

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Implementación del Jumbo Muki FF para optimizar los parámetros
de avance de la Rampa 900 de la Unidad Minera Yaruchagua**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Marcio Romario EUNOFRE VEGA

Asesor:

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Implementación del Jumbo Muki FF para optimizar los parámetros
de avance de la Rampa 900 de la Unidad Minera Yaruchagua**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Vicente Cesar DAVILA CORDOVA
PRESIDENTE

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO

DEDICATORIA

Ante todo, a Dios que nos protege y nos direcciona en el camino; a mis queridos Padres Luis Eunofre, Teófila Vega y hermanos, por su apoyo incondicional en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por su aliento de motivación para cumplir mis metas. A los Ingenieros de mi distinguida Facultad de Ingeniería de Minas; por sus enseñanzas y experiencias compartidas dentro de mis 5 años de mi formación Académica.

A los Ingenieros de la Empresa minera Glore Peru de la U.M “Yaruchagua”, por enseñarme sus experiencias y apoyarme dentro del ámbito laboral basado sus enseñanzas culminar mi dicho proyecto de tesis.

RESUMEN

La investigación es de mejora Continua “**Implementación del Jumbo Muki FF para Optimizar los Parámetros de Avance de la Rampa 900 de la Unidad Minera Yaruchagua**”.

Se ha desarrollado con el objetivo de mejorar con la optimización en el proceso de avance de la rampa 900. El proceso se consolida gracias al apoyo del Área de Planeamiento y Productividad de la Unidad Minera “Yaruchagua”.

En el proceso de avance de la rampa 900 se utiliza en la perforación la maquina Jack leg 250X, en la perforación y voladura realizada con este maquina han sido tomadas como datos de la línea base para efectuar la comparación de los resultados. El proyecto de investigación propone la implementación del jumbo Muki FF con el objetivo de optimizar los parámetros de avance, como el avance lineal, factor de carga y el grado de fragmentación por cada disparo.

Implementando el jumbo Muki FF en la perforación de la rampa 900, se vio reflejado en el resultado del avance lineal, factor de carga y el grado de fragmentación que como línea base en promedio se tenía un avance lineal de 1.49 m. y con la implementación del jumbo se optimiza el avance lineal a 2.58 m. Asimismo, en cuanto al factor de carga se tiene un valor de 3.46 kg. / m³. y con la implementación del jumbo Muki FF se optimizo a un promedio de 3.24 kg. / m³. En cuanto al grado de fragmentación como línea base se tenía un promedio de 0.45 y con el cambio de la maquina perforadora se optimiza a un promedio de 0.20. Resultando muy significativo la implementación del jumbo Muki FF.

Palabras Clave: Perforación y voladura, optimización, parámetros de avance.

ABSTRACT

The research is of Continuous improvement "Implementation of the Jumbo Muki FF to Optimize the Advance Parameters of Ramp 900 of the Yaruchagua Mining Unit".

It has been developed with the objective of improving with the optimization in the advance process of ramp 900. The process is consolidated thanks to the support of the Planning and Productivity Area of the "Yaruchagua" Mining Unit.

In the process of advancing ramp 900, the Jack leg 250X machine is used in the drilling, in the drilling and blasting carried out with this machine they have been taken as baseline data to compare the results. The research project proposes the implementation of the Muki FF jumbo with the aim of optimizing advance parameters, such as linear advance, load factor and the degree of fragmentation for each shot.

Implementing the Muki FF jumbo in the drilling of ramp 900, it was reflected in the result of the linear advance, load factor and the degree of fragmentation that as a baseline, on average, there was a linear advance of 1.49 m. and with the implementation of the jumbo, the linear advance is optimized at 2.58 m. Likewise, regarding the load factor, there is a value of 3.46 kg. / m³. and with the implementation of the jumbo Muki FF it was optimized to an average of 3.24 kg. / m³. Regarding the degree of fragmentation as a baseline, there was an average of 0.45 and with the change of the drilling machine it is optimized to an average of 0.20. The implementation of the Muki FF jumbo is very significant.

Keywords: Drilling and blasting, optimization, feed parameters

INTRODUCCIÓN

La finalidad del trabajo de investigación: “**Implementación del Jumbo Muki FF para Optimizar los Parámetros de Avance de la Rampa 900 de la Unidad Minera Yaruchagua**”, es optimizar el avance lineal, disminuir el factor de carga, mejorar el grado de fragmentación en el avance de la rampa 900 de la minera mencionada; y demostrar que con el cambio de la máquina de perforación el jumbo Muki FF se logra los objetivos.

En el primer capítulo se presenta una descripción del planteamiento del problema, delimitación de la investigación, objetivos de la investigación, justificación y limitaciones de investigación.

En el segundo capítulo se concretiza el marco teórico describiendo las características de un equipo de perforación, este capítulo es significativamente importante para procesar el desarrollo del trabajo de investigación.

En el tercer capítulo se describe la metodología de investigación.

En el cuarto capítulo se describe las pruebas de campo aplicando la perforación con el equipo de perforación Manual y el Jumbo Muki FF, detallando los parámetros y condiciones de la perforación; posterior a eso se realiza el análisis y discusión de resultados, comparando los rendimientos e indicadores obtenidos en las pruebas de campo.

El autor

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
INDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema	13
1.3.1. Problema general	13
1.3.2. Problemas específicos.....	13
1.4. Formulación de Objetivos	13
1.4.1. Objetivo general	13
1.4.2. Objetivos específicos	13
1.5. Justificación de la Investigación	13
1.6. Limitaciones de la investigación.....	14

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	15
2.2. Bases teóricas - científicas	18
2.2.1 Clasificación de los métodos de perforación.....	19
2.2.2 Jumbo.....	23
2.2.3 Jumbo MUKI FF	28
2.2.4 Perforadora neumática Jack Leg RN-250X.....	31
2.2.5 Diseño de Malla de Perforación y voladura	31
2.2.6 Los explosivos	36
2.2.7 Clasificación de Geomecánica.....	39
2.3. Definición de términos básicos	40
2.4. Formulación de Hipótesis	42
2.4.1. Hipótesis general	42

2.4.2. Hipótesis específicas.....	42
2.5. Identificación de variables	42
2.5.1. Variable Independiente.....	42
2.5.2. Variables Dependientes	43
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	43

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.....	44
3.2. Nivel de investigación.....	44
3.3. Métodos de Investigación	44
3.4. Diseño de Investigación	45
3.5. Población y muestra	45
3.5.1. Población	45
3.5.2. Muestra.....	45
3.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	45
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	47
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	47
3.9. Tratamiento Estadístico de Datos	47
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	48

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	49
4.1.1. Datos de perforación y voladura con la jack leg 250X.....	49
4.1.2. Resultados de la perforación y voladura con Jack Leg 250X.....	52
4.1.3. Datos de la perforación y voladura con el Jumbo Muki FF	57
4.1.4. Resultados de la perforación y voladura con el jumbo Muki FF.....	58
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	63
4.2.1. Presentación de datos de la Jack Leg 250X.....	63
4.2.2. Presentación de datos del jumbo MUKI FF	65
4.2.3. Análisis de los resultados de la Jack leg 250X y el jumbo Muki FF.....	68
4.2.4. Interpretación de los resultados de ambas maquinas.....	68
4.3. Prueba de Hipótesis.....	71
4.3.1. Hipótesis general	71
4.3.2. Hipótesis específicas.....	72

4.4. Discusión de resultados.....	75
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Accesibilidad al Yacimiento Yaruchagua.....	3
Tabla 2: Leyes metales I.....	10
Tabla 3: Leyes Metales II.....	10
Tabla 4: Características del jumbo.....	25
Tabla 5: Ficha técnica del Jumbo Muki FF.....	29
Tabla 6: Ficha técnica del Jumbo Muki FF.....	29
Tabla 7: Ficha técnica del Jumbo Muki FF.....	30
Tabla 8: Especificaciones técnicas de la Jack leg RN-250X.....	31
Tabla 9: Densidades de diferentes tipos de explosivo.....	37
Tabla 10: Tamaño de partículas de los explosivos.....	39
Tabla 11: Clasificación tipo roca según RMR.....	40
Tabla 12: Operacionalización de variables.....	43
Tabla 13: Control de disparo de la Rampa con Jack Leg x.....	51
Tabla 14: Información de la perforación y voladura – Jack leg 250X.....	52
Tabla 15: Distribución de carguío de explosivo Jack Leg 250X.....	56
Tabla 16: Control de disparo de la Rampa con Jumbo Muki FF.....	57
Tabla 17: Información de la perforación y voladura – Jumbo Muki FF.....	58
Tabla 18: Distribución de carguío de explosivo Jumbo Muqui FF.....	62
Tabla 19: Perforación y voladura jackleg 250X.....	63
Tabla 20: Perforación y voladura jumbo MUKI FF.....	65
Tabla 21: Comparación de Resultados por tipo de maquina.....	76

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Unidad Minera Yaruchagua de la empresa Glore Peru es una empresa minera que realiza una producción de 280 Tn por día, cuenta con 3 niveles principales (Chosica, Katherine y Adela). El departamento de planeamiento, Costos y productividad en la cual realizan un plan anual y mensual para ejecutar la producción y avances de labores de desarrollo, preparación, exploración que se realiza la perforación con Jack Leg se decidió Automatizar con Jumbo Muqui FF para mejorar los rendimientos de los Avances de disparo.

En el 2022-2023. se realizó un planeamiento corto plazo de ejecutar una labor de desarrollo la Rampa 900 con un 825.7 metros con programado de Avance, con el fin de profundizar del nivel inferior Adela al Nivel Santa Ana. A los 354.2 metros se comunicó al Subnivel Milagros en lo que los últimos 154.3 metros se realizó con el Jumbo Muqui ff.

Actualmente se quiere aumentar la producción 450 ton por día por lo que es necesario realizar un planeamiento a largo plazo por poder tener una producción sostenible.

La unidad Minera ejecuta rampas, galerías, subniveles con equipos Jack leg y se implementó el Jumbo Muki FF. para un aspectos importantes uno de ellos es la optimización de cada una de los parámetros de estas labores en cuanto a eficiencias efectivas de avance lineal por disparo, mejorar el factor de Carga y el grado de fragmentación por cada disparo logrando una mayor eficiencia de disparo y la mejora productividad con mayor capacidad y el conocimiento y/o cumplimiento de las técnicas de los procesos de la perforación y voladura.

La empresa tiene planteado en cada una de sus operaciones de explotación del yacimiento de minerales primeramente mejorar la productividad, también debe considerar que, en la actualidad se tiene una variación de los precios de los metales, asimismo teniendo en cuenta del libre mercado que cada vez es más competitivo. Vemos que el cliente busca calidad a un menor costo. Así la empresa en el desarrollo y preparación de sus labores establece su meta de cumplir con estos parámetros y estándares de su avance.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Unidad minera Yaruchagua

a) Ubicación y accesibilidad

El Yacimiento Yaruchagua se ubica en el paraje Yaruchagua, de la comunidad campesina de Pampania, distrito Santa Ana de Tusi, provincia Daniel Alcides Carrión, departamento de Pasco, entre las cotas de 3550 a 4180 m.s.n.m. El Yacimiento Yaruchagua geográficamente se ubica en el cuadrángulo de Ambo

21 K, del IGN, hoja a escala 1/100,000. Las coordenadas UTM del proyecto están limitadas en el sistema WGS 84,

Zona 18S. El acceso desde la ciudad de Lima es como se describe en la tabla 1.

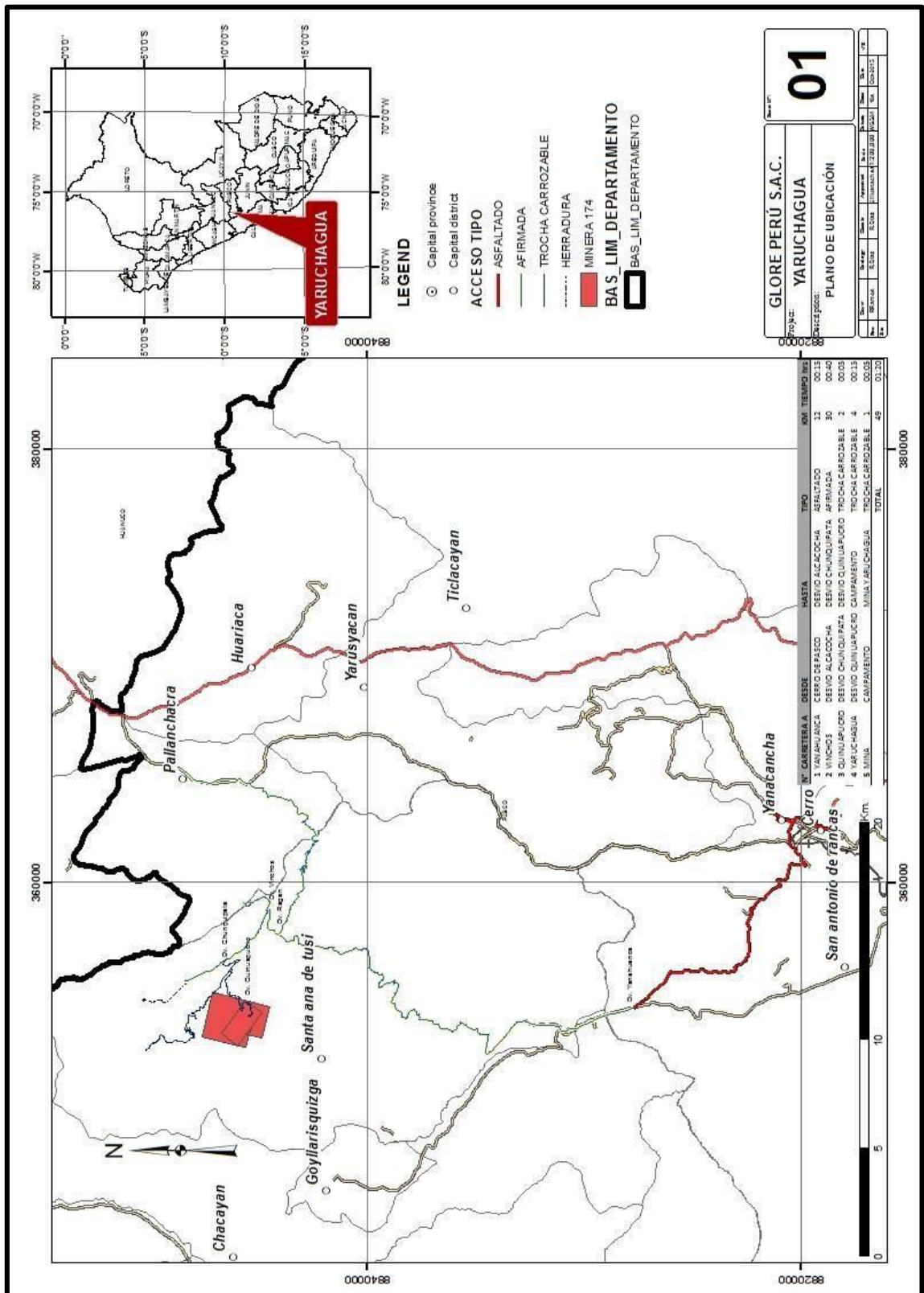
Tabla 1: Accesibilidad al Yacimiento Yaruchagua.

TRAMO	DISTANCIA	TIPO DE VIA
Lima-La Oroya-C de Pasco.	315 Km.	Asfaltado.
C de Pasco-Vinchos	52 Km.	Afirmado.
Total:	367 Km.	

Fuente: Planeamiento U.M. Yaruchagua

Figura 1:

Plano de ubicación de la U. M. Yaruchagua



Fuente: Planeamiento U.M. Yaruchagua

b) Historia del yacimiento

La mina ha sido trabajada antes de los años 80, luego en el año 1993. Del año 1993 al año 1996, la mina fue trabajada por la familia Berrospi, durante el cual se construyó una carretera desde el desvío a la mina Vinchos, hasta el Yacimiento Yaruchagua, con una longitud de 13 Km.

Los bajos precios de los minerales y problemas de inversión obligaron a paralizar las operaciones mineras hasta el año 2013; con nuevos accionistas, se reinicia la explotación y exploraciones del Yacimiento Yaruchagua.

Los trabajos realizados anteriormente al año 1980, significó la explotación de la veta Yaruchagua en sus niveles superiores, con labores subterráneas desde otro acceso (no por el nivel Chosica), actualmente estas labores subterráneas están abandonadas con material de relleno; algunas de estas labores subterráneas han sido comunicadas en tramos de explotación actual de mineral; como en el Tajo 895 SE (Tajo 3).

c) Geología general

En los alrededores del distrito minero Yaruchagua aflora la secuencia sedimentaria y metamórfica del Grupo Excelsior del devónico superior, constituido por areniscas, lutitas, limolitas, pizarras, esquistos; supra yaciendo en discordancia angular en posición su horizontal se emplaza el Grupo Mito del carbonífero tardío, constituido por areniscas conglomeraditas y conglomerados. Supra yaciendo al Grupo Mito yace en posición también su horizontal, las calizas grises del Grupo Pucará, del Triásico superior a Jurásico inferior.

d) Geología local

La estructura principal es la veta Yaruchagua. Es una estructura rellena de falla de cizalla, incluye componentes de movimientos laterales (falsas cajas).

Las texturas minerales en las vetas sugieren que la mineralización se depositó en aberturas preexistentes; movimientos subsecuentes trituraron y distorsionaron la estructura original. Otras vetas importantes son las vetas Katherine y Vero, ubicados al SE y NW de la veta Yaruchagua respectivamente, en conjunto las 3 estructuras en superficie llegan a una longitud de 2.5 Km., con azimut N315°; 50°-75°NE (veta Yaruchagua); N70°-70°SE (veta Katherine) y N285°-62°NE (veta Vero).

e) Geología económica

1. Tipo de yacimiento

El yacimiento Yaruchagua es un depósito mineral polimetálico de Ag-Pb-Zn-Cu-Au, Sb, del tipo mesotermal, emplazado en rocas sedimentarias y metamórficas, principalmente del Grupo Excelsior de fines del devónico.

El yacimiento Yaruchagua se encuentra dentro de la Franja de Yacimientos Polimetálicos en ambiente sedimentario, metamórfico (La franja incluye a los yacimientos: Milpo, Atacocha, Jogochuccho, Cabeza de Toro, Vinchos, Marcococha entre los más conocidos) con lineamiento NW-SE (Sistema Andino).

2. Alteraciones hidrotermales

Las alteraciones hidrotermales de cajas en las vetas son: silicificación y argilización.

La alteración argílica, se manifiesta tanto en la estructura como en la roca caja y ocurren en las paredes de las vetas con una influencia de 0.5 a 1m.

La argilización incluye a las pizarras y arenisca del Grupo Excelsior.

3. Mineralización hipógena

El cuarzo es relleno predominante de las vetas en todo el distrito; otras gangas minerales son: pirita, calcita. La mineralización está constituida por cuarzo hialino, sulfosales de plata (pirargirita, proustita), sulfuros masivos de galena, esfalerita, calcopirita, estibina, arsenopirita.

4. Zona Katherine

En la Zona Katherine, aflora la Veta Katherine, al SE de la Veta Yaruchagua; es también una estructura rellena de falla, con un rumbo promedio N70°-70°SE, el ancho varía de 0.30m a 1.0m.

La Veta Katherine se emplaza en la secuencia sedimentaria y metamórfica del Grupo Excelsior, constituida por alternancia de areniscas, lutitas, limolitas, pizarras, esquistos. Esta veta ha sido desarrollada y parcialmente explotada en dos niveles: Nivel 4017(Nv. Katherine superior) y nivel 3980 (Nv Katherine inferior).

Se ha programado continuar la galería del nivel 3980 (Nv Katherine inferior), para interceptar a la Veta Yaruchagua aproximadamente en 60m de longitud horizontal.

5. Zona Vero

La zona está representada por la veta Vero es una estructura de relleno de falla, con rumbo N105°-62°NE, con una potencia que varía de 0.25m a 1.0m. La mineralización en la Veta Vero, se observa mayor cantidad de arsenopirita, con valores muy altos que sobrepasa el 20%. Los minerales que se observa son: galena, esfalerita, calcopirita, bornita, arsenopirita, pirita, cuarzo hialino, cuarzo lechoso, pirita.

6. Zona Wilacollo

La Brecha Wilacollo comprende brechas hidrotermales, constituido por fragmentos subangulosos, argilizados, silicificado, venillas de cuarzo, óxidos de Fe, diseminado y en venillas, limonita, hematita.

f) Geoquímica

GLORE PERU S.A.C., obtuvo 19 muestras geoquímicas en superficie y 24 muestras geoquímicas en interior mina; sin considerar las muestras obtenidas en tajos para el control de calidad del mineral en producción.

Existe otras estructuras, también son rellenos de fallas, las cuales fueron mineralizadas por eventos de fluidos hidrotermales mineralizadores posteriores

al evento principal de mineralización, como se puede apreciar en las labores subterráneas antiguas, como en el nivel 4041 (muestras 365-366-368-369), cuyo resultado es el siguiente:

Tabla 2: Leyes metales I

M365:	Au: < 5 ppb	Ag: 6.85 oz/t	Pb: 1.00 %	Zn: 0.92 %	Cu: 0.011 %
M366:	Au: < 5 ppb	Ag: 16.53 oz/t	Pb: 1.00%	Zn: 1.00 %	Cu: 0.057 %
M368:	Au: < 5 ppb	Ag: 8.13 oz/t	Pb: 1.00%	Zn: 0.40 %	Cu: 0.026 %
M369:	Au: < 5 ppb	Ag: 2.31 oz/t	Pb: 0.053%	Zn: 0.03 %	Cu: 0.074 %

Fuente: Área de Laboratorio químico de la unidad minera Yaruchagua

Estas estructuras pueden mejorar en profundidad, debajo del nivel 4016 (Nv Chosica), lo cual significaría un incremento en el potencial del mineral.

Las muestras 372 y 373 se obtuvieron en una estructura panizada, con disseminaciones de galena argentífera, oxidada, con una potencia de 0.23 y 0.20m., respectivamente, en arenisca fina como roca caja. En una labor de aproximadamente de 18.0m de longitud.

Las muestras 374 y 375, se obtuvo en una estructura de cuarzo hialino, con disseminaciones de galena, pirita y panizo (gouge); en una labor de 13m.de longitud.

El resultado del análisis de estas muestras es el siguiente:

Tabla 3: Leyes Metales II

M372:	Au:0.43 gr/t	Ag:6.43 oz/t	Pb: 1.0 %	Zn: 0.03 %	Cu: 0.05 %
M373:	Au:0.48 gr/t	Ag:6.43 oz/t	Pb: 0.50 %	Zn: 0.01	Cu: 0.04 %
M374:	Au:0.05 gr/t	Ag:6.43 oz/t	Pb: 1.00 %	Zn: 1.00 %	Cu: 0.02 %
M375:	Au:0.05 gr/t :	Ag:6.43 oz/t	Pb: 1.00 %	Zn: 1.00 %	Cu: 0.01 %.

Fuente: Área de Laboratorio químico de la unidad minera Yaruchagua

g) Geología Regional

El Yacimiento Yaruchagua se encuentra emplazado en la franja metalogénica Milpo- Atacocha-Yaruchagua-Marcococha, con fallamientos regionales NW-SE, en el cual se emplazan Yacimientos polimetálicos como Milpo, Atacocha, Jogochucho, Cabeza de Toro, Pallanchacra, Vinchos, Marcococha, y otros. Dentro de este corredor estructural se encuentra la Falla de Sobreescurreamiento Chaulán-Rondoni, abarcando un ancho de 14 Km, teniendo como límite Oeste la falla Cerro de Pasco. En este corredor estructural se observa plegamientos, representados por anticlinales y sinclinales, cuyos ejes tienen orientación NW-SE, producto de la fase Eohercínica ocurrido a fines del Devónico tardío y Carbonífero temprano, que dio lugar a un metamorfismo regional, así como un plutonismo sintectónico, afectando las secuencias sedimentarias del Paleozoico inferior como el Grupo Excelsior, constituido por una secuencia de areniscas, lutitas, limolitas, pizarras, esquistos. Una posterior etapa de tectonismo, Fase Tardihercínica, comprendió episodios compresivos, seguidos por una fase de extensión con fallamientos en bloques, durante inicios del Pérmico al Pérmico tardío; con reactivaciones del fallamiento, como en el Yacimiento Yaruchagua, con probables fases de fluidos hidrotermales mineralizantes, como se puede observar en las diferentes fallas (estructuras mineralizadas, en las diferentes labores subterráneas antiguas).

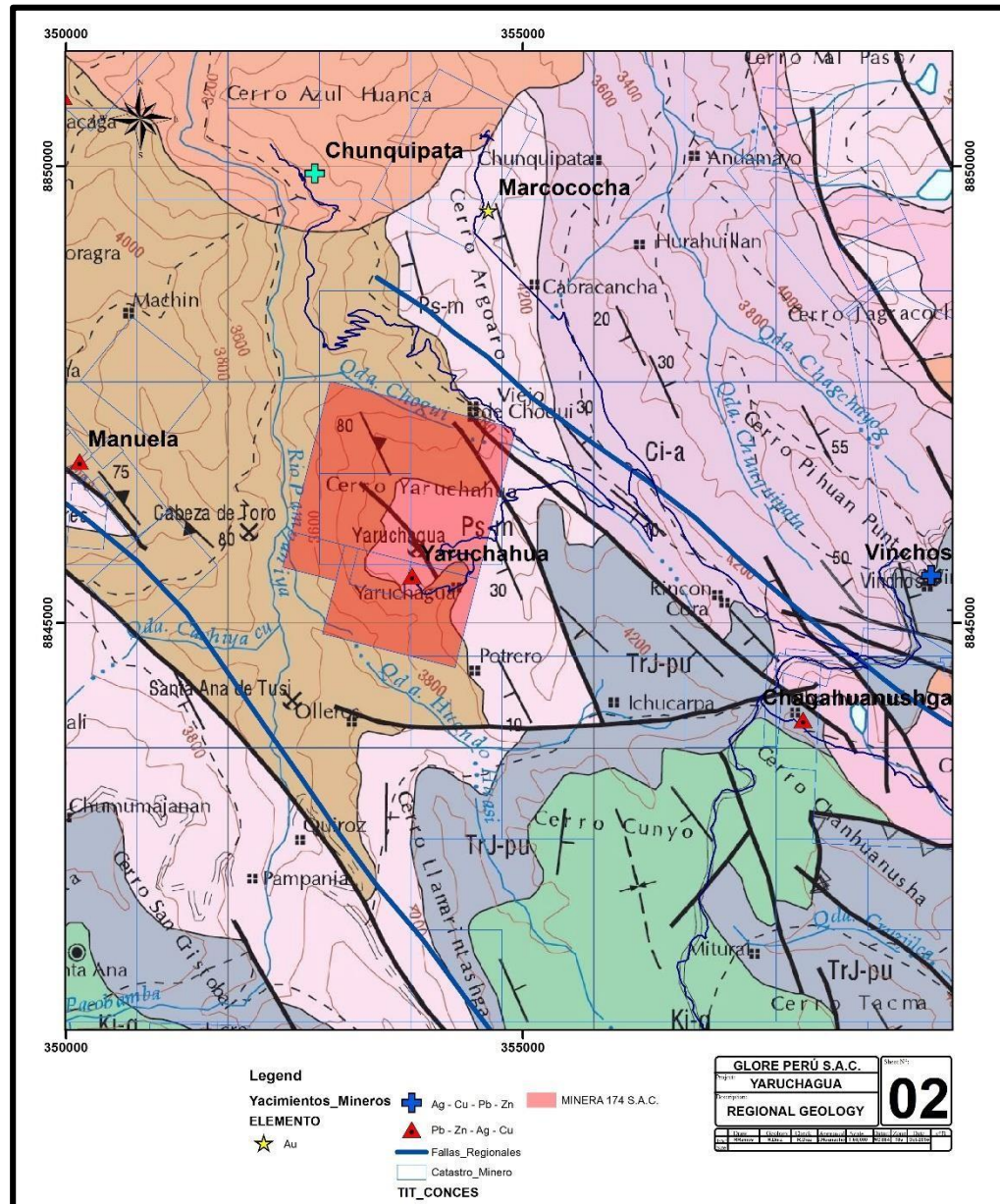
En el Yacimiento Yaruchagua se puede apreciar 4 diferentes sistemas de fallamiento relacionados a la mineralización:

- Sistema NW-SE (Vetas Yaruchagua, Vero).
- Sistema NE-SW (Veta Katherine).
- Sistema E-W (Veta Katherine, en un tramo).

- Sistema N-S (Estructura, en el Nv 4041, en Labor abandonada, donde se obtuvo la muestra geoquímica M369). Es posterior a la Veta Yaruchagua, la falla de este sistema desplaza a la veta.

Figura 3:

Plano de geología regional de la unidad minera Yaruchagua



Fuente: Área de geología de la unidad minera Yaruchagua

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible optimizar los parámetros de avance en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua con la implementación del jumbo Muki FF?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿La implementación del jumbo Muki FF permite optimizar el avance lineal en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua?
- b) ¿La implementación del jumbo Muki FF permite optimizar el factor de carga en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Optimizar los parámetros de avance de la rampa 900 con la implementación del jumbo Muki FF en la unidad minera Yaruchagua.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Optimizar el avance lineal de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua con la implementación del jumbo Muki FF.
- b) Optimizar el factor de carga en el avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua con la implementación del jumbo Muki FF.

1.5. Justificación de la Investigación

La ejecución del presente proyecto de investigación se justifica debido a que permitirá mejorar al desarrollo operativo del proceso de perforación y voladura en el avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua, principalmente en la optimización del avance lineal y el factor de carga y el grado de fragmentación y una mejor gestión de tiempos del proceso, incrementando la productividad,

indudablemente va incidir en la reducción de costos. Asimismo, va a contribuir al desarrollo de conocimientos actuales y su aplicación en otras unidades mineras.

La presente investigación también tiene como fin de evaluar técnicamente los resultados de la perforación y voladura actual como línea base y después de implementar el jumbo Muki FF en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua, con el objetivo de contar con una nueva opción que le permita mejorar el proceso de perforación y voladura. Así mismo que sirva como base y modelo para la investigación de otras empresas mineras en cuanto al avance de frentes.

1.6. Limitaciones de la investigación

En el desarrollo de la investigación no se tuvo limitaciones en cuanto se refiere a la obtención de datos de los parámetros de avance lineal, factor de carga y el grado de fragmentación, ya que se nos brindó todas las facilidades por parte del departamento de planeamiento de desarrollo y preparación de la unidad minera Yaruchagua.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

a) Antecedentes nacionales

Suarez, S. (2020). De la Pontificia Universidad Católica del Perú, presenta su tesis de investigación “Implementación de la gestión de los equipos mineros en pequeña y mediana minería para la mejora de su productividad” permite el conocimiento del estado de rendimiento de los equipos. Siendo estas acciones labores productivas, minimiza las demoras o detenciones por mantenimiento. Siendo este sistema realizado mediante registros diarios y de manera escrita para los principales equipos mineros relacionados directamente a los avances de labores frontales. Se debe tener una información clara, concisa y fundamentada para obtener rangos de productividad que permitirán apuntar a trabajar con eficacia, eficiencia y efectividad. Al brindar abundante información de las operaciones mineras, el registro de la data en conjunto al cálculo de indicadores (KPIs) y rangos de productividad nos permitirá establecer planes de acción para realizar

acciones proactivas que reduzcan los tiempos improductivos y llegar a tener budgets de dichos valores. Con metas coherentes y correctamente sustentadas se podrá establecer un plan de mejora continua que permitirá un crecimiento continuo a mediano y largo plazo.

Villogas, J. (2020). De la Pontificia Universidad Católica del Perú, en la investigación “Propuesta de reducción de costos unitarios de perforación y voladura mediante la implementación de una Mini Jumbo Muki FF en una mina subterránea” La presente tesis se basa en una propuesta de reducción de costos unitarios de perforación y voladura mediante la implementación de un equipo de perforación Mini-jumbo Muki FF en labores de frentes subterráneas de la mina San Andrés, en la cual evalúa rendimientos de perforación de una máquina perforadora manual (Jackleg) y de un equipo mecanizado (Mini-jumbo Muki) con el fin de realizar un análisis comparativo de estos dos equipos. Se evaluarán los precios unitarios actuales y demás rendimientos que influyen en los costos de perforación y voladura. La perforación de una labor lineal se viene realizando con una máquina perforadora Jackleg, la cual presenta deficiencias no sólo en su bajo rendimiento horario sino también en sus altos costos unitarios de perforación y voladura, por lo que este estudio busca una propuesta de implementación de un equipo mecanizado para reducir dichos costos. El estudio de tiempos nos proporcionara rendimientos, velocidades de perforación, tiempos de perforación por taladro y longitudes efectivas de perforación y voladura. Con estos datos calcula costos de avances por metro lineal, con la finalidad de realizar una comparación entre estos dos equipos y analiza si es rentable económicamente. Además, realiza un análisis de

voladura, en el cual se hará una propuesta de malla de perforación con el fin de reducir el costo de consumo de explosivos. Finalmente, en las conclusiones y recomendaciones de los análisis demuestra su hipótesis.

Rupay, B. (2019). Universidad Nacional del Centro del Perú, en su tesis “Uso del brazo retráctil en equipos de perforación para incremento de producción en la Compañía Minera Atacocha. SAC”, en su investigación tiene como objetivo optimizar la productividad en los avances de los proceso de minado con el empleo del brazo retráctil en los equipos de perforación con barras contiguas de 14 y 16 pies en los jumbos axera, obteniendo como resultado incrementar los avances de 3.65 metros a 4.20 metros obteniendo una eficiencia del 15% más al actual; con esta perforación incorporada de estas barras tendremos se tiene mayor longitud de avance por consiguiente mayor productividad, minimizando el tiempo .

b) Antecedentes internacionales.

Zaruma, K. (2021). Universidad de Cuenca ecuador en la tesis “Optimización del proceso de perforación y voladura en una mina dedicada a la extracción metálica a pequeña escala en la comunidad la Fortuna”. El presente proyecto pretende optimizar el avance de los frentes, excavados a través de perforación y voladura con máquinas de perforación manuales de una empresa minera pequeña, operada con métodos poco técnicos. Con el fin de obtener un avance superior al 95% se caracterizó el aspecto operacional de las excavaciones con máquina de perforación de mayor dimensión, el tipo de macizo rocoso y los explosivos usados, se diseñó y aplicó una malla de perforación con el método de Holmberg y el modelo Kuz-Ram para el control del tamaño de fragmentación en un frente de trabajo.

Los resultados muestran mayor eficiencia, el estudio concluye rescatando la importancia de contar con un equipo de perforación más robusta, la aplicación de una buena malla de perforación y un buen explosivo para un avance eficiente, así como el análisis del conocimiento empírico del minero tradicional para un resultado óptimo.

Diaz, J. (2012). Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, en la investigación de “Análisis Y Diseño De La Operación De Perforación Y Voladuras En Minería De Superficie Empleando El Enfoque De La Programación Estructurada”. Concluye que con el análisis y el diseño del equipo en la operación de perforación y en minería de superficie empleando un enfoque de la programación estructurada y el objetivo de este trabajo es crear una interfaz, por medio de la cual se ingresan el diámetro e inclinación de la perforación, resistencia a la compresión de la roca y dimensiones del banco. Luego se obtiene el valor de las variables más importantes que acondicionan el diseño del equipo de perforación, definido por: altura del banco, burden, espaciamiento, taco, numero de barrenos, numero de taladros, entre otras.

Esta aproximación permite seleccionar un equipo de perforación cuya operación de perforación sea en menor tiempo y disminuir el error humano que se tiene por el uso repetitivo de de los parámetros involucrados en la operación de la perforación en minería de superficie.

2.2. Bases teóricas - científicas

a. Fundamentos generales de la perforación

La perforación en minería subterránea es una de las operaciones más importantes en los procesos de la minería a partir de su rendimiento y su influencia en su

costo de las posteriores operaciones mineras y esto influye en los resultados de la producción minera. Un buen diseño en la perforación permite operaciones de voladura controladas y eficientes.

Se tiene diversos métodos de perforación de rocas, se diferencian principalmente por el tipo de energía que utilizan. Por ser muy importante esta operación, es indispensable contar con profesionales especializados en perforación minera que tengan un perfil de bastante criterio y capacidades para su ejecución, así también considerando la no ocurrencia de accidentes y asegurando la productividad en la actividad minera.

b. Métodos de perforación en minería subterránea

Como ya se conoce que existen distintos métodos de perforación de rocas o minerales. También sabemos actualmente tanto en minería ya sea superficial o subterránea y obras civiles, se emplea la perforación utilizando la energía mecánica. Pero desde ya es importante conocer todos los tipos de perforación existentes.

2.2.1 Clasificación de los métodos de perforación

a. Perforación manual

En este método de perforación se emplean equipos bastante ligeros operados por perforistas. Este método se aplica en labores de pequeña sección, donde esencialmente, a causa de las dimensiones del terreno no es posible usar máquinas más grandes o simplemente su aplicación no es rentable económicamente.

Se utiliza un barreno para facilitar la extracción, el barreno es controlado por una persona, mientras que la otra persona golpea con una comba, seguidamente se gira a un cierto ángulo para seguir con la perforación.

b. Perforación neumática

En la minería pequeña se usa principalmente este sistema de perforación de rotopercusión la cual utiliza la energía neumática, operando una perforadora manual, las barras o varillas, la broca, y el barrido que efectúa la limpieza y evacuación del detrito producido mediante el agua.

Figura 4:

Perforación con Jackleg



Fuente: Elaboración propia

c. Método rotativo

Este método rotativo se subdivide en dos grupos, según la primera es de penetración en la roca se realiza por trituración (triconos) y el segundo por corte (brocas especiales).

d. Método roto percutivo

El método roto percutivo es generalmente muy utilizado en la minería subterránea y en operaciones a cielo abierto o minería de exploración a superficie. En este método se usa la combinación de la acción de percusión, rotación, empuje y barrido.

Las ventajas principales de este método de perforación, en relación con el método rotativo, son:

- Se utiliza en todo tipo de roca ya sean blandas o duras. Se utiliza una amplia gama de diámetros de perforación.
- Todos los equipos tienen una gran movilidad y pueden ser operados por una sola persona.

Figura 5: Perforación con Jumbo



Fuente: Elaboración propia

a. Perforación eléctrica

Este método de perforación utiliza la energía eléctrica usando un generador impulsado por grandes motores a diésel o generadores eléctricos. Se emplea una máquina perforadora con un barreno helicoidal, que ejecuta taladros de hasta 90 cm. de longitud.

b. Perforación hidráulica

Este método considera la tecnología en la perforación hidráulica que utiliza el agua o la energía hidráulica para la transmisión, el control de fuerzas y los movimientos en la perforación, así como también alimenta la percusión del martillo.

Una de sus ventajas es su precisión, velocidad de perforación, así como una eficiencia energética en comparación con las perforadoras que utilizan energía neumática o eléctricas.

Figura 6:

Perforación con Jumbo hidráulico



Fuente: Elaboración propia

c. Tipos de perforación según el trabajo

1. Perforación de banqueo

La perforación por banqueo son aquellas perforaciones verticales o inclinadas utilizadas preferentemente en proyectos y métodos a cielo abierto y también en minería subterránea, que son los taladros largos, como por ejemplo en el hundimiento por subniveles.

2. Perforación de avance de galerías y rampas

Se refiere a perforaciones preferentemente horizontales o con pequeña pendiente positiva o negativa, llevadas a cabo en forma manual o mecanizada. Los equipos y métodos son variables según el método de explotación; generalmente, para minería en gran escala subterránea se usan los equipos de perforación llamados “jumbos Muqui ff”, que

cuentan desde uno a tres o más brazos de perforación y permiten realizar las labores de manera rápida y automatizada.

3. Perforación de producción

A todo proceso que representa el conjunto de trabajos para la extracción del mineral que se ejecuta en las explotaciones mineras. Una perforación de producción corresponde a la que se ejecuta en los tajos para cumplir los programas de producción que están previamente establecidos.

4. Perforación de chimenea

Se trata de apertura de las labores verticales en forma ascendente o descendente, que son muy utilizadas en minería subterránea y en obras civiles. En estos procesos se emplean métodos de perforación especiales, entre los cuales destacan diferentes equipos como el RaiseBoring y la jaula trepadora Alimak.

2.2.2 Jumbo

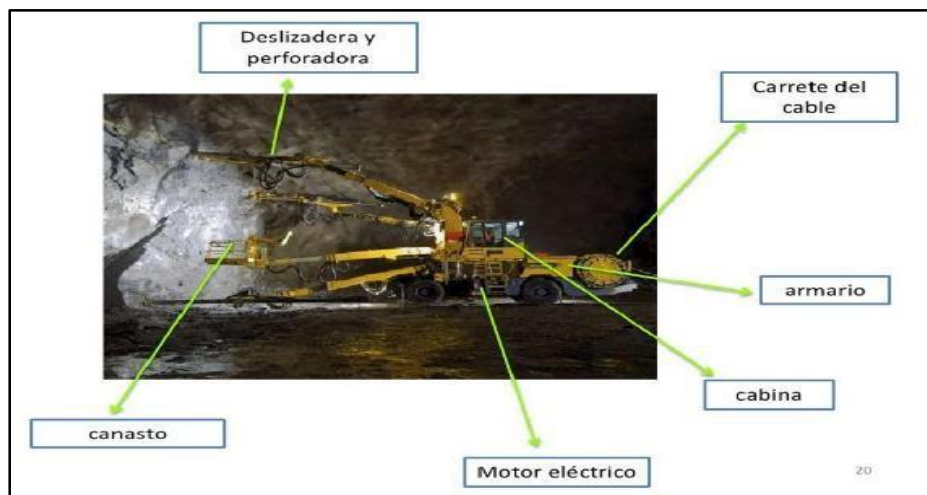
Estas máquinas perforadoras son apropiadas para la perforación de taladros de todo tipo en la explotación minera, en la construcción de túneles y rampas, para la perforación mecánica y la colocación de pernos de anclaje, así como para efectuar perforaciones de prolongación a fin de realizar exploraciones y reconocimientos de la roca o tomar medidas de inyección. En cuanto a los mecanismos de traslado, los brazos perforadores y los trépanos perforadores, así como también a las máquinas perforadoras mismas, se dispone de diferentes alternativas para realizar un trabajo óptimo y cumplir con los requisitos concretos de cada tarea. Su estructura de los carros perforadores garantiza el montaje y desmontaje de manera simple, así como su mantenimiento óptimo. La

robustez, alta durabilidad y rentabilidad de los de los equipos perforadores han quedado demostrado en todas las zonas bajo condiciones durísimas. Entre los más conocidos tenemos:

1. Jumbo frontal Boomer

Dependiendo de la necesidad describiremos de jumbos de avance y jumbos de Perforación, pueden ser eléctricos o de motor DIESEL, están montados sobre rieles o sobre ruedas, los cuales pueden contar desde un brazo hasta cuatros brazos, dependiendo de las secciones de la labor que van desde decenas hasta centenares de metros cuadrados.

Figura 7: Partes principales del Jumbo



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las aplicaciones subterráneas pueden ser utilizados para generar el avance de la perforación, ya sea en túneles o rampas, banqueo o barrenos horizontales, generar perforaciones transversales, etc.

En la siguiente tabla se observa las características principales:

Tabla 4: Características del jumbo

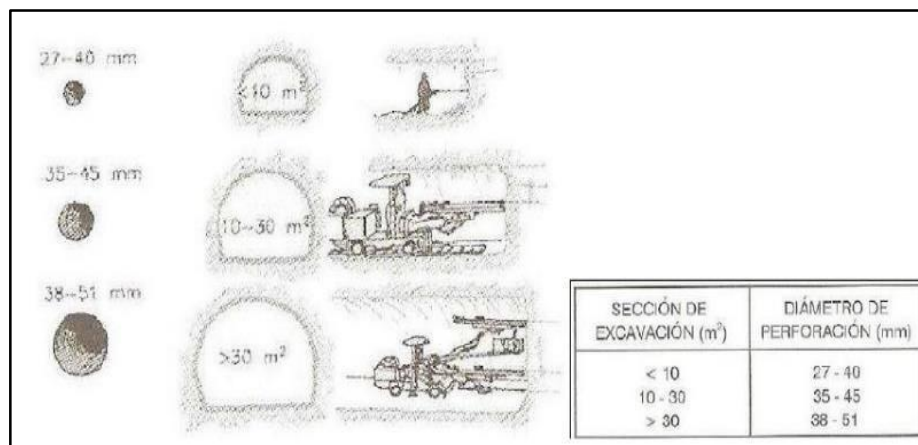
características	1 brazo	2 brazos	3 brazos
Sección de excavación	6-31 m ²	8-45 m ²	206 m ²
Longitud largo /Ancho	10 / 2 metros	12/2 metros	17/3
Altura min/Max con techo de protección	2/3 metros	2/3 metros	
Peso	10-14 toneladas	12-20 toneladas	45 toneladas
Consumo de agua	Prom. 1.1 l/s	140 l/min; max 260-380 l/min	210 l/min; max: 390-570 l/min
Potencia del motor diesel instalado	42 Kw	55 Kw	

Fuente: Ficha técnica del Jumbo hidráulico

En la siguiente figura se muestra el diámetro de perforación recomendable de acuerdo con la sección de la labor:

Figura 8:

Diámetros de perforación del Jumbo hidráulico



Fuente: Ficha técnica del Jumbo hidráulico

Los equipos perforadores tipo jumbos dan mecanización a las operaciones de perforación y tienen una gran capacidad de posesión en perforadoras de avance para perforar taladro según las órdenes del operador. Con este jumbo se pueden hacer una gran variedad de trabajos que cubren áreas hasta de 206 m², alcanzan a perforar hasta cinco metros de longitud desde la última explosión y hasta 10.7 m. de altura, gracias a la movilidad de los brazos.

El jumbo robotizado Este equipo posee un control informático que permite medir todos los parámetros de perforación y adaptarlos a las necesidades requeridas tanto por el operador y la labor, asimismo con la utilización de sensores y servo válvulas permite situar los barrenos en la posición precisa, evitando las imprecisiones que son provocadas por errores humanos. Esta máquina es capaz de perforar con precisión -dándole la posición topográfica- toda la secuencia de tiros que conforman la sección circular de 70 m² de un túnel automáticamente, mediante la coordinación de sus brazos con martillos perforadores para roca.

Las ventajas de la tecnología en los Jumbos de perforación robotizados son las siguientes:

- Ahorro de mano de obra
- Menor tiempo de perforación
- Menor sobre perforación
- Control de la operación
- Mayor avance de perforación
- Ahorro en varillaje y explosivos
- Menor costo de excavación y seguridad en el trabajo.

2. Operación de jumbos

Una vez trasladado el Jumbo hasta el frente, y estabilizado con sus gatos, se alinea las deslizaderas con el láser que marca el centro del túnel. Para esto, se usan dos dianas o colimadores situados en uno de los brazos.

El ordenador da lectura a la posición relativa que ha tomado dicha deslizadera con respecto al Jumbo y a partir de la posición de éste respecto al láser ejecuta el cambio de coordenadas correspondientes, sobre la malla de perforación.

A continuación, se verifica la roca que más sobresale en todo el frente, con la ayuda de uno de los brazos. Esta información va al sistema de control mediante un plano de posicionamiento desde donde se puede mover los brazos sin chocar con el frente.

Una vez que se ha finalizado el posicionamiento, se cuenta con tres métodos distintos de operación; automático, semiautomático y manual.

Automático: El manejo del Jumbo es controlado totalmente por el operador responsable del equipo, posicionando automáticamente el brazo frente a cada punto de emboquille de acuerdo a la secuencia programada.

Semiautomático: Cuando las irregularidades y deformaciones del frente impiden emboquillar en algún punto programado, el perforista moverá el brazo a una nueva zona. Todo el sistema de control ajustará automáticamente la dirección de avance tal que el fondo del barreno esté en el punto previsto.

Manual: Con el Jumbo se puede realizar la operación manualmente como un equipo normal, sin intervención del ordenador. Este método de operación es muy útil para perforar los taladros de empernado u otras aplicaciones no coincidentes con el avance convencional.

3. Ventajas

- Alta seguridad
- Productividad elevada
- Paredes lisas
- No se tiene sobre excavación
- Rendimiento de avance elevado
- Posibilidad de excavaciones inclinadas

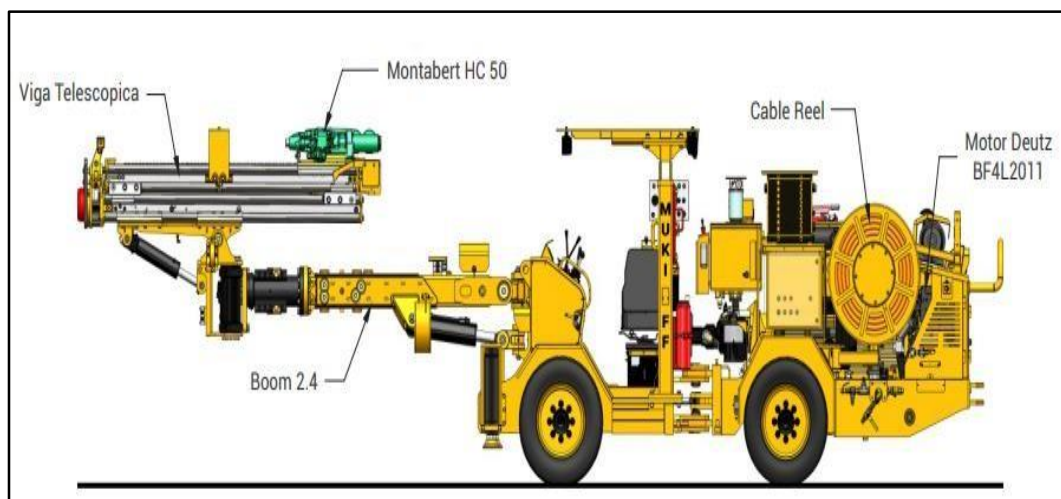
4. Desventajas

- Elevada inversión
- Alto costo por metro
- Poca flexibilidad
- Dificultades en rocas en malas condiciones
- Personal especializado
- Acondicionamiento de la postura

2.2.3 Jumbo MUKI FF

El jumbo MUKI FF es un jumbo electrohidráulico de perforación frontal de 1.05 m de ancho, recomendado para secciones pequeñas de 1.5 m de ancho x 2.0 m de alto hasta secciones de 3.5 x 3.5 m. Puede operar también como Upper Drill para realces en Corte y Relleno. Viene con brazo hidráulico de sección cuadrada y viga de avance con opciones: Viga Telescópica 6-10 y 8-10 pies. Otra opción es Viga Simple para barra de 8 pies. Equipada con perforadora Montabert HC 50 de 14 kW.

Figura 9: Partes principales del Jumbo Muki FF



Fuente: Ficha técnica del Jumbo Muki FF

Especificaciones técnicas

Tabla 5: Ficha técnica del Jumbo Muki FF

PERFORADORA

• Modelo	Montabert HC 50
• Potencia de impacto	14 kW
• Presión de percusión	130 bar
• Frecuencia de percusión	62 Hz
• Velocidad de rotación	0 - 195 rpm
• Torque de rotación	415 Nm
• Diámetros de perforación	33 - 64 mm
• Consumo de aire (barrido)	83.3 l/s (hasta 7 bar)
• Consumo de aire (lubricación)	5 l/s (a 3 bar)
• Consumo de aceite (lubricación)	0.8 cc/min
• Consumo de agua	25 l/min (a 8 bar)
• Shank Adapter	R32 hembra - T38 macho
• Peso	104 kg
• Longitud	833 mm

Fuente: Ficha técnica del Jumbo Muki FF

Tabla 6: Ficha técnica del Jumbo Muki FF

VIGA	
• Modelo	RE 2500 series
• Avance de perforadora	Motor hidráulico y cadena
• Viga Telescópica 6'-10'	Barras de 6 hasta 10 pies
Opciones:	
• Viga Telescópica 8'-10'	Barras de 8 y 10 pies
• Viga de Avance 8'	Barras de 8 pies para Boom 2.1
<hr/>	
BOOM	
• Modelo	Boom 2.4
• Extensión de boom	1000 mm
• Angulo de levante	+36.6° / -33°
• Angulo de giro	±30°
• Rotación	360°
• Cilindros hidráulicos	Parker
Opción:	
• Boom 2.1	para Viga de Avance 8'

Fuente: Ficha técnica del Jumbo Muki FF

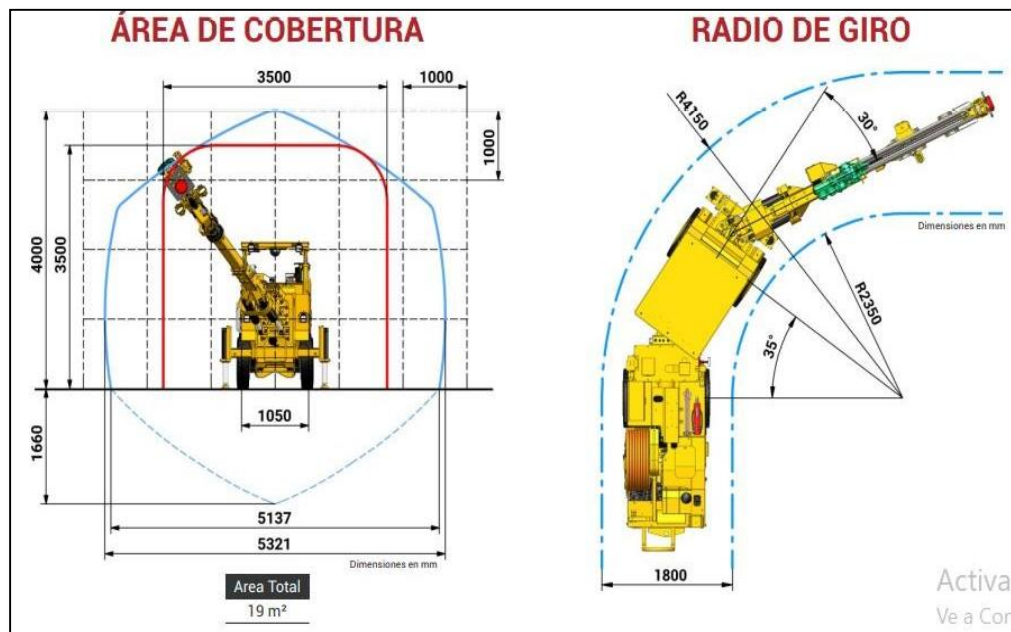
Tabla 7: Ficha técnica del Jumbo Muki FF

CARRIER	
• Modelo	C22.1
• Motor Diesel	Deutz BF4L2011, Tier II
- Potencia	55,1 kW @ 2300 rpm
• Catalizador de escape	Estándar
• Transmisión	Hidrostático
• Bomba de Transmisión	Rexroth
• Motores Hidrostáticos	Cuatro motores MSE 08, dos de ellos con freno de $\pm 8^\circ$
• Oscilante posterior	
• Velocidad de desplazamiento:	
- Horizontal	Máx. 7.5 km/h
- Rampa positiva 15%	Máx. 7 km/h
• Bomba de posicionamiento	Rexroth, AZPF
• Frenos de servicio	Frenos de discos en dos motores
• Frenos de emergencia y parqueo	SAHR (Spring Applied Hydraulic Release)
• Dirección hidráulica (Carrier articulado)	$\pm 35^\circ$
• Llantas	7.50 x R15
• Gatos hidráulicos	2 delanteros extendible
• Cabina de operador (canopy)	FOPS / ROPS
• Tanque de combustible	10.5 gal / 40 l
• Baterías	2x12 V, 90 Ah
• Sistema Eléctrico	24 VDC
• Luces de marcha	6X, LED 6900 lm, 24V

Fuente: Ficha técnica del Jumbo Muki FF

Figura 10:

Características del Jumbo Muki FF



Fuente: Ficha técnica del Jumbo Muki FF

2.2.4 Perforadora neumática Jack Leg RN-250X

La perforadora neumática Jack Leg está fabricada con materias primas certificadas que garantizan un mejor desempeño en condiciones extremas de trabajo. Sus cuerpos principales forjados la convierten en la más resistente de su tipo. Posee un alto grado de penetración, tiene un bajo costo de mantenimiento por su excelente calidad.

Para garantizar una buena operación de estos equipos, es necesario la asesoría técnica en cuanto a la operación y mantenimiento que se debe considerar visitas técnicas programadas (Según lo establecido por normas de Seguridad),

Especificaciones técnicas

Tabla 8: Especificaciones técnicas de la Jack leg RN-250X

ESPECIFICACIONES	US/IMP	MÉTRICO
Diámetro del Cilindro	3.125"	79.38 mm.
Carrera del Pistón	2.875"	73.03 mm.
Frecuencia de Impacto	2 200 bpm	2 200 gpm.
Long. De la Perforadora	28"	711 mm.
Torque	90 lbs-ft	122 Nm
Revoluciones	225 rpm	225 rpm
Consumo de Aire (90 PSI)	170 cfm	80 lit. /seg.
Peso de la Perforadora (incluye el empujador Standard)	115.1 lbs	52.20 kg.
Peso de la Perforadora (incluye el empujador Modificado)	121.25 lbs	55.00 kg
Peso de la Perforadora	79.59 lbs	36.10 kg.
Peso del Empujador Standard	37.48 lbs	17.00 kg
Peso del Empujador Modificado	41.23	18.70 kg
Long. Del Empujador Contraído (Standard)	67.50"	1 714.5 mm.
Long. Del Empujador Extendido (Standard)	118"	2 997 mm.
Dimensiones del Barreno	0.866" X4.25"	22 108 mm.

Fuente: Ficha técnica de la Jack leg RN-250X

2.2.5 Diseño de Malla de Perforación y voladura

Para el diseño de una malla de perforación se considera:

1. Calidad de la roca

Uno de los parámetros en el diseño de malla de perforación es la calidad de roca, se tiene en cuenta las siguientes propiedades físicas.

- **Densidad** es una relación entre la masa y el volumen de la roca que varían de 1.2 a 4.3.
- **Tenacidad** resistencia que opone un mineral u otro material a ser fragmentado, molido, doblado y desgarrado.
- **Dureza** es la resistencia de los materiales para resistir la penetración de otro cuerpo.
- **Porosidad.** Son los pequeños espacios abiertos que existen entre los materiales rellenos por soluciones acuosas y gaseosas de una roca. Por tal razón la roca es más frágil.
- **Abrasividad,** roca por lo general granulada, que actúa sobre otros materiales aplicándole diferentes fuerzas para lograr su desgaste o pulimento.
- **Grado de alteración de una roca.** Producto de la meteorización física que produce la fracturación y disgregación de la roca mediante la abertura de fracturas preexistentes o se crea nuevas discontinuidades.
- **Resistencia.** Llega a ser la compresión simple o uniaxial de una roca al esfuerzo medido sobre la misma de una manera técnica.

La resistencia a la compresión simple de las rocas es el parámetro más común y el comportamiento geo mecánico de un macizo rocoso.

2. Elección del Explosivo

Es importante el conocimiento de las propiedades del explosivo sus variables se pueden conocer con los cálculos modernos, asimismo las

empresas fabricantes de explosivos cuentan con información técnica del explosivo, tanto físicas y químicas da a conocer la energía del explosivo, densidad, velocidad de detonación (VOD), simpatía, resistencia al agua, sensibilidad a la iniciación, volumen normal de gases, presión de taladro y control de humos. (López, 2012).

3. Control de la Carga explosiva

Este parámetro de la carga es también una variable controlable que se considera en el diseño de la malla de perforación y voladura, se calcula la carga en función al diámetro del taladro, longitud del taladro, confinamiento, densidad de carga, longitud de carga, tipo de cebo y su ubicación, distribución de energía, intervalos de iniciación de carga. (EXSA S.A., 2015)

4. Número de Taladros de la malla

El número de taladros perforados que se requiere para una voladura depende del tipo de roca a triturar, del grado de fragmentación que se desea obtener y también el diámetro de la broca de perforación; son factores que reducen o amplían la malla de perforación de esta manera aumentan o disminuyen el número de taladros calculados teóricamente. También determina la calidad de explosivo y el tipo de iniciación a emplear.

- **Tipo de roca.** Para calcular la cantidad de taladros de una malla de perforación es muy importante saber la dureza de la roca puede ser de muy dura a muy frágil.
- **Grado de fragmentación.** Dependiendo del método de explotación del yacimiento, de la capacidad de los equipos de acarreo y transporte, capacidad de la chancadora primaria va a ser variable el tamaño de la roca

fragmentada. En labores subterráneas la dimensión es pequeña en comparación con la explotación superficial que es de mayor dimensión. Por consiguiente, el diseño de la malla de perforación va variar en cuanto al número de taladros.

- **Grado de confinamiento.** En el diseño de la malla de perforación se tiene en cuenta el grado de confinamiento de la roca, cuantas caras libres se tiene, en labores subterráneas se tiene una sola cara libre por lo que la roca se encuentra más confinada por lo que se tiene mayor resistencia para la voladura, sin embargo, en el diseño de la malla de perforación superficial la roca es menos confinada por contar con más caras libres por lo que va requerir menor número de taladros.
- **El diámetro de perforación de las brocas es** muy importante por lo que a mayor diámetro se va requerir menor número de taladros y a menor diámetro de la broca se debe diseñar mayor número de taladros, todo ello está en función a las propiedades de la roca.

Se puede calcular el número de taladros en forma aproximada mediante la siguiente fórmula empírica. (EXSA S.A., 2015)

$$N^{\circ} \text{ tal} = 10 \times \sqrt{(A \times H)}$$

Donde:

A: ancho de sección

H: altura de sección

siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ tal} = (P/dt) + (C \times S)$$

Donde:

P: perímetro de la sección (m). $P = 4\sqrt{A}$

dt: distancia entre taladros (m).

C: constante de roca (m).

S: área de la sección (m²).

5. Control de la cantidad de Carga

El consumo de explosivo está en función a la tenacidad de la roca y de la dimensión del frente de voladura. Se considera el número, diámetro y longitud de los taladros y la calidad de explosivo e iniciadores a emplear. Es importante saber que la cantidad de explosivo por metro cuadrado a triturar menora cuanto más grande sea la sección del túnel, y también es mayor cuanto más dura sea la roca.

En minería se considera el factor de carga que es el kilogramo de explosivos por metro cúbico de roca fragmentada; los consumos de explosivo varían generalmente entre 300 a 800 g/m³. (López, 2012).

6. Concentración de Carga Lineal del Explosivo

Los taladros próximos al taladro de expansión debe ser cargado de manera cuidadosa, si la concentración es baja puede no llegar a provocar la trituración de la roca y con una carga excesiva se puede obtener un lanzamiento muy energético de la roca triturada hacia el lado opuesto del taladro de expansión, tanta velocidad que esta se compacta y no se expulsa a través del hueco del taladro vacío. (López, 2012).

7. Distancia entre Taladros

La distancia varía de acuerdo con el número de taladros y del área del frente de voladura; varían de 60 a 90 cm. y de 50 a 70 cm., un buen control evita la sobre rotura. Los taladros periféricos se perforan ligeramente divergentes

del eje del túnel para que sus topes permitan mantener la misma magnitud de sección en la siguiente cara libre a formar. (EXSA S.A., 2015).

2.2.6 Los explosivos

1. Propiedades de los explosivos industriales

- **Potencia relativa**

Es la energía del explosivo y trabajo que desarrolla para producir efectos mecánicos; existen muchos métodos para el control como, la prueba balística de mortero, prueba de trauzl. Se expresa como potencia absoluta por volumen (ABS) y potencia absoluta por peso (AWS). También se expresa como la energía de un explosivo referente al ANFO, el cual es tomado como el 100%, obteniendo la potencia relativa por peso o la potencia relativa por volumen. (Manual de Voladura Exsa, 2012, p. 36).

- **Brisance o poder rompedor**

Es el efecto rompedor que genera el explosivo sobre la roca para iniciar su trituración; el factor dinámico de trabajo es el valor de la onda de choque vinculado a la densidad y a la velocidad de detonación. (Manual de Voladura Exsa, 2012, p. 38).

- **Velocidad de detonación**

Es la velocidad a la que la onda de detonación se propaga a través del explosivo, y por tanto es el factor importante que define el ritmo de liberación de energía. (Manual de Voladura Exsa. 2012, pág. 40).

- **Resistencia al agua**

Es su capacidad para resistir en un determinado tiempo la exposición al agua sin perder sus características, considerada también la capacidad

para rechazar la penetración del agua. La unidad empleada es la hora. (Manual de Voladura Exsa, 2012, p. 44).

- **Categoría de humos**

Todo explosivo al momento de su explosión genera polvo, vapor de agua (H₂O), óxidos de carbono (CO-CO₂), óxidos de nitrógeno (NO-NO₂) y algunas también generan gases sulfurosos (H₂S, SO₃ y AlO₂) si contienen azufre o aluminio. Entre los gases hay siempre cierto porcentaje de productos irritantes tóxicos o letales llamados “humos”, como el monóxido de carbono y el dióxido de nitrógeno. (Manual de Voladura Exsa, 2012, pág. 45).

- **Densidad**

La densidad de los explosivos normalmente varía entre 0.8 y 1.6 g/cm³ (Ver **Tabla 9**). Generalmente, cuanto mayor es la densidad del explosivo, proporcionará mayor efecto brisance o impacto.

Tabla 9: Densidades de diferentes tipos de explosivo

Tipo de Explosivo	Densidad (g/cm³)
Emulsión a granel	1.10 - 1.60
Anfo cargado neumáticamente	0.80 - 1.00
Anfo	0.80 - 0.90
Anfo encartuchado	1.10 - 1.20
Anfo	1.10 - 1.40
Dinamita	1.05 - 1.50
Hidrogele	1.15 - 1.30

Fuente: Konya & Albarrán, 1998

2. Agentes de voladura

Un agente de voladura es el explosivo no sensible al fulminante N°8, por lo que necesita un explosivo llamado cebo puede ser un primer-booster para iniciar su detonación. (López Jimeno, 2005).

- **Anfo**

El Anfo es una mezcla explosiva, tiene una composición del 94% de nitrato de amonio y 6% en combustible. El nitrato de amonio es una sal inorgánica, no explosiva, este se aplica en minería que son partículas esféricas o prills porosos. La gran desventaja del Anfo es que es nula a la resistencia al agua. (López Jimeno, 2003)

- **Anfo pesado**

Es la mezcla de dos agentes explosivos, conformado por el Anfo y la emulsión en diferentes proporciones, la emulsión envuelve los prills del Anfo, formando una matriz energética con propiedades específicas. (López Jimeno, 2005).

- **Emulsión**

La emulsión explosiva ses un agente de voladura se denomina “agua en aceite” en la que la parte acuosa está compuesta por sales inorgánicas oxidantes disueltas en agua y la parte aceitosa formada por un combustible líquido inmiscible con el agua del tipo hidrocarbonado, comúnmente diésel 2. (López Jimeno, 2005).

La proporción de todos los componentes de esta mezcla oxidante y combustible tiene influencia directa en la velocidad de detonación y en general en el performance del explosivo (**Ver tabla 10**).

Una emulsión pura no es explosiva que pueda detonar, debido a que no es sensible al booster por tener una densidad muy alta. Para que sea sensible, se utiliza un mecanismo físico como la generación de burbujas de gas, la cual esta mezcla al ser comprimidas adiabáticamente se comporta como puntos calientes o hot spots, favoreciendo tanto la iniciación como la propagación de la detonación. Estos agentes gasificantes pueden ser poliestireno expandido o microesferas de vidrio. (López Jimeno, 2005)

Tabla 10: *Tamaño de partículas de los explosivos.*

Explosivo	Tamaño (mm)	Estad	VOD (km/s)
Anfo	2	Sólido	3.2
Dinamita	0.2	Sólido	4.0
Hidrogel	0.2	Sólido/líquido	3.3
Emulsión	0.001	Líquido	5.0 - 6.0

Fuente: Bampfield & Morrey, 1984

2.2.7 Clasificación de Geomecánica

El proceso de clasificación geomecánica de la masa rocosa para propósitos del Estudio implica “analizar e interpretar” información desarrollada en etapas previas (investigaciones de campo e información topográfica proporcionada por la empresa Minera) usando el sistema de “Clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski, modificado por Romana el 2000” como se muestra en el Anexo 1 (Registro de campo). Los valores de resistencia a la compresión uniaxial de la roca fueron estimados usando “el martillo de rebote y la picota de geólogo”, los valores del índice de calidad de roca “R.Q.D.” fueron determinados mediante el registro volumétrico de diaclasas utilizando la relación propuesta por “Palmstrom $RQD=110-2.5J_v$, J_v : Número de discontinuidades/m³”. Según información obtenida de investigaciones de campo en el área de interés (Vetas Clarita-

Yaruchagua y su entorno físico), se ha determinado la calidad de masa rocosa usando el sistema de clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski, modificada por Romana el 2000 con adaptaciones de GLSA para fines del Estudio, definiendo los dominios geomecánicos en rangos de calidad según el criterio.

Tabla 11: Clasificación tipo roca según RMR

TIPO DE ROCA	RANGO "RMR"	CLASIFICACIÓN "RMR"
I	81-100	Muy Buena
II	71-80	Buena A
	61-70	Buena B
III	51-60	Regular A
	41-50	Regular B
IV	31-40	Mala A
	21-30	Mala B
V	< 21	Muy Mala

Nota: Clasificación "RMR89 de Bieniawski, modificada por Romana 2000" con adaptaciones de GLSA para fines del estudio en MGP.

Fuente: Área Geomecánica U.M Yaruchagua

2.3. Definición de términos básicos

a. Rampa

Labor minera de preparación, principal acceso de transporte de materiales, mineral, desmonte y personal; con fines de acceso a los cuerpos mineralizados.

b. Atacador

Herramienta empleada para compactar los cartuchos de explosivo y el material inerte de retacado.

c. Barreno

Hueco cilíndrico practicado en la roca para alojar explosivo

d. Perforación

Proceso de crear un orificio cilíndrico creado por la perforadora, tiene diferente diámetro y longitud, tiene como fin de alojar explosivo para fragmentar la roca.

e. Voladura

Es el resultado de la detonación del explosivo, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de los taladros, produce la trituración y un desplazamiento de la roca.

f. Taladro de barreno

Superficie cilíndrica abierta en la roca al perforar un barreno

g. Cebado puntual

Sistema de iniciación con un cartucho colocado generalmente en el fondo o en la cabeza de la columna de explosivo

h. Burden

Distancia de la primera fila de taladros a la cara libre y se mide perpendicular a la dirección lineal a la cara libre.

i. Espaciamiento

Está conformada por la distancia entre taladros de una misma fila que se dispara con un mismo retardo o con retardos diferentes. Se calcula en relación con la longitud al Burden.

j. Carga lineal

Se considera a la concentración de explosivo a lo largo de un taladro, es la cantidad de kilogramos por metro.

k. Diámetro crítico

Es cuando el diámetro mínimo del taladro puede detonar una carga explosiva. Adicionando gas finamente disperso se reduce considerablemente el diámetro crítico de un explosivo.

l. Factor de carga

Cantidad de explosivo para romper un volumen de roca. El factor de carga se controla mediante kilogramos de explosivo por metro cubico fragmentado de roca.

m. Granulometría

Dimensión de la roca o mineral triturado, que se obtiene después de una voladura prediseñada con fines de transporte o tratamiento metalúrgico.

n. Productividad

Es la calidad de producción bajo estándares de todos los procesos de operación de la minería a un costo mínimo de un determinado material.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La implementación del jumbo Muki FF permite optimizar los parámetros de avance de la rampa 900 en la unidad minera Yaruchagua.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Se optimiza el avance lineal en el avance de la rampa 900 con la implementación del jumbo Muki FF de la unidad minera Yaruchagua.
- b) Se optimiza el factor de Carga en el avance de la rampa 900 con la implementación del jumbo Muki FF de la unidad minera Yaruchagua.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable Independiente

X: Implementación del jumbo Muki FF en la unidad minera Yaruchagua.

2.5.2. Variables Dependientes

Y: Optimizar los parámetros de avance en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua..

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 12: Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES					
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Implementación del jumbo Mukí FF en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua.	La implementación de equipos de mayor capacidad en el proceso de perforación y voladura permite optimizar los parámetros de avance en frentes; se logra cuando el equipo está bien diseñado de acuerdo a los requerimientos de la labor tal que perfora taladros paralelos, una misma profundidad, control del burden espaciamento, en la voladura control de retardos en detonadores, energía, confinamiento, densidad y producción de gases del explosivo.	Proceso de Perforación	Longitud de taladros	Pies				
				Diámetro de taladros	pulgadas				
				Burden	Cm.				
				Espaciamento	Cm.				
			Manejo del explosivo	Densidad del explosivo	gr/cm ³				
				Confinamiento	Kgf.				
				Retardos	segundos				
				Energía del explosivo	Joules				
				VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Optimizar los parámetros de avance en la rampa 900 de la unidad miner a Yaruchagua.	Cuando se logra la operación eficiente del equipo tal que se cumpla las técnicas en el proceso de perforación y voladura se optimiza los parámetros de avance en la ejecución de un frente; se tendrá un mejor avance lineal, una reducción del consumo de explosivos por metro cubico, un mejor grado de fragmentación y una reducción de gases producto de la voladura.	Parámetros de avance	Avance lineal	metros
								Factor de Carga	Kg. /m ³ .
Grado de fragmentación	Cm.								
	Gases	m ³							

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de la investigación en el proceso de la tesis se utilizó el modelo experimental-aplicativo de acuerdo con los objetivos que se ha considerado, el desarrollo de la investigación está complementado dentro del nivel descriptivo, correlacional y explicativo.

3.2. Nivel de investigación

Para el nivel de investigación es mayormente descriptivo, en todo el proceso se describe todo lo referente a los resultados del uso del jumbo que el objetivo es de optimizar los parámetros de avance de la rampa en la unidad minera Yaruchagua. Su fin es describir y estimar parámetros. Se describen frecuencias y promedios.

3.3. Métodos de Investigación

El método considerado en el proceso de la investigación es cuantitativo, interpretativo, la información recopilada es cuantificable, como el proceso, el

análisis, la deducción y las conclusiones, como también se obtienen resultados mediante la observación.

3.4. Diseño de Investigación

En todo el proceso del diseño de investigación se ha considerado la cuantitativa, descriptiva y correlacional, se agrupa una base de datos que representa los resultados al utilizar el jumbo Muki FF. Luego de ejecutar los ensayos se realiza un diseño descriptivo con los resultados concluidos en el análisis de comparación entre la máquina perforadora Jack leg y el jumbo Muki FF.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Proyecto de la rampa 900, que está considerado un total de 374 metros en la unidad minera Yaruchagua.

3.5.2. Muestra

La muestra está representada por 100 metros de avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua.

3.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

A. Técnicas empleadas

- **Recopilación de información**

Se recopiló la información del desarrollo de la Rampa 900.

- **Observación directa**

Se tuvo observaciones directas en los resultados de la perforación de la máquina perforadora Jack leg y el jumbo Muqui FF en el campo de ambos equipos.

- ✓ Control de los avances durante el desarrollo de la Rampa 900

- ✓ Control del Carguío de los Explosivos del frente durante el desarrollo de la Rampa 900
- ✓ Control de la instalación de la distribución de sostenimiento de la Rampa 900
- **Información bibliográfica**

Se realizó a porte de algunos textos para tener un mejor entendimiento acerca de los equipos de perforación y su eficiencia.

B. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron en el presente estudio de investigación son:

- Reporte de los avances lineales obtenidos por guardia durante el desarrollo de la Rampa 900.
- Reporte de los vales de explosivos utilizados por disparo
- Reporte de la instalación de materiales de sostenimiento
- Actualización de los Planos de Avance de la Rampa 900

C. Métodos para el procesamiento de datos

- Parámetro del diseño de la Rampa
- Control de tiempo de perforación
- Análisis de resultados de la Voladura
- Diseño de sostenimiento
- Costo de la Rampa 900

D. Equipos

- Computadora personal
- Equipo de captación de gases
- Picota

- Wincha
- Cámara fotográfica

E. Softward

- Auto Cad
- Micro Soft Excel
- Deswik

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Todo el conjunto de datos que se utilizó para elaborar la presente tesis de investigación, se consideró los informes observados y anotados en campo durante la ejecución de las pruebas. Los resultados del avance lineal, factor de Carga y demás parámetros se validan a través de los informes evaluados después de la voladura que se presentó al área de perforación y voladura de la unidad minera Yaruchagua; estos resultados fueron verificados con el departamento de productividad y planeamiento.

Se tiene la veracidad de los datos, puesto que la recopilación de datos fue in situ en tiempo real. Todos los resultados y conclusiones de la investigación fueron revisados por el departamento de respectivo.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El proceso y análisis de toda la información se realizó en el Microsoft Excel, considerando el conjunto de las variables y resultados en tablas y gráficos dinámicos.

3.9. Tratamiento Estadístico de Datos

Para este proceso se utilizan los histogramas y otros gráficos estadísticos en Microsoft Excel.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Para todo el trabajo de investigación se consideró los valores, principios y criterios, es el resultado de un desarrollo original, desarrollado con los principios de la ética profesional, considerando que toda investigación debe tener. También remarco que el estudio de investigación es el resultado de la experiencia obtenida en la unidad minera Yaruchagua.

CAPITULO IV

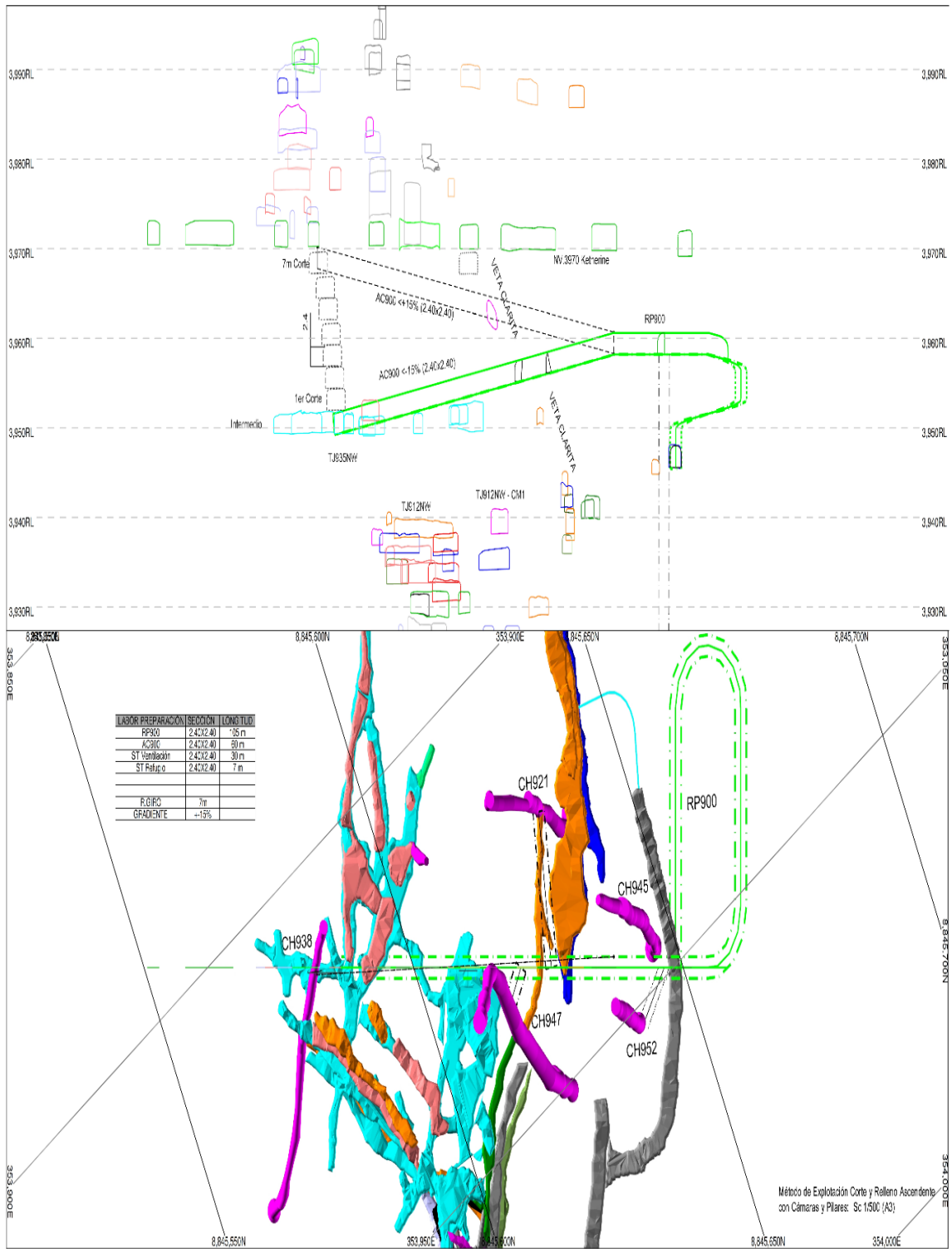
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Datos de perforación y voladura con la jack leg 250X

Se ha tomado muestras de la perforación y voladura del frente de la rampa 900 para analizar la eficiencia, para luego relacionar con la perforación

Plano perfil Rampa 900



Fuente: Área de planeamiento

Tabla 14: Información de la perforación y voladura – Jack leg 250X

Diseño:	Perforación y voladura de la rampa 900
Lugar:	Labor de Desarrollo
Ancho de la labor:	2.40 m.
Altura de la perforación:	2.40 m.
DATOS DE PROGRAMA	
Parámetros de perforación	
Equipo de perforación	Jack Leg. 250 X
Número de taladros	41 perforados y 36 cargados
Diámetro del Taladro	38 mm.
Longitud del barreno	6 pies (1.80 m.)
Long. Efectiva de perforación	1.65 m.
Eficiencia de perforación	90 %
Eficiencia de voladura	94 %
PARAMETRO DE EXPLOSIVO	
Densidad	1.12 gr/cm ³
Velocidad de detonación	4100 m/sg.
Diámetro de explosivo	1 pulgada
Longitud de explosivo	8 pulgadas
N° de cartuchos por taladro	7 cartuchos (arranque) y 6 cartuchos (contorno)
PARÁMETRO DE LA ROCA	
Densidad	2.8 gr./cm ³
Roca semidura	RMR 41 – 50

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Resultados de la perforación y voladura con Jack Leg 250X

Muestra 1

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.47 m.
- Metros cúbicos rotos: 8.47 m³. Factor de Carga: 3.49 Kg. / m³

- Fragmentación: 0.44 cm en promedio

Muestra 2

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.54 m.
- Metros cúbicos rotos: 8.87 m³.
- Factor de Carga: 3.34 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.42 cm en promedio

Muestra 3

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.43 m.
- Metros cúbicos rotos: 8.24 m³.
- Factor de Carga: 3.59 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.45 cm en promedio

Muestra 4

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.33 m.
- Metros cúbicos rotos: 7.66 m³.
- Factor de Carga: 3.86 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.52 cm en promedio

Muestra 5

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos

- Total, Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.5 m.
- Metros cúbicos rotos: 8.64 m³.
- Factor de Carga: 3.43 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.42 cm en promedio

Muestra 6

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.58 m.
- Metros cúbicos rotos: 9.10 m³.
- Factor de Carga: 3.25 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.35 cm en promedio

Muestra 7

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.54 m.
- Metros cúbicos rotos: 8.87 m³.
- Factor de Carga: 3.34 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.43 en promedio

Muestra 8

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.46 m.
- Metros cúbicos rotos: 8.41 m³.

- Factor de Carga: 3.52 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.42 cm en promedio

Muestra 9

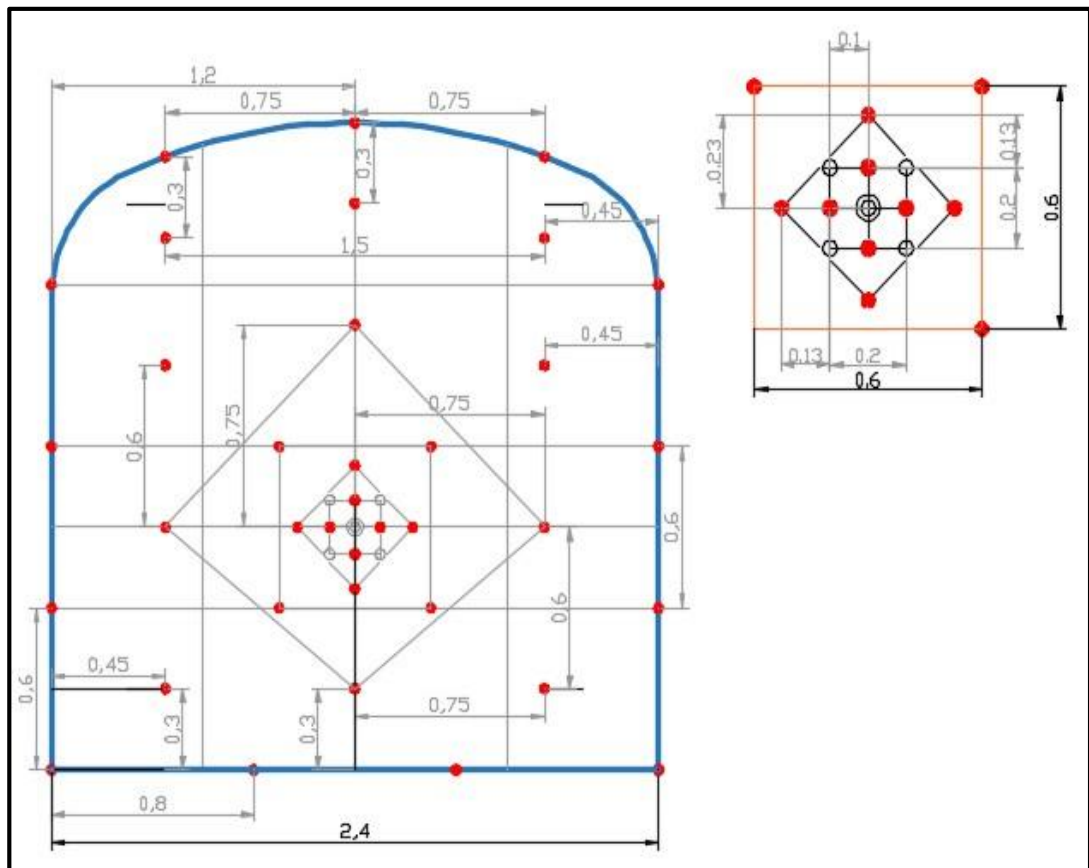
- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.52 m.
- Metros cúbicos rotos: 8.76 m³.
- Factor de Carga: 3.38 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.62 cm en promedio

Muestra 10

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total Kg Explosivo Utilizado: 29.60 kg.
- Avance por disparo: 1.56 m.
- Metros cúbicos rotos: 8.64 m³.
- Factor de Carga: 3.43 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.45 cm en promedio

Figura 11:

Malla de perforación con Jack Leg 250X



Fuente: Área de Productividad mina

Tabla 15: Distribución de carguío de explosivo Jack Leg 250X

DISTRIBUCIÓN POR TALADRO 2.40m x 2.40m - TIPO DE ROCA SEMI DURA RMR 41 - 50											
Secuencia de salida	DISTRIBUCION DE TALADROS			6 PIES				CORDON DE IGNICION	TOTAL	DENSIDAD DE CARGA	
				0.26595745	0.17361111	0.1712329	0.0850340				
	EMULNOR 5000	EMULNOR 3000	EMULNOR 1000	EMULNOR 500							
	1 1/4"	1" x 8"	1" x 8"	1" x 8"							
Denominación	Cargados	Vacios	Und	Und	Und	Und	m	Kg	Kg/tal		
1	ARRANQUE	4	5	16	4				4.95	1.24	
2	AYUDA	4			20				3.47	0.87	
3	SOBRE AYUDA	9			9	36			7.73	0.86	
4	CUADRADORES	6			6	24			5.15	0.86	
5	AYUDA DE CORONA	3			6	6	3		2.32	0.77	
6	AYUDA ARRASTRE	3				6	9		1.79	0.60	
7	CORONA	3				6	9		1.79	0.60	
8	ARRASTRE	4				8	12		2.39	0.60	
TOTAL CARGADOS		36	5		16	45	86	33	10	29.60	0.82

Fuente: Área de Productividad mina

Tabla 17: Información de la perforación y voladura – Jumbo Muki FF

Diseño:	Perforación y voladura de la rampa 900
Lugar:	Labor de Desarrollo
Ancho de la labor:	2.40 m.
Altura de la perforación:	2.40 m.
DATOS DE PROGRAMA	
Parámetros de perforación	
Equipo de perforación	Jumbo MUKI FF
Número de taladros	41 taladros, 36 cargados y 5 vacíos
Diámetro del Taladro	38 mm.
Longitud del barreno	10 pies (3.00 m.)
Long. Efectiva de perforación	2.74 m
Eficiencia de perforación	90 %
Eficiencia de voladura	94 %
PARAMETRO DE EXPLOSIVO	
Densidad	1.12 gr/cm ³
Velocidad de detonación	4100 m/sg.
Diámetro de explosivo	1 pulgada
Longitud de explosivo	8 pulgadas
Nº de cartuchos por taladro	11 cartuchos (arranque y 10 cartuchos(contorno))
PARÁMETRO DE LA ROCA	
Densidad	2.8 gr./cm ³
Roca semidura	RMR 41 – 50

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Resultados de la perforación y voladura con el jumbo Muki FF

Muestra 1

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.
- Avance por disparo: 2.55 m.
- Metros cúbicos rotos: 14.69 m³.
- Factor de Carga: 3.27 Kg. / m³.

- Grado de fragmentación: 0.22 cm en promedio

Muestra 2

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.
- Avance por disparo: 2.58 m.
- Metros cúbicos rotos: 14.86 m³.
- Factor de Carga: 3.24 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.21 cm en promedio

Muestra 3

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.
- Avance por disparo: 2.54 m.
- Metros cúbicos rotos: 14.63 m³.
- Factor de Carga: 3.29 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.22 cm en promedio

Muestra 4

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.
- Avance por disparo: 2.61 m.
- Metros cúbicos rotos: 15.03 m³.
- Factor de Carga: 3.20 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.17 cm en promedio

Muestra 5

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.

- Avance por disparo: 2.65 m.
- Metros cúbicos rotos: 15.26 m³.
- Factor de Carga: 3.15 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.18 cm en promedio

Muestra 6

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.
- Avance por disparo: 2.49 m.
- Metros cúbicos rotos: 14.34 m³.
- Factor de Carga: 3.35 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.22 cm en promedio

Muestra 7

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.
- Avance por disparo: 2.60 m.
- Metros cúbicos rotos: 14.98 m³.
- Factor de Carga: 3.21 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.17 cm en promedio

Muestra 8

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.
- Avance por disparo: 2.50 m.
- Metros cúbicos rotos: 14.40 m³.
- Factor de Carga: 3.34 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.22 cm en promedio

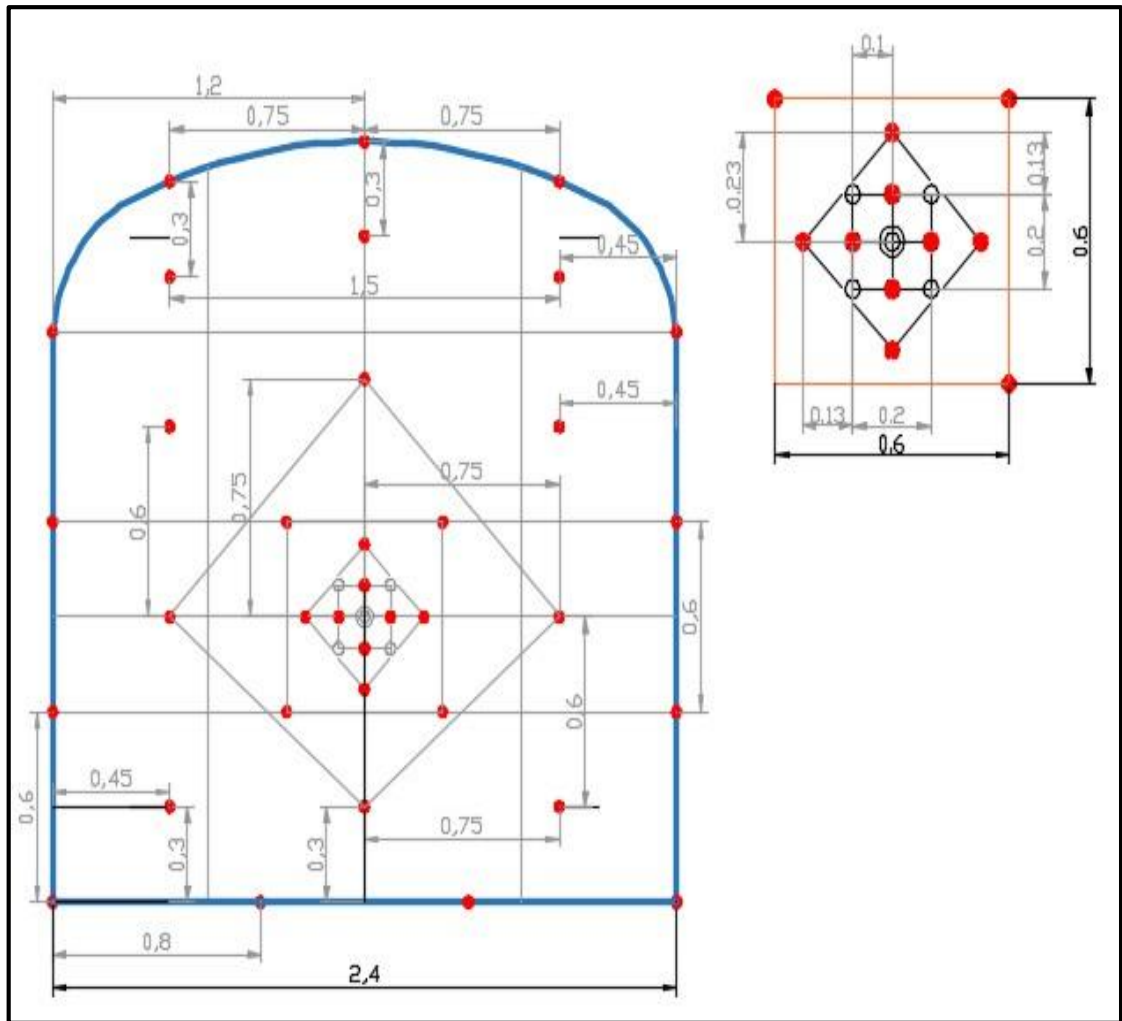
Muestra 9

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total, Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.
- Avance por disparo: 2.63 m.
- Metros cúbicos rotos: 15.15 m³.
- Factor de Carga: 3.17 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.17 cm en promedio

Muestra 10

- Número de taladros: 41 taladros, 36 cargados, 5 vacíos
- Total Kg. Explosivo Utilizado: 48.09 kg.
- Avance por disparo: 2.67 m.
- Metros cúbicos rotos: 15.38 m³.
- Factor de Carga: 3.13 Kg. / m³.
- Grado de fragmentación: 0.17 cm en promedio

Figura 12: Malla de perforación – MUKI FF



Fuente: Área de productividad mina

Tabla 18: Distribución de carguío de explosivo Jumbo Muqui FF

DISTRIBUCIÓN POR TALADRO 2.40m x 2.40m - TIPO DE ROCA SEMI DURA RMR 41 - 50										
Secuencia de salida	DISTRIBUCION DE TALADROS			10 PIES					TOTAL	DENSIDAD DE CARGA
				EMULNOR 5000	EMULNOR 3000	EMULNOR 1000	EMULNOR 500	CORDON DE IGNICION		
	Denominación	Cargados	Vacios	1 1/4"	1" x 8"	1" x 8"	1" x 8"	m	Kg	Kg/tal
1	ARRANQUE	4	5	24	8				7.26	1.82
2	AYUDA	4			24	20			4.81	1.20
3	SOBRE AYUDA	9			54	54			11.79	1.31
4	CUADRADORES	6			36	36			7.86	1.31
5	AYUDA DE CORONA	3			15	12	9		3.71	1.24
6	AYUDA ARRASTRE	3			15	12	9		3.71	1.24
7	CORONA	3				27	9		3.70	1.23
8	ARRASTRE	4			24	24			5.24	1.31
TOTAL CARGADOS		36	5	24	176	185	27	10	48.09	1.34

Fuente Área de Productividad Mina

4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Presentación de datos de la Jack Leg 250X

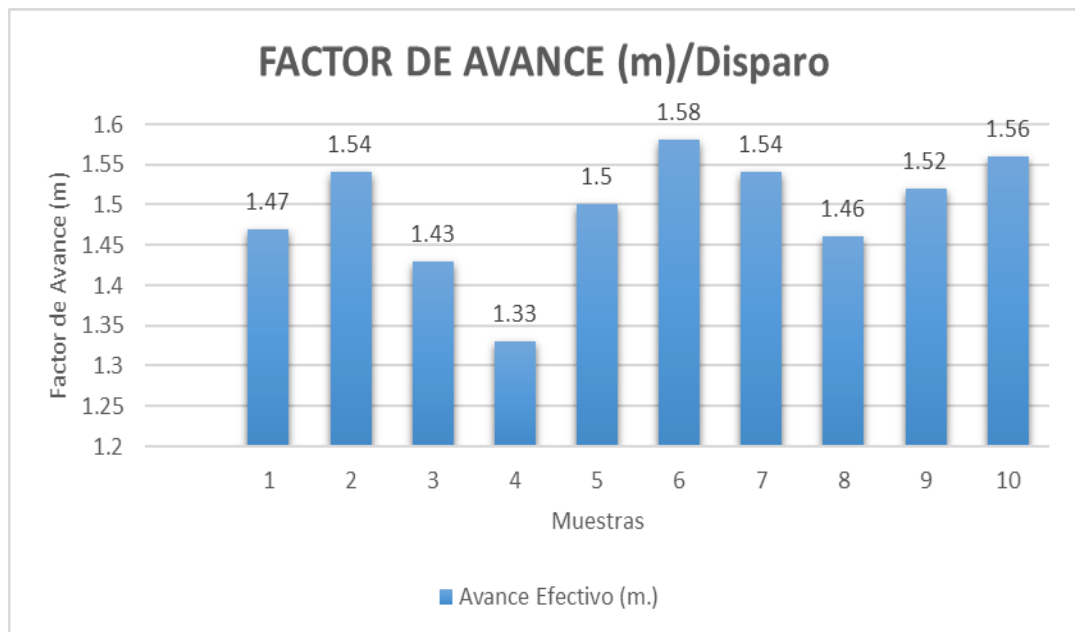
Tabla 19: Perforación y voladura jackleg 250X

<i>Muestra</i>	<i>Ava</i>	<i>Grado</i>	<i>Factor</i>	<i>Metro</i>
1	1.	0.4	3.49	8.47
2	1.	0.4	3.34	8.87
3	1.	0.4	3.59	8.24
4	1.	0.5	3.86	7.66
5	1.	0.4	3.43	8.64
6	1.	0.3	3.25	9.10
7	1.	0.4	3.34	8.87
8	1.	0.4	3.52	8.41
9	1.	0.6	3.38	8.76
10	1.	0.4	3.43	8.64
Promedio	1.	0.4	3.46	8.57

Fuente: Elaboración propia

Figura 13:

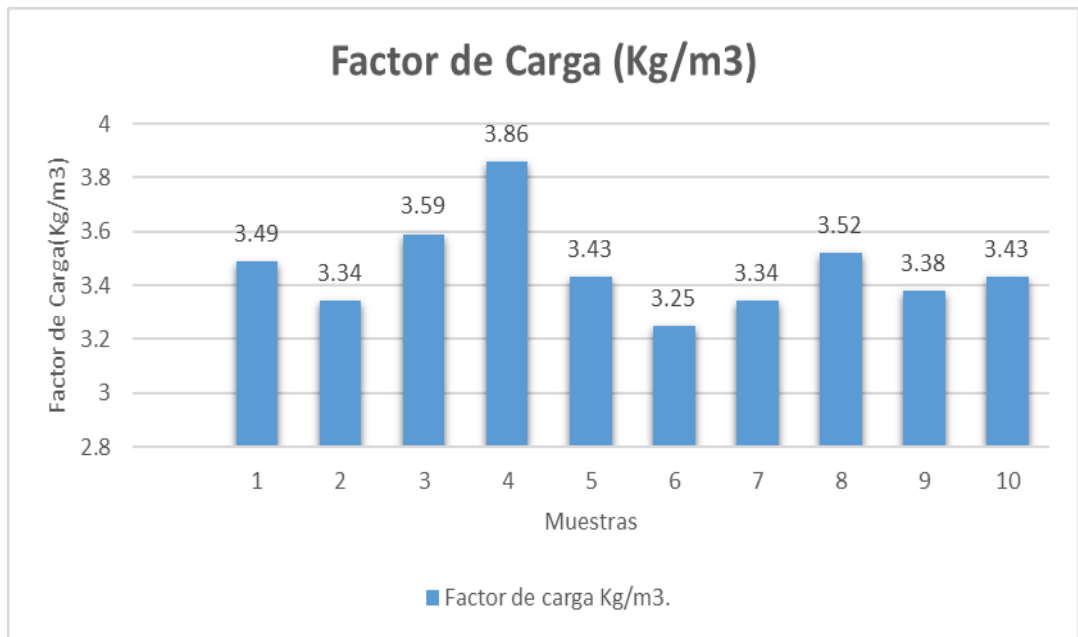
Avances con jackleg 250X



Fuente: Elaboración propia

Figura 14:

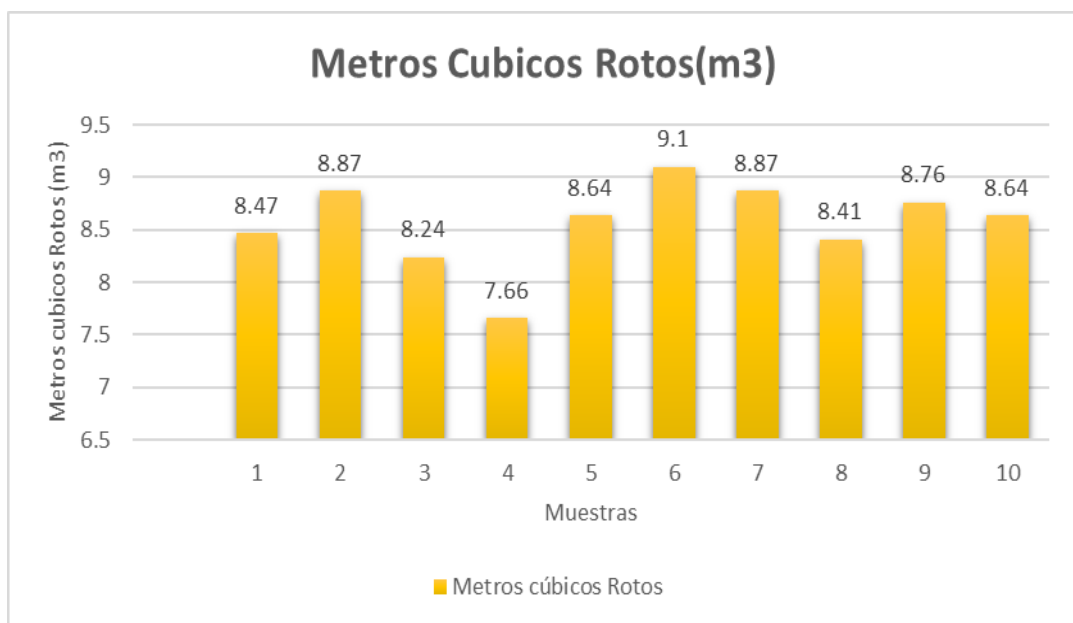
Factor de carga por voladura con Jack leg 250X



Fuente: Elaboración propia

Figura 15:

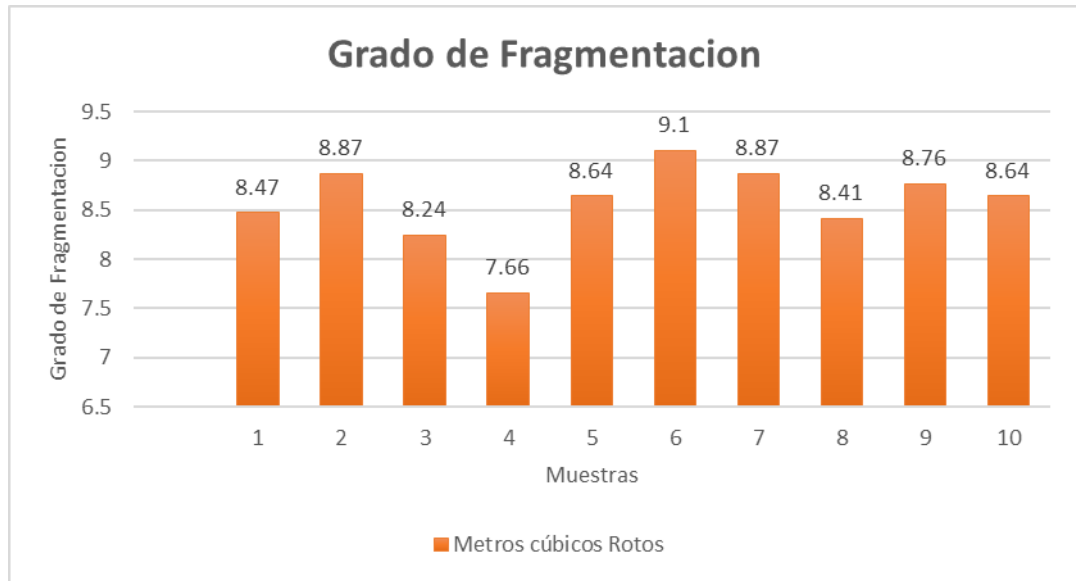
Metros cúbicos rotos por voladura con jackleg 250X



Fuente: Elaboración propia

Figura 16:

Grado de fragmentación con jackleg250X



Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Presentación de datos del jumbo MUKI FF

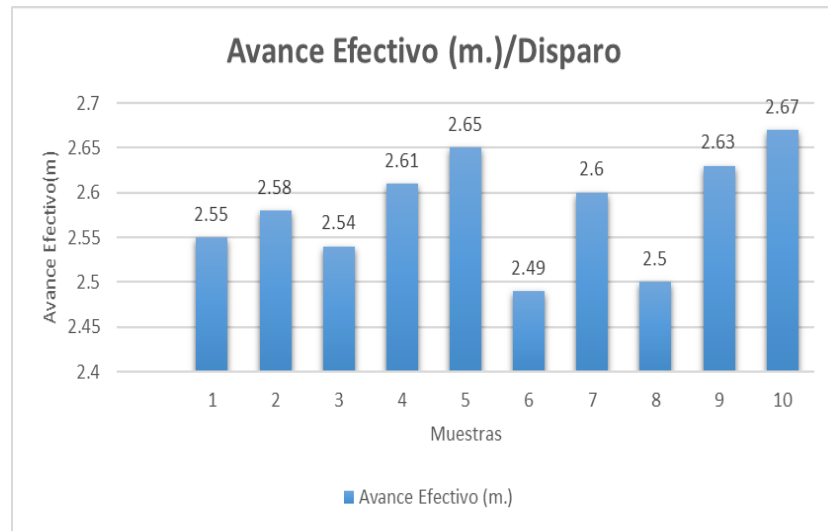
Tabla 20: Perforación y voladura jumbo MUKI FF

<i>Muestra</i>	<i>Avance Efectivo (m.)</i>	<i>Grado de Fragmentación</i>	<i>Factor de carga Kg/m3.</i>	<i>Metros cúbicos Rotos</i>
1	2.55	0.22	3.27	14.69
2	2.58	0.21	3.24	14.86
3	2.54	0.22	3.29	14.63
4	2.61	0.17	3.2	15.03
5	2.65	0.18	3.15	15.26
6	2.49	0.22	3.35	14.34
7	2.6	0.17	3.21	14.98
8	2.5	0.22	3.34	14.40
9	2.63	0.17	3.17	15.15
10	2.67	0.17	3.13	15.38
Promedio	2.58	0.2	3.24	14.87

Fuente: Elaboración propia

Figura 17:

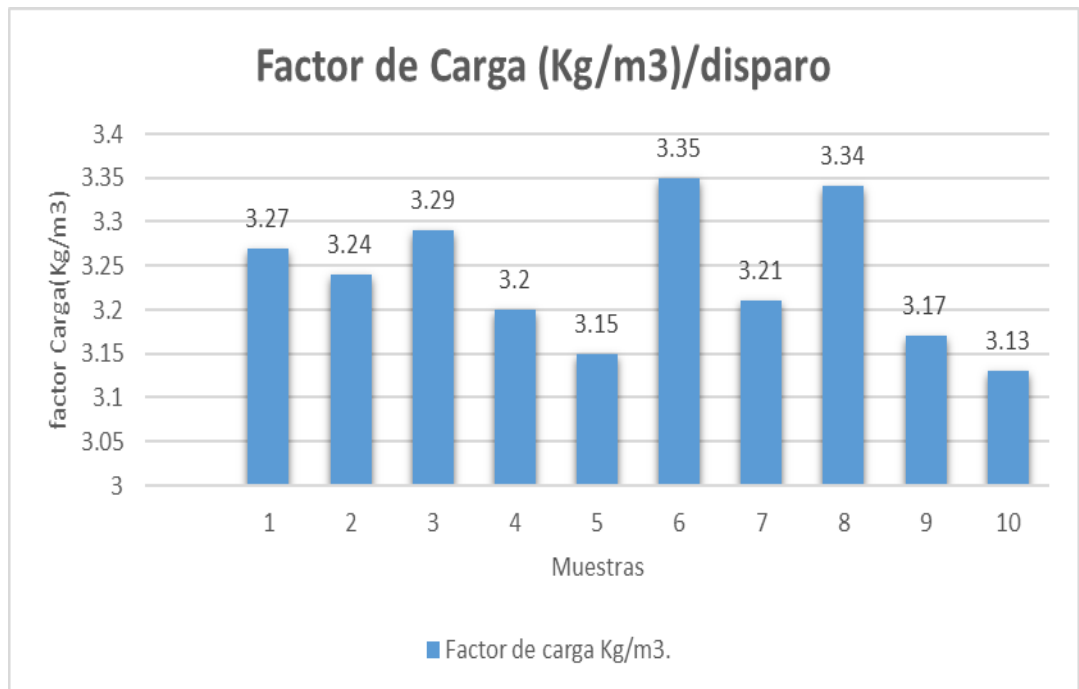
Avance lineal con el jumbo Muki FF



Fuente: Elaboración propia

Figura 18:

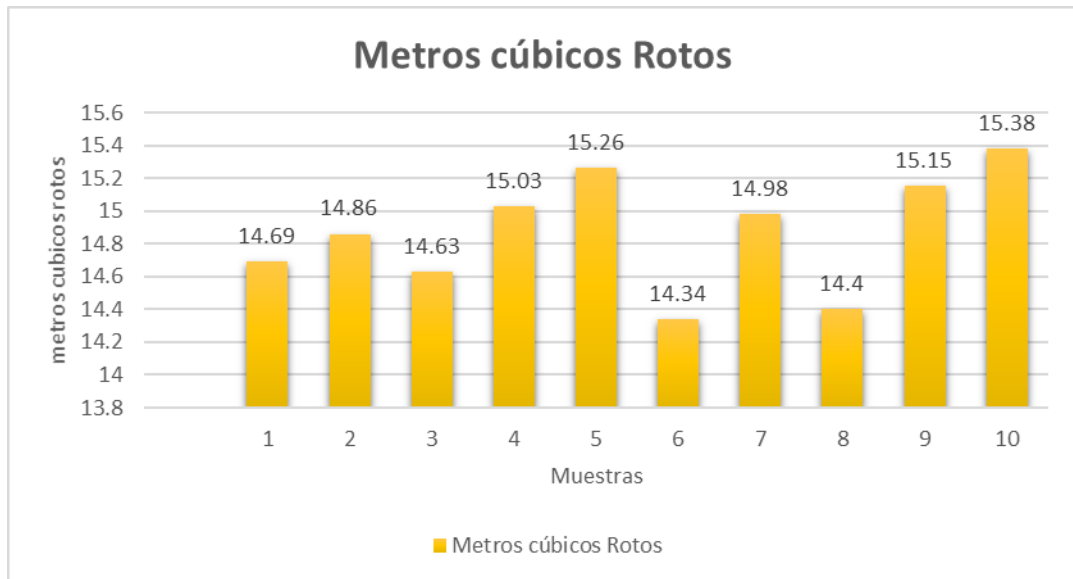
Factor de carga con el jumbo Muki FF



Fuente: Elaboración propia

Figura 19:

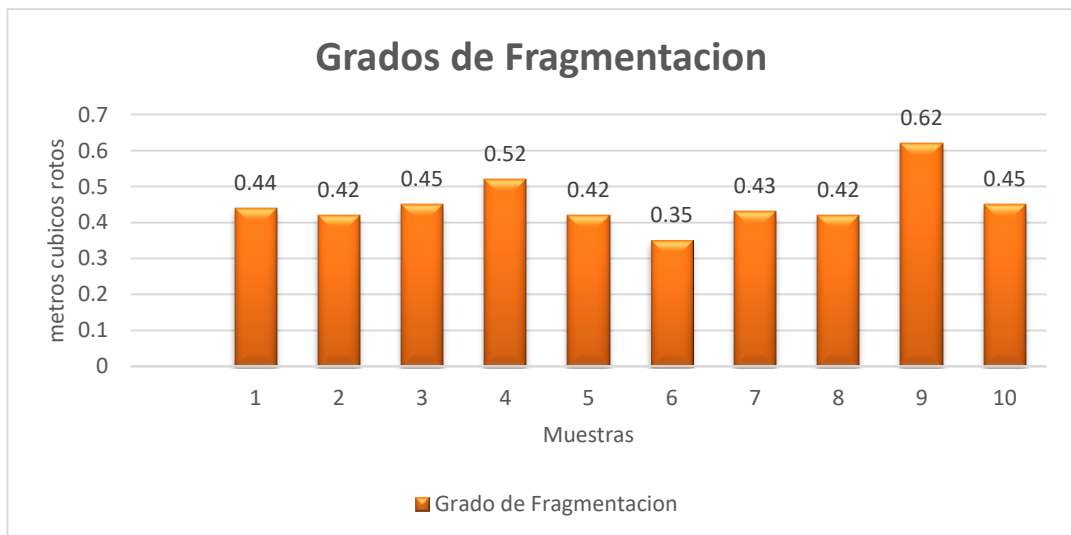
Metros cúbicos / voladura con el jumbo Muki FF



Fuente: Elaboración propia

Figura 20:

Grado de fragmentación con el jumbo Muki FF



Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Análisis de los resultados de la Jack leg 250X y el jumbo Muki FF

En el análisis de los promedios de la perforación y voladura con jackleg 250X se tiene:

- El número de taladros perforados por voladura es de 41 con barreno de 6 pies
- El promedio de avance es de 1.49 metros
- El grado de fragmentación en promedio es de 0.45, representa un 99% del total de los cubos rotos por voladura
- Se tiene un promedio de factor de carga de 3.46 kilogramos / metro³
- Los metros cúbicos rotos por voladura es de 8.57

En el análisis de los promedios de la perforación y voladura del jumbo muki FF se tiene:

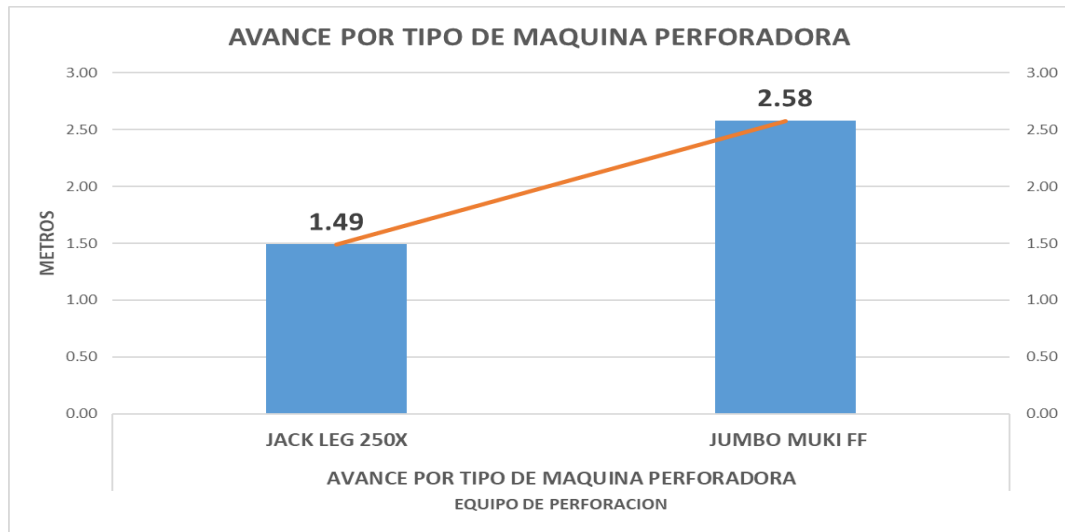
- El número de taladros perforados por voladura es de 41 con barreno de 10 pies
- El promedio de avance es de 2.58 metros
- El grado de fragmentación en promedio es de 0.20, representa un 99% del total de los cubos rotos por voladura
- El factor de carga promedio es de 3.24 kilogramos / metro³
- Los metros cúbicos rotos por voladura es de 14.87

4.2.4. Interpretación de los resultados de ambas maquinas

En la figura 22, se puede observar que la relación del avance con la perforadora Jack leg es menor en comparación con el avance de la maquina Jumbo Muki FF, teniendo 1.09 m. de avance mayor por cada voladura. Si se tiene dos voladuras por día en 25 días se tendrá un avance de 54.50 metros más por mes.

Figura 21:

Relación del avance por tipo de maquina

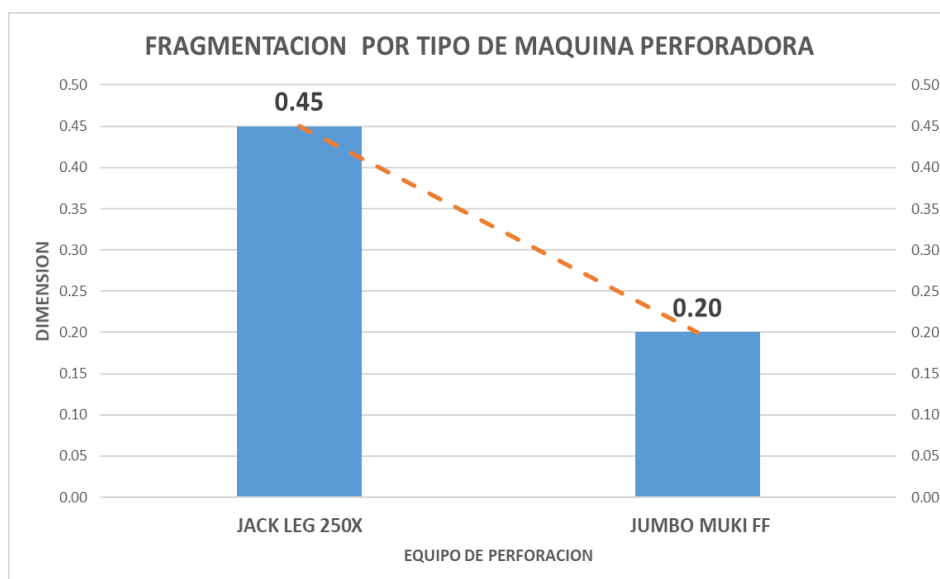


Fuente: Elaboración propia

En la figura 23, se puede observar que la relación del grado de fragmentación producto de la voladura con la perforadora Jack leg es de 0.45; con el jumbo Muki es de 0.20. Como representan el 99% del producto de la voladura, se puede observar que el producto del jumbo Muki FF es más estable y homogéneo.

Figura 22:

Relación del grado de fragmentación

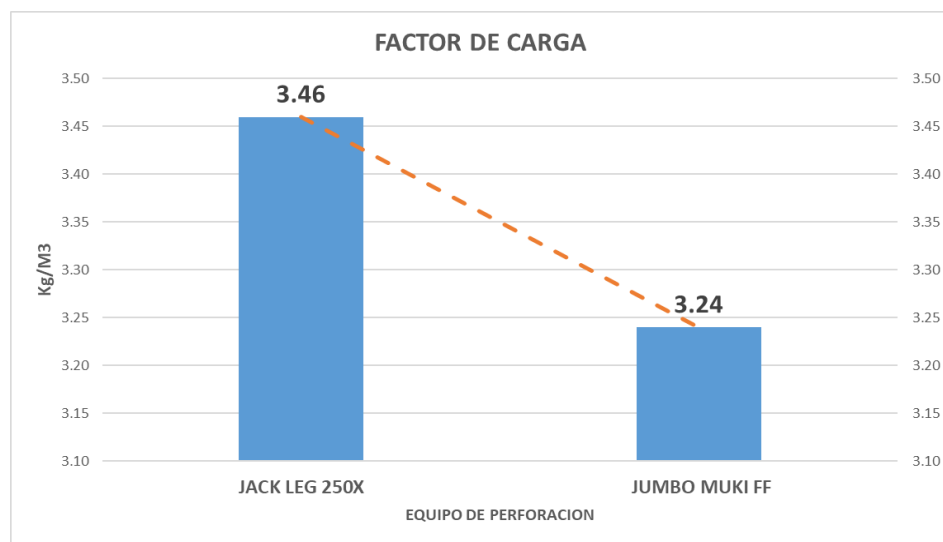


Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, se puede observar la relación del factor de carga con la perforación y voladura con la maquina Jack leg 250X es de 3.46 Kg. / m³. y con el jumbo muki FF es de 3.24 Kg. / m³. Por lo que en la perforación y voladura con la maquina Jumbo Muki FF se consume 0.22 Kg. / m³. Menos por cada voladura; por lo que cada mes se consume 69.30 kg. Menos de explosivo.

Figura 23:

Relación del factor de carga

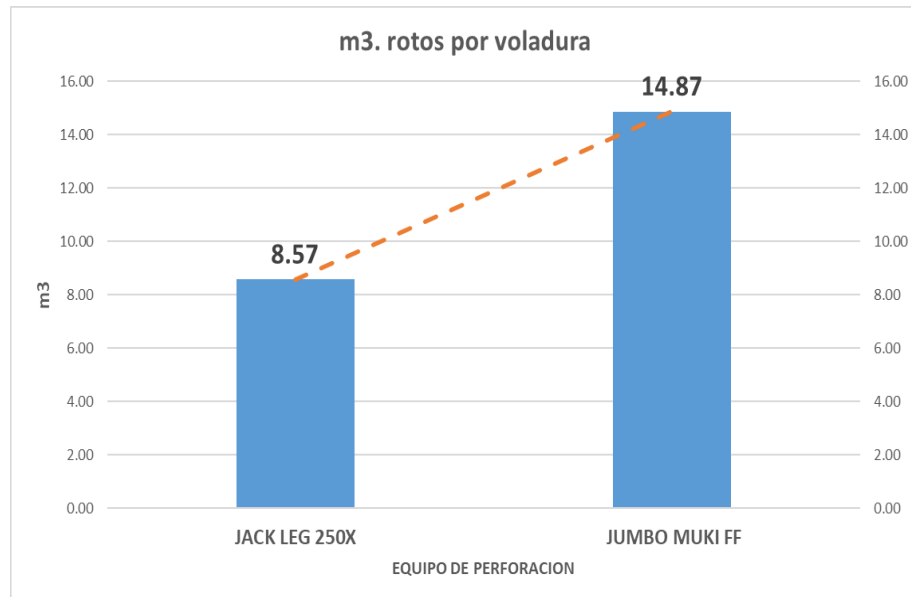


Fuente: Elaboración propia

En la figura 25, se puede observar la relación de la perforación y voladura con la Jack leg 250X se obtiene por cada voladura 8.57 m³ rotos, mientras que con el jumbo Muki FF se obtiene 14.87 m³ cubos rotos; se obtiene 6.30 m³ más por voladura y un acumulando de 315 m³ más por mes.

Figura 24:

Relación de m3 rotos



Fuente: Elaboración propia

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

Se planteo la siguiente hipótesis “La implementación del jumbo Muki FF permite optimizar los parámetros de avance de la rampa 900 en la unidad minera Yaruchagua.”. Tal como se muestra en los cálculos realizados y el análisis correspondiente existe la optimización en los parámetros de avance lineal, factor de carga y grado de fragmentación; obteniendo una mejora significativa en estos parámetros de avance de la rampa 900 tal como se muestran en los gráficos estadísticos 20, 21 y 22 respectivamente. Quedando demostrado la hipótesis planteada.

4.3.2. Hipótesis específicas

a) Prueba de la primera hipótesis específica

La primera hipótesis específica plantea: “Se optimiza el avance lineal con la implementación del jumbo Muki FF en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua”. De acuerdo con las muestras tomadas en línea base de la perforación con la máquina perforadora Jack leg 250X y luego de las muestras tomadas de la perforación con el jumbo Muki FF; que luego de realizar los cálculos y análisis correspondientes se demuestra que, con la perforación y voladura con la máquina perforadora Jack leg se tenía un promedio en el avance lineal de 1.49 metros y con la implementación del jumbo Muki FF se obtiene un promedio en el avance lineal de 2.58 metros; por lo que concluimos que se tiene una optimización en cuanto al avance lineal.

o Sostenibilidad Estadística mediante la aplicación del SPSS

Para demostrar esta hipótesis emplearemos la T de Student para datos independientes relacionados, aplicamos por tener muestras menores a 30, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis se realiza con el SPSS con los valores de las muestras tomadas de la perforación y voladura con la máquina de perforación Jack leg 250X y del jumbo Muki FF referente al avance lineal por cada voladura.

H₀: Con la implementación de la perforadora jumbo Muki FF no mejora el avance lineal en el resultado de cada voladura.

H₁: Con la implementación de la perforadora jumbo Muki FF si mejora el avance lineal en el resultado de cada voladura.; en la siguiente tabla se muestran los resultados:

Figura 25:

Prueba de la 1era Hipótesis específica

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Avance lineal	1,4930	10	,07409	,02343
	Avance lineal	2,5820	10	,06125	,01937

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Avance lineal & Avance lineal	10	,047	,896

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Avance lineal - Avance lineal	-1,08900	,09386	,02968	-1,15614	-1,02186	-36,689	9	,000

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos resultados se puede interpretar que el avance lineal era significativamente menor antes de la implementación del equipo jumbo Muki FF de la tabla anterior se tiene (**M = 1,49; SE = 0.02343**) que después del cambio del método de perforación se tiene (**M = 2,58; SE = 0.01937; t (9) = -36,689; p = 0.000 < 0.05**).

- M = Media
- SE = Error estándar
- t = Prueba T
- () = grados de libertad
- P = Nivel de significación.

Por estos resultados podemos concluir que la hipótesis nula se descarta (H₀).

b) Prueba de la segunda hipótesis específica

La segunda hipótesis específica plantea: “Se optimiza el factor de carga con la implementación del jumbo Muki FF en el avance de la rampa 900 de la

unidad minera Yaruchagua”. De acuerdo con las muestras tomadas en línea base de la perforación y voladura con la máquina perforadora Jack leg 250X y luego de las muestras tomadas de los resultados con el jumbo Muki FF: que luego de realizar los cálculos y análisis correspondientes se demuestra que, con la máquina perforadora Jack leg 250X se tenía un factor de carga promedio de 3.46 Kg. / m³. y con la implementación del jumbo Muki FF se obtiene un factor de carga promedio de 3.24 Kg. / m³. por lo que concluimos que se tiene una optimización en cuanto al parámetro del factor de carga.

o Sostenibilidad Estadística mediante la aplicación del SPSS

Para demostrar esta hipótesis emplearemos la T de Student para datos independientes relacionados, aplicamos por tener muestras menores a 30, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis se realiza con el SPSS con los valores de las muestras tomadas y su análisis correspondiente de la perforación y voladura con la máquina de perforación Jackleg 250X y del jumbo Muki FF referente al factor de carga por cada voladura.

H₀: Con la implementación de la perforadora jumbo Muki FF no mejora el factor de carga en el resultado de cada voladura.

H₁: Con la implementación de la perforadora jumbo Muki FF si mejora el factor de carga en el resultado de cada voladura.; en la siguiente tabla se muestran los resultados:

Figura 26:

Prueba de la 2da Hipótesis específica

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio				
Par 1	Factor de carga	3,4630	10	,17075	,05400				
	Factor de carga	3,2350	10	,07663	,02423				

		N	Correlación	Sig.					
Par 1	Factor de carga & Factor de carga	10	-,088	,809					

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Factor de carga - Factor de carga	,22800	,19321	,06110	,08979	,36621	3,732	9	,005

Activar Windows

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos resultados se puede interpretar que el factor de carga es significativamente mayor antes de la implementación del equipo jumbo Muki FF, en la tabla anterior se observa que, (**M = 3,4630; SE = 0.05400**), que después del cambio del método de perforación se tiene (**M = 3.2350; SE = 0.02423; t (9) = 3.732; p = 0.005 <0.05**), donde:

- M = Media
- SE = Error de estándar
- t = Prueba T
- () = grados de libertad
- P = Nivel de significación.

Por estos resultados podemos concluir que la hipótesis nula se rechaza (H₀).

4.4. Discusión de resultados

En relación con el título de la investigación “Implementación del Jumbo Muki FF para Optimizar los Parámetros de Avance de la Rampa 900 de la Unidad

Minera Yaruchagua”, se obtienen resultados bastante favorables, desde el punto de vista de la optimización del avance lineal, factor de carga y grado de fragmentación, estos resultados se pueden observar claramente en la **tabla 21**.

Tabla 21: Comparación de Resultados por tipo de maquina

Parámetro	Maquin a jack	Maquina jumbo
Numero de taladros en el frente	41	41
Avance lineal (metros)	1.49	2.58
Factor de carga (Kg. /m3.)	3.46	3.24
Metros cúbicos rotos por corte	8.57	14.87
Grado de fragmentación (pulgadas)	0.45	0.20

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, de la tabla 9 podemos deducir: Que, con la implementación del jumbo Muki FF en la perforación y voladura en el avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua, en el parámetro del avance lineal por voladura se logra una optimización muy significativa de 1.09 metros más que los resultados en la perforación y voladura con la maquina Jack leg 250X, lo cual va a incidir muy notablemente en los avances lineales por cada tiempo considerado.

Con la implementación del jumbo Muki FF en la perforación y voladura en los avances de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua, en el parámetro del factor de carga también se logra una significativa reducción del consumo de explosivos en 0.22 Kg. /m3. por cada voladura en comparación con los resultados de la máquina perforadora Jack leg 250X, si consideramos 50 voladuras por mes y 14.27 metros cúbicos por voladura estos valores indican que al mes se va consumir 156.97 kilogramos menos de explosivo; esto va a incidir muy notablemente en la

reducción del consumo de explosivos y por ende va influir en los costos de perforación y voladura.

Así mismo con la implementación del jumbo Muki FF en la perforación y voladura del avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua, en el parámetro del grado de fragmentación por voladura se logra controlar significativamente los resultados con la máquina perforadora Jack leg 250X se tiene un promedio de 0.45 por voladura y con los resultados de la perforación y voladura del jumbo Muki FF el grado de fragmentación se obtiene 0.20, este valor indica que se obtiene un óptimo grado de fragmentación en relación con la Jack leg, repercutiendo muy significativamente en los beneficios de la productividad.

CONCLUSIONES

1. Con la implementación del jumbo Muki FF en la perforación y voladura en el avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua. Por el cambio de la máquina de perforación se optimizó los rendimientos de la voladura en términos del avance lineal, inicialmente como línea base se tenía un promedio de 1.49 metros y con la implementación se tiene un promedio de 2.58 metros.
2. Con la implementación del jumbo Muki FF en la perforación y voladura en el avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua. Por el cambio de la máquina de perforación se optimizó los rendimientos de la voladura en términos del factor de carga, inicialmente como línea base se tenía un promedio de 3.46 kilogramos por metro cubico de rotura de la roca y con los resultados del jumbo Muki FF se pudo reducir el factor de Carga a 3.24 kilogramos por metro cubico de rotura de la roca.
3. Con la implementación del jumbo Muki FF en la perforación y voladura en el avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua. Por el cambio de la máquina de perforación se optimizó los rendimientos de la voladura en cuanto al grado de fragmentación. Los resultados obtenidos con la maquina jackleg es de 0.45 y con la implementación del jumbo Muki FF se llega a un promedio de 0.20.
4. Con la implementación del jumbo Muki FF en la perforación y voladura en el avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua. Por el cambio de la máquina de perforación no se realizó un rediseño de la malla de perforación se mantiene el mismo diseño de malla de perforación de línea base que está conformada por 41 taladros; 5 taladros de alivio y 36 taladros cargados.
5. Con la implementación del jumbo Muki FF en la perforación y voladura en el avance de larampa 900 de la unidad minera Yaruchagua. Por el cambio de la

máquina de perforación del jumbo Muki FF se observa mejores resultados en cuanto al perfil del perímetro de la labor es más homogéneo todo el contorno de la rampa, se puede observar las medias cañas.

RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda realizar un rediseño de la malla de perforación para la operación del jumbo Muki FF, para seguir optimizando los parámetros de perforación y voladura. Ya que este equipo es más sofisticado, robusto y con mayor estabilidad en comparación con la Jack leg 250X.
- 2.** Se recomienda considerar el cambio del diámetro de la broca de perforación en los taladros de alivio, debe ser mayor que el diámetro de los taladros de producción para mejorar los rendimientos de la voladura, Por el principio de la cara libre se va a optimizar los parámetros de la perforación y voladura.
- 3.** Se recomienda controlar y mejorar la longitud efectiva de perforación para lograr mejores resultados en el avance lineal por cada voladura. Ya que de acuerdo con la investigación se está perforando una longitud de 2.74 metros con barrenos de 10 pies.
- 4.** Se recomienda capacitar al personal referente a las propiedades y el manejo de los explosivos con el objetivo de mejorar el carguío de los taladros y obtener mejores resultados en la voladura y optimizar el factor de carga.
- 5.** Se recomienda realizar una investigación de cálculos de costos y beneficios al implementar la máquina de perforación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mamani, C. (2016).** Tesis Diseño de Perforación y Voladura y su Incidencia en los Costos Unitarios en el Balcón III de la Compañía Minera Ananea S.A. Puno, Perú.
- Chipana, M. (2015).** Tesis Diseño de Perforación y Voladura para Reducción de Costos en el Frente de la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis Corporación Minera Ananea S.A. Puno, Perú: Universidad del Altiplano.
- EACH CHUNGAR, E. (de 2014).** Cartilla de Perforación y Voladura. Lima, Perú.
- Enaex S.A. (2001).** Curso de Manejo de Explosivos. Santiago, Chile.
- EXSA S.A. (2015).** Manual Práctico de Voladura. Lima, Perú: Departamento Técnico de EXSA S.A.
- Famesa Explosivos SAC. (2016).** Obtenido de:
<http://www.famesa.com.pe/productos/altos-explosivos/emulnor/>
- FAMESA, E. (2019).** Manual de Perforación y Voladura. Lima, Perú: Editorial COSAS.
- López, C. (2005).** Ingeniería de Túneles. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- López, C. (2012).** Manual de Perforación y Voladura de Rocas. Madrid: Tercera Edición.
- Tolentino, V. (2012).** Métodos de Excavación de Túneles Perforación y Voladura. UNI-Perú.
- VALDERRAMA, S. (2002).** Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Editorial San Marcos – Perú.

ANEXOS

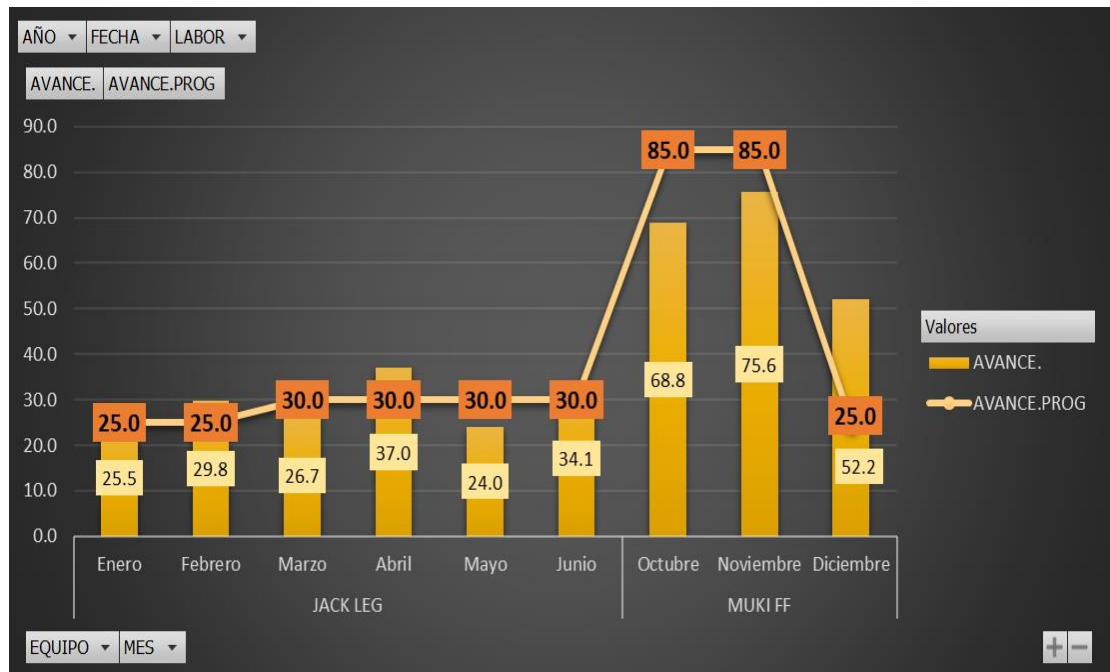
PROGRAMA MENSUAL DE AVANCES RAMPA 900

Tabla 09 Informe mensual de avances Rampa 900

AÑO	2022		
FECHA	(Todas)		
LABOR	(Todas)		
CUMPLIMIENTO DE AVANCES			
EQUIPO	MES	AVANCE.	AVANCE.PROG
JACK LEG	Enero	25.5	25.0
	Febrero	29.8	25.0
	Marzo	26.7	30.0
	Abril	37.0	30.0
	Mayo	24.0	30.0
	Junio	34.1	30.0
Total JACK LEG		177.0	170.0
MUKI FF	Octubre	68.8	85.0
	Noviembre	75.6	85.0
	Diciembre	52.2	25.0
Total MUKI FF		196.6	195.0
Total General		373.6	365.0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 27: Histograma informe mensual de avances Rampa 900



Fuente: Elaboración Propia

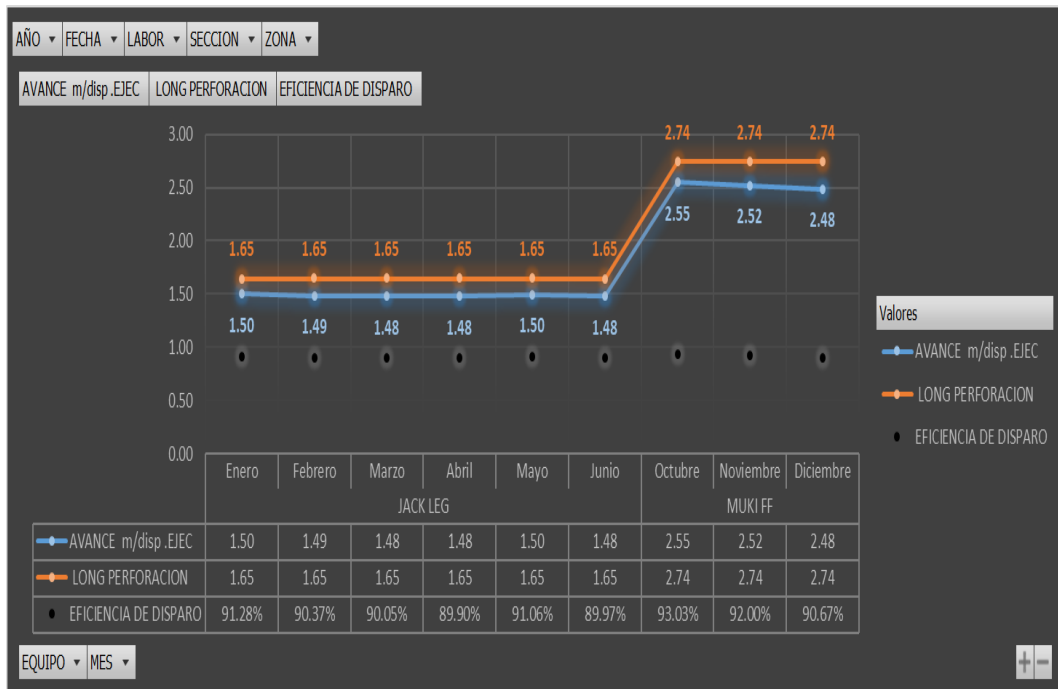
INFORME DE EFICIENCIA DE DISPARO RAMPA 900

Tabla 10: Informe eficiencia de disparos rampa 900

		EFICIEN	
EQUIP	MES	AVANCE m/disp .Ejec	AVANCE m/disp.Prog
JACK LEG	Ener	1	1
	o	.	.
	Febre	5	6
Total JACK LEG		1	5
MUKI FF	Octub	2	1
	re	.	.
Total MUKI FF		2	.

Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Histograma eficiencia de disparos rampa 900



Fuente: Elaboración Propia

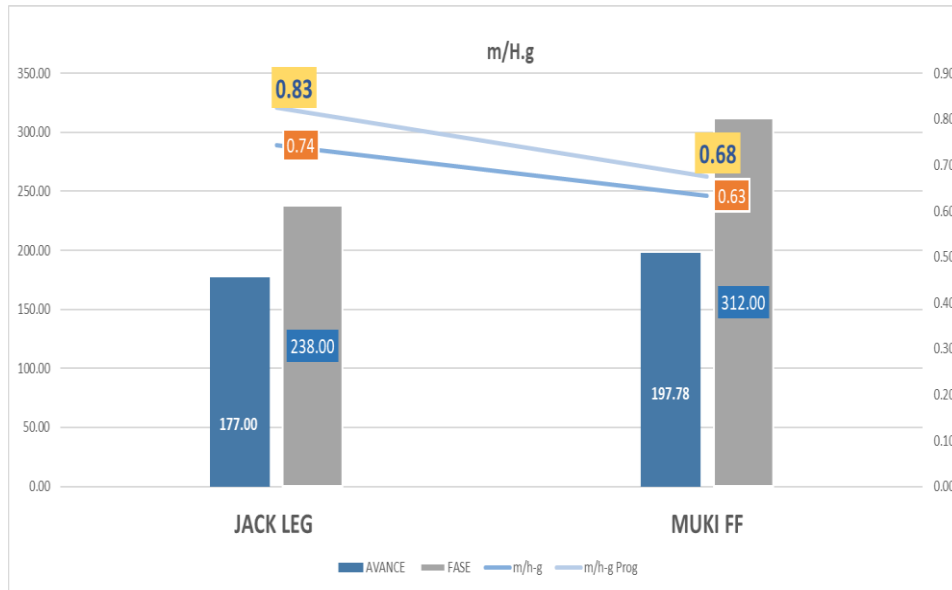
INFORME DE RESULTADO DE METROS/HORAS HOMBRE GUARDIA DE LA RAMPA 900

Tabla 11: Informe de metros/horas hombre guardia de la rampa 900

Metros / Horas Hombre guardia		
	JACK LEG	MUKI FF
AVANCE	177.00	197.78
FASE	238.00	312.00
m/h-g	0.74	0.63
m/h-g Prog	0.83	0.68

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Histograma Horas Hombre guardia de la rampa 900



Fuente: Elaboración Propia

LIQUIDACION DE AVANCE

Tabla 12: Liquidación de avance

LIQUIDACION DE AVANCE			
Etiquetas de fila	AVANCE (m)	Total Avances S/.	
RP.900	354.2	S/	890,469.65
JACKLEG	177.1	S/	453,547.81
ENERO	25.5	S/	65,304.74
FEBRERO	29.8	S/	76,316.91
MARZO	26.7	S/	68,377.90
ABRIL	37	S/	94,755.89
MAYO	24	S/	61,463.28
JUNIO	34.1	S/	87,329.08
JUMBO FF	177.1	S/	436,921.85
OCTUBRE	49.8	S/	122,861.14
DICIEMBRE	52.2	S/	128,782.16
NOVIEMBRE	75.1	S/	185,278.55
Total general	354.2	S/	890,469.65

Fuente: Elaboración propia

LIQUIDACION DE SOSTENIMIENTO

Tabla 13: liquidación de sostenimiento

LIQUIDACION DE SOSTENIMIENTO			
Etiquetas de fila	MEDICION	P.U. S/.	Total Sost S/.
JACKLEG			
RP.900	407.0	S/ 87.41	S/ 16,468.39
Malla Electrosoldado	44.0	S/ 17.20	S/ 756.58
m2	44.0	S/ 17.20	S/ 756.58
Split Set	363.0	S/ 70.22	S/ 15,711.80
2'00	9.0	S/ 26.51	S/ 238.59
5'00	354.0	S/ 43.71	S/ 15,473.22
JUMBO FF			
RP.900	513.0	S/ 87.41	S/ 18,458.73
Malla Electrosoldado	132.0	S/ 17.20	S/ 2,269.75
m2	132.0	S/ 17.20	S/ 2,269.75
Split Set	381.0	S/ 70.22	S/ 16,188.98
2'00	27.0	S/ 26.51	S/ 715.76
5'00	354.0	S/ 43.71	S/ 15,473.22
Total general	920.0	S/ 174.83	S/ 34,927.11

Fuente: Elaboración propia

COMPARATIVO DE COSTO TOTAL JACK LEG Y JUMBO FF

Tabla 14: Comparativo De Costo Total Jack Leg Y Jumbo FF

CONPARATIVO TOTAL S/.			
EQUIPO	TIPO	TOTAL S/.	TOTAL S/.
JACK LEG	AVANCE	S/ 453,547.81	S/ 470,016.19
	SOSTENIMIENTO	S/ 16,468.39	
JUMBO FF	AVANCE	S/ 436,921.85	S/ 455,380.58
	SOSTENIMIENTO	S/ 18,458.73	
			-S/ 14,635.62

Fuente: Elaboración propia

REGISTRO DE DATOS DE MUESTRAS DE LA PERFORACION Y**VOLADURA CON LA MAQUINA JACK LEG 250X**

N° de	Avan	Explosi	Factor de	Grado de	Metros
41	1.4	29.6	3.4	0.4	8.4
41	1.5	29.6	3.3	0.4	8.8
41	1.4	29.6	3.5	0.4	8.2
41	1.3	29.6	3.8	0.5	7.6
41	1.5	29.6	3.4	0.4	8.6
41	1.5	29.6	3.2	0.3	9.1
41	1.5	29.6	3.3	0.4	8.8
41	1.4	29.6	3.5	0.4	8.4
41	1.5	29.6	3.3	0.6	8.7
41	1.5	29.6	3.4	0.4	8.6

REGISTRO DE DATOS DE MUESTRAS DE LA PERFORACION Y**VOLADURA MAQUINA JUMBO MUKI FF**

N° de	Avan	Explosi	Factor	Grado	Metros
41	2.55	48.09	3.27	0.22	14.69
41	2.58	48.09	3.24	0.21	14.86
41	2.54	48.09	3.29	0.22	14.63
41	2.61	48.09	3.20	0.17	15.03
41	2.65	48.09	3.15	0.18	15.26
41	2.49	48.09	3.35	0.22	14.34
41	2.60	48.09	3.21	0.17	14.98
41	2.50	48.09	3.34	0.22	14.40
41	2.63	48.09	3.17	0.17	15.15
41	2.67	48.09	3.13	0.17	15.38

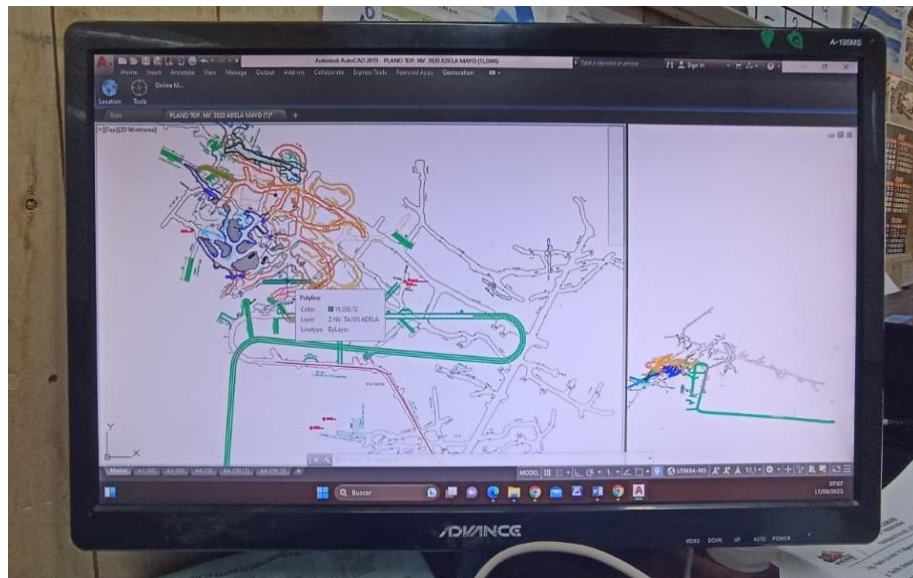
EQUIPOS

Figura 29: Flexómetro



Fuente: Elaboración propia

Figura 30: PC para registrar datos



Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Estación Total



Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Carguío de explosivos



Fuente: Elaboración propia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
<p>General</p> <p>¿Es posible optimizar los parámetros de avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua con la implementación del jumbo Muki FF?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>a) ¿La implementación del jumbo Muki FF permite optimizar el avance lineal de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua?</p> <p>b) ¿La implementación del jumbo Muki FF permite optimizar el factor de carga de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua?</p>	<p>General</p> <p>Optimizar los parámetros de avance de la rampa 900 con la implementación del jumbo Muki FF en la unidad minera Yaruchagua.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a) Optimizar el avance lineal de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua con la implementación del jumbo Muki FF.</p> <p>b) Optimizar el factor de carga en el avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua con la implementación del jumbo Muki FF.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La implementación del jumbo Muki FF permite optimizar los parámetros de avance de la rampa 900 en la unidad minera Yaruchagua.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>a) Se optimiza el avance lineal con la implementación del jumbo Muki FF en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua.</p> <p>b) Se optimiza el factor de Carga con la implementación del jumbo Muki FF en el avance de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>X: Implementación del jumbo Muki FF en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua.</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Y: Optimizar los parámetros de avance en la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua.</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>El desarrollo de la investigación es de carácter aplicativo por los objetivos que se han determinado en este proyecto, el trabajo de la investigación está centrado en el nivel descriptivo, correlacional y explicativo.</p> <p>Método de investigación</p> <p>el método es lógico, inductivo, sintético y de análisis, asimismo se emplea el método empírico mediante la observación investigativa.</p>	<p>Población</p> <p>Conformado por el proyecto de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua.</p> <p>Muestra</p> <p>Avance de 100 metros de la rampa 900 de la unidad minera Yaruchagua</p>

Fuente: Elaboración propia