

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Trabajo de Investigación

Propuesta de implementación de proceso de voladura en interior mina en un frente con sección 3 x 3 metros

Juan Carlos Noa Ppacco

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería de Minas

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



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

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y hermano ya que con su apoyo estoy logrando estudiar, también agradezco a mi centro laboral donde me dieron la facilidad y oportunidad de realizarme profesionalmente.

DEDICATORIA

Lo dedico a mis padres y hermano porque me apoyaron con mucho amor y cariño tanto como en lo económico y en lo moral ya que con su apoyo logré terminar mis estudios satisfactoriamente.

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viiiv
ÍNDICE DE TABLAS	iviii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I:	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Problema general	2
1.1.2. Problemas específicos.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Hipótesis y descripción de variables	4
1.4.1. Hipótesis General	4
1.4.2. Hipótesis específicas.....	4
1.4.3. Variables	4
CAPÍTULO II:	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes del problema.....	6
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Los explosivos en la actividad minera.....	8
2.2.2. Diseño de perforación y voladura	9
2.2.2.1. Teoría general de voladuras	9
2.2.2.2. Condiciones Geomecánicas	9
2.2.2.3. Variables de Voladura.....	10

2.2.2.4.	Resistencia Dinámica Insitu de la Roca.....	10
2.2.2.5.	Determinación de la resistencia a la compresión de la roca	10
2.2.2.6.	Determinación de la Resistencia a la Tracción Dinámica de la Roca.....	11
2.2.2.7.	Aplicaciones de geo mecánica en voladura	11
2.2.3.	Diseño de Malla de Perforación	12
2.2.3.1.	Voladura Subterránea.....	12
2.2.3.2.	Parámetros De Roca.....	12
2.2.4.	Diseño y cálculo de voladura en galerías y túneles (Metodología Sueca)	12
2.2.5.	Condiciones de Perforación.....	25
2.2.5.1.	Perforación Secundaria	28
2.2.5.2.	Perforación de Arranque	28
2.2.5.3.	Perforación en Malla Marcada:.....	33
2.2.6.	Energía de las mezclas explosivas.....	34
2.2.6.1.	Determinación de la Energía	35
2.2.6.2.	Medición de la Energía	35
2.2.6.3.	Cálculo de la Energía.....	35
2.2.6.4.	Potencia de los Explosivos	35
2.2.6.5.	Potencia Absoluta por Peso (AWS).....	36
2.2.6.6.	Potencia Absoluta por Volumen (ABS)	36
2.2.6.7.	Potencia Relativa por Peso (RWS).....	36
2.2.6.8.	Potencia Relativa por Volumen (RBS)	36
2.2.6.9.	Eficiencia de los Explosivos.....	36
2.2.6.10.	Factor de Energía.....	37
2.2.7.	Principales criterios para seleccionar explosivos	38
2.2.7.1.	Propiedades geomecánicas.....	38
2.2.7.2.	Cálculo y distribución de la carga explosiva.....	40
2.3.	Definición de términos básicos	44
CAPÍTULO III:		47
METODOLOGÍA.....		47
3.1.	Método, y alcance de la investigación	47
3.2.	Diseño de la investigación	48
3.3.	Unidad de estudio	48
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	48

CAPÍTULO IV:.....	49
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información	49
4.1.1. Datos de Perforación y voladura	50
4.1.2. Voladura	51
4.1.3. Limpieza	51
4.1.4. Otras actividades.....	51
4.2. Perforación y voladura para una labor de 3 X 3.....	52
4.2.1. Voladura	53
4.2.2. Limpieza	53
4.2.3. Otras Actividades	53
4.2.4. Voladura	54
4.3. Discusión de resultados	55
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Zonas de una voladura en un frente	14
Figura 2 Arranque cilíndrico modificado por Hagan	16
Figura 3 Arranque cilíndrico en espiral	17
Figura 4 Arranque y corte de doble espiral	17
Figura 5 Arranque Coromant	18
Figura 6 Arranque Fagersta	18
Figura 7 Ejemplo de arranques quemados	19
Figura 8 Arranque de cuatro secciones	19
Figura 9 Geometría de los taladros de arrastres	20
Figura 10 Diseño de malla de perforación y voladura, por metodología sueca Sección :4.521 x 4.5 m	21
Figura 11 Malla De Perforación Para Tipo De Roca I-B, II-A Y II-B	22
Figura 12 Diseño de malla de perforación y voladura para Roca I-B, II-A Y II-B	22
Figura 13 Malla De Perforación Para Tipo De Roca III-A, III-B	23
Figura 14 Diseño de malla de perforación y voladura para Roca III.A, III-B	23
Figura 15 Malla De Perforación Para Tipo De Roca IV-A, IV-B y V-A	24
Figura 16 Diseño de malla de perforación y voladura para Roca IV-A, IV-B y V-A	24
Figura 17 Detalle de perforación para disparo	26
Figura 18 Perforación de arranque-trazo	28
Figura 19 Arranque para roca dura	29
Figura 20 Arranque para roca semidura	29
Figura 21 Arranque para roca suave	29
Figura 22 Ejemplo de perforación de arranque	30
Figura 23 Fijado de puntos de perforación de arranque	31
Figura 24 Arranque de trazos angulares	31
Figura 25 Posiciones de corte en el frente	32
Figura 26 Posición de corte en el frente	32
Figura 27 Posición de corte en el frente	33
Figura 28 Implementación de diseño de malla	49
Figura 29 Disposición de corte en el frente de voladura de 3 x 3 metros	55

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 01 Diseño del núcleo</i>	20
<i>Tabla 02 Clasificación De La Dureza De La Roca</i>	27
<i>Tabla 03 Distribución de la energía en diferentes eventos</i>	34
<i>Tabla 04 Eficiencia de los explosivos</i>	37
<i>Tabla 05 Datos de perforación y voladura</i>	49
<i>Tabla 06 Tiempos medidos en voladura</i>	51
<i>Tabla 07 Tiempos medidos en limpieza de desechos</i>	51
<i>Tabla 08 Tiempos de otras actividades</i>	52
<i>Tabla 09 Tiempos de una perforación 3 x 3 metros</i>	52
<i>Tabla 10 Tiempos de una voladura 3 x 3 metros</i>	53
<i>Tabla 11 Tiempos de limpieza de desechos de una voladura de 3 x 3 metros</i>	53
<i>Tabla 12 Tiempos de otras actividades de una voladura de 3 x 3 metros</i>	53
<i>Tabla 13 parámetros de una voladura de 3 x 3 metros</i>	54

RESUMEN

La presente investigación titulada “Propuesta de implementación de proceso de voladura en un frente con sección 3x3 metros” tiene como objetivo general: Proponer la implementación de un diseño de malla de perforación en un frente con la sección 3 x 3 en la empresa para mejorar la productividad y rentabilidad en la misma.

Para el cálculo del nuevo diseño de malla de perforación y voladura del modelo de aplicación de Holmberg caracterizarán los parámetros físicos: la masa de roca mecánica y el tipo de explosivo utilizado, las condiciones geomecánicas y el número máximo de elementos, incluidos los accesorios de voladura. El marcado correcto de la malla de perforación y el uso de técnicas de vigas controladas son puntos importantes para el desarrollo de este trabajo; Para finalizar, los diversos cálculos esperarán resultados positivos tales como: el programa de avance lineal, mejorar la optimización del consumo de explosivos (kg / m), minimizar el porcentaje de sobre rotura, mejorar los rayos de granulometría (m / disp.), reducir y Optimizar el ciclo minero en general.

Este documento describe el proceso de diseño de las actividades de perforación neta en una de las etapas más importantes de las operaciones en una mina subterránea, desarrollando operaciones de voladura y logrando mejores resultados a menor costo y mayor productividad en estas fundaciones con esta tesis se busca la optimización de perforación.

Palabras Clave: Implementación, proceso de voladura, diseño de malla, productividad

ABSTRACT

The present investigation entitled "Proposal of implementation of blasting process in interior is a front with section 3x3 meters" has as its general objective: To propose the implementation of a perforation mesh design in a front with the 3 x 3 section in the company for improve productivity and profitability in it.

For the calculation of the new network design, the drilling and blasting of the Holmberg application model will characterize the physical parameters: the mechanical rock mass and the type of explosive used, the geomechanical conditions and the maximum number of elements, including the accessories of blasting. The correct marking of drilling networks and the use of controlled beam techniques are important points for the development of this work; Finally, the various calculations will expect positive results such as: the linear feeding program, improve the optimization of explosive consumption (kg / m), minimize the percentage of over-break, improve the particle size (m / disp.) rays, reduce and Optimize the mining cycle in general.

This document describes the process of designing the activities of net drilling in one of the most important stages of operations in an underground mine, developing blasting operations and achieving better results at lower cost and higher productivity in these foundations with this thesis. perforation

Keywords: Implementation, blasting process, mesh design, productivity

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

En la actualidad, en toda empresa minera que se especializa en la explotación del mineral el tema de voladura tiene como principal preocupación los altos índices de accidentabilidad; puesto que con la voladura se provocan gases tóxicos (afectan la salud de los trabajadores), rocas suspendidas (afectan a las personas, equipos y materiales), contaminación (afectan a las personas y medio ambiente).

Durante la etapa inicial se encuentran muchas deficiencias en los resultados de voladura a consecuencia de que se tiene personal nuevo sumado a la falta de experiencia en el tipo de roca y el cambio constante de ésta por las que frecuentemente se evidencian tiros fallidos, los cuales no inician la explosión y que también se los llaman tiros cortado o sopladados, o inadecuados diseños de mallas de perforación con excesivo número de taladros, burden y espaciamiento inadecuados que a su vez no cumplen con el paralelismo de los taladros a falta del uso de guidores; todas estas deficiencias implican elevados costos en perforación, también otro de los problemas observados en la mina, fue la excesiva distribución de explosivos que los supervisores de perforación y voladura empleaban asumiendo que así se lograría conseguir una buena voladura, en el frente de la labor a consecuencia de esta excesiva distribución de explosivo también se evidencia elevados costos en la voladura.

Como consecuencias de estas deficiencias que se presentan en la labor se elevan los costos en perforación y voladura surgiendo la necesidad de diseñar la nueva malla de perforación de acuerdo a los cálculos teóricos y a las características de la roca que se presente en la ejecución de la labor, el diseño de la malla que permitirá disminuir el número de taladros y adecuar las medidas exactas de burden y espaciamiento e implicará en la reducción de costos en perforación de igual forma se debe plantear la nueva distribución de explosivo el cual implicará en la reducción de costos de voladura.

1.1.1. Problema general

- ¿Se podrá implementar un proceso de voladura en interior de la mina en un frente de sección 3 x 3 metros, empleando un diseño de malla adecuado según el tipo de roca?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo será el diseño de malla de perforación para un frente de sección 3 x 3 metros, adecuado para la reducción de costos en la ejecución de las labores en la Empresa Minera?
- ¿Es necesario las capacitaciones y entrenamiento hacia los trabajadores que laboran en la empresa, en el área de Perforación Y Voladura?

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer la implementación de un diseño de malla de perforación en un frente con la sección 3 x 3 en la empresa para mejorar la productividad y rentabilidad en la misma.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el diseño de malla de perforación y la carga explosiva adecuada para un frente de 3 x 3 metros para reducir los costos de perforación y voladura en conjunto
- Proponer un programa de capacitaciones hacia el personal que trabaja en el área de perforación y voladura.

1.3 Justificación e importancia

Después de realizar un estudio de acuerdo al cálculo de reservas mineralizadas, se inicia a realizar labores de exploración y profundización de las labores mineras para explotar las reservas minerales y tener mayores ganancias en un yacimiento minero con bajos costos de perforación y voladura, teniendo un diseño de malla de perforación adecuada con la cantidad de carga explosiva que se debe utilizar, según las características del macizo rocoso. De esa forma reducir sus costos en voladura con un adecuado diseño de malla que se empleará en el frente de trabajo, también debe mejorar el conocimiento de los trabajadores, en síntesis, la presente investigación se justifica porque es de mucha importancia y será como un modelo para realizar las operaciones de voladura, los cuales implicarán en la reducción de costos en labores de desarrollo que tuvieron que proseguir para la profundización de dicho yacimiento.

La propuesta de la implementación de un diseño de malla de perforación ayudaría a obtener mejores resultados económicos, los cuales se reflejarían en:

- a. Aumentar la satisfacción de la empresa gracias a las mejoras económicas por la aplicación de un diseño de malla de perforación adecuado según su propia realidad de la empresa.
- b. Es muy importante tener claro los objetivos de la empresa en torno a sus costos los cuales nos ayudarían a controlar las deficiencias de las operaciones, contribuir en el planeamiento, control y gestión de la empresa; tener los datos claros para el control diario en una operación dentro de la empresa minera, brindar nuestra información a la gerencia para realizar una planificación en la operación.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis General

Empleando un diseño de malla de 3 x 3 metros adecuado según el tipo de roca en el tema de voladura, es probable mejorar el nivel de productividad en la empresa.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Se podrá determinar el diseño de malla de perforación y la carga explosiva adecuada para poder reducir los costos de voladura.
- Se estimaría una carga explosiva para el frente de trabajo de 3 por 3 metros.
- Se haría una propuesta de programa de capacitación hacia el personal que trabaja en el área de voladura.

1.4.3. Variables

Variable independiente.

Propuesta de mejora e implementación.

Variable dependiente.

Proceso de voladura en un frente de 3 x 3 metros.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Propuesta de mejora e implementación	FÍSICA Características técnicas de las mallas	--Pruebas de resistencia Prueba de tensión	-Prueba de carga puntual	-Gata
	TÉCNICA Marco teórica o conceptual	-Información técnica	-Recolección documentaria -Observación.	Fichas técnicas Internet
Proceso de voladura en un frente de 3 x 3 metros	PERFORACIÓN (MALLA)	Geometría Rectangular Triangular	- Burden - Relación de espaciamiento	Fichas técnicas

			- Diámetro de taladro	
	VOLADURA (GRADO DE FRAGMENTACIÓN)	Tipo de explosivo Método de iniciación Grado de atacado	- Granulometría - Confinamiento	Fichas técnicas
	Propiedades Mecánicas del Macizo Rocoso.	Baja resistencia Mediana Resistencia	- Resistencia a la compresión. - Resistencia al Corte	Fichas técnicas
	Mecanismos de Falla	Alta Resistencia Muy Alta Resistencia	- Resistencia a la compresión. - Resistencia al Corte	Fichas técnicas

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Existen antecedentes que son específicos en la implementación de un diseño de malla de perforación basado en el estudio geotécnico propio de la unidad minera para obtener mejoras en el proceso de perforación y voladura en una empresa dedicada a la minería, pero sin embargo las implementaciones se realizan según los resultados del estudio geotécnico propio a su realidad de la unidad minera a continuación podría mencionar.

“DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN LOS FRENTES DE AVANCES DE LA U.E.A. RELIQUIAS - CORPORACIÓN MINERA CASTROVIRREYNA S.A.” (1)

“Desde el año 2010 en la U.E.A- Reliquias - Corporación Minera Castrovirreyna S.A. Se ha implementado, modificaciones y cambios en la gestión de los procesos, buscando mejorar en la productividad de sus trabajos, reduciendo en los costos operativos diferentes labores de avances y trabajar con estándares óptimos de seguridad. Como parte del plan estratégico y con el objetivo de reducir los costos en los procesos en la mina, se decidió optar con el método de producción, el cual implica realizar trabajos de desarrollo; para tal fin es de suma importancia realizar de manera efectiva estos procesos que la compañía considera importante para el plan de minado correspondiente. Lo cual obliga realizar un disparo óptimo, haciendo un buen diseño de los parámetros de perforación y voladura, que permita alcanzar la mayor eficiencia

posible en perforación, reduciendo los costos en los frentes de avance. Además, el taladro perforado no serviría de nada, si no se tiene en cuenta el diámetro óptimo y paralelismo del taladro, en tal sentido todas estas operaciones en conjunto son de suma importancia para llevar a cabo una buena voladura y reduciendo los costos. La presente tesis, diseño de malla de perforación y voladura tiene la finalidad de reducir los costos en la voladura, para este efecto se hace un diseño de investigación cuasi experimental, usando reportes de los costos de la empresa, diseños gráficos, fotografías, ecuaciones, etc., que nos permita diseñar la malla de perforación y voladura. Los resultados del presente trabajo nos permitieron reducir los costos y cumplir con la producción programada, reduciendo los costos anteriores, ya que el costo promedio del avance en los tres primeros meses tubo costo s/. 508990.08 y el promedio del avance en los tres últimos meses tubo costo s/. 465398.4, como resultado de la nueva aplicación del diseño de malla de perforación y voladura, notamos una reducción de costos de s/. 43591.68 por mes haciendo un porcentaje de reducción de costo en un 9% por metro lineal. Se propone el diseño de un sistema de gestión de la calidad, con el propósito de que el proyecto Crecer obtenga todos los beneficios que un sistema de esas características ofrece a la organización que lo implementa y así cumplir con mayor eficiencia la importante labor social que desempeña”.

“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” PRESENTADO POR EL BACHILLER RUDY MILTON CHIPANA TITO” (2)

“Tiene como objetivo determinar el diseño de malla de perforación y la carga explosiva adecuada para reducir los costos en la ejecución de la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis Corporación Minera Ananea S.A. El desarrollo de esta tesis expone inicialmente todas las deficiencias de perforación y voladura que incurrieron a los altos costos a la contrata minera entre los efectos mencionamos resultados de avance lineal, inadecuado diseño de malla de perforación, demasiado número de taladros con inadecuado Burden, espaciamiento y demasiada distribución de carga explosiva por disparo”.

“La metodología de esta actividad consistió en la evaluación de las operaciones de perforación y voladura de la Galería Progreso y la ejecución de su etapa inicial y posteriormente se seleccionó un nuevo diseño de malla de perforación y selección de carga explosiva utilizada, finalmente estos resultados se han comparado para encontrar la reducción de costos de perforación y voladura en la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A”.

“DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN PARA OPTIMIZAR LA VOLADURA EN LA UNIDAD CARAHUACRA DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.” (3)

“Se dice que una voladura básicamente es mal realizada cuando se obtienen materiales con granulometría muy gruesa. El tonelaje de material producto del disparo es inferior a lo esperado. Los metros de avance por disparo son inferiores a lo esperado, y trae como consecuencia que el rendimiento de los equipos de acarreo y transporte disminuye, y se afecta a la programación de trabajo de los equipos. Entre los principales inconvenientes detectados en las operaciones unitarias de perforación y voladura se destacan: mal diseño de la malla de perforación y voladura Incumplimiento del diseño de malla de perforación”.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Los explosivos en la actividad minera

La tendencia a usar explosivos de alto rendimiento también hace necesario adoptar nuevas técnicas para el diseño de redes de perforación y detonación, por lo que en este trabajo se describe el uso de la fuerza de volumen relativa (RBS), esta teoría se basa en el hecho de que la energía de un explosivo difiere mucho de la de otro explosivo en el mismo volumen de perforación. Por lo tanto, si cambia el explosivo en una mina en operación, debe tener en cuenta la cantidad de energía de los explosivos utilizados y los utilizados. La potencia relativa de RBS permite que las dimensiones iniciales de carga y separación se cambien rápidamente, ahorrando tiempo y costo en las pruebas y pruebas de fallas para implementar las nuevas dimensiones en las operaciones de perforación y voladura. Esto también implica que el uso del factor de energía debe ser una herramienta diaria para medir el rendimiento del explosivo en lugar

de usar el factor de carga o el factor de potencia que se usa actualmente en todas las unidades mineras de nuestro país. Aunque el factor energético ha estado en vigor en los países desarrollados durante muchos años, porque permite la cuantificación correcta de la eficiencia energética de los explosivos. Esto significa que el RBS permite el diseño de las redes de perforación y voladura, mientras que el factor de energía no permite medir la eficiencia energética de los explosivos.

2.2.2. Diseño de perforación y voladura

2.2.2.1. Teoría general de voladuras

Todas las teorías describen que las variables básicas que tienen un mayor impacto en el diseño y el resultado de un disparo se basan en la masa de roca, el explosivo y la geometría del disparo. Estas tres variables expresan una relación entre energía, masa y tiempo, lo que implica que la explotación de las rocas debido a su aplicación en las leyes de la termodinámica e hidrodinámica y en las rocas mecánicas es una de las operaciones más importantes en la ciencia de la minería, su objetivo final es lograr un grado razonable de fragmentación de la roca, de modo que los costos combinados de perforación, voladura, carga, transporte y trituración primaria de la roca sean mínimos y solo el bajo costo debe causar daños en su esfera de influencia.

2.2.2.2. Condiciones Geomecánicas

La función geotécnica requiere parámetros geomecánicos obtenidos del mapeo geotécnico. Se utiliza RMR (clasificación geomecánica, valor de RMR) correspondiente a una calificación de calidad de la masa rocosa desarrollada por Bieniawski, esto se basa en las propiedades de la roca intacta y las discontinuidades, donde se establece un conjunto de parámetros geomecánicos que representan la masa rocosa e identifican y permiten obtener información de ellos sobre los coeficientes que no pueden medirse directamente mediante experimentos.

El RMR es la suma de los valores; eso es favorable o desfavorable en términos de un cierto parámetro medible de propiedades geomecánicas, pero el rango de valores de los valores de RMR se presentan por sí mismos, no identificados con propiedades específicas de los componentes sólidos. Por ejemplo, podría obtenerse para una roca intacta RMR muy estable, pero sus discontinuidades tienen un gran espesor de relleno de arcilla, en cuanto a la roca intacta con poca durabilidad, pero cuando se rellenan las estructuras. Características geomecánicas de la roca intacta o discontinuidades debido a esta desventaja asociada con la RMR particular.

Los parámetros utilizados por RMR son los siguientes:

- Resistencia de roca intacta (IRS).
- Índice de calidad de la roca (RQD).
- Condición de las discontinuidades.
- Condición del agua o la humedad.

2.2.2.3. Variables de Voladura

Las propiedades de las rocas que contribuyen a la explosión son: la resistencia dinámica a la tracción de la roca y la resistencia al aplastamiento de la roca in situ, la naturaleza, la frecuencia y la orientación de las fracturas; Módulo de elasticidad, densidad de roca y velocidad de onda longitudinal de jóvenes. Actualmente, no hay métodos que no puedan medir satisfactoriamente las fortalezas dinámicas en la roca.

2.2.2.4. Resistencia Dinámica Insitu de la Roca

La resistencia a la tracción en el laboratorio y la resistencia a la compresión uniaxial pueden relacionarse con los valores del terreno cuando se multiplican por un factor apropiado.

2.2.2.5. Determinación de la resistencia a la compresión de la roca

La resistencia a la compresión de la roca está determinada por un grupo de cargas con múltiples presiones de pozos en áreas que son más altas que la resistencia a la compresión uniaxial de la roca. La relación entre la carga y el diámetro del taladro es similar a la relación entre la carga y el diámetro del taladro para el diseño de la viga. La resistencia a la tracción de la roca varía entre dos y cinco veces la resistencia a la compresión uniaxial. Chiappetta cree que los diseños iniciales pueden representar tres veces la resistencia compresiva uniaxial.

2.2.2.6. Determinación de la Resistencia a la Tracción Dinámica de la Roca

Funciona hacia atrás, el suelo viene dado por las ecuaciones de la distancia entre los agujeros en el precorte. Toma en cuenta los valores donde la distancia fue mayor y donde se logró una ruptura entre los agujeros pre-perforados

2.2.2.7. Aplicaciones de geo mecánica en voladura

La caracterización geotécnica requiere parámetros geomecánicos de la roca, que hoy en día es muy importante de usar en vigas, discontinuidades, fracturas y otras variables que afectan el rendimiento de la filmación. Las investigaciones realizadas toman en cuenta los aspectos geomecánicos de las rocas e introducen modelos matemáticos para disparos en varias minas en el país y en el extranjero. La fragmentación de la roca depende de estas propiedades geomecánicas, la mezcla explosiva que se utilizará y la geometría de la voladura.

La planificación de las grabaciones es tan importante como el diseño, la producción y el análisis de los resultados. Se aplica el modelo de comunicación que tiene en cuenta la energía total por unidad de volumen con una masa de diámetro de roca "D" para reducir un diámetro más pequeño "d", este parámetro geomecánico tiene en cuenta la carga dinámica de la roca de sujeción, el módulo de elasticidad y la relación de reducción (R), la

fracción de energía integral y la fragmentación de la roca generada por el calor de la explosión.

Este estudio indica la obtención de una mina para los valores dinámicos de la roca y se solicita para voladuras ANFO, ANFO pesadas y emulsiones.

2.2.3. Diseño de Malla de Perforación

Es el esquema que indica la distribución de los taladros con detalle de distancias, cargas de explosivo y secuencia de encendido a aplicarse.

2.2.3.1. Voladura Subterránea

Cuando se planifican pozos subterráneos, la voladura es tan importante como elegir el tipo correcto de zanja para adaptarse al campo en el suelo para desarrollar el sistema de voladura correcto.

Dos de los factores más importantes a considerar cuando se realizan voladuras en excavaciones subterráneas son:

La voladura debe romper la piedra de una manera eficiente y económica.

La masa de roca restante debe dañarse lo menos posible para producir desprendimientos de rocas.

2.2.3.2. Parámetros De Roca

Son determinantes como variables incontrolables, los cuales tenemos:

- Las propiedades físicas (densidad, dureza, tenacidad, porosidad).
- Las propiedades elásticas o de resistencia (resistencia a la compresión, tensión, fricción interna, cohesión).
- Condición geológica (textura, presencia de agua).

2.2.4. Diseño y cálculo de voladura en galerías y túneles (Metodología Sueca)

- **Sistemas de avance**

Según Carlos López Jimeno/Emilio López Jimeno, (2003), “la forma o el esquema según el cual se ataca la sección de un frente dependen de diversos factores”:

- ❖ “Equipo de perforación empleado”.
- ❖ “Tiempo disponible para la ejecución”.
- ❖ “Tipo de roca”.
- ❖ “Tipo de sostenimiento”.
- ❖ “Sistema de ventilación”.

En trabajos de roca experta con secciones de menos de 100 m², el trabajo de perforación y voladura se puede realizar en secciones enteras o en un solo paso. La excavación en fases se utiliza para abrir túneles grandes donde la sección es demasiado grande para ser cubierta por el equipo al perforar o cuando las propiedades geomecánicas de las rocas no permiten una excavación completa.

- **Esquemas de voladura**

Según Carlos López Jimeno / Emilio López Jimeno, (2003), “en los frentes de las vigas del metro, inicialmente se caracteriza por la ausencia de una superficie de salida libre, excepto por el propio ataque de la frente. La implementación del principio se basa en iniciar una fresa hueca libre para romper la sección de cargos restantes. El hueco generalmente tiene una superficie de 1-2 m². Aunque con diámetros de gran diámetro pueden alcanzar hasta 4 m². En los empujes, los taladros del ventilador comienzan a cubrir la mayor parte de la sección”.

“En esencia, incluso el banco de haz geométrico comparable requiere un consumo específico de explosivo entre 4 y 10 veces más alto, ya que la perforación por error, la separación de huecos y la inclinación más pequeña en relación con el eje de alimentación, una menor cooperación entre las cargas adyacentes y en algunas áreas existe un Efecto negativo de la gravedad, como con los agujeros de arrastre”.

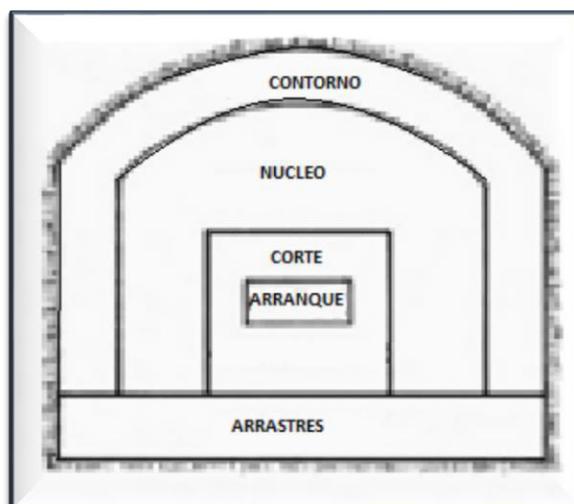


Figura 1: Zonas de una voladura en un frente, fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

Los taladros de contorno son taladros que definen la forma final de una pieza de trabajo. Están alineados a una corta distancia del interior del macizo para dejar un orificio para los taladros y la ranura de grabado y avanzar.

Una vez que se alcanza la posición de inicio, esto afectará la proyección de los escombros, la fragmentación y el número de agujeros. De las tres posiciones: en la esquina, en la parte central inferior y en la parte central superior, generalmente se elige esta última, ya que se evita la caída libre del material, el perfil de escombros es más estirado, menos compacto y mejor fragmentado.

- **Los de arranques con taladros paralelos**

El mismo Carlos López Jimeno / Emilio López Jimeno (2003), dice que “las explosiones en los frentes del metro son mucho más complejas que las vigas del banco porque, como ya se indicó, la única área abierta es el frente de excavación. El consumo específico es alto y la limitación de las cargas es alta. Por otro lado, las dimensiones de la carga en el arranque son pequeñas, por lo que los explosivos deben ser lo suficientemente insensibles para evitar la detonación de la transmisión, pero la velocidad de detonación es lo suficientemente alta, más de 3000 m/s, al efecto del canal en el explosivo de los cartuchos. En los taladros para evitar mayor diámetro. Este fenómeno es que los gases explosivos empujan el aire entre el pilar explosivamente y la

pared del pozo, comprimiendo los cassettes más allá del frente de la onda de choque para destruir los puntos calientes o insertar excesivamente la densidad del explosivo. Debido a que cada día se procesan minas, se utiliza un equipo más sofisticado en la perforación (jumbos), y para este ángulo de perforación sería complejo, por lo que los agujeros de perforación paralelos son los más adecuados, además de ser mucho más fáciles de perforar, ya que el ángulo de los deslizamientos es no debe cambiarse y las fuentes no dependen tanto del ancho de trabajo como en los inicios en ángulo”.

- **Arranque cilíndrico**

Actualmente es el tipo de arranque que se usa más comúnmente en la excavación de obras subterráneas, independientemente de sus dimensiones. Se considera un desarrollo o mejora adicional del inicio del incendio, que se tratará más adelante. Consiste en uno o dos orificios vacíos u orificios de extensión en la dirección en que los orificios cargados se rompen paso a paso. Los taladros de gran diámetro (65 a 175 mm) se perforan con escariadores.

Todos los ejercicios dentro del lanzamiento son muy cercanos y paralelos, por lo que es muy común usar jumbos con paralelismo automático.

El tipo de arranque más utilizado son las cuatro secciones. Dado que es más fácil presentar y ejecutar los métodos para calcular esquemas y cargas de este inicio

Las áreas restantes de un frente corresponden a las teorías suecas, actualizadas recientemente por Roger Holmberg (1982) y simplificadas por Oloffsson (1990), y se examinan a continuación. Finalmente, se dan otros tipos de arranques de cilindro que se han utilizado con éxito y ya tienen mucha experiencia.

- **Arranque propuesto por Hagan**

Algunos problemas en los pozos de explosión con explosiones paralelas son la detonación simpática y la desensibilización de la pre-compresión dinámica. El primer fenómeno puede aparecer en un agujero adyacente que

detonará. Si el explosivo encontrado allí tiene un alto nivel de sensibilidad, ya que todos los que tienen en su composición de nitroglicerina. A la inversa, la pre compresión dinámica de desensibilización tiene lugar en muchos ANFO explosivos y, en particular, porque la carga de la onda de choque puede aumentar la densidad del adyacente por encima de la densidad crítica o la muerte.

Los problemas de desensibilización se pueden mitigar con el diseño adecuado de las secuencias de disparo para realizar la detonación subsiguiente de cada orificio con un retardo suficiente mejorado para que la onda de choque antes de la detonación y la sensibilidad explosiva normal a su densidad y grado.

La propuesta de Hagan es reducir los problemas mencionados, y consiste en la disposición de los arranques cilíndricos de tres orificios de expansión vacíos, para que actúen entre la carga del paraguas.



Figura 2 Arranque cilíndrico modificado por Hagan, fuente: Manual de perforación y voladura-López Jimeno

“Hagan, también ha podido comprobar que las rocas de grano fino son más propicias a los fallos de los arranques que las de grano grueso, debido al mayor volumen del hueco de alivio que se precisa para la salida del material” (Pari David, 2019, p7).

“Como en los arranques cilíndricos cada detonación sucesiva agranda el espacio disponible para la expansión de los taladros que aún no han salido, la dimensión del burden puede ir aumentando y por lo tanto colocarse las cargas en espiral” (Pari David, 2019, p7).

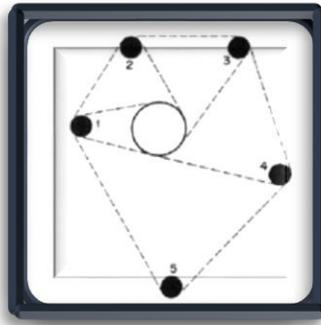


Figura 3 Arranque cilíndrico en espiral, fuente: Manual de perforación y voladura-López Jimeno

- **Arranque cilíndrico de doble espiral**

“Se perfora un taladro central con un diámetro entre 75 a 200 mm que es circunvalado por los taladros más pequeños cargados y dispuestos en espiral. Los taladros 1-2, 3-4 y 5-6 se corresponden en cada una de sus espirales respectivas” (Pari David, 2019, p7).

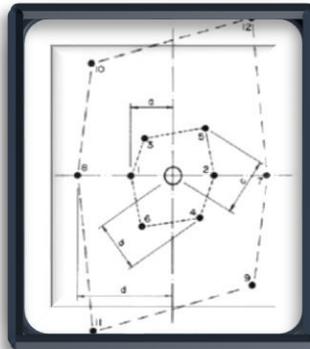


Figura 4 Arranque y corte de doble espiral, fuente: Manual de perforación y voladura

- **Arranque Coromant**

“Consiste en la perforación de dos taladros secantes de igual diámetro (57 mm), que constituyen el hueco libre en forma de -8- para las primeras cargas. Se utiliza una plantilla de perforación para perforar los dos taladros anteriores y los restantes del arranque” (Pari David, 2019, p7).

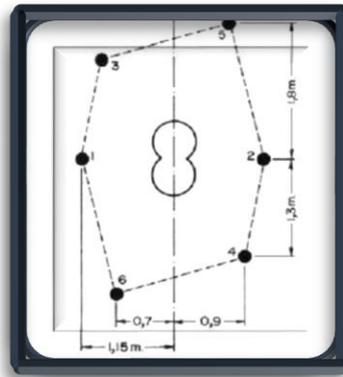


Figura 5 Arranque Coromant, fuente: Manual de perforación y voladura

- **Arranque Fagersta**

“Se perfora un taladro central de 64 o 76 mm de diámetro y el resto de los taladros cargados más pequeños se colocan según la figura 6”.

“Es un tipo de arranque mixto entre el de 4 secciones y el de doble espiral, siendo adecuado para las pequeñas secciones con perforación manual”. (Pari David, 2019, p8).

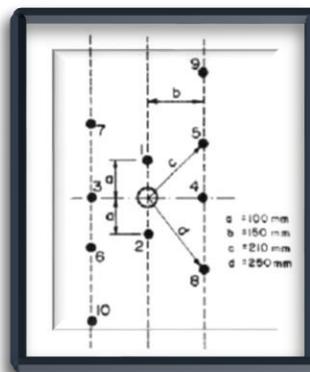


Figura 6 Arranque Fagersta, fuente: Manual de perforación y voladura-López Jimeno

- **Arranques quemados**

“En estos arranques todos los taladros se perforan paralelos y con el mismo diámetro, algunos se cargan con una gran cantidad de explosivo mientras que otros se dejan vacíos, al ser tan elevadas las concentraciones es de carga, la roca fragmentada se sinteriza en la parte profunda del arranque, no dándose las condiciones óptimas para la salida del disparo

como ocurre con los arranques cilíndricos. Los avances son reducidos y no van más allá de los 2.5 m por disparo” (Pari David, 2019, p8).

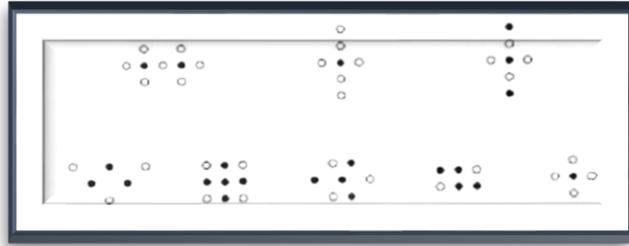


Figura 7 Ejemplo de arranques quemados, fuente: Manual de perforación y voladura

- **Arranque y corte de cuatro secciones**

“El esquema geométrico general de un arranque de cuatro secciones con taladros de paralelos se indica en la figura 8 la distancia entre el taladro central vacío y los taladros de la primera sección, no debe exceder de $1.7\phi_2$ para obtener una fragmentación y salida satisfactoria de la roca (Langefors y Kilhstrom, 1963) ,las condiciones de fragmentación varían mucho, dependiendo del tipo de explosivo, características de la roca y distancia entre el taladro cargado y el vacío” (Pari David, 2019, p8).

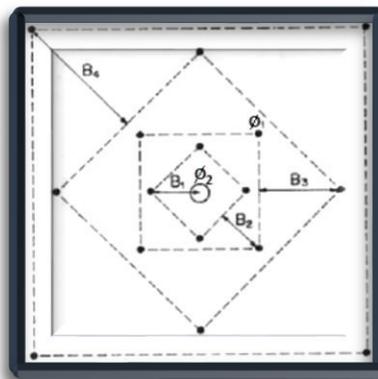


Figura 8 Arranque de cuatro secciones, fuente: Manual de perforación y voladura

- **Diseño de arrastres**

“Según Carlos López Jimeno/Emilio López Jimeno, (2003), el burden de los taladros de arrastre dispuestos en filas se calcula, básicamente con la misma fórmula que se emplea en las voladuras de banco, considerando que la altura de esta última es igual al avance del disparo” (Pari David, 2019, p8).

“En los taladros de arrastre es necesario considerar el ángulo de realce “ γ ” o inclinación que se precisa para proporcionar un hueco adecuado a la perforadora para realizar el emboquille del próximo disparo. Para un avance de 3 m un ángulo de 3° , que equivale a 5 cm/m, es suficiente, aunque dependerá lógicamente de las características del equipo” (Pari David, 2019, p8).

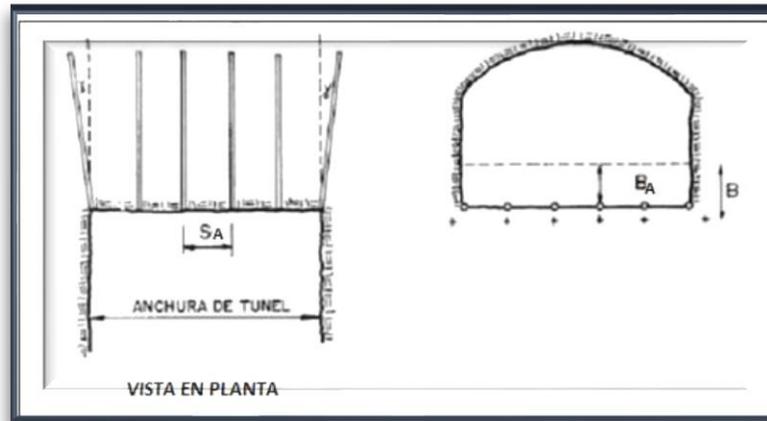


Figura 9 Geometría de los taladros de arrastres, fuente: Manual de perforación y voladura

- **Diseño del núcleo**

“El método para calcular el esquema de los taladros del núcleo es similar al empleado para las de arrastre, aplicando únicamente unos valores distintos del factor de fijación y relación espaciamento/burden” (Pari David, 2019, p11).

Tabla 01 Diseño del núcleo

DIRECCIÓN DE SALIDA DE LOS TALADROS	FACTOR DE FIJACIÓN “F”	RELACIÓN S/B
Hacia arriba y horizontalmente	1.45	1.25
Hacia abajo	1.20	1.25

Fuente: Manual de perforación y voladura

“La concentración de carga de columna, para ambos tipos de taladros, debe ser igual al 50% de la concentración de la carga de fondo” (Pari David, 2019, p11).

- **Diseño de contorno**

“En caso que la excavación no se utilice la voladura controlada, los esquemas se calculan de acuerdo con lo indicado para los taladros de arrastres” (Pari David, 2019, p11).

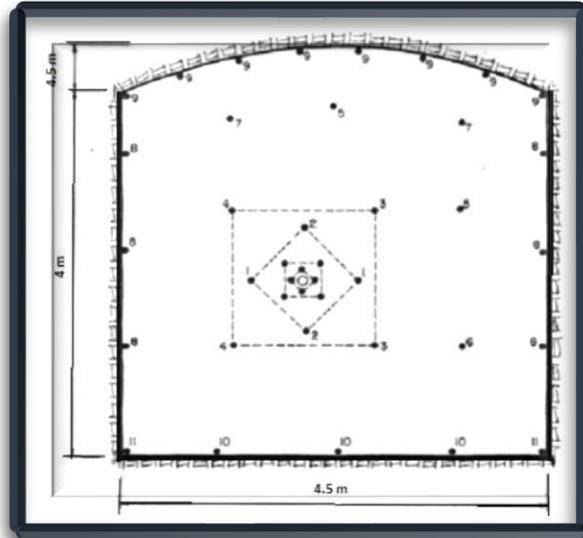


Figura 10 Diseño de malla de perforación y voladura, por metodología sueca Sección :4.5 x 4.5 m, fuente: Manual de perforación y voladura

- **Estándar de Perforación en Frentes de Avance:**

“Se tiene diferentes tipos de malla de perforación para cada tipo de roca y se tiene las siguientes consideraciones” (Pari David, 2019, p11):

a) **Malla De Perforación Para Tipo De Roca I-B, II-A Y II-B (RMR: Mayor A 60 Y Menor A 90)**

REQUERIMIENTO:

- “Sección: 2.40 m x 2,40 m. y 2,40 m. x 2.70 m”.
- “Taladros cargados: 45 o 46”.
- “Taladros de alivio: 9 o 11”.
- “Total, de taladros: 54 ó 57”.
- Longitud de perforación: 8’, (Pari David, 2019, p12).

- “Sección: 2,40 m. x 2,40 m. y 2,40 m. x 2,70 m”.
- “Taladros cargados: 40 o 43”.
- “Taladros de alivio :9”.
- “Total, de taladros: 49 o 52”.
- “Longitud de perforación: 8” (Pari David, 2019, p13).

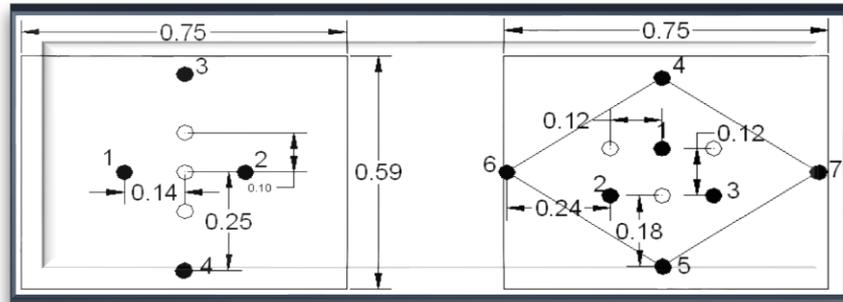


Figura 13 Malla De Perforación Para Tipo De Roca III-A, III-B, fuente: Manual de perforación y voladura

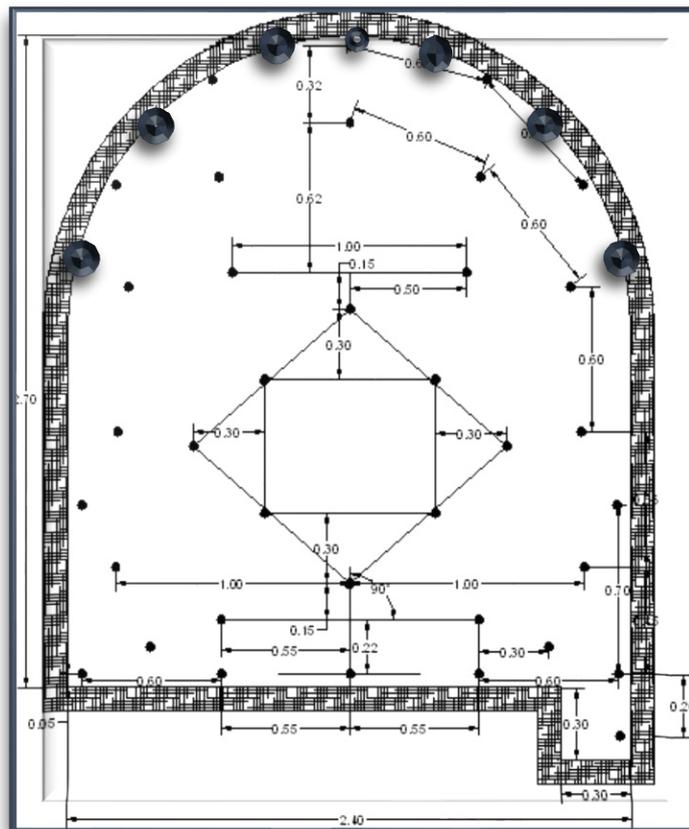


Figura 14 Diseño de malla de perforación y voladura para Roca III.A, III-B, fuente: Manual de perforación y voladura

c) **Malla de Perforación para Tipo de Roca IV-A; IV-B; V-A (RMR: Mayor a 30 y Menor a 40)**

REQUERIMIENTO: Sección: 2,40 m x 2,40 m. y 2,40 m. x 2,70 m.

- “Taladros cargados: 37 o 40”.
- “Taladros de alivio: 3”.
- “Total, de taladros: 40 o 43”.
- Longitud de perforación: 8'. (Pari David, 2019, p15).

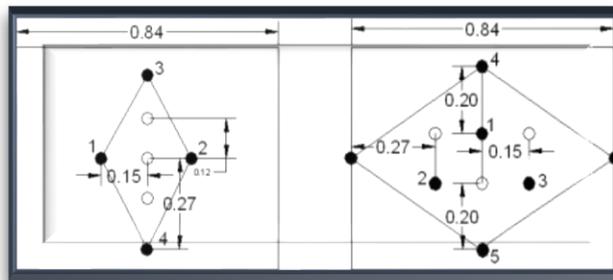


Figura 15 Malla De Perforación Para Tipo De Roca IV-A, IV-B y V-A, fuente: Manual de perforación y voladura

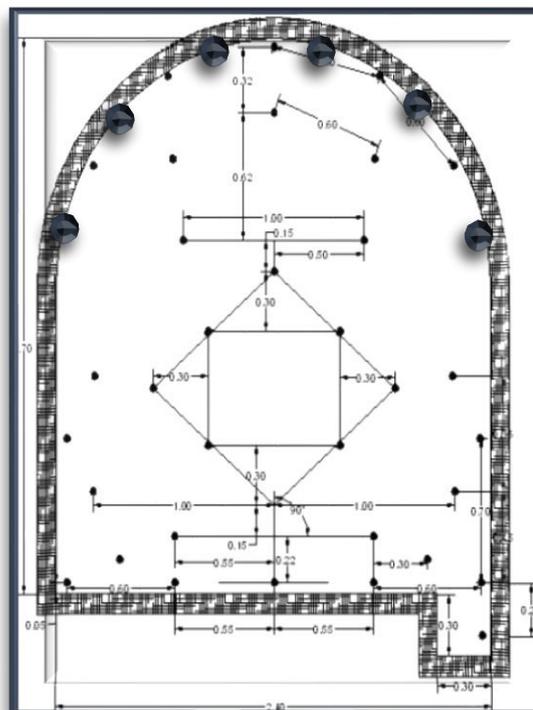


Figura 16 Diseño de malla de perforación y voladura para Roca IV-A, IV-B y V-A, fuente: Manual de perforación y voladura

2.2.5. Condiciones de Perforación

“Para conseguir una voladura eficiente la perforación es tan importante como la selección del explosivo, por lo que éste trabajo debe efectuarse con buen criterio y cuidado, lamentablemente la supervisión de la correcta operación de perforación aun no es controlada adecuadamente en muchas minas, lo que permite que ocurran deficiencias en la calidad de trabajo como son los taladro desviados, más espaciados, de longitud irregular etc, que determinan pérdidas de eficiencia de la energía explosiva disponible” (Chávez, 2018, p31).

“Normalmente localización de los taladros a ser re perforados está determinada por cuatro condiciones, Diámetro, longitud, rectitud y estabilidad”:

- ❖ **Diámetro:** “Depende del tipo de aplicación en que el taladro será utilizado como regla general el de menor diámetro factible será más adecuado y económico de realizar” (Chávez, 2018, p32).
- ❖ **Longitud:** “Influye mucho en la selección de la capacidad del equipo perforador y naturalmente en el avance del disparo (profundidad del taladro)” (Chávez, 2018, p32).
- ❖ **Rectitud:** “Varia con el tipo de roca método de perforación y características del equipo perforador. Deben tener la mayor rectitud y alineación para que el explosivo sea apropiadamente distribuido en la mayoría de los arranques de perforación el paralelismo entre taladros es de vital importancia para la interacción de las cargas explosivas en toda la voladura” (Chávez, 2018, p32).
- ❖ **Estabilidad:** “Los taladros deben mantenerse abiertos hasta el momento de su empleo. En terrenos sueltos tienden a desmoronarse por lo que puede ser necesario revestirlo interiormente con tubos especiales para poder los cargar, también se puede aplicar técnicas de revestimiento mediante arcillas especiales como la bentonita y otros utilizado en perforaciones de petróleo, diamantina” (Chávez, 2018, p32).

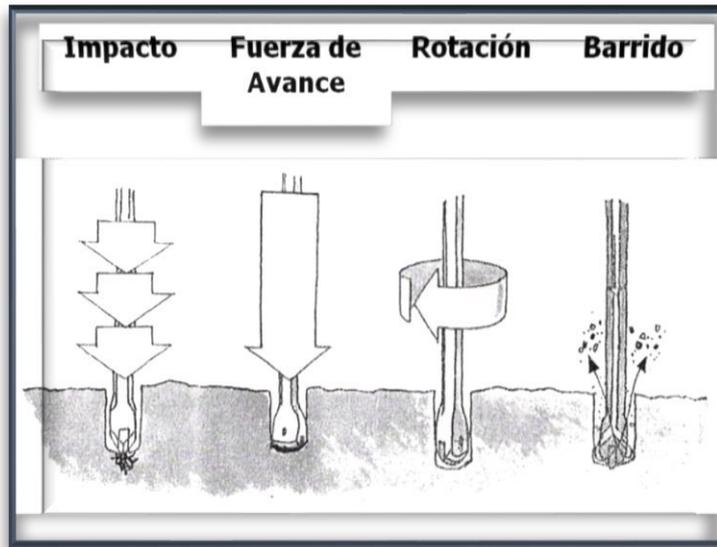


Figura 17 Detalle de perforación para disparo, fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

- ❖ **Casos particulares:** “Algunos trabajos especiales de voladura requieren taladros con un paralelismo exacto, es fundamental que los operadores perforistas conozcan a fondo el manejo de su máquina, sus posibilidades y limitaciones, captando claramente los diseños del plan de perforación, entendiendo claramente el propósito o finalidad de la voladura a realizar” (Chávez, 2018, p32).
- **Velocidad de Penetración:** “Estas variables no solamente depende de la aplicación de fuerza; también depende del barreno o limpieza del detritus, del taladro con el aire comprimido y/o con agua a presión, a través de la misma barra, conforme avanza la perforación. La dureza y agresividad de la roca son factores importantes, para determinar qué medio de perforación emplear: rotación simple o rotación/percusión” (Chávez, 2018, p32).
- **Orientación de los Taladros en una Perforación:** “Es de suma importancia de orientar los taladros paralelamente a las superficies libres con el fin de ayudar la desagregación del macizo rocoso en dirección de la superficie libre, estando el efecto útil perpendicular a la dirección del taladro, la orientación depende de los siguientes factores: Tipo de terreno, números de caras libres de la labor, grado de fragmentación, Otros (Tipo de explosivo, método de disparo, etc.)” (Chávez, 2018, p32).

- ❖ **Avance Lineal:** “Lo que se puede lograr, depende mucho de la habilidad del perforista y el paralelismo de los taladros, en algunos arranques la sección del frente, en éste caso del ancho de la sección limita, en otras palabras, la profundidad máxima de voladura que se puede conseguir en un frente con un solo disparo, será igual al ancho de la rampa, galería, crucero, etc. Esta regla cumple para arranques en Cuña, V es por ello en muchas minas ya no se perfora estos tipos de arranques o trazos” (Chávez, 2018, p33).
- ❖ **Dureza de la Roca:** “Si la roca es muy dura la profundidad de los taladros será limitada, ésta es en parte cierto, pero sería necesario utilizar explosivo de alto poder rompedor en cantidad necesaria, para lograr buenos avances” (Chávez, 2018, p33).

Tabla 02 Clasificación De La Dureza De La Roca

CLASIFICACION	DUREZA MOHS	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)
Muy dura	7	200
Dura	6 a 7	120 a 200
Medio dura	4 a 6	60 a 120
Medio blanda	3 a 5	30 a 60
Blanda	2 a 3	10 a 30
Muy blanda	1 a 2	10

Fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

- ❖ **Fracturas:** “La presencia de fracturas en el terreno influye también en el avance de una labor, porque en el caso que la carga explosiva se halle en las proximidades de las discontinuidades, por esto puede haber escapes de gases. Para ello es situar las cargas antes o después de las fracturas, por lo que se tiene que medir bien la profundidad de los taladros, además ya sabemos que de preferencia los taladros serán hechos a escuadra con estas fracturas, y en el carguío se debe utilizar los tacos inertes (Arcilla) para compensar las fugas de gases” (Chávez, 2018, p41).
- ❖ **Tiempo Disponible:** “Para poder terminarse la perforación completa a una longitud deseada, influye la eficiencia del equipo y eficacia del operador perforista” (Chávez, 2018, p41).

2.2.5.1. Perforación Secundaria

(López Jimeno, 2002). “Se origina estos tipos de perforación cuando después de la voladura por mala fragmentación debido a deficiencias en los disparos, también se origina por efectos de fisuras naturales de la roca, estos tipos de perforación es peligrosa y cara, suele traer retrasos en el trabajo”. “La eliminación de estos bancos es mediante perforaciones cortas de 2 a 4 pies llamados Cachorros, para depositar el explosivo, de otro modo se elimina colocando explosivos en la superficie de falla, llamado Plasta esto dependerá del tamaño del banco”.

2.2.5.2. Perforación de Arranque

Arranque–Trazo: “Son los taladros que van a permitir hacer una cara libre más y a partir de ésta segunda cara libre generada, se amplía la abertura con los taladros de primera y segunda ayuda, que están alrededor del arranque hasta que la delimitación sea total de la labora ejecutar. En toda malla de perforación se debe mantener la simetría de los taladros de tal forma de generar una buena secuencia de salida” (Pari David, 2019, p14).

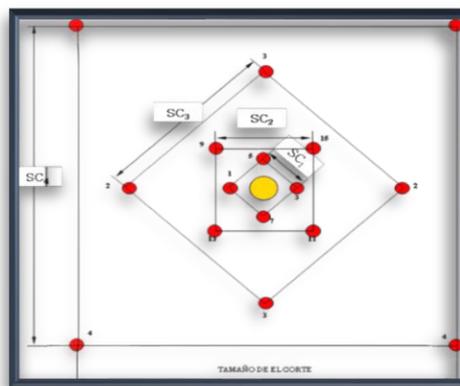


Figura 18 Perforación de arranque-trazo, fuente: Minera Aurífera Retamas S.A

Los tipos de arranque que se utilizan en los frentes de avance de la empresa:

✓ **ROCA DURA:**

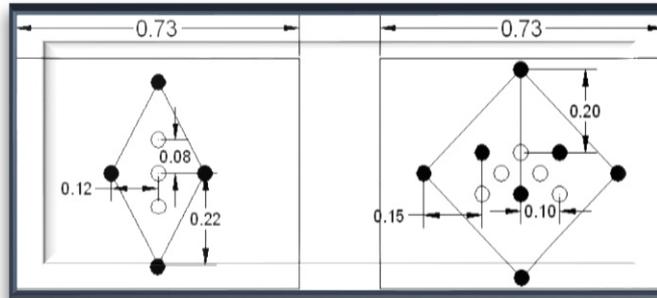


Figura 19 Arranque para roca dura, fuente: Minera Aurífera Retamas S.A

✓ **ROCA SEMIDURA:**

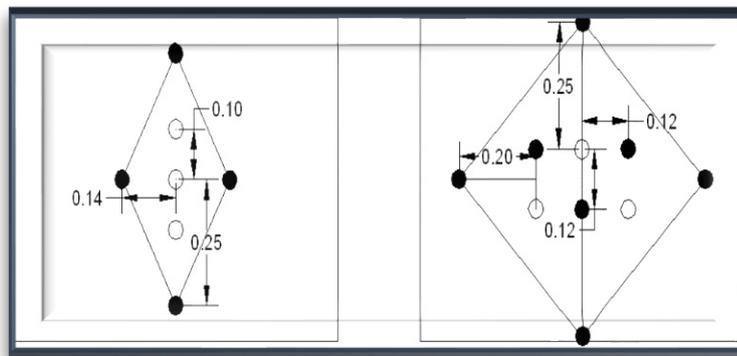


Figura 20 Arranque para roca semidura, fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

✓ **ROCA SUAVE:**

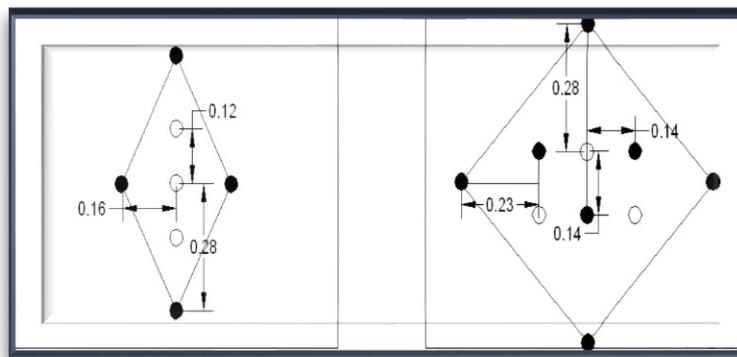


Figura 21 Arranque para roca suave, fuente: Minera Aurífera Retamas S.A

Calidad de Perforar el Arranque: “Perforar un arranque de calidad es un arte como el cirujano utilizar el bisturí, normalmente se necesita más o menos 14 taladros incluidos los taladros de alivio y primera y segunda ayuda de arranque. Hay como 100 tipos de arranque, todo depende del tipo de roca y habilidad del perforista; hay arranque para terreno suave, mediano y duro” (Pari David, 2019, p15).



Figura 22 Ejemplo de perforación de arranque, fuente: Elaboración Propia.

¿Qué pasa cuando sopla un disparo?: “Bien analizamos, hemos perforado taladros de 2.4 m a taqueado 40 cm el frente avanzó 2 m, pero hemos usado las brocas por éste 40 cm de taco, también hemos utilizado explosivo por 40 cm de taco, además el próximo frente vamos a perforar otro 2.40 m, pero siempre estamos menos 40 cm. Ahora suponemos que el costo por metro es de S/.378.00, entonces hemos perdido S/.378 x 40cm S/.151.2 por el disparo de una guardia, pero si todos los días tenemos el mismo defecto; en un mes vamos a perder S/.151.2 x 25 días es igual a S/.3780, por solo una labor. En un año sería S/.3780 x 300 días trabajado el valor será S/.1134000 al año. El pequeño análisis es solo de una sola labor, pero en la mina hay más de una labor de desarrollo. Si perforamos un frente sin usar un trazo adecuado, tendríamos que hacer mayor número de taladros que el necesario, con un gasto excesivo de explosivo. Además, probablemente no conseguiríamos un avance satisfactorio, e inclusive podría soplar. Finalmente es necesario perforar siempre un buen trazo, para mantener uniforme el tamaño y la forma de la sección de la labor, especialmente cuando se trata de labores principales, controlando debidamente su construcción” (Pari David, 2019, p15).

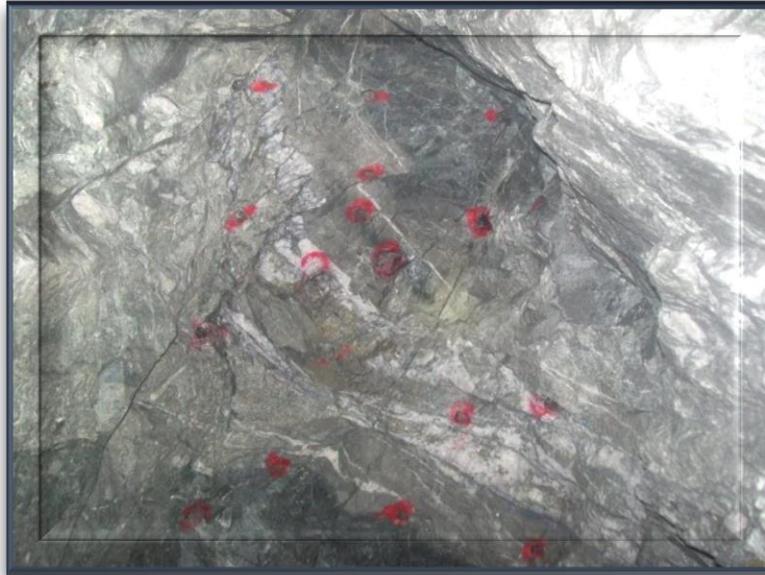


Figura 23 Fijado de puntos de perforación de arranque, fuente: Elaboración Propia.

Tipos de Arranque o Trazo: Hay varios tipos de arranque que reciben diferentes nombres, según su forma o el lugar donde se le ha usado primero., pero todos los tipos de cortes podemos agruparlos en tres:

A Corte o trazos angulares: “Son taladros que hacen un ángulo con el frente donde se perfora, con el objeto de que al momento de la explosión formen un cono de base (caralibre) amplia y de profundidad moderada, dependiendo del tipo de terreno. Entre los cortes angulares tenemos:” (Pari David, 2019, p16).

- Corte en Cuña o en “V”
- Corte en pirámide.

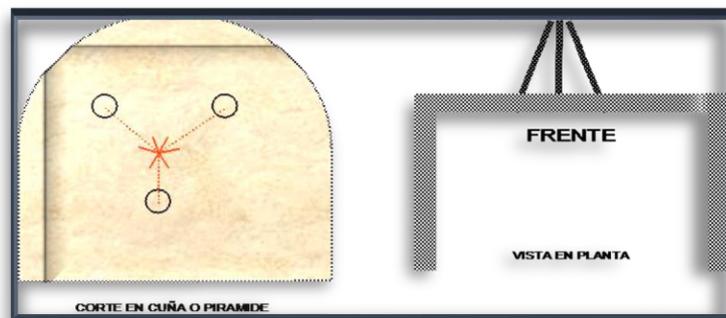


Figura 24 Arranque de trazos angulares, fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

B Corte o trazo paralelos: “Consiste en tres o más taladros horizontales,

que son exactamente paralelos entre sí y paralelo al eje de la galería; cuanto más duro es el terreno, estos taladros deberán estar más cerca uno a otro. De los taladros que forman el corte, uno o más se dejan sin cargar (Taladros de Alivio), con el objeto de que dejen un espacio libre que facilite la salida de los otros que están cargados. De estos taladros de alivio depende mucho el avance que se puede lograr en un solo tiro, es decir a mayor diámetro de taladros de alivio mayor será el avance” (Pari David, 2019, p17).

Posición de Corte en el Frente: “La ubicación del corte en un frente es un tema a considerar porque requiere de mayor carga específica causando, las sobre vibraciones y sobre presión; la ubicación del corte tiene que ver con el comportamiento geomecánico de las cajas y techo” (Pari David, 2019, p17).

“La posición mostrada depende del comportamiento geomecánico de las cajas, y de las direcciones relativas de los estratos con respecto al eje del Túnel–Rampa; En otras palabras, si el hastial derecho es de mala calidad rocosa el corte se debe realizar casi junto al hastial izquierdo y viceversa” (Pari David, 2019, p17).



Figura 25 Posiciones de corte en el frente, fuente: internet

Esta posición mostrada es la más común utilizada generalmente, pero se debe utilizar cuando no tenemos problemas alguno de calidad de macizo rocoso tanto en cajas y techo.



Figura 26 Posición de corte en el frente, fuente internet

“Posición del corte que representa ventajas, reducción del afecto en la sobre rotura en el techo por el explosivo a ese nivel se puede variar su lado de ubicación dependiendo del comportamiento de las cajas” (Fernández Javier, 2016, p10).



Figura 27 Posición de corte en el frente, fuente: internet

2.2.5.3. Perforación en Malla Marcada:

- a) **¿Qué es una malla de perforación?:** “Son líneas de pintura cuadriculadas y a pre calculado, que se marca en un frente para guiar al perforista. Cada tipo de roca tiene sus tipos de malla estandarizada con la cual se puede hacer el diseño de la malla, todas las mallas siempre en el techo tienen taladros de alivio para que la labor tenga acabado arqueado para un mejor control del terreno” (Fernández Javier, 2016, p10).

b) Pasos para marcar una malla de perforación:

- “Los topógrafos deben darnos una línea de dirección y la línea de gradiente” (Fernández Javier, 2016, p11).
- “Esas líneas de rumbo y de piso nos permiten avanzar una labor de una sola cara libre, de forma recta y de la dimensión correctas” (Fernández Javier, 2016, p11).

2.2.6. Energía de las mezclas explosivas

La energía es la característica más importante de una mezcla explosiva. La energía explosiva se almacena como energía química y se libera durante la detonación y se utiliza para eventos como los que se dan en la tabla.

Tabla 03 Distribución de la energía en diferentes eventos

EVENTO	%
Desmenuzamiento de la pared del taladro	5
Formación de fractura(radial y de tensión)	10
Corte	5
Calor y Luz	20
Movimiento de la masa rocosa	15
Vibración del terreno	30
Presión de aire	15
TOTAL	100

Fuente: Explosives and Rock Blasting, Atlas Powder. 1987.

Hagan (1977) estima que el 15% de la energía total generada por la voladura se usa para los mecanismos de fractura y desplazamiento de rocas. Según Rascheff y Goemans (1977), el consumo de energía varía entre el 5% y el 50% de la energía total, según el tipo y el tipo de explosivos utilizados.

El uso de energía explosiva está sujeto a las leyes de energía, masa y tiempo. La energía de la mezcla explosiva se libera a la roca circundante de dos maneras diferentes: la presión de detonación (energía de tensión), que ejerce una fuerza de fragmentación sobre la roca, y la presión de perforación (energía

de la burbuja) debido a la formación de gases y La principal causa del desplazamiento de la masa rocosa.

2.2.6.1. Determinación de la Energía

La energía explosiva puede ser medida o calculada para determinar su rendimiento termoquímico de la mezcla explosiva.

2.2.6.2. Medición de la Energía

“La medición de la energía de una mezcla explosiva, generalmente, se realiza por comprobación a otra de características y a conocidas. Para esta medición se usa los métodos siguientes” (Pari David, 2019, p18):

1. “Ensayo del mortero balístico”.
2. “Ensayo de Trauzl en bloque de plomo”.
3. “Ensayo de brisance”.
4. “Concepto de potencia por peso”.
5. “Ensayo de energía de burbuja bajo el agua”.

“El método más usado es el ensayo de energía de burbuja bajo el agua; éste es el más recomendable” (Pari David, 2019, p18).

2.2.6.3. Cálculo de la Energía

La energía explosiva se calcula utilizando técnicas basadas en las leyes de la termodinámica y siguiendo estrictamente los principios químicos y matemáticos. La energía de los explosivos se puede expresar en Kcal / kg o MJ / kg. Un ejemplo del cálculo de energía se puede encontrar en el apéndice.

Los valores obtenidos de esta manera representan el trabajo teórico disponible del explosivo, asumiendo una eficiencia del 100%.

2.2.6.4. Potencia de los Explosivos

La fuerza es la medida de la cantidad de energía de un explosivo. Se expresa en términos de peso absoluto (AWS) y volumen absoluto (ABS). También puede expresarse como una comparación de la energía de un explosivo con respecto al ANFO, que se supone que es del 100%, dando la fuerza de peso relativa o la fuerza de volumen relativa.

2.2.6.5. Potencia Absoluta por Peso (AWS)

“Esta es la medida de la cantidad de energía disponible (en calorías), en cada gramo de explosivo. Ejemplo: la AWS del ANFO es 900 cal/g” (Chávez, 2018, p41).

2.2.6.6. Potencia Absoluta por Volumen (ABS)

“Esta es le medida de la cantidad de energía disponible (en calorías) en cada centímetro cúbico de explosivo. Esto se obtiene multiplicando la AWS por la densidad del explosivo” (Chávez, 2018, p46).

2.2.6.7. Potencia Relativa por Peso (RWS)

“Esta es la medida de la energía disponible de explosivo comparado a un peso igual de ANFO. Esta se calcula dividiendo la AWS del explosivo por la AWS del ANFO y multiplicado por 100” (Chávez, 2018, p46).

2.2.6.8. Potencia Relativa por Volumen (RBS)

“Esta es la energía disponible por volumen de explosivo comparado a igual volumen de ANFO, con una densidad de 0,85 g/cc. Esto se calcula dividiendo la ABS de un explosivo por la ABS del ANFO y multiplicado por 100” (Chávez, 2018, p46).

2.2.6.9. Eficiencia de los Explosivos

Este factor es un índice que libera el grado de uso práctico de la energía a través de una mezcla explosiva, teóricamente calculada en términos de

parámetros termodinámicos.

La eficiencia general es una función de muchas variables establecidas en el sitio, algunas de las cuales son internas e inherentes al Explosivo debido a su formulación química y algunas son externas y parte de la construcción de voladuras o condiciones. Variables externas que pueden afectar la eficiencia general de una eficiencia de iniciación de explosivos, el flujo de agua, la longitud del diámetro de la carga, el grado de confinamiento, la temperatura, los efectos de detonación de cargas explosivas adyacentes, etc.

Las mediciones de eficacia de los explosivos se desarrollaron para evaluar la potencia práctica del explosivo e indicar sus propiedades en el campo. La eficiencia se puede determinar empíricamente mediante la técnica de explosión con "energía de burbuja" y se mide como un porcentaje de la energía utilizable. Las mediciones en los EE. UU. Se pueden usar para determinar los siguientes rangos de eficiencias para las diferentes familias de explosivos.

Tabla 04 Eficiencia de los explosivos

MEZCLA EXPLOSIVA	EFICIENCIA (%)
Explosivos moleculares	95-100
Emulsiones	90-95
Anfos pesados bombeables	75-90
Anfos pesados comunes	65-85
Acuageles	55-70
AN/FO	60-80
SANFO	50-70

Fuente: Explosives and Rock Blasting. Atlas Powder. 1987.

2.2.6.10. Factor de Energía

El esfuerzo por cuantificar el rendimiento del explosivo usado resultó en el uso del factor de carga. El factor de carga asume que el peso del explosivo corresponde a la energía explosiva; eso está mal. Un kg. La dinamita, AN / FO o emulsión tienen diferentes rendimientos energéticos.

Podría ser válido si el taladro tiene un solo tipo de explosivo. ¿Cómo podría expresarse el factor de estrés si un taladro contiene dos o más tipos de mezclas explosivas? Esta situación justifica el uso del factor energético.

Con los viejos explosivos, el poder explosivo aumentó directamente con la densidad; Sin embargo, actualmente hay dos tipos de explosivos con la misma densidad, pero diferentes rendimientos de energía en emulsiones. Entonces es necesario utilizar el factor de energía.

El factor de energía es un parámetro por el cual podemos determinar la cantidad de energía utilizada para romper una tonelada de mineral o un metro cúbico de material estéril (en el caso de movimiento de tierras), y se puede utilizar la siguiente relación:

$$\text{Factor de Energía} = \frac{\text{kcal(MJ) de energía}}{T \text{ Mo } m^3 \text{ de material fragmentado}}$$

2.2.7. Principales criterios para seleccionar explosivos

2.2.7.1. Propiedades geomecánicas

Carlos López Jimeno / Emilio López Jimeno (2003), dijo “que las características geomecánicas del macizo rocoso son el grupo de variables más importante, no solo por su influencia directa en los resultados de los rayos, sino también por su relación con otros diseños. variables Si las rocas se dividen en cuatro tipos, se recomiendan los siguientes criterios de selección”:

- a. **Rocas masivas resistentes:** En estas formaciones, las fracturas y el nivel de debilitamiento son muy raros, por lo que es necesario que los explosivos, en base a su energía de deformación "ET", sean los explosivos ideales para que la alta densidad cree más superficies

nuevas y velocidad de detonación. que: hidrogeles, emulsiones y explosivos gelatinosos.

- b. **Rocas muy fisuradas:** Los explosivos de roca muy resistentes con un alto "ET" en este arreglo tienen poco efecto en la fragmentación final, porque si comienzan a desarrollar grietas radiales, esto se interrumpe por fracturas preexistentes, por lo tanto, el interés en la posesión de explosivos se interrumpió rápidamente de alta energía "EG "gas, como en el caso de ANFO.
- c. **Rocas en forma de roca:** En el sólido, por lejos, la discontinuidad bloquea voluminosos insitu y en formas terrestres, donde hay grandes bolos en matrices plásticas, la fragmentación se rige principalmente por la geometría de la explosión y, en menor medida, por las propiedades del explosivo. En estos casos, se recomiendan explosivos con una relación "ET / EC" equilibrada, como el pesado ANFO y ALANFO.
- d. **Piedras porosas:** Con este tipo de roca se produce una atenuación y absorción de "ET", todo hará prácticamente el trabajo de la ruptura de "EC". Además de la adecuada selección de explosivos, los de baja densidad y la velocidad de detonación, como ANFO, se recomiendan los siguientes pasos para mantener los gases en los orificios el mayor tiempo posible.
- Comprobar la longitud y el calking del material.
 - Dimensionar la carga correctamente
 - Grund Prime en el fondo
 - Reduzca la presión
 - Del taladro, libérela cargando o agregando material inerte (ANFOPS).
- e. **Presencia de agua:** Si el ANFO se genera en un entorno que produce un cambio de humedad superior al 10%, se evita la detonación de la mezcla explosiva. La minería subterránea es muy perjudicial para trabajar con gradientes negativos que en rampas para las que se toman las medidas adecuadas. En la práctica, se utilizan sopladores de aire, que son muy recomendables para asegurar que el taladro sea anhidro.

Dado que los explosivos se recomiendan cartuchos impermeables (Emulex, Emulnor u otros), pero este criterio siempre es de acuerdo con la calidad de la roca, porque sabemos que las emulsiones o hidrogeles con alta densidad tienen una velocidad de detonación tan alta.

- f. **Fumar:** Aunque muchos explosivos están preparados para tener una proporción equilibrada de oxígeno que minimiza la energía y maximiza la detonación de gases tóxicos, la formación de vapores dañinos que contienen nitrógeno y gas CO es inevitable. Los humos, como criterio de elección, solo participan en el trabajo del metro y se debe tener en cuenta que más de un problema del explosivo en sí es a menudo un problema de ventilación inadecuada. La presencia de manguitos de plástico, diámetros de carga insuficientes o igniciones ineficientes puede conducir a una gran cantidad de humo. Los hidrogeles sensibles dan a los detonadores generalmente gas con buenas propiedades, mientras que los hidrogeles deben tomar precauciones generales, como en ANFO, que produce una alta concentración de gases nitrosos. Los explosivos gelatinosos generalmente se producen bien, pero no las dinamitas con alto contenido de nitrato de amonio.
- g. **Transmisión o simpatía:** Transmisión de la onda detonante en la estación de carga. Una buena compasión asegura la explosión total de la estación de carga.
- h. **Vibraciones:** En la roca, uno de los factores, los rayos que siempre están presentes, la vibración depende de las condiciones ubicadas en la masa de roca, esto afectará al entorno, son rayos, estos se tratan mediante voladuras controladas en caso de ser necesario (por ejemplo, si está cerca del edificio).

2.2.7.2. Cálculo y distribución de la carga explosiva

- **Columna explosiva**

“Es la parte activa del taladro de voladura, también denominada longitud de carga donde se produce la reacción explosiva y la presión inicial de los gases contra las paredes del taladro. Es importante la distribución de explosivo a lo largo del taladro, según las circunstancias o condiciones

de la roca. Usualmente comprende de 1/2 a 2/3 de la longitud total y puede ser continua o segmentada. Así pueden emplearse cargas sólo al fondo, cargas hasta media columna, cargas a columna completa o cargas segmentadas (espaciadas o alternadas) según los requerimientos incluso de cada taladro de una voladura. La columna continua normalmente empleada para rocas frágiles o poco competentes suele ser del mismo tipo de explosivo, mientras que para rocas duras, tenaces y competentes se divide en dos partes: La carga de fondo (CF) y la carga de columna (CC)” (López Jimeno, 2003).

- **Carga de fondo**

“Es la carga explosiva de mayor densidad y potencia requerida al fondo del taladro para romper la parte más confinada y garantizar la rotura al piso, para, junto con la sobre perforación, mantener la rasante, evitando la formación de resaltos o lomos y también limitar la fragmentación gruesa con presencia de bolones” (López Jimeno, 2003).

$$CF = 1,3 \times B.$$

Donde:

CF = Carga de fondo.

B = Burden.

“No debe ser menor de 0,6 B para que su tope superior esté al menos al nivel del piso del banco” (López Jimeno, 2003).

“Se expresa en kg/m o lb/pie de explosivo. Si se toma en consideración la resistencia de la roca y el diámetro de la carga, la longitud de la carga de fondo variará entre 30 Ø para roca fácil a 45 Ø para muy dura” (López Jimeno, 2003).

- **Carga de columna**

“Se ubica sobre la carga de fondo y puede ser de menos densidad, potencia o concentración ya que el confinamiento de la roca en este sector del taladro es menor” (López Jimeno, 2003).

“Pesado en relaciones de 10/90 a 20/80. La altura de la carga de columna se calcula por la diferencia entre la longitud del taladro y la suma la carga de fondo más el taco” (López Jimeno, 2003).

$$CC = L - (CF + T)$$

Dónde: CC = Carga de columna.

L = Longitud del taladro.

CF = Carga de fondo

T = Taco

- **Estimación de cargas**

Volumen a romper por taladro = Malla por altura de taladro.

$$V = (B \times E \times H) = \text{por taladro.}$$

Donde:

V = Volumen a romper por taladro.

B = Burden.

E = Espaciamiento.

H = Altura del taladro.

Tonelaje: volumen por densidad de la roca o mineral.

- **Volumen de explosivo**

Diámetro de taladro por longitud de la columna explosiva (columna continua) o por la suma de las cargas segmentadas.

$$Ve = (\emptyset \times Ce) \text{ en}$$

Donde:

Ve = Volumen de explosivo.

\emptyset = Diámetro del taladro.

Ce = Columna explosiva.

- **Factor de carga**

Es la relación entre el peso de explosivo utilizado y el volumen de material roto.

$$FC = (We/V)$$

Donde:

FC = Factor de carga.

We = Peso del explosivo

V = Volumen del material roto.

- **Tonelaje roto**

El tonelaje roto es igual al volumen del material roto multiplicado por la densidad de dicho material.

Tonelaje roto = (V x p) Donde:

V = Volumen del material roto

p = Densidad del material

- **Perforación específica**

Es el número de metros o pies que se tiene que perforar por cada de roca m³ volada.

$$PE = \frac{(L/H)}{B \times E}$$

Dónde:

PE = Perforación específica

L = Profundidad del taladro.

H = Altura de banco.

B = Burden.

E = Espaciamiento.

- **Cálculo general para carga de taladro**

$$(0,34 \times \varnothing^2 \times \rho_e), \text{ en lb/pie}$$

Dónde:

0,34: Factor.

\varnothing = Diámetro del taladro, en pulgadas.

ρ_e = Densidad del explosivo a usar en g/cm

- **Densidad de carga**

$$DC = 0,57 \times \rho_e \times \varnothing^2 \times (L - T)$$

Dónde:

DC = Densidad de carga, en kg/tal.

0,57 = Factor.

\varnothing = Diámetro del taladro

ρ_e = Densidad del explosivo a usar.

L = Longitud de perforación.

T = Taco.

2.3. Definición de términos básicos

Perforación. Al igual que con la mayoría de las operaciones a cielo abierto, el ciclo comienza con la perforación. Se utilizan equipos especiales y agujeros grandes para perforar agujeros en zonas mineralizadas llenas de explosivos, generalmente ANFO (nitrato de amonio + diésel), que elimina grandes cantidades de material y da como resultado rocas de diferentes tamaños. Si fueran tan grandes que dificultaran la carga, se debería haber implementado un segundo disparo de carguío para aliviar las rocas grandes que se rompen en rocas más pequeñas. La perforación de los agujeros de voladura se realiza de acuerdo con los requisitos de extracción y purificación de minerales dentro de un programa de planificación fijo.

Voladura. Después de la perforación, se lleva a cabo la voladura. El objetivo de una explosión es mover y eliminar rocas, lograr la fragmentación adecuada de la roca y controlar los niveles de vibración. De acuerdo con los criterios de la mecánica de fractura, la voladura es un proceso tridimensional en el que las presiones generadas por los agujeros en la roca perforada crean explosivamente un área de alta concentración de energía que crea dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento. El primero se relaciona con el tamaño de los fragmentos producidos, su distribución y sus proporciones, mientras que el segundo se refiere al movimiento de la masa de roca. La fragmentación adecuada es importante para facilitar la

eliminación y el transporte del material volado, y está directamente relacionada con el uso al que se asigna ese material, logrando así la "mejor" fragmentación.

Carguío. En Carguío se llevará a cabo con el equipo, generalmente excavadoras y cargadoras de ruedas, que se transportan en camiones de volteo de material transferidos a la zona de recolección en la fosa. Este proceso implica la eliminación y recolección de material fragmentado.

Transporte. Corresponde a esta actividad, el acarreo o transporte del material que se encuentra en los bancos, hacia los diferentes destinos: El transporte se realiza con camiones volquete de 17 m³ de capacidad. El Mineral, con contenido metálico económicamente explotable, se trasladará a las canchas de mineral o a la planta concentradora. El material de baja ley se almacena en botaderos especiales para más tarde, aplicando nuevas tecnologías, ser lixiviado para recuperar su contenido metálico. El Desmonte (material estéril y sin valor económico) que se enviara a los botaderos.

Burden. Esta es la distancia medida perpendicularmente desde el eje de perforación a la superficie libre.

Malla. Es la forma geométrica que está básicamente relacionada con la carga y la distancia después de la broca.

Espaciamiento. Esta es la distancia entre los taladros de la misma fila perpendicular a la carga que se disparan con el mismo retraso o con retrasos diferentes y mayores en la misma fila.

Sobre perforación. El sobrepaso es la profundidad a la que se perfora el pozo debajo del nivel del suelo para garantizar que la fractura esté a la misma altura.

Explosivo. Un compuesto químico que produce una liberación repentina de altas presiones y temperaturas, liberando gases que causan la fragmentación en la roca.

Taladro. Cavidad cilíndrica en la que se depositan explosivos según un factor de carga.

Cara libre. Es la superficie en contacto con el entorno que se toma como referencia para un cubo y es esencial para la formación y el retorno de las ondas de estrés, lo que provoca la fragmentación.

Berma. Plataforma horizontal de un banco a medida que alcanza la posición final de la excavación.

Voladura controlada. La técnica de voladura para controlar la excavación y crear una pendiente de cola competente se puede pre cortar, cortar a medida, perforar en serie y amortiguar.

Voladura amortiguada. Voladura disparada después de la voladura principal, constituidas por cargas desacopladas, y poco espaciadas para producir taludes competentes.

Vibraciones. Movimiento oscilante de un medio sólido o líquido para pasar una onda elástica.

Talud. Relación entre la proyección horizontal y la altura del frente de un banco.

Factor de carga. Es relación de kilogramos de explosivos sobre m^2 .

Desplazamiento. Consiste en el movimiento de la masa rocosa así la cara libre.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método, y alcance de la investigación

“En todo estudio o investigación es de importancia fundamental que los hechos y relaciones que se establece, a partir de los resultados obtenidos o nuevos conocimientos; tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad” (Sampieri, 2007, p7).

“Para ello se planea una metodología o procedimiento ordenado que se sigue para establecer lo significativo de los hechos y fenómenos hacia los cuales está encaminado el significado de la investigación” (Sampieri, 2007, p7).

Para el presente trabajo de investigación se utilizará los siguientes:

- **Método Sintético:** Este método nos sirve para analizar el problema existente en el presente trabajo de investigación.
- **Método Deductivo:** Para el análisis y la observación se utilizará el método hipotético deductivo, que permite contrastar en la realidad una conjetura a partir de un marco teórico que llevará a demostrar nuestra segunda variable, a partir de un modelo explicativo en un determinado momento del tiempo, llamado también estudio transversal, lo que significa que nuestra investigación será de tipo descriptivo no experimental, porque se efectuará en el año 2018.
- **Método Analítico:** Nos permitirá analizar las causas del problema planteado y sus efectos.

- Método Inductivo: Nos permitirá ver el problema de manera particular para llegar a una conclusión.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es cualitativo por que el objetivo es lograr que el comportamiento y los hábitos humanos pueda quedar con una cultura de cuidado del medio ambiente sostenible para las futuras generaciones.

“El diseño de la inversión entendida como en conjunto de estrategias procedimentales y metodológicas definida y elaboradas previamente para desarrollar el proceso investigativo guiando los propósitos a través de la prueba de hipótesis, para el presente estudio es de carácter experimental y cuyo diseño es el explicativo casual diseño de la investigación entendida como el conjunto de estrategias procedimentales y metodológicas definidas y elaboradas previamente para desarrollar el proceso investigativo, guiando los propósitos a través de la prueba de hipótesis, para el presente estudio es de carácter experimental y cuyo diseño es el explicativo causal” (Sampieri, 2007, p7).

3.3. Unidad de estudio

La unidad de estudio, en éste caso de acuerdo a nuestro trabajo planteado, estará constituida por los tipos de malla de perforación en interior mina con sección 3 X 3 metros.

Para el caso de los tipos de voladura en labores subterráneas a través del método de análisis y síntesis, para lo cual se ha elegido la propuesta de implementación de proceso de voladura en interior mina con sección de 3 x 3 metros.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se recolectaron los datos mediante la aplicación de fórmulas y registros, para lo cual se aplicará el análisis estadístico y porcentual, de los costos incurridos

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

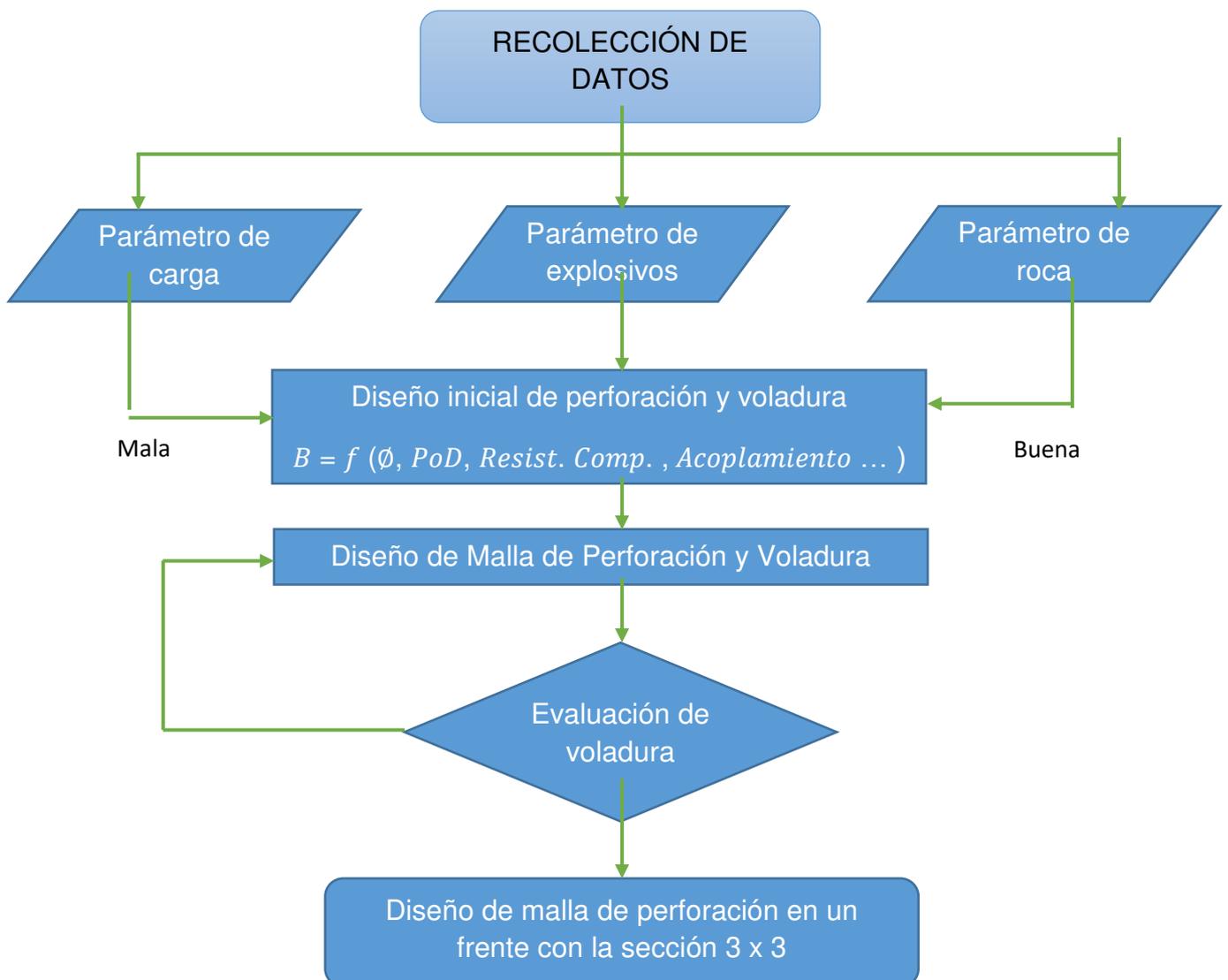


Figura 28 Implementación de diseño de malla, fuente propia

4.1.1. Datos de Perforación y voladura

Tabla 05 Datos de perforación y voladura

N°	PERF. NETA(hh:mm:ss)	CAMBIO DE TALADRO(hh:mm:ss)	TIEMPO PARCIAL(hh:mm:ss)	L.TALADRO(m)
1	00:04:08	00:00:37	0:04:45	1.18
2	00:03:40	00:00:34	0:04:14	1.20
3	00:02:55	00:00:44	0:03:39	1.23
4	00:03:02	00:00:28	0:03:30	1.20
5	00:02:26	00:00:22	0:02:48	1.23
6	00:02:55	00:00:26	0:03:21	1.29
7	00:02:53	00:00:29	0:03:22	1.13
8	00:02:47	00:00:25	0:03:12	1.19
9	00:02:38	00:00:20	0:02:58	1.18
10	00:02:38	00:00:25	0:03:03	1.18
11	00:02:19	00:00:21	0:02:40	1.20
12	00:02:53	00:00:22	0:03:15	1.21
13	00:03:28	00:00:35	0:04:03	1.22
14	00:04:01	00:00:23	0:04:24	1.19
15	00:03:07	00:00:32	0:03:39	1.33
16	00:03:26	00:00:27	0:03:53	1.21
17	00:03:46	00:00:38	0:04:24	1.25
18	00:03:52	00:00:38	0:04:30	1.12
19	00:03:43	00:00:26	0:04:09	1.22
20	00:03:36	00:00:32	0:04:08	1.24
21	00:03:39	00:00:18	0:03:57	1.21
22	00:03:32	00:00:24	0:03:56	1.26
23	00:03:33	00:00:19	0:03:52	1.32
24	00:03:19	00:00:21	0:03:40	1.34
25	00:02:58	00:00:17	0:03:15	1.23
26	00:03:46	00:00:19	0:04:05	1.22
27	00:02:58	00:00:18	0:03:16	1.19
28	00:02:36	00:00:16	0:02:52	1.25
29	00:02:41	00:00:40	0:03:21	1.21
30	00:02:48	00:00:24	0:03:12	1.20
31	00:03:21	00:00:19	0:03:40	1.18
32	00:03:27	00:00:24	0:03:51	1.24
33	00:03:11	00:00:31	0:03:42	1.25
34	00:03:18	00:00:26	0:03:44	1.23
35	00:03:37	00:00:25	0:04:02	1.28
36	00:03:28	00:00:28	0:03:56	1.26
37	00:03:14	00:00:17	0:03:31	1.24
38	00:03:03	00:00:18	0:03:21	1.19
39	00:03:35	00:00:17	0:03:52	1.23
PROMEDIO	00:03:40	00:00:26		1.22
T.TOTAL	2:23:02	0:16:45	METROS/GDIA	47.73

A partir de los datos obtenidos, hemos observado la perforación excesiva de agujeros en un frente de trabajo debido a la distribución

insuficiente de los taladros en una notable falta de marcas de puntos, lo que es una práctica de perforación deficiente.

4.1.2. Voladura

Tabla 06 Tiempos medidos en voladura

TIPO DE OPERACIÓN UNITARIA	TIEMPO
Recojo de Explosivos	00:09:09
Preparado de Cebos	00:10:06
Carguío de Taladros	00:22:57
Chispeo	00:00:53
SUB-TOTAL	0:43:05

Fuente: elaboración propia

4.1.3. Limpieza

En esta operación unitaria se observa la consecuencia de una mala perforación y voladura ya que se produjo un tiro cortado y solo salió los taladros de arranque produciendo poca carga del material.

Tabla 07 Tiempos medidos en limpieza de desechos

# CARROS	T.CARGUIO(hh:m m:ss)	CICLO DE ACARREO(hh:mm:	TIEMPO PARCIAL(hh:mm:ss
1	00:10:46	00:00:57	0:11:43
2	00:11:06	00:01:02	0:12:08
3	00:15:49	00:01:07	0:16:56
4	00:17:46	00:01:09	0:18:55
PROMEDIO	00:13:52	00:01:04	00:14:56
TOTAL	0:59:42		

Fuente: elaboración propia

4.1.4. Otras actividades

Tabla 08 Tiempos de otras actividades

TIPO DE OPERACIÓN	TIEMPO(seg)
Inspección y Lavado de la labor	00:05:04
Desatado de labor	00:10:43
Marcado de Malla en el Frente	00:00:00
Traslado de Equipo Y Herramientas	00:07:43
Instalación y verificación de Perforadora	00:06:21
BOLO	02:30:20
ALMUERZO/DESCANSO	00:00:00
SUB-TOTAL	03:08:13

Fuente: elaboración propia

4.2. Perforación y voladura para una labor de 3 X 3

En este resultado podemos observar un trabajo con una sección controlada, una fragmentación óptima y un cambio de carga aceptable. Este resultado confirma el éxito de este método, que consiste en construir la red de perforación y demolición de acuerdo con las condiciones exactas de la masa de roca.

Tabla 09 Tiempos de una perforación 3 x 3 metros

N°	Perf. Neta (hh:mm:ss)	Cambio De Taladro (hh:mm:ss)	Tiempo Parcial (hh:mm:ss)
1	00:04:49	00:00:10	0:04:54
2	00:06:02	00:00:18	0:06:11
3	00:04:00	00:00:20	0:04:10
4	00:04:20	00:00:16	0:04:28
:	:	:	:
:	:	:	:
21	00:06:50	00:00:20	0:08:00
22	00:06:15	00:00:24	0:06:27
23	00:08:04	00:00:22	0:08:15

PROMEDIO	00:06:04	00:00:20	00:06:15
T. TOTAL	2:14:40	0:06:59	METROS/DÍA

4.2.1. Voladura

Tabla 10 Tiempos de una voladura 3 x 3 metros

TIPO DE OPERACIÓN UNITARIA	Tiempo(hh:mm:ss)
Recojo de Explosivos	00:48:00
Preparado de Cebos	00:20:40
Carguío de Taladros	00:38:00
Chispeo	00:02:08
T. TOTAL	1:48:48

4.2.2. Limpieza

Tabla 11 Tiempos de limpieza de desechos de una voladura de 3 x 3 metros

# CARRETILLAS	T. Carguío (hh:mm:ss)	Ciclo de Acarreo (hh:mm:ss)	Tiempo Parcial (hh:mm:ss)	OBSERVACIÓN	
1	0:01:43	0:01:54	0:03:37		
2	0:01:36	0:01:42	0:03:18		
3	0:01:35	0:01:38	0:03:13	# CARRETILLAS	
				Población	
4	0:01:28	0:01:40	0:03:08	=	51
5	0:01:45	0:01:50	0:03:35	Muestras=	5
PROMEDIO	0:01:37	0:01:45	0:03:22		
T. TOTAL	2:51:52				

4.2.3. Otras Actividades

Tabla 12 Tiempos de otras actividades de una voladura de 3 x 3 metros

TIPO DE OPERACIÓN UNITARIA	Tiempo(hh:mm:ss)
-----------------------------------	-------------------------

Inspección y Lavado de la labor	00:05:45
Desatado de labor	00:02:30
Marcado de Malla en el Frente	00:08:00
Traslado de Equipo Y Herramientas	00:07:40
Instalación y verificación de Perforadora	00:06:20
Supervisión	00:10:00
Orden y Limpieza	00:06:00
BOLO	01:30:53
ALMUERZO/DESCANSO	01:00:00
T. TOTAL	03:17:08

4.2.4. Voladura

Tabla 13 parámetros de una voladura de 3 x 3 metros

PARÁMETROS DE VOLADURA		VALORES	UNID
EXPLOSIVO	SEMEXA E-65	95	Cartuchos
	EXADIT 65	0	Cartuchos
MECHA LENTA		30.6	mts
PESO DE EXPLOSIVO POR DISPARO	SEMEXA E-65	7.70	kg/disparo
	EXADIT 65	0.00	kg/disparo
	TOTAL	7.70	kg/disparo
DENSIDAD DE CARGA		5.31	kg/m
FACTOR DE CARGA		1.97	kg/m ³
FACTOR DE POTENCIA		0.79	Kg/TM

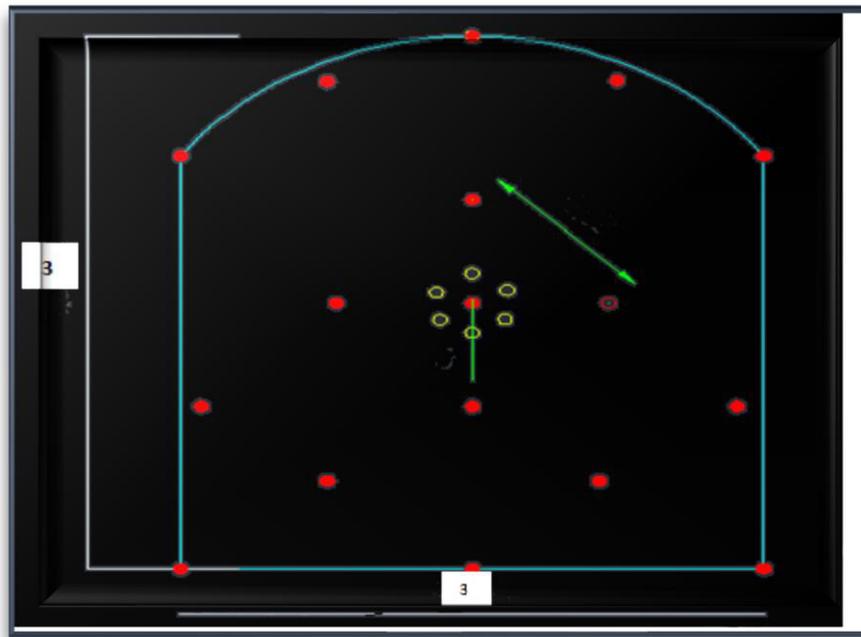


Figura 29 Disposición de corte en el frente de voladura de 3 x 3 metros, fuente: internet

4.3. Discusión de resultados

En el diseño de perforaciones y voladuras, las propiedades mecánicas, físicas y químicas y la estratigrafía y las características estructurales de la masa rocosa desempeñan un papel importante, por lo tanto, el principio de los haces de sonido se basa en un buen diseño de la red y la supervisión del proceso de perforación.

El trabajo de desarrollo será un diagnóstico de la situación actual de la unidad minera y su impacto respectivo en los costos operativos de la empresa, continuará aplicando estos factores de éxito de la aplicación en la perforación y voladura, que básicamente aprobó propuestas para mejorar los estándares de minería. y su implementación a través del control operacional de la operación de la mina y, en consecuencia, para reducir los costos operativos de la compañía.

Sin lugar a dudas, este aspecto es importante porque realizar un mal proceso y usar materiales de perforación y voladura resultará en costos innecesarios y exagerará la operación de esta unidad.

En este sentido, la investigación se ha vuelto teórica, ya que la variable independiente estará bien, los resultados de la atención y / o evaluarán el progreso lineal mejorado con nuevas técnicas de haz y la capacitación del personal a manipular.

El factor económico y el talento humano es una limitación obvia, ya que para una mejor educación y la implementación de esta mejor práctica es necesario, una serie de estudios en varios mineros y profesionales viajan a las unidades responsables de la capacitación del personal para esta unidad del operador operativo. Unidad de personal.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se determinó que el diseño de malla de perforación y voladura un frente con la sección 3 x 3 en la empresa mejorara significativamente la productividad y rentabilidad en la misma ya que el trabajo realizado es muy importante, ya que todos tienen el mismo propósito de realizar perforaciones y voladuras correctamente y sin incidentes de antemano y en producción.

SEGUNDA: Se concluye que el diseño de malla de perforación reduce los costos de perforación y voladura en conjunto ya que el diseñar una malla de perforación y detonación basada se puede optimizar de manera mucho más precisa que de una manera convencional o utilizando otros modelos matemáticos. El tiempo en las diferentes guardas refleja las características de las operaciones de perforación y voladura que son la causa de la mala práctica de estas actividades

TERCERA: Para un correcto dimensionado de las cargas, debe tenerse en cuenta que la carga de activación actúa en dos fases en el medio circundante. Se puede decir más simplemente que la primera fase del efecto de choque de la explosión crea un esfuerzo del material a través del eje con una presión inicial. En un entorno cerrado, esto da como resultado que la carga exceda la resistencia a la compresión del material.

CUARTA: Con respecto a la validez de los procedimientos, se lleva a cabo un programa de capacitación en el que se evalúa constantemente al personal para seguir desarrollando su trabajo, minimizar los incidentes y garantizar un trabajo eficiente en el proceso de voladura.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: El uso de mezclas explosivas gasificables debe estandarizarse para lograr una buena fragmentación debido a la voladura de la roca. Minimice el envío, el transporte, la trituración primaria, etc., optimizando así la rentabilidad de la empresa.

SEGUNDA: Es necesario conocer exactamente las propiedades físico-mecánicas de la masa rocosa y su caracterización geomecánica, ya que se utiliza para determinar los parámetros de voladura.

TERCERA: La perforación debe realizarse en paralelo, por lo que los instructores de perforación deben usar las protecciones de 3 m apropiadas y tener el equipo que se utilizará en condiciones óptimas y proporcionar al menos cuatro protecciones para cada trabajo.

CUARTA: El personal de operaciones de la unidad (instructor de perforación, asistente de perforación y supervisor) debe estar capacitado para demostrar la importancia de realizar todos los procesos relacionados con la perforación y voladura.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ames Lara, V. A. (2008). Diseño de las mallas de perforación y voladura utilizando la energía producida por las mezclas explosivas.
2. Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). Perforación y voladura de rocas en minería. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Madrid.
3. Castilla, J., & Herrera, J. (2013). Perforación y voladura de rocas en minería.
4. Cámac Torres. Alfredo. (2005). Manual Perforación y Voladura de Rocas FIMUNA. Pun
5. Carreón Quispe Juvenal (2001); Tesis “Optimización de Perforación y Voladura en la Rampa Principal 523 Sistema Mecanizado Mina San Rafael”.
6. Corominas, J. (2010). Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad. Ingeniería del agua, 17(3), 219-233.
7. Cháhuares Saritupa, Félix C. (2012); Tesis “Nuevo Diseño de la Malla para mejorar la Perforación y Voladura en proyectos de Explotación y Desarrollo Mina el COFRE”.
8. Chavez Flores, Yetson. (2018); Tesis “Mejora De La Granulometría Mediante El Diseño De Malla De Perforación Y Voladura Aplicando El Modelo De Holmberg En La Galería 370 De La Zona Coturcan En La Mina Huancapeti – Año 2015”.
9. Domínguez Gómez, J. A. (2008). Energías alternativas (No. 333.79 D671e). Madrid, ES: Equipo Sirius.
10. Exsa. (2003). Explosivos convencionales y accesorios para voladura. Segunda edición, Lima, Perú.
11. Fernández, Javier. (2016); Tesis “Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa”.
12. Hock y Brown. (1980). Excavaciones subterráneas en rocas. México: McGraw Hill.

13. Holmberg, R. (1993). Rock blasting and explosives engineering crc press, United Estates of America
14. López, E., López, E., & García, P. (1988). Manual de perforación y voladura de rocas. Madrid: Instituto Geominero de España.
15. Jimeno, C. L., Jimeno, E. L., & Bermúdez, P. G. (2003). Manual de perforación y voladura de rocas. Carlos López Jimeno.
16. Jáuregui Aquino, Oscar A. (2009); Tesis: "Reducción de los Costos Operativos en Mina mediante la Optimización de los Estándares de las Operaciones unitarias de Perforación y Voladura".
17. Llanos, E., Astigarraga, L., Jacques, R., & Picasso, V. (2013). Eficiencia energética en sistemas lecheros del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 17(2), 99-109.
18. López Jimeno, C. Apuntes de proyectos de ingeniería. E.T.S.I. Ingeniería de Minas. España. 1990.
19. Parí, David. Diseño de las mallas de perforación en minería subterránea. [en línea] UNAP, Puno, Perú. 2019, disponible en: <https://es.scribd.com/doc/314745136/Diseno-de-Mallas-de-Perforacion>
20. Pernia, J. M., LÓPEZ, E., PLA, F., & López, E. (1988). Manual de perforación y voladuras de rocas. IGME. Madrid.
21. Porta Encalada Raúl. El ingeniero de minas del nuevo milenio. PUCC, Santiago de Chile, Chile. 2006.
22. Sampieri, H. (1997). Metodología De La Investigación. México: Naucalpan de Juárez. 10.
23. Sánchez, Y. (2012). Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth (tesis para optar el título de ingeniero de minas). Universidad Central de Ecuador, Ecuador.
24. Tamayo, M. (1977). Metodología formal de la investigación científica. Comex. Bogotá.
25. Vázquez, H. J., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 8(4), 249-259.