

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en la  
Compañía Minera Suyamarca - Unidad Pallancata**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Juan Antonio MARCHAND ARTEAGA**

**Asesor:**

**Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS**

**Cerro de Pasco - Perú – 2024**

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en la  
Compañía Minera Suyamarca - Unidad Pallancata**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA**  
**MIEMBRO**



Firmado digitalmente por CONDOR SUPRICHACUJI Santa Silvia FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 05.06.2024 00:43:08 -05:00



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**

**Facultad de Ingeniería de Minas**

**Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas**



## **INFORME DE ORIGINALIDAD N° 015-2024**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

**Bach. Juan Antonio, MARCHAND ARTEAGA.**

Escuela de Formación Profesional  
**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:  
**Tesis**

Título del trabajo  
**“RENDIMIENTO, CONSUMO Y COSTOS DE LOS ACEROS DE PERFORACION EN LA COMPAÑÍA MINERA SUYAMARCA -UNIDAD PALLANCATA”**

Asesor:

**Ing. Toribio, GARCÍA CONTRERAS**

Índice de Similitud: **5 %**

Calificativo  
**APROBADO**

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 5 de junio de 2024.

Sello y Firma del responsable  
de la Unidad de Investigación

## DEDICATORIA

Dedico, con todo mi corazón, este trabajo de tesis a la persona más importante en mi vida, mi Padre y Madre: **Anna ARTEAGA ACEVEDO**, quien con tanto esfuerzo dedicó muchos años de su vida en apoyarme, ella es la razón de mi vida, la cual fue ejemplo de responsabilidad, empeño e integridad; Sin la cual no sería la persona que soy hoy. Ahora mis metas están planteados a lado de ella y por ella.

A toda mi familia por creer en mí y siempre estar orgulloso de la persona que soy, que estuvieron apoyándome en las buenas y malas de todo mi proceso universitario.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitir que pueda alcanzar una de las primeras metas de mi vida, metas que me permitirán disfrutar de mi familia en especial de mi madre, gracias a ella por su apoyo en cada paso. Sin ella no estaría donde estoy ahora.

Por llevar a término el proyecto de mi tesis quedo agradecido con los ingenieros que me apoyaron con las inquietudes mientras desarrollaba de mi proyecto.

## RESUMEN

La investigación llevada a cabo, que tiene por título: “RENDIMIENTO, CONSUMO Y COSTOS DE LOS ACEROS DE PERFORACION EN LA COMPAÑÍA MINERA SUYAMARCA -UNIDAD PALLANCATA” plantea como objetivo: Evaluar el comportamiento que presenta los aceros de perforación en cuanto a su rendimiento, consumo y costos en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata; como hipótesis se tiene El comportamiento que presenta los aceros de perforación en cuanto a su rendimiento, consumo y costos deben ser los adecuados, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata, en cuanto al proceso metodológico vemos que la investigación es aplicada, con un nivel explicativo, haciendo uso de una metodología científica, con aplicación específica de los métodos inductivos y analítico; con un diseño mixto no experimental transversal, el grupo muestral estará representada por las labores de la zona Santa Rosa

Finalmente terminamos con conclusiones y recomendaciones respectivas;

**Palabras claves:** Aceros de perforación, perforación, rendimiento, costos, taladros largos.

## **ABSTRACT**

The research carried out, which is titled: "PERFORMANCE, CONSUMPTION AND COSTS OF DRILLING STEEL IN THE SUYAMARCA MINING COMPANY - PALLANCATA UNIT" aims to: Evaluate the behavior of drilling steels in terms of their performance, consumption and costs at Company Minera Suyamarca, Pallancata Unit; The hypothesis is that the behavior of drilling steels in terms of their performance, consumption and costs must be adequate, in company Minera Suyamarca, Pallancata Unit, regarding the methodological process we see that the research is applied, with an explanatory level, using a scientific methodology, with specific application of inductive and analytical methods; With a mixed non-experimental cross-sectional design, the sample group will be represented by the work of the Santa Rosa area

Finally, we end with conclusions and respective recommendations;

**Keywords:** Drilling steels, drilling, performance, costs, long drills.

## INTRODUCCIÓN

En Compañía Minera Suyamarca se está dando la importancia debida a la perforación de tal manera que se implementó evaluaciones en cuanto al rendimiento, consumo y costos de los accesorios para esta labor ya sea en taladros largos, frentes y realce. Con esta finalidad se realiza la monitorización de los diferentes accesorios de perforación como; brocas, barras y shank, para determinar su vida útil y performance de cada tipo.

El desarrollo de la tesis está estructurado por capítulos lo cual pasamos a explicar brevemente:

El capítulo I trata de enfocar la problemática de la investigación referente al comportamiento que presenta los aceros de perforación en cuanto a su rendimiento, consumo y costos en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata, para lo cual planteamos el problema, sus objetivos, proponemos la hipótesis y sus variables. Como también la Delimitación y limitaciones.

El Capítulo II, desarrollamos el Marco Teórico, referente al tema analizando los antecedentes, se hizo una revisión teórica de los conceptos fundamentales referidos a los aceros de perforación expuestos por autores que mencionamos, así como de los términos más empleados en la tesis.

Seguidamente, el Capítulo III, enfoca la Metodología empleada, sobre el método de investigación que será implementado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, la recolección de datos por medio de técnicas e instrumentos, para su posterior procesamiento de los datos.

En el Capítulo IV presentamos los resultados de la investigación en cuanto al rendimiento, consumo y costos de los accesorios de perforación.

Finalmente, elaboraremos las conclusiones y las recomendaciones específicas.

Así mismo, se indicará la parte bibliográfica que se empleó y que agrupa a todos los autores consultados para esta investigación.



## ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.	Delimitación espacial .....	2
1.2.2.	Delimitación temporal .....	2
1.3.	Formulación del problema .....	2
1.3.1.	Problema general .....	2
1.3.2.	Problema específicos.....	2
1.4.	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo general.....	3
1.4.2.	Objetivos específicos .....	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	3
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	4

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio .....	5
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	8
2.3.	Definición de términos básicos .....	25
2.4.	Formulación de la hipótesis .....	29
2.4.1.	Hipótesis general .....	29
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	30
2.5.	Identificación de variables .....	30
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	30

### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	32
3.2.	Nivel de investigación.....	32
3.3.	Métodos de investigación.....	32
3.4.	Diseño de investigación.....	32
3.5.	Población y muestra.....	33
	3.5.1. Población.....	33
	3.5.2. Muestra.....	33
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	34
3.8.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	34

### CAPÍTULO IV

#### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Descripción del trabajo de campo .....	35
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	37
4.3.	Discusión de resultados .....	64

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página.</b>
Figura 1. Ubicación de la mina.....	2
Figura 2. Barrenos integrales.....	9
Figura 3. Varillaje cónico.....	9
Figura 4. Perforación horizontal.....	10
Figura 5. Columna de la perforación horizontal.....	10
Figura 6. Perforación vertical taladros largos.....	11
Figura 7. Columna de la perforación vertical.....	11
Figura 8. Sistema de afilado.....	15
Figura 9. Afilado de broca de botones.....	15
Figura 10. Equipos que usan aceros de perforación.....	16
Figura 11. Tren de varillaje para Top Hammer en equipo mecanizado.....	16
Figura 12. Shank adapter (adaptador de culata).....	17
Figura 13. Partes del Shank adapter (adaptador de culata).....	17
Figura 14. Tipos de descartes.....	19
Figura 15. Coupling (Acople).....	20
Figura 16. Barras de extensión.....	21
Figura 17. Relación entre las barras y los acoples.....	21
Figura 18. Tipos de fallas en barras de extensión.....	23
Figura 19. Brocas roscadas.....	23
Figura 20. Características generales.....	23
Figura 21. Rotura transversal y longitudinal de la broca.....	24
Figura 22. Perdidas de los botones.....	25
Figura 23. Ubicación de la mina Pallancata.....	35
Figura 24. Ubicación del área de la veta Pallancata.....	37
Figura 25. Sección longitudinal de la veta Pallancata Este.....	38
Figura 26. Rampa y cruceros basculantes.....	39
Figura 27. Chimenea raicé borer de ventilación.....	39
Figura 28. Diseño de minado por sub niveles con taladros largos.....	40
Figura 29. Diseño de rampas.....	41
Figura 30. Columna de perforación.....	41
Figura 31. Toba andesítica fracturado con relleno de panizo y cuarzo lechoso.....	42
Figura 32. Rendimiento de los aceros, columna de perforación taladros largos.....	42
Figura 33. Presiones de trabajo (BAR).....	43

Figura 34. Apilamiento en los percheros .....	44
Figura 35. Rotación de las barras y engrasado de las roscas .....	44
Figura 36. Desgaste prematuro en el shank.....	44
Figura 37. Metros perforados con broca de 64mm.....	45
Figura 38. Brocas de 64 mm.....	46
Figura 39. Seguimiento desgaste – broca N° 1 .....	46
Figura 40. Desgaste broca N° 1 .....	47
Figura 41. Seguimiento desgaste – broca N° 2 .....	47
Figura 42. Desgaste broca N° 2.....	48
Figura 43. Seguimiento desgaste – broca N° 3.....	48
Figura 44. Desgaste broca N° 3.....	49
Figura 45. Seguimiento desgaste – broca N° 4 .....	49
Figura 46. Seguimiento desgaste – broca N° 5.....	50
Figura 47. Desgaste Broca N° 5.....	50
Figura 48. Seguimiento desgaste – broca N° 6.....	51
Figura 49. Desgaste broca N° 6.....	51
Figura 50. Seguimiento desgaste – broca N° 7 .....	52
Figura 51. Desgaste broca N° 1 .....	52
Figura 52. Velocidad de penetración.....	54
Figura 53. Desgaste del botón en roca dura y roca suave .....	58
Figura 54. Rendimiento de brocas sin afilar .....	59
Figura 55. Costos \$/metro perforado.....	60
Figura 56. Coordinación.....	61
Figura 57. Base de datos .....	61
Figura 58. Control .....	61
Figura 59. Afilado.....	62
Figura 60. Codificación .....	62
Figura 61. Engrasado .....	62
Figura 62. Capacitación .....	63
Figura 63. Nuevos productos .....	63
Figura 64. Parámetros .....	63
Figura 65. Supervisión .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página.</b>
Tabla 1. Rendimiento de los aceros de perforación para Maquinas livianas, Boomer y Raptor.....	12
Tabla 2. Costos de los aceros de perforación para perforación convencional. ....	13
Tabla 3. Costos de los aceros de perforación, para perforación mecanizada.....	14
Tabla 4. Accesibilidad a la mina Pallancata .....	36
Tabla 5. Litología de la Mina Santa Rosa.....	42
Tabla 6. Rendimiento de los aceros, columna de perforación taladros largos.....	42
Tabla 7. Presiones de trabajo (BAR).....	43
Tabla 8. Rendimiento de brocas de 64 mm.....	45
Tabla 9. Broca N° 1.....	46
Tabla 10. Broca N°2.....	47
Tabla 11. Broca N° 3.....	48
Tabla 12. Broca N° 4.....	49
Tabla 13. Broca N° 5.....	50
Tabla 14. Broca N° 6.....	51
Tabla 15. Broca N° 7.....	52
Tabla 16. Análisis de vida útil de brocas afiladas vs sin afilar .....	53
Tabla 17. Velocidad de penetración.....	53
Tabla 18. Seguimiento 01 .....	54
Tabla 19. Seguimiento 2 .....	55
Tabla 20. Seguimiento 3 .....	55
Tabla 21. Seguimiento 4 .....	56
Tabla 22. Seguimiento 5 .....	56
Tabla 23. Seguimiento 6 .....	57
Tabla 24. Calculo intervalo de afilado .....	57
Tabla 25. Pruebas de rendimiento .....	58
Tabla 26. Análisis de rendimiento .....	59
Tabla 27. Costo por metro perforado en aceros de perforación – taladros largos .....	60

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

Es bien sabido que las labores mineras dedicadas a la perforación se encuentran entre las operaciones unitarias con un valor determinante en el contexto general de un procedimiento de explotación minera. Debido a ello es que pueden resultar altos los costos de este tipo de operaciones, y por eso mismo es muy importante poder optimizar el rendimiento de este tipo de labores.

En Compañía Minera Suyamarca se está dando la importancia debida a las de perforación de tal manera que se implementó evaluaciones en cuanto al rendimiento, consumo y costos de los accesorios para esta labor ya sea en taladros largos, frentes y realce. Con esta finalidad se realiza la monitorización de los diferentes accesorios de perforación como; brocas, barras y shank, para determinar su vida útil y performance de cada tipo. Para ellos se realizaron mediciones tomando en cuenta la condición del terreno y del equipamiento, así como las presiones para los avances, la percusión, presiones de agua y rotación.

Al finalizar se pudo determinar el estimado de la vida útil, el performance y costos de los accesorios monitoreados.

## 1.2. Delimitación de la investigación

### 1.2.1. Delimitación espacial

La localidad elegida para la presente investigación es La U.O. Pallancata de Compañía Minera Suyamarca S.A.C., este lugar se encuentra ubicado en el departamento de Ayacucho, y pertenece provincial mente a Parinacochas, así como distritalmente a Coronel Castañeda.

*Figura 1. Ubicación de la mina*



### 1.2.2. Delimitación temporal

El tiempo estimado será de medio año, que comprende de julio a diciembre del 2022.

## 1.3. Formulación del problema

### 1.3.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento que presenta los aceros de perforación en cuanto a su rendimiento, consumo y costos en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata?

### 1.3.2. Problema específicos

- a. ¿Cuál es el rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en taladros largos, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata?

- b. ¿Cuál es el rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en frentes, y realces, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento que presenta los aceros de perforación en cuanto a su rendimiento, consumo y costos en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Evaluar el rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en taladros largos, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata.
- b. Evaluar el rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en frentes, y realces, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

Ante la necesidad de evaluar el consumo, rendimiento, costos de los aceros de perforación en la mina Pallancata, y así evitar inconvenientes, costos altos o que no haya un buen rendimiento. Resulta de importancia conocer el comportamiento de la perforación en lo mencionado líneas arriba y a partir de ahí adoptar medidas pertinentes para un buen manejo de estos parámetros.

##### **Justificación practica**

La investigación hará posible conocer el comportamiento de la perforación en cuanto a los aceros de perforación en base a las observaciones que se va a realizar, revisión de información, y poder corregir las deficiencias encontradas o mejorar los resultados beneficiando en gran medida a la empresa

##### **Justificación metodológica**



Mediante el presente trabajo podemos obtener mayor conocimiento o generar información, conocimientos sobre el tema de aceros de perforación que pueden ser útiles en otros trabajos parecidos, también diremos que estos conocimientos se pueden usar en otras investigaciones.

### **Justificación teórica**

La investigación tendrá una justificación teórica porque servirá para que futuras investigaciones vean la metodología usada, la teoría empleada, los resultados hallados y hacer un análisis, comparar con otros trabajos.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Sobre las limitaciones que se podría tener vemos que no se piensa tener porque se ha planificado convenientemente todas las actividades a desarrollar tanto en tiempo, costos, facilidades.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

**Tenemos los siguientes antecedentes:**

En la tesis de (SICHA, 2019) “OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LAS **BROCAS DE BOTONES DE 45 mm – R32 Y LAS RIMADORAS 102 mm PARA REDUCIR LOS COSTOS DE PERFORACIÓN EN LA EMPRESA MINERA TAURO S.A.C. EN LA U. M. SAN ANDRÉS**”. Objetivo central fue establecer la vida operativa de los siguientes accesorios: rimadores 102 mm y las brocas de botones de 45 mm – R32 y. Asimismo se determinó como problema central ausencia de controles para perforaciones mediante aceros en la etapa de distribución, utilización y mantenimiento, lo que se traduce rendimientos económicos deficientes para la empresa. En ese sentido uno de los objetivos fue establecer los rendimientos adecuados para rimadores de 102 mm y brocas de botones 45 mm – R32, buscando reducir el consumo de acero hasta en 60%, con lo cual se puede obtener una vida operativa para el acero de 1200 pies en las brocas y 3280 en los rimadores y lo que supone un 10% menos en el costo.

Por otro lado, el trabajo elaborado por (HUATUCO, 2019) Influencia de la supervisión de las brocas de botones para evaluar su vida útil en la Unidad Minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A. se puede observar que su finalidad fue establecer la influencia de la supervisión en la vida útil de las brocas de botones. Para ello se elaboró una investigación aplicada, con niveles explicativos correlacionales y de un diseño experimental. Sus conclusiones fueron: que las supervisiones influyen directamente en los rendimientos de la vida operativa de una broca, del mismo modo repercuten en un afilado correcto de las brocas, equipamiento con una adecuada operatividad, un buen diagnóstico de la roca, todo lo cual se traduce en una considerable reducción del consumo de las brocas.

La tesis (Camavilca, Vásquez, 2019) en dicha tesis “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” tiene como finalidad mejorar los rendimientos de las brocas magnum 45 mm, para ello se elaboró un trabajo experimental de investigación mediante una metodología descriptiva que utiliza seis brocas en sus pruebas; de lo cual se pudo obtener las conclusiones siguientes:

Los niveles de eficiencia de las perforaciones pueden ser garantizados mediante el uso de controles y formatos específicos.

Se sometió a distintas pruebas de resistencia a las Brocas seleccionadas, las cuales pudieron soportar con normalidad los esfuerzos de prueba.

Se recomendó el uso de los tipos de broca que esperaron la prueba con normalidad con el fin de garantizar perforaciones óptimas.

Al implementar una supervisión con un nivel de eficiencia alto se pudo obtener rendimientos que registraron un 37% para las Brocas que además contaban con un afilado adecuado y un sistema de abastecimiento eficiente.

La tesis de (Chirinos, 2015) "CONTROL DE ACEROS DE PERFORACIÓN, FACTORES QUE INFLUYEN LA VIDA ÚTIL, SU RELACIÓN CON EL PARALELISMO Y PROFUNDIDAD EN EL PROYECTO DE EXPANSIÓN K-115 JJC CONTRATISTAS GENERALES S.A. SOCIEDAD **MINERA CERRO VERDE**" en este caso la finalidad fue implementar los controles necesarios para adecuar el uso de los aceros a perforaciones que representen estabilidad en los taludes y niveles adecuados de voladura. Este trabajo se presentó en distintos niveles descriptivos correlacionados y entre sus conclusiones están las siguientes:

Las voladuras se encuentran influenciados de manera determinante por las relaciones entre la desviación y el paralelismo.

El diseño de la malla implementado, así como los tipos de explosivos usados determinarán la calidad de la fragmentación.

Por la cantidad y diversidad de variables se dificulta implementar un sistema de control adecuado para emplear los aceros destinados a la perforación.

Se estableció un estándar en el uso de la cantidad de explosivos, además de su distribución a lo largo del taladro. De esta manera la zona 1 se usan de 4 a 6 cartuchos y en la zona 2 se usan 8 cartuchos con un anfo al 20%.

La tesis "OPTIMIZACION DEL USO DE ACEROS DE PERFORACION **EN LA UEA SAN CRISTOBAL DE MINERA BATEAS SAC**" de (MALLMA, 2013) tuvo como objetivo mejorar el rendimiento de los aceros de perforación en la mina Bateas SAC. Y como resultado se tuvo:

Se logro controlar las perdidas por desgaste o mala maniobra de los equipos tanto en la perforación manual como en la mecanizada

Se logro mejorar la vida útil de los accesorios de perforación y bajar los costos teniendo en cuenta, los estándares establecidos, las recomendaciones establecidas, así como también el control de las dimensiones de la broca a utilizar, la presión del aire, tiempo a realizar el afilado, una buena supervisión y la capacitación constante.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **Perforación**

Entre las operaciones unitarias es la primera y su objetivo central es perforar orificios con una geometría y distribuciones adecuadas dentro del cuerpo de roca, estos orificios están destinados para los accesorios de iniciación y la carga explosiva necesaria.

En minería subterránea tenemos dos tipos de perforación.

#### **A. PERFORACIÓN CONVENCIONAL:**

Se realiza mediante el uso de equipamiento ligero que puede ser operado manualmente por un perforista. En general están destinados a la realización de pequeñas labores con envergadura limitada por sus dimensiones y que dificulta el uso de maquinaria de otra dimensión o también que no justifica su costo económico, sí tenemos la siguientes:

- ✦ Jackleg.
- ✦ Stoper

#### **B. PERFORACIÓN MECANIZADA:**

Equipamiento para este tipo de perforaciones debe encontrarse dispuestos sobre estructuras de tipo mecánico, en las cuales un operador central tiene los controles necesarios aplicables a todos los parámetros operativos de la perforación desde una posición relativamente incómoda, en ese sentido tenemos:

- ✦ Jumbo Boomer H-281
- ✦ Raptor.

## Uso de accesorios de Perforación convencional

Usan barrenos integrales y varillaje cónico

### Barrenos integrales

Este tipo de barreno en su parte superior lleva inserto de carburo de tungsteno y cobalto, y el resto del barreno es de acero.

*Figura 2. Barrenos integrales*



### Varillaje cónico

Los barrenos de varillaje cónico están compuestos de una barra cónica que puede ser de 2, 4, 6, 8 pies de longitud; y una broca cónica de 38 y 41 mm de diámetro

*Figura 3. Varillaje cónico*



### Perforación mecanizada

Este tipo de perforación emplea equipos mecanizados, tanto para perforaciones horizontales como verticales

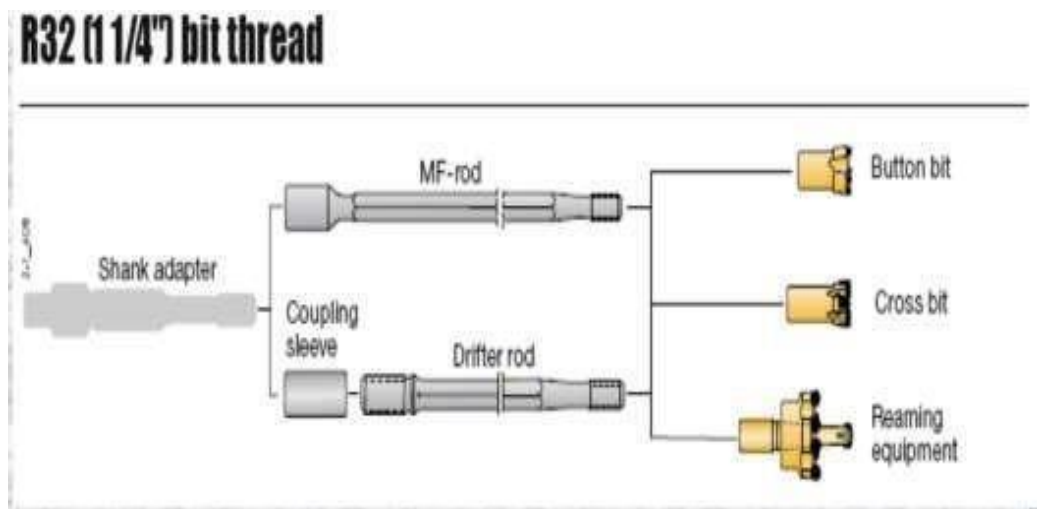
En la perforación horizontal tenemos equipos como el Jumbo Boomer H-281 de Atlas Copco, usa como aditamentos el Shank adapter, Coupling, Barra, Broca 9.

**Figura 4. Perforación horizontal**



La columna de perforación horizontal se muestra en la siguiente figura

**Figura 5. Columna de la perforación horizontal**

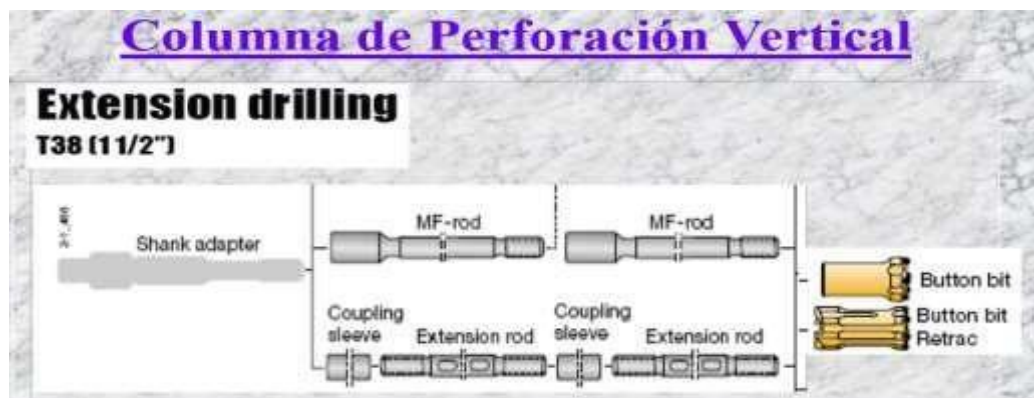


En la perforación vertical en taladros largos se tiene la perforadora Raptor, que también cuenta con los aceros de perforación; el Shank adapter T38, Barras MF T38 x 4', brocas retráctiles (64 mm) y la escariadora 4''

**Figura 6. Perforación vertical taladros largos**



**Figura 7. Columna de la perforación vertical**



### **Rendimientos de los equipos de perforación**

Podemos ver el rendimiento en máquinas livianas, en el equipo Boomer, en el equipo para taladros largos Raptor

El rendimiento de los aceros de perforación en máquinas livianas dada por atlas Copco es.

- Para el barreno integral en roca semidura va de 600 – 700 m y en roca suave - abrasiva es mayor a 700 m
- De la barra cónica en roca semidura va de 700 – 900 m y en roca suave - abrasiva es mayor a 900 m
- De la broca cónica en roca semidura va de 300 – 450 m y en roca suave - abrasiva es mayor a 450 m

El rendimiento de los aceros de perforación del equipo Boomer dada por atlas

Copco es.



- Para el Shank Adapter en roca semidura va de 4000 – 4500 pies y en roca suave - abrasiva es mayor a 4,500 pies
- Del Coupling en roca semidura va de 3000 – 3500 m y en roca suave - abrasiva es mayor a 3500 pies
- De la barra Normal 12 pies en roca semidura va de 3000 – 3500 pies y en roca suave - abrasiva es mayor a 3500 pies
- De la be botones 51 mm, en roca semidura va de 800 – 1200 pies y en roca suave - abrasiva es mayor a 1200 pies

El rendimiento de los aceros de perforación del equipo Raptor taladros largos dada por atlas Copco es.

- Para el Shank Adapter T38 en roca semidura va de 3500 – 4000 m. y en roca suave - abrasiva es mayor a 4,000 m.
- De la barra MF T38x4 pies, en roca semidura va de 2000 – 2500 m. y en roca suave - abrasiva es mayor a 2500 m.
- De la be botones 51 mm, en roca semidura va de 800 – 1200 m y en roca suave - abrasiva es mayor a 1200 m.

**Tabla 1. Rendimiento de los aceros de perforación para Maquinas livianas, Boomer y Raptor.**

Máquina Liviana:		Rendim.(mts.)	
Item	Descripción	Semidura	suave-abrasivo
1	Barreno Integral	600 - 700	> 700
2	Barra Cónica	700 - 900	> 900
3	Broca Cónica	300 - 450	> 450

Boomer:		Rendim.(pies)	
Item	Descripción	Semidura	suave-abrasivo
1	Shank Adapter	4,000 - 4,500	> 4,500
2	Coupling	3,000 - 3,500	> 3,500
3	Barra Normal 12 pies	3,000 - 3,500	> 3,500
4	Broca de Botones 51 mm.	800 - 1,200	>1,200

Raptor: Taladros Largos		Rendim.(mts.)	
Item	Descripción	Semidura	suave-abrasivo
1	Shank Adapter T38	3,500 - 4,000	> 4,000
2	Barra MF T38x4 pies	2,000 - 2,500	> 2,500
3	Broca Retráctil 64 mm.	400 - 500	> 500

\* Actualmente no se realiza el **afilado** de brocas, con ello se podría incrementar estos rendimientos.

### Costos unitarios

En cuanto a los costos de los aceros de perforación tenemos.

#### En perforación convencional

Para barrenos integrales de 4 pies con un rendimiento de 700m. su costo unitario llega a 0.09 \$/m

Para barrenos integrales de 6 pies con un rendimiento de 700m. su costo unitario llega a 0.10 \$/m

Para barra cónica de 4 pies con un rendimiento de 900m. su costo unitario llega a 0.07 \$/m

Para barra cónica de 6 pies con un rendimiento de 900m. su costo unitario llega a 0.08 \$/m

Para broca cónica de 41 mm, con un rendimiento de 450m. su costo unitario llega a 0.04 \$/m

Para broca cónica de 38 mm, con un rendimiento de 450m. su costo unitario llega a 0.03 \$/m

**Tabla 2.** Costos de los aceros de perforación para perforación convencional.

<b>Perforación Convencional:</b>				
Item	Descripción	Rendim. Prom.(mts)	P.U. (US\$)	C.U. (\$/mt.)
1	Barreno Integral 4 pies	700	61	0.09
2	Barreno Integral 6 pies	700	68	0.10
				0.19
<b>Varillaje Cónico:</b>				
1	Barra Cónica 4 pies	900	64	0.07
2	Barra Cónica 6 pies	900	71.4	0.08
3	Broca Cónica 41mm	450	17.5	0.04
4	Broca Cónica 38mm	450	11.31	0.03
				0.22

### Costos en perforación mecanizada

Los costos en perforación horizontal tenemos.

Para el Shank Adapter con un rendimiento de 4500 m. su costo unitario llega a 0.04 \$/m

Para el Coupling con un rendimiento de 3500 m. su costo unitario llega a 0.01 \$/m

Para la Barra normal 12 pies con un rendimiento de 3500 m. su costo unitario llega a 0.04 \$/m

Para la Broca de botones 51 mm, con un rendimiento de 1200 m. su costo unitario llega a 0.05 \$/m

Los costos en perforación vertical tenemos.

Para el Shank Adapter T38 con rendimiento de 4000 m su costo unitario llega a 0.05 \$/m

Para la barra MF T38x4 pies, con rendimiento de 2500 m su costo unitario llega a 0.10 \$/m

Para la broca Retráctil 64 mm, con rendimiento de 500 m su costo unitario llega a 0.19 \$/m

**Tabla 3.** Costos de los aceros de perforación, para perforación mecanizada

<b>Perforación Mecanizada:</b>				
<b>Perforación Horizontal:</b>				
Item	Descripción	Rendim. Prom.(mts)	P.U. (US\$)	C.U. (\$/mt.)
1	Shank Adapter	4500	200	0.04
2	Coupling	3500	33	0.01
3	Barra Normal 12 pies	3500	150	0.04
4	Broca de Botones 51 mm.	1200	57	0.05
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>0.14</b>
<b>Perforación Vertical:</b>				
Item	Descripción	Rendim. Prom.(mts)	P.U. (US\$)	C.U. (\$/mt.)
1	Shank Adapter T38	4000	200	0.05
2	Barra MF T38x4 pies	2500	249	0.10
3	Broca Retráctil 64 mm.	500	93	0.19
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>0.34</b>

### Sistema de afilado

Cuando el desgaste del filo del inserto alcance a 3 mm. El barreno debe ser afilado. Caso contrario este desgaste se acelera cada vez más.

**Figura 8. Sistema de afilado**



### **Afilado de broca de botones**

Se trata del proceso por el cual se restaura los insertos a sus estados originales mediante el uso de una afiladora.

**Figura 9. Afilado de broca de botones.**



### **Aceros de perforación**

Son accesorios que forman parte de la perforación, que intervienen al realizar la perforación de las labores tanto subterráneas como superficiales, usados en equipos manuales como mecanizados, están constituidos por Sank Adapter, Coupling, Barra, Broca.

### **Equipos mecanizados de perforación**

Tenemos equipos tanto para perforación subterránea como perforación en superficie como se ve en la siguiente figura

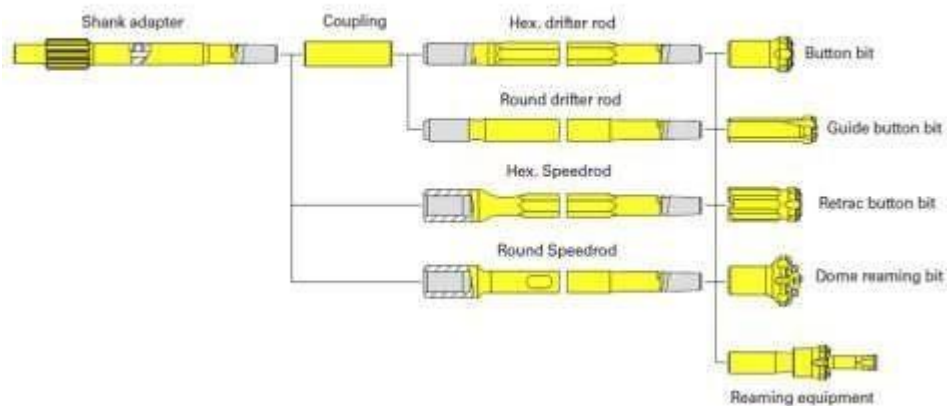
**Figura 10. Equipos que usan aceros de perforación**



Tren de varillaje para top hammer en equipos mecanizados

**Figura 11. Tren de varillaje para Top Hammer en equipo mecanizado.**

**El tren de varillaje para top hammer en equipos mecanizados**



**Shank adapter (adaptador de culata)**

- Se trata del dispositivo que recibirá el impacto producto de la perforación.
- Existen tipos específicos de Shank para cada perforadora, de la misma manera cada tipo de labor requiere un tipo específico de shank adapter adaptado a sus requerimientos.
- En cuanto a perforadoras, en la actualidad, Atlas Copco fabrica shank adapter para las siguientes marcas:

- Secoma
- Tamrock
- Krupp
- Ingersoll – Rand
- Furukawa
- Boart
- Atlas Copco, entre otros

**Figura 12. Shank adapter (adaptador de culata)**



**Figura 13. Partes del Shank adapter (adaptador de culata)**

**Shank Adapter (Adaptador de culata)**



## **Fallas en el Shank adapter**

Se suelen producir por las siguientes razones

### **Tipo de falla**

- a. Fractura en el sector medio de las aletas y en la zona posterior en el extremo.

#### Causa

Falta de una regulación adecuada de la carrera del pistón. puede no estar bien regulado. La pieza de arrastre presenta un excesivo desgastamiento.

#### Solución

El pistón debe presentar una carrera regulada adecuadamente. Realizar una inspección del desgaste de la pieza de arrastre para realizar su cambio si se necesita.

- b. Apostillamiento del culatín.

#### Causa

El shank adapter puede estar presentado una deficiente lubricación. El pistón presenta deformaciones en su cara de golpeo.

#### Solución

Realizar una revisión de la lubricadora.

Dar un mantenimiento adecuado a la perforadora. Y una revisión de la bocina de bronce.

- c. Aletas con roturas. (En equipamiento neumático este es un problema común)

#### Causa

Frecuentemente la pieza de arrastre presenta un nivel considerable de desgaste, además de insuficiente lubricación y exceso de percusión en vacío.

#### Solución

Realizar una verificación de las piezas de arrastre para cambiarlas.

Reducir al mínimo percusiones en vacío y verificar su estado constantemente.

d. Rotura en la zona de la rosca.

Causa

Exceso de desgaste por percusiones en vacío, usar acoples con un nivel de desgaste pronunciado o la vida operativa del acero ha excedido su límite.

Solución

Reducir a cero las percusiones en el vacío, emplear acoples con desgaste al igual que el Shank Adapter e implementar controles minuciosos de los rendimientos del acero.

**Tipos de descartes**

*Figura 14. Tipos de descartes*



**Coupling (Acople)**

El segundo elemento que transmite la energía es el acople.

- Sus dimensiones corresponden al tipo de roscas que los elementos tengan para conectarse entre sí (el shank y la barra, o dos barras de extensión).
- Los tipos de rosca para los acoples pueden ser R, T o mixtos.

Es común que se sean los más débiles de todos los elementos que conforman la columna de transmisión.



**Figura 15. Coupling (Acople)**



**Fallas en el acople**

Tenemos.

Tipo de falla

- a. Rotura diametral

Causa

Enrosques mal realizados, percusiones en El vacío, emplear una rosca con un desgaste considerable para las barras o el shank. Niveles altos de temperatura debido a una mala regulación de presiones en las juntas enroscadas.

Solución

Reducir a cero las percusiones en el vacío, utilización de barras y shank adapter con desgastes semejantes al de los acoples.

- b. Desgaste de rosca tipo “R”

Causa

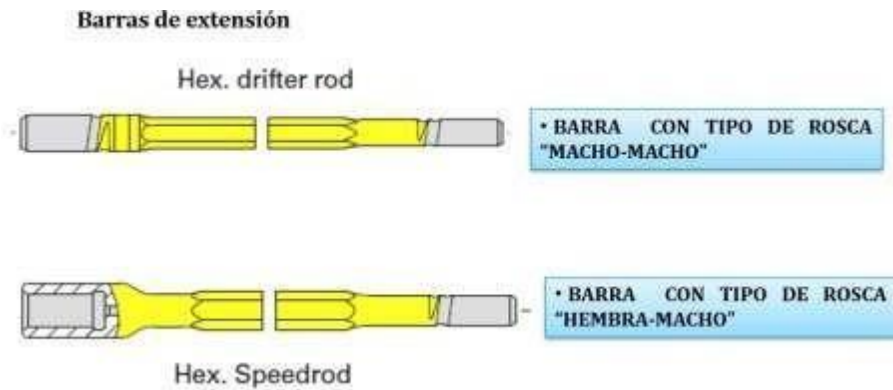
Percusiones en el vacío, enrosque mal realizado, desgaste excesivo de la rosca usada en la barra. Presión mal regulada que ocasiona un nivel alto de temperatura en las juntas roscadas.

Solución

Reducir a cero las percusiones en el vacío, utilización de barras y shank adapter con desgastes semejantes al de los acoples.

### Barras de extensión

*Figura 16. Barras de extensión*



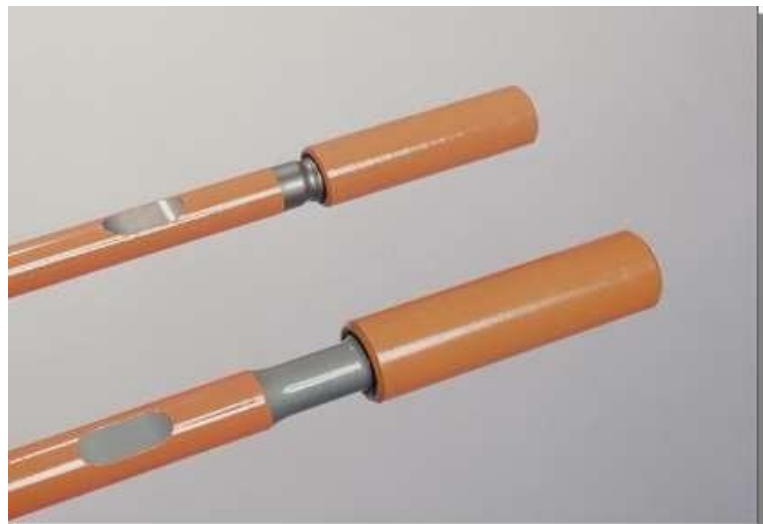
### Relación entre las barras y los acoples

- El shank dirige la energía al acople para ser transmitida por medio de las roscas hacia la barra de extensión.
- Entre las barras y el adaptador los acoples funcionan como elementos de unión, debido a ello son los principales elementos de ruptura en la línea de perforación.
- Las roscas del acople y de la barra deberán coincidir de la siguiente manera:

**R con R (22,25,32,38)**

**T con T (38,45,51)**

*Figura 17. Relación entre las barras y los acoples.*



## **Fallas en la barra**

### **Tipo de falla**

- a. Rotura en la parte interna.

#### Causa

Comúnmente esto se debe al efecto de la corrosión en los aceros que se emplean mientras estos se encuentran almacenados. Exposición a las aguas ácidas.

#### Solución

Realizar una limpieza y lubricación adecuadas de los materiales previamente hacer almacenados si presentan algún signo de corrosión.

- b. Rotura en la parte exterior.

#### Causa

Normalmente esta falla se produce por un golpe o choque desde la parte externa del lado del hexágono.

#### Solución

Evitar los golpes directos contra las barras por medio de una manipulación cuidadosa.

- c. Rotura en las roscas.

#### Causas

Emplear acoples y brocas con desgastes superiores al de la barra, percusiones en el vacío.

#### Solución

Reducir a cero las percusiones en el vacío. procurar que el nivel de desgaste de los acoples y las Brocas empleadas sea el mismo.

**Figura 18. Tipos de fallas en barras de extensión**



**Brocas roscadas**

**Figura 19. Brocas roscadas**



**Figura 20. Características generales**

**Características de la broca.**



## Fallas en la broca

### Tipo de falla

- a. Rotura transversal y longitudinal del faldón de la broca

#### Causa

Desgastes severos en las roscas de barra, percusiones en el vacío, exceso de presión y mal posicionamiento al inicio del emboquillado.

#### Solución

El nivel de desgaste de las Brocas y las barras debe ser el mismo.

Reducir a cero las percusiones en el vacío y realizar un emboquillado óptimo.

**Figura 21.** Rotura transversal y longitudinal de la broca.



- b. Botón quebrado.

#### Causa

Perforaciones excesivas.

#### Solución

Cuando la vida operativa de la broca haya alcanzado su límite se la debe descartar. Minimizar el intervalo de los afilados.

- c. Rotura de botón.

#### Causa

Afilado mediante un método deficiente o por mal equipamiento.

Solución

Utilizar un equipamiento y métodos óptimos para el afilado.

d. Pérdida completa de botón.

Causa

Colapso de la soldadura entre el cuerpo de la broca y el botón.

Solución

Revisar barrido y adecuarlo para eliminar sobrecalentamiento del botón.

**Figura 22. Perdidas de los botones**



### **Costo de producción**

Por medio de este concepto se puede expresar mediante magnitudes contables los recursos materiales que se utilizarán. estas magnitudes se pueden expresar mediante términos monetarios o laborales necesarios para estimar la producción fijada. (SANCHEZ, 2012)

Es un conjunto de gastos relacionados a la producción en los que se incluyen el uso de activos fijos, las materias primas, el material usado, los combustibles, Las fuerzas de trabajo, entre diferentes gastos que implica los procesos productivos.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Accesorios de perforación roto percutiva.**

Las labores que impliquen perforaciones requieren a mente de varios tipos de accesorios que pueden usarse solos o en combinación. Para un correcto uso de dichos accesorios se debe considerar su diámetro y el diámetro

de los barrenos, así como también la longitud, además se debe tener en cuenta el nivel o los niveles de abrasividad, resistencia estructural de las rocas, por otro lado, también es necesario tener en cuenta la potencia y el tamaño del equipamiento perforador, así como también las experiencias previas y si se cuenta con un suministro eficiente.

La sarta de perforación comúnmente se compone de la siguiente manera:

tres varillas de extensión, dos manguitos, un adaptador de culata y cuatro brocas (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 35)

### **Adaptadores**

Son dispositivos que van fijados a la perforadora con el objetivo de transferir la energía de la rotación y el impacto de las varillas. Actualmente se disponen de este tipo de adaptadores en tres presentaciones: De arrastre Leyner, De arrastre total o tangencial y adaptadores estriados (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 37).

### **Brocas de botones**

Este tipo de Brocas cuentan con cilindros instalados hechos a base de carburo de tungsteno que funciona a modo de botones, los cuales se encuentran repartidos en su superficie. En cuanto a sus dimensiones estas se encuentran desde los 50 hasta alcanzar los 125 mm. (p.40)

### **Brocas de pastillas**

Para este caso de brocas se cuenta con dos opciones de acuerdo a sus diseños: Brocas en cruz y brocas en X. El primero de estos a base de cuatro placas de carburo de Tungsteno formando un ángulo recto. En cambio, las que llevan un diseño en X presentan una disposición de placas que pueden formar un ángulo entre 75 y 105° entre ellas. (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 40).

### **Jumbos**

Son parte del conjunto de las maquinarias para perforaciones que en su caso específico pueden estar equipados con más de un martillo perforador. Entre las aplicaciones principales en minería subterránea se encuentran las siguientes:

Minería con corte y relleno

Banqueo con barrenos horizontales

Bulonaje y perforación transversal

Avance de túneles y galerías (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 16).

### **Manguitos**

Estos elementos son usados comúnmente para realizar las uniones entre las varillas con el objetivo de alcanzar la distancia operativa adecuada.

Así mismo, deben ofrecer un ajuste eficiente que asegure los extremos para que se encuentren en contacto además de garantizar transmisiones de energía eficiente. Entre ello podemos señalar:

- a) Con aletas de gran diámetro
- b) Con estrías
- c) Con puente
- d) Con semi puente
- e) Simples

(Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 39).

### **Perforación manual.**

Este tipo de operaciones se realizan con equipamiento de características ligeras que necesariamente deben ser operadas manualmente, su empleo comúnmente se enfoca en labores de pequeña escala cuyas dimensiones no permite utilizar otros métodos que requieren equipamiento más tecnificado o también que por las dimensiones no se encuentra económicamente rentable su uso.



(Instituto Geológico y Minero de España, 1987) (pág.1)

### **Perforación mecanizada.**

En este tipo de perforación necesariamente se debe disponer del equipamiento en una estructura que cuente con un funcionamiento y movilidad mecánica de manera que pueda ser controlado por un operador para garantizar el cumplimiento de todos los parámetros de la labor de perforación, pero desde una posición adecuada para su operatividad. Este tipo de estructuras o chasis generalmente van montadas sobre orugas o neumáticos con la capacidad de ser remolcados o automotores. (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág.1)

### **Perforadoras neumáticas**

Este dispositivo consiste en un martillo que se acciona mediante el uso de una compresora de aire y en términos básicos consta de los siguientes elementos:

Un elemento con forma cilíndrica que dispone de una abertura en la parte de adelante para poder colocar los elementos porta barrenas, así como un elemento que pueda retener las varillas para las perforaciones.

El pistón mediante unos movimientos alternativos realiza un golpe al vástago o culata para de este modo poder transmitir la onda de choque a la varilla. La válvula para regular el paso de aire expulsado por la compresora en la cantidad fijada o de manera alternativa en las partes del pistón anteriores y posteriores.

Capacidad de rotación mediante un sistema de rotación independiente o barra estriada.

El sistema de barrido supone una tubería que permita el tránsito del aire hasta la parte interna del varillaje. (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 8).

### **Perforadoras hidráulicas**

Gracias a este tipo de dispositivos fue posible el desarrollo de métodos más avanzados y tecnológicamente más eficientes en cuanto a las labores de perforaciones de rocas, desde la década de 1970, sobre todo con la introducción de los martillos hidráulicos.

Un equipo de perforación hidráulica con una disposición básica requiere los mismos dispositivos operativos que una perforadora de tipo neumática.

(Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 9)

### **Tipos de roscas**

La principal función de este tipo de dispositivos es realizar una unión adecuada entre las bocas durante la perforación, las varillas, las culatas y los manguitos. Se deben poder alcanzar niveles de ajuste óptimos con la finalidad de que cualquier elemento que se encuentre unido a la sarta pueda mantenerse fijo facilitando que la energía se transmita directamente y sin interrupciones.

(Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 36)

### **Varillaje.**

Para poder conseguir prolongar de una manera operativa y eficiente las dimensiones generalmente se usan:

Tubos, barras y Varillas

En términos generales las varillas pueden ser unidas porque disponen de un enroscado externo macho que puede ser acoplado por los manguitos. Su utilización generalmente es para labores de perforación con martillo encabeza cuyas secciones pueden ser redondas o hexagonales. (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, pág. 37).

## **2.4. Formulación de la hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El comportamiento que presenta los aceros de perforación en cuanto a su rendimiento, consumo y costos deben ser los adecuados, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata

#### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a. El rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en taladros largos, deben ser los adecuados; en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata
- b. El rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en frentes, y realces, deben ser los adecuados; en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata

#### **2.5. Identificación de variables**

##### **Variables para la hipótesis general**

Comportamiento de aceros de perforación

Rendimiento, consumo, costos adecuados

##### **Variables para la hipótesis específicas**

##### **Variable para la hipótesis específica a**

Rendimiento, consumo, costos adecuados

Perforación de Taladros largos

##### **Variable para la hipótesis específica b**

Rendimiento, consumo, costos adecuados

Perforación de Frentes, realces

#### **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

Al desarrollar la presente investigación podemos realizar una aproximación de tipo científico desde distintos puntos de análisis. Si tiene ese método no será posible abordar una problemática específica del campo minero concentrando nuestra atención en las mallas de perforación. Sin embargo, los resultados que obtengamos de esta problemática nos podrán parecer distintos sí realizamos su aplicación en otras circunstancias o desde otras

especialidades. Este aspecto demuestra que nuestra actitud científica puede ser enfocada desde una perspectiva distinta desde la cual inicialmente la planteamos. en esas condiciones deberemos considerar un juicio o una evaluación distinta a nuestra manera de abordar el problema inicialmente. Esto nos muestra que la labor científica puede resultar compleja si se la abarca desde un punto de vista restringido. Es por ello que en la siguiente investigación debemos ocupar el lugar del investigador científico más cercano al área del desarrollo de nuestro tema es decir al área minera.

En ese sentido para abordar la problemática específica que nos presenta la actividad minera tenemos de nuestro lado al que hacer científico y aunque debemos ser conscientes de que existen distintos modos para aproximarnos a una problemática y cada uno de ellos pueden ser legítimos y mostrar resultados efectivos. Es por ello que debemos ser conscientes de que el camino científico no es el único que nos ayudará a entender los fenómenos del mundo, sin embargo, este camino nos puede ofrecer métodos para corroborar y validar nuestras evidencias y además pensar nuestro lugar dentro de la problemática específica. Es por ello que el método científico cobra importancia vital para este tipo de investigaciones debido a que nos permite ubicarnos por encima de nuestros juicios personales e incluso sociales y culturales para poder establecer conocimientos que puedan ser aceptados por su carácter neutral, abstracto y que además respondan directamente a las cuestiones que la problemática específica plantea.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El enfoque que esta propuesta presenta es de tipo mixto, mediante el cual se puede obtener valores relacionados a los rendimientos de las Brocas, del shank y de las barras.

##### **El tipo de investigación**

Se propone un trabajo de tipo aplicativo debido a que se evaluará los rendimientos de las variables en cuanto a los aceros de perforación.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Para este caso específico el nivel correspondiente es explicativo, debido a que por medio de él podremos realizar la determinación de los rendimientos de las variables independientes, de manera que se pueda obtener el resultado de las perforaciones que se viene operando.

#### **3.3. Métodos de investigación**

En cuanto a la metodología que se empleara se trata de un procedimiento científico con bases en los métodos de análisis e inducción.

#### **3.4. Diseño de investigación**

En concordancia con el perfil de investigación elegida, el diseño deberá ser mixto y sin características experimentales debido a que es el diseño que requiere un enfoque mixto al estar basado en variables independientes a partir de las cuales podremos obtener el resultado de nuestra investigación.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población está constituida por todas las labores, donde la Empresa Minera Suyamarca – unidad Pallancata realiza actividades de perforación.

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra estará representada por las labores de la zona Santa Rosa.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Entre las técnicas usadas para esta investigación se encuentran las siguientes:

#### **Técnicas**

Con el objetivo de llevar a término este trabajo se usó las siguientes técnicas procedimentales: planificación, ejecución, análisis y evaluación.

En la planificación tenemos: cronograma, procedimientos y recojo de información y bibliografía.

Entre las labores de ejecución se encuentran: capacitar al personal, ejecutar pruebas operativas.

Entre las labores de análisis se encuentran: recoger los resultados, medir los resultados.

Entre las labores de evaluación se encuentran: evaluar y analizar los resultados, elaborar el informe final y las conclusiones.

También emplearemos.

- La observación
- Revisión de documentos

## **Instrumentos**

Entre el instrumental material y equipamiento podemos encontrar:

Recursos humanos

- Dos supervisores de voladuras
- Un ingeniero de seguridad
- Personal técnico
- Un vehículo pick up 4x4 equipada de acuerdo al estándar.
- Cuatro equipos de radiocomunicación portátil.
- Equipo de perforación mecanizado Jumbo Boomer N 52
- Equipo de perforación manual Jack Leg
- Sank Cop 1440
- Barra MF T38 Hexagonal
- Brocas escariadora
- Brocas de botones

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Con el fin de procesar y analizar los datos de nuestro trabajo se tomó como base la información obtenida durante el desarrollo de esta investigación.

### **3.8. Orientación ética filosófica y epistémica**

Durante el desarrollo de la investigación siempre tendremos presente los principios de veracidad, justicia, honestidad, confidencialidad, respeto a las personas e instituciones. Y poniendo énfasis de estos principios en todo el desarrollo de la tesis.

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

##### Aspectos generales de la mina

##### Ubicación

La empresa Minera Suyamarca ubica su Unidad Pallancata en la localidad distrital de coronel Castañeda, que pertenece a la jurisdicción provincial de Parinacochas en el departamento de Ayacucho. La distancia aproximada por carretera desde la ciudad de Lima es de 820 kilómetros.

**Figura 23. Ubicación de la mina Pallancata**





## Accesibilidad

Para poder acceder a la unidad operativa se debe tomar la vía de 770 kilómetros que conecta las ciudades Lima, Nazca, Puquio e Izcahuaca por una vía asfaltada. Desde esta última localidad se debe tomar una trocha de 45 kilómetros.

En su conjunto esta forma de acceder toma 13 horas.

**Tabla 4. Accesibilidad a la mina Pallancata**

<i>Cuadro de Accesos a la mina Pallancata</i>			
Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo (hrs)
Lima - Nazca	Asfaltada	460	6
Nazca - Puquio - Izcahuaca	Asfaltada	310	6
Izcahuaca - Pallancata	Afirmada	45	1
Total		815	13

## Características del yacimiento

La mina Pallancata se encuentra conformada por un sistema epitermal con un nivel de saturación bajo. Se caracteriza por la presencia de formaciones de cuarzo con componentes de oro Au y plata Ag. Las formaciones de su mineralización se distribuyen entre vetas y brechas. Entre las estructuras principales se destaca la veta Pallancata.

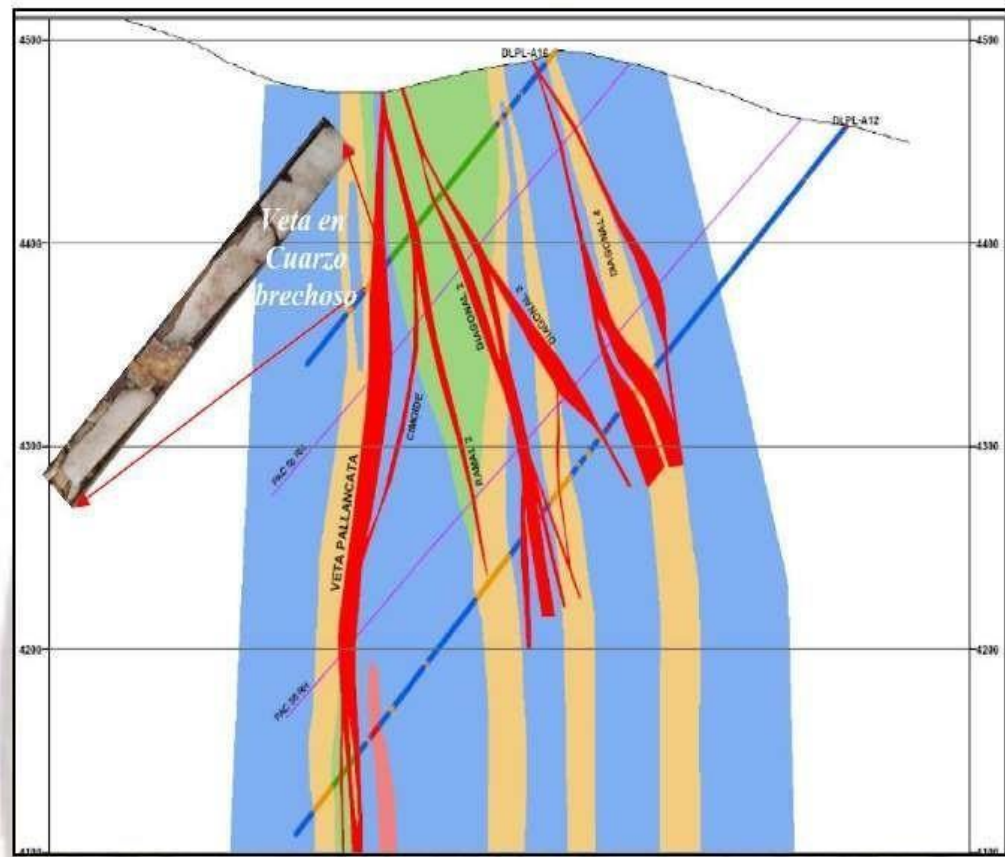
Por otro lado, entre las estructuras menores que forman parte del sistema noreste podemos ubicar a las vetas Mercedes, Virgen del Carmen y Mariana, así como al sistema denominado Diagonales, el que puede ser apreciado en la imagen número 7.

Entre los detalles técnicos de la veta Pallancata podemos señalar que tiene una extensión aproximada de 1.6 kilómetros, y la conforman tres sectores diferenciados que vienen a ser por su orientación: Este, Centro y Oeste. En términos productivos los sectores Oeste y Este son los de mayor relevancia económica

En términos técnicos la potencia de la formación Pallancata en su sector Oeste oscila desde 1 metro y puede alcanzar los 20 m, el sector con más nivel de potencia es el NW.

Los minerales portadores de plata son la argentita y platas rojas (pirargirita-proustita), y los que portan oro (Au) son el electrum y oro nativo.

**Figura 24. Ubicación del área de la veta Pallancata**



#### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

##### Métodos de explotación

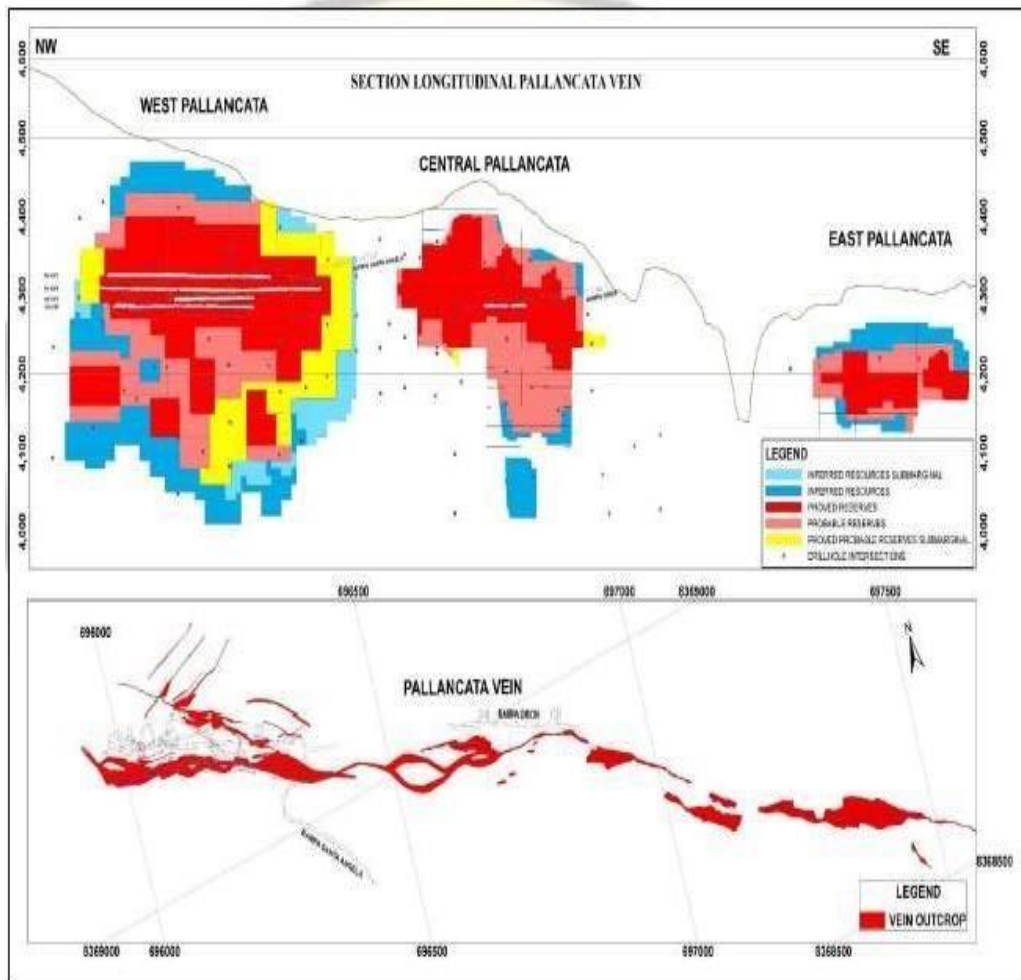
La mina Pallancata utiliza dos sistemas de explotación, el sistema de corte y relleno ascendente de manera mecanizada, además del sub level stoping. (CHAMBI G., 2013)

Método de explotación que es utilizado en la mayoría de los tajeo de la unidad Arcata, se trata de una metodología de realce, que consiste en arrancar el mineral por franjas en orientación vertical iniciando en el sector inferior de un tajeo y avanzando hacia arriba. En el momento en que la franja sea extraída

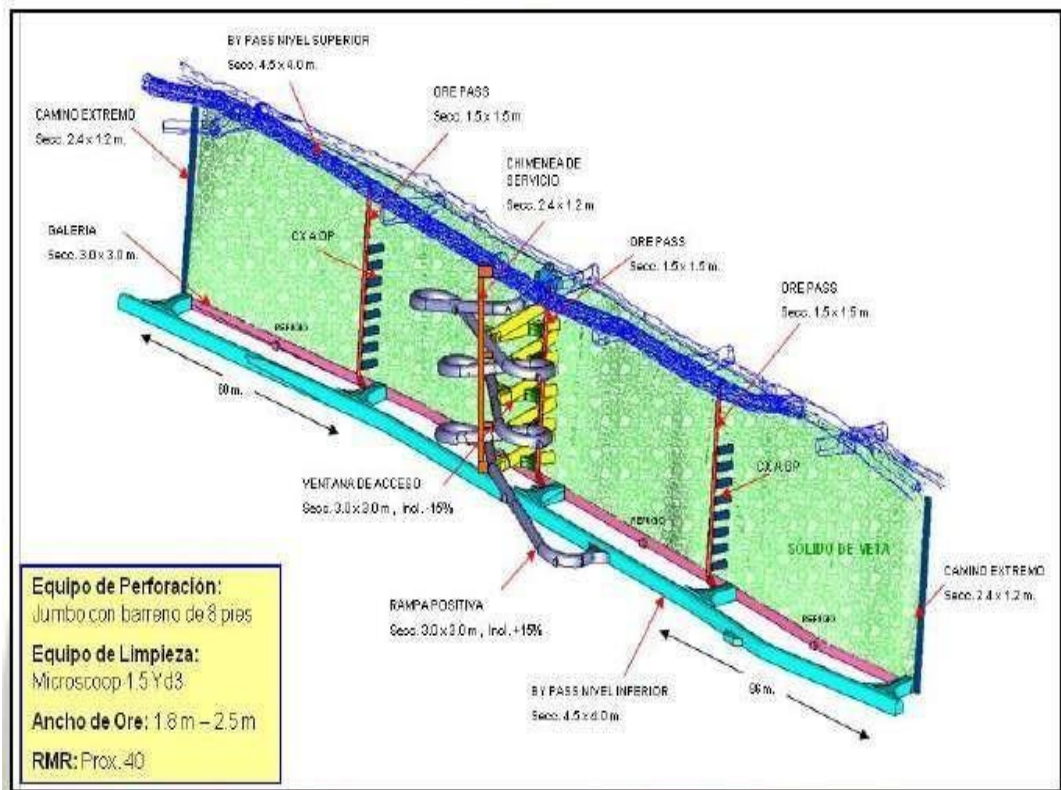
completamente, se debe rellenar el vacío usando un material detrítico, que servirá de piso para la continuación del siguiente corte. Este sistema permite sostener los hastiales del tajeo simultáneamente, y en casos específicos la corona.

Fundamentalmente, el diseño supone además de realizar las galerías y un by pass de extracción, establecer rampas operativas y cruceros basculantes de sección para el equipamiento LHD (load – haul - dump), estas operaciones permitirán el acceso al tajeo a medida que va avanzando la explotación (CHAMBI G., 2013)

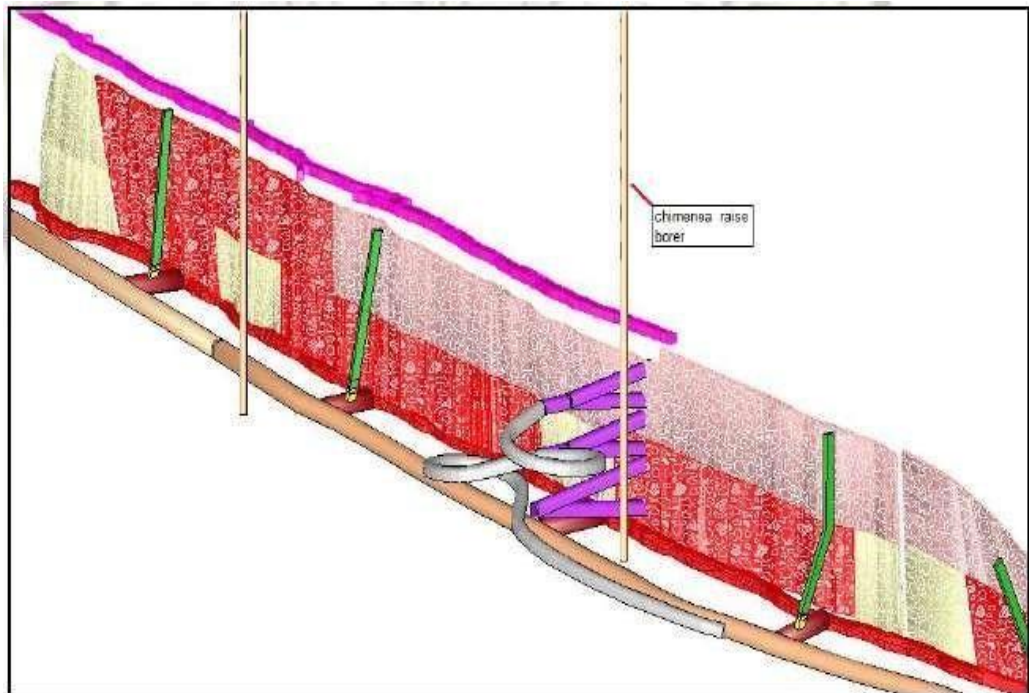
**Figura 25.** Sección longitudinal de la veta Pallancata Este.



**Figura 26. Rampa y cruceros basculantes**



**Figura 27. Chimenea raicé borer de ventilación**

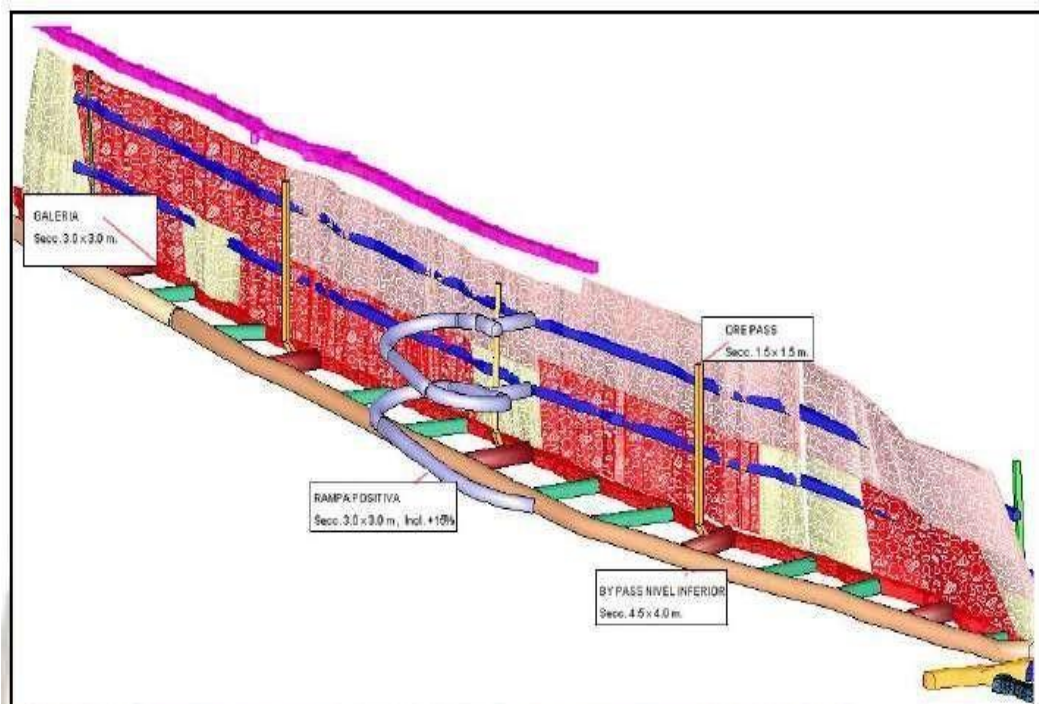


### Método por Subniveles con taladros largos

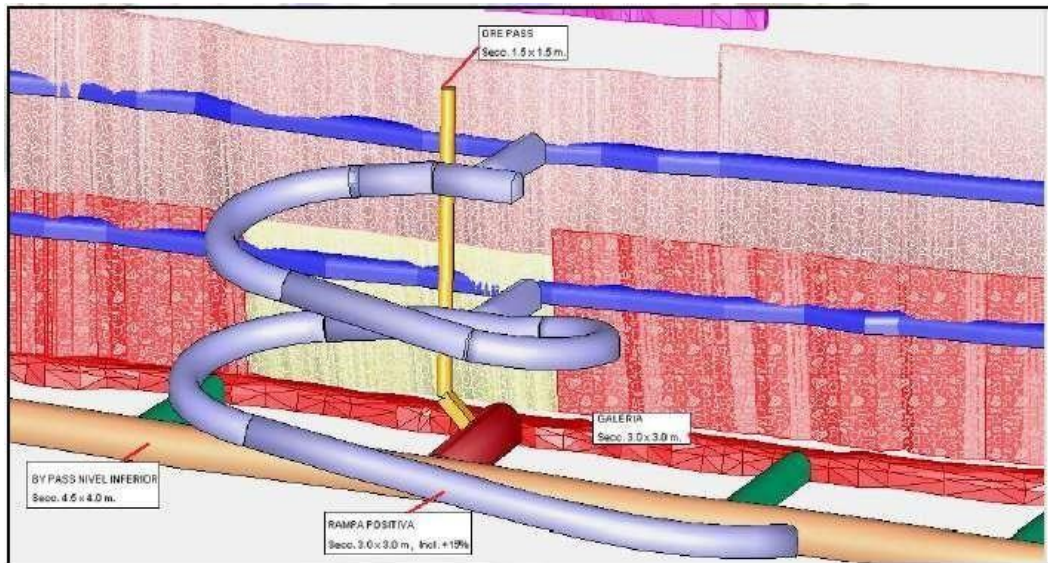
El método está basado en dividir la veta mineralizada en subniveles y posteriormente en realizar el minado a partir de los subniveles de explotación mediante disparos en rebanadas verticales a partir de una cara libre o Slot, la perforación de dichas rebanadas será mediante taladros largos verticales en paralelo. El mineral, por efecto de la gravedad, y producto de la voladura se desprende hacia la galería base, posteriormente a esta operación se procede a la limpieza mediante labores transversales provenientes de un By pass que se encuentra paralelo a la galería.

El diseño, en términos básicos supone además de la ejecución de galerías, draw points y un By Pass de extracción, la implementación de rampas operativas y Subniveles de sección para el equipamiento LHD. Estas operaciones permiten dividir de manera horizontal el tajeo, para realizar las perforaciones verticales de producción (CHAMBI G., 2013).

**Figura 28.** Diseño de minado por sub niveles con taladros largos



**Figura 29. Diseño de rampas**



**Descripción técnica de la columna de perforación**

La columna de perforación consta de tres elementos importantes que son la broca, la barra de perforación y el shank adapter, como se observa en la figura siguiente.

**Figura 30. Columna de perforación**

Diameter	Product No.	Product code		No. of buttons	Buttons x button diameter (mm)		Gauge buttons angle°	Flushing hole		Weight approx. kg	
		R38 thread	T38 thread		Gauge	Centre		Side	Centre		
BUTTON BIT - Spherical buttons											
64	2 1/4	90510311		135-8064-45,49-20	10	6x11	3x10, 1x10	35°	-	3	2,3

**T38 (1 1/2") round Speedrod**

Fully carburized. D = 57 mm.

Length (L)	Product No.	Product code		Weight approx. kg
		R38 thread	T38 thread	
1525	90510720		235-4715-MF-C,02	13,3

**Loghole drilling**

Thread	Product No.	Product code	Length (L) mm	Dia (D) mm	Weight approx. kg	Flushing tube mm
T38 (1 1/2")	90518121	435-09103,10	525	38,0	4,3	-

**Pruebas de rendimiento de la columna**

**Litología de la roca mina Santa Rosa**

En la Mina Santa Rosa tajo 8504 se observa la presencia de cuarzo lechoso y en la caja piso Toba Andesítica fracturado con relleno de panizo.

**Tabla 5. Litología de la Mina Santa Rosa**

LITOLOGÍA MINA SANTA ROSA						
MINA	ZONA	LABOR	ESTRUCTURA	TIPO ROCA	RMR	OBSERVACIONES
Santa Rosa	I	8504 BF	Toba Andesítica Fracturado con relleno de Panizo y Cuarzo Lechoso, resistencia interna a 120 MP2	Regular A	55 - 60	Se observa desgaste en los insertos, roca dura

**Figura 31. Toba andesítica fracturado con relleno de panizo y cuarzo lechoso**



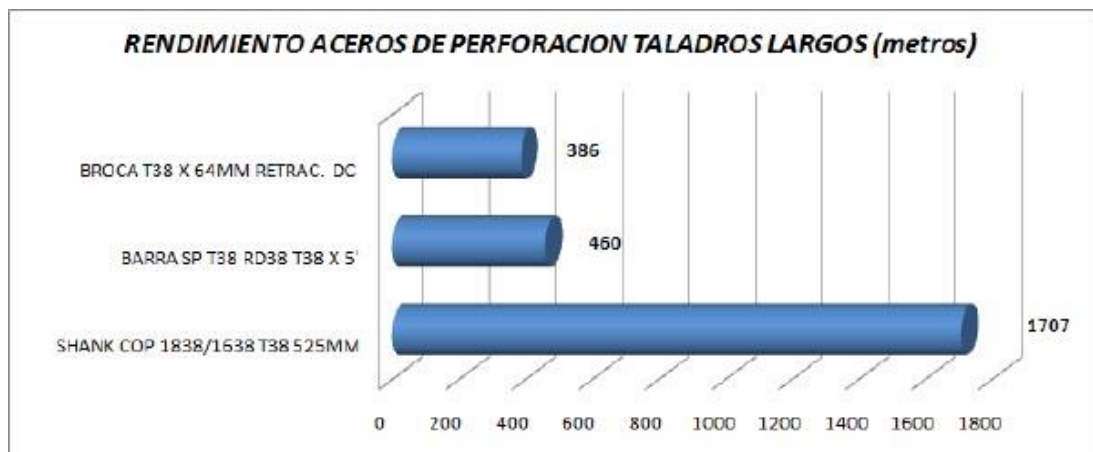
**Rendimiento de los aceros utilizados: columna de perforación – taladros largos**

Fueron los siguiente.

**Tabla 6. Rendimiento de los aceros, columna de perforación taladros largos**

COLUMNA DE PERFORACION - TALADROS LARGOS							
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD SOLICITADA	CANTIDAD USADA (para la prueba)	METROS PERF.	RENDIMIENTO (metros)	DESCARTE	OBSERVACIONES
1	SHANK COP 1838/1638 T38 525MM	1	1	1707	1707	Desgaste en los hilos	Desgaste Tema Operacional
2	BARRA SP T38 RD38 T38 X 5'	12	7	3220	460	Desgaste en el acople e hilos	(05 Barras siguen en operativa
3	BROCA T38 X 64MM RETRAC. DC	7	5	1992	386	Desgaste Diametral y Rctura de Insertos	(2 Fueron Usadas sin Afilar

**Figura 32. Rendimiento de los aceros, columna de perforación taladros largos**



### Presiones de trabajo con el equipo T1D- 4

Durante los días de prueba de rendimientos de los aceros realizadas en el equipo T1D -4 se ha podido notar que las presiones de trabajo se encontraban dentro del rango establecido.

**Tabla 7. Presiones de trabajo (BAR)**

PRESIONES DE TRABAJO (BAR)		
	BAJA	ALTA
ROTACION	40	60
PERCUCION	120	160
AVANCE	20	40
AGUA	12	
BARRIDO	2	
RPM	82	

**Figura 33. Presiones de trabajo (BAR)**



### Desgaste de las barras de 5 pies

El desgaste diametral en el acople fue de 2.24mm y del cuerpo de la barra de 0.14mm aquí se puede determinar que el desgaste fue parejo debido al correcto apilamiento en los percheros, la rotación de las barras y el engrasado



de las roscas en general son buenas prácticas de trabajo que ayuda a prolongar la vida útil de los aceros.

**Figura 34. Apilamiento en los percheros**



**Figura 35. Rotación de las barras y engrasado de las roscas**



**Descarte del Shank COP 1838 x 435 mm**

El descarte de este accesorio producto de la mala operación en el acoplado, desacoplado y la inestabilidad de la perforadora al momento de deslizarse por la viga generando un embonado incorrecto por desgaste del Slide Piece (patines de baquelita), ha producido el desgaste prematuro en los tres primeros hilos del shank logrando acumular un rendimiento de tan solo 1707 metros.

**Figura 36. Desgaste prematuro en el shank**



### Rendimiento de la broca de 64 mm

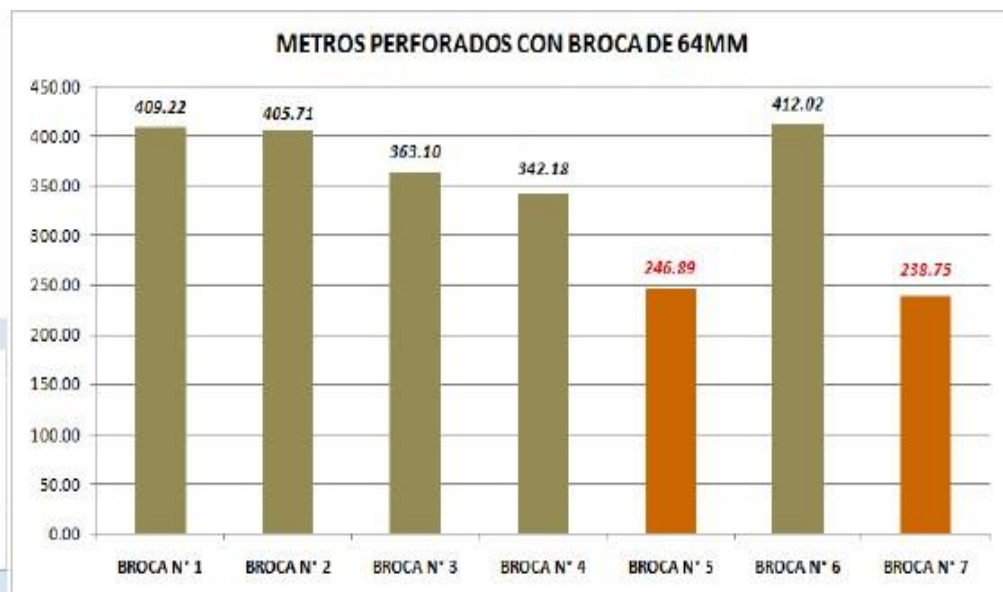
Se solicitaron 7 unidades; 2 brocas fueron observados sin el afilado hasta ser descartadas y los otros 5 restantes han sido controlados con la rotación o intervalo de 90 metros por broca, el afilado y la medición de desgaste; las brocas afiladas fueron descartadas por desgaste diametral logrado un rendimiento promedio de 386 metros/broca y las brocas sin afilado por rotura de los insertos acumulando 242 metros/broca.

Las brocas N° 5 y 7 se perforaron sin realizar el intervalo de afilado, hasta que estas se descarten, todo a fin de comparar con las brocas afiladas.

**Tabla 8. Rendimiento de brocas de 64 mm**

RENDIMIENTO DE LAS BROCAS DE 64 mm			
N° de Broca	Metros perforados	Descarte	Observaciones
BROCA N°1	409.22	Diametral	Afilado
BROCA N°2	405.71	Diametral	Afilado
BROCA N°3	363.10	Diametral	Afilado
BROCA N°4	342.18	Diametral	Afilado
BROCA N°5	246.89	Rotura de inserto	Sin Afilado
BROCA N°6	412.02	Diametral	Afilado
BROCA N°7	238.75	Rotura de inserto	Sin Afilado
TOTAL, GENERAL	2417.87		

**Figura 37. Metros perforados con broca de 64mm**



**Figura 38. Brocas de 64 mm**



**Seguimiento a las pruebas de brocas de 64 mm**

**Tabla 9. Broca N° 1**

Broca N° 1.				
N° perforación	Litología	N° taladros	Desgaste diametral	Desgaste faldón
1ra	Toba andesítica	0 tal	65.0	62.1
2da	Toba andesítica	10 tal	64.3	61.2
3ra	Toba andesítica	3 tal	64.2	61.1
4ta	Toba andesítica	9 tal	63.0	60.2
6ta	Toba andesítica	4 tal	61.6	58.5
7ma	Toba andesítica	7 tal	61.0	58.1
8va	Toba andesítica	2 tal	60.5	57.4
Promedio general			60.5	57.4

**Figura 39. Seguimiento desgaste – broca N° 1**



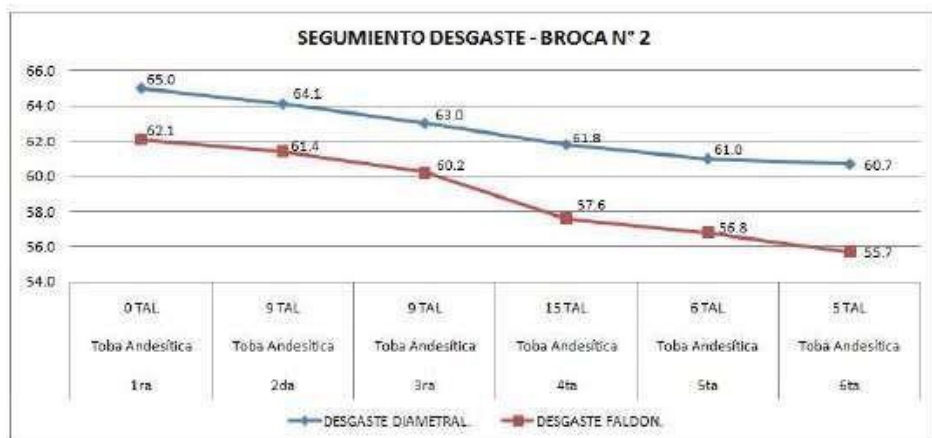
**Figura 40. Desgaste broca N° 1**



**Tabla 10. Broca N°2**

Broca N° 2.				
N° perforación	Litología	N° taladros	Desgaste diametral	Desgaste faldón
1ra	Toba andesítica	0 tal	65.0	62.1
2da	Toba andesítica	9 tal	64.1	61.4
3ra	Toba andesítica	9 tal	63.0	60.2
4ta	Toba andesítica	15 tal	61.8	57.6
5ta	Toba andesítica	6 tal	61.0	56.8
6ta	Toba andesítica	5 tal	60.7	55.7
Promedio general			60.5	57.4

**Figura 41. Seguimiento desgaste – broca N° 2**



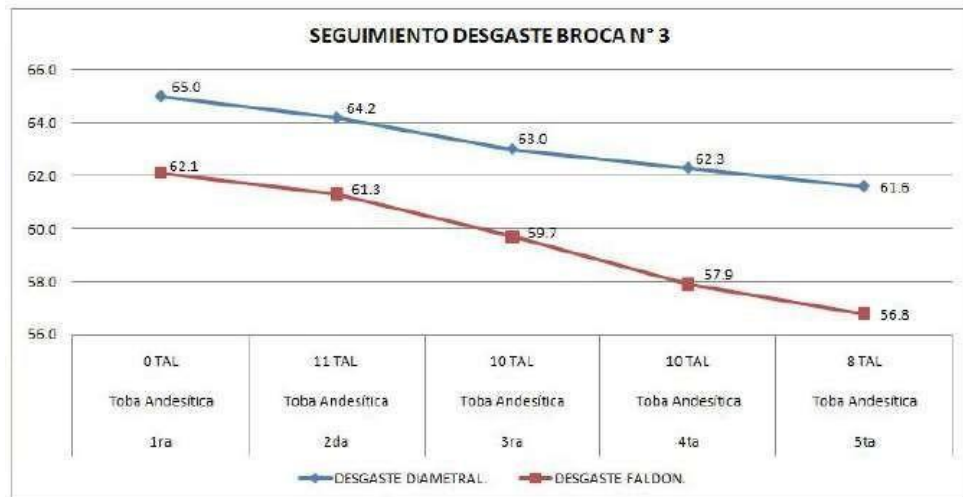
**Figura 42. Desgaste broca N° 2**



**Tabla 11. Broca N° 3**

Broca N° 3.				
N° perforación	Litología	N° taladros	Desgaste diametral	Desgaste faldón
1ra	Toba andesítica	0 tal	65.0	62.1
2da	Toba andesítica	11 tal	64.2	61.3
3ra	Toba andesítica	10 tal	63.0	59.7
4ta	Toba andesítica	10 tal	62.9	57.9
5ta	Toba andesítica	8 tal	61.6	56.8
Promedio general			61.6	56.8

**Figura 43. Seguimiento desgaste – broca N° 3**



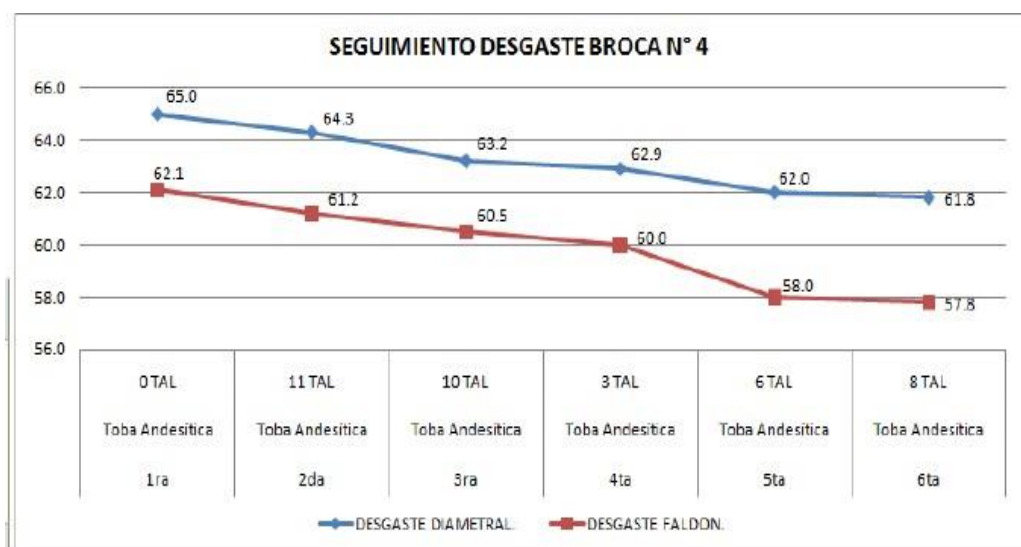
**Figura 44. Desgaste broca N° 3**



**Tabla 12. Broca N° 4**

Broca N° 4.				
N° perforación	Litología	N° taladros	Desgaste diametral	Desgaste faldón
1ra	Toba andesítica	0 tal	65.0	62.1
2da	Toba andesítica	11 tal	64.3	61.2
3ra	Toba andesítica	10 tal	63.2	61.1
4ta	Toba andesítica	3 tal	62.9	60.5
5ta	Toba andesítica	6 tal	62.0	58.0
6ta	Toba andesítica	8 tal	61.8	57.8
Promedio general			61.8	57.8

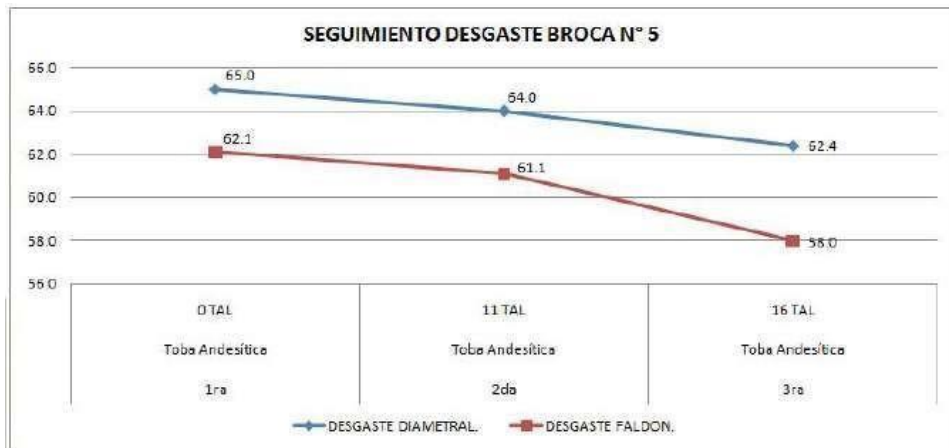
**Figura 45. Seguimiento desgaste – broca N° 4**



**Tabla 13. Broca N° 5**

Broca N° 5.				
N° perforación	Litología	N° taladros	Desgaste diametral	Desgaste faldón
1ra	Toba andesítica	0 tal	65.0	62.1
2da	Toba andesítica	10 tal	64.0	61.1
3ra	Toba andesítica	16 tal	62.4	58.0
Promedio general			62.4	58.0

**Figura 46. Seguimiento desgaste – broca N° 5**



**Figura 47. Desgaste Broca N° 5**



**Tabla 14. Broca N° 6**

Broca N° 6.				
N° perforación	Litología	N° taladros	Desgaste diametral	Desgaste faldón
1ra	Toba andesítica	0 tal	65.0	62.1
2da	Toba andesítica	9 tal	63.8	61.0
3ra	Toba andesítica	9 tal	63.5	61.0
5ta	Toba andesítica	7 tal	61.5	57.2
6ta	Toba andesítica	8 tal	60.5	55.0
7ma	Toba andesítica	2 tal	60.3	54.1
Promedio general			60.3	54.1

**Figura 48. Seguimiento desgaste – broca N° 6**



**Figura 49. Desgaste broca N° 6**

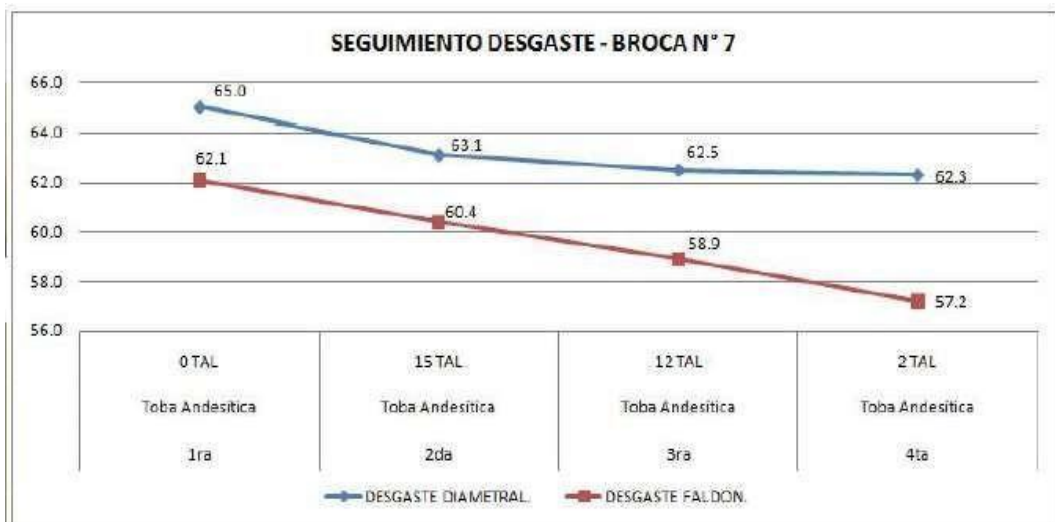




**Tabla 15. Broca N° 7**

Broca N° 7.				
N° perforación	Litología	N° taladros	Desgaste diametral	Desgaste faldón
1ra	Toba andesítica	0 tal	65.0	62.1
2da	Toba andesítica	15 tal	63.1	60.4
3ra	Toba andesítica	12 tal	62.5	58.9
4ta	Toba andesítica	2 tal	62.3	57.2
Promedio general			62.3	57.2

**Figura 50. Seguimiento desgaste – broca N° 7**



**Figura 51. Desgaste broca N° 1**



### Vida útil entre la broca afilada vs sin afilar

Al hacer un comparativo de la vida de una broca afilada y una sin afilar vemos que: una broca afilando alcanza 386 metros y el descarte es diametral, mientras que una broca sin afilar tendrá una vida de 242 m y su descarte es por rotura del inserto, dejándose de perforar 144 m al usar brocas sin afilar, lo que representa un 37 %

**Tabla 16.** Análisis de vida útil de brocas afiladas vs sin afilar

ANÁLISIS POR VIDA ÚTIL BROCAS AFILADAS VS SIN AFILAR						
<b>PRUEBA A (afilando)</b>	386 metros				TOTAL METROS	DESCARTE
desgaste del inserto	DEGASTE 1/3	DEGASTE 1/3	DEGASTE 1/3	DEGASTE 1/3		
intervalo de afilado	96.5	96.5	96.5	96.5	386	Diametral
N° afilados		1ra	2da	3ra		
<b>PRUEBA B (sin afilar)</b>	242 metros		144 metros		242	Rotura de inserto
desgaste del inserto	DEGASTE 2/3		SE PIERDE 37%			

### Velocidad de penetración

La velocidad promedio de perforación o rango de penetración obtenido en mineral fue de 6.03 pies/minuto. A su vez se pudo determinar la diferencia de velocidades entre una broca afilada (broca N° 4) y otra sin afilar (broca N° 7) en la fila 226 del tajo 8504 BF bajo las mismas condiciones, obteniendo una diferencia de velocidad de 0.85 pies/minuto.

**Tabla 17.** Velocidad de penetración

VELOCIDAD DE PENETRACION (pies/minuto)		
BROCA DE 64 mm	VELOCIDAD	DIFERENCIA
Broca afilada	6.62	0.85
Broca sin afilar	5.77	

**Figura 52. Velocidad de penetración**



**Tabla 18. Seguimiento 01**

FECHA	17 de julio del 2022		BROCA T38 X 64 MM RETRAC. DC							
EQUIPO	T1D		INTERVALO	9 Tal/Broca						
	CODIGO	T1D - 4	TIEMPO DE PERFORACION POR TALADRO							
	VIGA	Fija	N° TALADRO	INICIO	FINAL	PRODUCTIVO (perf/tal)	PARADA (movimiento)	Long. Perf.	observaciones	
OPERADOR	Quispe		BROCA N° 1	1	00:00	00:45	00:45	00:15	4	Ninguna
ZONA	Santa Rosa			1	01:00	01:53	00:53	00:16	5	Ninguna
LABOR	Tajo			1	02:09	03:26	01:17	00:16	5	Ninguna
	8504			1	03:42	04:45	01:03	00:15	5	Ninguna
ROCA	Mineral			1	05:00	05:42	00:42	00:32	5	Ninguna
	ENCAJONANTE	Cuarzo Lechozo		1	06:14	07:04	00:50	04:04	5	Ninguna
	TIPO DE ROCA	A		2	11:08	12:07	00:59	00:31	4	Cambio de Taladro
	CALIDAD	DURA		2	12:38	13:37	00:59	00:34	5	Ninguna
	ABRASIVIDAD	REGULAR		2	14:11	15:13	01:02	00:25	5	Ninguna
LONG. PERF.	30 pies			2	15:38	17:10	01:32	00:27	5	Ninguna
	PRESIONES DE TRABAJO (BAR)			2	17:37	19:03	01:26	00:57	5	Ninguna
	BAJA	ALTA		2	20:00	21:10	01:10	09:01	5	Ninguna
ROTACION	40	60		3	30:11	30:59	00:48	00:48	4	Cambio de Taladro
PERCUCION	110	160		3	31:47	32:43	00:56	00:31	5	Ninguna
AVANCE	20	40		3	33:14	34:19	01:05	00:36	5	Ninguna
AGUA		12		3	34:55	36:05	01:10	00:23	5	Ninguna
BARRIDO		2		3	36:28	37:46	01:18	00:23	5	Ninguna
RPM		82		3	38:09	39:20	01:11	00:30	5	Ninguna
				3	39:50	40:47	00:57	07:39	4	Ninguna
				4	48:26	49:16	00:50	00:29	4	Cambio de Taladro
				4	49:45	50:44	00:59	00:32	5	Ninguna
				4	51:16	52:26	01:10	00:39	5	Ninguna
				4	53:05	54:17	01:12	00:22	5	Ninguna
				4	54:39	55:45	01:06	00:44	5	Ninguna
				4	56:29	57:56	01:27	00:29	5	Ninguna
				4	58:25	58:46	00:21		2	Ninguna
				Promedio			01:03	01:16	4.7	
				VELOCIDAD DE PERFORACION (pies/minuto)				4.47		

Tabla 19. Seguimiento 2

FECHA	10 de agosto del 2022		BROCA T38 X 64 MM RETRAC. DC								
EQUIPO	T1D		INTERVALO	9 Tal/Broca							
	CODIGO	T1D - 4		TIEMPO DE PERFORACION POR TALADRO							
	VIGA	Fija		N° TALADRO	INICIO	FINAL	PRODUCTIVO (perf/tal)	PARADA (movimiento)	Long. Perf.	observaciones	
OPERADOR	Quispe			BROCA N° 5	1	00:00	00:59	00:59	00:35	4	Ninguna
ZONA	Santa Rosa				1	01:34	02:18	00:44	01:06	5	Ninguna
LABOR	Tajo				1	03:24	04:07	00:43	00:26	5	Ninguna
	8504				1	04:33	05:30	00:57	00:20	5	Ninguna
ROCA	Mineral				1	05:50	06:40	00:50	00:27	5	Ninguna
	ENCAJONANTE	Cuarzo Lechozo			1	07:07	08:00	00:53	09:28	5	Ninguna
	TIPO DE ROCA	A			2	17:28	18:00	00:32	00:20	4	Cambio de Taladro
	CALIDAD	DURA			2	18:20	18:56	00:36	00:15	5	Ninguna
	ABRASIVIDAD	REGULAR			2	19:11	19:59	00:48	00:17	5	Ninguna
LONG. PERF.	30 pies				2	20:16	20:57	00:41	00:19	5	Ninguna
	PRESIONES DE TRABAJO (BAR)				2	21:16	22:03	00:47	00:18	5	Ninguna
	BAJA	ALTA			2	22:21	23:00	00:39	00:38	5	Ninguna
ROTACION	40	60			2	23:38	23:58	00:20	03:19	2	Ninguna
PERCUCION	120	160			3	27:17	27:32	00:15	00:19	4	Cambio de Taladro
AVANCE	20	40			3	27:51	28:15	00:24	00:23	5	Ninguna
AGUA		12			3	28:38	29:09	00:31	00:16	5	Ninguna
BARRIDO		2			3	29:25	30:11	00:46	00:17	5	Ninguna
RPM		82			3	30:28	31:50	01:22	00:27	5	Ninguna
					3	32:17	33:04	00:47	00:19	5	Ninguna
					3	33:23	33:33	00:10	03:40	1	Ninguna
					4	37:13	37:38	00:25	00:22	3	Cambio de Taladro
					4	38:00	38:34	00:34	00:17	5	Ninguna
					4	38:51	39:34	00:43	00:17	5	Ninguna
					4	39:51	40:32	00:41	00:19	5	Ninguna
					4	40:51	41:36	00:45	00:18	5	Ninguna
					4	41:54	42:30	00:36		5	Ninguna
					Promedio			00:40	01:00	4.5	
	VELOCIDAD DE PERFORACION (pies/minuto)								6.77		

Tabla 20. Seguimiento 3

FECHA	11 de agosto del 2022		BROCA T38 X 64 MM RETRAC. DC								
EQUIPO	T1D		INTERVALO	9 Tal/Broca							
	CODIGO	T1D - 4		TIEMPO DE PERFORACION POR TALADRO							
	VIGA	Fija		N° TALADRO	INICIO	FINAL	PRODUCTIVO (perf/tal)	PARADA (movimiento)	Long. Perf.	observaciones	
OPERADOR	Quispe			BROCA N° 2	1	00:00	00:30	00:30	00:24	3	Ninguna
ZONA	Santa Rosa				1	00:54	01:26	00:32	00:46	5	Ninguna
LABOR	Tajo				1	02:12	02:48	00:36	00:16	5	Ninguna
	8504				1	03:04	03:48	00:44	00:30	5	Ninguna
ROCA	Mineral				1	04:18	05:04	00:46	00:24	5	Ninguna
	ENCAJONANTE	Cuarzo Lechozo			1	05:28	06:15	00:47	00:34	5	Ninguna
	TIPO DE ROCA	A			1	06:49	07:02	00:13	03:07	3	Ninguna
	CALIDAD	DURA			2	10:09	10:31	00:22	00:20	3	Cambio de Taladro
	ABRASIVIDAD	REGULAR			2	10:51	11:25	00:34	00:16	5	Ninguna
LONG. PERF.	30 pies				2	11:41	12:19	00:38	00:11	5	Ninguna
	PRESIONES DE TRABAJO (BAR)				2	12:30	13:08	00:38	00:18	5	Ninguna
	BAJA	ALTA			2	13:26	14:14	00:48	00:16	5	Ninguna
ROTACION	40	60			2	14:30	15:42	01:12	00:12	5	Ninguna
PERCUCION	110	160			2	15:54	16:28	00:34	04:51	3	Ninguna
AVANCE	20	50			3	21:19	21:42	00:23	00:13	3	Cambio de Taladro
AGUA		12			3	21:55	22:30	00:35	00:16	5	Ninguna
BARRIDO		2			3	22:46	23:25	00:39	00:17	5	Ninguna
RPM		84			3	23:42	24:32	00:50	00:17	5	Ninguna
					3	24:49	25:39	00:50	00:21	5	Ninguna
					3	26:00	26:45	00:45	00:18	5	Ninguna
					3	27:03	27:18	00:15	04:18	1	Ninguna
					4	31:34	31:56	00:22	00:21	3	Cambio de Taladro
					4	32:17	32:47	00:30	00:16	5	Ninguna
					4	33:03	33:39	00:36	00:17	5	Ninguna
					4	33:56	34:45	00:49	00:24	5	Ninguna
					4	35:09	35:57	00:48	00:21	5	Ninguna
					4	36:18	37:02	00:44	00:25	5	Ninguna
					4	37:27	37:47	00:20		2	Ninguna
					Promedio			00:37	00:45	4.3	
	VELOCIDAD DE PERFORACION (pies/minuto)								6.97		

Tabla 21. Seguimiento 4

FECHA	12 de agosto del 2022		BROCA T38 X 64 MM RETRAC. DC						
EQUIPO	T1D		INTERVALO	9 Tal/Broca					
	CODIGO	T1D - 4	TIEMPO DE PERFORACION POR TALADRO						
	VIGA	Fija	N° TALADRO	INICIO	FINAL	PRODUCTIVO (perf/tal)	PARADA (movimiento)	Long. Perf.	observaciones
OPERADOR	Quispe		BROCA N° 4	1	00:00	00:22	01:19	3	Ninguna
ZONA	Santa Rosa			1	01:41	02:51	01:10	5	Ninguna
LABOR	Tajo			1	03:09	04:05	00:56	5	Ninguna
	ISO4			1	04:25	05:18	00:53	5	Ninguna
ROCA	Mineral			1	05:38	06:34	00:56	5	Ninguna
	ENCAJONANTE	Cuarzo Lechozo		1	06:57	08:02	01:05	5	Ninguna
	TIPO DE ROCA	A		2	17:52	18:08	00:16	3	Cambio de Taladro
	CALIDAD	DURA		2	19:19	19:54	00:35	5	Ninguna
	ABRASIVIDAD	REGULAR		2	20:21	21:02	00:41	5	Ninguna
LONG. PERF.	30 pies			2	21:22	22:00	00:38	5	Ninguna
	PRESIONES DE TRABAJO (BAR)			2	22:22	23:13	00:51	5	Ninguna
	BAJA	ALTA		2	23:42	24:27	00:45	5	Ninguna
ROTACION	40	60		2	24:59	25:10	00:11	2	Ninguna
PERCUCION	120	160		3	27:10	27:32	00:22	4	Cambio de Taladro
AVANCE	20	40		3	27:45	28:13	00:28	5	Ninguna
AGUA		12		3	28:34	29:07	00:33	5	Ninguna
BARRIDO		2		3	29:24	30:09	00:45	5	Ninguna
RPM		80		3	30:32	31:51	01:19	5	Ninguna
				3	32:15	33:03	00:48	5	Ninguna
				3	33:33	33:43	00:10	1	Ninguna
				4	37:20	37:40	00:20	4	Cambio de Taladro
				4	38:13	38:54	00:41	5	Ninguna
				4	39:17	40:06	00:49	5	Ninguna
				4	40:30	41:13	00:43	5	Ninguna
				4	41:30	42:20	00:50	5	Ninguna
				4	42:46	43:33	00:47	5	Ninguna
				Promedio			00:41	01:02	4.5
				VELOCIDAD DE PERFORACION (pies/minuto)				6.62	

Tabla 22. Seguimiento 5

FECHA	13 de agosto del 2022		BROCA T38 X 64 MM RETRAC. DC (SOBREPERFORADO)							
EQUIPO	T1D		INTERVALO	9 Tal/Broca						
	CODIGO	T1D - 4	TIEMPO DE PERFORACION POR TALADRO							
	VIGA	Fija	N° TALADRO	INICIO	FINAL	PRODUCTIVO (perf/tal)	PARADA (movimiento)	Long. Perf.	observaciones	
OPERADOR	Quispe		BROCA N° 7	1	00:00	00:24	00:24	00:26	3	Ninguna
ZONA	Santa Rosa			1	00:50	01:29	00:39	00:26	5	Ninguna
LABOR	Tajo			1	01:55	02:53	00:58	00:23	5	Ninguna
	ISO4			1	03:16	03:52	00:36	00:50	5	Ninguna
ROCA	Mineral			1	04:42	05:24	00:42	00:24	5	Ninguna
	ENCAJONANTE	Cuarzo Lechozo		1	05:48	06:36	00:48	01:58	5	Ninguna
	TIPO DE ROCA	A		1	08:34	09:14	00:40	07:21	3	Ninguna
	CALIDAD	DURA		2	16:35	17:08	00:33	00:31	5	Cambio de Taladro
	ABRASIVIDAD	REGULAR		2	17:39	18:42	01:03	03:28	5	Ninguna
LONG. PERF.	30 pies			2	22:10	22:53	00:43	00:27	5	Ninguna
	PRESIONES DE TRABAJO (BAR)			2	23:20	24:14	00:54	00:30	5	Ninguna
	BAJA	ALTA		2	24:44	26:05	01:21	00:35	5	Ninguna
ROTACION	40	60		2	26:40	28:03	01:23	00:27	5	Ninguna
PERCUCION	110	160		2	28:30	28:45	00:15		2	Cambio de Taladro
AVANCE	20	40		Promedio			00:47	01:22	4.5	
AGUA		12		VELOCIDAD DE PERFORACION (pies/minuto)				5.77		
BARRIDO		2								
RPM		82								

**Tabla 23. Seguimiento 6**

FECHA		14 de agosto del 2022		BROCA T38 X 64 MM RETRAC. DC							
EQUIPO		T10		INTERVALO		9 Tal/Broca					
CODIGO		T10 - 4		TIEMPO DE PERFORACION POR TALADRO							
VIGA		Fija		N° TALADRO		INICIO	FINAL	PRODUCTIVO (perf/tal)	PARADA (movimiento)	Long. Perf.	observaciones
OPERADOR	Quispe			BROCA N° 6	1	00:00	00:40	00:40	00:34	4	Ninguna
ZONA	Santa Rosa				1	01:14	01:51	00:37	00:23	5	Ninguna
LABOR	Tajo				1	02:14	03:03	00:49	00:21	5	Ninguna
	8504				1	03:24	04:17	00:53	00:20	5	Ninguna
ROCA	Mineral				1	04:37	05:32	00:55	00:43	5	Ninguna
	ENCAJONANTE	Cuarzo Lechoso			1	06:15	07:20	01:05	06:30	5	Ninguna
	TIPO DE ROCA	A			2	13:50	14:23	00:33	01:01	3	Cambio de Taladro
	CALIDAD	DURA			2	15:24	16:07	00:43	00:13	5	Ninguna
	ABRASIVIDAD	REGULAR			2	16:20	17:30	01:10	00:25	5	Ninguna
LONG. PERF.	30 pies				2	17:55	18:48	00:53	00:10	5	Ninguna
	PRESIONES DE TRABAJO (BAR)				2	18:58	19:54	00:56	00:50	5	Ninguna
	BAJA	ALTA			2	20:44	21:42	00:58		5	Ninguna
ROTACION	40	60		Promedio				00:51	01:03	4.8	
PERCUCION	110	180		VELOCIDAD DE PERFORACION (pies/minuto)					5.59		
AVANCE	20	40									
AGUA		12									
BARRIDO		2									
RPM		80									

**Intervalo de afilado o rotación de brocas**

El intervalo recomendado por el tipo de roca existente en la mina Santa Rosa Tajo 8504 BF es de 90 metros/broca, si se exige a la sobre perforación nos conlleva a lo siguiente:

**Tabla 24. Calculo intervalo de afilado**

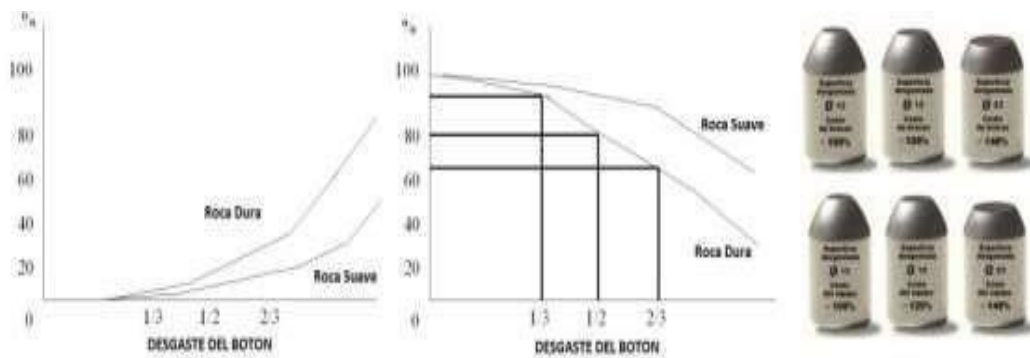
CALCULO INTERVALO DE AFILADO					
	Broca nueva	Broca descartada			
N° Broca	Diámetro cabeza (mm)	Desgaste diametral (mm)	Diferencia diametral	Metros perforados	Intervalo
1	65.0	60.50	4.50	409.22	90.9
2	65.0	60.70	4.30	405.71	94.4
3	65.0	61.60	3.40	363.10	106.8
4	65.0	61.80	3.20	342.18	106.9
5	65.0	62.40	2.60	246.89	95.0
6	65.0	60.30	4.70	412.02	87.7
7	65.0	62.30	2.70	238.75	88.4
Promedio	65.0	61.37	3.63	345.41	95.7

**Esto conlleva a:**

- Gasto innecesario de aceros de perforación

- Reducción de la velocidad de penetración
- Reducción de la vida útil de la columna de perforación por el exceso de torsión
- Mayor consumo de repuestos en el equipo
- Reducción del tiempo de depreciación del equipo.

**Figura 53. Desgaste del botón en roca dura y roca suave**



Aquí se puede observar que trabajando de una manera no recomendable afecta costos en aceros de perforación, costos en accesorios y la depreciación prematura del equipo.

**Cuadro comparativo de rendimiento de brocas sin afilar**

Se realizó una prueba en las mismas condiciones para las diferentes marcas, a fin de determinar los rendimientos de las brocas de 64 mm sin afilar hasta ser descartado y estos fueron los resultados.

**Tabla 25. Pruebas de rendimiento**

<b>PRUEBAS DE RENDIMIENTO</b>			
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Vida útil (m)</b>	<b>Condición</b>
Atlas Copco	Broca T38x64mm Retrac.DC	242.81	Sin afilar
Sandvik	Broca de 64 mm	221.50	Sin afilar
Boart Longyear	Broca de 64 mm retráctil	132.00	Sin afilar

**Figura 54. Rendimiento de brocas sin afilar**



**Análisis por rendimiento de los aceros de perforación**

Se puede observar en el siguiente cuadro

**Tabla 26. Análisis de rendimiento**

ANÁLISIS POR RENDIMIENTO				
	metros perforados/mes			19419 metros
<b>RENDIMIENTO</b>	SHANK	BARRAS DE 5 PIES	BROCA DE 64MM	
ATLAS COPCO	1707	460	386	
CONSUMO ACTUAL	1570	252	156	
	cantidad de rotación por mes			
<b>ROTACION ACEROS</b>	SHANK	BARRAS DE 5 PIES (7 barras)	BROCA DE 64MM	
ATLAS COPCO	11	7	50	
CONSUMO ACTUAL	12	11	124	
EL TIEMPO CALCULADO POR CAMBIO DE ACEROS DE PERFORACION EN MINA ES DE 1 HORA CON 20 MINUTOS				80 minutos
CONSIDERANDO SOLO EL SHANK Y LAS BARRAS				
<b>PARADA IMPRODUCTIVA</b>	SHANK	BARRAS DE 5 PIES		
ATLAS COPCO	910.09	560.00		
CONSUMO ACTUAL	989.50	880.00		
DIFERENCIA (minutos)	79.42	320.00	399.42	
SE PIERDE POR PARADA IMPRODUCTIVA				
VELOCIDAD	TIEMPO POR CAMBIO DE ACEROS	PIES	METROS	
6.62 pies/minuto	399.42 minutos	2644	806	
TONELADAS QUE SE PIERDE/MES				1982
US\$ QUE SE PIERDE/MES				5947.48

**Costo comparativo por metro perforado**

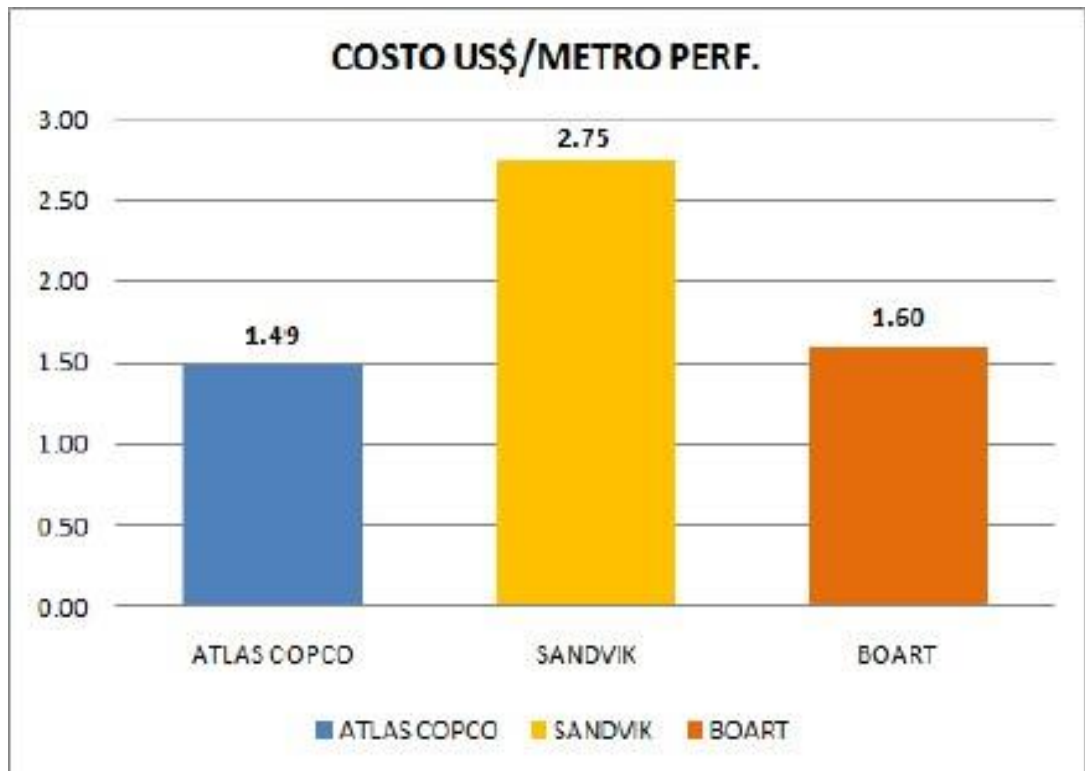
Los datos registrados para este cuadro son producto de los rendimientos (reales) alcanzados a la fecha por parte de la empresa Boart, de las pruebas realizadas por la empresa Sandvik y los resultados de nuestras pruebas.



**Tabla 27. Costo por metro perforado en aceros de perforación – taladros largos**

Descripción	Precio unitario (\$)			Rendimiento (m)			Costo \$/metro perf.		
	Atlas	Sandvik	Boart	Atlas	Sandvik	Boart	Atlas	Sandvik	Boart
Shank COP 1838/1638 T38 525mm	346.60	296.0	166.31	1707	2053	1570	0.20	0.14	0.11
Barra SP T38 RD38 T38x 5'	368.90	304.0	236.96	460	137	252	0.80	2.22	0.94
Broca T38 x 64mm retrac. DC	185.50	184.0	86.89	386	480	156	0.48	0.38	0.56
Costo \$/metro perforado							1.49	2.75	1.60
Promedio de perforación por mes						19419.0			
Facturación promedio por mes							28848.34	53334.10	3113.3.21
Consumo de barras por mes (representa el 56 % del costo total de perf.							42	142	77
Ahorro por diferencia de facturación \$/mes (Boart y Atlas Copco)							2284.88		
Ahorro \$/año							27418.50		

**Figura 55. Costos \$/metro perforado**



### Implementación de gestión en aceros de perforación

En la implementación de la gestión en los aceros de perforación se debe seguir los siguientes pasos.

**Figura 56. Coordinación**



**Figura 57. Base de datos**



**Figura 58. Control**



**Figura 59. Afilado**



**Figura 60. Codificación**



**Figura 61. Engrasado**



**Figura 62. Capacitación**



**Figura 63. Nuevos productos**



**Figura 64. Parámetros**



**Figura 65. Supervisión**



#### **4.3. Discusión de resultados**

La presente investigación realizado se aboco acerca del rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en la mina Pallancata, evaluando cada una de sus componentes como la broca, la barra, el shank adapter.

El trabajo de campo consistió en:

- Ver el rendimiento de la columna de perforación, para lo cual se tuvo en cuenta el tipo de roca del yacimiento, la presión de trabajo del equipo de perforación, el desgaste de las barras, descarte del adaptador, rendimiento de las brocas.
- Vida útil de la broca afilada y sin afilar.
- Velocidad de penetración.
- Intervalo de afilado.
- Comparativo de tres marcas de brocas sin afilar en rendimiento
- Costos comparativos por metro perforado.
- Implementación de la gestión en aceros de perforación.

#### **Litología de las rocas en la mina Pallancata**

El tipo de roca está constituido por toba andesítica fracturadas con relleno de panizo y cuarzo lechoso.

El tipo de roca es Regular A con un RMR de 55 – 60.

### **Rendimiento de los aceros de perforación en taladros largos**

Se pudo determinar en la evaluación los siguientes resultados:

- Shank COP 1838/1638 T38 525mm rendimiento 1707 m, solo uno usada
- Barra SP T38 RD38 T38 x 5 pies, rendimiento 460 m, 7 barras usadas
- Broca T38 x 64 mm retráctil, rendimiento 316 m, 5 brocas usadas

### **Presión de trabajo**

La presión de trabajo de la perforadora se encontró dentro del rango establecido así tenemos.

- Rotación baja 40 bar. alta 60 bar.
- Percusión baja 120 bar. Alta 160 bar
- Avance baja 20 bar, alta 40 bar

### **Desgaste de las barras de 5 pies**

Vemos que el desgaste diametral en el acople fue de 2.24 mm y en el cuerpo de la barra de 0.14 mm observando un desgaste parejo.

### **Descarte del shank COP 1838 x 435 mm**

Se debe a la mala operación en el acoplado y desacoplado, inestabilidad de la perforadora, llegando a un rendimiento de solo 1707 m.

### **Rendimiento de la broca de 64 mm**

Se trabajo con brocas sin afilar y brocas afiladas, en las que se llegó a los siguientes resultados.

- Brocas afiladas rendimiento de 386 m/broca
- Brocas sin afilar rendimiento de 242 m/broca
- Se hizo seguimiento a 7 brocas, 2 de las cuales se trabajaron sin afilar, este seguimiento a las brocas nos indicó el desgaste que ocurren y los metros perforados hasta su descarte.

### **Velocidad de penetración**

La velocidad promedio de perforación en mineral fue de 6.03 pies/minuto, También se obtuvo la velocidad usando brocas afiladas el cual fue de 6.62 pies/minuto y usando brocas sin afilar la velocidad fue de 5.77 pies/minuto, observando una diferencia de 0.85 pies/minuto entre estas brocas. También se hizo un seguimiento de la velocidad de penetración en 6 trabajos de perforación.

### **Intervalo de afilado o rotación de brocas**

De acuerdo a los trabajos de perforación realizados el intervalo de afilado o rotación de las brocas debe realizarse a los 90 metros/broca, sino se realiza el afilamiento el rendimiento de la broca comienza a disminuir.

### **Comparativo de rendimiento de brocas sin afilar**

Se hizo un comparativo del rendimiento de brocas sin afilar de tres marcas de Atlas Copco, Sandvik, Boart Longyear. Donde la marca Atlas Copco obtuvo una vida útil de 242.21 metros sin afilar, la marca Sandvik obtuvo 221.50 metros sin afilar y la marca Boart Longyear obtuvo un rendimiento de 132.00 metros sin afilar.

### **Costo comparativo por metro perforado**

El costo comparativo entre las tres marcas mencionadas líneas arriba nos muestra los siguientes resultados.

- Atlas Copco costo de 1.49 \$/metro perforado
- Sandvik costo de 2.75 \$/metro perforado
- Boart Longyear costo de 1.60 \$/metro perforado

### **Implementación de gestión en aceros de perforación**

Se planteo las siguientes etapas.

- Coordinación
- Hacer una base de datos
- Llevar un control

- Control del afilado
- Codificación de los aceros de perforación
- Engrasar las brocas
- Capacitar al personal de perforación
- Llevar un control de los nuevos productos
- Control de los parámetros de los aceros de perforación
- Establecer una supervisión.



## CONCLUSIONES

1. Los rendimientos que se obtuvieron en la investigación realizada de los aceros de perforación fueron: Shank COP 1838/1638 T38 525mm = 1707 m, Barra SP T38 RD38 T38x 5' = 460 m, Broca T38 x 64mm retrac. DC afilada = 386 m.
2. El desgaste diametral de las barras de perforación se produce en el acople con un 2.24 mm y en el cuerpo de la barra de 0.14 mm; el descarte del shank se produce por la mala operación en el acoplado y desacoplado e inestabilidad de la perforadora al momento de deslizarse la viga, desgastándose los primeros hilos del shank obteniéndose un rendimiento de 1707 metros; el rendimiento de las brocas primeramente las brocas se descartan por desgaste diametral, logrando un rendimiento promedio en brocas afiladas de 386 m/broca y en las brocas sin afilar se llegó a 242 m/broca, lo que representa una vida útil de la broca afilada un 37 % mayor permitiendo elevar los metros perforados con brocas afiladas.
3. La velocidad promedio de penetración en mineral fue de 6.03 pies/minuto; cuando se usa brocas afiladas la velocidad es mayor llegando a 6.62 pies/minuto mientras en brocas sin afilar se llega a 5.77 pies/minuto.
4. El intervalo de afilado de las brocas debe realizarse es de cada 90 metros por broca y si se le exige sin afilar conlleva a menos metros perforados, generando gastos innecesarios, reducción de la velocidad y de la vida útil de la columna de perforación.
5. Al comparar rendimientos de brocas en tres marcas vemos que el mejor rendimiento es el de Atlas Copco con una vida útil de 242.81 m. seguido de Sandvik con 221.50 metros, y la de Boart Longyear con 132.00 metros
6. El costo comparativo por metro perforado entre las tres marcas fueron el de menor costo de Atlas Copco con 1.49 \$/m., seguido de Boart con 1.60 \$/m, y el más alto de la empresa Sandvik con 2.75 \$/m.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar e implementar una gestión en aceros de perforación con medidas de control mediante una base de datos que nos ayude a determinar posibles causas y/o cuantificar perdidas en el proceso de perforación, administración, supervisión y capacitación sobre los parámetros de trabajos del equipo, la importancia del afilado, evaluación de nuevos productos y finalmente elaborar un plan de trabajo con rutas que nos ayude a generar y/o alcanzar los objetivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ATLAS COPCO. (2007). Manual de equipos mineros.
- ATLAS COPCO. (2012). Líneas de perforación Magnum SR35.
- ATLAS COPCO. (2012). Rock Drilling Tools.
- BADAJOS, M. (2020). Tu tesis en cinco pasos.
- Baena, G. (2014). Metodología de la investigación. Grupo Editorial Patria.
- BAENA, G. (2017). Metodología de la investigación. En G. E. PATRIA (Ed.).
- BERAUN, K. (2019). *Análisis comparativo y evaluación técnica económica de los explosivos Heavy Anfo y Emulsión Fortis Advantage 100 gasificada para la fragmentación en el tajo norte del nivel 4336-Sociedad Minera El Brocal Colquijirca 2018*. [tesis de licenciamiento Universidad Continental] repositorio institucional Universidad Continental.
- BERNAL, C. (2010). *Metodología de la investigación, tercera edición*. Pearson Educación de Colombia Ltda.
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Politécnica de Madrid.
- Camavilca, Vásquez, E. (2019). *"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 licenciatura, Universidad Privada del Norte] repositorio institucional U. Privada del Norte.
- CHAMBI, G. (2013). *"EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN CORTE Y RELLENO MECANIZADO Y SUBLEVEL STOPING EN LA UNIDAD MINERA PALLANCATA PARA UNA ÓPTIMA SELECCIÓN DE MINADO"*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional de San Agustín de

Arequipa] repositorio institucional Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Chirinos, A. (2015). *CONTROL DE ACEROS DE PERFORACIÓN, FACTORES QUE INFLUYEN LA VIDA ÚTIL, SU RELACIÓN CON EL PARALELISMO Y PROFUNDIDAD EN EL PROYECTO DE EXPANSIÓN K-115 JJC CONTRATISTAS GENERALES S.A. SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE.* [tesis de licenciatura, U. N. San Agustín de Arequipa.

ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia técnica.

ESCRIBA, E. (2018). [tesis de licenciatura, U. N. San Agustín de Arequipa]repositorio institucional U.N. San Agustín de Arequipa.

EXSA. (s.f.). *Manual práctico de voladura, 4ta edición.* exsa.

Hernández; Fernández; Baptista, R. (2014). *Metodología de la investigación, sexta edición.* McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)

HOCK, BROWN, E. (1985). *Excavaciones subterráneas en roca.* (McGRAW-HILL., Ed.) México.

HUATUCO, C. (2019). *Influencia de la supervisión de las brocas de botones para evaluar su vida útil en la Unidad Minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A.* [tesis de licenciatura, Universidad Continental] repositorio institucional de la Universidad Continental.

Instituto Geológico y Minero de España. (1987). *Manual de perforación y voladura de rocas.* Instituto Geológico y Minero de España.

MALLMA, I. (2013). *“OPTIMIZACION DEL USO DE ACEROS DE PERFORACION EN LA UEA SAN CRISTOBAL DE MINERA BATEAS SAC”.* [tesis de licenciamento Universidad Nacional del Centro del Perú] repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Ministerio de Energía y Minas, D.S. 024 -2016. (2016). Reglamento de seguridad y salud en el trabajo. Lima: Diario El Peruano.

REPUBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (2003). *Glosario técnico minero*. Colombia.

SAHUINCO, C. (2019). "*DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN MINERÍA CONVENCIONAL PARA MINIMIZAR LOS COSTOS EN EL FRENTE DE LABORES DE DESARROLLO COMPAÑÍA MINERA YANAQUIHUA S.A.C.*". [tesis de licenciamiento, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa] repositorio institucional de la Universidad nacional de San Agustín de Arequipa.

SANCHEZ, Y. (2012). *Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina bethzabeth*. [tesis de licenciamiento Universidad Central de Ecuador] repositorio de la Universidad Central de Ecuador.

SANDVIK. (2014). *Aceros de perforación, Volcan Compañía Minera S.A.A. Cerro de Pasco*.

SICHA, A. (2019). *OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LAS BROCAS DE BOTONES DE 45 mm – R32 Y LAS RIMADORAS 102 mm PARA REDUCIR LOS COSTOS DE PERFORACIÓN EN LA EMPRESA MINERA TAURO S.A.C. EN LA U. M. SAN ANDRÉS*. [tesis de licenciatura, U. N. del Altiplano de Puno] repositorio institucional U.N del Altiplano.

TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (cuarta edición ed.). (L. N. Editores, Ed.) Universidad de Cantabria. (2018). *Laboreo II, Métodos de explotación de interior*.

Universidad Politécnica de Madrid. (2020). *Introducción a la Minería Subterránea. Vol. IV Métodos de explotación de interior*.

# **ANEXOS**

## Anexo A

### Instrumentos de Recolección de datos



• Desgaste y rotura en rosca

• Rotura en rosca

• Rotura en la zona de las estrias o aletas.



### Tipos de fallas en barras de extensión



### Brocas roscadas



Brocas con botones tipo esféricos para aplicaciones de uso en roca con dureza media a dura.



Brocas con botones tipo balísticos para aplicaciones de uso en roca con dureza suave a media-dura.



### Características generales







EQUIPO Simba T1D-4  
COMPAÑIA SUYAMARCA  
CODIF. BROCA BROCA N° 1





**Anexo B**  
**Matriz de Consistencia**

<b>Título: “RENDIMIENTO, CONSUMO Y COSTOS DE LOS ACEROS DE PERFORACION EN LA COMPAÑÍA MINERA SUYAMARCA -UNIDAD PALLANCATA”</b>				
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<p>2.3.1 Problema general ¿Cuál es el comportamiento que presenta los aceros de perforación en cuanto a su rendimiento, consumo y costos en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata?</p> <p>2.3.2 Problemas específicos a. ¿Cuál es el rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en taladros largos, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata?</p> <p>b. ¿Cuál es el rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en frentes, y realces, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata?</p>	<p>2.4.1 Objetivo general Evaluar el comportamiento que presenta los aceros de perforación en cuanto a su rendimiento, consumo y costos en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata</p> <p>2.4.2 Objetivos específicos a. Evaluar el rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en taladros largos, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata.</p> <p>b. Evaluar el rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en frentes, y realces, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata</p>	<p>3.4.1 Hipótesis General El comportamiento que presenta los aceros de perforación en cuanto, a su rendimiento, consumo y costos deben ser los adecuados, en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata</p> <p>3.4.2 Hipótesis específicas a. El rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en taladros largos, deben ser los adecuados; en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata b. El rendimiento, consumo y costos de los aceros de perforación en frentes, y realces, deben ser los adecuados; en Compañía Minera Suyamarca, Unidad Pallancata</p>	<p>3.5.1 Variables para la hipótesis general Comportamiento de aceros de perforación Rendimiento, consumo, costos adecuados</p> <p>3.5.2 Variables para la hipótesis específicas Variable para la hipótesis específica a Rendimiento, consumo, costos adecuados Perforación De Taladros largos Variable para la hipótesis específica b Rendimiento, consumo, costos adecuados Perforación de Frentes, realces</p>	<p>-Tipo de I. Aplicativo -Nivel de I Explicativo -Método de I método inductivo, analítico -Diseño de I. mixto no experimental nivel explicativo -Muestra las labores de la zona Santa Rosa</p>