

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Trabajo de Investigación

**Mejora de los rendimientos de avance por  
disparo en la Cía. Minera Chungar S.A.C.**

Marco Antonio Ayuque Carrera

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradecer a Dios por darme la vida, por su amor infinito y misericordioso. Por bendecirme cada día de mi vida, por permitirme cumplir el sueño de ser un gran profesional.

Al Ing. Miguel Córdova Solís por su apoyo incondicional en guiarme en la elaboración, orientación y motivación de este importante proyecto de investigación.

A la Universidad Continental por acogerme durante estos años de estudio y formarme como un excelente profesional y a cada uno de los docentes y catedráticos de esta alma mater líder en la región centro.

## **DEDICATORIA**

A mi Esposa y compañera de toda la vida Maribel María, por darme dos hijos maravillosos y apoyarme día tras día en mis proyectos.

A mis hijos José Eduardo y Diego Armando Ayuque Salinas por su amor infinito y darme fuerzas para salir adelante.

A mis padres Marcelino y Margarita, quienes me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y a sus consejos de siempre para llegar a ser un gran profesional

## **RESUMEN**

Actualmente, la minería viene a ser una de las fuentes más importantes de la economía del país, es por ello que las empresas actuales buscan optimizar sus operaciones y hacer de ellas cada más rentables.

Dentro del proceso operativo de la minería y en particular la minería subterránea, se tienen dos objetivos importantes, uno de ellos es llevar una operación rentable y segura que genere ingresos y ganancias positivos, y lo otro es evitar todo tipo de accidentes e incidentes.

Es por ello que uno de los procesos más importantes para la preparación y desarrollo de la mina inicia con la perforación y voladura de los frentes de avance para así llegar a los recursos mineralizados y poder extraer el mineral requerido.

Por tal motivo enfocándonos en la problemática que se tiene en este proceso operativo, hemos desarrollado un estudio de mejora en los rendimientos de avance por disparo en la Cía. minera Chungar SAC.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

En la actualidad la problemática principal de toda operación minera es el bajo rendimiento en cada uno de sus procesos operativos y una ellas, y quizás la más importante es lograr obtener los rendimientos óptimos de avance por disparo.

Para compañía Minera Chungar SAC, el objetivo a corto plazo es lograr 3.3 metros mínimo por disparo con barras de 12 pies de longitud, sin embargo, los resultados actuales no pasan los 3 metros por disparo, lo que esto genera a mediano y largo plazo son los sobre costos en preparación y desarrollo de la mina.

En coordinación con la Superintendencia de Mina se ha efectuado trabajos de evaluación, seguimiento, propuestas y planes de acción en la operación de avances y desarrollo para mejorar los rendimientos de metros de avance por disparo.

Al no poder alcanzar estos resultados estaremos generando baja eficiencia en preparación de la mina como también afectando la producción a corto y mediano plazo.

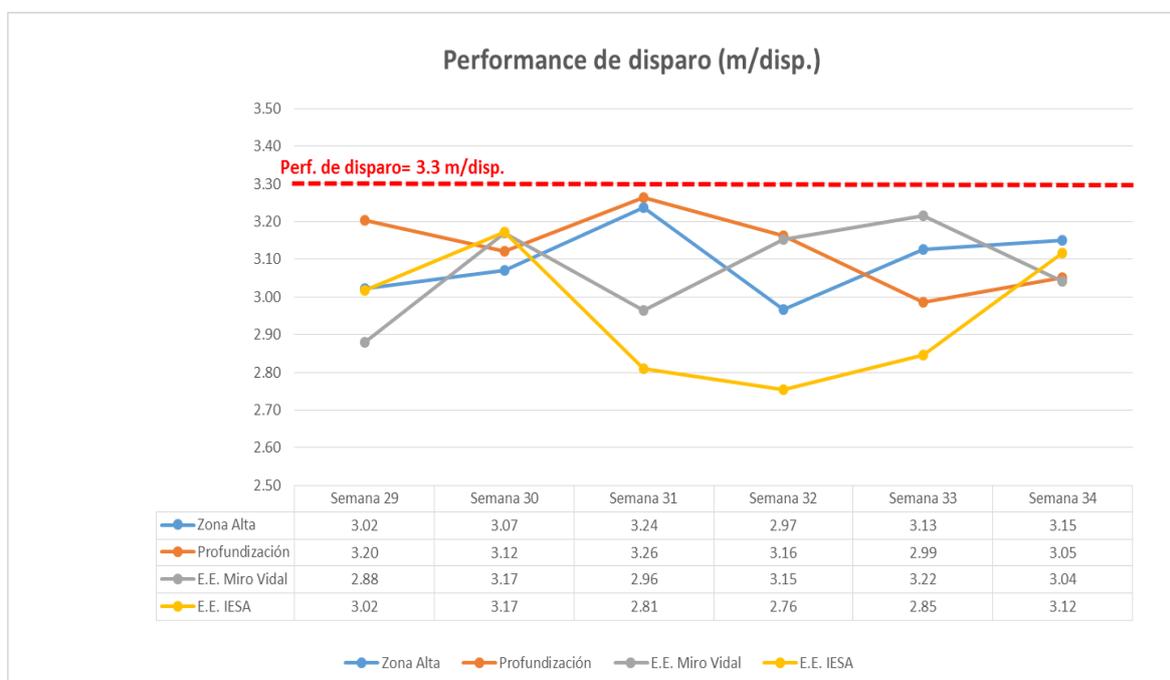
Los Ingenieros de Perforación y voladura de la Unidad Minera Chungar SAC, vienen trabajando para encontrar la causa raíz de la problemática, buscando alternativas de solución, para ello con el soporte de las empresas (EXSA, FAMESA, ROCK TOULS, EPIROC), buscan alternativas para alcanzar el resultado requerido por la CIA, Inclusive con el soporte del mismo personal involucrado (Perforistas, Cargadores, ayudantes, supervisores técnicos e ingenieros).

Dicho proceso es una de las actividades donde muchas empresas buscan alternativas de mejora en sus resultados operativos.

El consumo excesivo de los aceros de perforación, explosivos, horas máquina, horas hombre y otros materiales, hacen de este proceso el más complicado, pero no imposible de mejorar en la actividad minera, ya sea en subterránea o superficial, para ello con la ejecución del presente proyecto se podrá encontrar y mejorar los resultados y sucesivamente alcanzar a la CIA la alternativa de mejora.

El seguimiento al proceso de perforación y voladura efectuados en la zona de Compañía se iniciaron previa coordinación con la superintendencia de Mina y las jefaturas de zona.

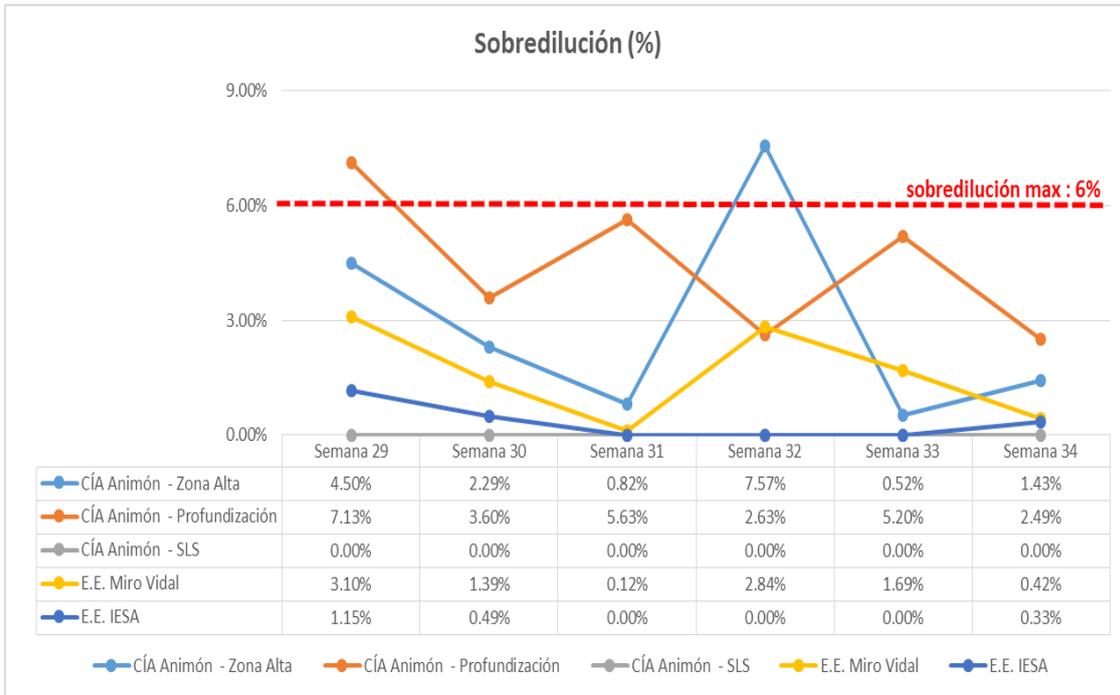
Figura 1



Fuente: Costos y productividad – Cía. minera chungar SAC

En la figura N°1 se puede observar el performance de las últimas 6 semanas, donde en ninguna de ellas se logra el objetivo planeado (3.3 m/disp.), existe rendimientos bastante bajos, para ello realizaremos el plan para mejorar cada uno de estos indicadores en todas las zonas, tomaremos una muestra y ello será plasmado en las demás.

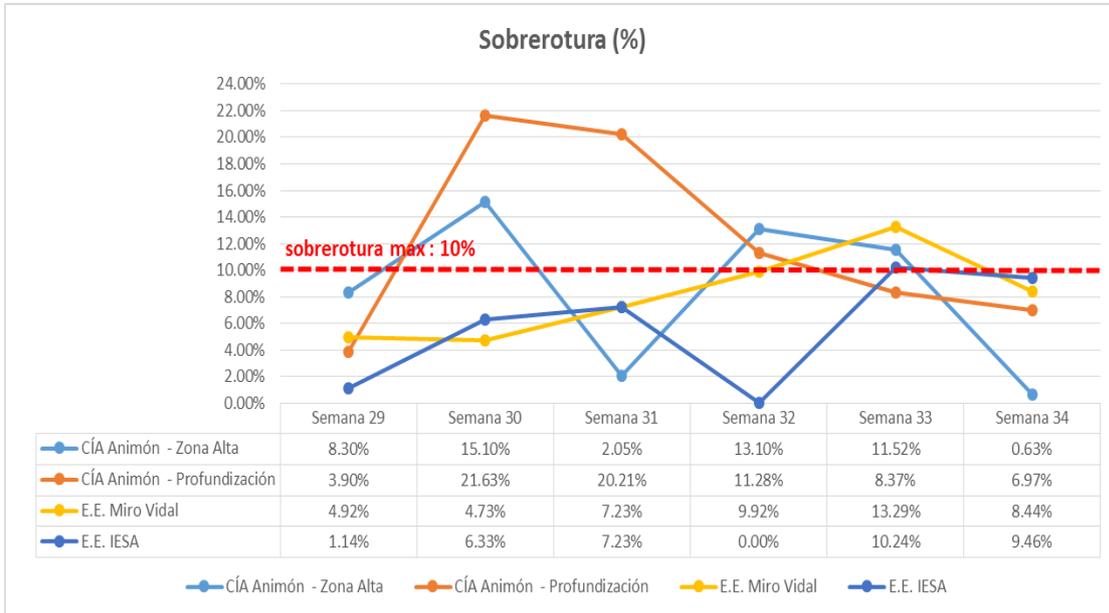
Figura 2



Fuente: Costos y productividad – Cía. minera chungar SAC

La sobre dilución es otro de los factores influyentes dentro del control de la perforación y voladura, donde existe cierto mejoramiento en promedio, ello nos indica que se viene aplicando técnicas de control en mallas de perforación y paralelismo.

Figura 3

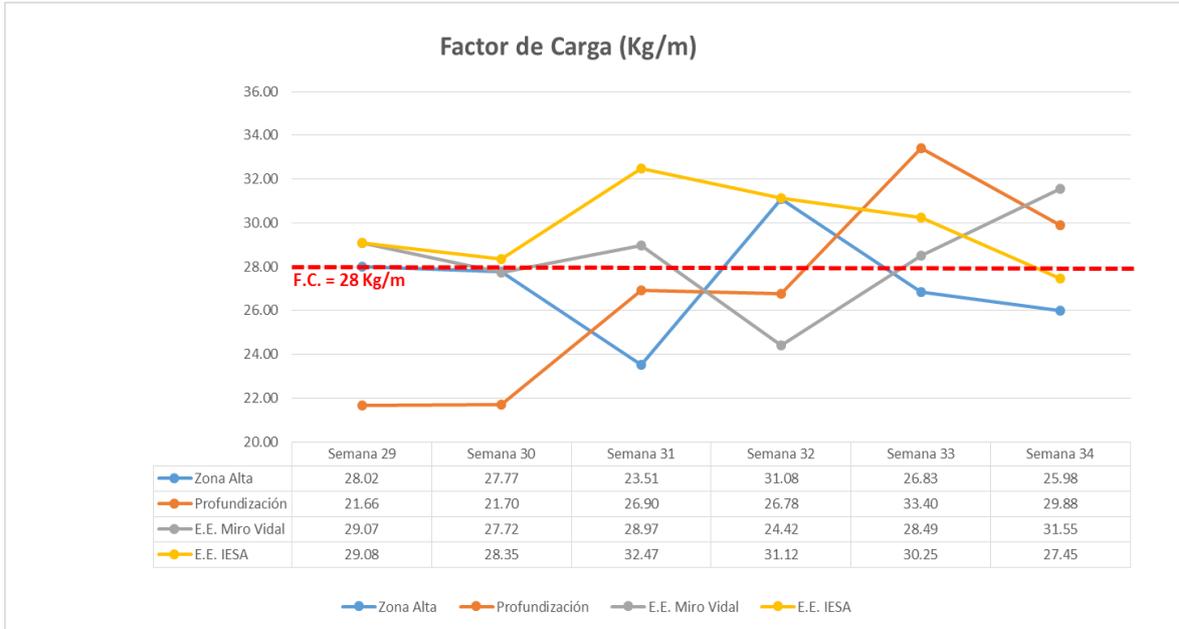


Fuente: Costos y productividad – Cía. minera chungar SAC

En la figura N° 3, se observa un escenario diferente al de la fig. N° 2, donde podemos observar que no existe el control en cuanto al porcentaje de sobre rotura, como objetivo del plan de minado 2018 se nos da como máximo un 10% de sobre rotura sin embargo la falta de control y técnicas de perforación y voladura excede en lo planificado.

El exceso de sobre rotura genera mayor gasto extra en tiempo de limpieza, mayor generación de volumen de material, mayor consumo en sostenimiento, esto no es favorable para la compañía toda vez que a pesar de los bajos rendimientos en avance venimos generando condiciones de sobre costo de operación.

Figura 4



Fuente: Costos y productividad – Cía. minera chungar SAC

Para toda voladura subterránea, se tiene un factor de carga estándar de acuerdo al dimensionamiento de la labor, sin embargo, para este caso se puede observar un planificado de factor de carga de 28 kg/metro lineal, sin embargo, nuevamente la falta de control en el consumo de explosivos excede de lo planificado, generando mayor consumo y sobre costo en explosivos, esto también genera condiciones de seguridad como puede ser la inestabilidad del macizo rocoso.

## **1.1.2 Formulación del problema**

¿Qué escenarios nos ayudaría a mejorar esta problemática?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivos generales**

- Controlar los factores que influyen en la baja productividad de avance, para mejorar y alcanzar niveles óptimos de rendimiento.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Alcanzar el promedio óptimo requerido, para una perforación de frente de avance con barra de 12 pies, se desea estandarizar los avances en 3.3mts lineales/disparo.
- Reducir los niveles de sobre excavación y sobre dilución, generados por prácticas inadecuadas de perforación y voladura.
- Realizar pruebas, con diferentes mallas de perforación para encontrar posibles deficiencias en el proceso.
- Capacitación y entrenamiento a los colaboradores en las buenas prácticas de perforación y voladura en frentes de avance.

### 1.3. Justificación e importancia

El presente proyecto de investigación, se justifica de manera práctica y teóricamente, porque se aplica información relevante de profesionales conocedores de la materia y archivos existentes en la unidad minera, donde se viene trabajando día a día para alcanzar los objetivos que exige la compañía.

Se justifica de manera práctica, porque la problemática es diaria, donde se viene buscando una alternativa de solución para mejorar los resultados operativos.

Si hablamos de justificación metodológica, es porque encontraremos una solución a la problemática que viene sucediendo dentro de la compañía, con el soporte y asesoramiento de las diversas áreas involucradas y comprometidas con la operación.

Figura 5



Fuente: propia de campo

En la figura 5, se observa el pintado de una buena malla de perforación esto nos ayudara a mantener un buen paralelismo de los taladros durante la perforación y mucho más con el uso de guidores.

Figura 6



Fuente: propia de campo

En la figura 6, se muestra un buen posicionamiento del brazo de perforación y el uso del guiador, que nos ayuda a mantener un adecuado paralelismo y perforación óptima de los 12 pies.

## **1.4 Hipótesis y variables**

### **1.4.1 Hipótesis General**

- El resultado óptimo de avance por disparo de 12 pies con un avance de 3.3 metros nos genera mayor rendimiento y preparación de la mina.

### **1.4.2 Hipótesis Específicos**

- La obtención de los buenos resultados optimiza los recursos y reducción de costos en preparación y desarrollo de la mina
- Identificar, evaluar y controlar las deficiencias mejorara nuestros rendimientos y por consecuencia poder alcanzar los objetivos esperados.
- Los sobre costos generados por consumo de aceros, explosivos, equipo, mano de obra y demás serán justificados bajo la obtención de mejora en los resultados operativos.

### **1.4.3 Descripción de variables**

La clasificación de la variable será detallada en la siguiente tabla

Tabla 1. Cuadro de variables, definición e indicadores de la investigación

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>INDEPENDIENTE: Técnicas de mejora de los rendimientos de avance por disparo en la CIA minera chungar SAC</p>	<p>El estudio de investigación para mejora de los resultados operativos tendrá un alcance significativo en las buenas prácticas de perforación y voladura de CIA minera chungar.</p>	<p>metros por disparo</p> <p>Kilogramos de explosivos utilizados para un frente de avance de sección 4x4</p> <p>Operativa en voladura</p>	<p>Barras de perforación de 12 pies de longitud</p>
		<p>Factor de carga óptimo 28 kg por metro de avance</p>	
		<p>Cantidad de explosivos necesaria a utilizar</p> <p>Calidad de resultado</p>	
		<p>Guiadores para control de paralelismo</p>	<p>Técnicas de perforación y voladura</p>
		<p>Control de ingeniería</p>	<p>Pintado de las mallas de perforación</p>

<p>DEPENDIENTE: Mejorar los rendimientos de avance por disparo de 2.8 a 3.3 metros por disparo en la Cía. Minera Chungar SAC</p>	<p>En la actualidad existen diversos métodos de control para mejorar los rendimientos óptimos de avance por disparo, utilizando herramientas y criterios operacionales</p>	<p>3.3 metros lineales por disparo</p>	<p>\$ 800 por metro lineal</p>
			<p>Porcentaje de la disminución de costos en perforación y voladura</p>
			<p>Mejora de los resultados de avance por disparo</p>
			<p>Optimización de los recursos</p>

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del problema**

Los antecedentes encontrados con información nacional e internacional, se detalla en adelante para el presente trabajo de investigación.

#### **2.1.1 Antecedentes Nacionales e Internacionales**

- “Diseño de las mallas de perforación y voladura utilizando la energía producida por las mezclas explosivas”

Proyecto presentado por Víctor Ames Lara de la Universidad de ingeniería. Año 2008, con mención de maestro en Ingeniería de minas, el propósito del proyecto se basa exclusivamente en diseñar mallas de perforación con el fin de utilizar mezclas explosivas que generen mayor rendimiento de avances por disparo. El proyecto nace a raíz de la problemática que se tiene en toda operación minera donde el mencionado profesional desea analizar y aplicar la energía de una mezcla explosiva para el diseño de una malla de perforación y voladura correctamente, asimismo conocer y determinar la energía de los explosivos.

Como conclusión del proyecto se pudo resumir que, debido a la problemática en el consumo excesivo de explosivos para un frente de avance existe técnicas de mejora como reducir los costos de perforación y voladura con un explosivo más energético, así como también se mejoró la fragmentación obtenida utilizando un explosivo de menor costo (ANFO) (1)

- “Optimización de las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción de la minería de mediana escala”

Tesis presentada por Marco Antonio Calderón Navarro de la carrera profesional de Ingeniería de minas de la Universidad Nacional del centro del Perú, año 2015, el objetivo principal del proyecto de investigación está basada en la mejora de las técnicas de perforación y voladura de rocas para mejorar los avances por disparo y reducir los costos en CIA Minera MACDESA.

La problemática principal para elaborar dicho proyecto se debe a una serie de deficiencias e insatisfacción de parte de la CIA minera MACDESA en cuanto a la baja eficiencia de los avances por disparo en las labores preparación y desarrollo y como poder mejorar dichos resultados.

Se realizó una serie de seguimientos de campo encontrando escenarios distintos en las malas prácticas de diseño de mallas de perforación y consumo excesivo de los explosivos, para ello se realizó modificaciones en las mallas de perforación y la elaboración de un estándar de consumo de explosivo en la CIA Minera MACDESA.

Al finalizar el proyecto se obtuvo resultados favorables en los rendimientos de avance por disparo, se realizaron diseños de mallas de perforación en base a las clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso, así como también estandarizar el pintado de las mallas de perforación para un control estricto del paralelismo utilizando los guidores de manera obligatoria. (2)

- “Perforación y voladura de rocas en minería” proyecto de investigación del departamento de explotación de recursos minerales y obras subterráneas de la ETS de ingenieros de minas de Madrid - España 2013, autor José Bernaola Alonso, donde nos enseña algunas técnicas de perforación y voladura de rocas de la cual de esta manera se tienen dos tecnologías claramente diferenciadas: tecnología de la perforación y tecnología del diseño y ejecución de voladuras. El problema existente en la actualidad obliga realizar un análisis exhaustivo en la minería, es por ello que, para la elaboración del proyecto se considera que existe una relación intrínseca entre la perforación y la voladura, ya que puede afinarse “Una perforación posibilita una buena voladura, pero una mala perforación asegura una mala voladura”

El presente proyecto se realizó con la prueba de diversas máquinas perforadoras como también diversas calidades de explosivos para encontrar la compatibilidad entre una buena perforación y un buen resultado de avance con el explosivo adecuado. (3)

- “Operación de voladura subterránea” controles operacionales y sistemas de seguridad en la manipulación de material explosivo desde su almacenamiento hasta el uso respectivo del carguío de frentes, información relevante del centro tecnológico minero- CETEMIN.

En el presente proyecto la principal problemática se debe a los altos índices

de accidentabilidad que se tienen en cuanto a la manipulación de los explosivos de manera inadecuada, se realizan capacitaciones, entrenamientos y seguimiento en campo acerca de los cuidados y prevenciones en la manipulación adecuada de los materiales explosivos, y como resultado de todo ello se obtuvo que el personal concientice la importancia en la operación y manipulación adecuada de los explosivos para evitar accidentes recurrentes por mala utilización. (4)

- “Manual Práctico de voladura – EXSA” empresa peruana con más de 46 años en el mercado de la fabricación y comercialización de explosivos, así como también especialistas en el asesoramiento de actividades de la operación minera (Perforación y voladura de rocas) especialistas y conocedores de diversas técnicas de mejora de los rendimientos de avance en diferentes tipos de roca, con rendimientos óptimos para longitudes variables de perforación.

Exsa, conocedor de la problemática que tienen sus clientes elabora el presente manual con la finalidad de optimizar los costos en perforación y voladura de rocas con técnicas teóricas y prácticas que conllevan a obtener resultados favorables en los avances por disparo. Para ello el soporte que brinda a toda compañía minera se debe básicamente a alcanzar diseños de mallas de perforación para diferentes secciones y calidades de rocas, así como también estándares diferentes en el consumo de explosivos.

Adicional a ello el soporte técnico desde inicio de la problemática hasta la obtención favorable en los avances (5)

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Técnicas de mejora de los avances por disparo**

Para aplicar técnicas adecuadas en el diseño de perforación y voladura y obtener mejores resultados hemos podido tomar como muestra a especialistas nacionales en la materia y asesores externos en diferentes unidades mineras como son:

- Explosivos S.A. (EXSA)  
 “Técnicas de perforación y voladura de rocas en minería subterránea” (6)  
 Información técnica importante para control del consumo de explosivos en frentes de avance, así como también técnicas de diseño en mallas de perforación para diferentes tipos de rocas, parámetros de seguridad en la manipulación de explosivos.
- FAMESA Explosivos  
 “Técnicas y criterios de mejora de rendimientos de avance por disparo en minería subterránea” (7)  
 Información valiosa para la ejecución del proyecto de investigación, técnicas de obtención de buen avance por disparo, adecuada fragmentación de acuerdo a la granulometría planificada, excelente diseño de labores en túneles y galerías.

#### **2.2.1.1 Métodos y controles en perforación y voladura**

En la actualidad podemos encontrar métodos para realizar controles en perforación y voladura de rocas, dentro de ellas existen procedimientos para realizar un trabajo seguro bajo los estándares operacionales que exige la ley.

“Procedimientos de trabajo seguro en perforación y voladura de rocas” (8), El Ministerio de energía y minas elabora un decreto supremo referente a las diversas actividades que se realizan en una operación minera bajo ciertos lineamientos y estándares internacionales los cuales son debidamente ejecutados en una operación minera.

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **Jumbo (Equipo de Perforación)**

“Es una máquina diseñada para realizar labores subterráneas de forma rápida y automatizada: avance de túneles y galerías, perforación transversal, banqueo con barrenos horizontales y minería por corte y relleno, entre otras” (9)

### **Barra o vástago de perforación**

“Es una barra de acero larga, cuadrada o hexagonal, con un orificio perforado en el centro para proveer un trayecto de fluido” (10)

### **Brocas Helicoidales**

“Las brocas helicoidales son herramientas de corte por el extremo, utilizadas para producir perforaciones en casi toda clase de materiales” (11)

### **Explosivos**

“Un explosivo es aquella sustancia que por alguna causa externa (roce, calor, percusión, etc.) se transforma en gases; liberando calor, presión o radiación en un tiempo muy breve. Hay muchos tipos de explosivos según su composición química” (12)

### **Paralelismo de los taladros durante la perforación**

“Mantener una adecuada perforación controlando el paralelismo y evitando la desviación, encontraremos como resultado una eficiente perforación del frente de avance” (13)

### **Malla de perforación**

“Se entiende a un conjunto de taladros que se perforan en un frente y que tienen una ubicación, dirección, inclinación y profundidad determinados” (14)

### **Optimización**

“En matemáticas e informática, método para determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso o sistema para que el resultado sea el mejor” (15)

**ANFO**

“Es un explosivo tipo agente de voladura conformado por una mezcla de nitrato de amonio, biodiesel o mezclas de hidrocarburos con poca resistencia al agua” (16)

**Estándares operacionales**

“Procedimiento operativo estándar, es un conjunto de instrucciones que describe todos los pasos y actividades relevantes de un proceso o procedimiento” (17)

**Perforación en minería**

“El propósito de la perforación es abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar el explosivo y sus accesorios” (18)

**Voladura**

“Acción de fracturar o fragmentar la roca, el suelo duro, el hormigón o de desprender algún elemento metálico, mediante el empleo de explosivos” (19)

**Sensibilización**

“Concienciación e influencia sobre una persona para que recapacite y perciba el valor o la importancia de algo”. (20)

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Métodos y alcance de la investigación

De acuerdo a la naturaleza del trabajo de investigación y las características del proyecto, el método es **cuantitativo y de alcance de tipo descriptivo**, el estudio se refiere al incremento de rendimiento de longitud de avance de perforación y voladura de rocas en la Unidad Minera Chungar de la Cía. Minera Volcán S.A.A.

La metodología consiste en desarrollar todos los procesos en mejora de los rendimientos que se encuentran por debajo de lo estimado, el alcance que debemos lograr es cumplir las expectativas exigidos por la compañía, para ello venimos trabajando conjuntamente con las áreas de soporte y especialistas de la materia como es la E.E. EXSA, quienes con su amplia experiencia en diseño de mallas de perforación y cantidad adecuada de material explosivo nos ayudarán a obtener los resultados esperados de los 3.3 metros mínimo por disparo de 12 pies de longitud.

#### 3.2 Diseño de la investigación

(21) nos dicen que la investigación no experimental es la búsqueda empírica y sistemática en la que el científico no posee control directo de las variables independientes, debido a que sus manifestaciones ya han ocurrido o a que son inherentemente no manipulables

Se tiene una población (P), en este caso la mina en explotación, que tiene

Que ser observada (O) bajo diversas características.

**O** —————> **M**

El diseño general viene a ser pre experimental.

O; La observación pre y post test

M; La muestra representada por la Compañía

### **3.3 Población y Muestra**

#### **POBLACION:**

Según (22) “La población es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matrícula en una misma universidad, o similares”.

En el caso de nuestra investigación, la población estuvo conformada por cuatro colaboradores entre ellas un perforista, un ayudante perforista, cargador de explosivos y ayudante cargador de explosivos, la labor específica fue la rampa 000 Nv. 000 Veta Principal una labor subterránea de la Compañía Minera Chungar SAC-Volcán Cía. Minera, asimismo el soporte y asesoramiento de un ingeniero supervisor y asesores técnicos de la empresa EXSA.

#### **MUESTRA:**

Siendo la muestra una parte pequeña de la población o un subconjunto de esta, que sin embargo posee las principales características de aquella, se eligió a los mismos cuatro colaboradores y a las labores de la CIA MINERA CHUNGAR SAC, quien realiza trabajos de desarrollo y explotación de la Mina. La labor analizada ha sido un frente de avance con 12 pies de perforación específicamente la zona de profundización de la Mina, dentro de ellas con el soporte de cuatro colaboradores entre perforistas y cargadores de frentes.

### **3.4 Técnicas de recolección de datos**

La técnica usada en el presente proyecto de investigación, se basa exclusivamente a la problemática que se tenía en cuanto a los bajos rendimientos de avance por disparo en la CIA minera Chungar SAC.

Para ello se aplicó diversas técnicas de mejora, lista de cotejo para el recojo de datos de operaciones mina mediante la revisión de reportes de voladura de las diferentes labores, posteriormente haciendo seguimiento en campo se corrobora dicha información, para luego iniciar con el trabajo de investigación recabando información interna y externa como proyectos de tesis, manuales y textos relacionados a la investigación.

### **3.5 Técnicas de análisis de datos**

Se utilizará programas para calcular los siguientes datos:

- Hojas de Cálculo.
- Bases de Datos
- Diseño de mallas de perforación
- Calculo de consumo de explosivos para los frentes de avance
- Reporte de perforación y voladuras anteriores

## CAPÍTULO IV

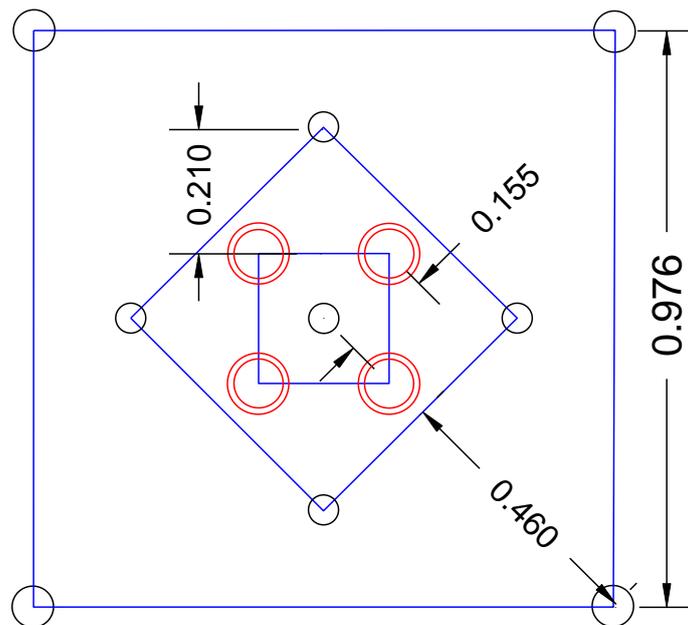
### RESULTADOS Y DISCUCION

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

En este presente capitulo se dan a conocer los resultados de la investigación, estructurados en figuras con su debido análisis e interpretación.

Figura 7

Plantilla para arranque de frentes



Propuesta y ejecución de un nuevo diseño de malla de perforación para arranques en frentes de avance, se sabe que, una buena voladura depende mucho del buen diseño de arranque, para ello se elaboró una plantilla con los ajustes respectivos en burden y espaciamento.

Figura 8

### Estandarización del pintado de las mallas de perforación



Durante el tiempo que duró el proyecto de investigación se estandarizo casi en su totalidad con el pintado de las mallas de perforación en todos los frentes de avance, mejorando así, el control de paralelismo y simetría en los taladros para obtención de una buena voladura.

Figura 9

### Implementación de los Tacos de Arcilla



Estandarización en el uso de los tacos de arcilla, para retener los gases explosivos dentro de los taladros y puedan generar mayor poder rompedor y mejorar los rendimientos de avance.

Figura 10

Implementación de tubos con explosivos



Producto elaborado con tubería de PVC partido de la mitad y relleno de material explosivo más pentacord para uso exclusivo en los contornos de la labor, el resultado de ello es netamente para control de sobre rotura y sobre excavación.

## 4.2 Discusión de Resultados

En el presente trabajo de investigación se han tomado varias muestras de labores con bajo rendimiento de avance y con técnicas inadecuadas para obtener resultados favorables.

- **Discusión de resultado 1:**

En la primera muestra se encontró falta de control en el pintado de la malla de perforación, solo se realizaba pintado del contorno.

Figura 11

Falta de estandarización en pintado de mallas de perforación



Según (2), en el proyecto “Optimización de las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción de la minería de mediana escala”, nos da cuenta de la importancia acerca de las técnicas y controles en las buenas prácticas de perforación y voladura y uno de ellos es el pintado de las mallas respectivas, tomando en cuenta dicha información se llegó a estandarizar esta buena práctica en toda la unidad.

Figura 12

Estándar de perforación y voladura



Como se mencionaba en la fig. 11, estos controles y técnicas ayudan a mejorar rendimientos de avance por disparo y según (2), en su investigación realizada puede comprobar esta teoría aplicada en la Cía. minera MACDESA, aquello que nos sirvió como referencia para nuestro proyecto, gracias a ello hemos logrado cumplir las expectativas del cliente.

- **Discusión de resultado 2:**

Se realiza las capacitaciones de manera permanente al personal responsable de las actividades de perforación y voladura, el cual anteriormente no era tan frecuente.

Figura 13

### Capacitación y entrenamiento en PV



Para esta elaboración de nuestro proyecto hemos tomado en cuenta varias referencias técnicas y teóricas, y dentro de ello uno de los más resaltantes se encuentra en el factor humano, considerando que sin el soporte de nuestros colaboradores nada de esto sería posible, es por ello que, con el soporte de la empresa EXSA y su Manual práctico de voladura (5), hemos desarrollado diversas capacitaciones y entrenamientos a nuestros colaboradores (perforistas, ayudantes, cargadores) con el fin de sensibilizar la importancia de cada una de las técnicas de PV para obtener mejores resultados de avance por disparo.

PV: Perforación y voladura

## CONCLUSIONES

1. En ésta actividad se practica correctamente el carguío y secuenciamiento del orden de salida de los taladros. De la misma manera es una actividad de alto riesgo por estar en contacto directo con los explosivos y accesorios de voladura.
2. La perforación es la primera actividad en el ciclo de minado, por tal motivo, se debe de hacer de una manera eficiente para obtener resultados muy favorables.
3. Con un buen pintado de malla de perforación, y con taladros bien paralelos y simétricos se llega a obtener un disparo eficiente.
4. Los resultados alcanzados fueron positivos, después de un largo trabajo de investigación, llegando a obtener más de lo esperado, así como los avances por disparo en los frentes de avance en promedio 3.5 metros.
5. El presente proyecto ayudó a buscar alternativas de mejora y su aplicación en la empresa de estudio y así poder aportar mejores eficiencias en avance.

## RECOMENDACIONES

- Los resultados óptimos en voladura inician con una buena ejecución de la perforación lo cual debe estar ejecutado en buena calidad, teniendo en cuenta un diseño adecuado en la cual se considere el tipo de roca, la calidad de perforación, cantidad de taladros de alivio, una adecuada selección de los explosivos, la correcta sincronización de los retardos, y el correcto carguío de taladros los mismos que deben garantizar una adecuada eficiencia de voladura.
- Las mejoras se están dando progresivamente a medida que se mejore la disciplina operativa del personal (cumplimiento de estándares). Para dicho cumplimiento se solicita mayor compromiso a la supervisión de primera línea de velar por ello.
- Hay tendencias positivas en resultados debido a que se está tomando acción por parte de CIA y se sugiere continuar trabajando en ello.
- La técnica del pintado de las mallas de perforación son una fase muy importante en la obtención de los buenos resultados, porque en ella podemos controlar el paralelismo y simetría de los taladros.
- Estamos continuando con los trabajos de optimización acorde a las fases de nuestra gestión de soporte; el presente es un avance preliminar de los trabajos que se están realizando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✓ AMES LARA, Víctor, "Diseño de las mallas de perforación y voladura utilizando la energía producida por mezclas explosivas", 2008 (1)
- ✓ CALDERON NAVARRO, Marco Antonio "Optimización de las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción de la minería de mediana escala", 2015 (2)
- ✓ BERNAOLA ALONSO, José, CASTILLA GOMEZ, Jorge, HERRERA HERBERT, Juan, "Perforación y voladura de rocas en minería", 2013 (3)
- ✓ VILLAGARAY, Aníbal "Operación de voladura subterránea", 2014 (4)
- ✓ EXSA, "Manual práctico de voladura", 2014 (5)
- ✓ MINEM, D.S. 024-2016 y modificatoria 023, "Decreto supremo de ley en Minería", 2016 (8)
- ✓ YEPES, Víctor "Perforación mediante jumbos", 2014 (9)
- ✓ ROMAN, Gnesis "Paralelismo de los taladros", 2008 (13)
- ✓ LUJAN, Anderson "Diseño de malla de perforación", 2017 (14)
- ✓ INDUMIL, Agentes de voladura (16)
- ✓ LOPEZ JIMENO, Carlos "Manual de perforación y voladura de rocas", 1994 (23)
- ✓ RAMIREZ, Kenyye "Perforación y voladura famosa explosivos", 2018 (24)
- ✓ OJEDA, Rene "Diseño de Mallas de perforación", 2017 (25)

## ANEXO 1

### CUADRO DE INSUMO PARA IDENTIFICAR Y ANALIZAR TEMAS DE INVESTIGACIÓN

Tabla 2

PREGUNTAS	De las asignaturas que más te agradaron			De la actualidad en tu Carrera, que llama tu atención			Del diálogo académico con docentes o especialistas			De la recomendación de colegas con más experiencia académica			De los libros referentes que concitan tu interés		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
¿Tengo conocimientos previos sobre el tema?			X			X			X			X			X
¿Es fácil encontrar información sobre el tema?			X			X			X			X			X
¿Tengo claro sus límites, no es amplio ni demasiado limitado?		X			X			X			X				X
¿Se me ocurre casi sin pensar al menos tres preguntas sobre el tema?			X			X			X			X			X
¿Qué tanto despierta mi curiosidad?			X			X			X			X			
¿Es un tema que también interesa o puede interesar a los demás?			X			X			X			X			
¿Es un tema con el cual me siento a gusto?			X			X			X			X			X
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>18</b>		<b>5</b>	<b>36</b>		<b>8</b>	<b>54</b>		<b>11</b>	<b>72</b>			<b>75</b>

## CUADRO DE INSUMO PARA DELIMITAR EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Tabla 3

TEMA GENERAL	TEMA ESPECÍFICO	PROBLEMA
¿Cuál es el campo de investigación en el que se encuentra?	¿En qué el sub campo de investigación?	¿Cuál es el tema específico de investigación?
Problemática en perforación y voladura en la CIA MINERA CHUNGAR SAC	Bajo rendimiento de avance en perforación y voladura	Mejoramiento de los rendimientos de avance por disparo en la CIA MINERA CHUNGAR SAC

## CUADRO DE INSUMO PARA PLANTEAR EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Tabla 4

PREGUNTA	RESPUESTA	PÁRRAFO	ORDEN
	¿En qué información me apoyaré para dar respuesta a cada pregunta? (debo citar la fuente)	¿Cómo quedará redactado el párrafo (s) en el que expondré la información trabajada en cada respuesta?	¿En qué orden presentaré cada párrafo?
¿Cuál es el contexto en que ocurre el problema?	La baja eficiencia de rendimientos por disparo, se cuenta con barrenos de perforación en 12 pies, donde el resultado óptimo debería estar en 3.3 metros por disparo	Después de haber planteado la problemática inicialmente, se ha encontrado los resultados óptimos de avance por disparo en la unidad Minera Chungar con rendimiento de avance/Disparo equivalente a 3.5mts	3
¿Cuál es el problema, de qué se trata?	Actualmente se tienen resultados promedio de 2.8 a 3.0 metros por disparo	Resultados alcanzados a la fecha donde el promedio de avance/disparo viene siendo 3.5mts/Disparo	2
¿Qué características presenta? (lugar, involucrados, tiempo)	Involucra a todo el personal operativo que realiza esta actividad (Perforistas, cargadores, ayudantes, capataz, Ingenieros)	El personal en general tiene pleno conocimiento de la problemática que se tenía inicialmente, en la actualidad el personal solo viene realizando la actividad de manera eficiente	4
¿Cuáles son sus causas y efectos?	Paralelismo de los taladros en la perforación Simetría de perforación Mallas de perforación inadecuadas Carguío deficiente Explosivos inadecuados para el tipo de terreno	Posibles problemáticas que afectan al bajo rendimiento por disparo en la CIA MINERA CHUNGAR SAC	1
¿Se han producido tratamientos anteriores?	Se vienen realizando las pruebas continuamente, tratando de encontrar la causa raíz y poder mejorar los resultados	Una de las actividades más importantes del proceso, viene atravesando esta problemática identificada.	6

<p><b>¿Qué alternativas de solución hay?</b></p>	<p>Concientizar al personal de perforación y voladura en la importancia de esta actividad          Capacitación y entrenamiento permanente al personal          Motivación al personal de estas actividades con incentivos o premios para alcanzar los objetivos trazados</p>	<p>Capacitaciones y entrenamientos permanentes al personal en las actividades de perforación y voladura por expositores externos e internos a la CIA.</p>	<p>7</p>
<p><b>¿Qué alternativa o posibilidad se plantea desde el trabajo?</b></p>	<p>Las jefaturas están aptas para acceder a los incentivos con el fin de alcanzar los resultados deseados          Se promueve las capacitaciones y entrenamientos por parte de los proveedores de equipos de perforación (EPIROC) y explosivos (EXSA)          Se motiva al personal continuamente, brindándole soporte teórico</p>	<p>Alcanzar el objetivo bajo los sustentos que sean necesarios</p>	<p>5</p>

	RESPUESTA	PÁRRAFO	ORDEN
	¿En qué información me apoyaré para dar respuesta a cada pregunta? (debo citar la fuente)	¿Cómo quedará redactado el párrafo (s) en el que expondré la información trabajada en cada respuesta?	¿En qué orden presentaré cada párrafo?
¿Qué tan conveniente es la investigación?		Conveniente para la CIA MINERA CHUNGAR SAC, con el fin de mejorar los resultados de avance por disparo y reducir los sobre costos de perforación y voladura	2
¿Qué trascendencia social tiene?		Ninguna	
¿Ayudará a resolver algún problema real?		Esta investigación ayudara a identificar la problemática real y encontrar los resultados óptimos exigidos por la CIA	3
¿Qué vacío de conocimiento ayudará a satisfacer?			
¿Cuál será su aporte metodológico?		Trabajo en campo en la actividad de perforación y voladura con el personal involucrado Capacitación y entrenamiento en campo por las áreas de soporte	1
¿En que ayudara la investigación a la Empresa?		A reducir los sobre costos en consumo de horas equipo, horas hombre trabajadas, consumo de aceros de perforación, consumo de explosivos y sobre todo rendimientos óptimos de avance por disparo a 3.5 metros	4

**CUADRO DE INSUMO PARA REGISTRAR LOS ANTECEDENTES DE  
INVESTIGACIÓN DEL PROBLEMA**

Tabla 6

<b>AÑO</b>	<b>AUTOR - TÍTULO</b>	<b>TIPO DE FUENTE</b>	<b>REGISTRO DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>APORTE PARA EL TRABAJO</b>
2015	EXSA	INFORMACION DIGITAL	MANUAL PRACTICO DE VOLADURA	MALLAS DE PERFORACION, TIPOS DE EXPLOSIVOS, TIPOS DE CARGUIO
2015	CARLOS LOPEZ JIMENO	INFORMACION ESCRITA	MANUAL DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS	TECNICAS DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS
2018	FRANK CIPRIANI	INFORMACION PRACTICA	SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS	PRUEBAS EN CAMPO, CIA MINERA CHUNGAR
2018	FAMESA EXPLOSIVOS	INFORMACION ESCRITA	TIPOS DE EXPLOSIVOS	CALIDAD DE EXPLOSIVOS DE ACUERDO AL TIPO DE ROCA
2018	BENJAMIN RAMOS	INFORMACION TEORICA-UCCI	CURSO DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS II	DISEÑOS DE MALLAS DE PERFORACION Y TIPOS DE EXPLOSIVOS
2018	DAVID TAPIA VILLALVA	INFORMACION PRACTICA	TECNICAS DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS EN CIA MINERA CHUNGAR	CONTROL DE VOLADURA CONTROLADA

## CUADRO DE INSUMO PARA EVALUAR TEORÍAS

Tabla 7

TEORÍA O MODELO	POSTULADOS CENTRALES	VALORACIÓN (*)							CONCLUSIÓN
		ADECUACIÓN	VIGENCIA	CONSISTENCIA	GENERALIZACIÓN	HEURÍSTICA	CLARIDAD	CONCEPCIÓN	
<b>Teoría:</b> Manual Práctico de voladura  <b>Autor:</b> EXSA	Información relevante en cuanto a la calidad de explosivos a utilizar de acuerdo a la calidad de rocas								<b>Puntaje:</b> Optimo <b>Decisión:</b> Apropiado (Apropiado o No apropiado)
<b>Teoría:</b> Manual de perforación y voladura de rocas  <b>Autor:</b> Carlos López Jimeno	Doctor en Ingeniería de Minas, experiencia en modelo de mallas de perforación y tipos de explosivos								<b>Puntaje:</b> ..... <b>Decisión:</b> ..... (Apropiado o No apropiado)

## CUADRO DE INSUMO PARA REGISTRAR LA DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Tabla 8

TÉRMINO BÁSICO	DEFINICIÓN	FUENTE
<b>MALLA DE PERFORACION</b>	Plan de colocación geométrica de los barrenos para ser perforados en una voladura, es la forma en que se distribuyen los taladros de una voladura	Realizar un buen diseño de perforación
<b>VOLADURA</b>	Fragmentación de la roca y otros materiales de los sólidos mediante explosivos confinados en barrenos o adosados en su superficie	Alcanzar una eficiente voladura
<b>BURDEN</b>	Bordo o línea de menor resistencia a la cara libre	Realizar un buen arranque y/o salida de la voladura

<b>ESPACIAMIENTO</b>	Distancia entre barrenos de una misma fila	Simetría entre taladro y taladro para un buen diseño de perforación
----------------------	--	---

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO DEL PROYECTO:** MEJORA DE LOS RENDIMIENTOS DE AVANCE POR DISPARO EN LA CIA MINERA CHUNGAR SAC

Tabla 9

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGIA E INSTRUMENTOS</b>
<b>GENERAL</b>	<b>GENERAL</b>	<b>GENERAL</b>		
¿Cómo influye el bajo rendimiento de avance por disparo en los frentes de perforación?	Determinar la causa raíz de la problemática de los bajos rendimientos	La mejora en los resultados de avance por disparo, permitirá mayor eficiencia a bajo costo operativo	<b>Dependiente:</b> Costos operativos  <b>Independientes:</b> Establecer una técnica optima de obtener buenos resultados	<b>Método:</b> científico mediante análisis de datos
<b>ESPECIFICOS</b>	<b>ESPECIFICOS</b>	<b>ESPECIFICOS</b>		
¿En qué porcentaje se optimizara los costos operativos en la obtención de mayores resultados de avance por disparo?	Calcular el porcentaje de la disminución de los costos operativos, luego de los resultados favorables obtenidos	Se obtendrá un resultado deseado de 3.5 metros por disparo con barras de 12 pies	<b>Dependiente:</b> Porcentaje de costos operativos  <b>Independiente:</b> Estándar en perforación y voladura de rocas	<b>Población:</b> Supervisión, Operadores y cargadores de la Cía. Minera Chungar SAC  <b>Muestra:</b> CMCH SAC
¿Cómo será la técnica para mejorar los rendimientos de avance por	Identificar y analizar la problemática y mejorar los rendimientos	El rendimiento actual vs el rendimiento a futuro debe tener un	<b>Dependiente:</b> Rendimiento por disparo por	<b>Instrumentos:</b> Registro de diseño de mallas de perforación

disparo en CIA MINERA CHUNGAR?	con técnicas y seguimiento de campo	resultado favorable para la CIA.	encima de los 3.5 metros  <b>Independiente:</b>  Mejorar el diseño de perforación y voladura de rocas	Reporte de perforación y voladura de rocas de días anteriores  Reporte disparos y consumo de explosivos
--------------------------------------	---	--	--	--

## ANEXO 2

### INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### EQUIPO DE PERFORACION (JUMBO ELECTROHIDRAULICO)

Figura 7

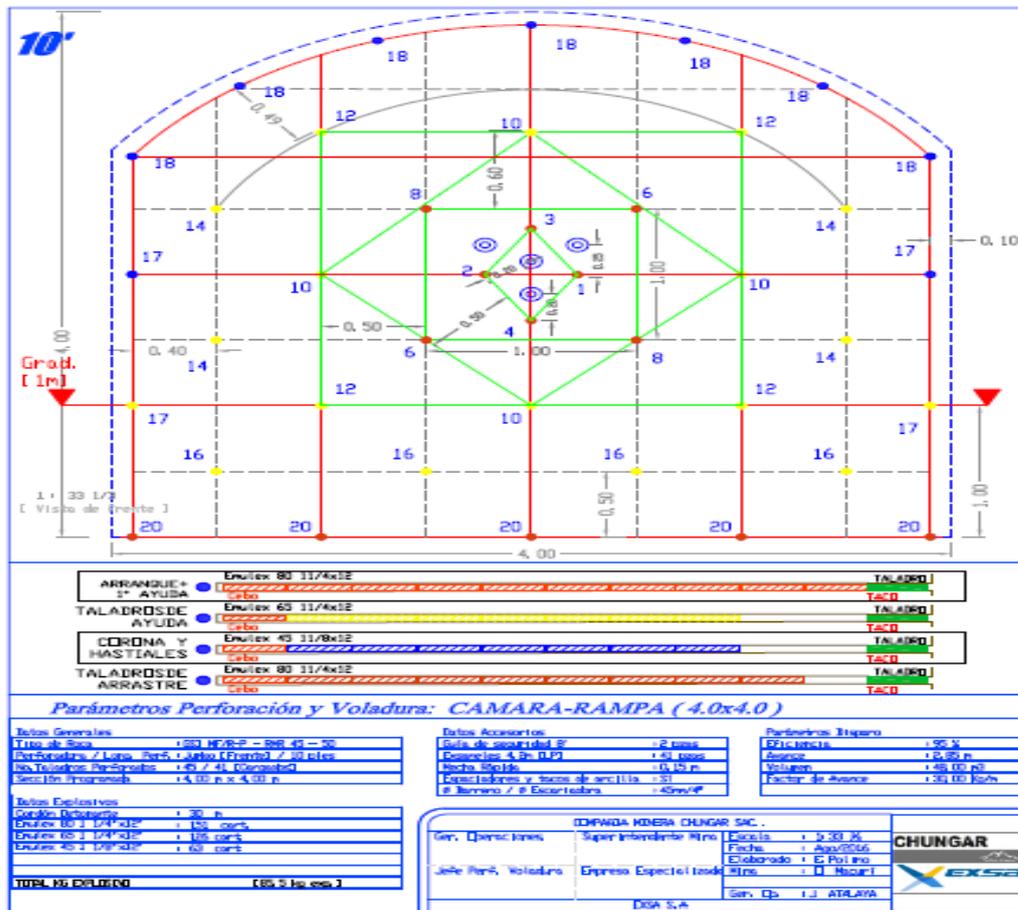


#### **Jumbo (Equipo de Perforación)**

“Es una máquina diseñada para realizar labores subterráneas de forma rápida y automatizada: avance de túneles y galerías, perforación transversal, banqueo con barrenos horizontales y minería por corte y relleno, entre otras” (9)

#### **DISEÑO DE MALLAS DE PERFORACION**

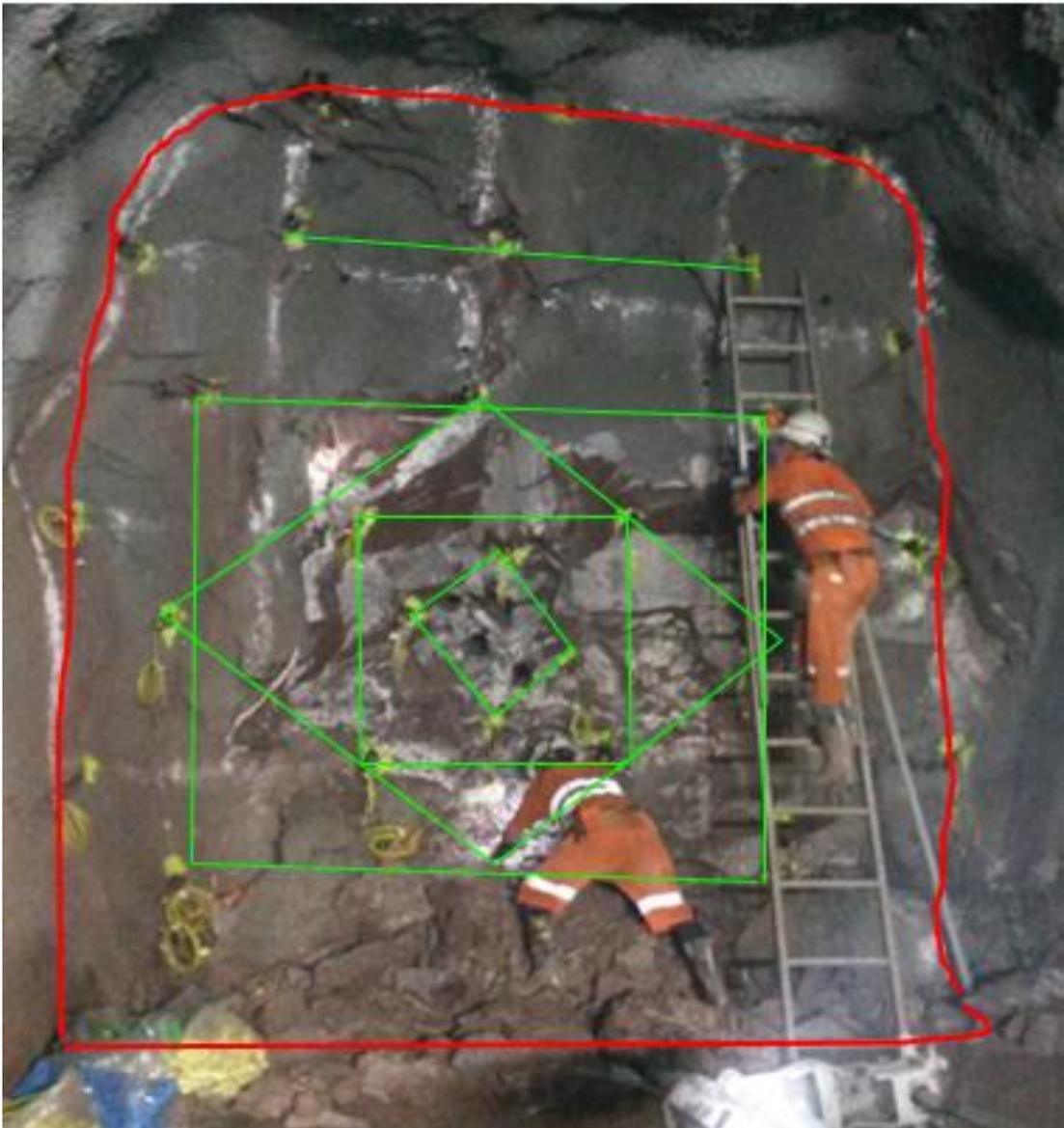
Figura 8



## TECNICAS PARA UN BUEN DISEÑO DE PERFORACION Y VOLADURA

La malla de perforación para avances lineales será marcada por el líder o personal de la labor antes de la perforación

Figura 9



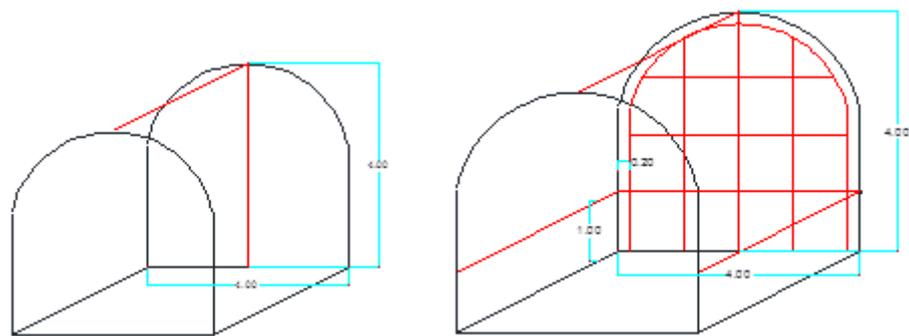
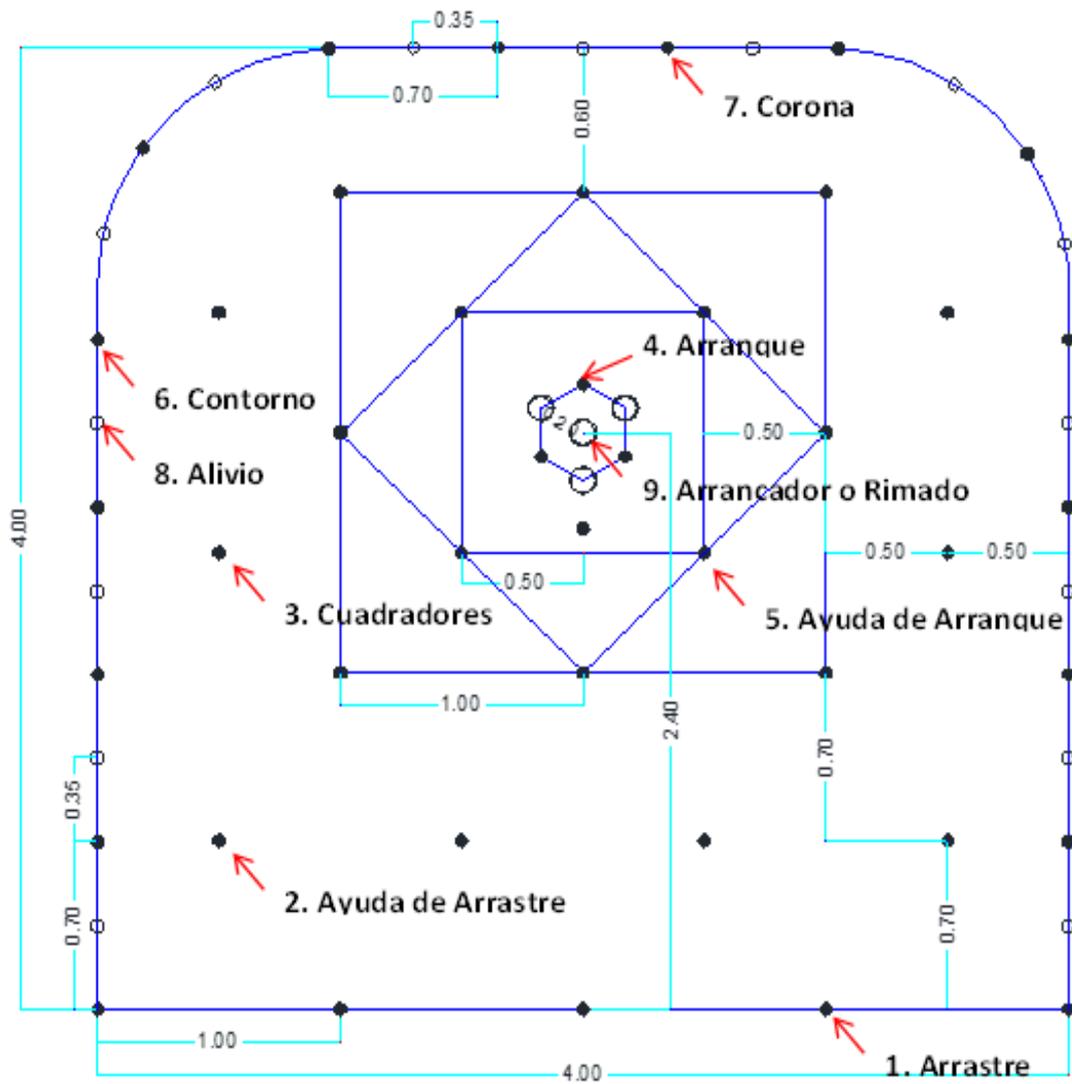
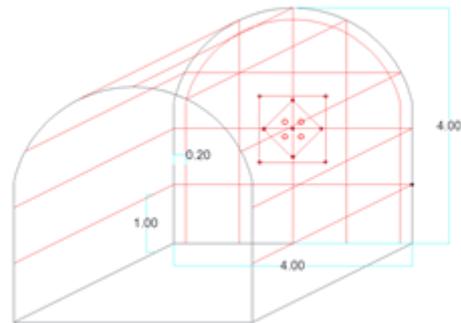


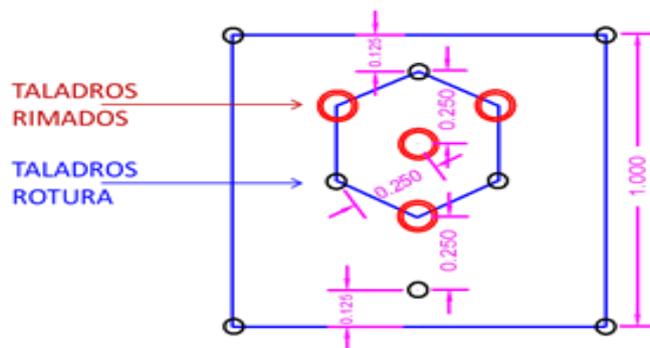
Figura 10

Figura 11



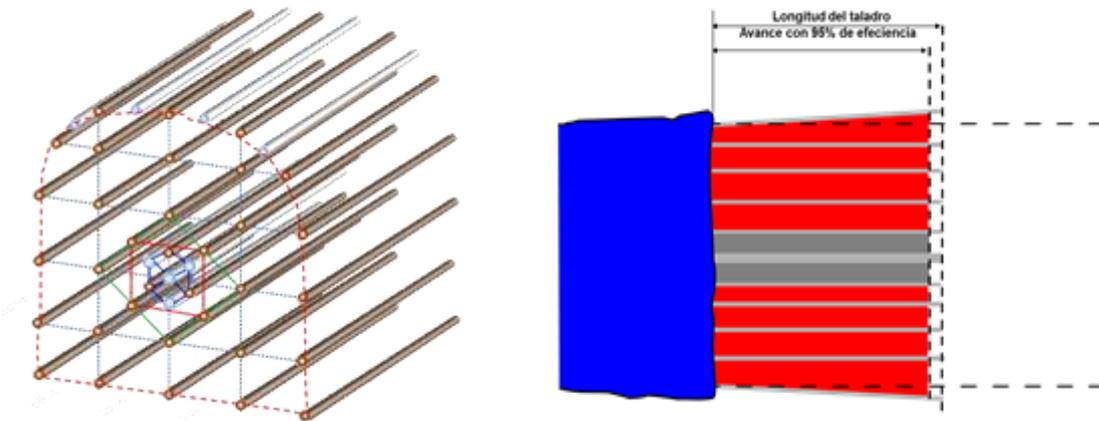
El operador del Jumbo realizara la secuencia miento de la perforación según el diseño de malla de perforación en tajos y/o frentes.

El arranque de los frentes y/o sub niveles será ejecutado según el diseño DAN-CUT (Corte Hexagonal) con la finalidad de aprovechar al 100% los taladros rimados minimizando probabilidades de fallas por desviación y/o falta de paralelismo.



En el momento de la perforación en tajos y/o frentes el operador de jumbo deberá tener encuentra el control de paralelismo entre taladros el cual es factor clave para el para el éxito de la voladura, la perforación deberá garantizar una eficiencia de voladura por encima de 90%.

Figura 12

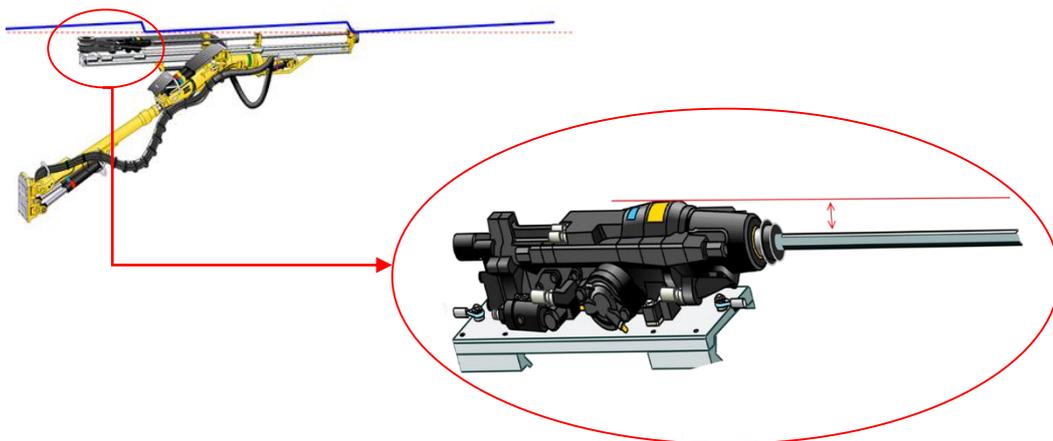


Durante la perforación para mantener el paralelismo y la dirección de los taladros, se usara 02 guidores de aluminio de 3.5 metros de longitud parra barra de 12" y 4.0 metros para barra de 14", colocado por el ayudante durante la perforación. **(PROPONER USO LOS BARRENOS USADOS)**



Para el control de la sección final se deberá considerar los ángulos de ajuste por diseño de los equipos básicamente por la diferencia de altura entre la perforadora y el eje del pistón – shanck.

Figura 13



El diseño de sección inicial (PLAN) durante su ejecución se debe perforar con un ángulo máximo de 2° para lograr una sección final (EJECUTADO) con un 10% de sobre-

excavación permisible debido al diseño propio del equipo de perforación (protuberancia de la perforadora).

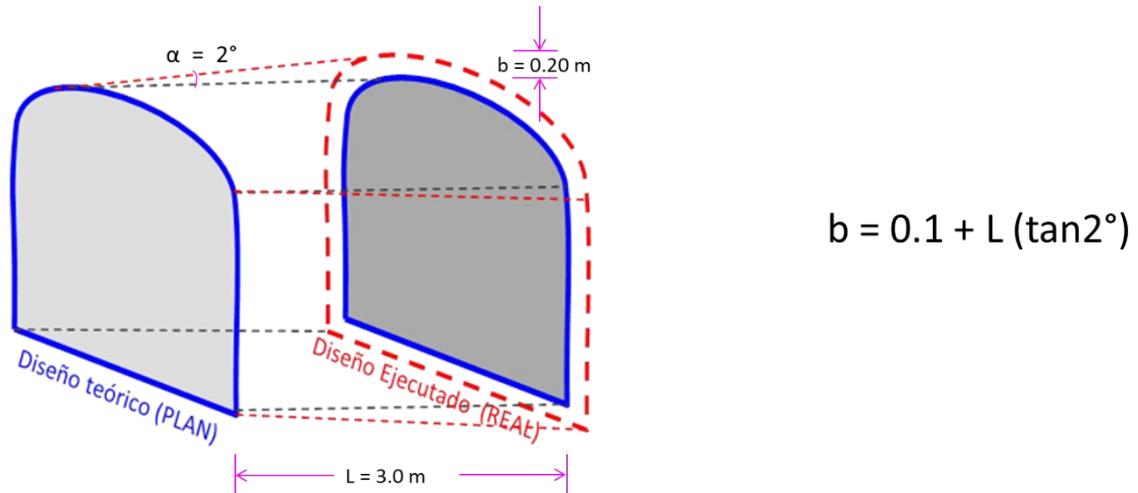


Figura 14

#### Distribución de Taladros de Perforación en Frentes y/o Sub Niveles

1. Perforar Arrastre
2. Perforar Ayuda de Arrastre
3. Perforar Cuadradores
4. Perforar Arranque
5. Perforar Ayuda de Arranque
6. Perforar Contorno
7. Perforar Corona
8. Perforar Taladro de Alivio
9. Perforar Taladro de Salida (rimados) o Arrancador

## PREPARACION Y UTILIZACION DE CAÑAS

Figura 15



Material para el control de sobre excavación y sobre rotura

Figura 16



Longitud adecuada de perforación con buen paralelismo