

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



**“APLICACIÓN DE LA FÓRMULA DE R. PRAILLET PARA EVALUAR LA
VELOCIDAD DE PENETRACIÓN Y SU IMPACTO EN LA PERFORACIÓN
PRIMARIA EN UNA MINA A TAJO ABIERTO DE ICA - PERÚ 2018”**

Tesis presentada por el bachiller:

Castro Pezo, Renato Efraín

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero de Minas

Asesora:

Ing. López Casaperalta, Patricia Yaneth

AREQUIPA – PERÚ

2019

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



INFORME DICTAMINATORIO
DE BORRADOR DE TESIS



VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

Aplicación de la fórmula de R. Praillet para
evaluar la velocidad de penetración y su impacto
en la perforación premarica en una mina a tajo
abierto de Ica - Perú 2018

PRESENTADO POR (EL) (LOS) BACHILLER (ES):

Castro Pezo, Renato Efraín.

NUESTRO DICTAMEN ES:

Aprobado sin observaciones

OBSERVACIONES:

Arequipa, 01 de octubre 2019

JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Patricia López

Casaperealta

Código: 2872

JURADO DICTAMINADOR

Nombre: FULTON RENTEGANI

ORDÓÑEZ

Código: 3119

PRESENTACIÓN

La presente tesis titulada “Aplicación de la fórmula de R. Praillet para evaluar la velocidad de penetración y su impacto en la perforación primaria en una mina a tajo abierto de Ica – Perú 2018” está dividido en seis capítulos:

En el capítulo I, titulado “Planteamiento Teórico” se establecerán el objetivo general y los objetivos específicos de la tesis y los aspectos básicos de la tesis en mención.

En el capítulo II, titulado “Marco Teórico” se describirán los fundamentos teóricos necesarios para la correcta elaboración y entendimiento de la tesis.

En el capítulo III, titulado “Material de Estudio” se describirán las generalidades y el proceso productivo de la mina.

En el capítulo IV, titulado “Metodología” se describirá el tipo de investigación y la población/muestra de la tesis en mención, así como las fuentes y técnicas que se van a utilizar para recolectar la información para después procesar los datos y utilizar la técnica de análisis correspondiente para la presente tesis.

En el capítulo V, titulado “Discusión de Resultados” se realizará la evaluación y comparación de las velocidades de penetración tanto de la instantánea como la de R. Praillet empleando fórmulas teóricas prácticas de las variables operativas de perforación rotativa más importantes y se utilizará una técnica estadística como la distribución normal de frecuencias de las muestras por materiales de los 4 equipos de perforación. Posteriormente, se procederá a realizar el cálculo de la velocidad media de perforación a partir de las velocidades de penetración obtenidas para hacer el cálculo de los costes de perforación (TDC) por equipos. Además de calcular el ahorro mensual y anual de la perforación primaria que representa la comparación de las velocidades medias obtenidas de las velocidades de penetración para cumplir con los objetivos trazados.

En el capítulo VI, titulado “Conclusiones y Recomendaciones” se describirán todas las conclusiones finales, limitaciones y recomendaciones resaltantes que se pudieron obtener de la tesis en mención.

Agradecimientos

A mi institución la Universidad Católica de Santa María, a mi escuela profesional de Ingeniería de Minas y a todos mis docentes académicos quienes fueron importantes para mi formación profesional en todos estos años de estudio, siempre estaré agradecido con ustedes.

A mi asesora de tesis, Ingeniera Patricia López, por su apoyo y consejos para la realización de esta tesis.

A mi amigo Johnny Pantigozo, por su apoyo, amistad y generosidad en todos estos meses de trabajo

Dedicatoria

A Dios Todopoderoso, por cuidarme en todas mis experiencias laborales y por las oportunidades que me dio hasta el momento.

A mis padres Efraín y Yanina y mi hermano Rodrigo, de quienes recibí su apoyo incondicional y comprensión en todo momento para sacar adelante mi profesión.

RESUMEN

La investigación fue realizada en una mina a tajo abierto ubicada en el departamento de Ica en el área de perforación primaria.

La investigación tiene como objetivo principal evaluar la velocidad de penetración de la perforación primaria mediante la aplicación de la fórmula de estimación de R. Praillet en la mina de estudio.

La toma de datos de campo se realizó en las minas 3 y 4. Los equipos de perforación rotativos eléctricos y herramientas de corte que se utilizaron son perforadoras de modelo Sinosteel YZ 55B, Gardner Denver GD100, Bucyrus Erie 39HR y brocas tricónicas chinas de diámetro 12 1/4" cuyos modelos son KX 74 (para terreno duro) y de diámetro 9 7/8" cuyos modelos son KX 83 y KX 85 (para terreno extremadamente duro), que son de materia de estudio de esta investigación realizada durante el año 2018 en los meses de julio a noviembre.

Para realizar la toma de datos fue necesario estar en el equipo de perforación físicamente las 8 horas de trabajo rutinario en 3 guardias rotativas para conocer el funcionamiento de los equipos (variables operativas utilizadas) y las actividades de perforación realizadas por cada operador para hacer los taladros y saber sus velocidades de penetración instantáneas por material, lo cual es materia de estudio.

La investigación analizó una muestra de 70 perforaciones en diferentes terrenos como desmonte, mineral primario y baja ley para evaluar y comparar la velocidad de penetración instantánea obtenida de las máquinas con la fórmula de estimación de la velocidad de penetración de R. Praillet, utilizando en ella fórmulas prácticas de las variables operativas de perforación rotativa, resistencias a la compresión de los materiales perforados y el diámetro de la broca tricónica, se dio un aumento del 11.57% en la velocidad de penetración y a partir de la comparación y evaluación de estas velocidades se calculó las velocidades medias de perforación para generar los costes de perforación reduciendo así en un 6.36% el TDC representando esto en un ahorro mensual de 27,720.00 US\$ y un ahorro anual de 332,640.00 US\$ con una reducción de 1.10 US\$/metro en la perforación primaria de la mina demostrando que al aplicar la fórmula de R. Praillet y fórmulas teóricas de variables operativas de

perforación rotativa es posible estimar la velocidad de penetración en cualquier tipo de terreno y generar un impacto en los costes de perforación primaria de la mina.

Palabras clave:

Velocidad de penetración.

Fórmula de R. Praillet.

Variables operativas de perforación rotativa.

Costes de perforación.



ABSTRACT

This research was realized at open pit mine located in the department of Ica in the primary drilling area.

The main objective of this research is to evaluate the rate of penetration of the primary drilling through the application of the R. Praillet estimation formula in the study mine.

The field data was taken at mines three and four. The rotary electric drilling equipments and cutting rock drilling tools that were used are Sinosteel YZ 55B, Gardner Denver GD100, Bucyrus Erie 39HR drills and chinese tricone drill bits of diameter 12 1/4 inches whose models are KX 74 (for hard rock) and tricone drill bits of diameter 9 7/8 inches whose models are KX 83 and KX 85 (for extremely hard rock), which are the subject matter of this research carried out during the year 2018 in the months of july to november.

To make the data collection it was necessary to be in the drilling equipment physically the 8 hours of routine work in 3 rotating guards to know the operation of the equipment (operational variables used) and the drilling activities performed by each operator to make the blastholes and know their instantaneous penetration rates by material, which is a matter of study.

This research analyzed a sample of 70 drillings in different terrains such as waste, primary ore and low law to evaluate and compare the rate of instantaneous penetration obtained from the machines with the formula for estimating the rate of penetration of R. Praillet, using it practical formulas of the operational rotary drilling variables, compressive strengths of the perforated materials and the diameter of the tricone drill bit, there was an increase of 11.57% in the rate of penetration and from the comparison and evaluation of these speeds the average drilling speeds were calculated to generate the drilling costs thus reducing the TDC by 6.36%, representing this in a monthly saving of US\$ 27,720.00 and annual savings of US\$ 332,640.00 with a reduction of US\$ 1.10/meter in the primary mine drilling demonstrating that by applying R. Praillet's formula and theoretical formulas of operational rotary drilling variables it is possible to estimate the rate of penetration in

any type of terrains and generate an impact on the costs of primary drilling of the mine.

Keywords:

Rate of penetration.

R. Praillet formula.

Operational variables of rotary drilling.

Total drilling cost (TDC)



INTRODUCCIÓN

La mina a tajo abierto de la presente tesis explota, procesa y comercializa el mineral del hierro, desde sus yacimientos ubicados en la costa sur del Perú a aproximadamente 530 kilómetros de la ciudad de Lima, en el distrito de Marcona, provincia de Nasca en la Región Ica, de donde se obtienen concentrados de alta ley para la elaboración de sus productos (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

La operación unitaria de perforación es la primera y principal etapa del ciclo de minado para minas a tajo abierto.

El principal rendimiento operativo o indicador de desempeño en la perforación es la velocidad de penetración instantánea (mts/hr) que viene hacer la velocidad con la que la broca penetra en la roca durante un tiempo determinado. Esta velocidad tiene un papel importante al momento de generar los costes de perforación o TDC (US\$/metro) ya que se evalúa para luego calcular la velocidad media de perforación.

Existen diversas fórmulas para estimar la velocidad de penetración, R. Praillet en sus estudios de 1978 dedujo una fórmula para obtener dicha velocidad en función de: las variables operativas de perforación rotativa más importantes como empuje o peso sobre la broca y las revoluciones por minuto (RPM), las características geomecánicas del macizo rocoso a perforar y el diámetro de la broca; con dicha fórmula se podría evaluar la velocidad de penetración en cualquier tipo de terreno y generar un impacto en la perforación primaria de la mina en lo que concierne a los costes de perforación (TDC).

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN.....	ix
CAPÍTULO I	1
1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. HIPÓTESIS	4
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.6. VARIABLES E INDICADORES.....	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES.....	8
2.2. BASES TEÓRICAS	10
2.2.1. Conceptos, características, descripciones y relaciones del proceso de perforación	10
2.2.2. Métodos de perforación.....	15
2.2.3. Descripción de la columna de perforación rotativa	20
2.2.4. Práctica operativa (variables de perforación rotativa)	27
2.2.5. Velocidad de penetración y velocidad media de perforación	34
2.2.6. Fórmulas de estimación de la velocidad de penetración	36
2.2.7. Costo total de perforación (TDC)	40
2.2.8. Vida útil de los aceros de perforación.....	46
2.3. GRÁFICO DEL MODELO	47
CAPÍTULO III	48

3. MATERIAL DE ESTUDIO.....	49
3.1. GENERALIDADES Y DESCRIPCIÓN DE LA MINA	49
3.1.1. Ubicación y accesibilidad	49
3.1.2. Poblados cercanos	50
3.1.3. Clima, relieve y meteorología	51
3.2. GEOLOGÍA.....	54
3.2.1. Geología local	54
3.2.2. Geología regional	57
3.2.3. Estratigrafía.....	58
3.2.4. Geología económica.....	66
3.2.5. Tipo de yacimiento	69
3.2.6. Mineralogía	70
3.3. OPERACIONES MINA	72
3.3.1. Parámetros de diseño, producción y características geomecánicas de mina 3 y mina 4	72
3.3.2. Descripción del proceso productivo	75
CAPÍTULO IV	87
4. METODOLOGÍA	88
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	88
4.2. POBLACIÓN / MUESTRA	88
4.2.1. Población	90
4.2.2. Muestra	91
4.3. FUENTES Y TÉCNICAS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN.....	93
4.4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA	93
CAPÍTULO V	96
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	97
5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	97
5.1.1. Evaluación y comparación de las velocidades de penetración y parámetros operativos más importantes obtenidos de la perforadora Bucyrus Erie 39HR - #12 así como la técnica estadística utilizada para la distribución normal de frecuencias de las muestras	97

5.1.2. Evaluación y comparación de las velocidades de penetración y parámetros operativos más importantes obtenidos de la perforadora Gardner Denver GD100 - #20 así como la técnica estadística utilizada para la distribución normal de frecuencias de las muestras	104
5.1.3. Evaluación y comparación de las velocidades de penetración y parámetros operativos más importantes obtenidos de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #22 así como la técnica estadística utilizada para la distribución normal de frecuencias de las muestras	114
5.1.4. Evaluación y comparación de las velocidades de penetración y parámetros operativos más importantes obtenidos de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #24 así como la técnica estadística utilizada para la distribución normal de frecuencias de las muestras	124
5.1.5. Cálculo del coste de perforación primaria (TDC) a partir de la velocidad media de perforación obtenida de la evaluación de las velocidades de penetración (instantánea y de R. Praillet) de los equipos de perforación	136
5.2. COMPARACIÓN DEL TDC, AHORRO MENSUAL Y ANUAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN PRIMARIA DE LA MINA	148
5.2.1. Ahorros mensuales por tipo de material de la mina	149
5.3. PRESUPUESTO PARA REALIZAR PRUEBAS DE BROCAS TRICÓNICAS COMO PROVEEDOR DE ACEROS CHINO	151
5.4. APORTES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	154
CAPÍTULO VI	155
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	156
6.1. CONCLUSIONES	156
6.2. RECOMENDACIONES	158
6.3. LIMITACIONES	159
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	160
REFERENCIAS	161

ANEXOS164

1. Anexo N° 01: Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS) de la operación perforación primaria de la mina.....	165
2. Anexo N° 02: Perforadora Bucyrus Erie 39HR #12 y cabina interior (controles)	168
3. Anexo N° 03: Especificaciones típicas de operación y vista general de la perforadora Bucyrus Erie 39HR #12.....	169
4. Anexo N° 04: Perforadora Gardner Denver GD100 #20 y cabina interior (controles)	171
5. Anexo N° 05: Perforadora Sinosteel YZ 55B, cabina interior (controles) y especificaciones típicas de operación	172
6. Anexo N° 06: Broca KX 74 (12 ¼") con estabilizador y brocas KX 83 y 85 (9 7/8").....	173
7. Anexo N° 07: Área de operaciones de minas 3 y 4	174
8. Anexo N° 08: Estándar del área de perforación de la mina	175
9. Anexo N° 09: Plano ejemplo de una malla de perforación de la mina.....	176
10. Anexo N° 10: Plano general de minas 3 y 4	177
11. Anexo N° 11: Actividades realizadas en la perforadora #12	178
12. Anexo N° 12: Actividades realizadas en la perforadora #20	182
13. Anexo N° 13: Actividades realizadas en la perforadora #22	190
14. Anexo N° 14: Actividades realizadas en la perforadora #24	195

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Velocidades de penetración de los equipos de perforación de la mina en diferentes materiales del año 2017	2
Tabla 2: Variables dependientes, independientes e indicadores	6
Tabla 3: Parámetros de diseño y producción de mina 3.....	72
Tabla 4: Parámetros de diseño y producción de mina 4.....	73
Tabla 5: Resultados de los ensayos de carga puntual – Mina 3.....	73
Tabla 6: Resultados de los ensayos de carga puntual – Mina 4.....	74
Tabla 7: Equipos de perforación de la mina	88
Tabla 8: Población de estudio	90
Tabla 9: Tamaño de la muestra	92
Tabla 10: Velocidades de penetración instantánea de la perforadora #12	97
Tabla 11: Velocidades de penetración de Praillet de la perforadora #12.....	98
Tabla 12: Intervalos de VP instantánea y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #12.....	98
Tabla 13: Intervalos de VP de R. Praillet y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #12	100
Tabla 14: Parámetros de operación utilizados por la perforadora #12	101
Tabla 15: Comparación de velocidades de penetración de las muestras de la perforadora #12	103
Tabla 16: Velocidades de penetración instantánea de la perforadora #20	104
Tabla 17: Velocidades de penetración de Praillet de la perforadora #20.....	106
Tabla 18: Intervalos de VP instantánea y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #20.....	107
Tabla 19: Intervalos de VP de R. Praillet y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #20	108
Tabla 20: Parámetros de operación utilizados por la perforadora #20	110
Tabla 21: Comparación de velocidades de penetración de las muestras de la perforadora #20	112
Tabla 22: Velocidades de penetración instantánea de la perforadora #22	114
Tabla 23: Velocidades de penetración de Praillet de la perforadora #22.....	115
Tabla 24: Intervalos de VP instantánea y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #22.....	117
Tabla 25: Intervalos de VP de R. Praillet y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #22	118
Tabla 26: Parámetros de operación utilizados por la perforadora #22	120
Tabla 27: Comparación de velocidades de penetración de las muestras de la perforadora #22	122
Tabla 28: Velocidades de penetración instantánea de la perforadora #24	124
Tabla 29: Velocidades de penetración de Praillet de la perforadora #24.....	125
Tabla 30: Intervalos de VP instantánea y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #24.....	127

Tabla 31: Intervalos de VP de R. Praillet y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #24	128
Tabla 32: Parámetros de operación utilizados por la perforadora #24	129
Tabla 33: Comparación de velocidades de penetración de las muestras de la perforadora #24	132
Tabla 34: Resultados finales de los promedios de las velocidades de penetración de las 4 perforadoras	134
Tabla 35: Resultados finales de los promedios de las velocidades de penetración por materiales de la mina	135
Tabla 36: Velocidades medias de los 4 equipos de perforación	136
Tabla 37: Velocidades medias por materiales a perforar de la mina	137
Tabla 38: Promedio de metraje final de la perforadora #12 en los materiales y meses de estudio	137
Tabla 39: Promedio final de los costos directos e indirectos de la perforadora #12 en los meses de estudio	137
Tabla 40: Promedio final de las horas de trabajo de operación de la perforadora #12 en los meses de estudio	138
Tabla 41: TDC de la perforadora Bucyrus Erie 39 HR - #12 comparando las velocidades medias	139
Tabla 42: Promedio de metraje final de la perforadora #20 en los materiales y meses de estudio	139
Tabla 43: Promedio final de los costos directos e indirectos de la perforadora #20 en los meses de estudio	140
Tabla 44: Promedio final de las horas de trabajo de operación de la perforadora #20 en los meses de estudio	141
Tabla 45: TDC de la perforadora Gardner Denver GD 100 – #20 comparando las velocidades medias	141
Tabla 46: Promedio de metraje final de la perforadora #22 en los materiales y meses de estudio	142
Tabla 47: Promedio final de los costos directos e indirectos de la perforadora #22 en los meses de estudio	142
Tabla 48: Promedio final de las horas de trabajo de operación de la perforadora #22 en los meses de estudio	143
Tabla 49: TDC de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #22 comparando las velocidades medias	143
Tabla 50: Promedio de metraje final de la perforadora #24 en los materiales y meses de estudio	144
Tabla 51: Promedio final de los costos directos e indirectos de la perforadora #24 en los meses de estudio	145
Tabla 52: Promedio final de las horas de trabajo de operación de la perforadora #24 en los meses de estudio	145
Tabla 53: TDC de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #24 comparando las velocidades medias	146
Tabla 54: Resultados finales del TDC de las 4 perforadoras	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema Particular Proveedores – Entradas – Perforación – Salidas – Clientes.....	15
Figura 2: Campos de aplicación de los métodos de perforación en función de la resistencia de las rocas y diámetros de los barrenos	16
Figura 3: Métodos de perforación en trabajos a cielo abierto (Atlas Copco).....	17
Figura 4: Métodos de perforación 1	19
Figura 5: Métodos de perforación 2	20
Figura 6: Esquema de la columna de perforación rotativa	26
Figura 7: Rotura de la roca. Empuje excesivo.....	28
Figura 8: Valores de empuje para diferentes diámetros	30
Figura 9: Valores de RPM para diferentes tipos de roca	31
Figura 10: Ubicación de las minas 3 y 4.....	49
Figura 11: Ubicación de la mina.....	50
Figura 12: Distrito de San Juan de Marcona	51
Figura 13: Playa los Pingüinos de Marcona	52
Figura 14: Columna geológica del distrito minero de Marcona	55
Figura 15: Columna estratigráfica de la región Ica	59
Figura 16: Mapa geológico de la región de Ica.....	60
Figura 17: Estimado de reservas de mineral	71
Figura 18: Estimado de reservas minables	72
Figura 19: Vista panorámica de mina 3 y mina 4	75
Figura 20: Área de perforación y voladura de mina 4.....	76
Figura 21: Área de carguío de mina 3.....	77
Figura 22: Camión modelo CAT 385B acarreando mineral a planta 1.....	78
Figura 23: Camión modelo CAT 785C descargando en Planta 1	79
Figura 24: Camión modelo CAT 785C descargando en Planta 2	79
Figura 25: Conveyor de la mina	80
Figura 26: Proceso de Molienda	82
Figura 27: Mineral de molienda fina	83
Figura 28: Interiores de planta magnética	84
Figura 29: Transferencia del mineral de molienda fina.....	85
Figura 30: Embarque	86
Figura 31: Nomenclatura de actividades de la perforadora #12 en una guardia normal.....	94
Figura 32: Nomenclatura de actividades de las perforadoras #20, #22 y #24 en una guardia normal.....	94

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Efecto del empuje sobre la velocidad de penetración	28
Gráfica 2: Efecto de la velocidad de rotación sobre la velocidad de penetración ...	30
Gráfica 3: Efecto del desgaste de la broca sobre la velocidad de penetración	32
Gráfica 4: Variación de la velocidad de penetración con el diámetro	32
Gráfica 5: Estimación de la VP a partir de la RC (Bauer y Calder)	38
Gráfica 6: Nomograma de velocidades de penetración	39
Gráfica 7: Distribución normal de las muestras de la perforadora #12 con VP instantánea	99
Gráfica 8: Distribución normal de las muestras de la perforadora #12 con VP de R. Praillet	100
Gráfica 9: RPM vs Pull Down teórico de la perforadora #12	102
Gráfica 10: RPM vs Pull Down de operación de la perforadora #12	102
Gráfica 11: Curva de velocidades de penetración de la perforadora #12	103
Gráfica 12: Distribución normal de las muestras de la perforadora #20 con VP instantánea	107
Gráfica 13: Distribución normal de las muestras de la perforadora #20 con VP de R. Praillet	109
Gráfica 14: RPM vs Pull Down teórico de la perforadora #20	111
Gráfica 15: RPM vs Pull Down de operación de la perforadora #20	111
Gráfica 16: Curva de velocidades de penetración de la perforadora #20	113
Gráfica 17: Distribución normal de las muestras de la perforadora #22 con VP instantánea	117
Gráfica 18: Distribución normal de las muestras de la perforadora #22 con VP de R. Praillet	119
Gráfica 19: RPM vs Pull Down teórico de la perforadora #22	121
Gráfica 20: RPM vs Pull Down de operación de la perforadora #22	121
Gráfica 21: Curva de velocidades de penetración de la perforadora #22	123
Gráfica 22: Distribución normal de las muestras de la perforadora #24 con VP instantánea	127
Gráfica 23: Distribución normal de las muestras de la perforadora #24 con VP de R. Praillet	129
Gráfica 24: RPM vs Pull Down teórico de la perforadora #24	131
Gráfica 25: RPM vs Pull Down de operación de la perforadora #24	131
Gráfica 26: Curva de velocidades de penetración de la perforadora #24	133
Gráfica 27: Comparación de velocidades de penetración de los 4 equipos de perforación	134
Gráfica 28: Comparación de velocidades de penetración por materiales de la mina	135
Gráfica 29: Comparación del TDC de los 4 equipos de perforación	147

CAPÍTULO I



1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio de determinación de estándares en equipos de operaciones mina se realiza cada cierto periodo en la mina de estudio con el propósito de obtener los rendimientos operativos que posteriormente serán utilizados en el cálculo de los costos y presupuestos de la mina. En el caso de la perforación se obtiene la velocidad de penetración (mts/hr) como principal rendimiento operativo de las perforadoras rotativas las cuales, presentan fallas mecánicas y eléctricas constantes ya que dichos equipos están siendo obsoletos teniendo disponibilidades físicas entre 40% a 75% y al momento de perforar sus velocidades son bajas teniendo un promedio entre 11 a 12.5 mts/hr, 12 a 13.5 mts/hr y entre 12 a 15 mts/hr perforando en materiales de mineral, baja ley y desmonte respectivamente. Estas velocidades de penetración son resultado de estas fallas de las perforadoras y de la litología del terreno de la mina, el cual, es complicado de perforar debido a su extremada dureza.

Tabla 1

Velocidades de penetración de los equipos de perforación de la mina en diferentes materiales del año 2017.

Perforadoras	Estándar (Mts/Hr)					
	39-R	45-R	50-R	61-R	GD 100	YZ-STEL
Desmonte	14.60	-	-	12.30	11.50	12.70
Baja Ley	13.40	-	-	12.70	12.00	12.70
Cuarcita	-	-	-	-	-	-
Encap.Roca (desmonte)	13.10	-	-	12.70	12.00	12.20
Primario (mineral)	13.90	-	-	12.40	11.50	12.50
Oxidado	-	-	-	-	-	-
Transicional	-	-	-	-	-	-
Refractario Calibrado (mineral)	-	-	-	12.40	11.50	12.50

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

La mina al no adquirir nuevos equipos de perforación que tengan mejores disponibilidades (mayores a 90%) o al no realizar pruebas (concursos)

con otras marcas de brocas tricónicas, ya que solo se trabaja con brocas tricónicas de marca china, para poder mejorar los rendimientos se ve en la necesidad de continuar con los proyectos de perforación establecidos pero esto trae como consecuencia que se siga manteniendo los elevados costes de perforación primaria llegando a tener un TDC promedio mayor a 17 US\$/metro.

Es justamente la razón por la que quiero proponer mediante este trabajo de tesis una alternativa de solución que sería el de poder evaluar la velocidad de penetración aplicando una fórmula de estimación como la de R. Praillet para compararla con la velocidad de penetración instantánea obtenida en las perforadoras y así poder aplicar la fórmula teórica de la velocidad media de perforación teniendo ambas velocidades (instantánea y Praillet) para utilizarla en los cálculos de costos de perforación (TDC) y saber qué velocidad es la que va a representar ahorros considerables tanto mensual como anual en la perforación primaria.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera la aplicación de la fórmula de estimación de R. Praillet, para evaluar la velocidad de penetración, produce un impacto en la perforación primaria de la mina a tajo abierto de Ica - Perú?

1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la velocidad de penetración de la perforación primaria mediante la aplicación de la fórmula de estimación de R. Praillet en una mina a tajo abierto de Ica – Perú

1.3.2. Objetivos específicos

- Comparar las velocidades de penetración tanto de R. Praillet como la instantánea obtenidas del campo por equipos de perforación y materiales perforados
- Comparar los parámetros operacionales de los equipos de perforación de la mina con los parámetros teóricos calculados al momento de realizar la evaluación de la fórmula de R. Praillet por materiales perforados.
- Calcular la velocidad media de perforación a partir del resultado de comparación de velocidades de penetración para usarla en el cálculo de los costes de perforación (TDC) por equipo de perforación.
- Calcular el ahorro mensual y anual a partir del resultado de comparación entre velocidades medias de R. Praillet y la instantánea utilizados en el cálculo del TDC de la perforación primaria.
- Demostrar que la aplicación de la fórmula de R. Praillet y fórmulas teóricas de parámetros operacionales de perforación rotativa son recomendables para la estimación de la velocidad de penetración en cualquier tipo de terreno y en la utilización de los costes de perforación.

1.4. HIPÓTESIS

Si la velocidad de penetración instantánea obtenida en los equipos de perforación puede evaluarse con la fórmula de estimación de R. Praillet sabiendo: calcular los parámetros más importantes de operación, las resistencias a la compresión del terreno y diámetro de broca tricónica; se logra generar un impacto en la perforación primaria relacionado con los costes de perforación (TDC) de la mina.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El sustento de este trabajo de investigación nace a raíz de que en la operación unitaria de perforación de la mina en cuestión no se da la posibilidad de realizar ensayos de perforabilidad en muestras de roca, es por eso que se recurre a fórmulas propuestas por diversos autores.

Finalmente, este trabajo de investigación se justifica debido al aporte de fórmulas teóricas en las que se pueden estimar velocidades de penetración como la de R. Praillet. Además, la velocidad de penetración no solo depende de las variables y/o parámetros operativos del sistema de perforación rotativo, sino que también y de manera primordial, de las propiedades físico-mecánicas y geomecánicas del macizo rocoso. Con este trabajo de investigación será beneficiado los estudios posteriores que se realicen para la determinación de estándares y obtención del rendimiento o eficiencia operativa de perforación, así como la propia área de perforación primaria de la mina en lo que concierne a los costes de perforación (TDC).

1.6. VARIABLES E INDICADORES

Tabla 2

Variables dependientes, independientes e indicadores.

Variables	Indicadores	
	Pull Down/WOB (fuerza de empuje)	Kilogramos (kg)
Variable independiente	RPM (velocidad de rotación)	Revoluciones por minuto (Rev/min)
Fórmula de R. Praillet	Terreno y litología del yacimiento (resistencia a la compresión)	Mega pascales (Mpa)
	Diámetro de la broca	Milímetros (mm)
Variable dependiente	Vida útil de la broca	Metros perforados totales (mts)
Total Drilling Cost (TDC)	Precio de la broca	Dólares (US\$)
	Costo horario de la perforadora	Dólares por hora (US\$/hr)
	Velocidad media de perforación (obtenida de la instantánea y de Praillet)	Metros perforados por hora (mts/hr)

Nota. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II



2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Según la Society of Explosives Engineers, Inc (2008) menciona que, en la profesión de perforación y voladura de superficie, la parte más crítica suele ser la perforación detallando que un taladro no es más que un vehículo cilíndrico diseñado y localizado estratégicamente para contener una carga explosiva de modo que esta pueda detonar de la manera más eficiente posible. Ningún sistema de voladura será efectivo si el taladro está mal colocado; es decir, en términos de burden y espaciamiento, o si el tamaño es incorrecto para los resultados deseados, o si la profundidad es insuficiente, etc. La fase perforación es la más costosa, ya que requiere de tendidos iniciales y un mantenimiento medible. La perforación incorrecta puede también ser la causa del aumento de costos a lo largo de las siguientes etapas del trabajo, como el carguío y acarreo, trituración, separación por granulometría y demás.

Como afirma Soto (2012) en su presentación: Origen del petróleo y evolución de la perforación, menciona la evolución de las técnicas de la perforación, en el cual la perforación por percusión es un método antiquísimo y fue el iniciador de la perforación de pozos de agua y petróleo. Al igual que con la perforación rotatoria con circulación directa que comenzó a utilizarse en 1860 adquiriendo un gran auge en 1900 paralelamente al desarrollo de la industria petrolera. También menciona que el tipo más antiguo de los equipos rotatorios usaron torres de madera, las cuales se armaban antes de iniciar el pozo y se desarmaban al terminar y la energía era proporcionada por máquinas de vapor. Con el equipo rotatorio se inicia el uso de fluidos de perforación, la cementación de las tuberías de revestimiento y la terminación con aparejos de producción.

Según Ortiz (2004) de la Universidad de Chile en su curso Explotación de Minas menciona la primera perforación rotativa con trépano o broca

tricónica como herramienta de corte usado originalmente en la perforación de pozos petrolíferos, pero limitado solo a formaciones rocosas más bien blandas. En los inicios del siglo XX aparecen los primeros trépanos provistos de rodillos indentados que ruedan sobre el fondo del hoyo, ejerciendo una acción triturante sobre la roca, capaces de perforar formaciones rocosas de dureza mediana, su diseño evoluciona rápidamente hasta la herramienta conocida con el nombre de tricono. A principios de los años 50 esta tecnología se empieza a aplicar en los primeros equipos rotativos diseñados para realizar perforaciones de voladura en minas a cielo abierto. Innovaciones posteriores, principalmente en lo que dice relación con el diseño de estos triconos y la calidad de los aceros utilizados en su fabricación, le dan hoy en día a este sistema una gran versatilidad. Se aplica tanto en rocas blandas como muy duras, sin restricciones en cuanto a la longitud de los tiros. Su única limitación es el diámetro de perforación.

Orozco (2018) en su tesis “Reducción de costos de perforación rotativa en rocas de alta resistencia compresiva” evaluó el comportamiento de las variables operativas más importantes de perforación logrando su mejora, además de una selección adecuada de barras y reducción de horas improductivas de las perforadoras gracias a la aplicación de un modelo matemático realizado por Alan Bauer.

Llaique & Sánchez (2015) en su tesis “Determinación del costo total de perforación para optimizar esta operación unitaria en mina modelo a tajo abierto, Cajamarca – Perú, 2015” analizaron y evaluaron una muestra de 12 perforaciones aleatorias con diferentes modelos de brocas logrando incrementar la velocidad de penetración reduciendo el TDC en 21.42% y 19.45% en terrenos duros y medio a suave respectivamente.

Rivera (2012) en su artículo de investigación denominada “Percusión asistida en la perforación rotativa en minería a tajo abierto” describe este nuevo sistema como la combinación de dos métodos de perforación instantánea (rotativo y martillo de fondo) logrando incrementar la

velocidad de penetración en rangos entre 35 – 50 % en terrenos duros con alta resistencia a la compresión reduciendo así el costo total de perforación (TDC).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Conceptos, características, descripciones y relaciones del proceso de perforación

El objetivo del proceso de perforación en palabras simples es construir un espacio físico definido dentro de la roca que será removida (taladros de perforación), para luego en estos taladros colocar el explosivo que más tarde será detonado. Para materializar esta actividad es necesario efectuar la siguiente secuencia:

- Programación de la ubicación de los taladros a perforar
- Selección de los aceros a utilizar
- Preparación de la zona de trabajo (topografía y limpieza)
- Posicionamiento de equipos (en cada taladro)
- Perforación (de cada taladro)
- Muestreo de detritus
- Verificación de la calidad y cantidad de taladros perforados
- Retiro del equipo del sector (Gallardo, 2012).

Gallardo (2012) sostiene que esta secuencia se cumple hasta que hayan sido perforados todos los sectores programados.

El proceso de perforación se describe a continuación:

- Una vez que se han definido los puntos a perforar y se tiene acceso al sector de trabajo el equipo toma posición para iniciar la operación.

- El equipo de perforación lo que se hace es agujerear la roca que será removida por la voladura, según las especificaciones técnicas de operación (malla, profundidad, diámetro e inclinación).
- La operación se realiza con equipos diseñados para este fin como perforadoras (rotativas, rotopercutivas con martillo de fondo DTH) y equipos auxiliares (compresores, captadores de polvo). Las características de la flota de perforadoras seleccionada tendrán relación directa con las características de la mina tanto físicas, geométricas y operacionales (rendimientos exigidos, envergadura de las voladuras y sectores especiales).
- El operador posiciona su equipo en los puntos especificados en el diagrama de perforación, fija el equipo y comienza la operación, la cual básicamente consta del apoyo del bit o broca sobre el terreno e inicia la perforación con las especificaciones de velocidad de rotación, pull down (empuje) y velocidad del aire de barrido en función de las características de la roca a perforar. A medida que el taladro se construye llega un momento en que debe realizarse la adición de una nueva barra (barra larga si es que la longitud del taladro así lo requiere), lo cual se realiza por medio de la misma máquina (carrusel de barras). Una vez finalizada la perforación se procede a retirar el set de aceros desde el agujero (izamiento), y finalmente el equipo se retira del lugar hacia otro punto (Gallardo, 2012).

Gallardo (2012) sostiene que el costo de perforación que se obtenga en una operación en particular, dependerá de varios factores, entre ellos: Dureza de la roca, presencia de estructuras geológicas, calidad de los aceros, mantenimiento de los equipos y calidad de los operadores.

De acuerdo a la experiencia práctica se puede indicar que los costos de perforación (incluyendo los de operaciones y mantenimiento), fluctúan entre un 10% y un 15% del costo global de la operación de la mina, esto es, normalmente el costo del metro perforado que se ubica entre 6 a 15 US\$/m dependiendo del tipo y de la edad de los equipos disponibles (Gallardo, 2012).

En cuanto al precio de las perforadoras se aprecian montos del orden de los US\$ 400 000 a US\$ 1 600 000 (dependiendo de los potenciales de la máquina y de sus prestaciones). Este amplio rango de precios que se encuentran en el mercado obedece a que es posible diferenciar tres segmentos distintos de perforadoras: DTH (4.5" a 7" de diámetro de broca: US\$ 250 000 a US\$ 450 000), Rotativa sobre neumáticos (6" a 12" de diámetro de broca: US\$ 500 000 a US\$ 900 000) y Rotativa sobre orugas (8" a 12" de diámetro de broca: US\$ 600 000 a US\$ 1 600 000) (Gallardo, 2012).

Según Gallardo (2012) algunas relaciones específicas entre proveedores y clientes para el proceso productivo de perforación son las siguientes:

➤ **Relación perforación con voladura:**

La voladura es el primer cliente de la perforación ya que, si los taladros no cumplen las especificaciones del cliente, se aumenta la probabilidad de fracaso en la calidad de la voladura, lo que desencadenaría un grave problema en cuanto a operación, costos y producción. Por ejemplo, un taladro más corto de lo especificado generará pisos irregulares o la necesidad de voladura secundaria, por el contrario, un taladro más largo podría generar una sobre excavación (Gallardo, 2012).

A la vez la voladura actúa como proveedor de información a la perforación, en el sentido que entregará sus requisitos en cuanto a la calidad de la perforación (Gallardo, 2012).

➤ **Relación perforación con carguío:**

Si el procedimiento de perforación no respetó la ubicación específica de cada taladro, es decir la malla no se perforó según el diseño generará algunos taladros con mayor o menor espaciamiento, los que después de efectuada la voladura podría traducirse en cambios no deseados en la granulometría esperada; por ejemplo, sobre tamaño del material a ser cargado (requiriéndose reducción secundaria), bajo tamaño del material (generando aumento de finos que podría disminuir el rendimiento en la molienda SAG) (Gallardo, 2012).

Otro efecto negativo en el carguío que generaría el no respetar el largo de los taladros es que, por ejemplo, los taladros más largos podrían generar sobre excavación y taladros más cortos pisos irregulares que pueden dañar mecanismos de los equipos de carguío (Gallardo, 2012).

➤ **Relación perforación con factores geométricos y geomecánicos:**

La posibilidad de construir bancos dobles o de mayor altura influirá en la operación de la perforación (equipos y costos), ya que no siempre con los mismos recursos podrá garantizarse los resultados para este tipo de cambios operacionales. En lo que a geomecánica se refiere la perforación necesita información para estimar si es necesario cambiar alguna variable de operación (espaciamiento y/o inclinación de los taladros, por ejemplo). En el caso de perforaciones en la pared de pit final se tendrá en cuenta la

posibilidad de realizar la perforación para precorte o perforaciones de menor diámetro (Gallardo, 2012).

Como cliente la geomecánica recibe información de la perforación acerca de cambios relevantes en el tipo de roca perforada, que no hubiesen estado contemplados (Gallardo, 2012).

➤ **Características del material:**

La dureza y abrasividad de la roca influirán en el rendimiento y costos de la perforación, es muy diferente perforar roca dura que roca blanda, así como también las estructuras presentes influyen en la calidad de la perforación (Gallardo, 2012).

➤ **Seguridad, Salud y Medio Ambiente:**

Actualmente los equipos cuentan con captadores de polvo, los que deben ser bien mantenidos para garantizar la efectividad (Gallardo, 2012).

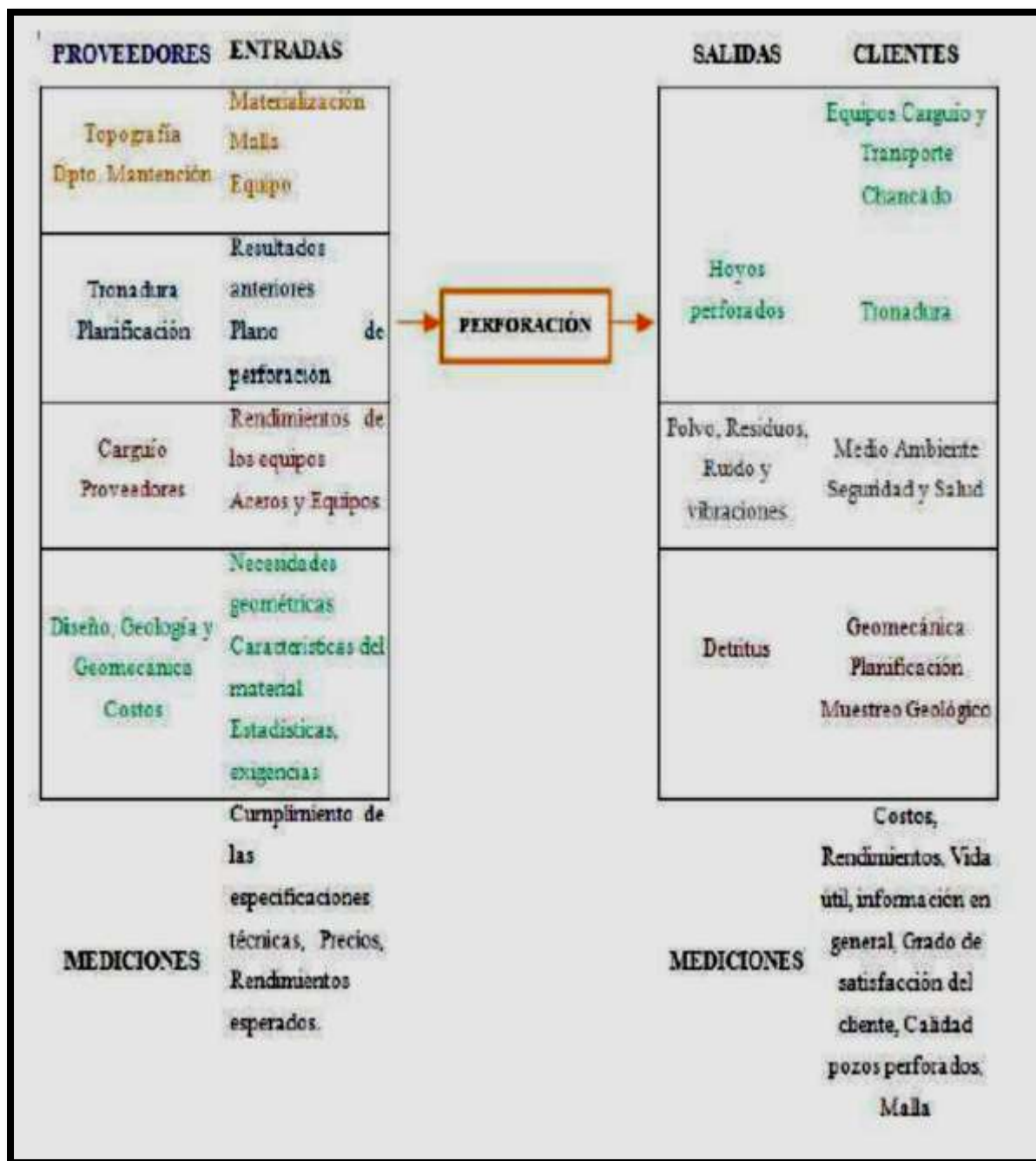
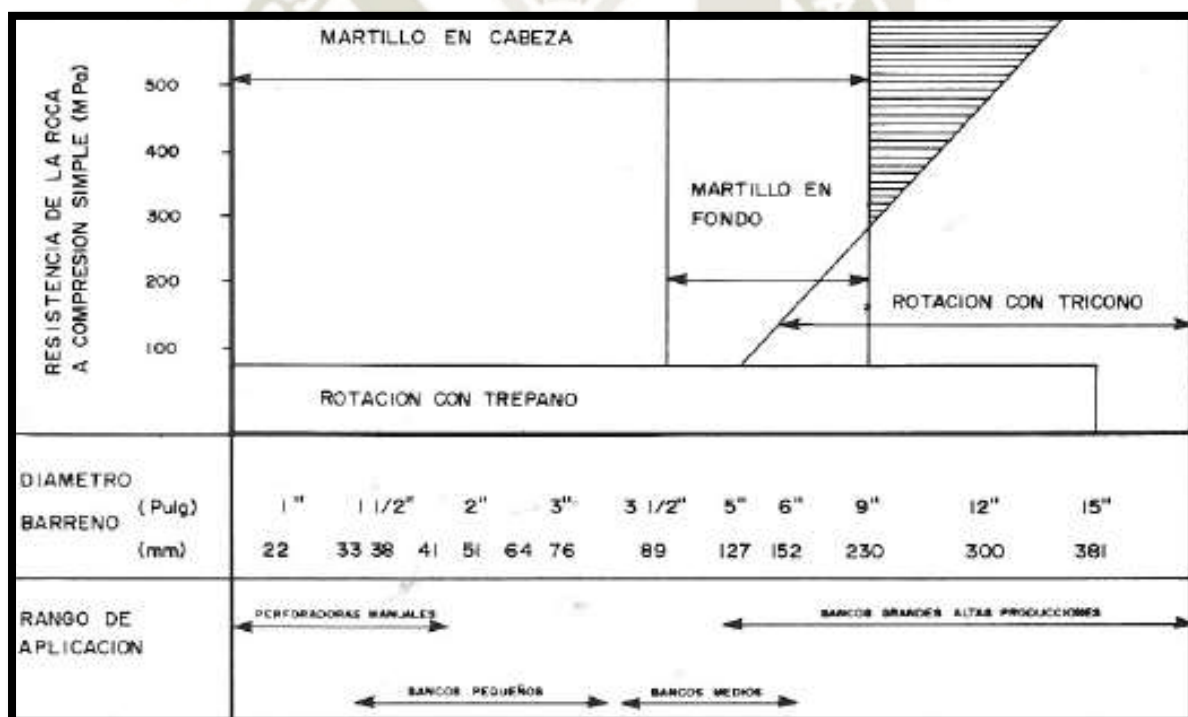


Figura 1. Esquema Particular Proveedores – Entradas – Perforación – Salidas – Clientes
Fuente: Fundamentos de Planificación Minera Superficial de Gustavo Gallardo 2012 – BS grupo.

2.2.2. MÉTODOS DE PERFORACIÓN

Los dos grandes métodos mecánicos de perforación de rocas son los rotopercutivos y los rotativos:

- Atendiendo a la resistencia a la compresión de las rocas y al diámetro de perforación, se pueden delimitar los campos de aplicación de los diferentes métodos como se muestra en la figura 2 (López, 2003).



Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

16

diámetros más comunes para las voladuras en banco se muestra en la figura 3 (López, 2003).

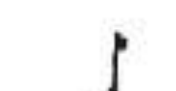
METODOS DE PERFORACION EN BANCO	PERFORACION ROTOPERCUTIVA		PERFORACION ROTATIVA	
	MARTILLO EN CABEZA	MARTILLO EN FONDO	TRITURACION	CORTE
 OBRAS DE CONSTRUCCION	 27-127 mm (1"-5")	 26-216 mm (1"-8 1/2")	 (80-200 mm) poca comuni	 (80-200 mm) poca comuni
 MINERIA A CIELO ABIERTO	 80-127 mm (3 1/2"-5")	 26-216 mm (1"-8 1/2")	 80-640 mm (3 1/2"-17 1/2")	 80-251 mm (3 1/8"-9 7/8")

Figura 3. Métodos de perforación en trabajos a cielo abierto (Atlas Copco)

Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

Otros criterios que intervienen en la selección de los equipos de perforación son: económicos, de diseño mecánico, mantenimiento y servicio, capacidad operativa, adaptabilidad a los equipos de las explotaciones y a las condiciones del área de trabajo, accesibilidad, tipo de roca, fuentes de energía, etc. (López, 2003).

Según Atlas Copco (2012) menciona varios métodos de perforación, pero los más aplicados en minería a tajo abierto son los de martillo de fondo (Down The Hole), martillo en cabeza (Top Hammer) y perforación rotativa con tricono (Rotary Drilling).

El Top Hammer (martillo en cabeza) es un método de rotopercusión en el que la energía de impacto se genera cuando el pistón está golpeando el adaptador del vástago. Esta energía se transmite desde el taladro a través del adaptador del vástago, acero de perforación y broca de martillo a la roca. Este Top hammer se utiliza principalmente para la perforación de roca dura para diámetros de broca de 5 ½ pulgadas (140 mm) y la principal ventaja es su alta velocidad de penetración en dichos terrenos duros (Atlas Copco, 2012).

El DTH (martillo de fondo) es un método de rotopercusión muy aplicado en terrenos duros a suaves abrasivos y no abrasivos. Su energía de impacto se genera cuando el pistón golpea a la broca directamente mientras que el case o carcasa del martillo da una estable y recta orientación a la broca, esto resulta una mínima desviación y una mayor estabilidad en las paredes del taladro o pozo. Este DTH se aplica para diámetros de broca entre 3 5/8 a 9 pulgadas (90 – 229 mm) y tiene una alta velocidad de penetración (Atlas Copco, 2012).

El Rotary Drilling (perforación rotativa) es un método de rotación que tiene la ausencia de la percusión y su corte es rotativo a través de los triconos. Su principio de rotación es proporcionado por un motor hidráulico o eléctrico con caja de cambios accionada llamado cabeza rotatoria que se mueve de arriba hacia abajo en toda la columna de perforación generando el Pull Down requerido para dar peso suficiente a la broca tricónica para que puede realizar el corte al terreno rocoso. Este Rotary Drilling se aplica para diámetros de broca tricónica entre 4 ¾ a 16 pulgadas (120 – 406 mm) para diferentes terrenos desde suave a extremadamente duros (Atlas Copco, 2012).

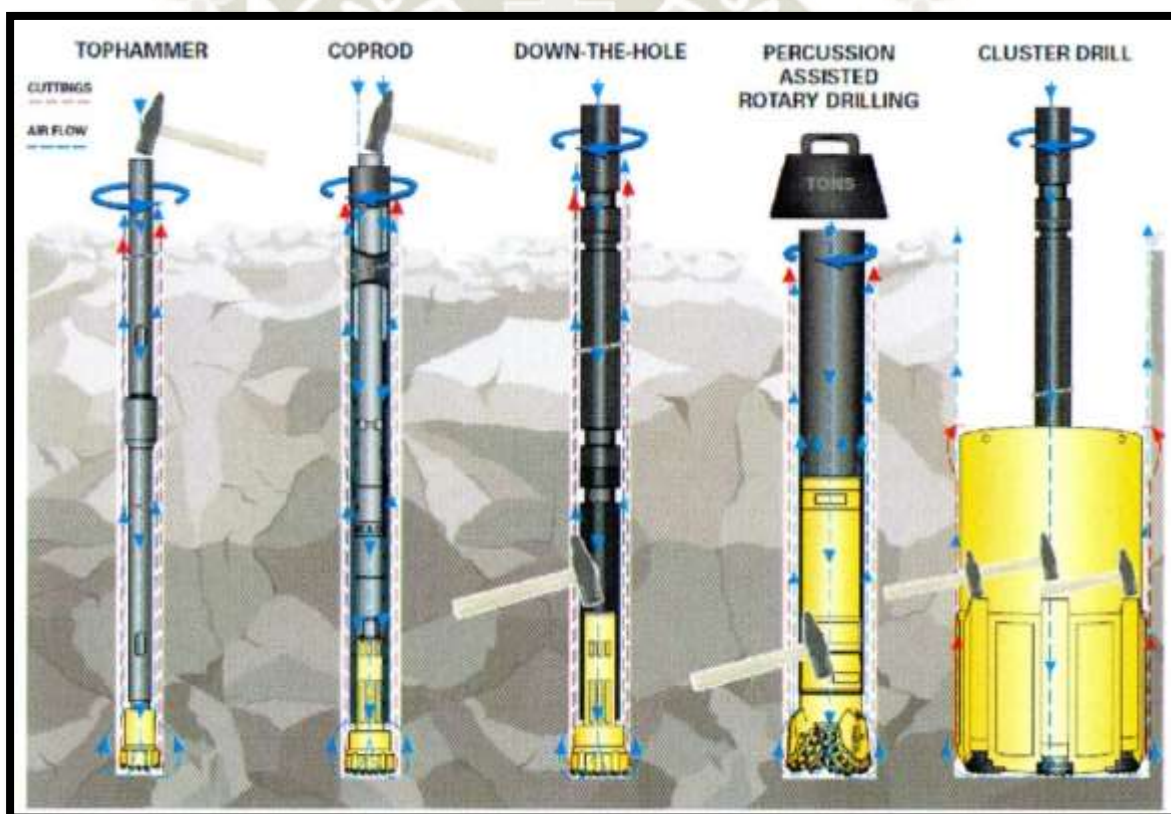


Figura 4. Métodos de perforación 1

Fuente: BLASTHOLE DRILLING IN OPEN PIT MINING, third edition 2012 – Atlas Copco

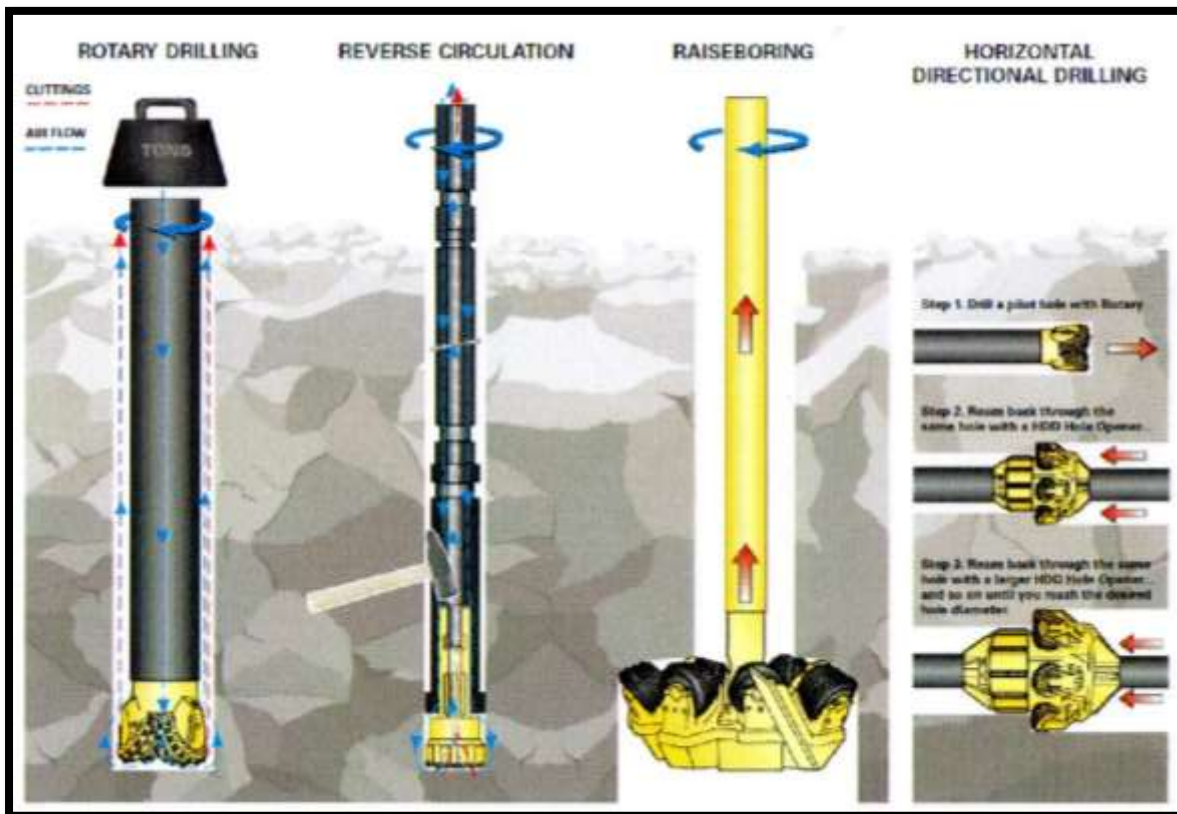


Figura 5. Métodos de perforación 2

Fuente: BLASTHOLE DRILLING IN OPEN PIT MINING, third edition 2012 – Atlas Copco

2.2.3. Descripción de la columna de perforación rotativa

La columna de perforación es uno de los componentes más caros de un equipo de perforación, por lo que su duración determinará si su inversión económica ha sido amortizada o a originado pérdidas a la empresa minera (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

a) Amortiguador de impacto y vibraciones (Shock Absorber)

El amortiguador de vibraciones o de impactos, es uno de los elementos más importantes en el conjunto de la columna, su trabajo consiste fundamental en absorber parte de la energía liberada por la broca tricónica de perforación que no ha sido

utilizada en romper la roca (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

Considerando la evolución tecnológica de los aceros de perforación y la constante exigencia por mayor productividad en las minas, este accesorio es parte vital para un buen desempeño en la operación. Un buen diseño de este accesorio es aquel que tiene incorporado como elemento principal en su estructura una gran masa amortiguadora de impactos que absorba golpes y vibraciones no deseadas que provocan daños a los equipos y afectan a la perforación (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

Los efectos directos más frecuentes en la operación por un amortiguador defectuoso o por la ausencia de este son las siguientes:

- Daños en la broca de perforación, rotura de botones y daños en rodamientos
- Daños en rodamientos de cabezal de rotación, ejes de transmisión, dientes en conjuntos de engranajes
- Daños en la estructura de las torres de perforación y puntos de uniones soldadas.
- Desviación en el rumbo de la perforación
- Vibraciones excesivas en cabina de control (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

Los daños señalados son generados por las solicitaciones mecánicas que actúan de manera constante o alternada sobre la columna de perforación y transfieren energía a través de la broca hasta el amortiguador de vibraciones e impactos (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

b) Adaptador superior (Top Sub)

La columna o tren de barras continúa con los adaptadores superiores que como primera función permiten acoplar elementos con diferentes uniones roscadas, como su nombre lo indica adaptan diferentes tipos de roscas o pueden adaptar elementos de diferentes diámetros, adicionalmente estos adaptadores cumplen una segunda función como elementos de desgastes, impidiendo daños en los hilos de los spindler de los cabezales de rotación y en los hilos de los amortiguadores. La lubricación en los hilos de unión hacia las barras es fundamental para prolongar su vida útil, solamente los hilos machos de los adaptadores se deben engrasar, los hilos hembras no se engrasan porque el flujo de aire los impulsa al fondo de la columna y pueden obstruir las toberas de refrigeración y lubricación de los triconos (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

Los adaptadores, así como los otros componentes de la columna son fabricados en aceros de alta resistencia, razón por la cual se debe evitar al máximo aplicar soldaduras para fijarlos a los amortiguadores, un calentamiento excesivo en las zonas de unión con el amortiguador provoca revenidos en el acero alterando su estructura metalografía y alterando su resistencia mecánica (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

c) Barra de perforación (Drill Pipe)

Inmediatamente debajo de los adaptadores superiores se ubican las barras de perforación, se pueden definir como elementos de extensión y de unión que transfieren la energía de rotación y empuje desde el cabezal de rotación a la herramienta de corte o tricono de perforación conduciendo internamente el aire necesario para generar la evacuación del material cortada desde el fondo de la perforación a la superficie. Las longitudes, los diámetros, los hilos y sus

diseños obedecen exclusivamente al tipo de maquina en que serán usadas (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

Las barras de perforación no obedecen a un estándar de fabricación, este depende como se ha señalado principalmente del terreno donde se usarán, básicamente su diseño consiste en un tubo de unión entre un terminal con rosca macho y un terminal con rosca hembra, razón por la cual la vida útil de las barras se mide por el desgaste que gradualmente va sufriendo la pared de dicho tubo. Independiente de lo anterior, las barras se pueden especificar por el espesor de pared del tubo señalado, cuando las condiciones de dureza de roca exigen una mayor energía de empuje se necesita que las barras puedan tener una mayor resistencia a las cargas de compresión, por tal razón su espesor de pared debe ser necesariamente mayor (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

d) Adaptador de broca tricónica (Bit Sub) / Estabilizador de rodillos (EZ-Drill)

En la parte inferior de la columna de perforación se ubican los adaptadores de tricono a barras que unen las barras de perforación con los triconos de perforación, su función es similar a los adaptadores superiores, en algunos casos deben unir elementos con roscas diferentes, pero nunca unir elementos con diferentes diámetros, es por eso que su función principal es unir la columna de barras con la broca de perforación además de proteger a la barra iniciadora del flujo de material turbulento producido en el fondo del taladro o pozo (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

El adaptador de broca es el elemento de una columna que está expuesto a las más severas condiciones de desgastes por abrasión las que se originan en el fondo de la perforación.

Históricamente los adaptadores de triconos cumplían funciones de estabilizadores de la columna de perforación, para lo cual se confeccionaban con rodillos giratorios o aletas de aceros anti abrasivos dispuestas en sentido longitudinal o helicoidal (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

El estabilizador de rodillos es el único que posee especificaciones de diseño en estabilizadores para cumplir aplicaciones con chorro de aire en el pozo de perforación, en las que el nivel de anteriores estabilizadores no ha dado el resultado a la rentabilidad de las operaciones en la perforación (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

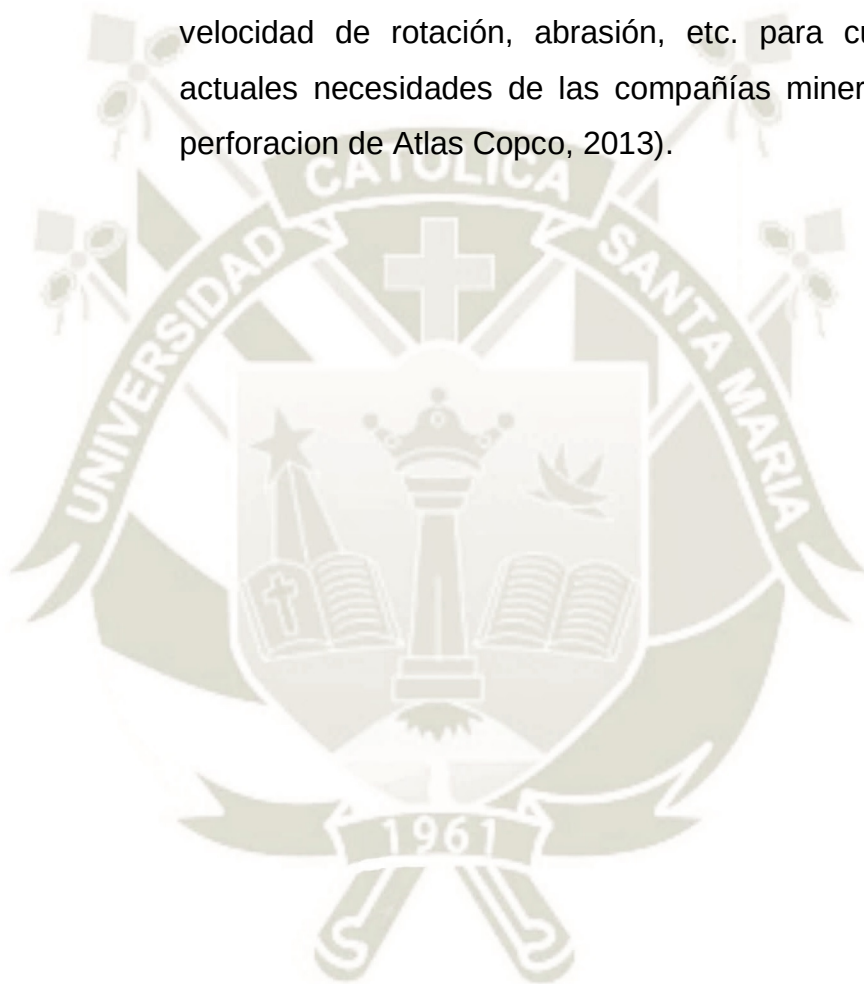
e) Anillos guías rotatorios (Deck Bushing)

La importancia de este accesorio generalmente no es plenamente reconocida por los usuarios, así como tampoco su adecuado uso y manipulación. Sin embargo en el ítem de la columna de perforación el costo de este accesorio puede llegar a ser altamente incidente si no se controla debidamente su uso en la operación, los principales daños se producen por golpes que reciben a través de la columna de perforación cuando el terreno que se está perforando es muy duro, en estas condiciones de perforación las barras están siendo sometidas a una gran carga de empuje lo que a su vez da origen a grandes curvas de pandeo que asociadas a la rotación en conjunto con las vibraciones son los mayores causantes de golpes y daños en los anillos guías (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

La función principal de los anillos guías rotatorios es mantener centrada la columna de barras mientras se está perforando, sea en posición vertical o inclinada, reducir la fricción metal-metal con la columna a través de sus anillos montados en rodamientos (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

f) Broca tricónica (Tricone Bit)

La función principal de la broca es romper la roca que se encuentra en el fondo del taladro o pozo usando sus insertos de carburo de tungsteno por medio del peso ejercido por la perforadora (Pull Down) con la rotación dada por el cabezal de rotación y aire del compresor de la máquina, el tricono debe ser capaz de perforar y soportar las exigencias de peso, velocidad de rotación, abrasión, etc. para cumplir con las actuales necesidades de las compañías mineras (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).



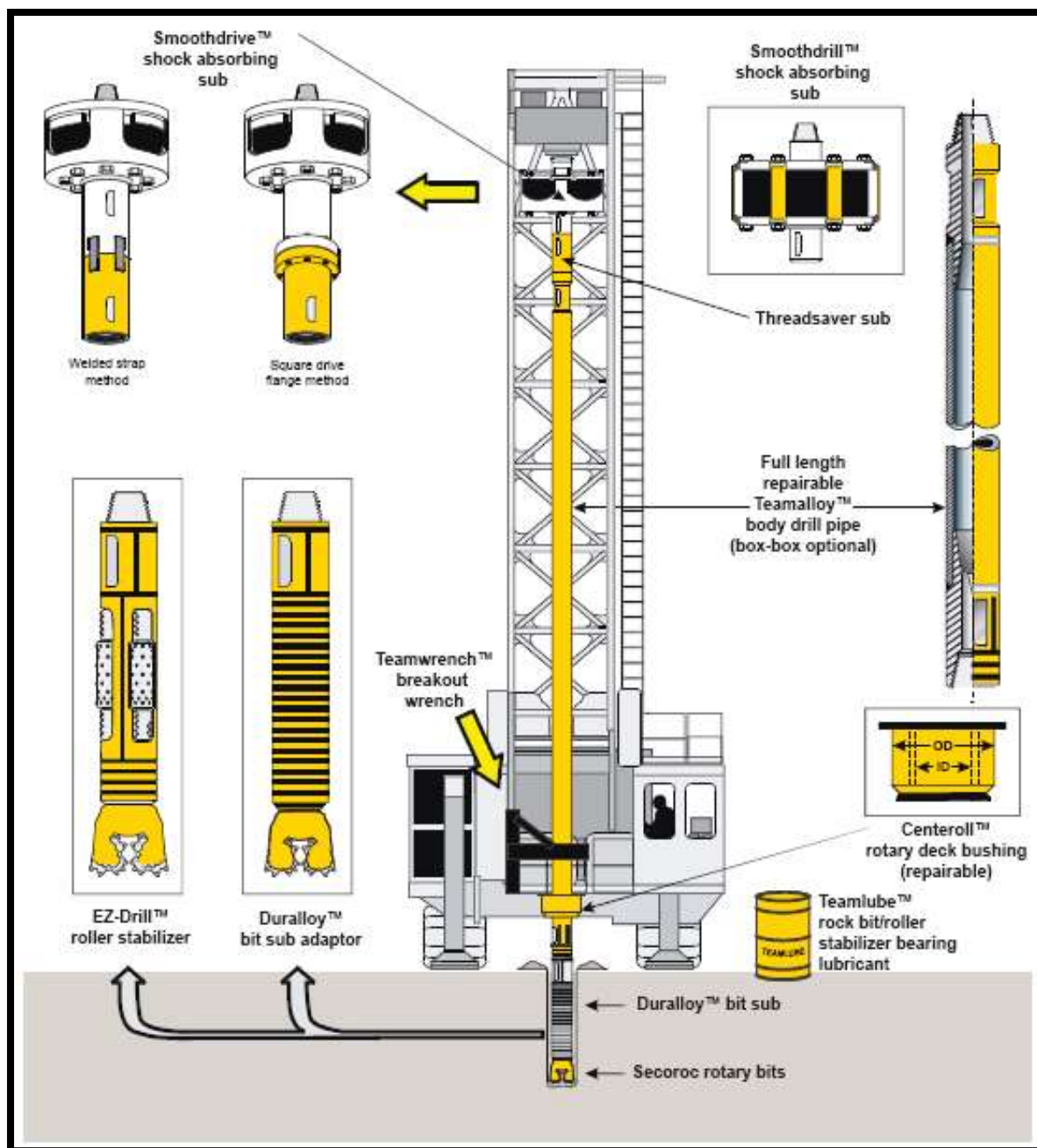


Figura 6. Esquema de la columna de perforación rotativa

Fuente: LA COLUMNA DE PERFORACIÓN ROTATIVA de Elard Rodríguez – Atlas Copco Peruana S.A. 2016

2.2.4. Práctica operativa (variables de perforación rotativa)

Las variables internas que intervienen en la perforación rotativa son:

- Empuje sobre la broca.
- Velocidad de rotación.
- Desgaste de la broca.
- Diámetro del taladro.
- Caudal de aire para la evacuación del detrito (López, 2003).

Mientras que las variables externas son las siguientes:

- Características resistentes de la formación rocosa.
- Eficiencia del operador (López, 2003).

a) Empuje sobre la broca

López (2003) sostiene que: “El empuje aplicado sobre la broca debe ser suficiente para sobrepasar la resistencia a la compresión de la roca, pero no debe ser excesivo para evitar fallos prematuros o anormales del tricono”.

Según López (2003), la velocidad de penetración aumenta proporcionalmente con el empuje, hasta que se llega a un agarrotamiento del tricono contra la roca por efecto del enterramiento de los insertos o hasta que por la alta velocidad de penetración y el gran volumen de detritus que se produce no se limpia adecuadamente el barreno.

López (2003) menciona que, en formaciones duras, un empuje elevado sobre la broca puede producir roturas en los insertos antes de presentarse un agarrotamiento o un defecto de limpieza. También, disminuye la vida de los cojinetes, pero no necesariamente la longitud perforada por el tricono como se puede apreciar en la figura 7:

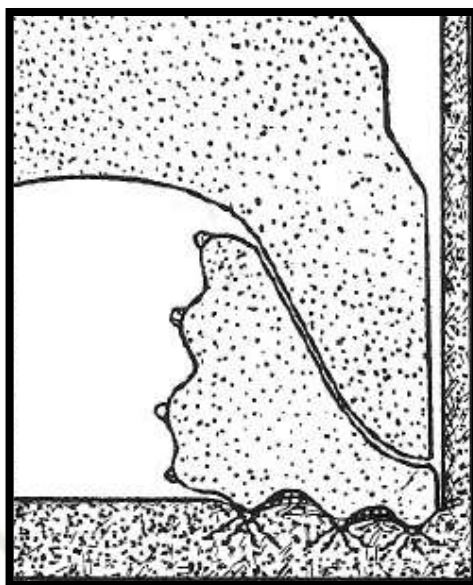
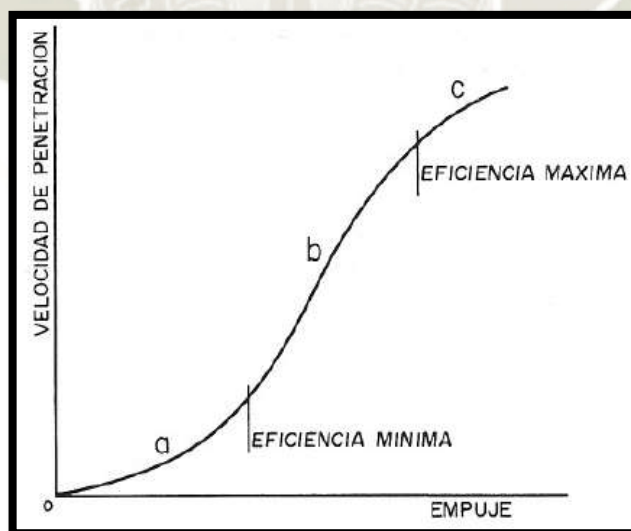


Figura 7. Rotura de la roca. Empuje excesivo

Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

Cuando se perfora una roca, los triconos pueden trabajar en tres situaciones distintas como se muestra en la gráfica 1:



Gráfica 1. Efecto del empuje sobre la velocidad de penetración

Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

- a) Empuje insuficiente
- b) Avance eficiente
- c) Enterramiento de la broca (López, 2003).

López (2003) sostiene que el empuje mínimo, por debajo del cual una roca no es perforada, puede estimarse con la siguiente ecuación:

$$E_m = 28.5 \times RC \times D$$

donde:

E_m = Empuje mínimo (libras).

RC = Resistencia a compresión de la roca (Mpa).

D = Diámetro del tricono (pulgadas).

López (2003) sostiene que el empuje máximo, por encima del que se produce el enterramiento del tricono, se considera que vale el doble del valor anterior:

$$E_M = 2 \times E_m$$

López (2003) sostiene que el empuje normal viene hacer el promedio del mínimo con el máximo y es el que da un avance eficiente:

$$E = \frac{E_m + E_M}{2}$$

En la figura 8 se dan los valores límites para triconos de diferentes diámetros:

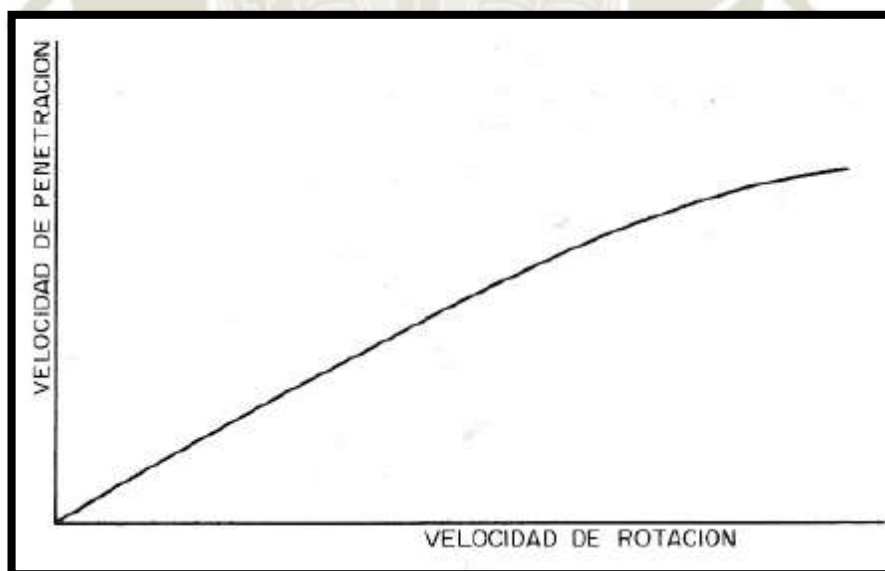
DIAMETRO DEL TRICONO (pulg)	EMPUJE LIMITE (libras)
5 ¹ / ₈	21.000
6 ¹ / ₄	31.000
6 ³ / ₄	37.000
7 ⁷ / ₈	50.000
9	65.000
9 ⁷ / ₈	79.000
12 ¹ / ₄	121.000

Figura 8. Valores de empuje para diferentes diámetros

Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

b) Velocidad de rotación

López (2003) sostiene que la velocidad de penetración aumenta con la velocidad de rotación en una proporción algo menor que la unidad, hasta un límite impuesto por la evacuación de los detritus como se puede apreciar en la gráfica 2:



Gráfica 2. Efecto de la velocidad de rotación sobre la velocidad de penetración

Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

López (2003) menciona que: “Las velocidades de rotación varían desde 60 a 120 rev/min para los triconos con dientes de

acero y 50 a 80 rev/min para los de insertos de carburo de tungsteno”. En la figura 9 se indican las velocidades de rotación adecuadas para diferentes tipos de roca:

TIPO DE ROCA	VELOCIDAD DE ROTACION(r/min)
Blanda	75 - 160
Media	60 - 80
Dura	35 - 70

Figura 9. Valores de RPM para diferentes tipos de roca

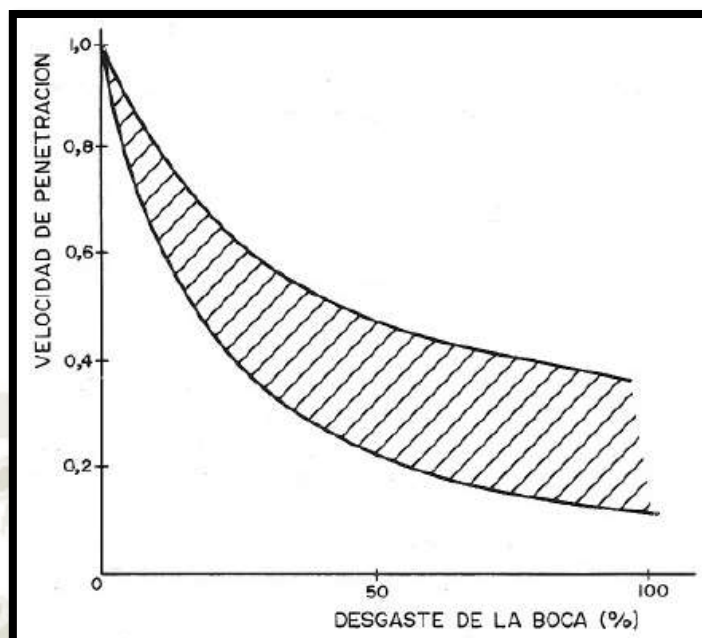
Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

Según López (2003) el límite de la velocidad de rotación está fijado por el desgaste de los cojinetes, que a su vez depende del empuje, de la limpieza del taladro y de la temperatura; y por la rotura de los insertos que es provocada por el impacto del tricono contra la roca, siendo la intensidad de este proporcional al cuadrado de la velocidad de rotación.

c) Desgaste de la broca

López (2003) menciona que: “Cuando se utilizan brocas tricónicas, la velocidad de penetración disminuye considerablemente conforme aumenta el desgaste de la broca”.

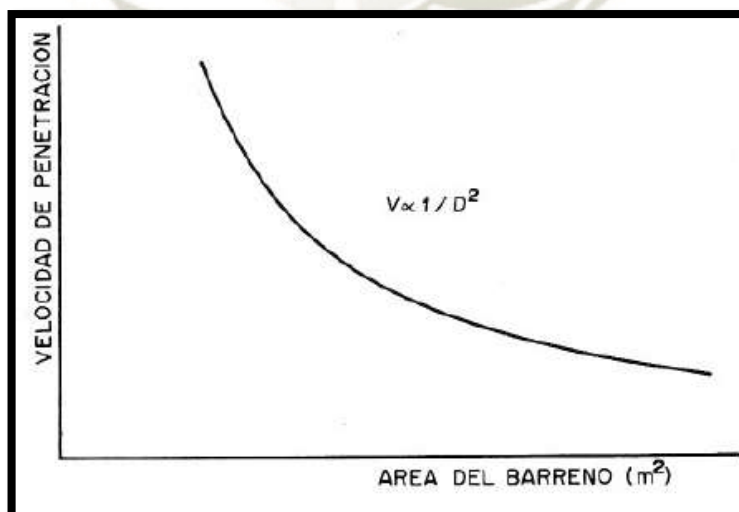
La gráfica 3 muestra como para un tricono a mitad de uso, la velocidad de penetración puede reducirse de un 50 a un 75% con respecto a la obtenida con un tricono nuevo (López, 2003).



Gráfica 3. Efecto del desgaste de la broca sobre la velocidad de penetración
Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

d) Diámetro del taladro

La gráfica 4 refleja como la velocidad de penetración obtenida con empuje y velocidad de rotación constantes es proporcional al inverso del diámetro de perforación al cuadrado (López, 2003).



Gráfica 4. Variación de la velocidad de penetración con el diámetro
Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

e) Caudal de aire

Cuando la perforación se efectúa con menos aire que el necesario para limpiar con efectividad el taladro, se producen los siguientes efectos negativos:

- Disminución de la velocidad de penetración.
- Aumento de empuje necesario para perforar.
- Incremento de las averías de la perforadora, debido al mayor par necesario para hacer girar el tricono.
- Aumento del desgaste en el estabilizador, en la barra y en el tricono (López, 2003).

El tricono necesita como mínimo 40 psi de presión de aire para así garantizar que los cojinetes puedan ser refrigerados y lubricados (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

f) Presión de rotación

La presión de rotación o torque, nos indica la presión ejercida a la broca provocada por el Pull Down y la velocidad de rotación en el fondo del taladro contra la presión ejercida por el terreno (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

g) Velocidad de barrido

Es la rapidez con que el aire sale del taladro, esta velocidad de barrido deberá ser de 5000 a 7000 pies/min para material seco y ligero y deberá ser de 7000 a 9000 pies/min para material húmedo y pesado ya que el agua hace que las partículas se junten haciéndose más grandes y pesadas al momento de ser barridas (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

h) Inyección de agua al taladro

Requerida para suprimir el polvo y empatar el pozo, sin embargo, la broca se debe operar sin agua debido a que daña

los rodamientos y fractura los rodillos (Manual de perforacion de Atlas Copco, 2013).

2.2.5. Velocidad de penetración y velocidad media de perforación

Tanto en la etapa de ingeniería conceptual o estudio de prefactibilidad de un proyecto, y más aún en la etapa de ingeniería básica o de factibilidad, es preciso estimar costos de operación; entre los cuales, en una mina a tajo abierto, el costo de perforación es relevante. Cualquier estimación pasa, inevitablemente, por hacerse la pregunta: ¿Cuántos metros por hora perforará el equipo seleccionado para un determinado diámetro de perforación? La respuesta no es trivial, sobre todo cuando aún no se dispone de suficiente información de los tipos de roca e incluso de muestras representativas de todo el cuerpo mineralizado (Ortiz, 2004).

La velocidad de penetración depende no solo de las variables y/o parámetros operativos del sistema, sino que también, y de manera primordial, de las propiedades físico-mecánicas y geomecánicas del macizo rocoso (Ortiz, 2004).

Existen dos procedimientos para la determinación de la velocidad de penetración:

1. Recogida de muestras representativas y realización de ensayos a escala por las casas fabricantes de triconos. Estas emiten un informe en el que se indican:

- Tipo de trcono recomendado
- Empuje y velocidad de rotación aconsejadas
- Velocidad de penetración estimada
- Duración prevista del trcono (López, 2003).

La fiabilidad de los resultados depende de la representativa de las muestras enviadas y, en general, son conservadores a efectos de cálculo de producción y costes, pues en las pruebas no se tiene en cuenta el efecto de las discontinuidades y el relleno de estas (López, 2003).

2. Cálculo de la velocidad de penetración a partir de la resistencia a compresión simple de la roca. Este procedimiento se basa en la utilización de fórmulas propuestas por diversos investigadores (López, 2003).

Una forma instantánea de hallar la velocidad de penetración es en base a la fórmula del movimiento en un espacio o distancia ejercido en un tiempo dado que es la siguiente expresión:

$$V_P = \frac{R_T}{H_E}$$

Donde:

V_P = Velocidad de penetración (metros/hora).

R_T = Recorrido del tricono (metros).

H_E = Horas efectivas perforadas.

López (2003) sostiene que una vez determinada la velocidad de penetración, es preciso estimar cual será la velocidad media resultante al incluir los tiempos muertos como izaje y descenso de la columna rotativa, levantamiento y nivelación del equipo con las gatas hidráulicas, desempate y empalme de barras o el traslado de punto a punto del equipo de perforación. Además, esta velocidad media está presente en el cálculo del coste de perforación por metro perforado o TDC (Total Drilling Cost).

Se calcula mediante la expresión:

$$VM = 2 \times VP^{0.65}$$

Donde:

VM = Velocidad de media de perforación (metros/hora).

VP = Velocidad de penetración (metros/hora) (López, 2003).

2.2.6. Fórmulas de estimación de la velocidad de penetración

Para obtener una velocidad de penetración es un procedimiento de gran sencillez y está basado en fórmulas determinadas por ensayos de campo. En general, tienen en cuenta las siguientes variables:

- Diámetro de perforación.
- Empuje sobre el tricono.
- Velocidad de rotación.
- Resistencia a la compresión simple (López, 2003).

La variable desconocida es la resistencia a la compresión, cuyo valor es fácilmente estimado mediante un ensayo de laboratorio o de campo, a partir de la resistencia bajo carga puntual (López, 2003).

En 1967, después de un trabajo de investigación realizado en explotaciones de mineral de hierro en Canadá, A. Bauer y P. Calder propusieron la siguiente expresión:

$$\log \frac{VP}{6} = K \times \log \frac{E}{RC \cdot 12}$$

Donde:

VP = Velocidad de penetración (pies/hora).

K = Factor que depende de la roca y varía entre 1.4 y 1.75 para rocas con resistencia a compresión comprendidas entre 15 000 y 50 000 libras por pulgada cuadrada.

E = Empuje (libras por pulgada de diámetro).

RC = Resistencia a la compresión (libras por pulgada cuadrada) (López, 2003).

En 1971, Bauer modifico la formula introduciendo otra variable, como es la velocidad de rotación (López, 2003).

$$VP = [61 - 28 \log_{10} RC] \times \frac{E}{D} \times \frac{N_r}{300}$$

Donde:

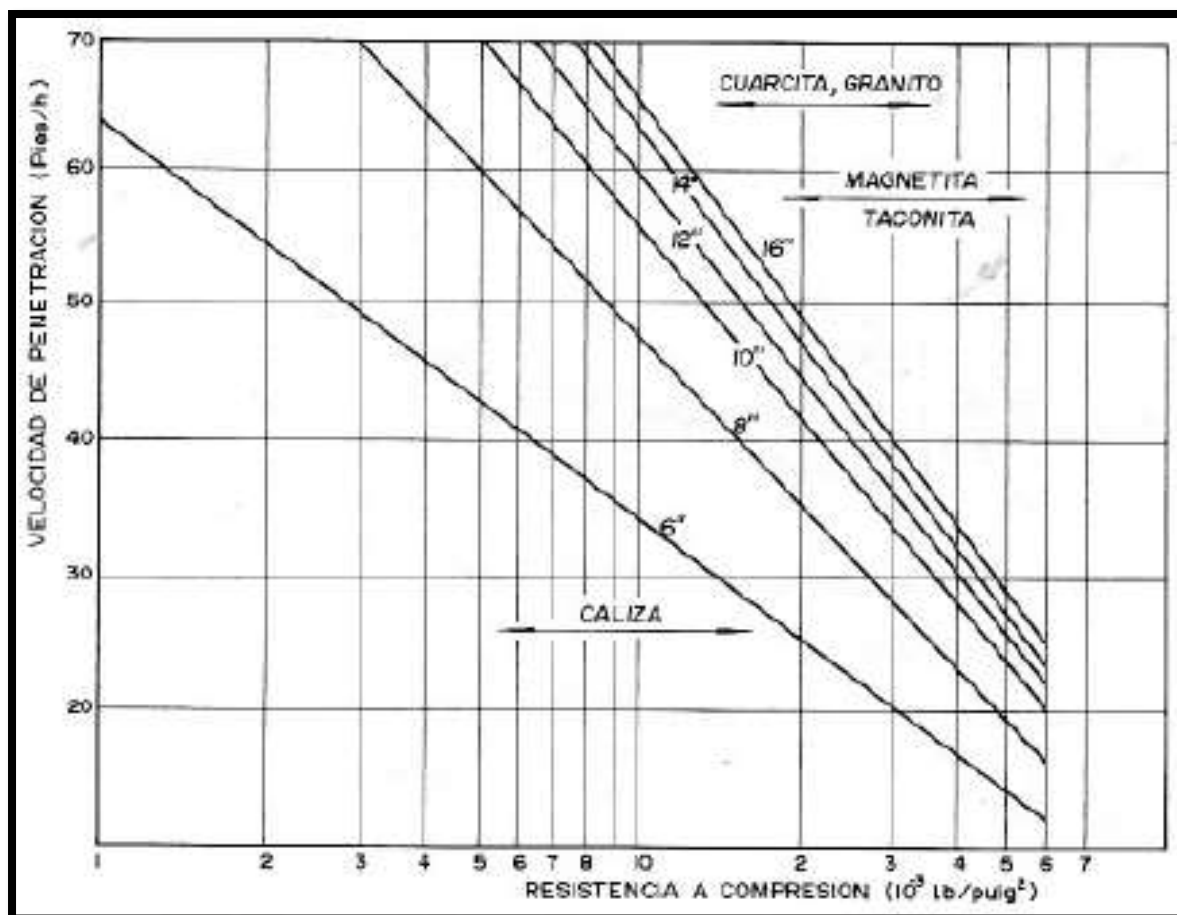
VP = Velocidad de penetración (pies/hora).

RC = Resistencia a compresión (miles de libras por pulgada cuadrada).

E/D = Empuje unitario (miles de libras por pulgada de diámetro)

Nr = Velocidad de rotación (r/min) (López, 2003).

Esta fórmula da buenos resultados en el rango de resistencias a compresión citado. En la gráfica 5 se da un nomograma para el cálculo de la velocidad de penetración en función de la resistencia a compresión (López, 2003).



Gráfica 5. Estimación de la VP a partir de la RC (Bauer y Calder)

Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

R. Praillet en 1978 dedujo la siguiente fórmula empírica:

$$VP = \frac{63.9 \times E \times N_r}{RC^2 \times D^{0.9}}$$

Donde:

VP = Velocidad de penetración (metros/horas)

E = Empuje (Kg)

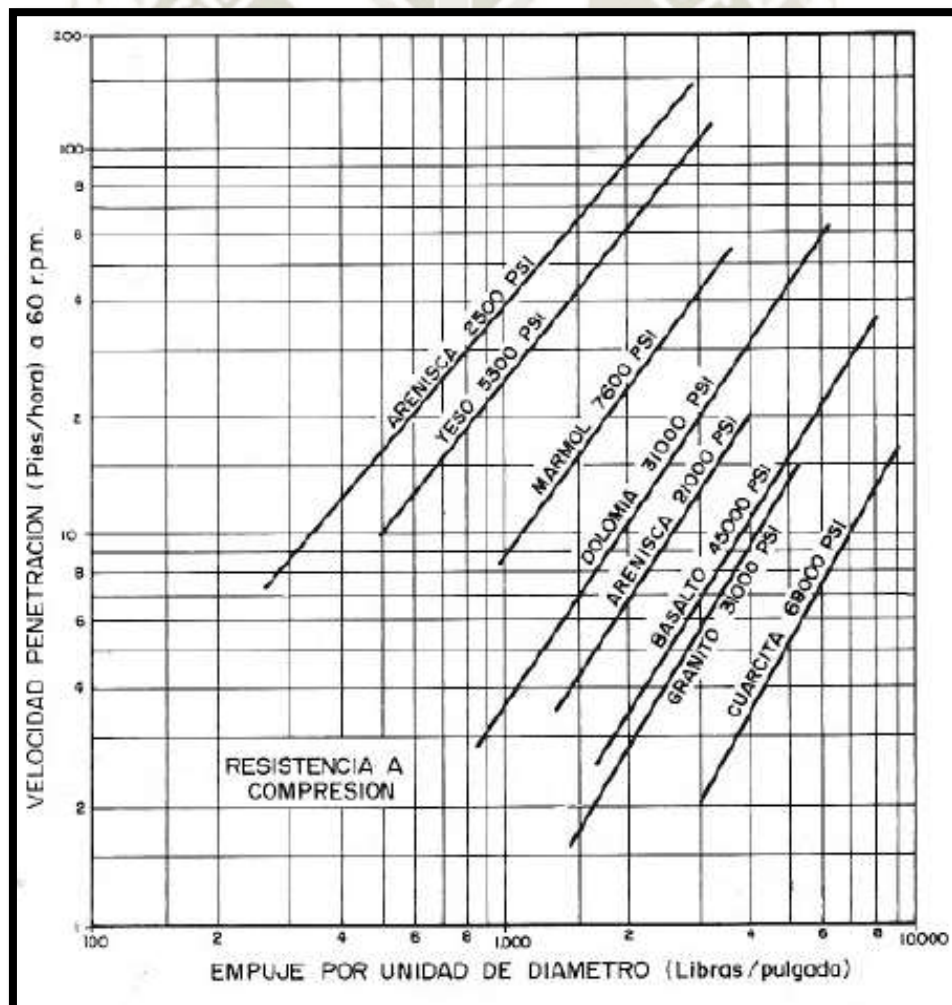
Nr = Velocidad de rotación (rev/min)

RC = Resistencia a la compresión de la roca (Mpa)

D = Diámetro de la broca tricónica (mm) (López, 2003).

Esta fórmula tiene una mayor fiabilidad comparada con la fórmula de Bauer (1971) en todos los rangos de resistencias de las rocas, y permite calcular en una operación en marcha el valor de RC. Además, esta fórmula es de materia de estudio de la presente tesis (López, 2003).

López (2003) menciona que las casas fabricantes de triconos han construido ábacos muy sencillos donde en función del empuje sobre el tricono y la resistencia a la compresión de la roca, se calcula la velocidad de penetración para una velocidad de rotación constante de 60 rev/min como se aprecia en la gráfica 6:



Gráfica 6. Nomograma de velocidades de penetración

Fuente: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, López Jimeno (2003).

2.2.7. Costo total de perforación (TDC)

Llaique & Sánchez (2015) mencionan que: “El mejor medio de determinar cuál es la broca ideal a utilizar es hacer una evaluación de los aspectos económicos”. Las dos maneras más comunes de calcular el costo de perforación se conocen por las siglas: PDC (Partial Drilling Cost = costo parcial de perforación) y TDC (Total Drilling Cost = costo total de perforación) (Llaique & Sánchez, 2015).

Llaique & Sánchez (2015) sostienen que el costo parcial de perforación es el precio al que se adquirió la broca dividido por la distancia que perfora y este puede expresarse por la fórmula:

$$PDC = \frac{\text{Precio de compra de la broca}}{\text{Distancia perforada (pies o metros)}}$$

Llaique & Sánchez (2015) sostienen que el TDC es el PDC incluyendo la productividad en la ecuación. El TDC incluye el costo de la broca, el rendimiento por hora del equipo de perforación, pies o metros por hora y distancia perforada. La fórmula del TDC se expresa normalmente por una de las dos ecuaciones siguientes:

$$TDC = \frac{\text{Costo de la broca de perforación}}{\text{Metros perforados}} + \frac{\text{Costo de la perforadora por hora}}{\text{Metros perforados por hora}}$$

Si el tiempo de perforación no es problema, el costo parcial de perforación (PDC) es probablemente la mejor forma de evaluar el funcionamiento de la broca. Sin embargo, si tiene poco tiempo para la perforación y está dispuesta a manejar la flota de perforadoras en razón de la productividad, el costo total de

perforación (TDC) podría ser un buen criterio (Llaique & Sánchez, 2015).

a) Estructura del costo de perforación

Hablar de la evaluación de los costos de perforación, es referirse a la velocidad de penetración y a los metros perforados por cada broca tricónica, ya que estos dos factores inciden fundamental en la perforación. Debido a que existe una relación inversamente proporcional entre ambos, es imposible mejorar el rendimiento de uno sin afectar el otro. Para elegir una adecuada combinación de estos factores, se requiere un patrón de medida en el cual, estén considerados todas las condiciones particulares de la operación, por lo que el mejor parámetro de evaluación está en función del costo métrico (Llaique & Sánchez, 2015).

La presente tesis determinará el costo total de perforación en base a los factores mencionadas anteriormente mediante la siguiente fórmula:

$$TDC = \frac{B}{M} + \frac{D}{ROP} \quad [1]$$

Donde:

TDC: Costo Total de Perforación (US\$/mt)

B: Precio de la broca (US\$)

D: Costo horario de la perforadora (US\$/hrs)

ROP: Velocidad de penetración (mts/hr)

M: Metros perforados por el tricono (mts) (Llaique & Sánchez, 2015).

Realizando una evaluación de la fórmula [1] tenemos:

El precio de la broca tricónica (B) es diferente para cada empresa minera, ya que se obtiene al ponderar el precio de lista ofrecido por el fabricante por un factor que depende fundamentalmente de la situación geográfica de los proveedores, gravámenes e impuestos que debe tributar cada consumidor, según sea el tipo, marca y diámetro. Por lo anterior, el factor no es estándar para los fabricantes (Llaique & Sánchez, 2015).

$$C_1 = \frac{B}{M} \quad [2]$$

Donde:

C1 = Costo del elemento del corte

B = Precio de la broca tricónica puesta en el terreno (US\$)

M = Total de metros perforados por la broca tricónica (m) (Llaique & Sánchez, 2015).

$$C_2 = \frac{D \times T}{M} \quad [3]$$

Donde:

C2 = Costo de la operación minera

D = Costo horario del equipo de perforación (US\$/hrs)

T = Tiempo de operación del tricono (hrs)

M = Metros perforados por el tricono (mts) (Llaique & Sánchez, 2015).

El costo horario del equipo de perforación (D) está dado por:

➤ **Costo directo:**

Dependiendo del sistema de costos que adopte cada empresa, se pueden determinar los costos directos del equipo por hora, para un periodo determinado a través de:

$$C_D = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n H_i} \quad [4]$$

Donde:

d_i = Costo directo (US\$)

H_i = Horas de trabajo (hrs) (Llaique & Sánchez, 2015).

En donde los costos directos comprenden:

- Costos de mano de obra (d_1)
- Costos de energía (d_2)

Determinado por:

$$\frac{\frac{\text{US\$}}{\text{Galones}}}{\text{Mes}} \quad \frac{\text{Horas de trabajo del equipo}}{\text{Mes}} \quad [5]$$

- Costos relacionados con la mano de obra (d_3)
- Costos de columna de perforación (d_4)
- Costo de mantenimiento y reparación (d_5)
- Costos Prorratableables (d_6) (Llaique & Sánchez, 2015).

➤ **Costo indirecto:**

Estos costos se refieren a los que no están relacionados directamente con el proceso de perforación (Llaique & Sánchez, 2015).

- Depreciación del equipo (d_7)
- Seguros e impuestos (d_8)

- Costo de supervisión (d9)
- Costos de bodegas e inventarios (d10)

b) Costo total de perforación

El costo total de perforación está dado por:

$$C = C_1 + C_2 \quad [6]$$

Reemplazando la ecuación [2] y [3] tenemos:

$$C = \frac{B}{M} + \frac{D \times T}{M} \quad [7]$$

$$C = \frac{B + (D \times T)}{M} \quad [8] \text{ (Llaique \& Sánchez, 2015).}$$

- **Importancia de la velocidad de penetración en la obtención del costo mínimo**

De acuerdo a la ecuación [7] tenemos:

$$C = \frac{B}{M} + \frac{D \times T}{M} \quad [9]$$

Replanteando la variable "T" en el denominador, se obtiene:

$$C = \frac{B}{M} + \frac{D}{\frac{M}{T}} \quad [10]$$

Pero sabemos que M/T se denomina la velocidad de penetración y se denota como ROP, luego al reemplazar en la ecuación [10], se obtiene:

$$C = \frac{B}{M} + \frac{D}{ROP} \quad (\text{Llaique \& Sánchez, 2015}).$$

Luego, de la ecuación anterior se concluye que:

$$C = f_{(M,ROP)}$$

El costo es una función de los metros perforados y de la velocidad de penetración obtenida en la perforación (es decir el ROP y M son inversamente proporcionales al costo o TDC). Esto quiere decir que, a mayor velocidad de penetración, el costo total de perforación se reduce (Llaique & Sánchez, 2015).

Los factores que están relacionados directa e indirectamente con la velocidad de penetración y los demás factores de la fórmula en mención son:

- Propiedades del macizo rocoso.
- Broca tricónica adecuada para el terreno a perforar.
- Velocidad de barrido.
- Velocidad de salida del detrito.
- Peso aplicado sobre la broca tricónica (Empuje).
- Revoluciones por minuto de la broca tricónica (RPM).
- Análisis de desgaste de las brocas tricónicas.
- Estudios de profundidad de corte (Llaique & Sánchez, 2015).

2.2.8. Vida útil de los aceros de perforación

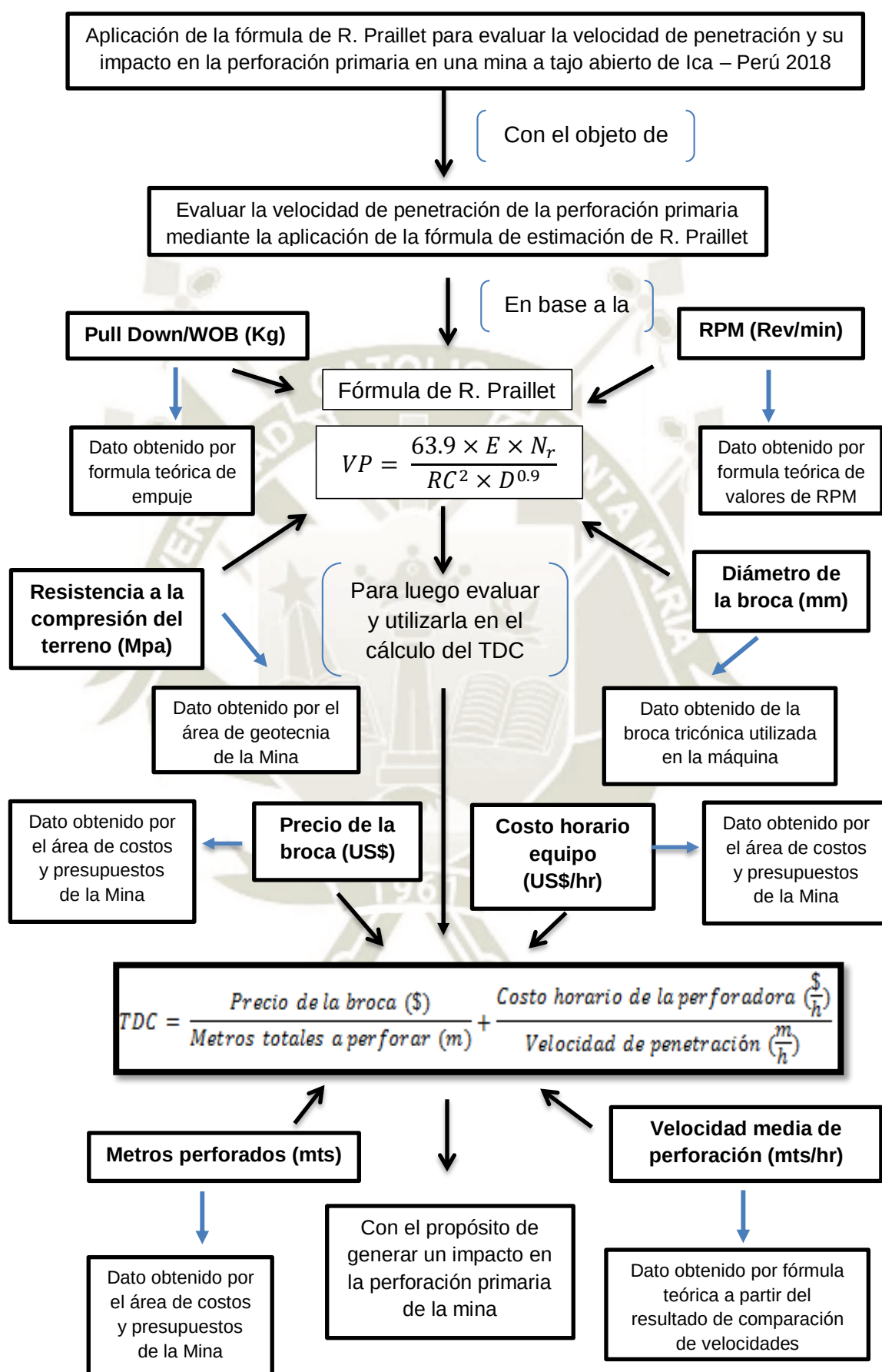
Chirinos (2015) menciona que: “La duración de los aceros de perforación depende de numerosos factores, por lo que, no pueden darse cifras exactas. Al determinar la vida práctica en servicio en un lugar de trabajo determinado, lo que implica es que hay que reemplazar los útiles de perforación antes de que se rompan y perturben la producción”.

La vida útil de un acero de perforación, es el tiempo en el cual la herramienta puede operar con eficiencia, es dada por el fabricante y depende del material con el que ha sido elaborada. (Chirinos, 2015)

El desgaste de los aceros de perforación es un proceso en el que se reduce la vida útil, debido al tipo de herramienta (configuración), a la roca y los esfuerzos aplicados sobre ellos. El desgaste de los aceros se produce además por una combinación de los siguientes factores:

- Minerales en la roca; incluyendo su dureza, tamaño y matriz.
- Resistencia, dureza y abrasividad de la roca.
- Profundidad y velocidad de corte o perforación.
- Existencia de fuerzas de impacto en las herramientas (perforación en roca fisurada) “al vacío” o condiciones cambiantes.
- Tipo de corte o perforación (percusión, “rasgado” y rotación).
- Presencia de enfriadores entre la roca y la herramienta.
- Sistema eficiente de remoción y evacuación de detritus.
- Calidad del metal de la herramienta (resistencia y dureza) (Chirinos, 2015).

2.3. GRÁFICO DEL MODELO



CAPÍTULO III



3. MATERIAL DE ESTUDIO

3.1. GENERALIDADES Y DESCRIPCIÓN DE LA MINA

3.1.1. Ubicación y accesibilidad

La mina de estudio se encuentra ubicada políticamente en el distrito de San Juan de Marcona, provincia de Nazca, departamento de Ica, en la costa sur del Perú, aproximadamente a 530 Km (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

El acceso desde Lima es a través de la carretera Panamericana Sur con dirección a Nazca y posteriormente tomando la dirección oeste, hacia la ciudad de San Juan de Marcona. Todas las vías por las que se circula para llegar a Marcona están asfaltadas (Romero, 2018).

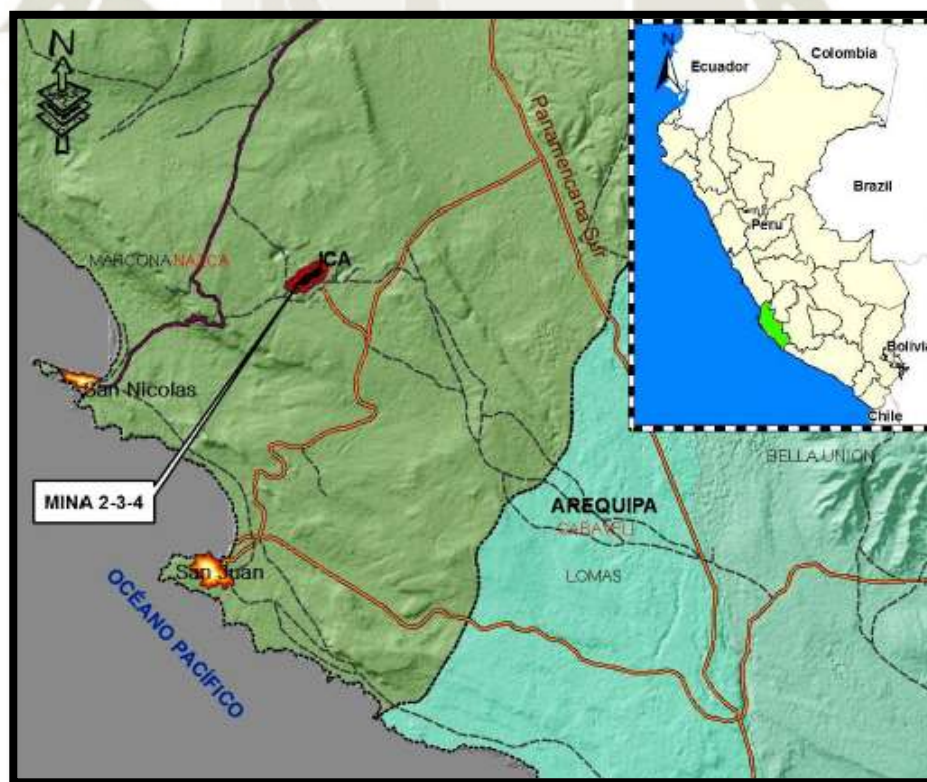


Figura 10. Ubicación de las Minas 3 y 4

Fuente: Romero, C. (2018). Geología y estabilidad de taludes en la mina 2-3-4 Shougang

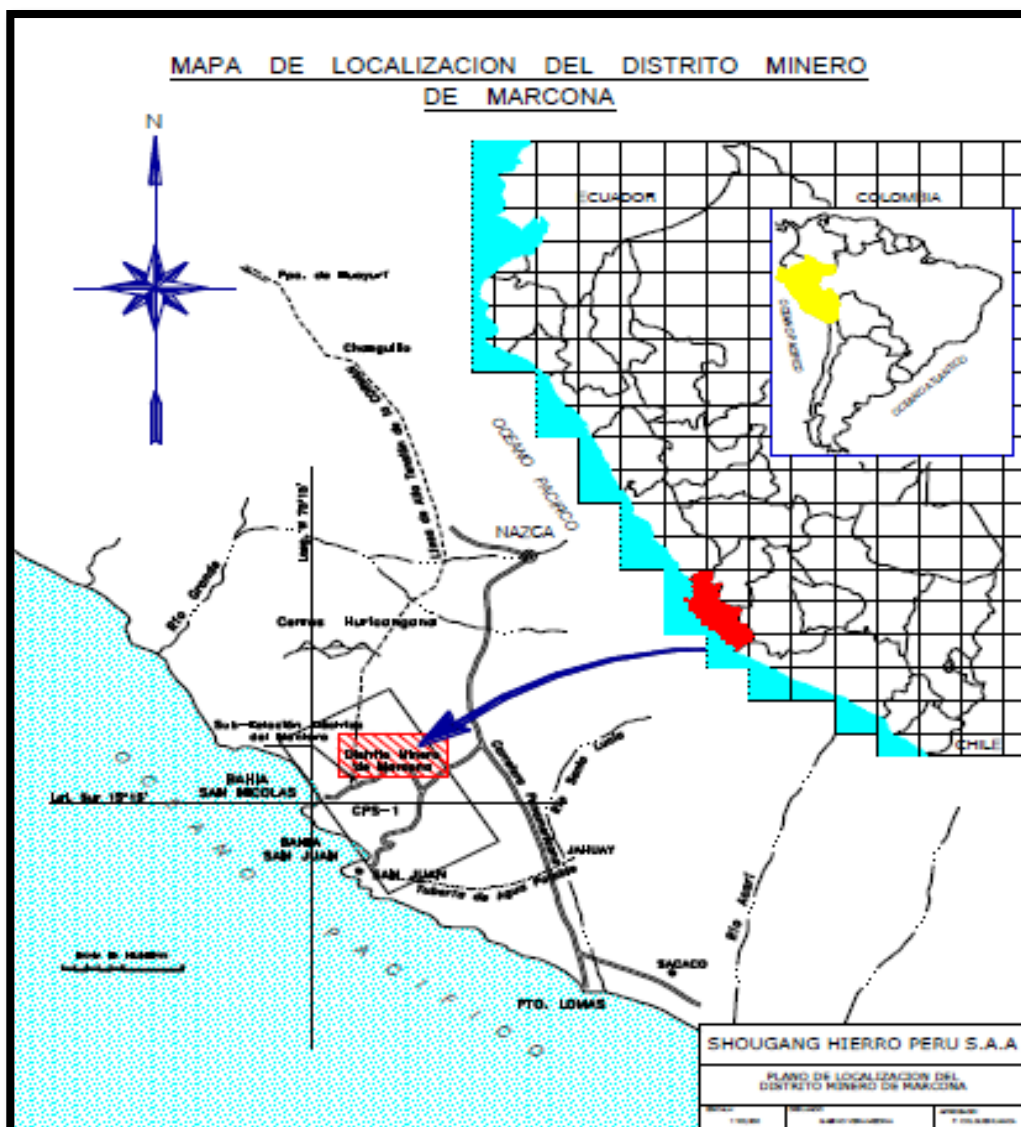


Figura 11. Ubicación de la mina

Fuente: Huaricalla, M. (2018). *Determinación de equipos a corto plazo para el proceso a cielo abierto*
– Mina 5 – Compañía Minera Shougang – Marcona – Perú

3.1.2. Poblados cercanos

La población más cercana a la mina, es el pueblo de San Juan de Marcona, a 30 Km. del mismo (Huaricalla, 2018).

El distrito de Marcona es uno de los cinco distritos de la Provincia de Nazca, ubicada en el Departamento de Ica, bajo la

administración del Gobierno Regional de Ica, en el sur-centro del Perú (Huaricalla, 2018).

Limita por el norte con la provincia de Nazca; por el sur con la Provincia de Caravelí (Arequipa); por el este con la Provincia de Lucanas (Ayacucho) y por el oeste con el Mar de Grau (Huaricalla, 2018).



Figura 12. Distrito de San Juan de Marcona
Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Clima, relieve y meteorología

a) Clima

El clima de San Juan de Marcona es cálido y árido, con escasas precipitaciones, determinado básicamente, por su ubicación geográfica y por su proximidad al océano pacífico. La temperatura máxima supera los 30 °C, de enero a marzo, y la mínima de 16 °C en el mes de agosto. La temperatura promedio anual es de 18 °C a 23 °C, pero también posee una neblina prevaleciente que producen hasta un 100 % de humedad en los meses de octubre a diciembre (Orozco, 2018).

Durante cada cambio de estación se producen fuertes vientos de arena y tierra llamados “Paracas” durante la época de invierno y otoño, alcanzando velocidades máximas de hasta 60 km por hora, que provienen del sureste (Orozco, 2018).

Debido a que el puerto de San Juan de Marcona es una zona desértica y no presenta precipitaciones de lluvias además de tener un clima seco, la mayor parte del año no cuenta con flora variada. A excepción en la parte alta de la meseta donde se observa presencia de musgos, líquenes y aerofitas, llamada “vegetación de Lomas” (Huaricalla, 2018).

b) Relieve

El relieve del distrito de Marcona es característico de un desierto típico de la costa central y sur del Perú, hallándose mesetas, pampas y altos cerros; ricos en minerales de hierro y cobre. Marcona tiene una gran riqueza marina a lo largo de su litoral; con amplias bahías, ensenadas y puntas, que dan forma a una gran variedad de playas (Orozco, 2018).



Figura 13. Playa los Pingüinos de Marcona

Fuente: Elaboración propia

c) Meteorología

Farfán (2017) menciona la meteorología característica del distrito de Marcona de la mina de estudio.

➤ **Presión Atmosférica**

La presión atmosférica próxima al litoral de San Juan Marcona (0 m.s.n.m) alcanza 1012,7 mbares con un mínimo (febrero) de 1010, 3 mbares en verano y 1014,5 mbares en invierno (agosto); concluyendo que la oscilación media anual es de 4.2 mbares, es decir, existe estabilidad climática en la zona (Farfán, 2017).

➤ **Nubosidad**

En el litoral costero de San Juan de Marcona la nubosidad promedio cambia de 4/8 a 6/8 hacia zonas más elevadas y tiende a bajar. Los meses más nublados corresponden a época invernal entre junio y septiembre con un promedio de 6/8 (Farfán, 2017).

La diferencia en el año varía de 3/8 a 1/8. Entre los meses de diciembre a mayo presentan los valores más altos entre 5/8 y 6/8, es decir un ciclo nubloso (Farfán, 2017).

➤ **Precipitación**

La precipitación pluvial varía desde valores traza hasta pocos milímetros (10 mm en primavera). La zona menos lluviosa se encuentra entre el litoral marino y la zona denominada Cuenca Senca, confirmando que no hay presencia de escorrentías superficiales en toda la zona y que su aporte a la zona del proyecto es nulo (Farfán, 2017).

➤ **Humedad relativa**

En las cercanías del litoral, la humedad relativa (HR) oscila entre 85% y 65%. En el cinturón costero de Nazca, o

alejado del litoral, fluctúa entre 40% y 80% para los meses secos y húmedos respectivamente (Farfán, 2017).

➤ **Vientos**

En el litoral de San Juan de Marcona, los vientos presentan velocidades promedio de 23.3 km/h, observándose incrementos sustanciales hasta 55,9 km/h (agosto) y disminuciones hasta 18 km/h (febrero) (Farfán, 2017).

Son vientos con difusión rápida que contribuyen a dispersar los olores en el ambiente y ya que las zonas pobladas se encuentran en dirección contraria al viento, no se esperan tener problemas de polvo ni malos olores hacia las zonas pobladas (Farfán, 2017).

3.2. GEOLOGÍA

3.2.1. Geología local

Huaricalla (2018) sostiene que: “La geología de la mina pertenece a la zona de la cordillera de la costa formada por el gran batolito de granodiorita de edad Cretácico Superior que intruyó principalmente a metamórficos precámbricos, meta-sedimentarios marinos paleozoicos del periodo carbonífero inferior y meta-volcánicos mesozoico de edad Jurásica, todas las cuales están muy metamorfizados. Además, se encuentra tufos con sedimentos del cretácico inferior y superior, sedimento terciario muy poco inclinado y no muy consolidados”.

Existen también numerosas rocas intrusivas ya sea como diques, capas o derrames tabulares que cruzan y cortan todas las formaciones, siendo las mayorías de estas rocas post-mineral, factor que conjuntamente con el fallamiento existente en el área

producen estructuras a veces complejas, acentuándose esta complejidad por los movimientos orogénicos andinos del cretácico superior y terciario inferior (Huaricalla, 2018).

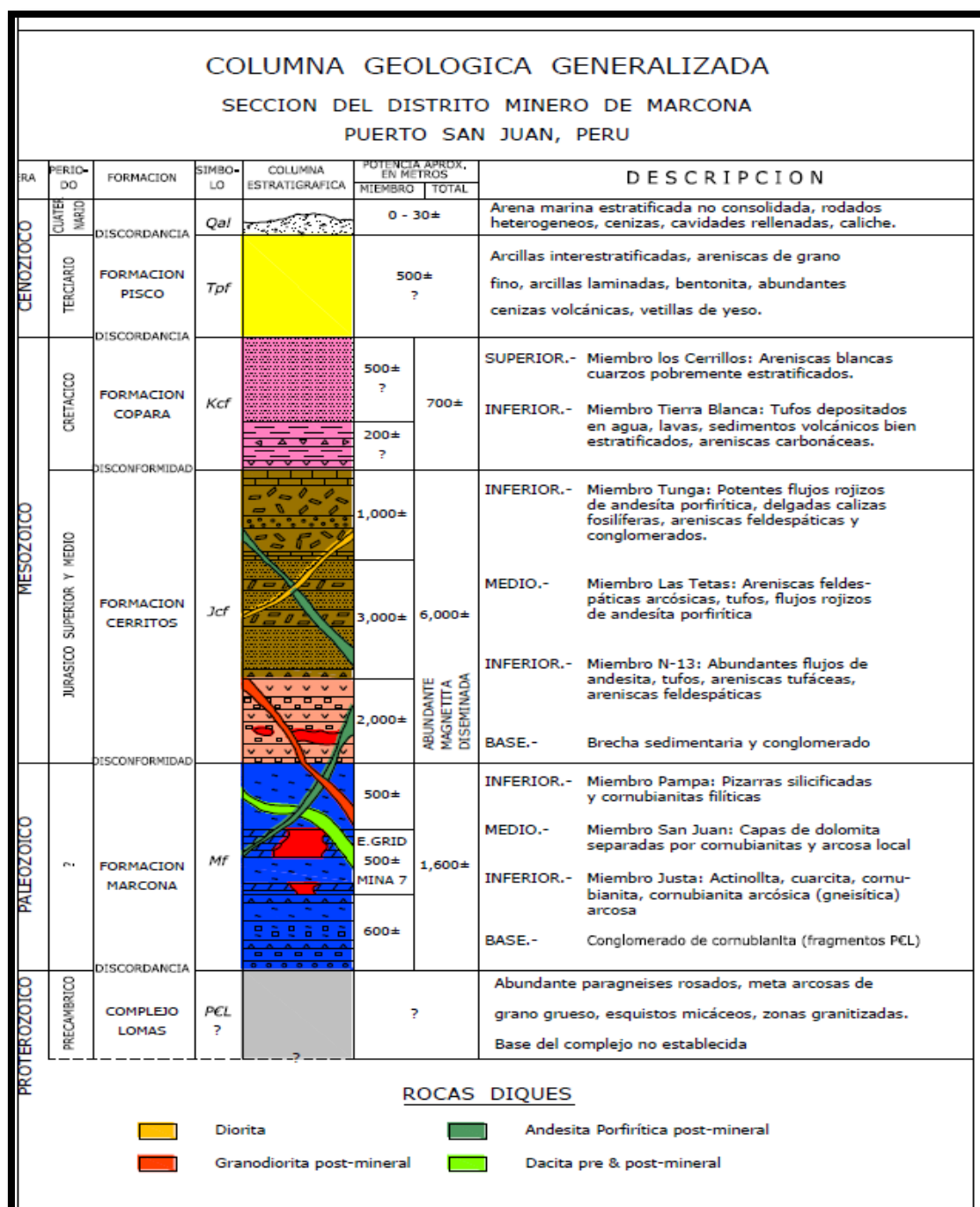


Figura 14. Columna geológica del distrito minero de Marcona

Fuente: Huaricalla, M. (2018). Determinación de equipos a corto plazo para el proceso a cielo abierto – Mina 5 – Compañía Minera Shougang – Marcona– Perú

➤ **Petrología**

La roca caja se encuentra compuesta principalmente por hornfels filítico cuarzoso, dolomítico, filitas negras y hornfels silicificado. Además de tener presencia de andesitas, dioritas, granodioritas dacitas y diques básicos en forma de cuerpos intrusivos (Huaricalla, 2018).

- Andesitas: En forma de sills y stock de rumbos bien definidos N-S, N-W y S-E. Son posteriores a la mineralización, petrográficamente son andesitas porfíricas con grandes ferrocristales de plagioclasa de color negruzco grisáceo y ligeramente rosáceo (Huaricalla, 2018).
- Dioritas: Estas rocas se presentan también en forma de diques de rumbo NW, es una roca de grano fino compuesto por plagioclasas y cuarzo, es post-mineral (Huaricalla, 2018).
- Granodiorita: Roca también post-mineral y las más recientes en formas de diques delgados de rumbo NS y NW y SE, textura equigranular fina, conformada por plagioclasas, ortosa y cuarzo además de algunos minerales secundarios como clorita, epidotas y actinolitas (Huaricalla, 2018).
- Dacitas: Esta es la roca más abundante en la formación Marcona. Presentándose en forma de diques y capas intrusivas de contacto muy irregulares, roca porfírica de color rosado verduzco formado por andesina, clinopiroxenos, minerales opacos y algunas veces hornblendas. Su presencia es pre y post mineral (Huaricalla, 2018).
- Diques básicos: Se encuentran en las tres formaciones que tienen depósitos de mineral, lomas Marcona y cerritos, la pre mineralización es de forma irregular y composición

basáltico doleríticos, la post-mineralización son andesíticos-dioríticos y de forma regular (Huaricalla, 2018).

3.2.2. Geología Regional

Huaricalla (2018) sostiene que: “La mina tiene una elevación de 800 m.s.n.m y es una extensa meseta esculpida formando una plataforma de erosión marina que está en el terreno de la cadena costanera muy erosionada, hacia el lado Oeste se encuentra como 27 terrazas litorales, producidas por movimientos costaneros en el Terciario Superior y durante el Cuaternario de solevantamientos intermitentes del continente y por posible fallamiento que son las que limitan la zona por el lado del mar; por haber sido región de sedimentación no ofrece mayores irregularidades topográficas, sino que es una penillanura ondulada con colinas de pocos metros de altura y cubierta casi en su totalidad por un encapado aluvial no consolidado de rodados, grava, arenas, restos fósiles recientes, fragmentos pulidos de minerales de hierro como consecuencia de las inundaciones marinas, por los levantamientos intermitentes y también por la acción eólica, todo lo cual determina que no sea fácil tener los elementos geológicos para hacer el estudio de la región”.

La zona pertenece a la llamada Cordillera de la Costa formada por el gran batolito de granodiorita de edad Cretácico Superior que intruyó principalmente a metamórficos precámbricos, metasedimentos marinos paleozoicos del periodo Carbonífero Inferior, metasedimentos terrestres y metavolcánicos mesozoicos de edad Jurásica, todas las cuales están muy metamorfoseados (Huaricalla, 2018).

Tufos con sedimentos del Cretácico Inferior y Superior, sedimentos terciarios muy pocos inclinados y no muy consolidados. Existen también numerosos intrusivos ya sea como diques, capas o

derrames tabulares que cruzan y cortan todas las formaciones, siendo la mayoría de esas rocas post-mineral, aunque también pre-mineral; factor que conjuntamente con el fallamiento producen estructuras a veces complejas, acentuándose esta complejidad por los movimientos orogénicos andinos del Cretácico Superior y Terciario Inferior (Huaricalla, 2018).

3.2.3. Estratigrafía

Romero (2018) sostiene que la estratigrafía regional del área de estudio de la mina muestra las formaciones geológicas en las que sobreyacen desde la formación más antigua a la más reciente. Está constituida por rocas metamórficas regionales del Complejo Basal de la Costa (Precambrianas), rocas metasedimentarias de la Formación San Juan (Precambriano Superior-Paleozoico Inferior), rocas de la Formación Marcona, Formación Rio Grande, rocas sedimentarias de la Formación Pisco (Terciario Superior) y los depósitos cuaternarios de origen aluvial, residual y eólicos-residuales; estos últimos cubriendo en algunos lugares a las rocas intrusivas del Batolito de San Nicolás (Paleozoico Inferior). Todas estas unidades formacionales se presentan en la columna estratigráfica regional de la figura 15:

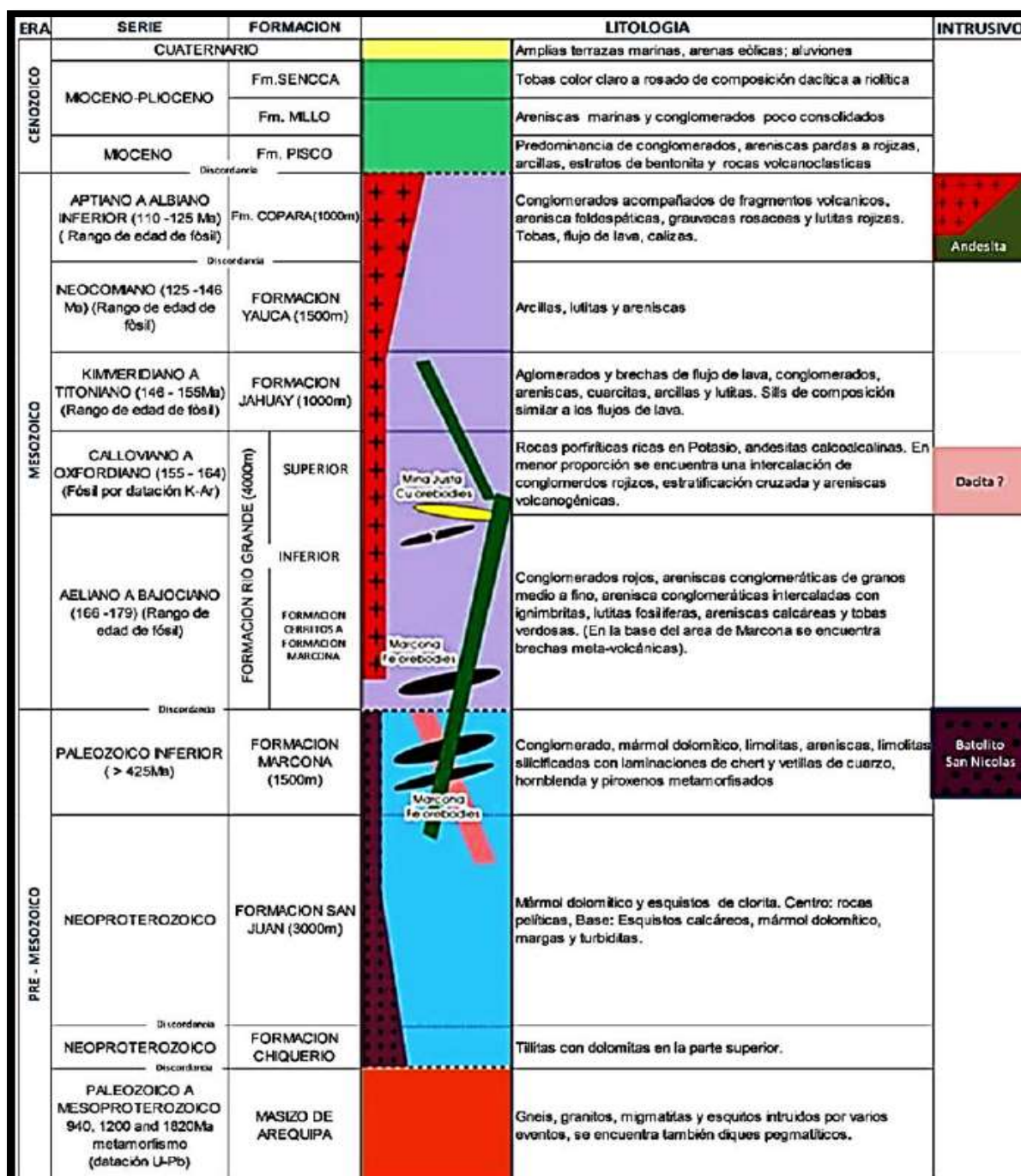


Figura 15. Columna estratigráfica de la región Ica

Fuente: Romero, C. (2018). Geología y estabilidad de taludes en la mina 2-3-4 Shougang

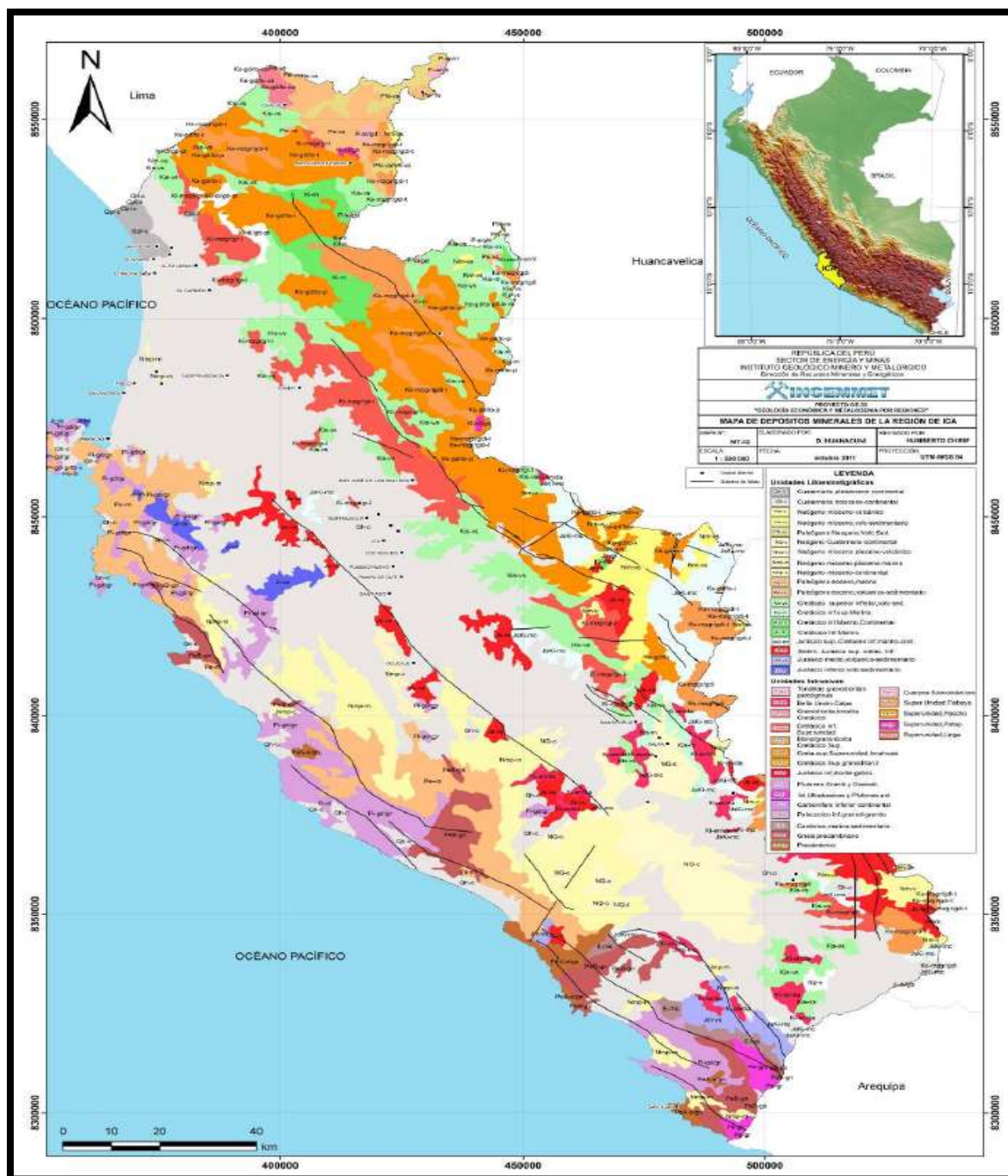


Figura 16. Mapa geológico de la región de Ica

Fuente: Jorge Acosta, Italo Rodríguez, Alexander Flores y Dina Huanacuni. Memoria sobre la geología económica de la región de Ica. INGEMMET (2011).

Acosta, Rodriguez, & Huanacuni (2011) en su memoria sobre la geología económica de la región Ica de INGEMMET describen las unidades litoestratigráficas de dicha región:

a) Complejo basal de la costa (Pe-gr/Pe-gn)

Este conjunto de origen metamórfico de amplia extensión regional está conformado litológicamente por esquistos micáceos, gneises, granitos gnéisicos y migmatitas. Los esquistos ocupan áreas marginales y constituyen la fase más joven del metamorfismo regional; sus tonos varían de gris verdoso oscuro a negruzco. Los gneises son principalmente graníticos (Pe-gr) de tinte gris y rosáceo con granos u ojos de cuarzo y ortosa – microclinal peridotizada, dentro de una matriz cuarzo feldespática de grano fino (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

Este complejo en su composición también tiene granodiorita (Pe-gn) con plagioclasas y ortosa, en forma de bandas de tonalidades claras alternadas con segregaciones oscuras de minerales máficos. Estos se presentan atravesados por una serie de diques sintectónicos y postectónicos principalmente andesíticos a básicos (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

Estas rocas, principalmente los granitos gnéisicos, se presentan en la zona meridional y central del área de estudio, con algunas inclusiones en la zona de litoral; en el afloramiento conocido como Cerro Tres Hermanas, Lomas de Marcona y Punta Colorada, donde se han reconocido foliaciones de 35° a 80° y junturas mayores a 50°. Este basamento cristalino, es conocido también como Complejo Lomas, representa la unidad más antigua que ocurre en el área de San Juan de Marcona, se le correlaciona con las rocas del Cratón Brasileño y su edad es asignada al Precámbrico. Pese a su enorme potencia contiene pocos fósiles diagnósticos (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

b) Formación San Juan (Pe-sj)

Esta formación está constituida por metasedimentos principales de origen calcáreo y lutáceo, transformados a esquistos de bajo grado por metamorfismo térmico. Estos esquistos calcáreos de tonos grises y rosados claros con superficies lustrosas presentan fracturamiento intenso por la tectónica del área. También se encuentran en esta formación algunas zonas granitizadas. Esta unidad se presenta al sureste y noreste del Cerro Tres Hermanas donde se reconoce un sector con inclinación de sus metasedimentos de 50° SE (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

La Formación San Juan se estima que tiene una potencia regional de 3000 m, es única por su naturaleza y posición, infrayace regionalmente a la Formación Marcona y está intruida por el batolito de San Nicolás, por lo cual su edad es Precambriana Superior-Paleozoica Inferior, Posiblemente Ordovícica (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

c) Formación Marcona (Pi-ma)

Esta formación está constituida por una secuencia calcárea pre-mesozoica, que se expone en la región de San Juan. Se encuentra el conglomerado basal cubierto por calizas solidificadas marrones formando una estructura simple y envolvente en el sector oriental del Domo de Marcona (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

Los niveles inferiores consisten en potentes blancos de caliza silicificada, cuya estratificación en la mayoría de los casos es poco distinguible debido al metamorfismo, que ha ocasionada el endurecimiento y le ha dado un aspecto masivo salvo por la presencia de hilos de chert que han resistido este metamorfismo. El espesor de la Formación Marcona se estima en 1500 metros (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

d) Formación Rio Grande (Js-rg)

Con este nombre se designa a la mayor parte de las unidades volcánicas sedimentarias que se exponen en la faja costanera del departamento de Ica y que se prolonga hasta los alrededores de Ocoña. Las rocas pertenecientes a esta formación se exponen en la Cordillera de la Costa y en una parte de la depresión Pre-andina. No ha sido posible precisar el espesor exacto de esta formación, debido al intenso fallamiento y la cubierta reciente que dificulta la observación de estas unidades, pero se estima que supera los 4000 m de potencia (Acosta, Rodríguez, & Huanacuni, 2011).

El piso de la Formación Rio Grande es un conglomerado basal polimíctico con una acumulación lávica violácea de textura porfírica y de composición mayormente andesítica, en ciertos pasos se presentan minerales de calcita y hematita dentro de estructuras amigdaloides; sigue una acumulación algo monótona compuesta principalmente de calizas gris-violáceas y areniscas calcáreas gris-verde en bancos medianos con abundantes restos de corales; suprayacen esta acumulación lutitas rojas en capas delgadas con un alternancia de flujos lávicos brechoides abigarrados con litoclastos predominantemente afaníticos y hasta vítreos de tonos rosados y verdes, que suprayacen a la Formación Marcona (Acosta, Rodríguez, & Huanacuni, 2011).

e) Formación Pisco (Ts-pi)

Esta formación está constituida por secuencias sedimentarias consolidadas, compuestas en su sección inferior por areniscas conglomerádicas de grano grueso con tonalidades amarillentas, en bancos anchos y horizontes conchíferos bastante triturados por el oleaje, con arcillas laminadas e interestratificadas, con bentonita y abundante ceniza volcánica y yeso; en su sección media y superior por areniscas

limolíticas, limolitas, areniscas de grano fino con alternancia de areniscas tufáceas, concreciones de areniscas silíceas, tufos y cenizas retrabajadas, caracterizadas por ser livianas y frágiles, con tonalidades gris claro a gris blanquecino ligeramente anaranjado, presenta asimismo abundante fósiles y microfósiles como foraminíferos, gasterópodos, braquiópodos y lamalibranquios (Acosta, Rodríguez, & Huanacuni, 2011).

Esta unidad se presenta al noreste y este del Cerro Tres Hermanas, presenta como característica general una estatificación subhorizontal, ligeramente ondulada y con numerosas vetillas de yeso; en el área de San Juan tiene un espesor cercano a 500 m y su edad corresponde al Mioceno del Terciario Superior (Acosta, Rodríguez, & Huanacuni, 2011).

f) Depósitos cuaternarios

➤ Depósitos cuaternarios – terrazas marinas (Q-tm)

Estos depósitos se asocian a mesetas aisladas, debido a una intensa erosión fluvial posterior a su deposición como las terrazas de San Juan, conservadas en la depresión preandina y en sectores donde la Cordillera de la Costa muestra ondulaciones suaves. Se originaron como consecuencia del levantamiento y retiro del mar, dejando como rasgo geomorfológico una superficie plana con cubierta de gravas y arenas (Acosta, Rodríguez, & Huanacuni, 2011).

Está constituido por capas de conglomerados con elementos heterogéneos dentro de una matriz arenácea, lentes de arenisca y areniscas bioclásticas caracterizados por presentar horizontes conchíferos. También contienen algo de tufos redepositados y flujos de barro de material volcánico. Estas acumulaciones generalmente

subhorizontales pertenecen al Cuaternario Pleistocénico (Acosta, Rodríguez, & Huanacuni, 2011).

➤ **Depósitos cuaternarios – aluviales (Q-al)**

Los depósitos aluviales, se encuentran en forma muy localizada en el lecho de quebradas antiguas, están constituidos por mezclas de grava y arena, generalmente con cantos subredondeados a angulosos y matriz areno-limosa, lentes de arena sucia, lodolitas y materiales tufáceos en estado suelto a ligeramente consolidados, de naturaleza heterogénea y heterométrica. Estos depósitos pertenecen al Cuaternario Holoceno (reciente) (Acosta, Rodríguez, & Huanacuni, 2011).

➤ **Depósitos cuaternarios – eólicos (Q-e)**

Estos depósitos tapizan a las rocas en lomadas, pampas y laderas de los promontorios o macizos, están conformados por arenas y arenas limosas, en superficie se hallan con esporádicas gravas y algunos fragmentos de roca, este material se encuentra en estado suelto, seco, de espesor variable, esta unidad por lo diseminado que se encuentra en el área de estudio no ha sido cartografiada (Acosta, Rodríguez, & Huanacuni, 2011).

g) Rocas Intrusivas

Esta unidad denominada el batolito de San Nicolás se ha emplazado en la Cordillera de la Costa, intruyendo a las rocas del Complejo Basal de la Costa y formaciones pre-mesozoicas. Está constituida por cuerpos irregulares de las rocas intrusivas de la serie adamelitas en la parte central, granodiorita en la parte intermedia y diorita-gabros en la parte marginal, de textura porfírica, de grano grueso a medio, se encuentran meteorizados y fracturados, de coloración gris marrón y en

estado fresco de color grisáceo (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

En esta unidad aflora masivamente al norte de las lomas de Marcona, entre la pampa Choclón y la Mina Marcona, así como en las cercanías de Bella Esperanza, en la zona de San Juan de Marcona en las proximidades de las bahías San Nicolás y San Juan (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

Las adamelitas de San Nicolás (Pi-adsn) son rocas de grano grueso, algo porfiríticas de tonalidades gris rosados, se encuentran con mayor propagación entre la bahía de San Nicolás y la Mina Marcona, aflora a lo largo del tramo noreste. Las granodioritas (Pi-gdsn) son rocas de grano grueso, mesócratas, gris verdoso, caracterizados por presentar cristales tabulares de hornblenda verde, con ligera orientación, dando una disposición radial (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

La edad del emplazamiento del batolito de San Nicolás, de acuerdo a datos radiométricos y su relación con la estratigrafía del área de estudio, corresponde al Ordovícico-Silúrico del Paleozoico Inferior (Acosta, Rodriguez, & Huanacuni, 2011).

3.2.4. Geología Económica

Huaricalla (2018) sostiene que: “El distrito minero de Marcona donde se encuentra la mina de estudio posee un total de 117 cuerpos de mineral que están esparcidas en un área aproximada de 10 Km. por 15 Km. formando depósitos mayormente aislados y con longitudes y anchos variables. Estos cuerpos de mineral se encuentran depositados en formaciones sedimentarias del Paleozoico y Jurásico siendo concordantes con los estratos que los encierran, por haber sido formados en un proceso

metasomático de las facies favorables, teniendo forma tabular debido al tipo de estructura en que se encuentran. Los cuerpos mineralizados presentan zoneamiento vertical. Durante levantamientos regionales tectónicos, el mineral originalmente compuesto de magnetita con diseminaciones de sulfuros ha estado sometido a abundante oxidación y lixiviación por el clima y aguas subterráneas”.

El material lixiviado tiene de 70 a 80% de hematita proveniente de la magnetita primaria; la concentración de pirita ha influido en el grado de lixiviación efectuado, así donde existió pirita abundante, la oxidación fue intensa formando hematita ferrosa y magnetita residual; en las áreas con mediana proporción de pirita, la oxidación ha sido menor y se presenta hematita dura de color negro, por último donde la pirita fue escasa, la oxidación ha sido casi nula, esta zona lixiviada tiene profundidades variables de 25 m. a 40 m. hasta el contacto con la zona de transición o de sulfatos que es de 20 m. ó 30 m. de espesor y debajo de esta zona está el mineral primario, el paso de una zona a otra es graduacional (Huaricalla, 2018).

Estos agentes del intemperismo han formado en cada cuerpo de mineral tres zonas verticales por cambios de las características físicas y químicas de la magnetita (Huaricalla, 2018).

➤ **Zona de mineral oxidado**

Es la zona más próxima a la superficie y debido a los procesos anteriormente descritos, la magnetita (Fe_3O_4) originalmente existente se ha transformado en hematitas y martitas secundarias. Esta magnetita es masiva y finalmente criptocristalina, aunque a veces existen cristales de regular tamaño; suave a muy dura, de color negro muy atraíble por el imán; es el más abundante y se encuentran acompañando a

estos minerales de hierro el yeso, brocantitas, atacanitas, crisocolas y menores sulfatos de hierro (Huaricalla, 2018).

Una de sus principales características de esta zona es el contenido de azufre menor a 1% y más de 50% de Fe y llegando a valores de hasta 62% de Fe. Su potencia promedio es de 30 metros (Huaricalla, 2018).

➤ **Zona de mineral transicional**

Es la que se encuentra a continuación de la zona oxidada, enriquecida por los distintos materiales lixiviados de esta zona. Esta zona está formada por Hematitas (Fe_2O_3) masivas y ligeramente porosas de color marrón rojizo y mayormente dura, Martitas (Fe_2O_3) que son una variedad de hematitas y son masivas de color gris azulado y dura, jarosita, botriogén y en menores cantidades amarantitas, piritas, yesos, anhidrita, brocantita, crisocola y atacamita (Huaricalla, 2018).

Una de las principales características de esta zona son sus valores de azufre superiores a 1% y una baja recuperación magnética (menor al 65%) y contenido FeO menor al 15%. La potencia de mineral de esta zona es en promedio de 35 metros (Huaricalla, 2018).

➤ **Zona de mineral primario o sulfuroso**

Esta es la zona más importante debido a que se encuentra aproximadamente el 80% de las reservas minerales de hierro y la mineralización se presenta sin haber sufrido ninguna alteración y se puede considerar como simple, formada por magnetitas criptocristalinas y masivas, con abundante pirita en forma diseminada, además de presencia de calcopirita, pirrotita y siendo la ganga principalmente la actinolita con epidota, calcita, brocantita, clorita y sericita (Huaricalla, 2018).

Debido a la presencia de sulfuros principalmente como la pirita y la pirrotita, el mineral de esta zona se sub-clasifica en mineral de molienda (CG), molienda fina normal (FG-N) y molienda fina refractario (FG-R), esto para la liberación de azufre en su tratamiento (Huaricalla, 2018).

Su principal característica de esta zona es su alta recuperación magnética mayor al 65%. Así como su contenido de FeO mayor al 15%, pudiendo emplearse en todos los tipos de productos finales (Huaricalla, 2018).

3.2.5. Tipo de Yacimiento

Huaricalla (2018) sostiene que la mina de estudio contiene depósitos minerales de longitudes de 2700 m y otros muy pequeños y de forma tabular.

Todos estos cuerpos son de origen metasomático generados por soluciones residuales derivadas de magmas intrusivos que invadieron a través de las fisuras, las rocas de la formación Marcona y Cerritos, debido a procesos metasomáticos que se generaron cambios en las rocas existentes produciéndose una sustitución metasomática y dando lugar a minerales nuevos y al emplazamiento de la magnetita (Huaricalla, 2018).

La presencia del batolito de San Nicolás, originó diversos diques y dio lugar a que estos diques de dacitas trajeran las soluciones mineralizadas, reemplazando los horizontes dolomíticos de la formación Marcona y las partes calcáreas de las areniscas feldespáticas de la formación Cerritos. Por todas estas características este yacimiento ha sido definido genéticamente como *“un yacimiento de reemplazamiento metasomático”* (Huaricalla, 2018).

3.2.6. Mineralogía

Huaricalla (2018) sostiene que el mineral de mena fundamental o principal de la mina de estudio es la magnetita criptocristalina y masiva al igual que la Hematita-Martita, con contenido de hierro entre 40 y 60% con abundante pirita diseminada. Este es el mineral de explotación llamado mena. Se encuentra también presente el mineral de cobre como la calcopirita, covelita entre otros dando como promedio valores que varían de 0.07 a 0.4% de cobre según la mina o cuerpo que analice.

Igualmente existe pirrotita, esta da origen a una clasificación de los minerales en función a su porcentaje que está presente. También se encuentra como mineral de ganga cobalto asociado a la pirita, así como actinolita, epidota, calcita, biotita, brocantita, clorita y sericita (Huaricalla, 2018).

➤ **Rumbo, buzamiento y potencia del cuerpo mineral**

Los diferentes cuerpos presentes en la zona minera de Marcona son de contacto, por ello el cuerpo de mineral está bien definido, teniendo un rumbo promedio N 45°E y su buzamiento es de 42° - 45° NO. Además de poseer una potencia que varía de acuerdo a la profundidad y zona mineralizada que es desde 30 mts hasta 200 metros (Huaricalla, 2018).

➤ **Reservas geológicas y minables**

Por medio de perforaciones diamantinas y percusión, trabajos de exploración, desarrollos y explotación se ha determinado las siguientes reservas de la mina (Huaricalla, 2018).

Se debe precisar que la metodología que se tiene para determinar las reservas minables es en base al diseño, por ellos existen 3 tipos de reservas:

- **Reservas geológicas:** Son todos los recursos de mineral probado y reconocidos con perforaciones de exploración en las minas actuales que se encuentran operativas y los nuevos proyectos de la mina (Huaricalla, 2018).

Estimado de Reservas Geológicas de Mineral			
Deposito	Probado	Probable	Total General
Mina 2	60,367,764	15,040,407	75,408,171
Mina 3	71,982,626	25,677,352	97,659,978
Mina 4	195,269,801	64,273,444	259,543,245
Mina 5	109,198,204	77,037,583	186,235,787
Mina 9	60,012,697	25,203,306	85,216,003
Mina 10	10,057,943	4,434,025	14,491,968
Mina 11	29,809,245	5,590,692	35,399,937
Mina 14	81,657,848	30,762,947	112,420,795
Mina 16	6,789,321	5,689,858	12,479,179
Mina 18	19,967,681	2,784,779	22,752,460
Mina 21	224,932,345	87,422,894	312,355,239
TOTAL GENERAL	870,045,475	343,917,287	1,213,962,762

Figura 17. Estimado de reservas de mineral

Fuente: Huaricalla, M. (2018). Determinación de equipos a corto plazo para el proceso a cielo abierto
– Mina 5 – Compañía Minera Shougang – Marcona – Perú

- **Reservas minables al límite final probable:** Son todos los recursos que están dentro del diseño óptimo de minado (Huaricalla, 2018).
- **Reservas minables del talud actual:** Son todos los recursos que están dentro de los actuales taludes que se están explotando en este momento sin considerar los futuros desarrollos (Huaricalla, 2018).

Estimado de Reservas Minables (al Limite Final Probable)				
Mina	Mineral	Desmonte	Total General	Ratio
Mina 2	30,543,400	75,710,091	106,253,491	2.48
Mina 3	4,096,512	4,206,665	8,303,177	1.03
Mina 4	74,930,628	54,568,146	129,498,774	0.73
Mina 5	76,190,248	147,624,968	223,815,216	1.94
Mina 9/10	41,444,216	26,353,976	67,798,192	0.64
Mina 11	33,912,048	92,409,621	126,321,669	2.72
Mina 14	69,230,444	142,436,597	211,667,041	2.06
Mina 16	9,032,443	26,167,149	35,199,592	2.90
Mina 18	19,257,264	49,927,081	69,184,345	2.59
	358,637,203	619,404,294	978,041,497	1.73

Figura 18. Estimado de reservas minables

Fuente: Huaricalla, M. (2018). Determinación de equipos a corto plazo para el proceso a cielo abierto
– Mina 5 – Compañía Minera Shougang – Marcona – Perú

3.3. OPERACIONES MINA

3.3.1. Parámetros de diseño, producción y características geomecánicas de mina 3 y mina 4

Las minas 3 y 4 son de material de estudio para la presente tesis ya que en ellas se realizó la toma de datos en diferentes niveles para las perforaciones.

A continuación, se describe los parámetros de diseño, producción y características geomecánicas de mina 3 y mina 4 a través de las tablas 3, 4, 5 y 6 respectivamente:

Tabla 3

Parámetros de diseño y producción de mina 3.

Mina 3	
Largo	480 metros
Ancho	700 metros
Profundidad	52 metros
Reservas minables	22335745 TM

Rampas	8%
Altura de bancos	12 metros
Bancos extraídos	23
Bancos por extraer	6
Caja piso	45°
Caja techo	52°

Nota. Fuente: Información proporcionada por Geotecnia de la mina

Tabla 4

Parámetros de diseño y producción de mina 4.

Mina 4	
Largo	1100 metros
Ancho	840 metros
Profundidad	300 metros
Reservas minables	11213622 TM
Rampas	8%
Altura de bancos	12 metros
Bancos extraídos	26
Bancos por extraer	4
Caja piso	45°
Caja techo	52°

Nota. Fuente: Información proporcionada por Geotecnia de la mina

Tabla 5

Resultados de los ensayos de carga puntual – Mina 3.

Estación Geomecánica / Muestra	Litología	Dureza de la Roca	Resistencia a la Compresión Simple (Mpa)
EG-1 / M-1	Gabrodiorita	Muy duro	294.48
EG-2 / M-1	Hornfels filítico	Muy duro	261.36
EG-3 / M-1	Hornfels filítico	Duro	201.60
EG-4 / M-1	Hornfels filítico	Duro	190.32
EG-5 / M-1	Hematita - Martita	Duro	188.88

EG-6 / M-1	Hornfels filítico	Duro	178.32
EG-7 / M-1	Hornfels filítico	Medio	167.04
EG-8 / M-1	Hornfels filítico	Medio	162.24
EG-9 / M-1	Hornfels filítico	Medio	156.48
EG-10 / M-1	Hornfels filítico	Suave	133.68
EG-10 / M-2	Hornfels filítico	Suave	128.16
EG-11 / M-1	Hornfels filítico	Suave	108.72

Nota. Fuente: Información proporcionada por Geotecnia de la mina

Tabla 6

Resultados de los ensayos de carga puntual – Mina 4.

Estación Geomecánica / Muestra	Litología	Dureza de la Roca	Resistencia a la Compresión Simple (Mpa)
EG-1 / M-1	Hematita - Martita	Muy duro	285.72
EG-1 / M-2	Hematita - Martita	Muy duro	264.24
EG-2 / M-1	Hematita - Martita	Duro	234.96
EG-2 / M-2	Hematita - Martita	Medio	210.24
EG-3 / M-1	Hematita - Martita	Suave	131.52
EG-4 / M-1	Hematita - Martita	Suave	119.04
EG-5 / M-1	Hematita - Martita	Suave	97.68
EG-6 / M-1	Magnetita	Duro	214.08
EG-7 / M-1	Magnetita	Suave	122.40
EG-8 / M-1	Hornfels filítico	Duro	222.72
EG-9 / M-1	Hornfels filítico	Medio	173.28
EG-9 / M-2	Hornfels filítico	Medio	149.76
EG-9 / M-3	Hornfels filítico	Medio	149.52
EG-10 / M-1	Hornfels filítico	Medio	144.72
EG-11 / M-1	Hornfels filítico	Medio	141.12
EG-11 / M-2	Hornfels filítico	Suave	126.00
EG-12 / M-1	Hornfels filítico	Suave	124.08
EG-12 / M-2	Hornfels filítico	Suave	119.04
EG-13 / M-1	Gabrodiorita	Duro	181.68
EG-13 / M-2	Gabrodiorita	Medio	148.80
EG-14 / M-1	Gabrodiorita	Medio	146.64
EG-15 / M-1	Andesita	Muy duro	258.08

Nota. Fuente: Información proporcionada por Geotecnia de la mina



Figura 19. Vista panorámica de mina 3 y mina 4

Fuente: Actualización del estudio de estabilidad de taludes y zonas de riesgo de la mina 2-3-4. G&E Laboratory S.A. (2018).

3.3.2. Descripción del proceso productivo

El proceso productivo de la mina se divide en:

a) Exploración

Consiste en la búsqueda del yacimiento o del terreno, con el propósito de conocer las características cualitativas y cuantitativas del mineral del hierro (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

b) Perforación

Se realiza la perforación del suelo (vetas de mineral) para obtener los taladros, se realizan 2 tipos de perforación: primaria y secundaria (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

c) Disparo

En este subproceso se realiza la carga de los taladros con la mezcla explosiva consistente en Nitrato, Aluminio, Petróleo y Fulminantes. También se tiende la malla de guías con pólvora y se colocan los retardadores, en función de un previo diseño (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 20. Área de perforación y voladura de mina 4

Fuente: Elaboración propia

d) Carguío

Se realiza el carguío de los materiales. Esta actividad es realizada por las palas, que tienen una capacidad de balde de 30 tons, y/o cargadores frontales. Las palas se desplazan por medio de orugas y funcionan con energía eléctrica. Además, los cargadores se desplazan por medio de ruedas y funcionan con combustible. Estos equipos se encuentran agrupados por flotas de acuerdo a características particulares (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 21. Área de carguío de mina 3

Fuente: Elaboración propia

e) Acarreo

En esta actividad se realiza el transporte de materiales de minas o canchas hacia las plantas o canchas de depósito (desmante, mineral primario y baja ley). El acarreo se realiza con camiones que tienen gran capacidad de carga de 150 tons. Estos camiones siguen rutas determinadas para llegar a sus destinos (botaderos, stocks o planta) (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 22. Camión modelo CAT 385B acarreando mineral a planta 1

Fuente: Elaboración propia

f) Chancado (Mina)

En este subproceso se realiza el chancado de minerales y baja ley. Para esto se utilizan 2 plantas chancadoras:

- Planta 1: Chancado de Mineral.
- Planta 2: Chancado de Mineral y Baja Ley (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

El tamaño máximo del mineral chancado debe ser de 5” (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 23. Camión modelo CAT 785C descargando en Planta 1

Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Camión modelo CAT 785C descargando en Planta 2

Fuente: Elaboración propia

g) Envío de crudos

En este subproceso se realiza el transporte del mineral de plantas de la mina hacia el stock de crudos de Planta Beneficio. Interviene el Conveyor que está conformado por segmentos de faja en una longitud total de 18.5 Km. Estas fajas funcionan con motores eléctricos (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 25. Conveyer de la mina

Fuente: Shougang Hierro Perú S.A.A. (2019)

h) Chancado (San Nicolás)

El chancado es el proceso en el cual el mineral es reducido de tamaño de acuerdo a especificaciones según el tipo de mineral, para ser usado en el proceso de beneficio (Planta Magnética). El proceso de Chancado Primario y Secundario del mineral se realiza en la Mina, obteniendo un diámetro máximo de 4", el cual es enviado a la Planta de San Nicolás por un Sistema de Fajas Transportadoras (Conveyer) (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

Al llegar a la Planta es depositado en las Canchas del Stock de Crudos, clasificadas por el tipo de mineral. De las canchas es enviada a la Planta Chancadora, en la cual existen dos Líneas de Producción (Primaria y Secundaria), en las cuales se realiza el proceso de Chancado Terciario. El mineral chancado pasa por un proceso de Clasificación de Zarandas. El Mineral es depositado en Silos (9) clasificado por el tipo de mezcla, de

acuerdo a la producción programada (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

Las instalaciones de planta chancadora comprenden:

- Stock de crudos
- Planta de chancado N° 1 (Trabaja en circuito abierto y/o cerrado)
- Planta de chancado N° 2 (Trabaja en circuito abierto) (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

i) Concentración

El mineral molido y clasificado de los silos a los cuales se ha enviado el mineral proveniente de chancadora, ingresa a la Planta Magnética a los procesos de molienda fina y molienda gruesa. Existen 9 líneas de molienda, el proceso de molienda primaria se realiza en molinos de barras (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

La separación magnética se realiza en Separadores Magnéticos Cobers, el concentrado recuperado continúa el circuito de molienda, el residuo (Colas) es enviado hacia el Sistema de Relaves (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

El proceso de clasificación de hidrociclones se realiza dependiendo de la producción programada. El proceso de molienda secundaria se realiza en Molinos de Bolas. La Separación magnética final se realiza en separadores magnéticos Finisher, el concentrado recuperado continúa hacia el proceso de flotación, el residuo (Colas) es enviado hacia el Sistema de Relaves (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

Para separar el Azufre del Hierro, el concentrado pasa por un proceso de Flotación de Celdas, en el cual se utilizan reactivos químicos para su fin (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 26. Proceso de Molienda

Fuente: Shougang Hierro Perú S.A.A. (2019)

j) **Filtrado**

El mineral de molienda fina (Planta Magnética) es procesado en esta etapa según el tipo de producción:

- Producción Torta Stock Puerto
- Producción Filter Cake para Peletización (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).

El concentrado filtrado es recibido en una tolva, para ser enviado a Planta Pélets (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 27. Mineral de molienda fina

Fuente: Huaricalla, M. (2018). Determinación de equipos a corto plazo para el proceso a cielo abierto
– Mina 5 – Compañía Minera Shougang – Marcona – Perú

k) Peletización

El concentrado filtrado que se encuentra en la tolva se subdivide en 2 salidas para alimentar por separado a cada línea de producción; para ambas líneas de producción se le adiciona aglomerante “Bentonita”, siendo dispersada en todo el concentrado, mediante mezcladores. El concentrado mezclado es alimentado a tolvas de almacenamiento. Las tolvas de concentrado alimentan a los discos peletizadores, mediante sistema de fajas en la parte central superior izquierda del disco. Los discos peletizadores tienen un diámetro, y un ángulo de inclinación y una velocidad variable, dependiendo de la calidad del concentrado (granulometría, humedad) para la formación de las bolas (conocido como pélets verdes). Para regular el tamaño de los pélets y su tiempo de residencia se cuenta con cuchillas, los cuales le dan la dirección en el traslado del grano a través de la cama hasta la formación del pélets. Los pélets verdes son llevados al horno horizontal de parrilla móvil por medio de carros con una parrilla con aberturas, encima una cama de pélets quemados. Los pélets

verdes pasan por un sistema de clasificación antes de ingresar a los carros. Al ingresar al carro, los pélets forman una cama homogénea (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 28. Interiores de planta magnética
Fuente: Shougang Hierro Perú S.A.A. (2019)

I) Transferencia

El producto depositado en canchas de Stock de Planta, es enviado mediante dispositivos denominados Chutes al Túnel de Transferencia. Mediante un sistema de Fajas, el producto es transferido al Stock de Puerto. Un equipo Apilador Móvil denominado Stacker, ubica el producto según su clasificación (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 29. Transferencia del mineral de molienda fina

Fuente: Huaricalla, M. (2018). Determinación de equipos a corto plazo para el proceso a cielo abierto
– Mina 5 – Compañía Minera Shougang – Marcona – Perú

m) Embarque

El producto depositado en canchas de Stock de Puerto, es enviado mediante dispositivos denominados Chutes al Túnel de Embarque. Mediante un sistema de Fajas, el producto es transferido a la zona de Embarque. Posteriormente, el producto pasa por una balanza, la cual pesa el tonelaje embarcado. Finalmente, el producto es transportado por una Faja al Muelle, en el cual se ubica otro equipo Apilador Móvil denominado Gantry, que lo deposita en las bodegas del Barco (Shougang Hierro Perú S.A.A., 2019).



Figura 30. Embarque

Fuente: Shougang Hierro Perú S.A.A. (2019)



CAPÍTULO IV



4. METODOLOGÍA

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se define como una **investigación transversal**, ya que se pretende recopilar datos en un momento único, con el propósito de describir las variables de la fórmula de R. Praillet y comparar con la velocidad de penetración instantánea obtenida de los equipos de perforación rotativos de la mina en los meses de julio hasta noviembre del 2018.

Así mismo el tipo de investigación es **cuantitativa** por lo que se requiere de datos de campo en base a la perforación de los taladros de producción. Además de las variables que son los parámetros de perforación más importantes ya que se pueden medir y procesar.

El nivel de investigación es **descriptiva** ya que busca identificar propiedades del planteamiento teórico, mide y evalúa datos sobre diversos conceptos y luego se procede a correlacionar la interacción de dichas variables.

4.2. POBLACIÓN / MUESTRA

Para el análisis de la data que se utilizará en el presente estudio es necesario conocer la información existente de la mina en cuestión sobre todo el área que es el de la perforación primaria, para así poder evaluar y procesar dicha data, actualmente la mina cuenta con los siguientes equipos de perforación:

Tabla 7

Equipos de perforación de la mina.

cod_seis dig	Cod_flota	Descripción_equipo	D_marca	Dsc_modelo
001006	002	ROTARY BLAST HOLE DRILL BUCYRUS ERIE		50R

001009	002	ROTARY BLAST HOLE DRILL BUCYRUS ERIE		50R
001010	002	ROTARY BLAST HOLE DRILL BUCYRUS ERIE		50R
001011	001	PERFORADORA ROTATORIA BUCYRUS ERIE		45R
001012	006	PERFORADORA DE ROTACION BUCYRUS ERIE	BUCYRUS ERIE	39-HR
001016	007	PERFORADORA ELECTROMECHANICA BUCYRUS	BUCYRUS	61R
001017	007	PERFORADORA ELECTROMECHANICA" BUCYRUS		61R
001018	007	PERFORADORA ELECTROMECHANICA BUCYRUS	BUCYRUS	61R
001019	007	PERFORADORA ELECTROMECHANICA BUCYRUS		61R
001020	005	PERFORADORA ROTATIVA GARDNER DENVER	GARDNER DENVER	GD-100
001021	005	PERFORADORA ROTATIVA GARDNER DENVER	GARDNER DENVER	GD-100
001022	008	PERFORADORA ROTATIVA ELECTRICA	SINOSTEEL	YZ - 55B
001023	008	PERFORADORA ROTATIVA ELECTRICA	SINOSTEEL	YZ - 55B
001024	008	PERFORADORA ROTATIVA ELECTRICA	SINOSTEEL	YZ - 55B
001040	004	PERFORADORA PARA PRECORTE	SANDVIK	TITON 300
001041	004	PERFORADORA PARA PRECORTE	ATLAS COPCO	FLEXIROC D-55
001082	003	PERFORADORA ATLAS COPCO		ROC-604-01
001083	004	PERFORADORA SECUNDARIA GD-CAMION INP		850PTD12
001084	004	PERFORADORA SECUNDARIA TAMROCK		300
001085	004	PERFORADORA SECUNDARIA POWERDRILL	POWERMATIC	3063-10T
001086	003	PERFORADORA PARA EXPLORACION	SCHRAMM	T685WS

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

4.2.1. Población

“Una población es el conjunto de unidades en observación que poseen características específicas determinadas por el investigador según los objetivos que persigue” (Flores, 2017). De esta forma, la población objeto de este estudio será las perforaciones que realizaron los siguientes equipos analizados durante el estudio y muestreo de data en los 4 meses y medio de trabajo en las minas 3 y 4 ya que fueron los únicos equipos de perforación que estuvieron operativos y perforando en esos meses de diferentes turnos o guardias y que se detallará en la tabla 8:

Tabla 8

Población de estudio.

Diámetro de broca tricónica	Equipo	N° de perforaciones	Materiales perforados
9 7/8 pulgadas	Perforadora 001012	11	Desmonte y Mineral Primario
12 1/4 pulgadas	Perforadora 001020	77	Desmonte y Mineral Primario
12 1/4 pulgadas	Perforadora 001022	33	Baja Ley, Desmonte y Mineral Primario
12 1/4 pulgadas	Perforadora 001024	47	Baja Ley, Desmonte y Mineral Primario
	TOTAL	168 perforaciones	

Nota. Fuente: Elaboración propia

La población será de **168 perforaciones**, dichas perforaciones son los taladros que se pudieron completar o quedaron incompletos por fallas mecánicas del equipo, también son taladros que se debían completar de la guardia anterior.

4.2.2. Muestra

Hinojosa (2017) sostiene que el tamaño de la muestra es una fracción aleatoria representativa del total de la población o universo de estudio, que explica, con pequeños márgenes de error, el comportamiento de todo ese universo determinado. Por ello, “del total de la población (objeto de estudio) es conveniente, por razones prácticas, extraer muestras o partes representativas”.

De esta forma de las 168 perforaciones solo se realizará la muestra de las perforaciones que, si se realizaron correctamente, eso quiere decir que fueron perforaciones que no fueron interrumpidas por problemas mecánicos de la máquina y/o demoras operativas o taladros incompletos de guardias anteriores si no que realizaron el taladro completo mayor de 12 metros. Ya que los bancos de las minas 3 y 4 tienen un promedio de 12 metros y contando con la sobre perforación que es de 2 metros aumenta hasta 14 o 14.5 metros el taladro completo.

El tipo de muestra del presente estudio es la **no probabilística** ya que *“la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador”* (Hinojosa, 2017).

Es decir, la selección para este tipo de muestra no se hace por la vía de una selección al azar, y, por tanto, no será necesario el uso de una fórmula matemática para su cálculo ya que se definió la muestra anteriormente (Hinojosa, 2017).

La muestra se detalla en la tabla 9:

Tabla 9

Tamaño de la muestra.

Diámetro de broca tricónica	Equipo	N° de perforaciones	Materiales perforados
9 7/8 pulgadas	Perforadora 001012	10 taladros completos	Desmonte y Mineral Primario
12 1/4 pulgadas	Perforadora 001020	27 taladros completos	Desmonte y Mineral Primario
12 1/4 pulgadas	Perforadora 001022	16 taladros completos	Baja Ley, Desmonte y Mineral Primario
12 1/4 pulgadas	Perforadora 001024	17 taladros completos	Baja Ley, Desmonte y Mineral Primario
TOTAL		70 perforaciones	

Nota. Fuente: Elaboración propia

La muestra será de **70 taladros completos** de un total de población de 168 perforaciones realizadas por las 4 perforadoras rotativas eléctricas. Teniendo en cuenta un nivel de confianza del 95% y se supone una heterogeneidad del 50% para el peor de los casos y distribuir a la población en partes iguales el margen de error será igual a:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Margen de error (95%) = $\pm 9\%$ como error máximo (Grupo Radar, 2019).

4.3. FUENTES Y TÉCNICAS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN

Para el presente estudio se utilizó las siguientes fuentes y técnicas para la recolección de información:

- Los datos de campo (in situ) utilizando una libreta de notas, lapicero y cronómetro para anotar el tiempo de las actividades realizadas en el turno y además de anotar los parámetros operacionales de las perforadoras.
- Tesis.
- Publicaciones y revistas.
- Información proporcionada de la mina.

La técnica que se utilizó fue de una **revisión documentaria**.

4.4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA

Para el procesamiento de información se utilizó un **ordenamiento de los datos**, en este caso de las actividades de perforación que se realiza normalmente en una guardia de trabajo de 8 horas en las operaciones de la mina que a continuación se detallarán en las figuras 31 y 32:

B 12, 18	Nomenclatura	Descripcion
Horas no producidas	AP	Actividades previas (repartos o charlas previas)
	TP	Transporte de personal
	CH	Llenado de IPERC, Check list, revision de maquina, etc.
Secuencia de perforacion para equipos con cambio de barreno (ciclo)	TR	Traslado de la maquina a los puntos a perforar
	NV	Nivelacion del equipo con gatas
	PR1	Perforacion con barreno y broca
	IB	Izaje del barreno y broca (barrido del taladro)
	EB	Desempate y empalme del 2do barreno
	PR2	Perforacion con barreno y broca del 2do barreno
	IB	Izaje del barreno y broca (barrido del taladro)
	EB	Desempate y empalme del 1re barreno
	LG	Levantamiento de gatas
	S	Taladros Soplados (este no se considera en el ciclo de perf)
Horas no producidas o tiempos muertos	DO	Demoras operativas (no hay operador, llamando electricos, etc)
	CG	Cambio de Guardia
	R	Refrigerio y/o descanso
	PM	Problemas mecanicos
	LLN	Lubricacion, llenado de agua
	PE	Problemas electricos

Figura 31. Nomenclatura de actividades de la perforadora #12 en una guardia normal

Fuente: Elaboración propia

20, 22, 24	Nomenclatura	Descripcion
Horas no producidas	AP	Actividades previas (repartos o charlas previas)
	TP	Transporte de personal
	CH	Llenado de IPERC, Check list, revision de maquina, etc.
Secuencia de perforacion para equipos de 1 linea directa	TR	Traslado de la maquina a los puntos a perforar
	NV	Nivelacion del equipo con gatas
	PR1	Perforacion con barreno y broca
	IB	Izaje del barreno y broca (barrido del taladro)
	LG	Levantamiento de gatas
	S	Taladros Soplados (este no se considera en el ciclo de perf)
	DO	Demoras operativas (no hay operador, llamando electricos, etc)
Horas no producidas o tiempos muertos	CG	Cambio de Guardia
	R	Refrigerio y/o descanso
	PM	Problemas mecanicos
	LLN	Lubricacion, llenado de agua
	PE	Problemas electricos

Figura 32. Nomenclatura de actividades de las perforadoras #20, #22 y #24 en una guardia normal

Fuente: Elaboración propia

Para la técnica del análisis de los datos se utilizó **tablas y gráficas realizadas en Microsoft Excel**, en donde se evalúa la velocidad de penetración tanto instantánea como la de R. Praillet utilizando técnicas estadísticas. Además de identificar y comparar los parámetros de perforación más importantes de los 4 equipos de perforación, hacer el cálculo del TDC con la velocidad media de perforación, etc.

La base datos de todas las muestras por equipos de perforación se aprecia en la sección de anexos.



CAPÍTULO V



5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1.1. Evaluación y comparación de las velocidades de penetración y parámetros operativos más importantes obtenidos de la perforadora Bucyrus Erie 39HR – #12 así como la técnica estadística utilizada para la distribución normal de frecuencias de las muestras

Se realizó el análisis de las 10 muestras de la perforadora #12 obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10

Velocidades de penetración instantánea de la perforadora #12.

Muestra	Material perforado	Mina	T. efectivo	Profundidad (mts)	VP instantánea (mts/hr)
M1-Tal 254	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	3	1:18:38	14.0	10.68
M2-Tal 271	D / Hornfels filítico medio	3	0:43:33	14.0	19.29
M3-Tal 273	D / Hornfels filítico medio con Gabrodiorita	3	1:04:46	14.0	12.97
M4-Tal 9	D / Hornfels filítico suave con Andesita	4	0:48:31	15.0	18.55
M5-Tal 25	PO / Hematita - Martita dura	4	1:21:27	14.0	10.31
M6-Tal 67	PO / Hematita - Martita dura	4	1:21:45	14.0	10.28
M7-Tal 66	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:31:58	14.0	9.13
M8-Tal 3	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:30:01	14.0	9.33
M9-Tal 84	D / Andesita con Gabrodiorita	4	0:49:56	13.5	16.22
M10-Tal 54	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:18:31	13.5	10.32

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se puede apreciar las velocidades de penetración instantánea que se obtuvo en el campo de las minas 3 y 4

perforando en distintos materiales como desmonte (D) y mineral primario (PO).

Tabla 11

Velocidades de penetración de Praillet de la perforadora #12.

Muestra	Material	UCS prom (Mpa)	Diámetro broca (")	Diámetro broca (mm)	Empuje			RPM	VP de Praillet (mts/hr)	
	perforado				Mínimo (lbs)	Máximo (lbs)	Normal (lbs)			Empuje (kg)
M1-Tal 254	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	277.92	9.875	251	78217.11	156434.22	117325.67	53217.98	38	11.52
M2-Tal 271	D / Hornfels filítico medio	201.60	9.875	251	56737.80	113475.60	85106.70	38603.72	52	21.88
M3-Tal 273	D / Hornfels filítico medio con Gabrodiorita	248.04	9.875	251	69807.76	139615.52	104711.64	47496.36	42	14.46
M4-Tal 9	D / Hornfels filítico suave con andesita	215.68	9.875	251	60700.44	121400.88	91050.66	41299.85	49	19.12
M5-Tal 25	PO / Hematita - Martita dura	264.24	9.875	251	74367.05	148734.09	111550.57	50598.45	40	12.74
M6-Tal 67	PO / Hematita - Martita dura	264.24	9.875	251	74367.05	148734.09	111550.57	50598.45	40	12.74
M7-Tal 66	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	9.875	251	80412.32	160824.65	120618.48	54711.58	37	10.90
M8-Tal 3	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	9.875	251	80412.32	160824.65	120618.48	54711.58	37	10.90
M9-Tal 84	D / Andesita con Gabrodiorita	219.88	9.875	251	61882.48	123764.96	92823.72	42104.10	48	18.40
M10-Tal 54	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	9.875	251	80412.32	160824.65	120618.48	54711.58	37	10.90

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se puede apreciar las velocidades de penetración de Praillet calculadas con fórmulas prácticas de empuje y RPM, la resistencia a la compresión del material perforado son los resultados de los ensayos de carga puntual del área de geotecnia de la mina. Realizando una distribución normal de frecuencias para las velocidades de penetración obtenidas se tendría los siguientes valores que se describen a continuación:

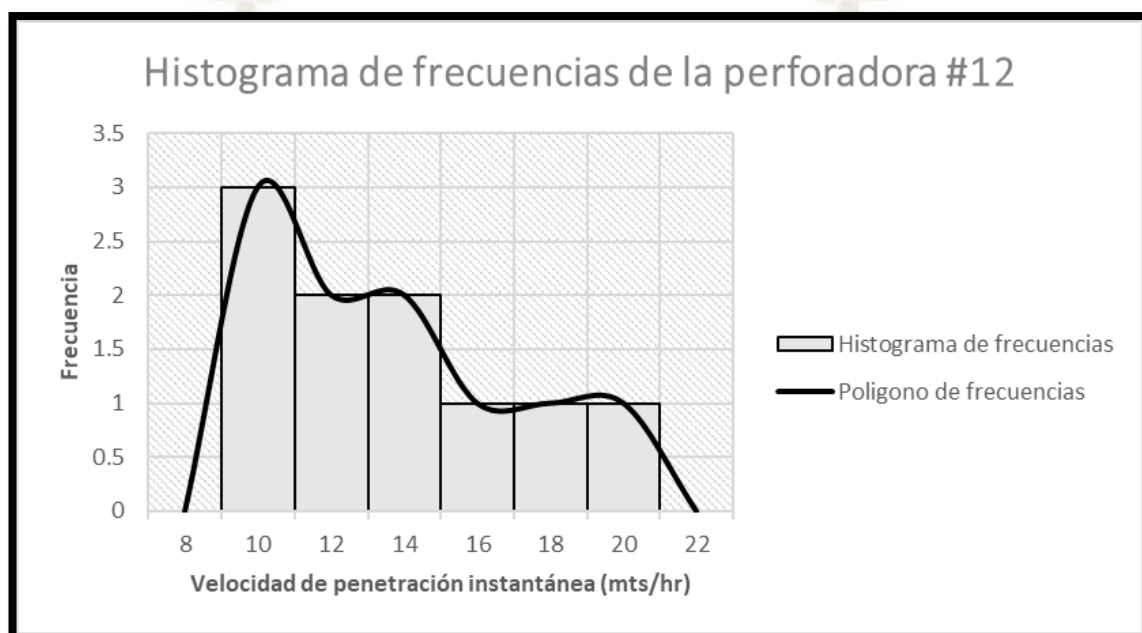
Tabla 12

Intervalos de VP instantánea y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #12.

Intervalos de VP instantánea (mts/hr)	Frecuencia (fi)	Marcas de clase (Xi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Porcentaje de ocurrencia	Xi*fi	Xi - media	(Xi - media)^2
[7 -9]	0	8	0	0%	0	-5.6	31.36

[9 -11]	3	10	3	30%	30	-3.6	12.96
[11 -13]	2	12	5	20%	24	-1.6	2.56
[13 -15]	2	14	7	20%	28	0.4	0.16
[15 -17]	1	16	8	10%	16	2.4	5.76
[17 -19]	1	18	9	10%	18	4.4	19.36
[19 -21]	1	20	10	10%	20	6.4	40.96
[21 -23]	0	22	10	0%	0	8.4	70.56
Sumatoria total	10			100%	136		183.68

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 7. Distribución normal de las muestras de la perforadora #12 con VP instantánea

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 7 nos muestra el histograma de frecuencias de la perforadora #12 de las muestras realizadas con la VP instantánea el cual nos da una media de **13.6 mts/hr** con una desviación estándar de **4.52 mts/hr**. Además, en la tabla 12 se puede apreciar que el intervalo de VP instantánea que más se repite esta entre 9 – 11 mts/hrs, esto se debe a que la VP instantánea para material Mineral Primario está en ese rango (**9.87 mts/hr** como promedio) y los otros rangos son de VP instantánea de Desmante (**15.54**

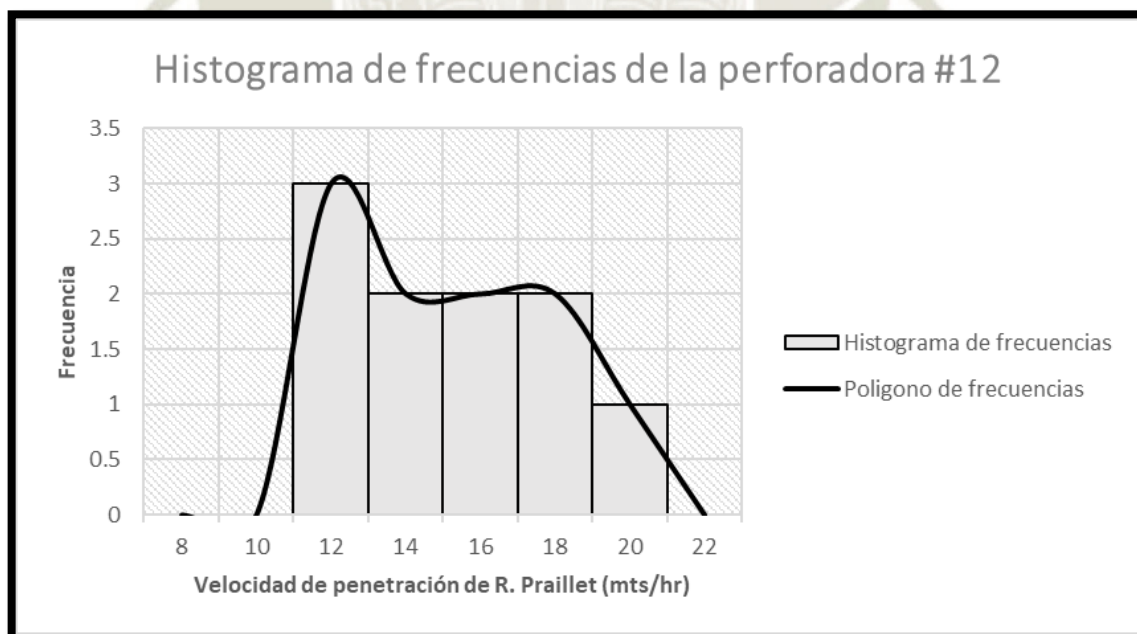
mts/hr como promedio) por lo que la media tiene cierto grado de confiabilidad mas no el óptimo.

Tabla 13

Intervalos de VP de R. Praillet y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #12.

Intervalos de VP R. Praillet (mts/hr)	Frecuencia (fi)	Marcas de clase (Xi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Porcentaje de ocurrencia	$Xi \cdot fi$	$Xi -$ media	$(Xi -$ media) ²
[7 -9]	0	8	0	0%	0	-7.2	51.84
[9 -11]	0	10	0	0%	0	-5.2	27.04
[11 -13]	3	12	3	30%	36	-3.2	10.24
[13 -15]	2	14	5	20%	28	-1.2	1.44
[15 -17]	2	16	7	20%	32	0.8	0.64
[17 -19]	2	18	9	20%	36	2.8	7.84
[19 -21]	1	20	10	10%	20	4.8	23.04
[21 -23]	0	22	10	0%	0	6.8	46.24
[23 -25]	0	24	10	0%	0	8.8	77.44
Sumatoria total	10			100%	152		245.76

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 8. Distribución normal de las muestras de la perforadora #12 con VP de R. Praillet

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 8 nos muestra el histograma de frecuencias de la perforadora #12 de las muestras realizadas con la VP de R. Praillet el cual nos da una media de **15.2 mts/hr** con una desviación estándar de **5.22 mts/hr**. Además, en la tabla 13 se puede apreciar que el intervalo de VP de R. Praillet que más se repite esta entre 11 – 13 mts/hrs, esto se debe a que la VP de R. Praillet para material Mineral Primario está en ese rango (**11.63 mts/hr** como promedio) y los otros rangos son de VP de R. Praillet de Desmonte (**17.08 mts/hr** como promedio) por lo que la media tiene cierto grado de confiabilidad mas no el óptimo.

Tabla 14

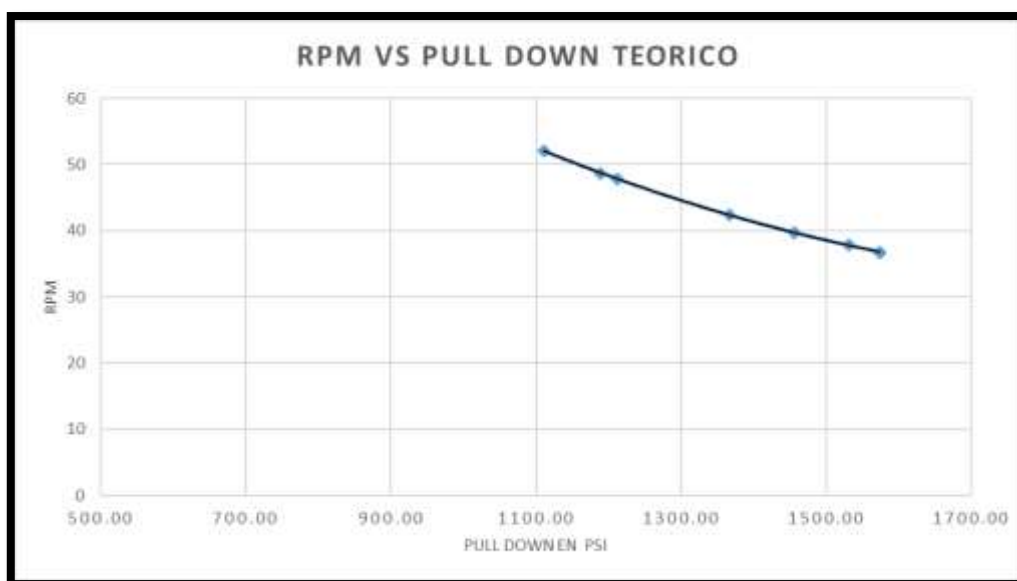
Parámetros de operación utilizados por la perforadora #12.

Muestra	Material perforado	Diámetro broca (")	Parámetros de operación de la maquina			Parámetros de operación calculados por teoría		
			Empuje (lbs)	Pull Down prom (psi)	RPM prom	Empuje normal (lbs)	Pull Down (psi)	RPM
M1-Tal 254	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	9.875	68927.70	900	70	117325.67	1531.94	38
M2-Tal 271	D / Hornfels filítico medio	9.875	65098.38	850	75	85106.70	1111.25	52
M3-Tal 273	D / Hornfels filítico medio con Gabrodiorita	9.875	69693.56	910	72	104711.64	1367.24	42
M4-Tal 9	D / Hornfels filítico suave con andesita	9.875	45951.80	600	75	91050.66	1188.86	49
M5-Tal 25	PO / Hematita - Martita dura	9.875	66630.11	870	73	111550.57	1456.53	40
M6-Tal 67	PO / Hematita - Martita dura	9.875	65098.38	850	75	111550.57	1456.53	40
M7-Tal 66	PO / Hematita - Martita muy dura	9.875	70459.43	920	70	120618.48	1574.93	37
M8-Tal 3	PO / Hematita - Martita muy dura	9.875	70459.43	920	70	120618.48	1574.93	37
M9-Tal 84	D / Andesita con Gabrodiorita	9.875	48249.39	630	75	92823.72	1212.01	48
M10-Tal 54	PO / Hematita - Martita muy dura	9.875	70459.43	920	70	120618.48	1574.93	37

Nota. Fuente: Elaboración propia

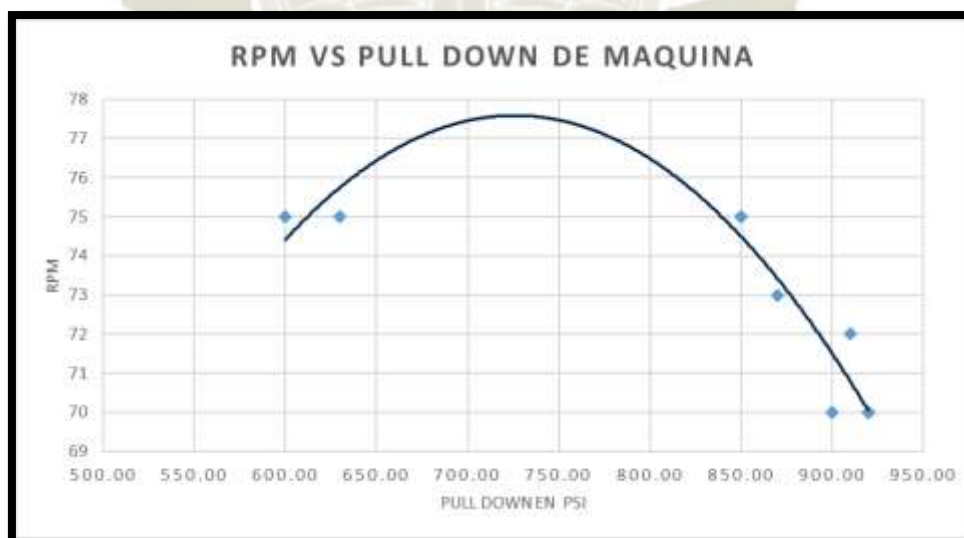
En la tabla 14 se puede comparar los parámetros de operación de la maquina con los parámetros calculados por teoría, en el cual para hallar una estimación cercana a la velocidad de penetración real los parámetros de operación por teoría son los más certeros a la hora de calcular la velocidad de penetración y posteriormente se pueden aplicar en la fórmula de Praillet. Se tiene que tomar en

cuenta que los parámetros de operación de la propia máquina dependerá de la experiencia del operador al perforar distintos tipos de terreno.



Gráfica 9. RPM vs Pull Down teórico de la perforadora #12

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 10. RPM vs Pull Down de operación de la perforadora #12

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

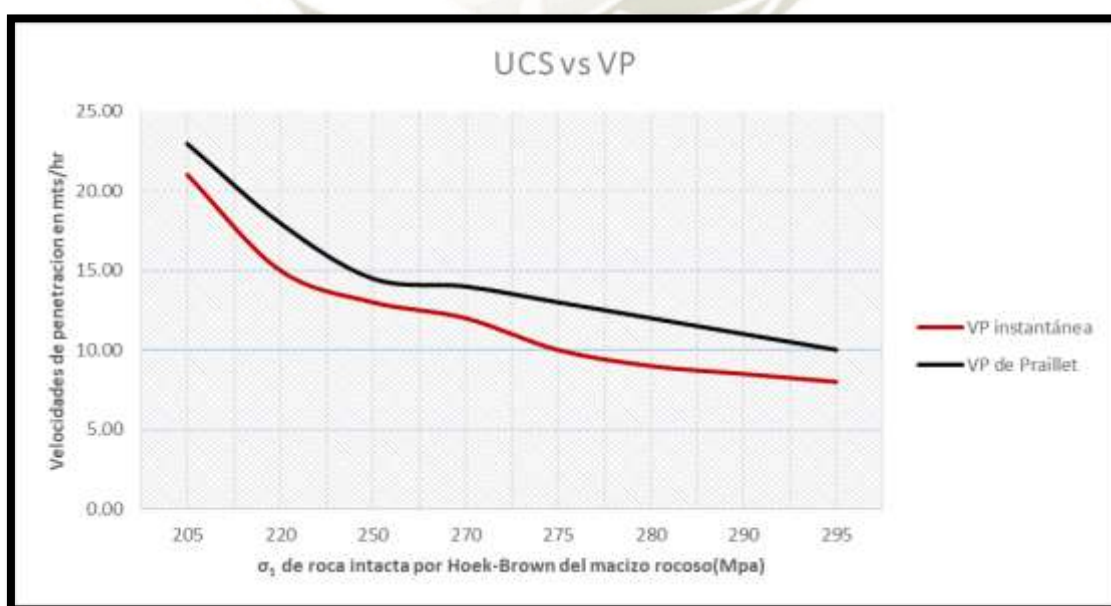
En las gráficas 9 y 10 se puede apreciar la curva de los RPM vs Pull Down de la perforadora #12 tanto teórico como de operación de la propia máquina. El Pull Down aplicado en zona de Desmonte fue de **1282.26 psi** con **45 RPM** como promedio y para zona de Mineral Primario el Pull Down fue de **1527.57 psi** con **38 RPM** como promedio.

Tabla 15

Comparación de velocidades de penetración de las muestras de la perforadora #12.

Muestra	Material perforado	UCS prom (Mpa)	VP instantánea (mts/hr)	VP de Praillet (mts/hr)
M1-Tal 254	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	277.92	10.68	11.52
M2-Tal 271	D / Hornfels filítico medio	201.60	19.29	21.88
M3-Tal 273	D / Hornfels filítico medio con Gabrodiorita	248.04	12.97	14.46
M4-Tal 9	D / Hornfels filítico suave con andesita	215.68	18.55	19.12
M5-Tal 25	PO / Hematita - Martita dura	264.24	10.31	12.74
M6-Tal 67	PO / Hematita - Martita dura	264.24	10.28	12.74
M7-Tal 66	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	9.13	10.90
M8-Tal 3	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	9.33	10.90
M9-Tal 84	D / Andesita con Gabrodiorita	219.88	16.22	18.40
M10-Tal 54	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	10.32	10.90

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 11. Curva de velocidades de penetración de la perforadora #12

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 11 se aprecia que la velocidad de penetración de R. Praillet tiene un mejor resultado en comparación con la velocidad instantánea en los diferentes terrenos que perforo la máquina.

Cabe mencionar que en la resistencia a la compresión del terreno se utilizó la fórmula del criterio de falla generalizado de Hoek-Brown donde materiales como Hornfels filítico, Gabrodiorita, Andesita y Hematita-Martita tuvieron valores de Índice Geológico de resistencia (**GSI**) de **55, 45, 55 y 50** y valores de clasificación geomecánica de (**RMR**) de **63, 64, 62 y 60** respectivamente. Estos son datos proporcionados por el área de Geotecnia de la mina.

Con los datos de GSI y RMR se obtuvo la resistencia a la compresión de roca intacta de Hoek-Brown (σ_1) para estos materiales en los macizos rocosos perforados obteniendo 205, 220, 250, 270, 275, 280, 290 y 295 Mpa como promedio general. En general la evaluación de la velocidad de penetración de R. Praillet produjo un aumento porcentual de **12.9%** sobre la velocidad de penetración instantánea (real) de la perforadora #12 en los distintos materiales perforados de minas 3 y 4.

5.1.2. Evaluación y comparación de las velocidades de penetración y parámetros operativos más importantes obtenidos de la perforadora Gardner Denver GD100 – #20 así como la técnica estadística utilizada para la distribución normal de frecuencias de las muestras

Se realizó el análisis de las 27 muestras de la perforadora #20 obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 16

Velocidades de penetración instantánea de la perforadora #20.

Muestra	Material perforado	Mina	T. efectivo	Profundidad (mts)	VP instantánea (mts/hr)
---------	--------------------	------	----------------	----------------------	-------------------------------

M1-Tal 79	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:14:50	13.0	10.42
M2-Tal 111	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	3	1:03:01	13.5	12.85
M3-Tal 77	D / Hornfels filítico duro a muy duro	3	0:58:02	14.0	14.47
M4-Tal 75	D / Hornfels filítico muy duro	3	1:08:29	13.5	11.83
M5-Tal 82	D / Hornfels filítico muy duro	3	1:04:41	13.5	12.52
M6-Tal 73	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	3	1:02:28	14.0	13.45
M7-Tal 78	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	3	0:58:51	13.5	13.76
M8-Tal 99	D / Gabrodiorita	3	1:15:05	13.0	10.39
M9-Tal 20A	D / Hornfels filítico muy duro	3	1:13:40	13.0	10.59
M10-Tal 47	D / Hornfels filítico muy duro con Gabrodiorita	3	1:11:26	13.5	11.34
M11-Tal 21	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	3	0:55:52	13.5	14.50
M12-Tal 48	D / Hornfels filítico muy duro	3	1:07:08	13.5	12.07
M13-Tal 32A	D / Gabrodiorita	3	1:20:22	13.0	9.71
M14-Tal 41	D / Gabrodiorita	3	1:22:33	14.0	10.18
M15-Tal 38A	D / Gabrodiorita	3	1:17:59	13.5	10.39
M16-Tal SD1	D / Hornfels filítico muy duro	3	1:08:39	14.0	12.24
M17-Tal 58	D / Hornfels filítico muy duro	3	1:09:30	13.5	11.65
M18-Tal 13	D / Hornfels filítico muy duro	3	1:15:10	14.0	11.18
M19-Tal 15	D / Hornfels filítico muy duro	3	1:12:10	13.5	11.22
M20-Tal SD2	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	3	1:08:40	14.0	12.23
M21-Tal SD3	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	3	1:07:27	14.0	12.45
M22-Tal 130	PO / Magnetita	3	1:14:55	13.5	10.81
M23-Tal 115	PO / Magnetita con hornfels filítico duro a muy duro	3	1:01:11	13.5	13.24
M24-Tal 13	PO / Magnetita	3	1:18:51	14.5	11.03
M25-Tal 15	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	3	1:04:00	14.5	13.59
M26-Tal 18	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	3	1:06:01	14.5	13.18
M27-Tal 44	D / Hornfels filítico medio con Gabrodiorita	3	0:51:48	13.5	15.64

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se puede apreciar las velocidades de penetración instantánea que se obtuvo en el campo de las minas 3 y 4 perforando en distintos materiales como desmonte (D) y mineral primario (PO). En este caso las muestras de la perforadora #20 se extrajeron más en mina 3 debido a que el equipo de perforación estaba destinado para perforar en proyectos de desmonte de dicha mina.

Tabla 17

Velocidades de penetración de Praillet de la perforadora #20.

Muestra	Material perforado	UCS prom (Mpa)	Diámetro broca (")	Diámetro broca (mm)	Mínimo (lbs)	Empuje Máximo (lbs)	Empuje Normal (lbs)	Empuje (kg)	RPM	VP de Praillet (mts/hr)
M1-Tal 79	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.25	311	92252.79	184505.58	138379.19	62767.69	40	13.03
M2-Tal 111	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	12.25	311	86596.97	173193.93	129895.45	58919.54	42	14.79
M3-Tal 77	D / Hornfels filítico duro a muy duro	231.48	12.25	311	80815.46	161630.91	121223.18	54985.87	45	16.98
M4-Tal 75	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.25	311	91247.31	182494.62	136870.97	62083.57	40	13.32
M5-Tal 82	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.25	311	91247.31	182494.62	136870.97	62083.57	40	13.32
M6-Tal 73	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	12.25	311	86596.97	173193.93	129895.45	58919.54	42	14.79
M7-Tal 78	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	242.40	12.25	311	84627.90	169255.80	126941.85	57579.81	43	15.48
M8-Tal 99	D / Gabrodiorita	294.48	12.25	311	102810.33	205620.66	154215.50	69950.91	36	10.49
M9-Tal 20A	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.25	311	91247.31	182494.62	136870.97	62083.57	40	13.32
M10-Tal 47	D / Hornfels filítico muy duro con Gabrodiorita	277.92	12.25	311	97028.82	194057.64	145543.23	66017.24	38	11.78
M11-Tal 21	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	242.40	12.25	311	84627.90	169255.80	126941.85	57579.81	43	15.48
M12-Tal 48	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.25	311	91247.31	182494.62	136870.97	62083.57	40	13.32
M13-Tal 32A	D / Gabrodiorita	294.48	12.25	311	102810.33	205620.66	154215.50	69950.91	36	10.49
M14-Tal 41	D / Gabrodiorita	294.48	12.25	311	102810.33	205620.66	154215.50	69950.91	36	10.49
M15-Tal 38A	D / Gabrodiorita	294.48	12.25	311	102810.33	205620.66	154215.50	69950.91	36	10.49
M16-Tal SD1	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.25	311	91247.31	182494.62	136870.97	62083.57	40	13.32
M17-Tal 58	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.25	311	91247.31	182494.62	136870.97	62083.57	40	13.32
M18-Tal 13	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.25	311	91247.31	182494.62	136870.97	62083.57	40	13.32
M19-Tal 15	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.25	311	91247.31	182494.62	136870.97	62083.57	40	13.32
M20-Tal SD2	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	12.25	311	86596.97	173193.93	129895.45	58919.54	42	14.79
M21-Tal SD3	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	12.25	311	86596.97	173193.93	129895.45	58919.54	42	14.79
M22-Tal 130	PO / Magnetita	272.36	12.25	311	95087.69	190175.37	142631.53	64696.52	39	12.26
M23-Tal 115	PO / Magnetita con hornfels filítico duro a muy duro	245.11	12.25	311	85574.03	171148.06	128361.04	58223.54	43	15.14
M24-Tal 13	PO / Magnetita	272.36	12.25	311	95087.69	190175.37	142631.53	64696.52	39	12.26
M25-Tal 15	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	12.25	311	86596.97	173193.93	129895.45	58919.54	42	14.79
M26-Tal 18	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	12.25	311	86596.97	173193.93	129895.45	58919.54	42	14.79
M27-Tal 44	D / Hornfels filítico medio con Gabrodiorita	230.76	12.25	311	80564.09	161128.17	120846.13	54814.84	46	17.09

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se puede apreciar las velocidades de penetración de Praillet calculadas con fórmulas prácticas de empuje y RPM, la resistencia a la compresión del material perforado son los resultados de los ensayos de carga puntual del área de geotecnia de la mina.

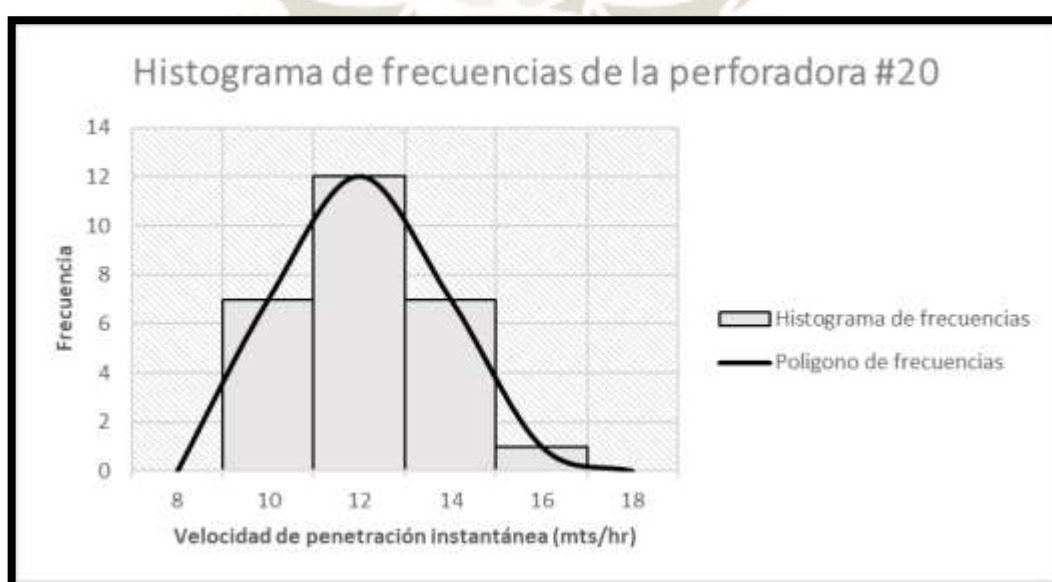
Realizando una distribución normal de frecuencias para las velocidades de penetración obtenidas se tendría los siguientes valores que se describen a continuación:

Tabla 18

Intervalos de VP instantánea y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #20.

Intervalos de VP instantánea (mts/hr)	Frecuencia (fi)	Marcas de clase (Xi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Porcentaje de ocurrencia	$X_i \cdot f_i$	$X_i - \text{media}$	$(X_i - \text{media})^2$
[7 -9]	0	8	0	0%	0	-4.148148	17.207133
[9 -11]	7	10	7	26%	70	-2.148148	4.614540
[11 -13]	12	12	19	44%	144	-0.148148	0.021947
[13 -15]	7	14	26	26%	98	1.851851	3.4293553
[15 -17]	1	16	27	4%	16	3.851851	14.836763
[17 -19]	0	18	27	0%	0	5.851851	34.244170
Sumatoria total	27			100%	328		74.353909

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 12. Distribución normal de las muestras de la perforadora #20 con VP instantánea

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

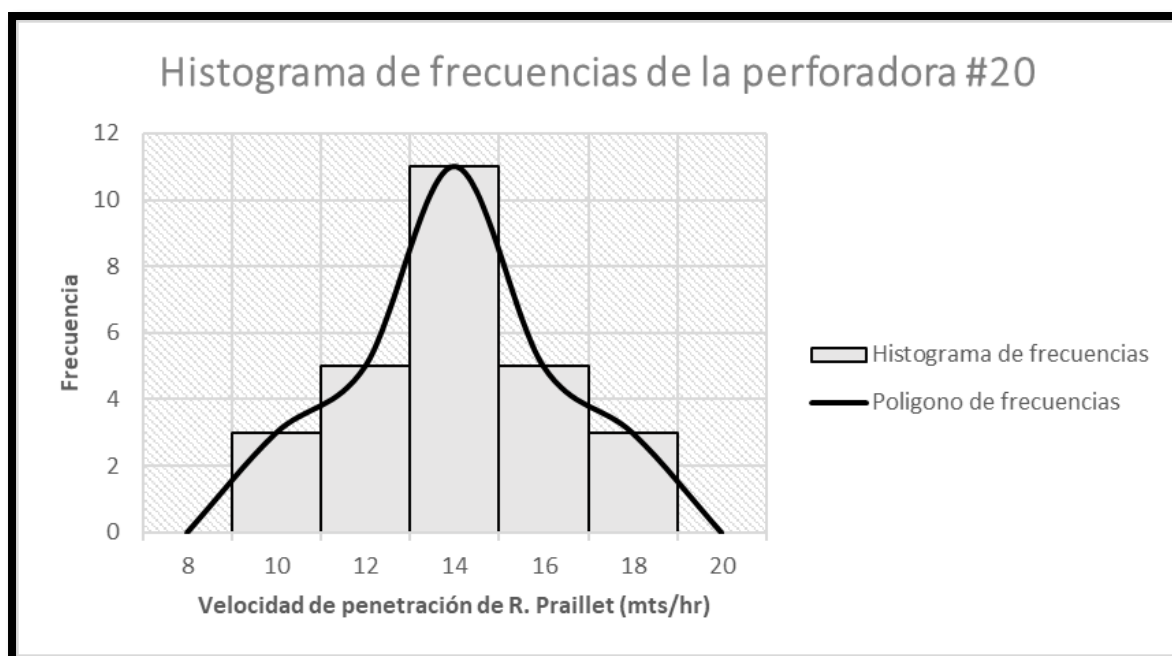
En la gráfica 12 nos muestra el histograma de frecuencias de la perforadora #20 de las muestras realizadas con la VP instantánea el cual nos da una media de **12.15 mts/hr** con una desviación estándar de **1.69 mts/hr**. Además, en la tabla 18 se puede apreciar que el intervalo de VP instantánea que más se repite esta entre 11 – 13 mts/hrs, esto se debe a que la VP instantánea para material Mineral Primario (**11.38 mts/hr** como promedio) y material Desmonte (**12.24 mts/hr** como promedio) se encuentra en ese rango por lo que la media tiene cierto grado de confiabilidad mas no el óptimo.

Tabla 19

Intervalos de VP de R. Praillet y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #20.

Intervalos de VP R. Praillet (mts/hr)	Frecuencia (fi)	Marcas de clase (Xi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Porcentaje de ocurrencia	$Xi \cdot fi$	$Xi -$ media	$(Xi -$ media) ²
[7 -9]	0	8	0	0%	0	-6	36
[9 -11]	3	10	3	11%	30	-4	16
[11 -13]	5	12	8	19%	60	-2	4
[13 -15]	11	14	19	41%	154	0	0
[15 -17]	5	16	24	19%	80	2	4
[17 -19]	3	18	27	11%	54	4	16
[19 -21]	0	20	27	0%	0	6	36
Sumatoria total	27			100%	378		112

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 13. Distribución normal de las muestras de la perforadora #20 con VP de R. Praillet

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 13 nos muestra el histograma de frecuencias de la perforadora #20 de las muestras realizadas con la VP de R. Praillet el cual nos da una media de **14 mts/hr** con una desviación estándar de **2.08 mts/hr**. Además, en la tabla 19 se puede apreciar que el intervalo de VP de R. Praillet que más se repite esta entre 13 – 15 mts/hrs, esto se debe a que la VP de R. Praillet para material Mineral Primario (**13.18 mts/hr** como promedio) y material Desmonte (**13.65 mts/hr** como promedio) se encuentra en ese rango por lo que la media tiene cierto grado de confiabilidad mas no el óptimo.

Tabla 20

Parámetros de operación utilizados por la perforadora #20.

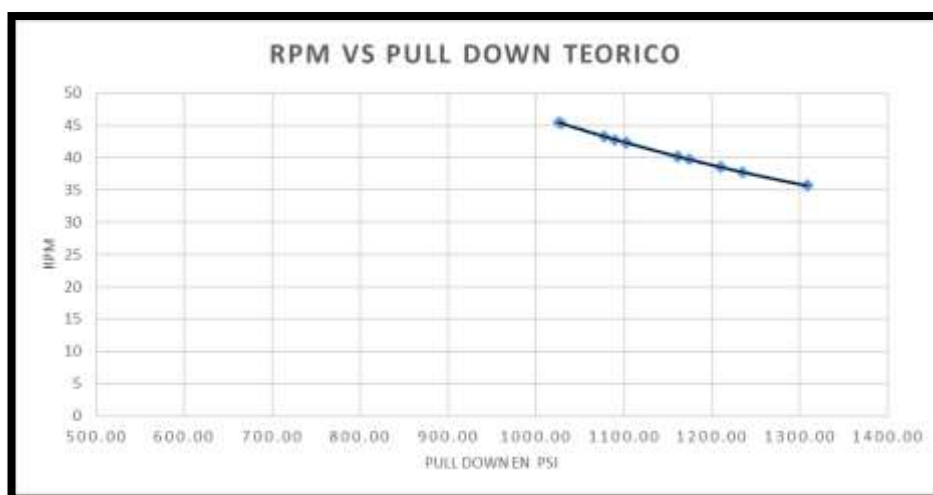
Muestra	Material perforado	Diámetro broca (")	Parámetros de operación de la maquina			Parámetros de operación calculados por teoría		
			Empuje (lbs)	Pull Down prom (psi)	RPM prom	Empuje normal (lbs)	Pull Down (psi)	RPM
M1-Tal 79	PO / Hematita - Martita	12.25	106069.80	900	55	138379.19	1174.14	40

	muy dura							
M2-Tal 111	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	12.25	100177.04	850	58	129895.45	1102.16	42
M3-Tal 77	D / Hornfels filítico duro a muy duro	12.25	88391.50	750	60	121223.18	1028.58	45
M4-Tal 75	D / Hornfels filítico muy duro	12.25	106069.80	900	55	136870.97	1161.35	40
M5-Tal 82	D / Hornfels filítico muy duro	12.25	106069.80	900	55	136870.97	1161.35	40
M6-Tal 73	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	12.25	100177.04	850	58	129895.45	1102.16	42
M7-Tal 78	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	12.25	100177.04	850	58	126941.85	1077.10	43
M8-Tal 99	D / Gabrodiorita	12.25	117855.34	1000	55	154215.50	1308.52	36
M9-Tal 20A	D / Hornfels filítico muy duro	12.25	106069.80	900	55	136870.97	1161.35	40
M10-Tal 47	D / Hornfels filítico muy duro con Gabrodiorita	12.25	111962.57	950	57	145543.23	1234.93	38
M11-Tal 21	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	12.25	100177.04	850	58	126941.85	1077.10	43
M12-Tal 48	D / Hornfels filítico muy duro	12.25	106069.80	900	55	136870.97	1161.35	40
M13-Tal 32A	D / Gabrodiorita	12.25	117855.34	1000	55	154215.50	1308.52	36
M14-Tal 41	D / Gabrodiorita	12.25	117855.34	1000	55	154215.50	1308.52	36
M15-Tal 38A	D / Gabrodiorita	12.25	117855.34	1000	55	154215.50	1308.52	36
M16-Tal SD1	D / Hornfels filítico muy duro	12.25	106069.80	900	55	136870.97	1161.35	40
M17-Tal 58	D / Hornfels filítico muy duro	12.25	106069.80	900	55	136870.97	1161.35	40
M18-Tal 13	D / Hornfels filítico muy duro	12.25	106069.80	900	55	136870.97	1161.35	40
M19-Tal 15	D / Hornfels filítico muy duro	12.25	106069.80	900	55	136870.97	1161.35	40
M20-Tal SD2	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	12.25	100177.04	850	58	129895.45	1102.16	42
M21-Tal SD3	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	12.25	100177.04	850	58	129895.45	1102.16	42
M22-Tal 130	PO / Magnetita	12.25	111962.57	950	57	142631.53	1210.23	39
M23-Tal 115	hornfels filítico duro a muy duro	12.25	100177.04	850	58	128361.04	1089.14	43
M24-Tal 13	PO / Magnetita	12.25	111962.57	950	57	142631.53	1210.23	39
M25-Tal 15	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	12.25	100177.04	850	58	129895.45	1102.16	42
M26-Tal 18	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	12.25	100177.04	850	58	129895.45	1102.16	42
M27-Tal 44	D / Hornfels filítico medio con Gabrodiorita	12.25	88391.50	750	60	120846.13	1025.38	46

Nota. Fuente: Elaboración propia

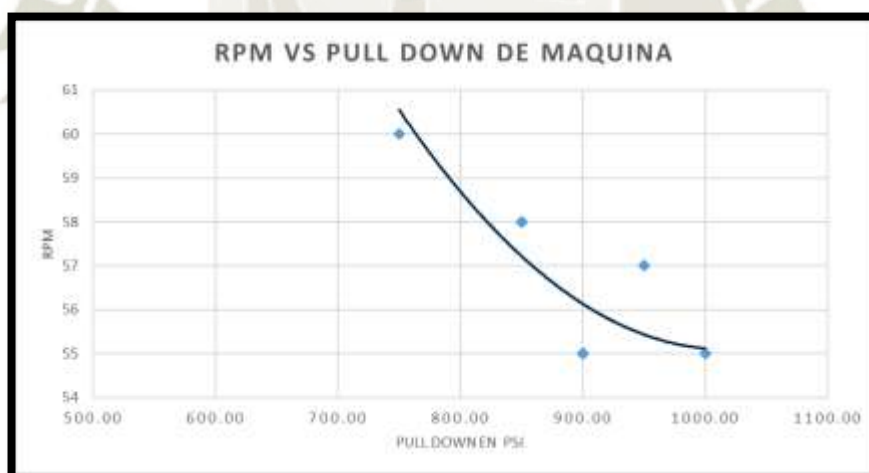
En la tabla 20 se puede comparar los parámetros de operación de la maquina con los parámetros calculados por teoría, en el cual para hallar una estimación cercana a la velocidad de penetración real los parámetros de operación por teoría son los más certeros a la hora de calcular la velocidad de penetración y posteriormente se pueden aplicar en la fórmula de Praillet. Se tiene que tomar en cuenta que los parámetros de operación de la propia máquina dependerá de la experiencia del operador al perforar distintos tipos

de terreno sabiendo que la perforadora #20 en condiciones normales de trabajo tiene un rango mínimo de 55 RPM y rango máximo de 60 RPM.



Gráfica 14. RPM vs Pull Down teórico de la perforadora #20

Fuente: *Elaboración propia*



Gráfica 15. RPM vs Pull Down de operación de la perforadora #20

Fuente: *Elaboración propia*

Interpretación:

En las gráficas 14 y 15 se puede apreciar la curva de los RPM vs Pull Down de la perforadora #20 tanto teórico como de operación de la propia máquina. El Pull Down aplicado en zona de Desmonte

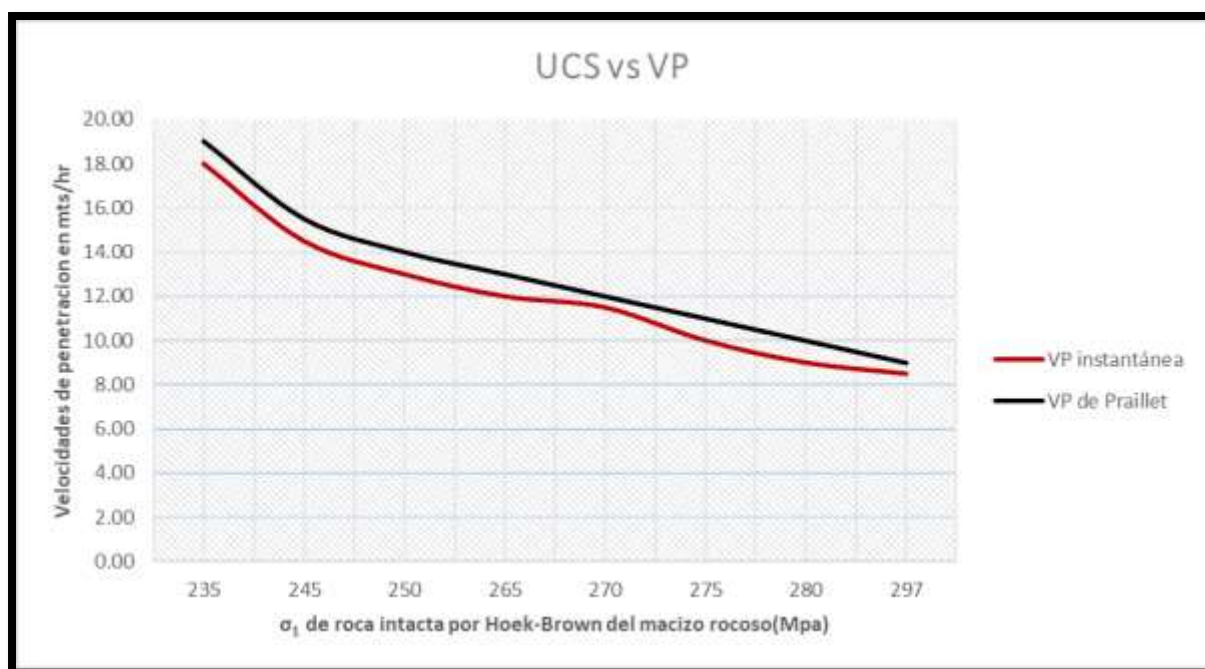
fue de **1155.69 psi** con **41 RPM** como promedio y para zona de Mineral Primario el Pull Down fue de **1170.93 psi** con **40 RPM** como promedio.

Tabla 21

Comparación de velocidades de penetración de las muestras de la perforadora #20.

Muestra	Material perforado	UCS prom (Mpa)	VP instantánea (mts/hr)	VP de Praillet (mts/hr)
M1-Tal 79	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	10.42	13.03
M2-Tal 111	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	12.85	14.79
M3-Tal 77	D / Hornfels filítico duro a muy duro	231.48	14.47	16.98
M4-Tal 75	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	11.83	13.32
M5-Tal 82	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.52	13.32
M6-Tal 73	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	13.45	14.79
M7-Tal 78	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	242.40	13.76	15.48
M8-Tal 99	D / Gabrodiorita	294.48	10.39	10.49
M9-Tal 20A	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	10.59	13.32
M10-Tal 47	D / Hornfels filítico muy duro con Gabrodiorita	277.92	11.34	11.78
M11-Tal 21	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	242.40	14.50	15.48
M12-Tal 48	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.07	13.32
M13-Tal 32A	D / Gabrodiorita	294.48	9.71	10.49
M14-Tal 41	D / Gabrodiorita	294.48	10.18	10.49
M15-Tal 38A	D / Gabrodiorita	294.48	10.39	10.49
M16-Tal SD1	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.24	13.32
M17-Tal 58	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	11.65	13.32
M18-Tal 13	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	11.18	13.32
M19-Tal 15	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	11.22	13.32
M20-Tal SD2	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	12.23	14.79
M21-Tal SD3	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	12.45	14.79
M22-Tal 130	PO / Magnetita	272.36	10.81	12.26
M23-Tal 115	PO / Magnetita con hornfels filítico duro a muy duro	245.11	13.24	15.14
M24-Tal 13	PO / Magnetita	272.36	11.03	12.26
M25-Tal 15	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	13.59	14.79
M26-Tal 18	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita	248.04	13.18	14.79
M27-Tal 44	D / Hornfels filítico medio con Gabrodiorita	230.76	15.64	17.09

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 16. Curva de velocidades de penetración de la perforadora #20

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 16 se aprecia que la velocidad de penetración de R. Praillet tiene un mejor resultado en comparación con la velocidad instantánea en los diferentes terrenos que perforo la máquina. Cabe mencionar que en la resistencia a la compresión del terreno se utilizó la fórmula del criterio de falla generalizado de Hoek-Brown donde materiales como Hornfels filítico, Gabrodiorita, Magnetita y Hematita-Martita tuvieron valores de Índice Geológico de resistencia (**GSI**) de **55, 45, 45 y 50** y valores de clasificación geomecánica de (**RMR**) de **63, 64, 67 y 60** respectivamente. Estos son datos proporcionados por el área de Geotecnia de la mina. Con los datos de GSI y RMR se obtuvo la resistencia a la compresión de roca intacta de Hoek-Brown (σ_1) para estos materiales en los macizos rocosos perforados obteniendo 235, 245, 250, 265, 270, 275, 280 y 297 Mpa como promedio general.

En general la evaluación de la velocidad de penetración de R. Praillet produjo un aumento porcentual de **12.13%** sobre la

velocidad de penetración instantánea (real) de la perforadora #20 en los distintos materiales perforados de minas 3 y 4. Es importante resaltar que en la zona de desmonte de mina 3 los dominios geológicos como Hornfels filítico o Gabrodiorita tienen las más altas resistencias a la compresión por lo que son bien complicados de perforar y las velocidades de penetración son bajas casi similares a las velocidades de zona de mineral.

5.1.3. Evaluación y comparación de las velocidades de penetración y parámetros operativos más importantes obtenidos de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #22 así como la técnica estadística utilizada para la distribución normal de frecuencias de las muestras

Se realizó el análisis de las 16 muestras de la perforadora #22 obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 22

Velocidades de penetración instantánea de la perforadora #22.

Muestra	Material perforado	Mina	T. efectivo	Profundidad (mts)	VP instantánea (mts/hr)
M1-Tal 59	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:17:52	16.0	12.33
M2-Tal 139	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:05:58	13.5	12.28
M3-Tal 28	PO / Hematita - Martita dura a muy dura	4	1:03:35	14.0	13.21
M4-Tal 37	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita duro	4	0:44:46	14.5	19.43
M5-Tal 39	D / Hornfels filítico duro con andesita	4	0:53:03	13.5	15.27
M6-Tal 64	D / Hornfels filítico medio con andesita	4	0:44:21	14.0	18.94
M7-Tal 29	D / Hornfels filítico medio con andesita	4	0:43:05	13.0	18.10
M8-Tal 21	D / Hornfels filítico medio con andesita	4	0:41:48	12.5	17.94
M9-Tal 111	PO / Hematita - Martita dura a muy dura	4	1:03:13	14.0	13.29
M10-Tal 125	D / Hornfels filítico duro con andesita	4	0:58:28	14.0	14.37
M11-Tal 118	D / Hornfels filítico duro con andesita	4	0:57:01	14.0	14.73
M12-Tal 63	BL / Hematita - Martita muy dura con Andesita	4	1:26:25	14.0	9.72
M13-Tal SD4	BL / Hematita - Martita muy dura con Andesita	4	1:31:44	14.0	9.16
M14-Tal 41	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:10:19	14.0	11.95

M15-Tal 42	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:16:38	14.0	10.96
M16-Tal 44	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:16:45	14.0	10.94

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 se puede apreciar las velocidades de penetración instantánea que se obtuvo en el campo de la mina 4 perforando en distintos materiales como desmonte (D), mineral primario (PO) y baja ley (BL). En este caso las muestras de la perforadora #22 se extrajeron más en mina 4 debido a que el equipo de perforación estaba destinado para perforar en proyectos de los 3 materiales de dicha mina.

Tabla 23

Velocidades de penetración de Praillet de la perforadora #22.

Muestra	Material perforado	UCS prom (Mpa)	Diámetro broca (")	Diámetro broca (mm)	Empuje			Empuje (kg)	RPM	VP de Praillet (mts/hr)
					Mínimo (lbs)	Máximo (lbs)	Normal (lbs)			
M1-Tal 59	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.25	311	92252.79	184505.58	138379.19	62767.69	40	13.03
M2-Tal 139	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.25	311	92252.79	184505.58	138379.19	62767.69	40	13.03
M3-Tal 28	PO / Hematita - Martita dura a muy dura	249.60	12.25	311	87141.60	174283.20	130712.40	59290.10	42	14.60
M4-Tal 37	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita duro	202.20	12.25	311	70593.08	141186.15	105889.61	48030.68	52	22.25
M5-Tal 39	D / Hornfels filítico duro con andesita	240.40	12.25	311	83929.65	167859.30	125894.48	57104.73	44	15.74
M6-Tal 64	D / Hornfels filítico medio con andesita	215.68	12.25	311	75299.28	150598.56	112948.92	51232.73	49	19.56
M7-Tal 29	D / Hornfels filítico medio con andesita	215.68	12.25	311	75299.28	150598.56	112948.92	51232.73	49	19.56
M8-Tal 21	D / Hornfels filítico medio con andesita	215.68	12.25	311	75299.28	150598.56	112948.92	51232.73	49	19.56
M9-Tal 111	PO /	249.60	12.25	311	87141.60	174283.20	130712.40	59290.10	42	14.60

M10-Tal 125	Hematita - Martita dura a muy dura D / Hornfels filitico duro con andesita D / Hornfels	240.40	12.25	311	83929.65	167859.30	125894.48	57104.73	44	15.74
M11-Tal 118	filitico duro con andesita BL / Hematita	240.40	12.25	311	83929.65	167859.30	125894.48	57104.73	44	15.74
M12-Tal 63	- Martita muy dura con Andesita BL / Hematita	271.90	12.25	311	94927.09	189854.18	142390.63	64587.25	39	12.31
M13-Tal SD4	- Martita muy dura con Andesita PO /	271.90	12.25	311	94927.09	189854.18	142390.63	64587.25	39	12.31
M14-Tal 41	Hematita - Martita muy dura PO /	264.24	12.25	311	92252.79	184505.58	138379.19	62767.69	40	13.03
M15-Tal 42	Hematita - Martita muy dura PO /	285.72	12.25	311	99752.00	199503.99	149627.99	67870.06	37	11.14
M16-Tal 44	Hematita - Martita muy dura	285.72	12.25	311	99752.00	199503.99	149627.99	67870.06	37	11.14

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 se puede apreciar las velocidades de penetración de Praillet calculadas con fórmulas prácticas de empuje y RPM, la resistencia a la compresión del material perforado son los resultados de los ensayos de carga puntual del área de geotecnia de la mina.

Realizando una distribución normal de frecuencias para las velocidades de penetración obtenidas se tendría los siguientes valores que se describen a continuación:

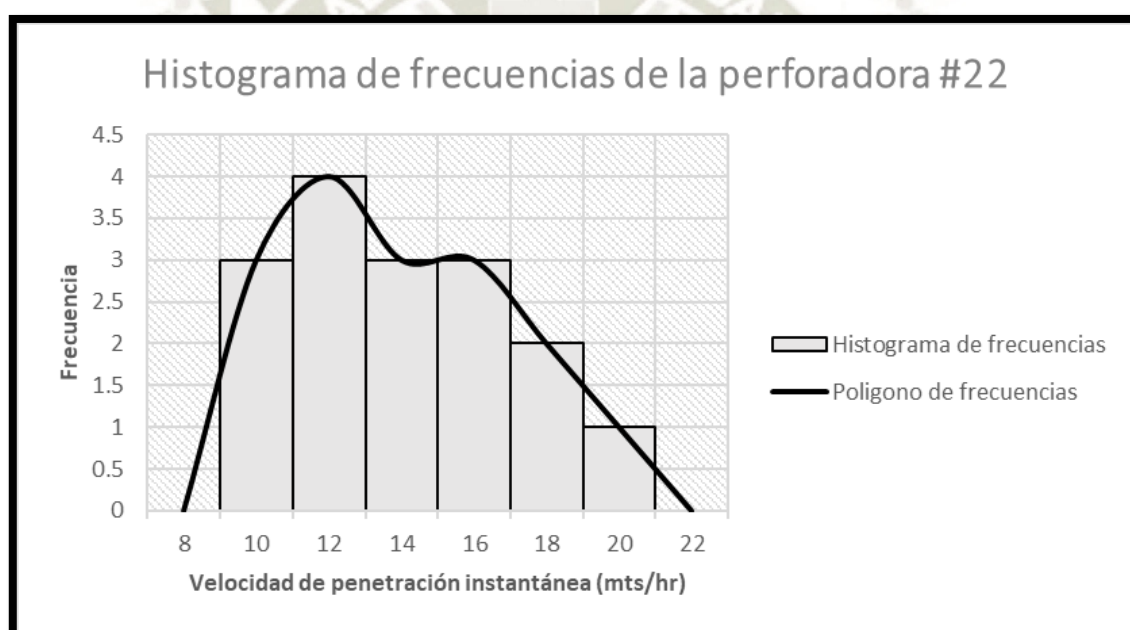
Tabla 24

Intervalos de VP instantánea y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #22.

Intervalos de VP instantánea (mts/hr)	Frecuencia (fi)	Marcas de clase (Xi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Porcentaje de ocurrencia	$\Sigma Xi \cdot fi$	$\Sigma Xi -$ media	$(\Sigma Xi -$ media) ²
--	--------------------	-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	----------------------	------------------------	---------------------------------------

[7 -9]	0	8	0	0%	0	-6	36
[9 -11]	3	10	3	19%	30	-4	16
[11 -13]	4	12	7	25%	48	-2	4
[13 -15]	3	14	10	19%	42	0	0
[15 -17]	3	16	13	19%	48	2	4
[17 -19]	2	18	15	13%	36	4	16
[19 -21]	1	20	16	6%	20	6	36
[21 -23]	0	22	16	0%	0	8	64
Sumatoria total	16			100%	224		176

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 17. Distribución normal de las muestras de la perforadora #22 con VP instantánea

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 17 nos muestra el histograma de frecuencias de la perforadora #22 de las muestras realizadas con la VP instantánea el cual nos da una media de **14 mts/hr** con una desviación estándar de **3.43 mts/hr**. Además, en la tabla N° 5.32 se puede

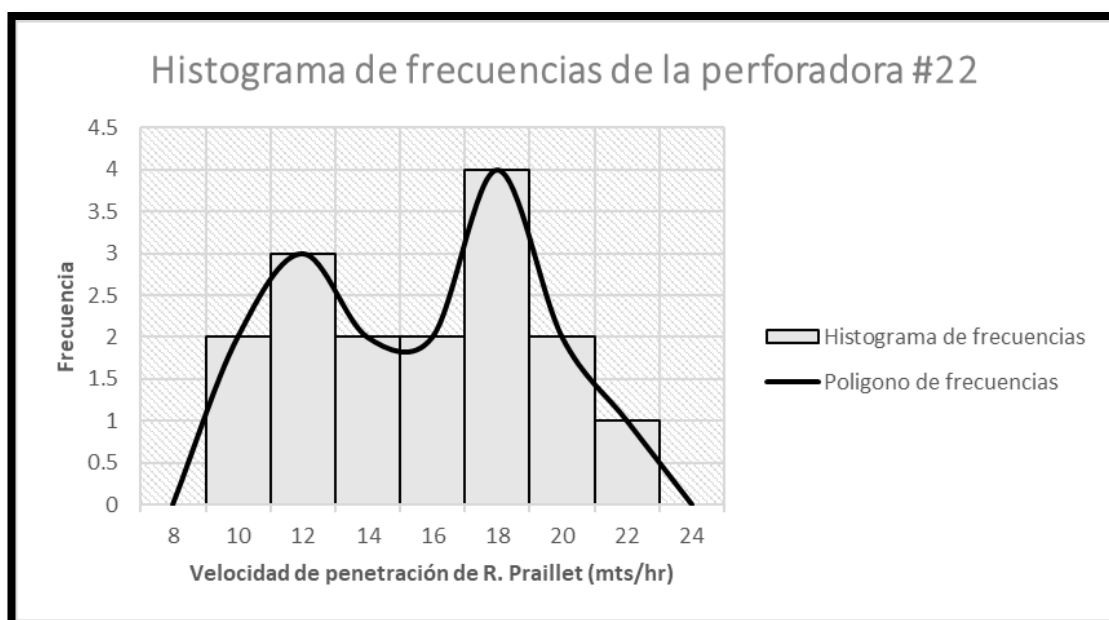
apreciar que el intervalo de VP instantánea que más se repite esta entre 9 – 11, 11 – 13 y 15 - 17 mts/hrs, esto se debe a que la VP instantánea para material Baja Ley (**9.44 mts/hr** como promedio), material Mineral Primario (**12.14 mts/hr** como promedio) y material Desmonte (**16.97 mts/hr** como promedio) se encuentran en esos rangos por lo que la media tiene cierto grado de confiabilidad mas no el óptimo.

Tabla 25

Intervalos de VP de R. Praillet y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #22.

Intervalos de VP R. Praillet (mts/hr)	Frecuencia (fi)	Marcas de clase (Xi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Porcentaje de ocurrencia	$X_i \cdot f_i$	$X_i -$ media	$(X_i -$ media) ²
[7 -9]	0	8	0	0%	0	-7.625	58.140625
[9 -11]	2	10	2	13%	20	-5.625	31.640625
[11 -13]	3	12	5	19%	36	-3.625	13.140625
[13 -15]	2	14	7	13%	28	-1.625	2.640625
[15 -17]	2	16	9	13%	32	0.375	0.140625
[17 -19]	4	18	13	25%	72	2.375	5.640625
[19 -21]	2	20	15	13%	40	4.375	19.140625
[21 -23]	1	22	16	6%	22	6.375	40.640625
[23 -25]	0	24	16	0%	0	8.375	70.140625
Sumatoria total	16			100%	250		241.265630

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 18. Distribución normal de las muestras de la perforadora #22 con VP de R. Praillet

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

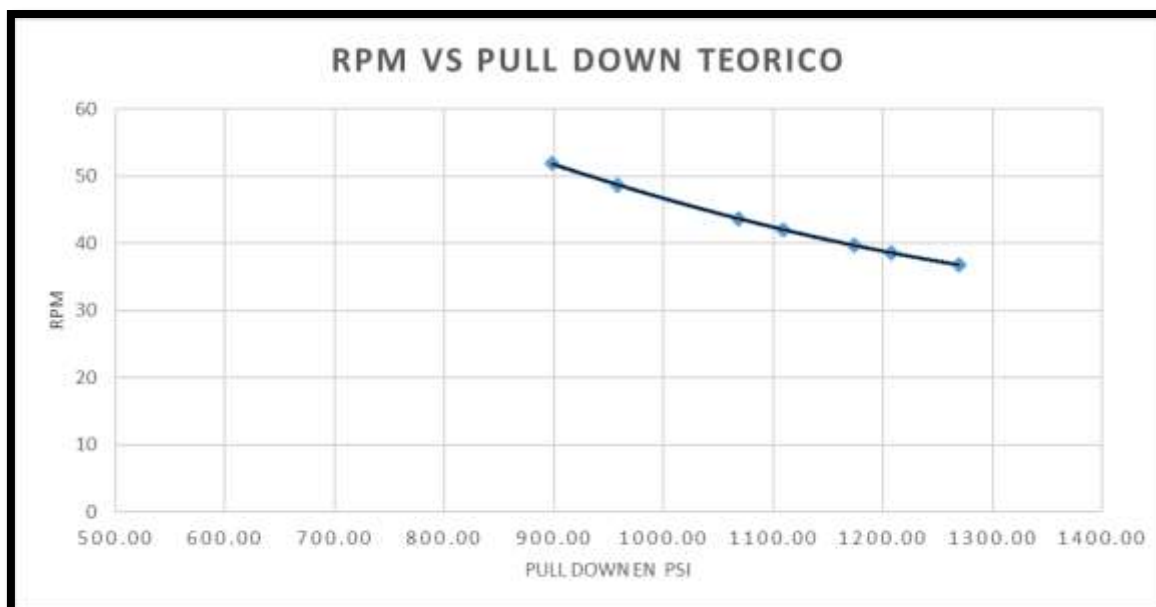
En la gráfica 18 nos muestra el histograma de frecuencias de la perforadora #22 de las muestras realizadas con la VP de R. Praillet el cual nos da una media de **15.63 mts/hr** con una desviación estándar de **4.01 mts/hr**. Además, en la tabla 25 se puede apreciar que el intervalo de VP de R. Praillet que más se repite esta entre 11 – 13 y 17 - 19 mts/hr, esto se debe a que la VP de R. Praillet para material Baja Ley (**12.31 mts/hr** como promedio), material Mineral Primario (**12.94 mts/hr** como promedio) y material Desmonte (**18.31 mts/hr** como promedio) se encuentran en esos rangos por lo que la media tiene cierto grado de confiabilidad mas no el óptimo.

Tabla 26
Parámetros de operación utilizados por la perforadora #22.

Muestra	Material perforado	Diámetro broca (")	Parámetros de operación de la maquina			Parámetros de operación calculados por teoría		
			Empuje (lbs)	Pull Down prom (psi)	RPM prom	Empuje (lbs)	Pull Down (psi)	RPM
M1-Tal 59	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	106069.80	900.00	55	138379.19	1174.14	40
M2-Tal 139	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	106069.80	900.00	55	138379.19	1174.14	40
M3-Tal 28	PO / Hematita - Martita dura a muy dura	12.25	100177.04	850.00	57	130712.40	1109.09	42
M4-Tal 37	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita duro	12.25	64820.43	550.00	60	105889.61	898.47	52
M5-Tal 39	D / Hornfels filítico duro con andesita	12.25	94284.27	800.00	58	125894.48	1068.21	44
M6-Tal 64	D / Hornfels filítico medio con andesita	12.25	70713.20	600.00	60	112948.92	958.37	49
M7-Tal 29	D / Hornfels filítico medio con andesita	12.25	70713.20	600.00	60	112948.92	958.37	49
M8-Tal 21	D / Hornfels filítico medio con andesita	12.25	70713.20	600.00	60	112948.92	958.37	49
M9-Tal 111	PO / Hematita - Martita dura a muy dura	12.25	100177.04	850.00	57	130712.40	1109.09	42
M10-Tal 125	D / Hornfels filítico duro con andesita	12.25	94284.27	800.00	58	125894.48	1068.21	44
M11-Tal 118	D / Hornfels filítico duro con andesita	12.25	94284.27	800.00	58	125894.48	1068.21	44
M12-Tal 63	BL / Hematita - Martita muy dura con Andesita	12.25	111962.57	950.00	53	142390.63	1208.18	39
M13-Tal SD4	BL / Hematita - Martita muy dura con Andesita	12.25	111962.57	950.00	53	142390.63	1208.18	39
M14-Tal 41	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	106069.80	900.00	55	138379.19	1174.14	40
M15-Tal 42	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	117855.34	1000.00	50	149627.99	1269.59	37
M16-Tal 44	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	117855.34	1000.00	50	149627.99	1269.59	37

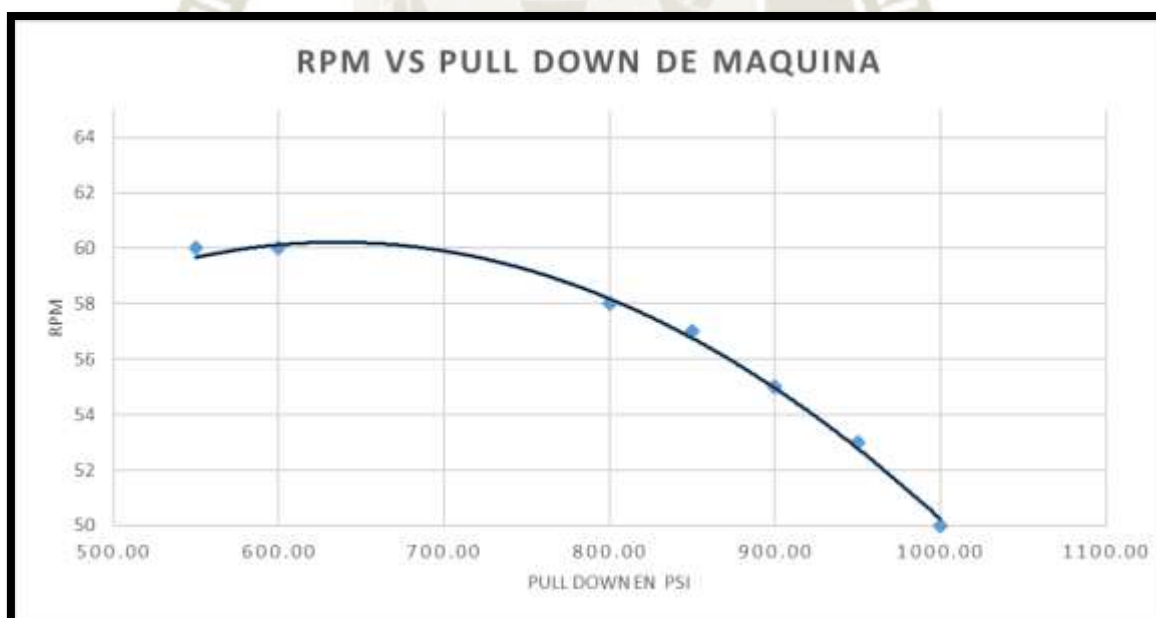
Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se puede comparar los parámetros de operación de la maquina con los parámetros calculados por teoría, en el cual para hallar una estimación cercana a la velocidad de penetración real los parámetros de operación por teoría son los más certeros a la hora de calcular la velocidad de penetración y posteriormente se pueden aplicar en la fórmula de Praillet. Se tiene que tomar en cuenta que los parámetros de operación de la propia máquina dependerá de la experiencia del operador al perforar distintos tipos de terreno sabiendo que la perforadora #22 en condiciones normales de trabajo tiene un rango mínimo de 50 RPM y rango máximo de 60 RPM.



Gráfica 19. RPM vs Pull Down teórico de la perforadora #22

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 20. RPM vs Pull Down de operación de la perforadora #22

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

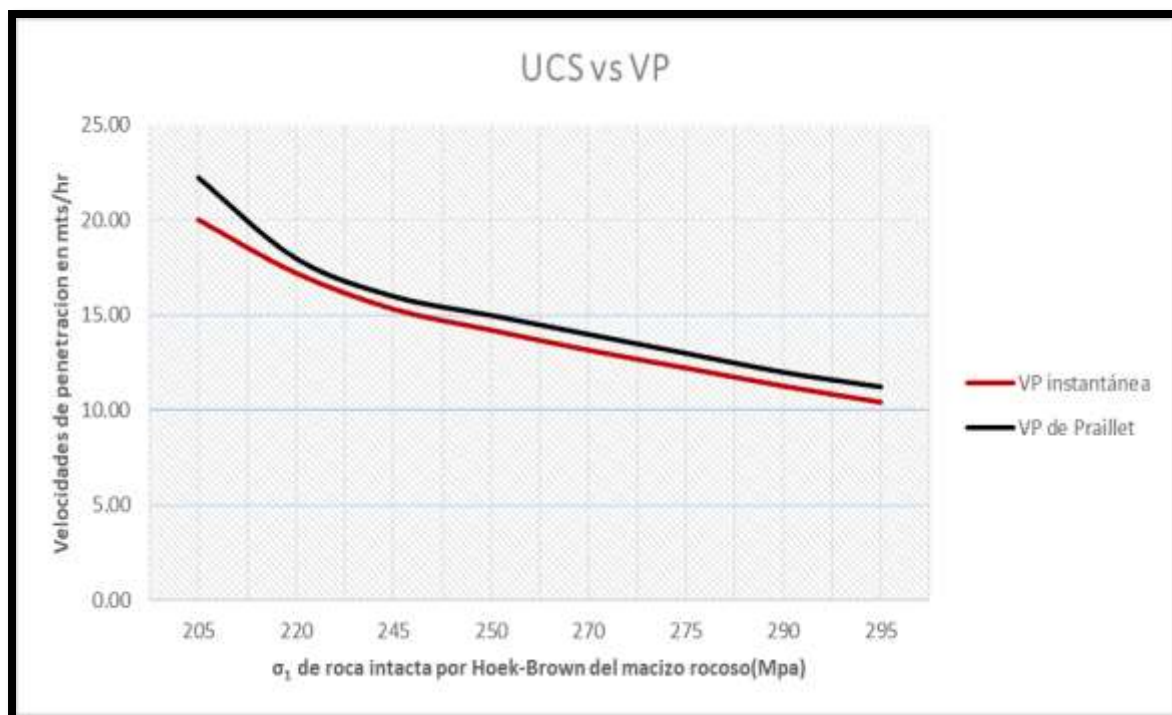
En las gráficas 19 y 20 se puede apreciar la curva de los RPM vs Pull Down de la perforadora #22 tanto teórico como de operación de la propia máquina. El Pull Down aplicado en zona de Desmonte fue de **996.89 psi** con **47 RPM** como promedio, para zona de Baja Ley fue de **1208.18 psi** con **39 RPM** como promedio y para zona de Mineral Primario el Pull Down fue de **1182.83 psi** con **40 RPM** como promedio.

Tabla 27

Comparación de velocidades de penetración de las muestras de la perforadora #22.

Muestra	Material perforado	UCS prom (Mpa)	VP instantánea (mts/hr)	VP de Praillet (mts/hr)
M1-Tal 59	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.33	13.03
M2-Tal 139	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.28	13.03
M3-Tal 28	PO / Hematita - Martita dura a muy dura	249.60	13.21	14.60
M4-Tal 37	D / Hornfels filítico duro con Gabrodiorita duro	202.20	19.43	22.25
M5-Tal 39	D / Hornfels filítico duro con andesita	240.40	15.27	15.74
M6-Tal 64	D / Hornfels filítico medio con andesita	215.68	18.94	19.56
M7-Tal 29	D / Hornfels filítico medio con andesita	215.68	18.10	19.56
M8-Tal 21	D / Hornfels filítico medio con andesita	215.68	17.94	19.56
M9-Tal 111	PO / Hematita - Martita dura a muy dura	249.60	13.29	14.60
M10-Tal 125	D / Hornfels filítico duro con andesita	240.40	14.37	15.74
M11-Tal 118	D / Hornfels filítico duro con andesita	240.40	14.73	15.74
M12-Tal 63	BL / Hematita - Martita muy dura con Andesita	271.90	9.72	12.31
M13-Tal SD4	BL / Hematita - Martita muy dura con Andesita	271.90	9.16	12.31
M14-Tal 41	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	11.95	13.03
M15-Tal 42	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	10.96	11.14
M16-Tal 44	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	10.94	11.14

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 21. Curva de velocidades de penetración de la perforadora #22

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 21 se aprecia que la velocidad de penetración de R. Praillet tiene un mejor resultado en comparación con la velocidad instantánea en los diferentes terrenos que perforo la máquina.

Cabe mencionar que en la resistencia a la compresión del terreno se utilizó la fórmula del criterio de falla generalizado de Hoek-Brown donde materiales como Hornfels filítico, Gabrodiorita, Andesita y Hematita-Martita tuvieron valores de Índice Geológico de resistencia (GSI) de **55, 45, 55 y 50** y valores de clasificación geomecánica de (RMR) de **63, 64, 62 y 60** respectivamente. Estos son datos proporcionados por el área de Geotecnia de la mina.

Con los datos de GSI y RMR se obtuvo la resistencia a la compresión de roca intacta de Hoek-Brown (σ_1) para estos

materiales en los macizos rocosos perforados obteniendo 205, 220, 245, 250, 270, 275, 290 y 295 Mpa como promedio general.

En general la evaluación de la velocidad de penetración de R. Praillet produjo un aumento porcentual de **9.35%** sobre la velocidad de penetración instantánea (real) de la perforadora #22 en los distintos materiales perforados de mina 4. Es importante resaltar que en la zona de baja ley (dilución de mineral) de mina 4 los dominios geológicos como la Andesita o Gabrodiorita se mezclan con el mineral de Hematita o Magnetita teniendo altas resistencias a la compresión por lo que son bien complicados de perforar y las velocidades de penetración son bajas.

5.1.4. Evaluación y comparación de las velocidades de penetración y parámetros operativos más importantes obtenidos de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #24 así como la técnica estadística utilizada para la distribución normal de frecuencias de las muestras

Se realizó el análisis de las 17 muestras de la perforadora #24 obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 28

Velocidades de penetración instantánea de la perforadora #24.

Muestra	Material perforado	Mina	T. efectivo	Profundidad (mts)	VP instantánea (mts/hr)
M1-Tal 27	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:25:31	13.0	9.12
M2-Tal 12	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:37:06	15.0	9.27
M3-Tal 21	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels medio	4	0:48:50	13.0	15.97
M4-Tal 22	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels medio	4	0:47:07	13.0	16.55
M5-Tal 58	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels duro	4	0:58:40	13.5	13.81

M6-Tal 55	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels duro	4	1:04:41	13.5	12.52
M7-Tal 19	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:11:43	13.0	10.88
M8-Tal 62	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:16:31	13.5	10.59
M9-Tal 66	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:15:04	13.5	10.79
M10-Tal 69	PO / Hematita - Martita muy dura	4	1:06:17	13.5	12.22
M11-Tal 14	D / Hornfels filítico muy duro	3	1:05:09	14.0	12.89
M12-Tal 46	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	3	0:50:15	14.5	17.31
M13-Tal 45	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	3	0:49:51	14.5	17.45
M14-Tal 44	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	3	0:53:10	14.5	16.36
M15-Tal 53	D / Hornfels filítico duro	3	0:42:25	14.5	20.51
M16-Tal 30	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	3	0:54:41	13.5	14.81
M17-Tal 31A	D / Hornfels filítico duro a muy duro	3	0:57:16	13.5	14.14

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28 se puede apreciar las velocidades de penetración instantánea que se obtuvo en el campo de las minas 3 y 4 perforando en distintos materiales como desmonte (D), mineral primario (PO) y baja ley (BL).

Tabla 29

Velocidades de penetración de Praillet de la perforadora #24.

Muestra	Material perforado	UCS prom (Mpa)	Diámetro broca (")	Diámetro broca (mm)	Mínimo (lbs)	Empuje Máximo (lbs)	Empuje Promedio (lbs)	Empuje (kg)	RPM	VP de Praillet (mts/hr)
M1-Tal 27	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	12.25	311	99752.00	199503.99	149627.99	67870.06	37	11.14
M2-Tal 12	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	12.25	311	99752.00	199503.99	149627.99	67870.06	37	11.14
M3-Tal 21	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels medio	229.50	12.25	311	80124.19	160248.38	120186.28	54515.54	46	17.27
M4-Tal 22	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels medio	229.50	12.25	311	80124.19	160248.38	120186.28	54515.54	46	17.27
M5-Tal 58	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels duro	254.22	12.25	311	88754.56	177509.12	133131.84	60387.54	41	14.08
M6-Tal 55	BL / Hematita - Martita muy	254.22	12.25	311	88754.56	177509.12	133131.84	60387.54	41	14.08

M7-Tal 19	dura con hornfels duro PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.25	311	92252.79	184505.58	138379.19	62767.69	40	13.03
M8-Tal 62	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.25	311	92252.79	184505.58	138379.19	62767.69	40	13.03
M9-Tal 66	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.25	311	92252.79	184505.58	138379.19	62767.69	40	13.03
M10-Tal 69	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.25	311	92252.79	184505.58	138379.19	62767.69	40	13.03
M11-Tal 14	D / Hornfels filítico muy duro D /	261.36	12.25	311	91247.31	182494.62	136870.97	62083.57	40	13.32
M12-Tal 46	Gabrodiorita con hornfels filítico medio D /	225.48	12.25	311	78720.71	157441.41	118081.06	53560.62	47	17.89
M13-Tal 45	Gabrodiorita con hornfels filítico medio D /	225.48	12.25	311	78720.71	157441.41	118081.06	53560.62	47	17.89
M14-Tal 44	Gabrodiorita con hornfels filítico medio D / Hornfels filítico duro D /	228.36	12.25	311	79726.19	159452.37	119589.28	54244.74	46	17.45
M15-Tal 53	Gabrodiorita con hornfels filítico medio D / Hornfels filítico duro D /	190.32	12.25	311	66445.47	132890.94	99668.21	45208.70	55	25.12
M16-Tal 30	Gabrodiorita con hornfels filítico medio D / Hornfels filítico duro a muy duro	228.36	12.25	311	79726.19	159452.37	119589.28	54244.74	46	17.45
M17-Tal 31A		231.48	12.25	311	80815.46	161630.91	121223.18	54985.87	45	16.98

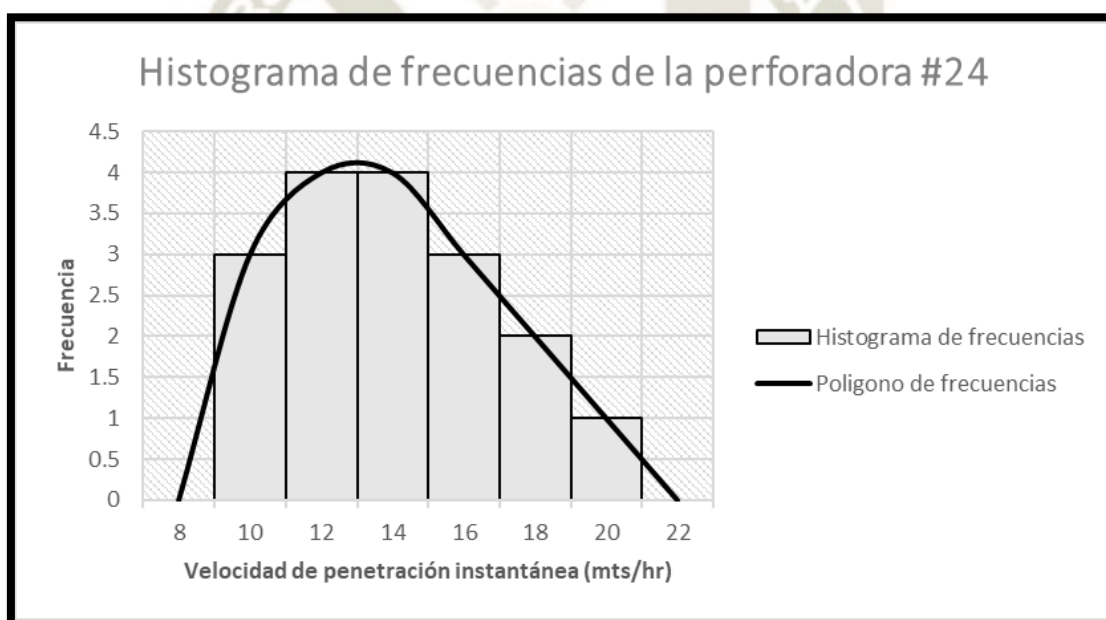
Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29 se puede apreciar las velocidades de penetración de Praillet calculadas con fórmulas prácticas de empuje y RPM, la resistencia a la compresión del material perforado son los resultados de los ensayos de carga puntual del área de geotecnia de la mina.

Realizando una distribución normal de frecuencias para las velocidades de penetración obtenidas se tendría los siguientes valores que se describen a continuación:

Tabla 30
Intervalos de VP instantánea y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #24.

Intervalos de VP instantánea (mts/hr)	Frecuencia (fi)	Marcas de clase (Xi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Porcentaje de ocurrencia	Xi*fi	Xi - media	(Xi - media)^2
[7 -9]	0	8	0	0%	0	-6	36
[9 -11]	3	10	3	18%	30	-4	16
[11 -13]	4	12	7	24%	48	-2	4
[13 -15]	4	14	11	24%	56	0	0
[15 -17]	3	16	14	18%	48	2	4
[17 -19]	2	18	16	12%	36	4	16
[19 -21]	1	20	17	6%	20	6	36
[21 -23]	0	22	17	0%	0	8	64
Sumatoria total	17			100%	238		176

Nota. Fuente: Elaboración propia

Gráfica 22. Distribución normal de las muestras de la perforadora #24 con VP instantánea

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 22 nos muestra el histograma de frecuencias de la perforadora #24 de las muestras realizadas con la VP instantánea el cual nos da una media de **14 mts/hr** con una desviación

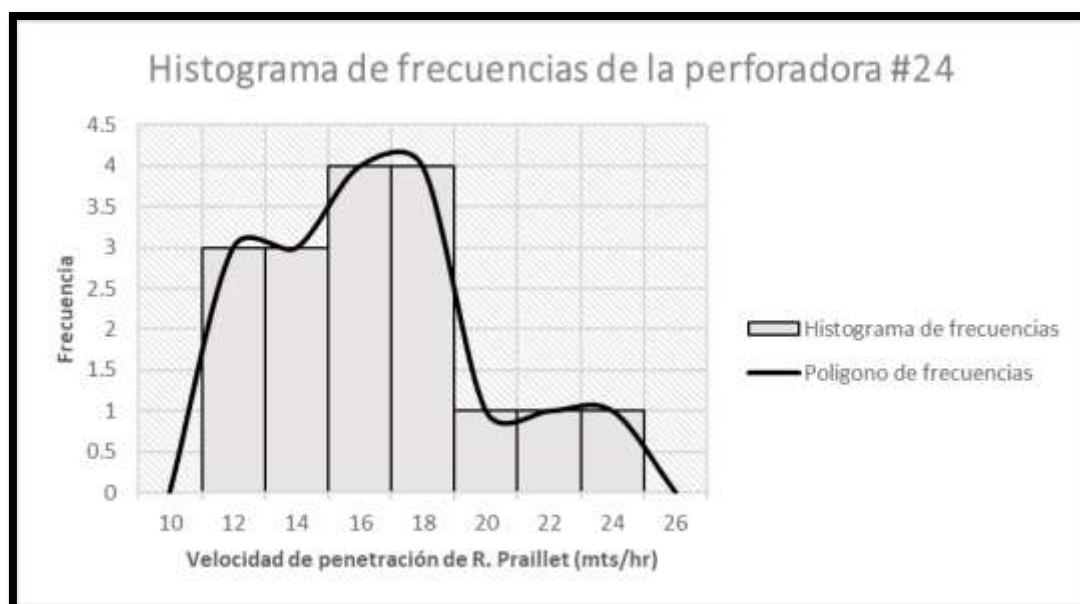
estándar de **3.32 mts/hr**. Además, en la tabla 30 se puede apreciar que el intervalo de VP instantánea que más se repite esta entre 9 – 11, 13 – 15 y 15 - 17 mts/hr, esto se debe a que la VP instantánea para material Baja Ley (**14.71 mts/hr** como promedio), material Mineral Primario (**10.48 mts/hr** como promedio) y material Desmonte (**16.21 mts/hr** como promedio) se encuentran en esos rangos por lo que la media tiene cierto grado de confiabilidad mas no el óptimo.

Tabla 31

Intervalos de VP de R. Praillet y porcentajes de ocurrencia de las muestras de la perforadora #24.

Intervalos de VP R. Praillet (mts/hr)	Frecuencia (fi)	Marcas de clase (Xi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Porcentaje de ocurrencia	Xi*fi	Xi - media	(Xi - media)^2
[9 -11]	0	10	0	0%	0	-6.470588	41.868512
[11 -13]	3	12	3	18%	36	-4.470588	19.986159
[13 -15]	3	14	6	18%	42	-2.470588	6.103806
[15 -17]	4	16	10	24%	64	-0.470588	0.221453
[17 -19]	4	18	14	24%	72	1.529412	2.339100
[19 -21]	1	20	15	6%	20	3.529412	12.456747
[21 -23]	1	22	16	6%	22	5.529412	30.574394
[23 -25]	1	24	17	6%	24	7.529412	56.692042
[25 -27]	0	26	17	0%	0	9.529412	90.809689
Total muestras	17			100%	280		261.051900

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 23. Distribución normal de las muestras de la perforadora #24 con VP de R. Praillet

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 23 nos muestra el histograma de frecuencias de la perforadora #24 de las muestras realizadas con la VP de R. Praillet el cual nos da una media de **16.47 mts/hr** con una desviación estándar de **4.04 mts/hr**. Además, en la tabla 31 se puede apreciar que el intervalo de VP de R. Praillet que más se repite esta entre 11 – 13, 15 – 17 y 17 - 19 mts/hr, esto se debe a que la VP de R. Praillet para material Baja Ley (**15.68 mts/hr** como promedio), material Mineral Primario (**12.40 mts/hr** como promedio) y material Desmonte (**18.01 mts/hr** como promedio) se encuentran en esos rangos por lo que la media tiene cierto grado de confiabilidad mas no el óptimo.

Tabla 32

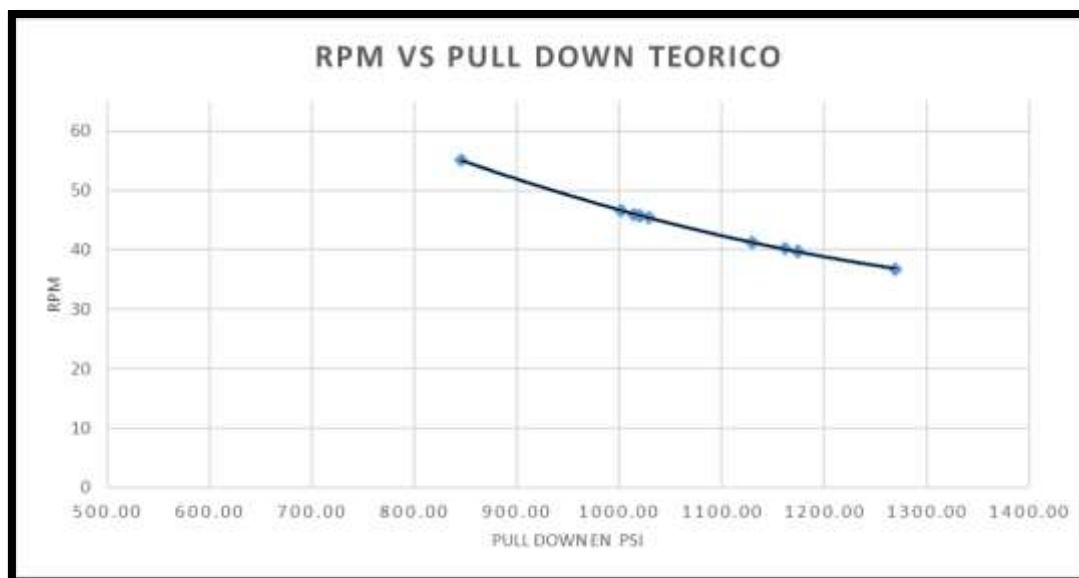
Parámetros de operación utilizados por la perforadora #24.

Muestra	Material perforado	Diámetro broca (")	Parámetros de operación de la maquina			Parámetros de operación calculados por teoría		
			Empuje (lbs)	Pull Down prom (psi)	RPM prom	Empuje (lbs)	Pull Down (psi)	RPM
M1-Tal 27	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	117855.34	1000.00	50	149627.99	1269.59	37

M2-Tal 12	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	117855.34	1000.00	50	149627.99	1269.59	37
M3-Tal 21	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels medio	12.25	94284.27	800.00	58	120186.28	1019.78	46
M4-Tal 22	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels medio	12.25	94284.27	800.00	58	120186.28	1019.78	46
M5-Tal 58	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels duro	12.25	100177.04	850.00	57	133131.84	1129.62	41
M6-Tal 55	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels duro	12.25	100177.04	850.00	57	133131.84	1129.62	41
M7-Tal 19	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	106069.80	900.00	55	138379.19	1174.14	40
M8-Tal 62	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	106069.80	900.00	55	138379.19	1174.14	40
M9-Tal 66	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	106069.80	900.00	55	138379.19	1174.14	40
M10-Tal 69	PO / Hematita - Martita muy dura	12.25	106069.80	900.00	55	138379.19	1174.14	40
M11-Tal 14	D / Hornfels filítico muy duro	12.25	106069.80	900.00	55	136870.97	1161.35	40
M12-Tal 46	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	12.25	88391.50	750.00	60	118081.06	1001.92	47
M13-Tal 45	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	12.25	88391.50	750.00	60	118081.06	1001.92	47
M14-Tal 44	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	12.25	94284.27	800.00	58	119589.28	1014.71	46
M15-Tal 53	D / Hornfels filítico duro	12.25	58927.67	500.00	60	99668.21	845.68	55
M16-Tal 30	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	12.25	94284.27	800.00	58	119589.28	1014.71	46
M17-Tal 31A	D / Hornfels filítico duro a muy duro	12.25	94284.27	800.00	58	121223.18	1028.58	45

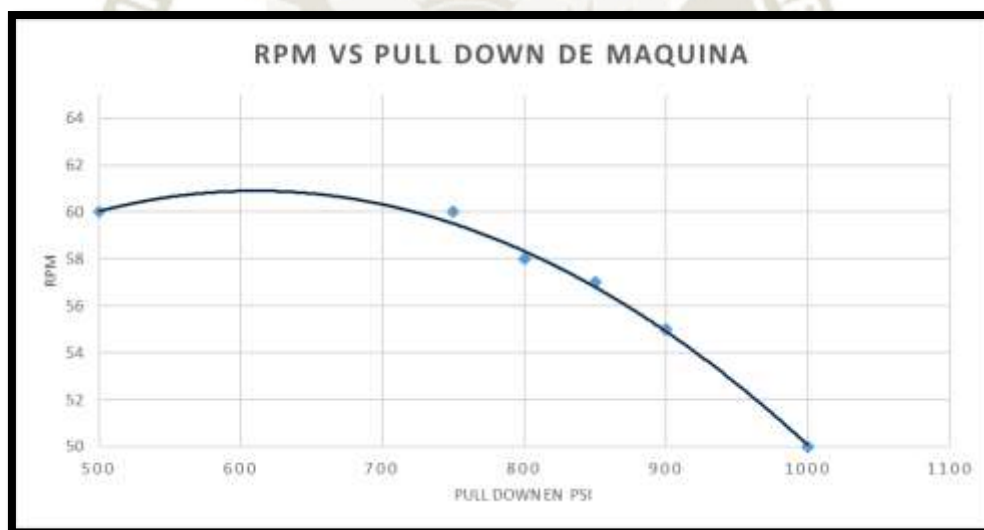
Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32 se puede comparar los parámetros de operación de la maquina con los parámetros calculados por teoría, en el cual para hallar una estimación cercana a la velocidad de penetración real los parámetros de operación por teoría son los más certeros a la hora de calcular la velocidad de penetración y posteriormente se pueden aplicar en la fórmula de Praillet. Se tiene que tomar en cuenta que los parámetros de operación de la propia máquina dependerá de la experiencia del operador al perforar distintos tipos de terreno sabiendo que la perforadora #24 en condiciones normales de trabajo tiene un rango mínimo de 50 RPM y rango máximo de 60 RPM.



Gráfica 24. RPM vs Pull Down teórico de la perforadora #24

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 25. RPM vs Pull Down de operación de la perforadora #24

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En las gráficas 24 y 25 se puede apreciar la curva de los RPM vs Pull Down de la perforadora #24 tanto teórico como de operación de la propia máquina. El Pull Down aplicado en zona de Desmonte fue de **1009.84 psi** con **47 RPM** como promedio, para zona de Baja Ley fue de **1074.70 psi** con **44 RPM** como promedio y para

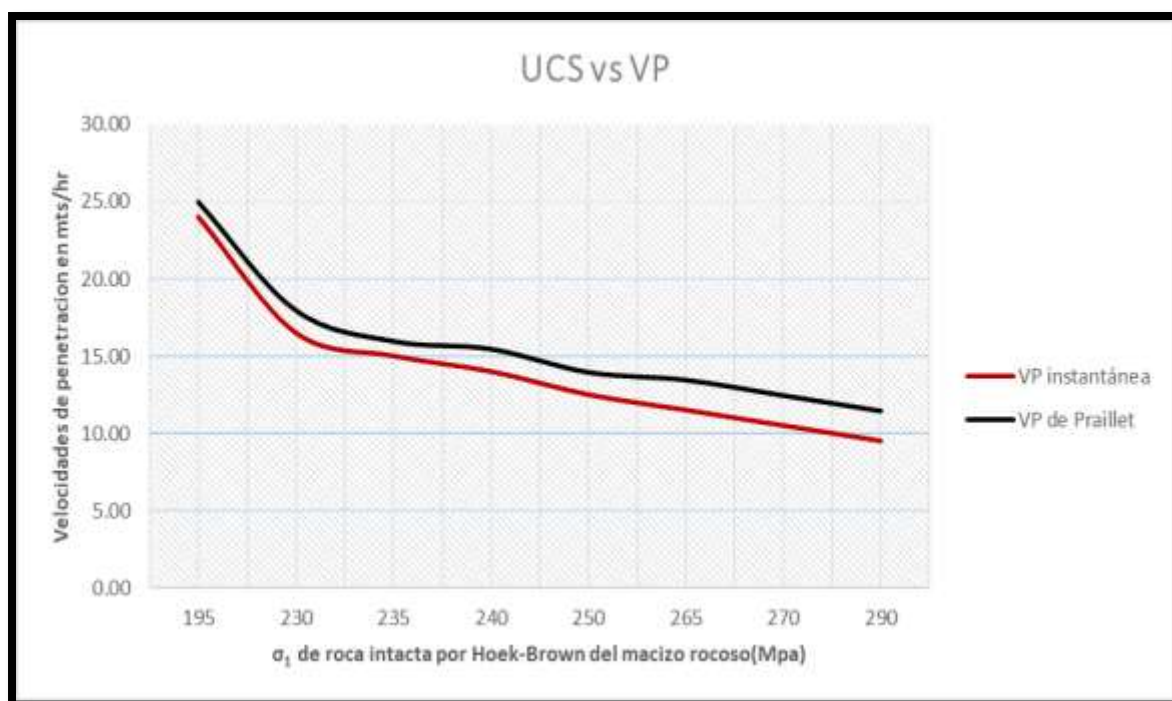
zona de Mineral Primario el Pull Down fue de **1205.96 psi** con **39 RPM** como promedio.

Tabla 33

Comparación de velocidades de penetración de las muestras de la perforadora #24.

Muestra	Material perforado	UCS prom (Mpa)	VP instantánea (mts/hr)	VP de Praillet (mts/hr)
M1-Tal 27	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	9.12	11.14
M2-Tal 12	PO / Hematita - Martita muy dura	285.72	9.27	11.14
M3-Tal 21	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels medio	229.50	15.97	17.27
M4-Tal 22	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels medio	229.50	16.55	17.27
M5-Tal 58	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels duro	254.22	13.81	14.08
M6-Tal 55	BL / Hematita - Martita muy dura con hornfels duro	254.22	12.52	14.08
M7-Tal 19	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	10.88	13.03
M8-Tal 62	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	10.59	13.03
M9-Tal 66	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	10.79	13.03
M10-Tal 69	PO / Hematita - Martita muy dura	264.24	12.22	13.03
M11-Tal 14	D / Hornfels filítico muy duro	261.36	12.89	13.32
M12-Tal 46	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	225.48	17.31	17.89
M13-Tal 45	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	225.48	17.45	17.89
M14-Tal 44	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	228.36	16.36	17.45
M15-Tal 53	D / Hornfels filítico duro	190.32	20.51	25.12
M16-Tal 30	D / Gabrodiorita con hornfels filítico medio	228.36	14.81	17.45
M17-Tal 31A	D / Hornfels filítico duro a muy duro	231.48	14.14	16.98

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 26. Curva de velocidades de penetración de la perforadora #24

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la gráfica 26 se aprecia que la velocidad de penetración de R. Praillet tiene un mejor resultado en comparación con la velocidad instantánea en los diferentes terrenos que perforo la máquina.

Cabe mencionar que en la resistencia a la compresión del terreno se utilizó la fórmula del criterio de falla generalizado de Hoek-Brown donde materiales como Hornfels filítico, Gabrodiorita y Hematita-Martita tuvieron valores de Índice Geológico de resistencia (**GSI**) de **55**, **45** y **50** y valores de clasificación geomecánica de (**RMR**) de **63**, **64** y **60** respectivamente. Estos son datos proporcionados por el área de Geotecnia de la mina.

Con los datos de GSI y RMR se obtuvo la resistencia a la compresión de roca intacta de Hoek-Brown (σ_1) para estos materiales en los macizos rocosos perforados obteniendo 195, 230, 235, 240, 250, 265, 270 y 290 Mpa como promedio general.

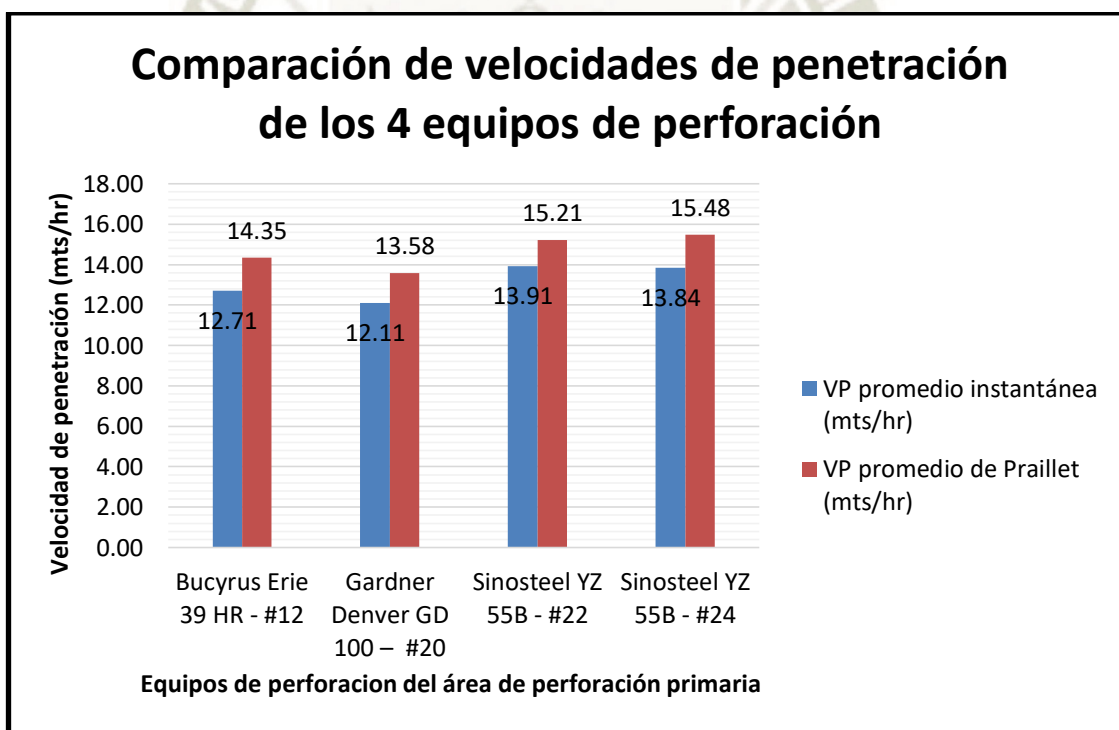
En general la evaluación de la velocidad de penetración de R. Praillet produjo un aumento porcentual de **11.85%** sobre la velocidad de penetración instantánea (real) de la perforadora #24 en los distintos materiales perforados de minas 3 y 4.

Tabla 34

Resultados finales de los promedios de las velocidades de penetración de las 4 perforadoras.

Equipo de Perforación	VP promedio instantánea (mts/hr)	VP promedio de Praillet (mts/hr)
Bucyrus Erie 39 HR - #12	12.71	14.35
Gardner Denver GD 100 – #20	12.11	13.58
Sinosteel YZ 55B - #22	13.91	15.21
Sinosteel YZ 55B - #24	13.84	15.48

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 27. Comparación de velocidades de penetración de los 4 equipos de perforación

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

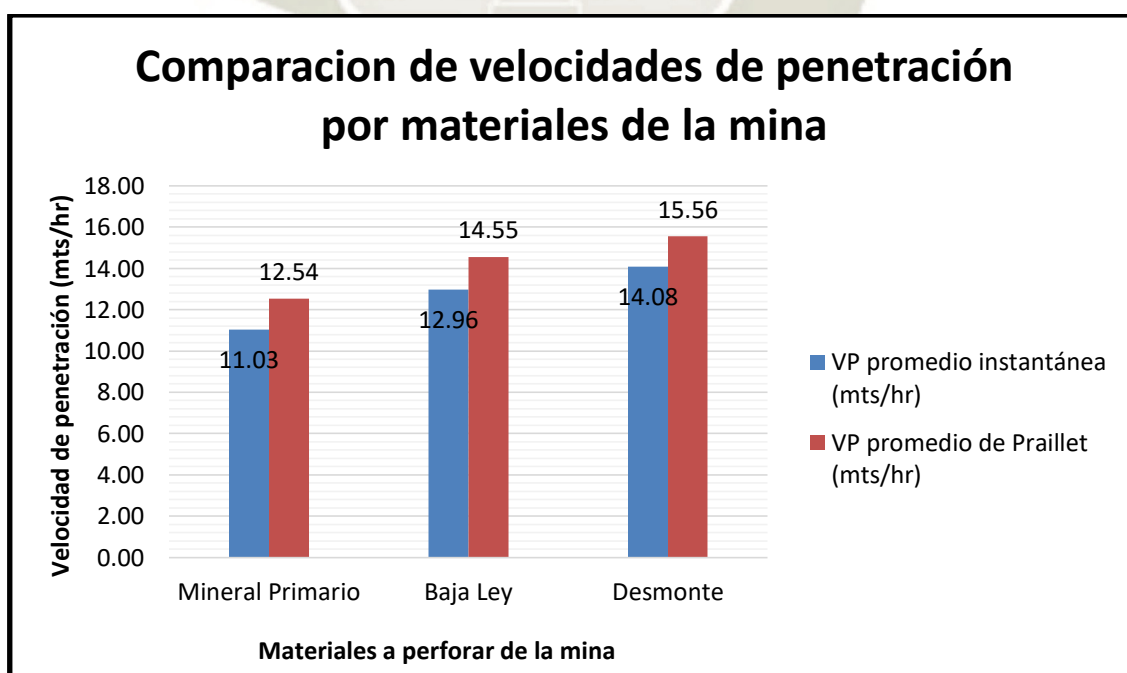
Como se puede apreciar en la gráfica 27, la evaluación de la velocidad de penetración a través de fórmulas de estimación como la de R. Praillet obtiene resultados similares o hasta incluso superiores sobre la velocidad de penetración instantánea o real. El análisis y procesamiento de las 70 muestras extraídas del campo de minas 3 y 4 dio un incremento final de **11.57%** en la velocidad de penetración del área de perforación primaria de la mina empleando la fórmula de R. Praillet sobre la velocidad de penetración instantánea.

Tabla 35

Resultados finales de los promedios de las velocidades de penetración por materiales de la mina.

Materiales	VP promedio instantánea (mts/hr)	VP promedio de Praillet (mts/hr)
Mineral Primario	11.03	12.54
Baja Ley	12.96	14.55
Desmonte	14.08	15.56

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 28. Comparación de velocidades de penetración por materiales de la mina

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se puede apreciar en la gráfica 28, con la evaluación de la velocidad de penetración aplicando la fórmula de R. Praillet se puede estimar una velocidad promedio para cada tipo de material a perforar sabiendo las resistencias a la compresión de cada dominio geológico.

5.1.5. Cálculo del coste de perforación primaria (TDC) a partir de la velocidad media de perforación obtenida de la evaluación de las velocidades de penetración (instantánea y de R. Praillet) de los equipos de perforación

Teniendo las velocidades de penetración tanto instantánea como de R. Praillet obtenidas de cada equipo de perforación se procederá a realizar el cálculo de la velocidad media de perforación (VM) para luego utilizarla en los cálculos del TDC de los equipos de perforación en mención.

Tabla 36

Velocidades medias de los 4 equipos de perforación.

Equipo de Perforación	VP promedio instantánea (mts/hr)	VM promedio de la instantánea (mts/hr)	VP promedio de Praillet (mts/hr)	VM promedio de Praillet (mts/hr)
Bucyrus Erie 39 HR - #12	12.71	10.44	14.35	11.30
Gardner Denver GD 100 – #20	12.11	10.12	13.58	10.90
Sinosteel YZ 55B - #22	13.91	11.07	15.21	11.73
Sinosteel YZ 55B - #24	13.84	11.03	15.48	11.87

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Velocidades medias por materiales a perforar de la mina.

Materiales	VP promedio instantánea (mts/hr)	VM promedio de la instantánea (mts/hr)	VP promedio de Praillet (mts/hr)	VM promedio de Praillet (mts/hr)
Mineral Primario	11.03	9.52	12.54	10.35
Baja Ley	12.96	10.57	14.55	11.40
Desmante	14.08	11.16	15.56	11.91

Nota. Fuente: Elaboración propia

a) TDC de la perforadora Bucyrus Erie 39 HR - #12

Tabla 38

Promedio de metraje final de la perforadora #12 en los materiales y meses de estudio.

Diámetro de broca	Origen	Modelo	Serie	Precio unitario (\$)	Materiales	Mes	Año	Mts totales perforados
9 7/8 "	China	KX 83	8A-06-24	1516.53	Desmante	Julio	2018	2100
9 7/8 "	China	KX 85	8A-09-36	1516.53	Mineral Primario	Septiembre	2018	884
9 7/8 "	China	KX 85	8A-10-40	1516.53	Mineral Primario y Desmante	Octubre	2018	1753
						Promedio final (mts)		1579

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Tabla 39

Promedio final de los costos directos e indirectos de la perforadora #12 en los meses de estudio.

Descripción	Jul-18	Sep-18	Oct-18
Lubricantes	585	2,248	1,825
Otros Productos Químicos	0	0	0
Limpieza/Sanidad	0	0	0
Tubos/Válvulas/Acc	0	0	0
Otros	0	0	0
Rep Equipo Movil	3,969	753	839

Rep. Mecánicos	295	0	0
Mant- Electricidad	0	502	142
Mant- Instrumentación	0	0	60
Mant- Otros	193	71	60
Cuad:Perf.Y Palas	4,870	1,551	3,319
Cuad:Rep-Comprensoras.	466	1,532	533
Lubric Combustible-Mina	0	628	1,185
Taller Soldadura-Mina	1,778	991	509
Taller De Componentes	0	0	0
Taller D.MaQ.Herr. Mina	94	0	0
Taller Eléctrico-Mina	0	329	0
Cuadr Mant Electrico H-Min	0	0	117
Cuadr. Mant.Elect Plnts	442	442	442
Cuadr. Mant.Elect Campo	2,721	2,826	3,144
Taller Eléctrico-Sn	0	0	352
Taller Maestranza	0	0	0
Depreciación	7,077	7,077	7,077
Electricidad Shougesa	7,542	10,755	8,428
Servicios Técnicos Externos	0	0	0
Total	30,032	29,705	28,032
	Promedio final		\$29,256

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Tabla 40

Promedio final de las horas de trabajo de operación de la perforadora #12 en los meses de estudio.

Materiales	Mes	Hrs de trabajo
Desmante	Julio 2018	165.02
Mineral Primario	Septiembre 2018	190.6
Mineral Primario y Desmante	Octubre 2018	305.08
Promedio final		220.23

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Definido los promedios finales de metraje, costos y horas de trabajo de la perforadora #12 se procederá a realizar el cálculo del TDC comparando las velocidades medias obtenidas tanto de la instantánea como la de R. Praillet:

Tabla 41

TDC de la perforadora Bucyrus Erie 39 HR - #12 comparando las velocidades medias.

Estructura del TDC	Valores
Precio unitario de broca (US\$)	1516.53
Metros perforados	1579
Costo horario de la perforadora (US\$/hr)	132.84
VM de la instantánea (mts/hr)	10.44
VM de R. Praillet (mts/hr)	11.30
TDC con VM de la instantánea (US\$/metro)	13.7
TDC con VM de R. Praillet (US\$/metro)	12.7
Reducción porcentual del TDC	7.30%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se puede apreciar en la tabla 41 la perforadora #12 tiene un costo total de perforación (TDC) de **13.7 US\$/metro** aplicando la velocidad media normal, pero al aplicar la velocidad media de la fórmula de VP de R. Praillet dicho TDC es de **12.7 US\$/metro**, entonces se logra reducir en un **7.30%** el TDC de la perforadora #12 trabajando en los materiales y meses mencionados del estudio.

b) TDC de la perforadora Gardner Denver GD 100 – #20

Tabla 42

Promedio de metraje final de la perforadora #20 en los materiales y meses de estudio.

Diámetro de broca	Origen	Modelo	Serie	Precio unitario (\$)	Materiales	Mes	Año	Mts totales perforados
12 1/4 "	China	KX 74	18-08-55	2094.60	Mineral Primario	Agosto	2018	1226
12 1/4 "	China	KX 74	18-08-59	2094.60	Desmonte	Septiembre	2018	2187
12 1/4 "	China	KX 74	18-09-64	2094.60	Desmonte	Octubre	2018	2996
12 1/4 "	China	KX 74	18-09-65	2094.60	Mineral Primario y Desmonte	Noviembre	2018	1876
							Promedio final (mts)	2071.25

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Tabla 43

Promedio final de los costos directos e indirectos de la perforadora #20 en los meses de estudio.

Descripción	Ago-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18
Broca Rotatoria	0	0	0	0
Lubricantes	1,447	3,397	1,963	1,157
Otros Productos Químicos	2	0	572	0
Herramientas	3	0	0	0
Limpieza/Sanidad	0	0	0	0
Tubos/Válvulas/Acc	0	0	0	0
Otros	10	0	0	19
Mant- Rep Equipo Movil	2,979	1,534	5,167	24,536
Mant- Rep. Mecánicos	2,205	318	0	6,929
Mant- Electricidad	39	37	418	290
Mant- Instrumentación	0	0	0	0
Mant- Otros	611	339	173	0
Cuad:Perf.Y Palas	11,639	3,923	516	3,180
Cuad:Rep-Comprensoras.	266	532	400	466
Lubric Combustible-Mina	419	0	0	1,952
Taller Soldadura-Mina	3,455	1,549	204	610
Taller De Componentes	695	0	0	0
Taller D.MaQ.Herr. Mina	282	282	0	0
Taller Electrico-Mina	0	155	464	0
Cuadr Mant Electrico H-Min	0	0	59	0
Cuadr. Mant.Elect Plnts	0	0	442	0
Cuadr. Mant.Elect Campo	1,332	1,014	2,079	1,441
Taller Eléctrico-Sn	293	352	293	0
Taller Maestranza	0	0	0	0
Depreciación	4,112	4,112	4,112	4,112
Electricidad Shougesa	4,012	6,588	3,039	4,719
Servicios Técnicos Externos	0	0	0	0
Total	33,801	24,132	19,901	49,411
		Promedio final		\$31,811

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Tabla 44

Promedio final de las horas de trabajo de operación de la perforadora #20 en los meses de estudio.

Materiales	Mes	Hrs de trabajo
Mineral Primario	Agosto 2018	75.17
Desmante	Septiembre 2018	155.22
Desmante	Octubre 2018	160.95
Mineral Primario y Desmante	Noviembre 2018	161.58
Promedio final		138.23

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Definido los promedios finales de metraje, costos y horas de trabajo de la perforadora #20 se procederá a realizar el cálculo del TDC comparando las velocidades medias obtenidas tanto de la instantánea como la de R. Praillet:

Tabla 45

TDC de la perforadora Gardner Denver GD 100 – #20 comparando las velocidades medias.

Estructura del TDC	Valores
Precio unitario de broca (US\$)	2094.60
Metros perforados	2071.25
Costo horario de la perforadora (US\$/hr)	230.13
VM de la instantánea (mts/hr)	10.12
VM de R. Praillet (mts/hr)	10.90
TDC con VM de la instantánea (US\$/metro)	23.8
TDC con VM de R. Praillet (US\$/metro)	22.1
Reducción porcentual del TDC	7.14%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se puede apreciar en la tabla 45 la perforadora #20 tiene un costo total de perforación (TDC) de **23.8 US\$/metro**

aplicando la velocidad media normal, pero al aplicar la velocidad media de la fórmula de VP de R. Praillet dicho TDC es de **22.1 US\$/metro**, entonces se logra reducir en un **7.14%** el TDC de la perforadora #20 trabajando en los materiales y meses mencionados del estudio.

c) TDC de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #22

Tabla 46

Promedio de metraje final de la perforadora #22 en los materiales y meses de estudio.

Diámetro de broca	Origen	Modelo	Serie	Precio unitario (\$)	Materiales	Mes	Año	Mts totales perforados
12 1/4 "	China	KX 74	18-08-58	2094.60	Mineral Primario	Agosto	2018	1789
12 1/4 "	China	KX 74	18-09-62	2094.60	Mineral Primario y Desmonte	Septiembre	2018	1720
12 1/4 "	China	KX 74	18-10-66	2094.60	Mineral Primario, Desmonte y Baja Ley	Octubre	2018	2319
12 1/4 "	China	KX 74	18-11-70	2094.60	Mineral Primario	Noviembre	2018	1077
							Promedio final (mts)	1726.25

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Tabla 47

Promedio final de los costos directos e indirectos de la perforadora #22 en los meses de estudio.

Descripción	Ago-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18
Lubricantes	1,151	3,677	3,624	849
Herramientas	0	0	0	0
Materiales De Oficina	0	0	0	0
Mat Seguridad	0	0	0	0
Limpieza/Sanidad	0	0	0	0
Planchas Acero/Acc	0	235	0	0
Tubos/Válvulas/Acc	0	0	0	0
Otros	0	25	0	0
Mant- Rep Equipo Movil	232	3,648	2,629	667
Mant- Rep. Mecánicos	0	0	264	0
Mant- Electricidad	129	115	0	142
Mant- Instrumentación	0	0	0	3,243
Mant- Otros	232	20	1,588	315
Cuad:Perf.Y Palas	6,210	4,270	1,208	4,052

Cuad:Rep-Comprensoras.	0	133	799	266
Taller Soldadura-Mina	3,811	2,389	814	2,719
Taller Electrico-Mina	0	0	0	0
Mant.Elect Plnts	442	663	0	0
Mant.Elect Campo	1,654	3,094	2,399	2,025
Taller Elect.E Inst.Min	0	21	21	0
Depreciación	3,156	3,156	3,156	3,156
Electricidad Shougesa	7,497	5,227	4,502	3,660
Total	24,514	26,673	21,004	21,094
		Promedio final		\$23,321

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Tabla 48

Promedio final de las horas de trabajo de operación de la perforadora #22 en los meses de estudio.

Materiales	Mes	Hrs de trabajo
Mineral Primario	Agosto 2018	225.62
Mineral Primario y Desmonte	Septiembre 2018	230.89
Mineral Primario, Desmonte y Baja Ley	Octubre 2018	281.08
Mineral Primario	Noviembre 2018	135.15
Promedio final		218.19

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Definido los promedios finales de metraje, costos y horas de trabajo de la perforadora #22 se procederá a realizar el cálculo del TDC comparando las velocidades medias obtenidas tanto de la instantánea como la de R. Praillet:

Tabla 49

TDC de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #22 comparando las velocidades medias.

Estructura del TDC	Valores
Precio unitario de broca (US\$)	2094.60
Metros perforados	1726.25
Costo horario de la perforadora (US\$/hr)	106.88
VM de la instantánea (mts/hr)	11.07
VM de R. Praillet (mts/hr)	11.73

TDC con VM de la instantánea (US\$/metro)	10.9
TDC con VM de R. Praillet (US\$/metro)	10.3
Reducción porcentual del TDC	5.50%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se puede apreciar en la tabla 49 la perforadora #22 tiene un costo total de perforación (TDC) de **10.90 US\$/metro** aplicando la velocidad media normal, pero al aplicar la velocidad media de la fórmula de VP de R. Praillet dicho TDC es de **10.3 US\$/metro**, entonces se logra reducir en un **5.50%** el TDC de la perforadora #22 trabajando en los materiales y meses mencionados del estudio.

d) TDC de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #24

Tabla 50

Promedio de metraje final de la perforadora #24 en los materiales y meses de estudio.

Diámetro de broca	Origen	Modelo	Serie	Precio unitario (\$)	Materiales	Mes	Año	Mts totales perforados
12 1/4 "	China	KX 74	18-07-49	2094.60	Mineral Primario	Julio	2018	1139
12 1/4 "	China	KX 74	18-08-57	2094.60	Baja ley y Mineral Primario	Agosto	2018	2325
12 1/4 "	China	KX 74	18-08-61	2094.60	Desmonte	Septiembre	2018	1215
12 1/4 "	China	KX 74	18-09-63	2094.60	Desmonte	Octubre	2018	948
12 1/4 "	China	KX 74	18-10-68	2094.60	Desmonte	Noviembre	2018	1129
							Promedio final (mts)	1351.2

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Tabla 51

Promedio final de los costos directos e indirectos de la perforadora #24 en los meses de estudio.

Descripción	Jul-18	Ago-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18
Barrenos	0	0	0	0	0
Lubricantes	724	778	720	667	2,458
Otros Productos Químicos	0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	10	0
Mant- Rep Equipo Móvil	1,458	3,249	5,249	196	344
Mant- Repuestos Planta	0	0	0	0	0
Mant- Rep. Mecánicos	0	6,892	0	157	0
Mant- Electricidad	110	819	0	311	984
Mant- Instrumentación	0	0	0	0	3,243
Mant- Otros	40	66	8	121	14
Cuad:Perf.Y Palas	5,130	7,070	5,559	2,240	3,394
Cuad:Rep-Comprensoras.	333	466	0	0	0
Taller Soldadura-Mina	851	1,804	1,271	1,855	1,410
Taller De Componentes	0	0	0	0	0
Taller D.Maq.Herr. Mina	188	0	0	0	141
Taller Eléctrico-Mina	233	0	0	0	0
Cuadr Mant Eléctrico H-Min	0	0	0	176	0
Cuadr. Mant.Elect Plnts	884	1,326	884	0	663
Cuadr. Mant.Elect Campo	2,775	1,814	1,814	1,972	906
Depreciación	11,141	11,141	4,875	4,875	4,875
Electricidad Shougesa	2,638	6,078	4,357	932	2,847
Total	26,505	41,503	24,737	13,512	21,279
			Promedio final	\$25,507	

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Tabla 52

Promedio final de las horas de trabajo de operación de la perforadora #24 en los meses de estudio.

Materiales	Mes	Hrs de trabajo
Mineral Primario	Julio 2018	155.98
Baja ley y Mineral Primario	Agosto 2018	234.66
Desmante	Septiembre 2018	114.27
Desmante	Octubre 2018	48.78
Desmante	Noviembre 2018	45.35
PROMEDIO FINAL		119.81

Nota. Fuente: Información brindada por el área de Finanzas, departamento de Costos y Presupuestos de la mina

Definido los promedios finales de metraje, costos y horas de trabajo de la perforadora #24 se procederá a realizar el cálculo del TDC comparando las velocidades medias obtenidas tanto de la instantánea como la de R. Praillet:

Tabla 53

TDC de la perforadora Sinosteel YZ 55B - #24 comparando las velocidades medias.

Estructura del TDC	Valores
Precio unitario de broca (US\$)	2094.60
Metros perforados	1351.2
Costo horario de la perforadora (US\$/hr)	212.9
VM de la instantánea (mts/hr)	11.03
VM de R. Praillet (mts/hr)	11.87
TDC con VM de la instantánea (US\$/metro)	20.9
TDC con VM de R. Praillet (US\$/metro)	19.5
Reducción porcentual del TDC	6.70%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

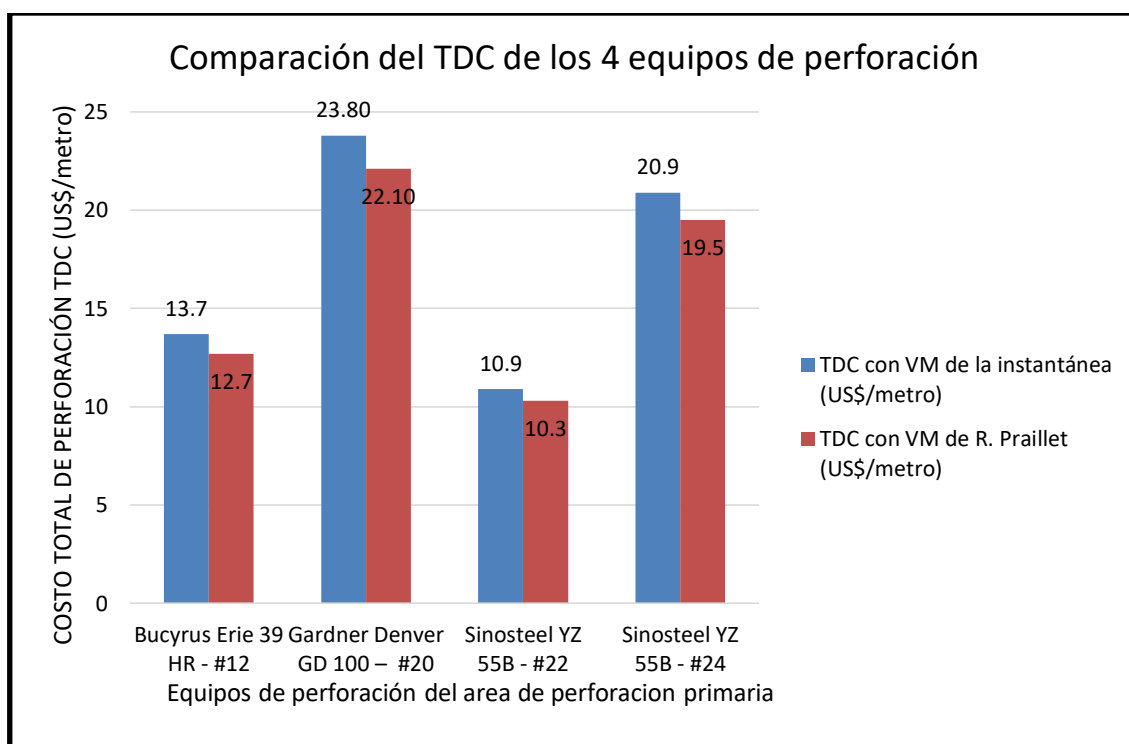
Como se puede apreciar en la tabla 53 la perforadora #24 tiene un costo total de perforación (TDC) de **20.9 US\$/metro** aplicando la velocidad media normal, pero al aplicar la velocidad media de la fórmula de VP de R. Praillet dicho TDC es de **19.5 US\$/metro**, entonces se logra reducir en un **6.70%** el TDC de la perforadora #24 trabajando en los materiales y meses mencionados del estudio.

Tabla 54

Resultados finales del TDC de las 4 perforadoras.

Equipo de Perforación	TDC con VM de la instantánea (US\$/metro)	TDC con VM de R. Praillet (US\$/metro)
Bucyrus Erie 39 HR - #12	13.7	12.7
Gardner Denver GD 100 – #20	23.8	22.1
Sinosteel YZ 55B - #22	10.9	10.3
Sinosteel YZ 55B - #24	20.9	19.5

Nota. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 29. Comparación del TDC de los 4 equipos de perforación

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Como se puede apreciar en la tabla 54 y en la gráfica 29, al evaluar la fórmula de velocidad de penetración de R. Praillet se pudo comprobar que incrementa la velocidad de penetración instantánea o real y reduce considerablemente el TDC del área de perforación primaria de la mina. El TDC promedio empleando la VM de la VP instantánea fue de **17.3 US\$/metro** y el TDC promedio empleando la VM de la VP de R. Praillet fue de **16.2 US\$/metro** reduciendo así en un **6.36%** el TDC de la perforación primaria de la mina en los meses de estudio de la presente tesis. Además, la perforadora #22 obtuvo el más bajo TDC ya que tuvo una buena disponibilidad por encima del 70% considerando que fue una de las perforadoras con más horas trabajadas junto con la perforadora #12 en los meses de estudio, por otro lado, la perforadora #20 obtuvo el más alto TDC debido a que constantemente quedaba parada por fallas

mecánicas/eléctricas y su disponibilidad estaba por debajo del 60% junto con la perforadora #24.

5.2. COMPARACIÓN DE TDC, AHORRO MENSUAL Y ANUAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN PRIMARIA DE LA MINA

El TDC promedio de las 4 perforadoras fue de **17.3 US\$/metro**, este TDC comprende los meses de estudio entre julio a noviembre del 2018 por lo que se deduce que es un TDC mensual de la perforación primaria de la mina.

Luego de evaluar y aplicar la velocidad media de la velocidad de penetración con la fórmula de R. Praillet en el cálculo del TDC se logró obtener un TDC promedio de **16.2 US\$/metro**.

Por lo tanto, haciendo la diferencia nos da como resultado un ahorro de **1.10 US\$/metro**.

Teniendo los siguientes datos de la mina:

- **Profundidad de taladro:** 14 metros
- **Taladros por turno:** 5
- **Turnos por día:** 3
- **N° de perforadoras disponibles 2018:** 4 perforadoras (#12, #20, #22 y #24)
- **Metros por día:** 840 metros
- **Metros por mes:** 25 200 metros
- **Metros por año:** 302 400 metros

El costo mensual de la mina del área de perforación primaria es **435,960.00 US\$/mes** y el costo anual sería **5,231,520.00 US\$/año**. Luego de aplicar la velocidad media de la velocidad de penetración con la fórmula de R. Praillet en el cálculo del TDC se obtuvo un costo mensual de **408,240.00 US\$/mes** y un costo anual de **4,898,880.00 US\$/año**.

Haciendo la diferencia se tendría un ahorro mensual de **27,720.00 US\$** y un ahorro anual de **332,640.00 US\$**

5.2.1. Ahorros mensuales por tipo de material de la mina

Los materiales perforados en los meses de estudio fueron Mineral Primario (PO), Baja Ley (BL) y Desmonte (DES).

➤ Ahorro para material Mineral Primario

Teniendo los siguientes datos:

- **VM promedio de la instantánea de Mineral Primario:** 9.52 mts/hr
- **VM promedio de R. Praillet de Mineral Primario:** 10.35 mts/hr
- **Promedio de metros perforados en Mineral Primario:** 2221 mts
- **Costo horario promedio de las 4 perforadoras:** 170.69 US\$/hr
- **Precio de broca promedio:** 2005.56 US\$

El TDC promedio para material Mineral Primario es de **18.8 US\$/metro**, pero al aplicar la VM de la VP de R. Praillet en el TDC se logra obtener **17.4 US\$/metro**.

Haciendo la diferencia se tiene un ahorro de **1.4 US\$/metro** para material Mineral Primario.

Si los metros programados para perforar en mina son de 25 200 mts/mes entonces se tendría un ahorro mensual de **35,280.00 US\$/mes** para material Mineral Primario.

➤ Ahorro para material Baja ley

Teniendo los siguientes datos:

- **VM promedio de la instantánea de Baja Ley:** 10.57 mts/hr
- **VM promedio de R. Praillet de Baja Ley:** 11.40 mts/hr
- **Promedio de metros perforados en Baja Ley:** 362 mts
- **Costo horario promedio de las 4 perforadoras:** 170.69 US\$/hr
- **Precio de broca promedio:** 2005.56 US\$

El TDC promedio para material Baja Ley es de **21.7 US\$/metro**, pero al aplicar la VM de la VP de R. Praillet en el TDC se logra obtener **20.5 US\$/metro**.

Haciendo la diferencia se tiene un ahorro de **1.2 US\$/metro** para material Baja Ley.

Si los metros programados para perforar en mina son de 25 200 mts/mes entonces se tendría un ahorro mensual de **30,240.00 US\$/mes** para material Baja Ley.

➤ **Ahorro para material Desmante**

Teniendo los siguientes datos:

- **VM promedio de la instantánea de Desmante:** 11.16 mts/hr
- **VM promedio de R. Praillet de Desmante:** 11.91 mts/hr
- **Promedio de metros perforados en Desmante:** 1580 mts
- **Costo horario promedio de las 4 perforadoras:** 170.69 US\$/hr
- **Precio de broca promedio:** 2005.56 US\$

El TDC promedio para material Desmonte es de **16.6 US\$/metro**, pero al aplicar la VM de la VP de R. Praillet en el TDC se logra obtener **15.6 US\$/metro**.

Haciendo la diferencia se tiene un ahorro de **1.0 US\$/metro** para material Desmonte.

Si los metros programados para perforar en mina son de 25 200 mts/mes entonces se tendría un ahorro mensual de **25,200.00 US\$/mes** para material Desmonte.

5.3. PRESUPUESTO PARA REALIZAR PRUEBAS DE BROCAS TRICÓNICAS COMO PROVEEDOR DE ACEROS CHINO

Se realizará un ejemplo de presupuesto para monitorear pruebas de brocas tricónicas, en este caso se pondrá como escenario ser un proveedor Chino ya que las brocas que compra la mina es de este proveedor. En este presupuesto se podrán apreciar los costos fijos, variables y la utilidad operativa generada en los 5 meses de estudio de julio a noviembre del 2018 siendo este proveedor:

PRESUPUESTO PARA MONITOREAR UNA PRUEBA DE BROCAS TRICÓNICAS EN LA MINA DE ESTUDIO

COSTOS FIJOS (5 MESES)	CANTIDAD	SUELDO/COSTO MENSUAL (US\$)	PRECIO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$)
<i>Personal de capacitación</i>	2	500.00		5,000.00
<i>Ingeniero de campo</i>	2	1,000.00		10,000.00
<i>Soporte técnico</i>	2	600.00		6,000.00
<i>Laptop</i>	3		500.00	1,500.00
<i>Caja de materiales de oficina</i>	3		10.00	30.00
<i>SCTR (Seguro 9% del sueldo)</i>	6	378.00		1,890.00

**COSTOS
VARIABLES (5
MESES)**
*Transporte interno y
externo*

6 70.00 2,100.00

Alimentación

6 100.00 3,000.00

Alojamiento

6 200.00 6,000.00

Otros viáticos

6 150.00 4,500.00

Casco

6 10.00 60.00

*Caja de zapatos de
seguridad*

6 60.00 360.00

Caja de orejeras

4 12.00 48.00

Tapones de oído

10 4.00 40.00

Respirador con filtros

5 10.00 50.00

*Lentes de seguridad /
oscuros y claros*

15 6.00 90.00

*Chaleco con cintas
reflectivas*

6 16.00 96.00

*Guantes de cuero
(par)*

15 7.00 105.00

Bloqueador

15 4.00 60.00

Caja de herramientas

1 20.00 20.00

**INGRESOS POR
VENTAS DEL
PROVEEDOR
CHINO (5 MESES)**
*Broca tricónica modelo
KX 83 de 9 7/8" China*

5 1,516.53 7,582.65

*Broca tricónica modelo
KX 85 de 9 7/8" China*

11 1,516.53 16,681.83

*Broca tricónica modelo
KX 74 de 12 1/4"
China*

26 2,094.60 54,459.60

*Lubricador de broca
en balde*

3 100.00 300.00

Resultados en campo del estudio

Costo total de Brocas KX 83 de 9 7/8" China	7,582.65	US\$
Costo total de Brocas KX 85 de 9 7/8" China	16,681.83	US\$
Costo total de Brocas KX 74 de 12 1/4" China	54,459.60	US\$
TDC promedio perforación primaria	17.3	US\$/metro
TDC promedio con la VM de la VP de R. Praillet de perforación primaria	16.2	US\$/metro
Requerimiento de metraje mensual	25,200.00	metros
Costo total actual del área de perforación primaria	435,960.00	US\$
Costo total aplicando la VM de la VP de R. Praillet	408,240.00	US\$
Diferencia de costos	27,720.00	US\$

Total de Ingresos (Proveedor Chino)	79,024.08 US\$
Total de Costos Fijos (Proveedor Chino)	24,420.00 US\$
Total de Costos Variables (Proveedor Chino)	16,529.00 US\$
Costos totales (Proveedor Chino)	40,949.00 US\$
Utilidad bruta	38,075.08 US\$
Gastos de ventas (15% U.B)	5,711.262 US\$
Gastos administrativos (10% U.B)	3,807.508 US\$
Utilidad Operativa	28,556.31 US\$

5.4. APORTES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- El presente trabajo de investigación puede establecer como oportunidad un nuevo modelo matemático si se investiga a detalle factores adicionales que intervengan en el cálculo de la velocidad de penetración. Algunos factores podrían ser: velocidad de barrido, presencia de discontinuidades en el taladro (RQD, J_n) u otros según la condición del yacimiento a ser estudiado.
- A nivel personal fue poder vivenciar la operación en campo, complementando mis conocimientos teóricos con la práctica, y así poder analizar los parámetros operacionales de los equipos y ver como son las actividades rutinarias en la perforación primaria.
- A la escuela profesional para que se siga fomentando este tipo de investigaciones en base a modelos o fórmulas de estimación de la velocidad de penetración en cualquier tipo de mina a tajo abierto, incluso se podría realizar ensayos sobre muestras de laboratorio como el Microbit e Indenter Test utilizando brocas pequeñas o un inserto de carburo de tungsteno de forma semiesférica.
- En lo que se refiere a los parámetros operativos más importantes las formulas prácticas de parámetros de operación calculados por teoría empleadas en esta investigación son recomendables ya que se halla un mejor Pull Down y RPM en las 4 máquinas para perforar en los 3 tipos de terreno en la mina para así optimizar la vida útil de la broca tricónica evitando el desgaste prematuro. Cabe mencionar que se tendría que cambiar las 4 perforadoras rotativas eléctricas de la perforación primaria de la mina por otras perforadoras eléctricas debido a que por su obsolescencia no llegan a alcanzar estos parámetros obtenidos por teoría y finalmente con este cambio se pueden obtener mejores velocidades de penetración y reducir el TDC de la perforación primaria con el fin de mejorar la operación.

CAPÍTULO VI



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se evaluó la velocidad de penetración mediante la aplicación de la fórmula de estimación de R. Praillet dando como resultado un aumento del **11.57%** en la velocidad de penetración de la perforación primaria de la mina. La velocidad de R. Praillet superó a la instantánea en el análisis de las muestras.
- Se comparó las velocidades de penetración teniendo los siguientes resultados. En las perforadoras Bucyrus Erie 39HR #12, Gardner Denver GD100 #20, Sinosteel YZ 55B #22 y Sinosteel YZ 55B #24 se obtuvo las siguientes velocidades de penetración instantáneas: **12.71, 12.11, 13.91 y 13.84 mts/hr** y velocidades de penetración de R. Praillet: **14.35, 13.58, 15.21 y 15.48 mts/hr** aumentando en un **12.9%, 12.13%, 9.35% y 11.85%** la velocidad con un margen de error de ± 9.00 respectivamente; para los materiales perforados como Mineral Primario, Baja Ley y Desmonte se obtuvo las siguientes velocidades de penetración instantáneas: **11.03, 12.96 y 14.08 mts/hr** y velocidades de penetración de R. Praillet: **12.54, 14.55 y 15.56 mts/hr** de las minas 3 y 4 respectivamente.
- Se comparó los parámetros operacionales de perforación más importantes teniendo los siguientes resultados. La perforadora Bucyrus Erie 39HR #12 dio un Pull Down de **1282.26 y 1527.57 psi** con **45 y 38 RPM** promedio en zona de **Desmonte y Mineral Primario** respectivamente; la perforadora Gardner Denver GD100 #20 dio un Pull Down de **1155.69 y 1170.93 psi** con **41 y 40 RPM** promedio en zona de **Desmonte y Mineral Primario** respectivamente; la perforadora Sinosteel YZ 55B #22 dio un Pull Down de **996.89, 1208.18 y 1182.83 psi** con **47, 39 y 40 RPM** promedio en zona de **Desmonte, Baja Ley y Mineral Primario** respectivamente y finalmente la perforadora Sinosteel YZ 55B #24 dio un Pull Down de **1009.84, 1074.70 y 1205.96 psi** con **47, 44 y 39 RPM** promedio en zona de **Desmonte, Baja Ley y Mineral Primario** respectivamente trabajando en minas 3 y 4.

- Se calculó la velocidad media de perforación a partir del resultado de la comparación de velocidades de penetración teniendo los siguientes resultados. En las perforadoras Bucyrus Erie 39HR #12, Gardner Denver GD100 #20, Sinosteel YZ 55B #22 y Sinosteel YZ 55B #24 se determinó las siguientes velocidades medias a partir de la V_p instantánea: **10.44, 10.12, 11.73 y 11.87 mts/hr** y velocidades medias a partir de la V_p R. Praillet: **11.30, 10.90, 11.73 y 11.87 mts/hr** para luego emplearlas en el coste de perforación teniendo un TDC con VM instantánea de **13.7, 23.8, 10.9 y 20.9 US\$/m** y un TDC con VM de Praillet de **12.7, 22.1, 10.3 y 19.5 US\$/m** reduciendo en un **7.30%, 7.14%, 5.50% y 6.70%** el TDC de los equipos de perforación respectivamente con un margen de error de $\pm 9.00\%$.
- Se calculó un ahorro mensual de **27,720.00 US\$** y un ahorro anual de **332,640.00 US\$** teniendo un costo mensual de **435,960.00 US\$/mes** y anual de **5,231,520.00 US\$/año** con un TDC de **17.3 US\$/m** utilizando la velocidad media a partir de la instantánea, pero luego de aplicar la velocidad media a partir de R. Praillet se obtuvo un costo mensual de **408,240.00 US\$/mes** y un costo anual de **4,898,880.00 US\$/año** con un TDC de **16.2 US\$/m** reduciendo así en un **6.36%** el TDC de la perforación primaria de la mina.
- Se demostró que la aplicación de la fórmula de R. Praillet y fórmulas teóricas de parámetros operacionales de perforación rotativa son recomendables para la estimación de la velocidad de penetración en cualquier tipo de terreno y en la utilización de los costes de perforación. Además el factor más importante que se tiene que tomar en cuenta para el cálculo de la velocidad de penetración de R. Praillet es el de la resistencia a la compresión del terreno ya que si el terreno es más duro la velocidad de penetración disminuye mientras que si el terreno es más suave la velocidad de penetración aumenta, por lo que se puede deducir que la UCS del terreno es inversamente proporcional a la velocidad de penetración y se debe de aplicar correctamente los parámetros operacionales de perforación sabiendo el tipo de terreno.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda adquirir nuevos equipos de perforación rotativos eléctricos para las perforaciones primarias los cuales puedan tener un mayor Pull Down, RPM, presión de aire y torque con la finalidad de aumentar más la velocidad de penetración en los proyectos para reducir aún más el costo total de perforación (TDC). Además, con los nuevos equipos de perforación se tendrá mayores disponibilidades físicas, eficiencias y performances que reducirán los tiempos muertos y demoras operativas.
- Se recomienda utilizar brocas tricónicas de diferentes marcas debido a que el rendimiento de las brocas chinas actuales no son las más eficientes por lo que constantemente quedan desgastadas al momento de perforar en terreno muy duro y estas se tienen que cambiar repetidas veces. El área de perforación primaria de la mina debería realizar pruebas o concursos con diferentes marcas de brocas para comparar resultados y elegir la mejor marca.
- Se recomienda mejorar la comunicación efectiva entre las áreas de perforación y mantenimiento mecánico-eléctrico de la mina mediante un mejor programa de mantenimientos preventivos y correctivos en un determinado plazo ya que muchas veces los actuales equipos de perforación rotativos eléctricos quedan parados por problemas mecánicos y/o eléctricos por varias horas y el personal de mantenimiento no acude rápidamente a reparar dichas fallas lo que genera una pérdida en horas productivas.
- Se recomienda utilizar un martillo DTH de 8" en la perforadora Bucyrus Erie 39HR #12 con broca de martillo de 9 7/8" de insertos mixtos (balísticos y esféricos) con diseño Wear Pad (insertos en la matriz lateral de la broca) para los terrenos duros a extremadamente duros de las minas 3 y 4 ya que con un martillo se tendrá una mayor energía de impacto y frecuencia al momento de perforar por lo que la mina se encuentra en la costa entre 500

a 900 m.s.n.m. y el martillo será más eficiente dando una mayor velocidad de penetración en dichos terrenos.

- Se recomienda utilizar un Hole Control (aditivo de polietileno glicol) para acelerar la perforación en el inicio de la formación del collar y estabilizar las paredes del taladro ya que en algunas zonas de las minas 3 y 4 hay presencia de juntas y fracturas y al momento de perforar es complicado armar el taladro y el collar porque es un terreno suelto y los tiempos de perforación son altísimos, con este Hole Control se podría reducir el desprendimiento de las paredes del taladro, reperforaciones y costos además de incrementar la velocidad de penetración, suprimir el polvo en plena operación y eliminar el recorte de detritus.

6.3. Limitaciones

- Al tener equipos de perforación en desuso u obsolescencia las fallas y/o problemas son constantes en dichos equipos y en sus accesorios de perforación por lo que el avance de los taladros de cualquier proyecto en minas 3 o 4 no eran productivos solo perforaban entre 4 a 5 taladros como máximo en una guardia normal de 8 horas por lo que sólo se pudieron recolectar las presentes muestras, esta es una limitante importante en el presente trabajo de investigación.
- El presente trabajo de investigación en el tiempo sólo comprende los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre del 2018 en los cuáles se pudieron recolectar las muestras en mención.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	2018						2019				
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
Capítulo I											
<i>Planteamiento del problema</i>											
<i>Formulación del problema</i>											
<i>Objetivos de Investigación</i>											
<i>Hipotesis</i>											
<i>Justificación</i>											
<i>Variables e indicadores</i>											
Capítulo II											
<i>Antecedentes</i>											
<i>Bases teoricas</i>											
<i>Gráfico del modelo</i>											
Capítulo III											
<i>Material de estudio de la mina</i>											
Capitulo IV											
<i>Tipo de investigacion</i>											
<i>Poblacion y muestra</i>											
<i>Fuentes y tecnicas para recolectar la info.</i>											
<i>Procesamiento de la info. Recolectada</i>											
Capitulo V											
<i>Analisis de resultados</i>											
Capitulo VI											
<i>Conclusiones</i>											
<i>Recomendaciones</i>											
<i>Limitaciones</i>											
<i>Bibliografia</i>											
<i>Anexos</i>											
	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana
	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana
	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana
	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana
	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana
	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana
	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana
	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana
	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana
	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana
	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana
	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana
	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana
	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana
	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana
	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana
	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana
	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana
	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana
	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	5 Semana

REFERENCIAS

- Acosta, J., Rodriguez, I., & Huanacuni, D. (2011). *Memoria sobre la geología económica de la región Ica*. Lima: INGEMMET.
- Atlas Copco. (2013). *Manual de perforación*, Lima, Perú: Atlas Copco Peruana S.A.
- Atlas Copco Drilling Solutions LLC. (2012). *Blasthole Drilling in Open Pit Mining*. Texas, USA: Ulf Linder.
- 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 pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. (Consultado el 13 de Diciembre de 2018). Obtenido de Repositorio UNSA: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/174/B2-M-18292.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Farfán, M. (2017). *Aplicación y desarrollo de un programa de seguridad y salud ocupacional para el control de pérdidas en la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. (Consultado el 13 de Diciembre de 2018). Obtenido de Repositorio UNSA: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5165/Mlfaaqma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores, J. (2017). *Construyendo la Tesis Universitaria*. Lima, Perú: CEPREDIM.
- Gallardo, G. (2012). *Fundamentos Planificación Minera Superficie*. Santiago de Chile: BS Grupo
- G&E laboratory S.A. (2018). *Actualización del estudio de estabilidad de taludes y zonas de riesgo de la mina 2-3-4* (Informe). Compañía Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., Ica, Perú.

- Grupo Radar. (27 de Junio de 2019). *Calculo del margen de error*. Obtenido de Investigación de mercado y opinión: <http://www.gruporadar.com.uy/01/calcul-usted-mismo-el-tamano-de-su-muestra-o-su-margen-de-error/>
- Hinojosa, J. (2017). *El arte de hacer una tesis*. Lima, Perú: CEPREDIM.
- Huaricalla, M. (2018). *Determinación de equipos a corto plazo para el proceso a cielo abierto – Mina 5 – Compañía Minera Shougang – Marcona – Perú* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. (Consultado el 13 de Diciembre de 2018). Obtenido de Repositorio UNSA: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5063>
- Llaique, A, & Sánchez, W. (2015). *Determinación del costo total de perforación para optimizar esta operación unitaria en mina modelo a tajo abierto, Cajamarca – Perú, 2015* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. (Consultado el 3 de Noviembre de 2018). Obtenido de Repositorio UPN: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/5284/Llaique%20Nu%c3%b1oncca%20%c3%81ngel%20Antonio%20y%20S%c3%a1nchez%20Guevara%20William%20Orlando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, J. (2003). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid, España: Instituto Tecnológico Geominero.
- Orozco, A. (2018). *Reducción de costos de perforación rotativa en rocas de alta resistencia compresiva* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. (Consultado el 23 de Mayo de 2019). Obtenido de Repositorio UNI: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14760>
- Ortiz, J. (2004). *Perforación por Rotación*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Pinto, G. (2016). *Sesión de Proyecto de Tesis*, Arequipa, Perú.

- Rodríguez, E. (Mayo de 2016). La Columna de Perforación Rotativa. IV Seminario de Perforación Rotativa 2016. Seminario llevado a cabo en Arequipa, Perú.
- Romero, C. (2018). *Geología y estabilidad de taludes en la mina 2-3-4 Shougang* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. (Consultado el 26 de Diciembre de 2018). Obtenido de Repositorio UNAP: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7489/Romero_Mej%c3%a9da_C%c3%a9sar_Agusto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Shougang Hierro Perú S.A.A. (15 de Marzo de 2019). *Proceso de Producción*. Obtenido de Shougang Web site: <http://www.shougang.com.pe/produccion.htm>



ANEXOS



ANEXO N° 01 PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS) DE LA OPERACIÓN PERFORACIÓN PRIMARIA DE LA MINA

PERFORACIÓN DE TALADROS

1. PERSONAL

- 1.1. Operador A y/o Operador B (ayudante), debidamente autorizados
- 1.2. Operador múltiple de perforadora y operador relevo perforadoras múltiples, debidamente autorizados.
- 1.3. Supervisor General de guardias (O1).

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Es de carácter obligatorio el uso de Epp correspondiente:

- 2.1. Casco.
- 2.2. Guantes de cuero.
- 2.3. Guantes dieléctricos (jebe, cuero e hilo).
- 2.4. Lentes o gafas de seguridad.
- 2.5. Respirador.
- 2.6. Protectores auditivos.
- 2.7. Zapatos de punta de acero.
- 2.8. Uniforme completo.
- 2.9. Protector solar.

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

Estas herramientas deben facilitar el trabajo seguro y de calidad, las mismas que deben estar en condiciones óptimas de operatividad, su uso adecuado evitará lesiones, entre ellas tenemos:

- 3.1. Linternas recargables.
- 3.2. Extensión de luz (opcional para reparaciones).
- 3.3. Wincha para medir los taladros perforados.
- 3.4. Radio de comunicación.
- 3.5. Llave lagarto.

- 3.6. Campanas de broca y barreno.
- 3.7. Winche de izar barrenos con saca vueltas, brocas.
- 3.8. Winche auxiliar.
- 3.9. Palanca para asegurar la llave lagarto.
- 3.10. Estrobo.
- 3.11. Escoba y rasquetas para limpieza de plataforma.
- 3.12. Soplete para limpieza de cabina.
- 3.13. Extintores químicos.
- 3.14. Trapos para limpieza de vidrios, aceites y grasas.
- 3.15. Herramientas de gestión PETS, Check List, IPERC, PETAR, Reporte de Incidente, Reporte de actos y condiciones sub estándar.

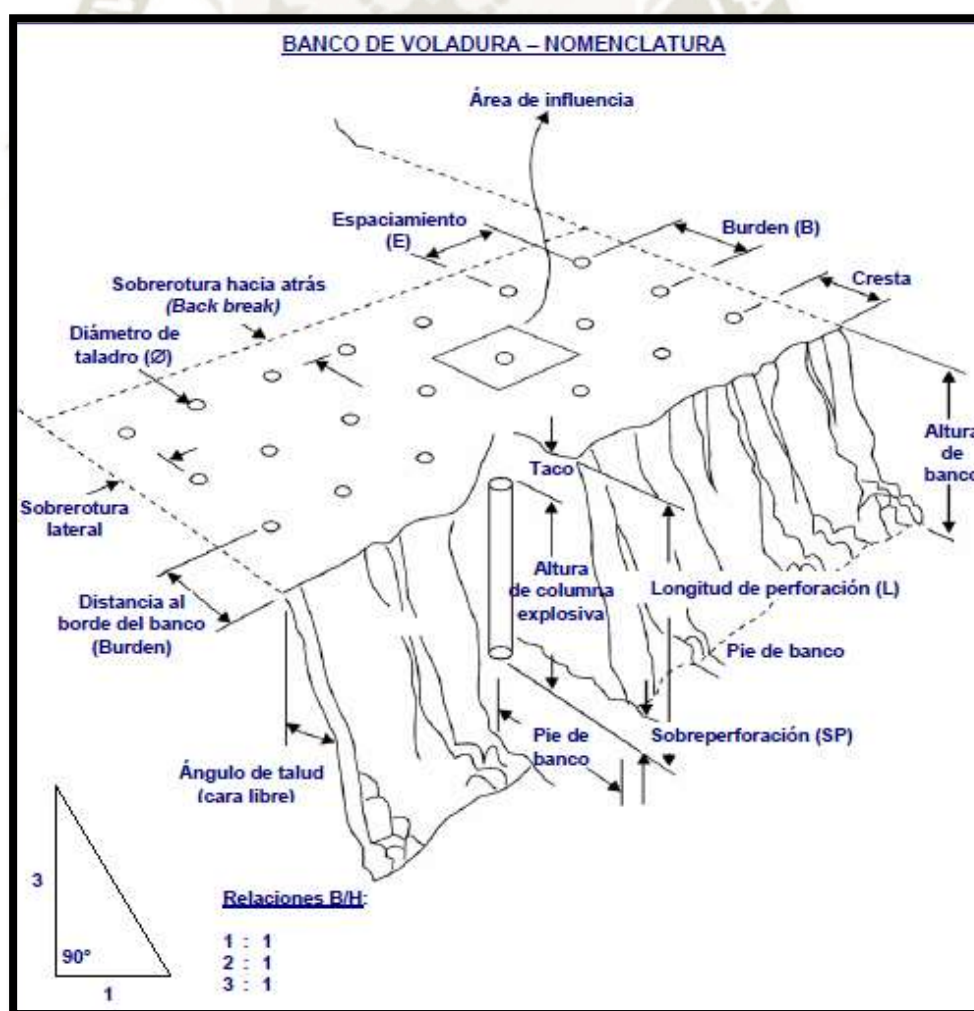
4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Realizar las herramientas de gestión (Dialogo, Check List de equipo e IPERC).
- 4.2. El personal verificará el equipo y evaluará su área de trabajo.
- 4.3. El operador realizará el calentamiento del equipo mínimo por el lapso de cinco minutos.
- 4.4. El operador trasladará el equipo al punto del taladro, la perforación se hará fila por fila y en retirada.
- 4.5. Se procederá a realizar la perforación de los taladros, al concluir la perforación, el ayudante de la perforadora verificará la altura del taladro para dar conformidad de la misma.
- 4.6. Una vez ubicado en el punto de perforación, el operador pondrá a nivel la perforadora utilizando las gatas.
- 4.7. El operador deberá anotar cualquier cambio en las condiciones del terreno y así de esa manera usar correctamente la relación Pull Down y Rotación.
- 4.8. Después de cada perforación y para realizar el traslado del equipo el operador debe asegurarse que todos los elementos estén en el lugar correspondiente.
- 4.9. Realizar la inspección y las condiciones del equipo para la guardia entrante.

- 4.10. En caso cuando la perforación se realice cerca a la cresta del banco debe asegurarse que el piso se encuentre estable, de lo contrario por seguridad a una distancia segura, mínimo de 3 metros de la cresta.
- 4.11. Cuando la perforación se realice para corregir pisos, esta área deberá ser delimitada.

5. RESTRICCIONES

- 5.1. No iniciar la labor sin haber realizado la Identificación de Peligros Evaluación y Control de Riesgos (IPERC).
- 5.2. No realizar el trabajo si no se haya llenado el reporte diario de equipos, reporte de perforación, Check List, cuaderno de pre uso.
- 5.3. El personal involucrado y personal que ingrese al área de perforación deberá contar con su doble protección.
- 5.4. No trabajar si la perforadora se encuentra en mal estado.

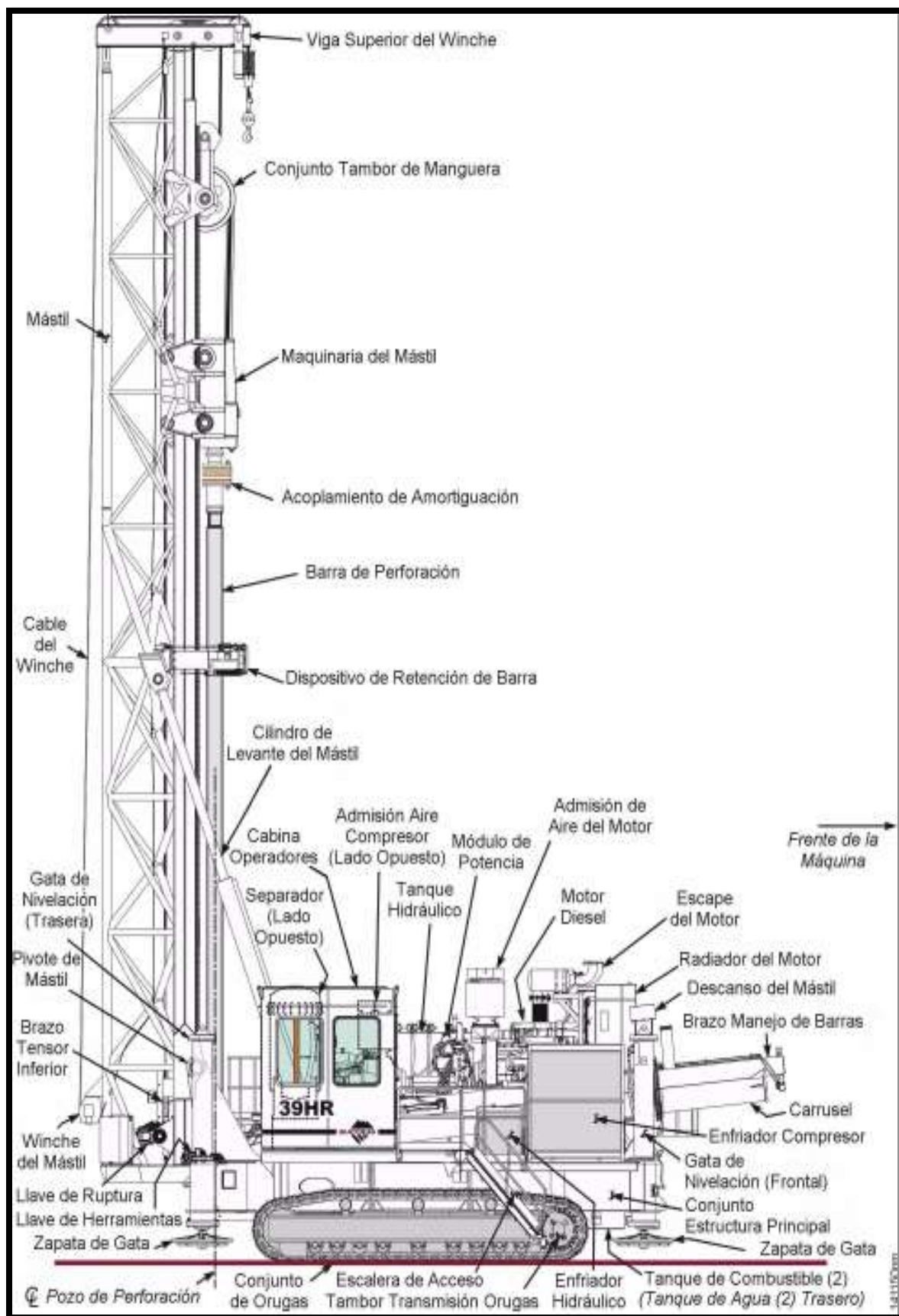


ANEXO N° 02 PERFORADORA BUCYRUS ERIE 39 HR #12 Y CABINA INTERIOR (CONTROLES)



ANEXO N° 03 ESPECIFICACIONES TÍPICAS DE OPERACIÓN Y VISTA GENERAL DE LA PERFORADORA BUCYRUS ERIE 39HR #12

Mástil	35' (10.7 m) Opcional: 65' (19.8 m)
Profundidad de Perforación	70' (21.4 m)
Elevación Máxima	12,000'
Temperatura Ambiente	0 - 55°C (32 - 130°F)
Diámetro Pozo	9 - 12.25" (229 - 311 mm)
Tamaño Barra	7 - 10.75" (178 - 273 mm)
CFM Nominal	2,600 (73.6 m3/min) (a 60°F, Nivel del Mar)
Velocidad Propulsión	2 MPH
Pendiente Propulsión	29% máx.
Perforación Angular de Pozos	+30° to -5°
Torque Máximo de Rotación	13,240 Ft.Lbs. @ 106 RPM (Velocidad Máxima 160 RPM)
Fuerza Máxima de Empuje	122,000 Lbs
Fuerza de Retracción	100,000 Lbs
Grado Máximo de Alimentación	78 pies por minuto
Levante Máximo / Grado Mínimo	157 pies por minuto (43,000 Lbs. Levante)
Motor	Cummins 850HP Diesel
Iluminación	Halógena Standard
Eléctricos	24V
Capacidad Combustible	800 Galones US
Capacidad Agua	1,000 Galones US
Compresor	Compresor de Tornillos Rotatorios Sumergidos en Aceite



**ANEXO N° 04 PERFORADORA GARDNER DENVER GD100 #20 Y CABINA
INTERIOR (CONTROLES)**



ANEXO N° 05 PERFORADORA SINOSTEEL YZ 55B, CABINA INTERIOR (CONTROLES) Y ESPECIFICACIONES TÍPICAS DE OPERACIÓN



Diámetro del taladro estándar	250/310/380 (mm)
Diámetro de la barra de perforación	150-325 (mm)
Profundidad del Single Pass	18.5/16.5-19 (m)
Máxima Fuerza de Empuje	350/550/600 (kN)
Velocidad de Rotación	0-150 (rev/min)

**ANEXO N° 06 BROCA KX 74 (12 ¼") CON ESTABILIZADOR Y BROCAS KX 83 Y
85 (9 7/8")**

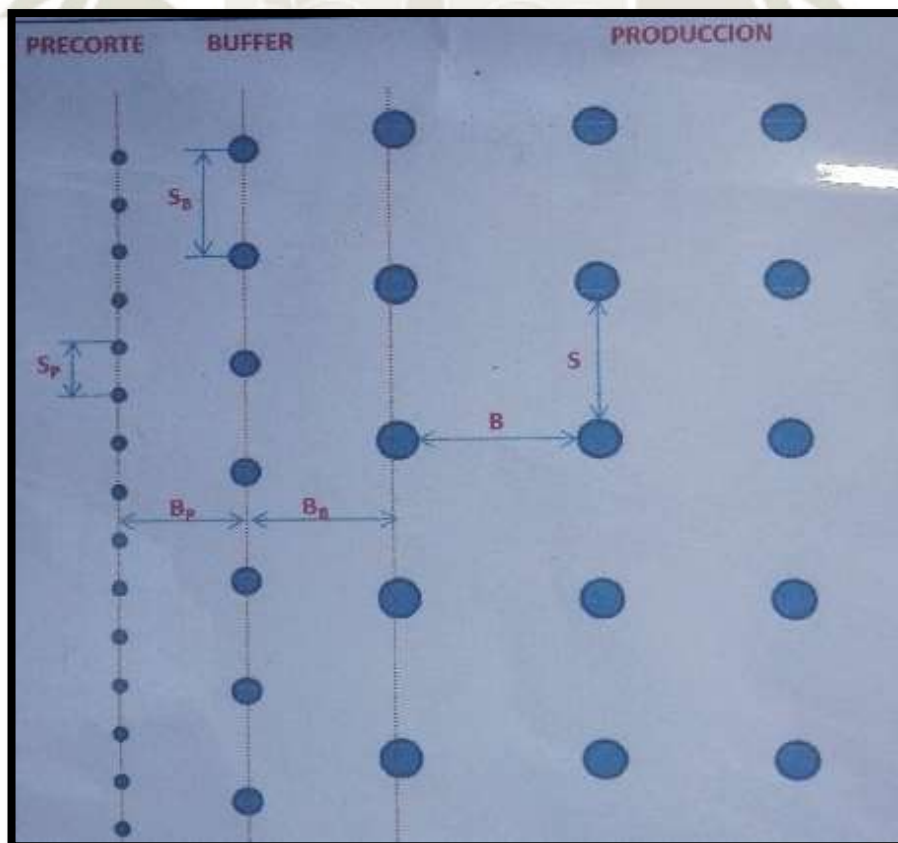


ANEXO N° 07 ÁREA DE OPERACIONES DE MINAS 3 Y 4

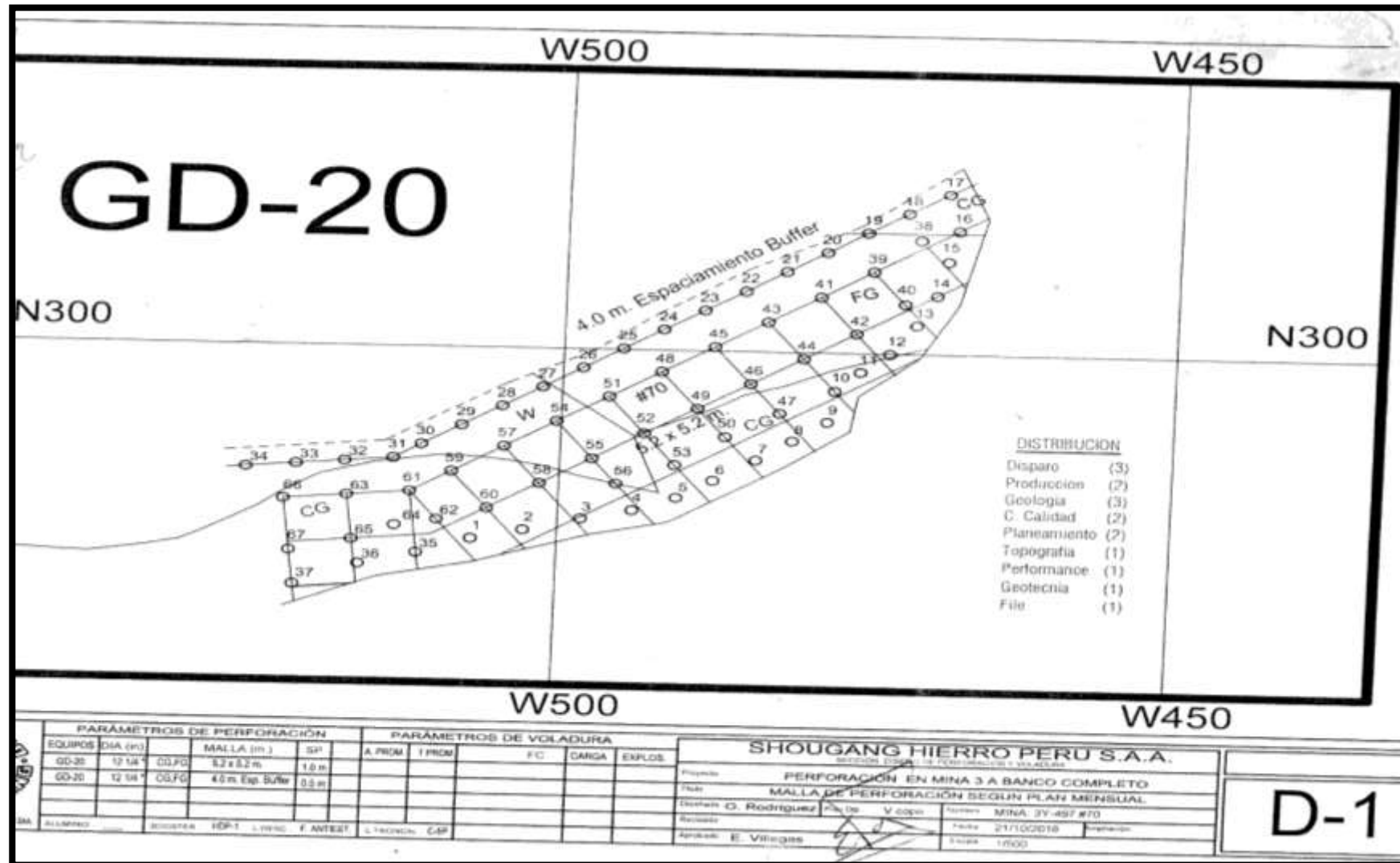


ANEXO N° 08 ESTÁNDAR DEL ÁREA DE PERFORACIÓN DE LA MINA

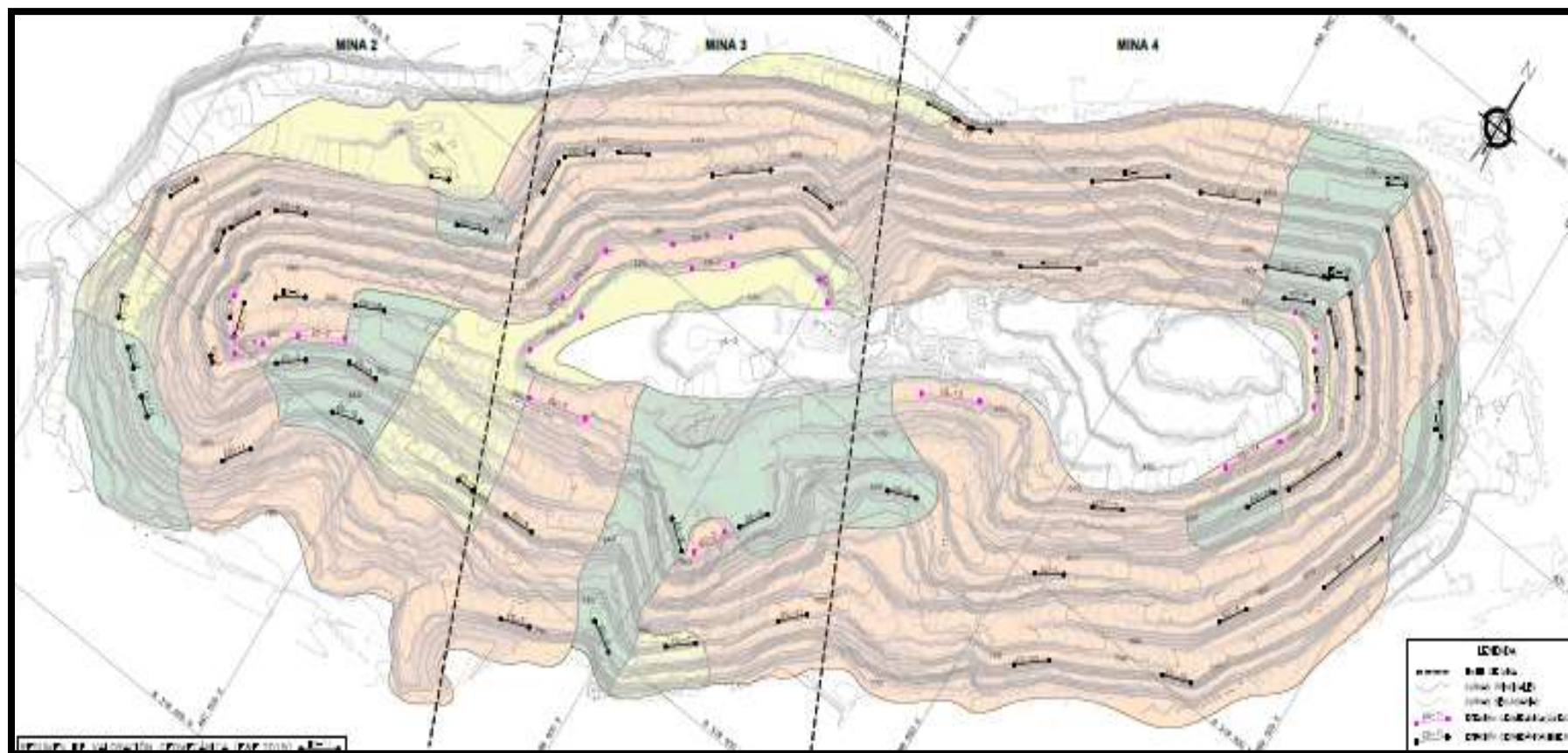
ESTANDAR DE DISEÑO DE PERFORACIÓN									
DIAMETRO	MATERIAL	TIPO DE MALLA	PRODUCCION			BUFFER		PRECORTE	
			B	X	E	ESP. (S_B)	BURDEN(B_B)	ESP. (S_P)	BURDEN(B_P)
12 1/4"	CG	TRIANGULAR	5.0	x	5.8	3.5	4.0	N.A.	3.5
		CUADRADA	5.3	x	5.3				
	FG	TRIANGULAR	4.9	x	5.6	3.5	4.0	N.A.	3.5
		CUADRADA	5.2	x	5.2				
	R	TRIANGULAR	4.8	x	5.5	3.5	4.0	N.A.	3.5
		CUADRADA	5.0	x	5.0				
	W	TRIANGULAR	8.0	x	9.2	5.5	6.0	N.A.	5
		CUADRADA	8.5	x	8.5				
9 7/8"	CG	TRIANGULAR	4.0	x	4.6	3.2	3.5	3	3
		CUADRADA	4.3	x	4.3				
	FG	TRIANGULAR	3.9	x	4.5	3.2	3.5	3	3
		CUADRADA	4.2	x	4.2				
	R	TRIANGULAR	3.8	x	4.4	3.2	3.5	3	3
		CUADRADA	4.0	x	4.0				
	W	TRIANGULAR	6.5	x	7.5	5	5.5	3.5	4.5
		CUADRADA	7.0	x	7.0				
	ER	TRIANGULAR	7.5	x	8.6	5	5.5	3.5	4.5
		CUADRADA	8.0	x	8.0				



ANEXO N° 09 PLANO EJEMPLO DE UNA MALLA DE PERFORACIÓN DE LA MINA



ANEXO N° 10 PLANO GENERAL DE MINAS 3 Y 4



ANEXO N° 11 ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PERFORADORA #12

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALAD	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
20/07/2018	001012	3	3	D				254	9 7/8 "		TR		00:01:06	0
20/07/2018	001012	3	3	D				254	9 7/8 "		NV		00:02:13	0
20/07/2018	001012	3	3	D	900	Psi	70	254	9 7/8 "	8	PR1	PD: entre 850 a 950	00:46:18	10.367
20/07/2018	001012	3	3	D							IB	RPM: entre 65 a 75	00:01:54	0
20/07/2018	001012	3	3	D							EB	PD: entre 850 a 950	00:01:47	0
20/07/2018	001012	3	3	D	900	Psi	70	254	9 7/8 "	6	PR2	RPM: entre 65 a 75	00:32:20	11.134
20/07/2018	001012	3	3	D	900	Psi	70	254	9 7/8 "	14	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:18:38	10.682
20/07/2018	001012	3	3	D							IB	PD: entre 850 a 950	00:02:04	0
20/07/2018	001012	3	3	D							EB	RPM: entre 65 a 75	00:03:24	0
20/07/2018	001012	3	3	D							LG		00:00:20	0
20/07/2018	001012	3	3	D							TR		00:00:54	0
20/07/2018	001012	3	3	D							NV		00:00:34	0
20/07/2018	001012	3	3	D	850	Psi	75	255	9 7/8 "	8	PR1	PD: entre 850 a 950	00:32:39	14.701
20/07/2018	001012	3	3	D							IB	RPM: entre 70 a 75	00:01:35	0
20/07/2018	001012	3	3	D							R		01:18:09	0
20/07/2018	001012	3	3	D							CG		00:25:17	0
20/07/2018	001012	3	3	D							DO	Se malogro la pantalla t	02:29:41	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALAD	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
21/07/2018	001012	3	3	D							IB	Equipo se encontro pos	00:03:27	0
21/07/2018	001012	3	3	D							PM	Problema de pistones,	00:13:32	0
21/07/2018	001012	3	3	D							EB		00:01:03	0
21/07/2018	001012	3	3	D	800	Psi	70	270	9 7/8 "	6	PR2	Se completo taladro de	00:26:59	13.342
21/07/2018	001012	3	3	D							IB		00:01:30	0
21/07/2018	001012	3	3	D							EB		00:02:40	0
21/07/2018	001012	3	3	D							LG		00:00:32	0
21/07/2018	001012	3	3	D							TR		00:01:02	0
21/07/2018	001012	3	3	D							NV		00:00:44	0
21/07/2018	001012	3	3	D	850	Psi	75	271	9 7/8 "	8	PR1	PD entre 800 a 900 psi	00:20:46	23.114
21/07/2018	001012	3	3	D							IB	RPM: entre 70 a 80	00:02:02	0
21/07/2018	001012	3	3	D							EB	PD entre 800 a 900 psi	00:03:43	0
21/07/2018	001012	3	3	D	850	Psi	75	271	9 7/8 "	6	PR2	RPM: entre 70 a 80	00:22:47	15.801
21/07/2018	001012	3	3	D	850	Psi	75	271	9 7/8 "	14	PR1	TALADRO UNIFICADO	00:43:33	19.288
21/07/2018	001012	3	3	D							IB	PD entre 800 a 900 psi	00:01:09	0
21/07/2018	001012	3	3	D							EB	RPM: entre 70 a 80	00:03:02	0
21/07/2018	001012	3	3	D							LG	Se malogro la pantalla t	00:00:42	0
21/07/2018	001012	3	3	D							TR		00:00:47	0
21/07/2018	001012	3	3	D							NV		00:01:00	0
21/07/2018	001012	3	3	D	850	Psi	75	272	9 7/8 "	8	PR1		00:18:23	26.111
21/07/2018	001012	3	3	D	850	Psi	75	272	9 7/8 "	6	R	En el descanso se comp	01:43:10	3.4895
21/07/2018	001012	3	3	D							TR		00:01:12	0
21/07/2018	001012	3	3	D							NV		00:00:58	0
21/07/2018	001012	3	3	D	910	Psi	72	273	9 7/8 "	8	PR1	PD entre 900 - 920	00:36:46	13.055
21/07/2018	001012	3	3	D							IB	RPM: entre 71 a 73	00:01:15	0
21/07/2018	001012	3	3	D							EB	PD entre 900 - 920	00:04:18	0
21/07/2018	001012	3	3	D	910	Psi	72	273	9 7/8 "	6	PR2	RPM: entre 71 a 73	00:28:00	12.857
21/07/2018	001012	3	3	D	910	Psi	72	273	9 7/8 "	14	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:04:46	12.97
21/07/2018	001012	3	3	D							IB	PD entre 900 - 920	00:03:23	0
21/07/2018	001012	3	3	D							LG	RPM: entre 71 a 73	00:00:34	0
21/07/2018	001012	3	3	D							TRE	Equipo se traslado para	00:09:00	0
21/07/2018	001012	3	3	D							DO	Limpieza del equipo y l	00:54:59	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMP	VP in
23/07/2018	001012	2	4	D							TR		00:05:24	0
23/07/2018	001012	2	4	D							NV		00:04:30	0
23/07/2018	001012	2	4	D	600 Psi		75	9 9 7/8 "		8	PR1	PD: 550 - 650 Psi	00:25:19	18.96
23/07/2018	001012	2	4	D							IB	RPM: 75	00:02:20	0
23/07/2018	001012	2	4	D							EB	PD: 550 - 650 Psi	00:04:05	0
23/07/2018	001012	2	4	D	600 Psi		70	9 9 7/8 "		7	PR2	RPM: 75	00:23:12	18.103
23/07/2018	001012	2	4	D	600 Psi		73	9 9 7/8 "		15	PR1	TALADRO UNIFICADO	00:48:31	18.55
23/07/2018	001012	2	4	D							IB	PD: 550 - 650 Psi	00:02:20	0
23/07/2018	001012	2	4	D							R	RPM: 75	01:38:14	0
23/07/2018	001012	2	4	D							PM	La nariz del cono 2 de la	00:26:59	0
23/07/2018	001022	2	4	D				18 12 1/4"			S	Equipo se encontro niv	00:16:52	0
23/07/2018	001022	2	4	D							IB		00:01:18	0
23/07/2018	001022	2	4	D							LG		00:01:52	0
23/07/2018	001022	2	4	D							TR		00:01:09	0
23/07/2018	001022	2	4	D							NV		00:01:41	0
23/07/2018	001022	2	4	D	900 Psi		70	19 12 1/4"		15	PR1	Mala perforacion	02:04:33	7.226
23/07/2018	001022	2	4	D							IB		00:01:24	0
23/07/2018	001022	2	4	D							LG		00:01:59	0
23/07/2018	001022	2	4	D							TR		00:01:19	0
23/07/2018	001022	2	4	D							NV		00:02:15	0
23/07/2018	001022	2	4	D							DO	Se corto la energia en e	01:13:25	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMP	VP in
04/09/2018	001012	2	4	PO							AP		00:23:04	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							TP		00:25:12	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							CH		00:11:29	0
04/09/2018	001012	2	4	PO	900 Psi		75	26 9 7/8 "		6	PR2	Taladro incompleto	00:20:10	17.851
04/09/2018	001012	2	4	PO							IB		00:01:28	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							LG		00:00:48	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							TR		00:01:41	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							NV	PD: 860 - 880 psi	00:00:44	0
04/09/2018	001012	2	4	PO	870 Psi		73	25 9 7/8 "		5	PR1	RPM: 72 - 74	00:20:55	14.343
04/09/2018	001012	2	4	PO	870 Psi		73	25 9 7/8 "		3	PR1	PD: 860 - 880 psi	01:23:29	0
04/09/2018	001012	2	4	PO	870 Psi		73	25 9 7/8 "		3	PR1	RPM: 72 - 74	00:18:16	9.854
04/09/2018	001012	2	4	PO							EB	PD: 860 - 880 psi	00:02:18	0
04/09/2018	001012	2	4	PO	870 Psi		73	25 9 7/8 "		6	PR2	RPM: 72 - 74	00:42:16	8.5174
04/09/2018	001012	2	4	PO	870 Psi		73	25 9 7/8 "		14	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:21:27	10.313
04/09/2018	001012	2	4	PO							IB	PD: 860 - 880 psi	00:02:53	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							LG	RPM: 72 - 74	00:00:40	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							TR		00:02:33	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							NV		00:02:26	0
04/09/2018	001012	2	4	PO	900 Psi		70	12 9 7/8 "		3	PR1		00:35:50	5.0233
04/09/2018	001012	2	4	PO	900 Psi		70	12 9 7/8 "		5	PR1	CAMBIO DE FLUORESC	00:14:34	0
04/09/2018	001012	2	4	PO	900 Psi		70	12 9 7/8 "		5	PR1		00:26:26	11.349
04/09/2018	001012	2	4	PO							EB		00:03:30	0
04/09/2018	001012	2	4	PO	900 Psi		70	12 9 7/8 "		6	PR2		00:58:57	6.1069
04/09/2018	001012	2	4	PO	900 Psi		70	12 9 7/8 "		14	PR1	Mala perforacion	02:01:13	6.9297
04/09/2018	001012	2	4	PO							IB	presencia de actinolita	00:05:47	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							LG		00:03:59	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							TR		00:04:47	0
04/09/2018	001012	2	4	PO							NV		00:07:18	0

FECHA	EQUIPO	TURNO	MINA	MATERIAL	PULL DOWN	UNIDAD	RPM	ID TALADRO	Ø DE BROCA	METR OS	ELEMENTOS	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP ins.
05/09/2018	001012	2	4	PO							AP		00:10:05	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							TP		00:31:11	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							CH		00:02:55	0
05/09/2018	001012	2	4	PO	900	Psi	70	68	9 7/8"	6	PR2	Taladro incompleto	00:19:55	18.08
05/09/2018	001012	2	4	PO							IB		00:00:56	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							LG		00:00:39	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							TR		00:00:52	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							NV	PD: 840 a 860 psi	00:01:48	0
05/09/2018	001012	2	4	PO	850	Psi	75	67	9 7/8"	6	PR1	RPM: 75	00:27:12	13.24
05/09/2018	001012	2	4	PO							R	PD: 840 a 860 psi	01:20:35	0
05/09/2018	001012	2	4	PO	850	Psi	75	67	9 7/8"	2	PR1	RPM: 75	00:06:59	17.18
05/09/2018	001012	2	4	PO							EB	PD: 840 a 860 psi	00:01:08	0
05/09/2018	001012	2	4	PO	850	Psi	75	67	9 7/8"	6	PR2	RPM: 75	00:47:34	7.568
05/09/2018	001012	2	4	PO	850	Psi	75	67	9 7/8"	14	PR1	ALADRO UNIFICAD	01:21:45	10.28
05/09/2018	001012	2	4	PO							IB	PD: 840 a 860 psi	00:01:37	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							LG	RPM: 75	00:03:35	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							TR		00:01:48	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							NV	PD: 910 a 930 psi	00:02:25	0
05/09/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	66	9 7/8"	8	PR1	RPM: 70	00:43:00	11.16
05/09/2018	001012	2	4	PO							EB	PD: 910 a 930 psi	00:03:47	0
05/09/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	66	9 7/8"	6	PR2	RPM: 70	00:48:58	7.352
05/09/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	66	9 7/8"	14	PR1	ALADRO UNIFICAD	01:31:58	9.134
05/09/2018	001012	2	4	PO							IB	PD: 910 a 930 psi	00:01:01	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							LG	RPM: 70	00:01:22	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							TR		00:00:39	0
05/09/2018	001012	2	4	PO							NV		00:01:22	0
05/09/2018	001012	2	4	PO	850	Psi	75	65	9 7/8"	8	PR1		01:02:34	7.672
05/09/2018	001012	2	4	PO							EB		00:03:42	0
05/09/2018	001012	2	4	PO	68	KLB	68	65	9 7/8"	3.5	PR2	Taladro incompleto	00:32:04	6.549

FECHA	EQUIPO	TURNO	MINA	MATERIAL	PULL DOWN	UNIDAD	RPM	ID TALADRO	Ø DE BROCA	METR OS	ELEMENTOS	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP ins.
11/09/2018	001012	2	4	PO							AP		00:14:27	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							TP		00:33:54	0
11/09/2018	001012	2	4	PO	68	KLB	55	12	9 7/8"	1	PR2	Taladro incompleto	00:10:50	5.538
11/09/2018	001012	2	4	PO							IB		00:02:51	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							LG		00:03:52	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							TR		00:01:49	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							NV		00:00:50	0
11/09/2018	001012	2	4	PO	850	Psi	75	68A	9 7/8"	8	PR1		00:21:22	22.46
11/09/2018	001012	2	4	PO							EB		00:00:42	0
11/09/2018	001012	2	4	PO	850	Psi	75	68A	9 7/8"	5	PR2	Taladro incompleto	00:20:30	14.63
11/09/2018	001012	2	4	PO							IB		00:04:15	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							LG		00:00:41	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							TR		00:05:14	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							NV		00:01:55	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							DO	MPIEZA DE CASTILL	00:11:22	0
11/09/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	3	9 7/8"	6	PR1		00:34:46	10.35
11/09/2018	001012	2	4	PO							LLN	LLENADO DE AGUA	00:26:10	0
11/09/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	3	9 7/8"	2	PR1	PD: 910 a 930 psi	00:22:18	5.381
11/09/2018	001012	2	4	PO							R	RPM: 70	01:29:19	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							EB	PD: 910 a 930 psi	00:00:54	0
11/09/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	3	9 7/8"	6	PR2	RPM: 70	00:32:57	10.93
11/09/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	3	9 7/8"	14	PR1	ALADRO UNIFICAD	01:30:01	9.332
11/09/2018	001012	2	4	PO							IB	PD: 910 a 930 psi	00:01:51	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							LG	RPM: 70	00:02:09	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							TR		00:08:26	0
11/09/2018	001012	2	4	PO							NV		00:02:50	0
11/09/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	2	9 7/8"	8	PR1	Taladro incompleto	00:32:32	14.75
11/09/2018	001012	2	4	PO							DO	ORA PARADA POR	01:01:29	0

FECHA	EQUIPO	TURNO	MINA	MATERIAL	PULL DOWN	UNIDAD	RPM	ID TALADRO	Ø DE BROCA	METR OS	ELEMENTOS	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP ins.
06/10/2018	001012	3	4	D							AP		00:14:15	0
06/10/2018	001012	3	4	D							TP		00:34:25	0
06/10/2018	001012	3	4	D							CH		00:10:31	0
06/10/2018	001012	3	4	D	700	Psi	75	87	9 7/8"	1	PR1	COMPLETO TALADRO	00:05:49	10.32
06/10/2018	001012	3	4	D							EB		00:02:47	0
06/10/2018	001012	3	4	D	700	Psi	75	87	9 7/8"	5.5	PR2		00:22:59	14.36
06/10/2018	001012	3	4	D							IB		00:02:01	0
06/10/2018	001012	3	4	D							LG		00:00:55	0
06/10/2018	001012	3	4	D							TR		00:03:35	0
06/10/2018	001012	3	4	D							NV	PD: 620 - 640 psi	00:01:23	0
06/10/2018	001012	3	4	D	630	Psi	75	84	9 7/8"	8	PR1	RPM: 70 - 80	00:33:35	14.29
06/10/2018	001012	3	4	D							EB		00:02:15	0
06/10/2018	001012	3	4	D							LLN	LLENADO DE AGUA	00:31:10	0
06/10/2018	001012	3	4	D	630	Psi	75	84	9 7/8"	5.5	PR2		00:16:21	20.18
06/10/2018	001012	3	4	D	630	Psi	75	84	9 7/8"	13.5	PR1	TALADRO UNIFICADO	00:49:56	16.22
06/10/2018	001012	3	4	D							IB	PD: 620 - 640 psi	03:04:43	0
06/10/2018	001012	3	4	D							LG	RPM: 70 - 80	00:01:40	0

FECHA	EQUIPO	TURNO	MINA	MATERIAL	PULL DOWN	UNIDAD	RPM	ID TALADRO	Ø DE BROCA	METR OS	ELEMENTOS	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP ins.
07/10/2018	001012	2	4	PO							AP		00:14:44	0
07/10/2018	001012	2	4	PO							TP		00:30:47	0
07/10/2018	001012	2	4	PO	870	Psi	70	42	9 7/8"	3	PR1	COMPLETO TALADRO	00:15:44	11.44
07/10/2018	001012	2	4	PO							PM		02:13:13	0
07/10/2018	001012	2	4	PO							EB		00:01:50	0
07/10/2018	001012	2	4	PO	870	Psi	70	42	9 7/8"	5.5	PR2	COMPLETO TALADRO	00:33:14	9.93
07/10/2018	001012	2	4	PO							IB		00:03:29	0
07/10/2018	001012	2	4	PO							LG		00:01:00	0
07/10/2018	001012	2	4	PO							TR		00:04:04	0
07/10/2018	001012	2	4	PO							NV	PD: 910 a 930 psi	00:00:36	0
07/10/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	54	9 7/8"	8	PR1	RPM: 70	00:34:20	13.98
07/10/2018	001012	2	4	PO							EB	PD: 910 a 930 psi	00:01:28	0
07/10/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	54	9 7/8"	5.5	PR2	RPM: 70	00:44:11	7.469
07/10/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	54	9 7/8"	13.5	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:18:31	10.32
07/10/2018	001012	2	4	PO							IB	PD: 910 a 930 psi	05:21:14	0
07/10/2018	001012	2	4	PO							LG	RPM: 70	00:00:38	0
07/10/2018	001012	2	4	PO							TR		00:02:48	0
07/10/2018	001012	2	4	PO							NV		00:01:33	0
07/10/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	51	9 7/8"	8	PR1		00:36:28	13.16
07/10/2018	001012	2	4	PO							EB		00:01:31	0
07/10/2018	001012	2	4	PO	920	Psi	70	51	9 7/8"	2	PR2	Taladro incompleto	00:19:09	6.266

ANEXO N° 12 ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PERFORADORA #20

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI DA	RPM	ID TALAD	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		AP		00:08:07	0
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		TP		00:29:18	0
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		CH		00:10:17	0
28/08/2018	001020	3	4	PO	900 Psi		58	76	12 1/4"	10	PR1	PD: 850 - 950 psi	01:26:58	6.8992
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		IB	RPM: 58	00:01:42	0
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		LG		00:02:18	0
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		TR		00:05:34	0
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		NV		00:01:25	0
28/08/2018	001020	3	4	PO	800 Psi		60	78	12 1/4"	1	PR1	Taladro incompleto	00:09:15	6.4865
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		R	En descanso completo	02:15:36	0
28/08/2018	001020	3	4	PO	900 Psi		55	79	12 1/4"	13	PR1	PD: 850 - 950 psi	01:14:50	10.423
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		IB	RPM: 55	00:03:37	0
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		LG		00:01:35	0
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		TR		00:04:40	0
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		NV		00:02:08	0
28/08/2018	001020	3	4	PO	850 Psi		55	80	12 1/4"	11	PR1	Taladro incompleto	01:08:27	9.6421
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		CH		00:10:36	0
28/08/2018	001020	3	4	PO					12 1/4"		TP		00:23:37	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI DA	RPM	ID TALAD	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		AP		00:13:26	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP		00:31:51	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		CH		00:05:03	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		DO	Falta aceite en compre	00:25:17	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LLN		00:19:55	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR	Maquina se demora en	00:05:31	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		NV		00:02:40	0
17/09/2018	001020	3	3	D	850 Psi		58	111	12 1/4"	13.5	PR1	PD: 800 - 900 psi	01:03:01	12.854
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB	RPM: 58	00:01:36	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG		00:01:34	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR	Problemas en la marcha	00:07:31	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		NV		00:01:35	0
17/09/2018	001020	3	3	D	850 Psi		58	112	12 1/4"	9	PR1	Taladro incompleto	00:47:41	11.325
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		R		01:23:39	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		DO	Equipo quedo parado p	02:10:27	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		CH		00:11:23	0
17/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP		00:27:50	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOWN	UNI D	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		AP		00:15:20	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP		00:35:17	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LLN		00:13:10	0
18/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	81	12 1/4"	8	PR1	Maquina se encontro u	00:28:41	16.734
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB	Taladro incompleto	00:01:43	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG		00:01:21	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR		00:01:36	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		NV		00:01:48	0
18/09/2018	001020	3	3	D	850 Psi		60	77	12 1/4"	14	PR1	Terreno suave	00:58:02	14.474
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB	PD: 700 - 800 psi	00:00:22	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG	RPM: 55 - 65	00:01:50	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR	Se demoro por mala co	00:07:13	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		NV		00:01:44	0
18/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	90	12 1/4"	14	PR1	Problemas en la perfor	01:10:05	11.986
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB		00:01:48	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		R		01:15:40	0
18/09/2018	001020	3	3	D	850 Psi		55	83	12 1/4"	12	PR1	Taladro incompleto	00:56:57	12.643
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB		00:01:44	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG		00:02:26	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR		00:01:09	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		NV		00:01:24	0
18/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	76	12 1/4"	14	PR1	Problemas en la perfor	01:05:57	12.737
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		CH		00:09:53	0
18/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP		00:24:50	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOWN	UNI D	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		AP		00:15:40	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP		00:20:02	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		CH		00:07:57	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		DO	Prueba de aire	00:02:53	0
19/09/2018	001020	3	3	D	850 Psi		55	81	12 1/4"	5	PR1	Maquina se encontro u	00:22:23	13.403
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB		00:02:15	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG		00:01:30	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR	Se demoro por traslado	00:06:56	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		NV	PD: 900 psi	00:01:24	0
19/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	75	12 1/4"	2	PR1	RPM: 50 - 60	00:09:12	13.043
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LLN	PD: 900 psi	00:17:29	0
19/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	75	12 1/4"	1.5	PR1	RPM: 50 - 60	00:07:08	12.617
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		DO	Echando agua al taladrc	00:09:21	0
19/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	75	12 1/4"	10	PR1		00:52:09	11.505
19/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	75	12 1/4"	13.5	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:08:29	11.828
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB	PD: 900 psi	00:01:43	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		R	RPM: 50 - 60	01:59:10	0
19/09/2018	001020	3	3	D	859 Psi		53	76	12 1/4"	7	PR1	Taladro incompleto	00:45:05	9.3161
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB		00:02:03	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG		00:02:17	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR		00:01:35	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		NV		00:02:19	0
19/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	82	12 1/4"	13.5	PR1	PD: 900 psi	01:04:41	12.523
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB	RPM: 50 - 60	00:01:44	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		DO	Problemas con la comp	00:33:16	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		CH		00:05:20	0
19/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP		00:24:28	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI DA	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		AP		00:12:56	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP		00:22:14	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		CH		00:10:10	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LLN		00:19:21	0
20/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	134	12 1/4"	8.5	PR1	Maquina se encontro u	00:57:21	8.8928
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB		00:01:46	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG		00:00:50	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR	Se demoro por mala co	00:07:24	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		NV		00:01:59	0
20/09/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	136	12 1/4"	7	PR1	Taladro incompleto	00:47:11	8.9014
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		R		02:14:08	0
20/09/2018	001020	3	3	D	850 Psi		58	73	12 1/4"	14	PR1	PD: 800 - 900 psi	01:02:28	13.447
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB	RPM: 58	00:01:02	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG		00:00:57	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR		00:06:50	0
20/09/2018	001020	3	3	D	850 Psi		58	78	12 1/4"	13.5	PR1	PD: 800 - 900 psi	00:58:51	13.764
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB	RPM: 58	00:01:46	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		CH		00:05:57	0
20/09/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP		00:27:46	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI DA	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		AP		00:12:45	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		TP		00:46:30	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		CH		00:07:51	0
21/09/2018	001020	2	3	D	900 Psi		55	94	12 1/4"	6	PR1	Maquina se encontro u	00:35:29	10.146
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		R	Taladro incompleto	01:22:51	0
21/09/2018	001020	2	3	D	1000 Psi		55	99	12 1/4"	8	PR1		00:38:35	12.441
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		DO	Falla con el izaje	00:23:31	0
21/09/2018	001020	2	3	D	1000 Psi		55	99	12 1/4"	5	PR1		00:36:30	8.2192
21/09/2018	001020	2	3	D	1000 Psi		55	99	12 1/4"	13	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:15:05	10.388
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		IB	PD: 1000 psi	00:01:13	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		LG	RPM: 55	00:00:59	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		DO	Problemas con la bomb	00:13:58	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		TR	Traslado hacia punto le	00:08:05	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		NV		00:02:40	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		DO	Esperando mecanicos d	00:22:17	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		PM	Reparacion de bomba c	00:15:26	0
21/09/2018	001020	2	3	D	900 Psi		50	20A	12 1/4"	13	PR1	PD: 850 - 950 psi	01:13:40	10.588
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		IB	RPM: 55	00:01:32	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		LG		00:00:20	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		TR		00:03:01	0
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		NV		00:02:59	0
21/09/2018	001020	2	3	D	900 Psi		55	21A	12 1/4"	3.5	PR1	Taladro incompleto	00:15:06	13.907
21/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		TP		00:34:42	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOWN	UNI D	RP	ID TALA	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
24/09/2018	001020	2	3	D							AP		00:10:20	0
24/09/2018	001020	2	3	D							TP		00:24:57	0
24/09/2018	001020	2	3	D							CH		00:07:36	0
24/09/2018	001020	2	3	D							TR		00:02:35	0
24/09/2018	001020	2	3	D							NV	PD: 950 psi	00:02:50	0
24/09/2018	001020	2	3	D	950 Psi	57		47 12 1/4"	6.5	PR1	RPM: 56 - 58		00:34:16	11.381
24/09/2018	001020	2	3	D							LLN		00:09:46	0
24/09/2018	001020	2	3	D							R	PD: 950 psi	01:03:16	0
24/09/2018	001020	2	3	D	950 Psi	57		47 12 1/4"	7	PR1	RPM: 56 - 58		00:37:10	11.3
24/09/2018	001020	2	3	D	950 Psi	57		47 12 1/4"	13.5	PR1	TALADRO UNIFICADO		01:11:26	11.339
24/09/2018	001020	2	3	D							IB	PD: 950 psi	00:01:55	0
24/09/2018	001020	2	3	D							LG	RPM: 56 - 58	00:01:19	0
24/09/2018	001020	2	3	D							TR		00:03:31	0
24/09/2018	001020	2	3	D							NV		00:01:16	0
24/09/2018	001020	2	3	D	850 Psi	58		52 12 1/4"	13.5	PR1	Problemas con la linea		01:29:40	9.0335
24/09/2018	001020	2	3	D							IB		00:02:09	0
24/09/2018	001020	2	3	D							LG		00:01:10	0
24/09/2018	001020	2	3	D							TR	Traslado hacia punto le	00:06:29	0
24/09/2018	001020	2	3	D							NV		00:01:26	0
24/09/2018	001020	2	3	D	850 Psi	58		21 12 1/4"	13.5	PR1	PD: 800 - 900 psi		00:55:52	14.499
24/09/2018	001020	2	3	D							IB	RPM: 58	00:01:02	0
24/09/2018	001020	2	3	D							LG		00:01:32	0
24/09/2018	001020	2	3	D							TR	Se demoro por proble	00:05:53	0
24/09/2018	001020	2	3	D							NV		00:01:12	0
24/09/2018	001020	2	3	D	900 Psi	55		48 12 1/4"	13.5	PR1	PD: 900 psi		01:07:08	12.066
24/09/2018	001020	2	3	D							IB	RPM: 50 - 60	00:01:40	0
24/09/2018	001020	2	3	D							CH		00:14:47	0
24/09/2018	001020	2	3	D							TP		00:29:13	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOWN	UNI D	RP	ID TALA	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
26/09/2018	001020	2	3	D							AP		00:10:27	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		TP		00:25:45	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		CH		00:07:55	0
26/09/2018	001020	2	3	D	1000 Psi	56	31A		12 1/4"	7.5	PR1	Se quedo en 4 mts (gua	00:52:27	8.5796
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		R		01:13:53	0
26/09/2018	001020	2	3	D	1000 Psi	56	31A		12 1/4"	1.5	PR1	Taladro incompleto	00:09:09	9.8361
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		IB		00:02:32	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		LG		00:00:54	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		TR		00:02:18	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		NV		00:01:28	0
26/09/2018	001020	2	3	D	1000 Psi	55	32A		12 1/4"	13	PR1	PD: 1000 psi	01:20:22	9.7055
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		IB	RPM: 50 -60	00:01:35	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		DO	Medicion de taladro re	00:06:42	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		LG		00:01:04	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		TR		00:06:56	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		NV		00:01:13	0
26/09/2018	001020	2	3	D	1000 Psi	55	43	12 1/4"	10.5	PR1			01:21:00	7.7778
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		LLN		00:12:22	0
26/09/2018	001020	2	3	D	1000 Psi	55	43	12 1/4"	2.5	PR1			00:17:01	8.8149
26/09/2018	001020	2	3	D	1000 Psi	55	43	12 1/4"	13	PR1	Mala perforacion		01:38:01	7.9578
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		IB		00:01:38	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		LG		00:01:52	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		TR		00:03:12	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		NV		00:01:16	0
26/09/2018	001020	2	3	D	900 Psi	50	44A		12 1/4"	8	PR1	Taladro incompleto	00:42:03	11.415
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		CH		00:10:14	0
26/09/2018	001020	2	3	D					12 1/4"		TP		00:24:42	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI DA	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
03/10/2018	001020	1	3	D							AP		00:09:17	0
03/10/2018	001020	1	3	D							TP		00:20:55	0
03/10/2018	001020	1	3	D							CH		00:10:01	0
03/10/2018	001020	1	3	D							TR		00:06:18	0
03/10/2018	001020	1	3	D							NV		00:03:24	0
03/10/2018	001020	1	3	D	800 Psi		50	35		5.5	PR1	Taladro incompleto	00:33:17	9.9149
03/10/2018	001020	1	3	D							IB		00:02:10	0
03/10/2018	001020	1	3	D							LG		00:01:26	0
03/10/2018	001020	1	3	D							TR		00:01:40	0
03/10/2018	001020	1	3	D							NV	PD: 1000 psi	00:01:32	0
03/10/2018	001020	1	3	D	1000 Psi		55	41		4.5	PR1	RPM: 50 - 60	00:27:19	9.8841
03/10/2018	001020	1	3	D							LLN	PD: 1000 psi	00:17:23	0
03/10/2018	001020	1	3	D	1000 Psi		55	41		9.5	PR1	RPM: 50 - 60	00:55:14	10.32
03/10/2018	001020	1	3	D	1000 Psi		55	41		14	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:22:33	10.176
03/10/2018	001020	1	3	D							IB	PD: 1000 psi	00:01:32	0
03/10/2018	001020	1	3	D							LG	RPM: 50 - 60	00:01:23	0
03/10/2018	001020	1	3	D							TR		00:03:57	0
03/10/2018	001020	1	3	D							NV	PD: 1000 psi	00:01:26	0
03/10/2018	001020	1	3	D	1000 Psi		55	38A		4	PR1	RPM: 50 - 60	00:22:30	10.667
03/10/2018	001020	1	3	D							R	PD: 1000 psi	01:34:27	0
03/10/2018	001020	1	3	D	1000 Psi		55	38A		9.5	PR1	RPM: 50 - 60	00:55:29	10.273
03/10/2018	001020	1	3	D	1000 Psi		55	38A		13.5	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:17:59	10.387
03/10/2018	001020	1	3	D							IB	PD: 1000 psi	00:01:17	0
03/10/2018	001020	1	3	D							LG	RPM: 50 - 60	00:00:44	0
03/10/2018	001020	1	3	D							TR	Traslado a hueco para s	00:11:36	0
03/10/2018	001020	1	3	D							NV		00:00:53	0
03/10/2018	001020	1	3	D							S		00:14:08	0
03/10/2018	001020	1	3	D							LG		00:00:51	0
03/10/2018	001020	1	3	D							TR		00:01:07	0
03/10/2018	001020	1	3	D							NV		00:01:42	0
03/10/2018	001020	1	3	D	800 Psi		50	110		4.5	PR1	Taladro incompleto	00:34:18	7.8717
03/10/2018	001020	1	3	D							LLN		00:16:03	0
03/10/2018	001020	1	3	D							CH		00:06:53	0
03/10/2018	001020	1	3	D							TP		00:19:48	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI DA	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
09/10/2018	001020	3	3	D							AP		00:10:02	0
09/10/2018	001020	3	3	D							TP		00:40:02	0
09/10/2018	001020	3	3	D	950 Psi		55	30 12 1/4"		12	PR1	Taladro incompleto	01:13:48	9.7561
09/10/2018	001020	3	3	D							IB		00:00:25	0
09/10/2018	001020	3	3	D							LG		00:02:11	0
09/10/2018	001020	3	3	D							DO	Equipo parado por falta	01:23:53	0
09/10/2018	001020	3	3	D							R		01:39:51	0
09/10/2018	001020	3	3	D							TR		00:05:31	0
09/10/2018	001020	3	3	D							NV		00:01:14	0
09/10/2018	001020	3	3	D	900 Psi		55	SD	12 1/4"	14	PR1	PD: 850 - 950 psi	01:08:39	12.236
09/10/2018	001020	3	3	D							IB	RPM: 54 - 56	00:01:26	0
09/10/2018	001020	3	3	D							LG		00:02:10	0
09/10/2018	001020	3	3	D							TR		00:06:05	0
09/10/2018	001020	3	3	D							NV		00:01:47	0
09/10/2018	001020	3	3	D	950 KLB		55	SD	12 1/4"	6	PR1	Taladro incompleto	00:33:08	10.865
09/10/2018	001020	3	3	D							LLN		00:15:35	0
09/10/2018	001020	3	3	D							CH		00:09:35	0
09/10/2018	001020	3	3	D							TP		00:24:38	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
12/10/2018	001020	2	3	D							AP		00:12:28	0
12/10/2018	001020	2	3	D							TP		00:13:14	0
12/10/2018	001020	2	3	D							CH	Maquina nivelada en el	00:09:58	0
12/10/2018	001020	2	3	D	900 Psi		55	58 12 1/4"		13.5	PR1	PD: 900 psi	01:09:30	11.655
12/10/2018	001020	2	3	D							R	RPM: 55	01:15:02	0
12/10/2018	001020	2	3	D							LG		00:02:31	0
12/10/2018	001020	2	3	D							TR		00:02:50	0
12/10/2018	001020	2	3	D							NV		00:01:29	0
12/10/2018	001020	2	3	D	900 Psi		50	58A 12 1/4"		13.5	PR1	Terreno muy duro con t	01:51:10	7.2864
12/10/2018	001020	2	3	D							IB	perforacion interrumpi	00:01:45	0
12/10/2018	001020	2	3	D							DO	Esperando broca	01:15:20	0
12/10/2018	001020	2	3	D							DO	Cambio de broca (234)	00:10:29	0
12/10/2018	001020	2	3	D							LG		00:00:47	0
12/10/2018	001020	2	3	D							TR		00:08:39	0
12/10/2018	001020	2	3	D							NV		00:01:58	0
12/10/2018	001020	2	3	D	900 Psi		50	56 12 1/4"		8	PR1	Taladro incompleto	00:58:12	8.2474
12/10/2018	001020	2	3	D							CH		00:04:50	0
12/10/2018	001020	2	3	D							TP		00:19:48	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
15/10/2018	001020	2	3	D							AP		00:15:47	0
15/10/2018	001020	2	3	D							TP		00:39:25	0
15/10/2018	001020	2	3	D							CH		00:20:20	0
15/10/2018	001020	2	3	D	1000 Psi		55	6 12 1/4"		2.5	PR1	Se quedo en 10 mts, co	00:15:08	9.9119
15/10/2018	001020	2	3	D							R	completo metros resta	01:14:32	0
15/10/2018	001020	2	3	D							LLN		00:24:02	0
15/10/2018	001020	2	3	D							LG		00:01:42	0
15/10/2018	001020	2	3	D							TR		00:04:27	0
15/10/2018	001020	2	3	D							NV		00:01:39	0
15/10/2018	001020	2	3	D	900 Psi		55	13 12 1/4"		14	PR1	Terreno muy duro y sue	01:15:10	11.175
15/10/2018	001020	2	3	D							IB	PD: 900 psi	00:02:09	0
15/10/2018	001020	2	3	D							LG	RPM: 55	00:01:30	0
15/10/2018	001020	2	3	D							TR		00:01:19	0
15/10/2018	001020	2	3	D							NV		00:01:38	0
15/10/2018	001020	2	3	D	900 Psi		50	14 12 1/4"		14	PR1	Mala perforacion	01:24:14	9.9723
15/10/2018	001020	2	3	D							IB		00:01:30	0
15/10/2018	001020	2	3	D							LG		00:01:18	0
15/10/2018	001020	2	3	D							TR		00:04:37	0
15/10/2018	001020	2	3	D							NV		00:01:35	0
15/10/2018	001020	2	3	D	900 Psi		55	15 12 1/4"		13.5	PR1	Terreno muy duro y sue	01:12:10	11.224
15/10/2018	001020	2	3	D							IB	PD: 900 psi	00:01:50	0
15/10/2018	001020	2	3	D							CH	RPM: 55	00:04:10	0
15/10/2018	001020	2	3	D							TP		00:29:48	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
29/10/2018	001020	3	3	D							AP		00:12:41	0
29/10/2018	001020	3	3	D							TP		00:37:31	0
29/10/2018	001020	3	3	D							TR	Personal de 12 horas tra	00:05:25	0
29/10/2018	001020	3	3	D							NV		00:01:01	0
29/10/2018	001020	3	3	D	850 Psi		58	SD 12 1/4"		14	PR1	Terreno suave a interm	01:08:40	12.233
29/10/2018	001020	3	3	D							IB	PD: 800 - 900 psi	00:01:44	0
29/10/2018	001020	3	3	D							LG	RPM: 58	00:02:01	0
29/10/2018	001020	3	3	D							TR		00:04:09	0
29/10/2018	001020	3	3	D							DO	Se malogro la cadena d	00:57:00	0
29/10/2018	001020	3	3	D							R		02:02:35	0
29/10/2018	001020	3	3	D							DO	Siguio problema con la	01:03:00	0
29/10/2018	001020	3	3	D							DO	Esperando mecanico	00:45:00	0
29/10/2018	001020	3	3	D							PM	Mecanicos arreglaron p	00:19:23	0
29/10/2018	001020	3	3	D							CH		00:10:00	0
29/10/2018	001020	3	3	D							TP		00:29:50	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALAD	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		AP		00:12:22	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP	Personal de 12 horas tr	00:32:50	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG		00:02:05	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR		00:15:30	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		NV		00:00:43	0
31/10/2018	001020	3	3	D	850 Psi		58 SD		12 1/4"	14	PR1	Terreno intermedio	01:07:27	12.454
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		IB	PD: 800 - 900 psi	00:01:05	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LLN	RPM: 58	00:28:15	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		LG		00:01:33	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TR		00:04:29	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		DO	Problemas para bajar la	00:10:59	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		DO	Parado esperando mec	00:37:54	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		R		01:35:35	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		DO	Maquina parada siguio	01:51:25	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		PM	Mecanicos arreglando p	00:28:45	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		CH		00:04:15	0
31/10/2018	001020	3	3	D					12 1/4"		TP		00:24:48	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALAD	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
02/11/2018	001020	2	3	PO							AP		00:15:27	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							TP	Se demoro por disparo	00:59:54	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							TRE	Personal de 12 horas tr	00:19:56	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							R		01:25:17	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							DO	Armando linea, equipo	00:29:43	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							CG	Cambio de pareja de 12	01:05:00	0
02/11/2018	001020	2	3	PO	950 Psi		57	130	12 1/4"	13.5	PR1	PD: 950 psi	01:14:55	10.812
02/11/2018	001020	2	3	PO							IB	RPM: 56 - 58	00:01:25	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							LG		00:01:35	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							TR		00:01:58	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							NV		00:01:11	0
02/11/2018	001020	2	3	PO	850 Psi		58	115	12 1/4"	13.5	PR1	PD: 850 psi	01:01:11	13.239
02/11/2018	001020	2	3	PO							IB	RPM: 58	00:01:25	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							LG		00:01:17	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							TR		00:02:58	0
02/11/2018	001020	2	3	PO							NV		00:01:58	0
02/11/2018	001020	2	3	PO	1000 Psi		50	81	12 1/4"	4.5	PR1	Taladro incompleto	00:20:17	13.311
02/11/2018	001020	2	3	PO							TP		00:34:33	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALAD	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
06/11/2018	001020	2	3	PO							AP		00:15:32	0
06/11/2018	001020	2	3	PO							TP		00:31:40	0
06/11/2018	001020	2	3	PO	1000 Psi		50	12	12 1/4"	8	PR1	Taladro incompleto	00:48:08	9.9723
06/11/2018	001020	2	3	PO	950 Psi		57	13	12 1/4"	9	PR1	PD: 950 psi	01:09:57	0
06/11/2018	001020	2	3	PO							CG	RPM: 57	00:55:52	0
06/11/2018	001020	2	3	PO	950 Psi		57	13	12 1/4"	5.5	PR1		00:35:48	9.2179
06/11/2018	001020	2	3	PO	950 Psi		57	13	12 1/4"	14.5	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:18:51	11.034
06/11/2018	001020	2	3	PO							DO	PD: 950 psi	02:35:00	0
06/11/2018	001020	2	3	PO							TP	RPM: 57	00:25:00	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
20/11/2018	001020	3	3	D							AP		00:12:27	0
20/11/2018	001020	3	3	D							TP	Personal de 12 horas tr	00:32:50	0
20/11/2018	001020	3	3	D							DO	Problemas con la expul	00:14:55	0
20/11/2018	001020	3	3	D							PM	Esperando mecanicos p	01:12:58	0
20/11/2018	001020	3	3	D	900 Psi	50		22 12 1/4"	6.5	PR1	Taladro incompleto		00:36:41	10.632
20/11/2018	001020	3	3	D							IB	Se encontro en 8 mts	00:01:01	0
20/11/2018	001020	3	3	D							LG		00:01:19	0
20/11/2018	001020	3	3	D							TR		00:02:01	0
20/11/2018	001020	3	3	D							NV		00:01:38	0
20/11/2018	001020	3	3	D							DO	Formacion de collar, ec	00:05:10	0
20/11/2018	001020	3	3	D	850 Psi	58		15 12 1/4"	14.5	PR1	PD: 800 - 900 psi		01:04:00	13.594
20/11/2018	001020	3	3	D							R	RPM: 58	01:10:47	0
20/11/2018	001020	3	3	D							TR		00:05:25	0
20/11/2018	001020	3	3	D							LLN		00:19:05	0
20/11/2018	001020	3	3	D							NV		00:01:01	0
20/11/2018	001020	3	3	D							DO	Formacion de collar, ec	00:06:00	0
20/11/2018	001020	3	3	D	850 Psi	58		18 12 1/4"	14.5	PR1	PD: 800 - 900 psi		01:06:01	13.178
20/11/2018	001020	3	3	D							IB	RPM: 58	00:01:38	0
20/11/2018	001020	3	3	D							LG		00:01:06	0
20/11/2018	001020	3	3	D							TR		00:04:10	0
20/11/2018	001020	3	3	D							DO	Problemas con la marc	00:20:58	0
20/11/2018	001020	3	3	D							CH		00:09:57	0
20/11/2018	001020	3	3	D							TP		00:29:53	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
22/11/2018	001020	3	3	D							AP		00:11:12	0
22/11/2018	001020	3	3	D							TP	Personal de 12 horas tr	00:44:06	0
22/11/2018	001020	3	3	D	1000 Psi	50		43 12 1/4"	8	PR1	Taladro incompleto		00:34:56	13.74
22/11/2018	001020	3	3	D							IB		00:01:46	0
22/11/2018	001020	3	3	D							LG		00:01:56	0
22/11/2018	001020	3	3	D							TR		00:01:26	0
22/11/2018	001020	3	3	D							NV		00:01:35	0
22/11/2018	001020	3	3	D							DO	Formacion de collar, ec	00:04:40	0
22/11/2018	001020	3	3	D							LLN	Terreno intermedio, fr	00:16:47	0
22/11/2018	001020	3	3	D	750 Psi	60		44 12 1/4"	13.5	PR1	PD: 700 - 800 psi		00:51:48	15.637
22/11/2018	001020	3	3	D							IB	RPM: 60	00:01:01	0
22/11/2018	001020	3	3	D							R		01:38:59	0
22/11/2018	001020	3	3	D							DO	Problemas con la comp	02:00:25	0
22/11/2018	001020	3	3	D							PE	Electricos arreglaron la	00:49:33	0
22/11/2018	001020	3	3	D							CH		00:10:02	0
22/11/2018	001020	3	3	D							TP		00:29:48	0

ANEXO N° 13 ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PERFORADORA #22

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		AP		00:15:45	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		TP		00:20:48	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		CH		00:07:50	0
21/08/2018	001022	1	4	PO	900 Psi		55	58	12 1/4"	1	PR1	Taladro incompleto	00:09:47	6.1329
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		PE	Problemas con la comp	00:44:07	0
21/08/2018	001022	1	4	PO	900 Psi		55	58	12 1/4"	2	PR1	Taladro incompleto	00:14:55	8.0447
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		IB		00:01:03	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		LLN		00:16:32	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		LG		00:02:37	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		TR		00:02:46	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		NV		00:01:18	0
21/08/2018	001022	1	4	PO	900 Psi		55	59	12 1/4"	16	PR1	PD: 850 - 950 psi	01:17:52	12.329
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		IB	RPM: 55	00:01:07	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		LG		00:01:31	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		TR		00:02:18	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		NV		00:02:59	0
21/08/2018	001022	1	4	PO	900 Psi		55	60	12 1/4"	1.5	PR1	Taladro incompleto	00:11:28	7.8488
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		R	Otra pareja completo t	01:23:51	0
21/08/2018	001022	1	4	PO	900 Psi		55	39	12 1/4"	4	PR1	Taladro incompleto	00:31:56	7.5157
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		IB		00:00:51	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		LG		00:02:50	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		DO	Desarmar linea (234)	00:38:11	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		PM	Brazo de portabarreno	00:26:17	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		DO	Desarmar linea (234)	00:05:17	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		DO	Bajar castillo	00:10:14	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		PE	Sobre carga calentamie	00:40:39	0
21/08/2018	001022	1	4	PO					12 1/4"		TP		00:29:53	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
29/08/2018	001022	3	4	PO							AP		00:10:31	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							TP		00:21:49	0
29/08/2018	001022	3	4	PO	950 Psi		50	112	12 1/4"	3	PR1	Maquina se encontro ul	00:18:10	9.9083
29/08/2018	001022	3	4	PO							IB		00:01:49	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							LG		00:02:14	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							TR		00:05:29	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							NV		00:01:54	0
29/08/2018	001022	3	4	PO	900 Psi		55	139	12 1/4"	13.5	PR1	PD: 900 psi	01:05:58	12.279
29/08/2018	001022	3	4	PO							IB	RPM: 55	00:02:14	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							LG		00:03:56	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							TR		00:09:24	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							NV		00:02:03	0
29/08/2018	001022	3	4	PO	800 Psi		50	131	12 1/4"	7	PR1	Taladro incompleto	00:24:37	17.062
29/08/2018	001022	3	4	PO							R	realizo taladro 138	02:03:04	0
29/08/2018	001022	3	4	PO	950 Psi		50	138	12 1/4"	3	PR1	Completo taladro	00:36:59	4.8671
29/08/2018	001022	3	4	PO							IB		00:02:29	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							LG		00:03:10	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							TR		00:02:17	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							PE	Problemas con la comp	00:52:40	0
29/08/2018	001022	3	4	PO	950 Psi		50	137	12 1/4"	8	PR1	Taladro incompleto	00:44:33	10.774
29/08/2018	001022	3	4	PO							CH		00:19:51	0
29/08/2018	001022	3	4	PO							TP		00:24:49	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RP	ID TALA	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
03/09/2018	001022	2	4	PO							AP		00:22:15	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							TP		00:22:46	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							CH		00:10:15	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							DO	PRUEBA DE ROTACION	00:11:47	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							R		01:08:11	0
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		10 12 1/4"		8 PR1			00:33:19	14.407
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		10 12 1/4"		6 PR2			00:24:11	14.886
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		10 12 1/4"		14 PR1	TALADRO UNIFICADO		00:57:30	14.609
03/09/2018	001022	2	4	PO							IB	Mala perforacion	00:00:17	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							LG		00:01:14	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							TR		00:03:20	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							NV		00:02:09	0
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		28 12 1/4"		8 PR1			00:34:30	13.913
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		28 12 1/4"		6 PR2			00:29:05	12.378
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		28 12 1/4"		14 PR1	TALADRO UNIFICADO		01:03:35	13.211
03/09/2018	001022	2	4	PO							IB	PD: 850 psi	00:01:55	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							LG	RPM: 56 - 58	00:02:26	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							TR		00:02:53	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							NV		00:02:12	0
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		29 12 1/4"		8 PR1			00:31:12	15.385
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		29 12 1/4"		6 PR2			00:24:13	14.866
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		29 12 1/4"		14 PR1	TALADRO UNIFICADO		00:55:25	15.158
03/09/2018	001022	2	4	PO							IB	Mala perforacion	00:02:02	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							LG		00:01:08	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							TR		00:08:38	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							NV		00:07:26	0
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		9 12 1/4"		8 PR1			00:26:27	18.147
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		9 12 1/4"		6 PR2			00:21:16	16.928
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		9 12 1/4"		14 PR1	TALADRO UNIFICADO		00:47:43	17.604
03/09/2018	001022	2	4	PO							IB	Mala perforacion	00:01:43	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							LG		00:02:14	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							TR		00:01:57	0
03/09/2018	001022	2	4	PO							NV		00:02:54	0
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		33 12 1/4"		8 PR1			00:26:39	18.011
03/09/2018	001022	2	4	PO	850 Psi	57		33 12 1/4"		2 PR2	Taladro incompleto		00:17:05	7.0244

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RP	ID TALA	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMP	VP in
28/09/2018	001022	1	4	D							AP		00:10:43	0
28/09/2018	001022	1	4	D							TP		00:29:34	0
28/09/2018	001022	1	4	D							CH		00:05:35	0
28/09/2018	001022	1	4	D							DO	Esperando lubricacion y	00:48:23	0
28/09/2018	001022	1	4	D							LLN	Maquina se encontro e	00:16:45	0
28/09/2018	001022	1	4	D	550 Psi	60	37	12 1/4"		14.5	PR1	terreno suelto	00:44:46	19.434
28/09/2018	001022	1	4	D							IB	PD: 500 - 600 psi	00:01:44	0
28/09/2018	001022	1	4	D							DO	Medicion de taladro re	00:01:47	0
28/09/2018	001022	1	4	D							LG	RPM: 60	00:01:23	0
28/09/2018	001022	1	4	D							TR		00:05:25	0
28/09/2018	001022	1	4	D							NV		00:02:39	0
28/09/2018	001022	1	4	D	800 Psi	58	38	12 1/4"		14	PR1		00:41:16	20.355
28/09/2018	001022	1	4	D							IB	Mala perforacion	00:01:47	0
28/09/2018	001022	1	4	D							R		01:28:25	0
28/09/2018	001022	1	4	D							DO	Sin energia debido a di	00:19:58	0
28/09/2018	001022	1	4	D							LG		00:01:02	0
28/09/2018	001022	1	4	D							TR		00:04:03	0
28/09/2018	001022	1	4	D							NV		00:01:42	0
28/09/2018	001022	1	4	D	900 Psi	58	39	12 1/4"		13.5	PR1	terreno suelto	00:53:03	15.269
28/09/2018	001022	1	4	D							IB	PD: 800 psi	00:03:39	0
28/09/2018	001022	1	4	D							LG	RPM: 58	00:02:31	0
28/09/2018	001022	1	4	D							TR		00:14:20	0
28/09/2018	001022	1	4	D							NV		00:02:19	0
28/09/2018	001022	1	4	D	900 Psi	52	46	12 1/4"		8	PR1	Taladro incompleto	00:28:26	16.882
28/09/2018	001022	1	4	D							IB		00:01:41	0
28/09/2018	001022	1	4	D							CH		00:12:34	0
28/09/2018	001022	1	4	D							TP		00:34:30	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOWN	UNI D	RPM	ID TALADRO	Ø BROCA	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
02/10/2018	001022	1	4	D							AP		00:08:17	0
02/10/2018	001022	1	4	D							TO		00:31:04	0
02/10/2018	001022	1	4	D							CH		00:12:49	0
02/10/2018	001022	1	4	D	600 Psi	60	63	12 1/4"	9	PR1	Se quedo en 5 mts (con		00:32:35	16.573
02/10/2018	001022	1	4	D							IB		00:01:13	0
02/10/2018	001022	1	4	D							LG		00:01:39	0
02/10/2018	001022	1	4	D							DO	Medicion de taladro re	00:01:55	0
02/10/2018	001022	1	4	D							TR	Problemas con la oruga	00:06:08	0
02/10/2018	001022	1	4	D							DO	Revision de gatas	00:02:32	0
02/10/2018	001022	1	4	D							NV		00:01:44	0
02/10/2018	001022	1	4	D	600 Psi	60	64	12 1/4"	14	PR1	Terreno muy suave y su		00:44:21	18.94
02/10/2018	001022	1	4	D							IB	PD: 600	00:01:44	0
02/10/2018	001022	1	4	D							LG	RPM: 60	00:01:09	0
02/10/2018	001022	1	4	D							TR		00:03:50	0
02/10/2018	001022	1	4	D							DO	Parado por falta de pun	00:41:18	0
02/10/2018	001022	1	4	D							TR	Traslado hacia los nuev	00:04:31	0
02/10/2018	001022	1	4	D							LLN		00:15:51	0
02/10/2018	001022	1	4	D							R		01:28:18	0
02/10/2018	001022	1	4	D							TR	Traslado hacia los nuev	00:09:44	0
02/10/2018	001022	1	4	D							NV		00:01:15	0
02/10/2018	001022	1	4	D	600 Psi	60	29	12 1/4"	13	PR1	PD: 600		00:43:05	18.104
02/10/2018	001022	1	4	D							IB	RPM: 60	00:01:58	0
02/10/2018	001022	1	4	D							LG		00:01:20	0
02/10/2018	001022	1	4	D							TR		00:03:58	0
02/10/2018	001022	1	4	D							NV		00:01:31	0
02/10/2018	001022	1	4	D	600 Psi	60	36	12 1/4"	10	PR1	Taladro incompleto		00:47:37	12.601
02/10/2018	001022	1	4	D							IB		00:00:54	0
02/10/2018	001022	1	4	D							DO	Soldadura de las orugas	00:23:01	0
02/10/2018	001022	1	4	D							CH		00:14:39	0
02/10/2018	001022	1	4	D							TP		00:30:00	0

FECHA	EQUIPO	TURNO	MINA	MATERIAL	PULL DOWN	UNIDAD	RPM	ID TALADRO	Ø BROCA	METR OS	ELEMENTOS	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP ins.
04/10/2018	001022	1	4	D							AP		00:17:12	0
04/10/2018	001022	1	4	D							TP		00:28:08	0
04/10/2018	001022	1	4	D							CH		00:19:59	0
04/10/2018	001022	1	4	D							TR		00:04:22	0
04/10/2018	001022	1	4	D							NV		00:01:55	0
04/10/2018	001022	1	4	D	600	Psi	60	21	12 1/4"	12.5	PR1	PD: 600 psi	00:41:48	17.94
04/10/2018	001022	1	4	D							IB	RPM: 60	00:01:37	0
04/10/2018	001022	1	4	D							LG		00:01:30	0
04/10/2018	001022	1	4	D							TR		00:04:28	0
04/10/2018	001022	1	4	D							NV		00:01:14	0
04/10/2018	001022	1	4	D	600	Psi	60	22	12 1/4"	10	PR1	aladro incompleto	00:49:13	12.19
04/10/2018	001022	1	4	D							IB		00:01:12	0
04/10/2018	001022	1	4	D							LG		00:02:23	0
04/10/2018	001022	1	4	D							PM		05:04:59	0

FECHA	EQUIPO	TURNO	MINA	MATERIAL	PULL DOWN	UNIDAD	RPM	ID TALADRO	ØE BROCA	METR OS	ELEMENTOS	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP ins.
05/10/2018	001022	1	4	PO							CH		00:10:53	0
05/10/2018	001022	1	4	PO	850	Psi	57	111	12 1/4"	9	PR1		00:41:04	13.15
05/10/2018	001022	1	4	PO							DO	AMBIO DE CABLE	00:44:45	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							LLN	LENADO DE AGUA	00:13:32	0
05/10/2018	001022	1	4	PO	850	Psi	57	111	12 1/4"	5	PR1		00:22:09	13.54
05/10/2018	001022	1	4	PO	850	Psi	57	111	12 1/4"	14	PR1	TALADRO UNIFICAD	01:03:13	13.29
05/10/2018	001022	1	4	PO							IB	PD: 850 psi	02:13:24	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							LG	RPM: 57	00:01:18	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							TR		00:04:30	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							NV		00:01:26	0
05/10/2018	001022	1	4	PO	850	Psi	57	120	12 1/4"	7	PR1		00:35:46	11.74
05/10/2018	001022	1	4	PO							R		01:43:28	0
05/10/2018	001022	1	4	PO	850	Psi	57	120	12 1/4"	2.5	PR1	aladro incomplet	00:18:55	7.93
05/10/2018	001022	1	4	PO							IB		00:01:21	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							LG		00:03:09	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							TR		00:05:49	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							NV		00:02:54	0
05/10/2018	001022	1	4	PO	850	Psi	57	119	12 1/4"	14.5	PR1	ALA PERFORACIO	01:28:33	9.825
05/10/2018	001022	1	4	PO							IB		00:01:19	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							LG		00:01:03	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							TR		00:03:44	0
05/10/2018	001022	1	4	PO							NV		00:01:15	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALADRO	ØE BROCA	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
17/10/2018	001022	2	4	D							AP		00:10:30	0
17/10/2018	001022	2	4	D							TP		00:29:42	0
17/10/2018	001022	2	4	D							TR	Se encontro personal d	00:05:00	0
17/10/2018	001022	2	4	D							NV		00:02:20	0
17/10/2018	001022	2	4	D							LLN		00:15:40	0
17/10/2018	001022	2	4	D	900	Psi	55	121	12 1/4"	7	PR1	Taladro incompleto	00:31:35	13.298
17/10/2018	001022	2	4	D							R	En cena completo talad	01:21:09	0
17/10/2018	001022	2	4	D							DO	Equipo parado para que	00:09:16	0
17/10/2018	001022	2	4	D							DO	Medicion de taladro re	00:03:25	0
17/10/2018	001022	2	4	D							LG		00:04:05	0
17/10/2018	001022	2	4	D							TR		00:04:50	0
17/10/2018	001022	2	4	D							NV		00:01:32	0
17/10/2018	001022	2	4	D	800	Psi	58	125	12 1/4"	14	PR1	Terreno suave y suelto	00:58:28	14.367
17/10/2018	001022	2	4	D							IB	PD: 800 psi	00:01:21	0
17/10/2018	001022	2	4	D							DO	Medicion de taladro re	00:01:59	0
17/10/2018	001022	2	4	D							LG	RPM: 58	00:02:20	0
17/10/2018	001022	2	4	D							TR		00:01:56	0
17/10/2018	001022	2	4	D							NV		00:01:53	0
17/10/2018	001022	2	4	D	800	Psi	58	118	12 1/4"	14	PR1	Terreno suave y suelto	00:57:01	14.733
17/10/2018	001022	2	4	D							IB	PD: 800 psi	00:01:55	0
17/10/2018	001022	2	4	D							LG	RPM: 58	00:01:05	0
17/10/2018	001022	2	4	D							TR	Traslado demora por ui	00:23:10	0
17/10/2018	001022	2	4	D							S		00:04:20	0
17/10/2018	001022	2	4	D							LG		00:02:24	0
17/10/2018	001022	2	4	D							TR		00:05:51	0
17/10/2018	001022	2	4	D							NV		00:02:53	0
17/10/2018	001022	2	4	D							S		00:06:57	0
17/10/2018	001022	2	4	D							LG		00:01:19	0
17/10/2018	001022	2	4	D							DO	Equipo parado sin punt	01:16:06	0
17/10/2018	001022	2	4	D							TP		00:29:58	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALAD	Ø DE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
30/10/2018	001022	3	4	BL							AP		00:14:14	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							TP	Personal de 12 horas tr	00:36:18	0
30/10/2018	001022	3	4	BL	950 Psi		53	63 12 1/4"		14 PR1	PD: 950 psi		01:26:25	9.7203
30/10/2018	001022	3	4	BL							IB	RPM: 53	00:01:09	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							LG		00:01:28	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							TR		00:03:57	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							NV		00:02:02	0
30/10/2018	001022	3	4	BL	950 Psi		53	74 12 1/4"		10 PR1	Taladro incompleto		01:10:39	8.4926
30/10/2018	001022	3	4	BL							R	completo el taladro 74	01:29:00	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							PM	Mecanicos viendo el pr	00:25:00	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							TR		00:07:30	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							NV		00:01:20	0
30/10/2018	001022	3	4	BL	950 Psi		53 SD	12 1/4"		14 PR1	PD: 950 psi		01:31:44	9.157
30/10/2018	001022	3	4	BL							IB	RPM: 53	00:01:15	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							DO	Se quedo sin puntos	00:18:11	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							CH		00:05:18	0
30/10/2018	001022	3	4	BL							TP		00:24:30	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALAD	Ø DE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
19/11/2018	001022	3	4	PO							AP		00:10:20	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							TP	Personal de 12 horas tr	00:44:57	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							LG		00:01:55	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							TR		00:06:35	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							NV		00:01:54	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							DO	Formacion de collar, ec	00:09:31	0
19/11/2018	001022	3	4	PO	900 Psi		55	41 12 1/4"		5 PR1	PD: 850 - 950 psi		00:25:25	11.803
19/11/2018	001022	3	4	PO							LLN	RPM: 50 - 60	00:17:45	0
19/11/2018	001022	3	4	PO	900 Psi		55	41 12 1/4"		9 PR1			00:44:54	12.027
19/11/2018	001022	3	4	PO	900 Psi		55	41 12 1/4"		14 PR1	TALADRO UNIFICADO		01:10:19	11.946
19/11/2018	001022	3	4	PO							IB	PD: 850 - 950 psi	00:01:34	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							LG	RPM: 50 - 60	00:01:47	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							TR		00:02:30	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							NV		00:03:11	0
19/11/2018	001022	3	4	PO	1000 Psi		50	42 12 1/4"		14 PR1	PD: 1000 psi		01:16:38	10.961
19/11/2018	001022	3	4	PO							IB	RPM: 50	00:01:06	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							R		01:10:08	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							TR		00:07:02	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							NV		00:02:21	0
19/11/2018	001022	3	4	PO	1000 Psi		50	44 12 1/4"		14 PR1	PD: 1000 psi		01:16:45	10.945
19/11/2018	001022	3	4	PO							IB	RPM: 50	00:01:44	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							LG		00:01:53	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							DO		00:25:15	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							TR		00:12:26	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							CH		00:04:34	0
19/11/2018	001022	3	4	PO							TP		00:27:50	0

ANEXO N° 14 ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PERFORADORA #24

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI DA	RPM	ID TALAD	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
18/07/2018	001024	3	4	PO							TR		00:05:40	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							NV		00:05:30	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							S		00:10:15	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							IB		00:02:30	0
18/07/2018	001024	3	4	PO	1000 Psi	50		27 12 1/4 "		5	PR1		00:34:13	8.7677
18/07/2018	001024	3	4	PO							PM	Problemas con broca	00:02:20	0
18/07/2018	001024	3	4	PO	1000 Psi	50		27 12 1/4 "		2	PR1		00:14:12	8.4507
18/07/2018	001024	3	4	PO							PE	Problemas con compre	00:12:19	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							LG		00:02:58	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							TR		00:01:35	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							PM	Desgaste de broca (carr	00:42:13	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							DO	Problema con la colum	03:46:47	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							NV		00:08:48	0
18/07/2018	001024	3	4	PO	1000 Psi	50		27 12 1/4 "		6	PR1		00:37:06	9.7035
18/07/2018	001024	3	4	PO	1000 Psi	50		27 12 1/4 "		13	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:25:31	9.121
18/07/2018	001024	3	4	PO							IB	PD: 1000 psi	00:03:40	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							EB	RPM 50	00:08:14	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							LG		00:01:25	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							TR		00:01:03	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							NV		00:01:47	0
18/07/2018	001024	3	4	PO							PM	Problema con el amorti	00:06:34	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI DA	RPM	ID TALAD	ØE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
24/07/2018	001024	2	4	PO	1000 Psi	50		7 12 1/4 "		3	PR1	taladro incompleto	00:25:09	7.1571
24/07/2018	001024	2	4	PO							IB		00:01:41	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							LG		00:01:00	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							TR		00:07:02	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							NV		00:01:52	0
24/07/2018	001024	2	4	PO	1000 Psi	50		9 12 1/4 "		10	PR1	taladro incompleto	01:52:18	5.3428
24/07/2018	001024	2	4	PO							IB		00:01:23	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							LG		00:00:57	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							TR		00:02:40	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							CG		01:44:22	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							TR		00:06:46	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							NV		00:01:36	0
24/07/2018	001024	2	4	PO	1000 Psi	50		12 12 1/4 "		15	PR1	PD: 1000 psi	01:37:06	9.2688
24/07/2018	001024	2	4	PO							IB	RPM: 50	00:02:05	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							LG		00:01:40	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							TR		00:06:27	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							NV		00:02:37	0
24/07/2018	001024	2	4	PO							LLN		00:18:29	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOWN	UNI DA	RPM	ID TALAD	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMP	VP in
08/08/2018	001024	3	4	BL							AP		00:11:10	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							TP		00:29:20	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							CH		00:02:47	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							TR		00:02:13	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							NV		00:02:00	0
08/08/2018	001024	3	4	BL	800 Psi		58	21 12 1/4"		13	PR1	PD: 800 psi	00:48:50	15.973
08/08/2018	001024	3	4	BL							IB	RPM: 58	00:02:39	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							LG		00:03:09	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							PM	Problemas con la zapata	00:46:17	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							TR		00:01:25	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							NV		00:03:20	0
08/08/2018	001024	3	4	BL	800 Psi		58	22 12 1/4"		13	PR1	PD: 800 psi	00:47:07	16.555
08/08/2018	001024	3	4	BL							R	RPM: 58	01:20:31	0
08/08/2018	001024	3	4	BL	850 Psi		57	58 12 1/4"		13.5	PR1	PD: 800 - 900 psi	00:58:40	13.807
08/08/2018	001024	3	4	BL							IB	RPM: 56 - 58	00:01:45	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							LG		00:01:06	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							TR		00:02:25	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							NV	PD: 800 - 900 psi	00:01:48	0
08/08/2018	001024	3	4	BL	850 Psi		57	55 12 1/4"		10	PR1	RPM: 56 - 58	00:44:20	13.534
08/08/2018	001024	3	4	BL							LLN	PD: 800 - 900 psi	00:08:17	0
08/08/2018	001024	3	4	BL	850 Psi		57	55 12 1/4"		3.5	PR1	RPM: 56 - 58	00:20:21	10.319
08/08/2018	001024	3	4	BL	850 Psi		57	55 12 1/4"		13.5	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:04:41	12.523
08/08/2018	001024	3	4	BL							IB	PD: 800 - 900 psi	00:01:09	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							LG	RPM: 56 - 58	00:01:16	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							TR		00:07:04	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							PM		00:21:20	0
08/08/2018	001024	3	4	BL							TP		00:29:41	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOWN	UNI DA	RPM	ID TALAD	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMP	VP in
20/08/2018	001024	1	4	PO							AP		00:12:43	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							TP		00:31:21	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							CH		00:12:31	0
20/08/2018	001024	1	4	PO	900 Psi		55	49 12 1/4"		3.5	PR1	Maquina se encontro u	00:30:24	6.9079
20/08/2018	001024	1	4	PO							IB		00:01:16	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							LG		00:01:09	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							TR		00:08:16	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							NV		00:02:21	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							LLN		00:11:57	0
20/08/2018	001024	1	4	PO	900 Psi		55	19 12 1/4"		13	PR1	PD: 900 psi	01:11:43	10.876
20/08/2018	001024	1	4	PO							IB	RPM: 50 - 60	00:01:20	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							LG		00:01:47	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							TR		00:05:08	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							NV		00:01:55	0
20/08/2018	001024	1	4	PO	900 Psi		55	20 12 1/4"		2	PR1		00:16:25	7.3096
20/08/2018	001024	1	4	PO							R		01:40:18	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							DO	No hay corriente electr	00:19:54	0
20/08/2018	001024	1	4	PO	900 Psi		55	20 12 1/4"		11	PR1	Fallas en la perforacion	01:41:10	6.5239
20/08/2018	001024	1	4	PO							IB	taladro incompleto	00:01:32	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							LG		00:01:03	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							TR		00:07:30	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							NV		00:02:09	0
20/08/2018	001024	1	4	PO	900 Psi		55	21 12 1/4"		1.5	PR1	taladro incompleto	00:10:57	8.2192
20/08/2018	001024	1	4	PO							CH		00:02:41	0
20/08/2018	001024	1	4	PO							TP		00:22:30	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALAD	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
27/08/2018	001024	3	4	PO							AP		00:12:11	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							TP		00:32:20	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							CH		00:07:06	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							LG		00:01:10	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							TR		00:03:49	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							NV	PD: 900 psi	00:01:37	0
27/08/2018	001024	3	4	PO	900 Psi		55	62 12 1/4"		9	PR1	RPM: 55	00:53:49	10.034
27/08/2018	001024	3	4	PO							LLN	PD: 900 psi	00:06:50	0
27/08/2018	001024	3	4	PO	900 Psi		55	62 12 1/4"		4.5	PR1	RPM: 55	00:22:42	11.894
27/08/2018	001024	3	4	PO	900 Psi		55	62 12 1/4"		13.5	PR1	TALADRO UNIFICADO	01:16:31	10.586
27/08/2018	001024	3	4	PO							IB	PD: 900 psi	00:01:45	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							LG	RPM: 55	00:01:11	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							TR		00:02:10	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							NV		00:01:38	0
27/08/2018	001024	3	4	PO	900 Psi		55	66 12 1/4"		13.5	PR1	PD: 900 psi	01:15:04	10.79
27/08/2018	001024	3	4	PO							IB	RPM: 55	00:03:25	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							R	otra pareja continuo pe	00:57:25	0
27/08/2018	001024	3	4	PO	900 Psi		55	61 12 1/4"		7	PR1	Taladro incompleto	00:37:25	11.225
27/08/2018	001024	3	4	PO							IB		00:01:29	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							LG		00:02:15	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							TR		00:02:24	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							NV		00:01:43	0
27/08/2018	001024	3	4	PO	900 Psi		55	69 12 1/4"		13.5	PR1	PD: 900 psi	01:06:17	12.22
27/08/2018	001024	3	4	PO							IB	RPM: 55	00:01:55	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							LG		00:01:50	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							TR		00:03:38	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							NV		00:01:51	0
27/08/2018	001024	3	4	PO	900 Psi		55	60 12 1/4"		7	PR1	Taladro incompleto	00:45:44	9.1837
27/08/2018	001024	3	4	PO							IB		00:00:37	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							CH		00:05:11	0
27/08/2018	001024	3	4	PO							TP		00:23:29	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALAD	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
27/09/2018	001024	2	3	D							AP		00:05:12	0
27/09/2018	001024	2	3	D							TP		00:20:45	0
27/09/2018	001024	2	3	D							CH		00:05:47	0
27/09/2018	001024	2	3	D	800 Psi		57	9 12 1/4"		1.5	PR1	Completo taladro de ar	00:12:09	7.4074
27/09/2018	001024	2	3	D							IB		00:00:50	0
27/09/2018	001024	2	3	D							DO	Medicion de taladro re	00:02:28	0
27/09/2018	001024	2	3	D							LG		00:01:01	0
27/09/2018	001024	2	3	D							LLN		00:09:31	0
27/09/2018	001024	2	3	D							TR	Se demoro por traslado	00:10:29	0
27/09/2018	001024	2	3	D							NV		00:01:22	0
27/09/2018	001024	2	3	D	800 Psi		57	13 12 1/4"		4.5	PR1		00:22:01	12.263
27/09/2018	001024	2	3	D							R	Realizo 4 mts en el rece	01:15:06	0
27/09/2018	001024	2	3	D	800 Psi		57	13 12 1/4"		5	PR1	Taladro incompleto	00:24:01	12.491
27/09/2018	001024	2	3	D							IB		00:01:08	0
27/09/2018	001024	2	3	D							DO	Medicion de taladro re	00:04:26	0
27/09/2018	001024	2	3	D							LG		00:01:14	0
27/09/2018	001024	2	3	D							TR		00:01:08	0
27/09/2018	001024	2	3	D							NV		00:01:54	0
27/09/2018	001024	2	3	D	900 Psi		55	14 12 1/4"		14	PR1	PD: 900 psi	01:05:09	12.893
27/09/2018	001024	2	3	D							IB	RPM: 55	00:01:09	0
27/09/2018	001024	2	3	D							DO	Medicion de taladro re	00:04:22	0
27/09/2018	001024	2	3	D							S	Terreno muy suelto poi	00:01:52	0
27/09/2018	001024	2	3	D							DO	Medicion de taladro re	00:02:54	0
27/09/2018	001024	2	3	D							LG		00:01:12	0
27/09/2018	001024	2	3	D							TR		00:05:21	0
27/09/2018	001024	2	3	D							NV		00:01:31	0
27/09/2018	001024	2	3	D	900 Psi		55	16 12 1/4"		8	PR1		00:52:49	9.088
27/09/2018	001024	2	3	D							LLN		00:11:48	0
27/09/2018	001024	2	3	D	900 Psi		55	16 12 1/4"		5.5	PR1		00:36:05	9.1455
27/09/2018	001024	2	3	D	900 Psi		55	16 12 1/4"		13.5	PR1	Mala perforacion	01:28:54	9.1114
27/09/2018	001024	2	3	D							IB		00:01:06	0
27/09/2018	001024	2	3	D							DO	Medicion de taladro re	00:02:30	0
27/09/2018	001024	2	3	D							LG		00:01:35	0
27/09/2018	001024	2	3	D							TR	Se demoro por traslado	00:05:53	0
27/09/2018	001024	2	3	D							NV		00:01:54	0
27/09/2018	001024	2	3	D	900 Psi		55	103 12 1/4"		9	PR1	Taladro incompleto	00:35:08	15.37
27/09/2018	001024	2	3	D							PE	falla electrica en la com	00:18:00	0
27/09/2018	001024	2	3	D							TP		00:29:10	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	DE BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
01/10/2018	001024	1	3	D							AP		00:12:42	0
01/10/2018	001024	1	3	D							TP		00:27:35	0
01/10/2018	001024	1	3	D							CH		00:13:23	0
01/10/2018	001024	1	3	D							NV		00:00:33	0
01/10/2018	001024	1	3	D	750 Psi	60	39			2.5	PR1	Se encontro en 12 mts (	00:14:25	10.405
01/10/2018	001024	1	3	D							IB	Taladro incompleto	00:01:19	0
01/10/2018	001024	1	3	D							LG		00:01:05	0
01/10/2018	001024	1	3	D							TR		00:05:30	0
01/10/2018	001024	1	3	D							NV		00:01:30	0
01/10/2018	001024	1	3	D	750 Psi	60	46			14.5	PR1	PD: 750 psi	00:50:15	17.313
01/10/2018	001024	1	3	D							IB	RPM: 60	00:01:37	0
01/10/2018	001024	1	3	D							LG		00:01:08	0
01/10/2018	001024	1	3	D							TR		00:02:38	0
01/10/2018	001024	1	3	D							NV		00:01:47	0
01/10/2018	001024	1	3	D	750 Psi	60	45			14.5	PR1	PD: 750 psi	00:49:51	17.452
01/10/2018	001024	1	3	D							IB	RPM: 60	00:01:34	0
01/10/2018	001024	1	3	D							DO	Medicion de taladro re:	00:01:05	0
01/10/2018	001024	1	3	D							LG		00:01:14	0
01/10/2018	001024	1	3	D							TR		00:02:15	0
01/10/2018	001024	1	3	D							NV		00:02:51	0
01/10/2018	001024	1	3	D							DO	Problemas con la comp	00:06:00	0
01/10/2018	001024	1	3	D	800 Psi	58	44			3.5	PR1		00:15:05	13.923
01/10/2018	001024	1	3	D							R	Se demoro por disparo	01:49:50	0
01/10/2018	001024	1	3	D	800 Psi	58	44			11	PR1		00:38:05	17.33
01/10/2018	001024	1	3	D	800 Psi	58	44			14.5	PR1	TALADRO UNIFICADO	00:53:10	16.364
01/10/2018	001024	1	3	D							IB	PD: 800 psi	00:01:08	0
01/10/2018	001024	1	3	D							DO	Medicion de taladro re:	00:01:31	0
01/10/2018	001024	1	3	D							LG	RPM: 58	00:00:36	0
01/10/2018	001024	1	3	D							TR		00:06:38	0
01/10/2018	001024	1	3	D							NV		00:01:27	0
01/10/2018	001024	1	3	D	500 Psi	60	53			14.5	PR1	PD: 500 psi	00:42:25	20.511
01/10/2018	001024	1	3	D							IB	RPM: 60	00:02:10	0
01/10/2018	001024	1	3	D							DO	Medicion de taladro re:	00:02:35	0
01/10/2018	001024	1	3	D							LG		00:01:03	0
01/10/2018	001024	1	3	D							TR		00:15:27	0
01/10/2018	001024	1	3	D							DO	Equipo parado cable qu	00:12:26	0
01/10/2018	001024	1	3	D							CH		00:04:59	0
01/10/2018	001024	1	3	D							TP		00:24:18	0

FECHA	EQUIPO	TUR	MIN	MATERIAL	PULL DOW	UNI D	RPM	ID TALA	Ø BRO	METR OS	ELEME	OBSERVACIONES	TIEMPO	VP in
05/11/2018	001024	2	3	D							AP		00:12:30	0
05/11/2018	001024	2	3	D							TP		00:22:42	0
05/11/2018	001024	2	3	D							PM	Problemas con fuga de	01:00:05	0
05/11/2018	001024	2	3	D							R		01:54:55	0
05/11/2018	001024	2	3	D	800 Psi		58 30A	12 1/4"		4	PR1	Se encontro perforand	00:25:01	9.5936
05/11/2018	001024	2	3	D							DO	Simulacro de sismo	00:14:59	0
05/11/2018	001024	2	3	D	800 Psi		58 30A	12 1/4"		4.5	PR1		00:25:35	10.554
05/11/2018	001024	2	3	D	800 Psi		58 30A	12 1/4"		8.5	PR1	Taladro incompleto	00:50:36	10.079
05/11/2018	001024	2	3	D							IB		00:01:10	0
05/11/2018	001024	2	3	D							LG		00:01:15	0
05/11/2018	001024	2	3	D							CG		00:12:30	0
05/11/2018	001024	2	3	D							TR		00:04:55	0
05/11/2018	001024	2	3	D							NV		00:04:35	0
05/11/2018	001024	2	3	D							DO	Corto circuito en el ma	00:12:01	0
05/11/2018	001024	2	3	D	800 Psi		58	30 12 1/4"		13.5	PR1	Rpm: 58	00:54:41	14.813
05/11/2018	001024	2	3	D							IB	PD: 800psi	00:01:16	0
05/11/2018	001024	2	3	D							LG		00:02:37	0
05/11/2018	001024	2	3	D							TR		00:04:41	0
05/11/2018	001024	2	3	D							NV		00:01:34	0
05/11/2018	001024	2	3	D	800 Psi		58 31A	12 1/4"		13.5	PR1	Rpm: 58	00:57:16	14.144
05/11/2018	001024	2	3	D							IB	PD: 800 psi	00:01:44	0
05/11/2018	001024	2	3	D							DO	Prueba de presion de a	00:05:00	0
05/11/2018	001024	2	3	D							LG		00:02:06	0
05/11/2018	001024	2	3	D							CH		00:06:54	0
05/11/2018	001024	2	3	D							TP		00:29:58	0