm	●
Front window, 24 mm	□
Air condition (cooling only)	●

### Protective roof

Fixed seat	●
FOPS approved	●
Manual spotlight	□
12 V outlet	●

### Drill rods

Dimension	Minimum hole diameter
R28-H25-R32	45 mm
R28-H25-SR25 speedrod	45 mm
T38-H25-R32	45 mm
T38-H25-R32 speedrod	45 mm
T38-H25-SR25	45 mm
T38-H25-R35	48 mm
T38-H25-R35 speedrod	48 mm
T38-R29-R35	48 mm
T38-R29-SR25	45 mm
T38-R28-R35	48 mm

### Extension rods for injection drilling/RAS

Dimension	Minimum hole diameter
R32 speedrod	51 mm
T38 speedrod	64 mm

### Shank adapters

Thread	Diameter	Length
R28	38 mm	435 mm
T38	38 mm	435 mm
R32	38 mm	525 mm
T38	38 mm	525 mm

### Couplings

Thread	Diameter	Length
R28	55 mm	170 mm
T38	55 mm	300 mm

### Recommended cable sizes and lengths (75 kw)

Voltage	Dimension, mm*	Diameter, mm	Length, mm
380-400 V	3x70-3G18-2x1.5	37	180
440 V	3x70-3G18-2x1.5	37	180
500-625 V	3x70-3G18-2x1.5	37	180
550-675 V	3x60-3G6-2x1.5	32	150
660-690 V	3x25-3G6-2x1.5	28	200
1 000 V	3x25-3G6-2x1.5	28	200

\*Recommendations are given for surrounding temperature of 40°C.

### Recommended cable sizes and lengths (55 kW)

Voltage	Dimension, mm*	Diameter, mm	Length, mm
380-400 V	3x50-3G10-2x1.5	39	150
440 V	3x50-3G10-2x1.5	39	150
500-625 V	3x25-3G6-2x1.5	33	200
550-675 V	3x25-3G6-2x1.5	33	200
660-690 V	3x25-3G6-2x1.5	33	200
1 000 V	3x25-3G6-2x1.5	28	200

\*Recommendations are given for surrounding temperature of 40°C.

### Dimensions

Width	1 300 mm
Height, roof down	2 024 mm
Height, roof up	2 726 mm
Cabin height (optional)	2716 mm
Length, tramming	9 651 mm 8M4 2827
Ground clearance	296 mm
Turning radius, outer/inner	4 400/2 750 mm

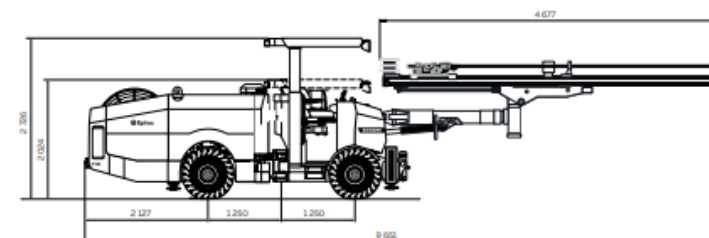
### Weight

Total	11 000 kg
Bloom side	7 100 kg
Engine side	3 900 kg
Depending on configuration	

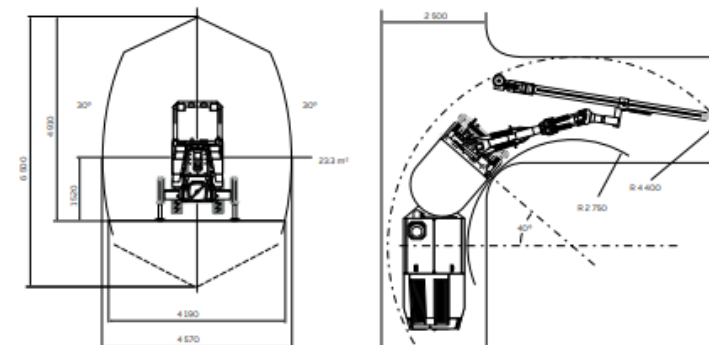
### Noise and vibration

Operator sound pressure level in canopy, drilling, free field (ISO 11201)	103±6 dB(A) re 20 µPa
Operator sound pressure level in cabin, drilling, free field (ISO 11201)	80±5 dB(A) re 20 µPa
Operator sound pressure level working close to machine, drilling, free field	103±6 dB(A) re 20 µPa
Sound power level (ISO 2147), drilling, free field	127 dB(A) re 1 pW
Peak C-weighted instantaneous sound pressure level (ISO 228)	Less than 130 dB
Vibration levels seated, drilling (ISO 2631-1) (cabin)	0.07±0.07 m/s <sup>2</sup>
Vibration levels standing, drilling (ISO 2631-1) (cabin)	0.07±0.07 m/s <sup>2</sup>
Vibration levels seated, drilling (ISO 2631-1) (canopy)	0.15±0.15 m/s <sup>2</sup>
Vibration levels standing, drilling (ISO 2631-1) (canopy)	0.15±0.15 m/s <sup>2</sup>

## Technical specifications



Dimension illustration, optional equipment mounted (dimensions in millimeters).



Coverage area (dimensions in millimeters unless other specified).

Turning radius (dimensions in millimeters unless other specified).

