

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Implementación del Cambio de Explosivo Para la Optimización y Reducción de Costos de Voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. - 2021

Presentado Por:

Anderson Flores Aroni

Harold Yanir Quispe Huayhua

Para Optar el Título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**“IMPLEMENTACIÓN DEL CAMBIO DE EXPLOSIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN
Y REDUCCIÓN DE COSTOS DE VOLADURA EN EL NV. 700 DE LA COMPAÑÍA
MINERA CONDESTABLE S.A. - 2021”**

Presentado por **Anderson Flores Aroni** y **Harold Yanir Quispe Huayhua**, para
optar el Título de:

INGENIERO DE MINAS

Sustentado y aprobado el 13 de marzo del 2024 ante el Jurado Evaluador:

Presidente:


Mgt. Edgar Crispín Huacac Farfan

Primer Miembro:


Ing. Alex Fidel Becerra Camacho

Segundo Miembro:


Mg. Guido Bravo Mendoza

Asesor:


Mstro. Feliciano Escobedo Silva



Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac donde me formé profesionalmente y a mi escuela académico profesional de ingeniería de minas donde tuve muchas vivencias y aprendizajes de cada uno de los docentes que con sus enseñanzas aportaron en mi aprendizaje los cuales fueron fundamentales para desenvolverme en cada trabajo en el ámbito minero, también a mi familia que estuvieron alentándome a seguir adelante en todo este recorrido a nivel profesional.

Anderson Flores Aroni

Agradecer a cada uno de los integrantes de mi familia que me apoyaron en todo momento, también agradecer a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y en especial a la Escuela académico profesional de ingeniería de minas que fue parte de mi formación profesional con las clases impartidas de cada docente durante los años de estudio que tuve.

Harold Yanir Quispe Huayhua



Dedicatoria

A Dios por permitirme lograr mis objetivos, a mis padres que fueron parte fundamental en mi formación profesional y la base en mi formación lo cual permitió ser firme en mis convicciones y lograr un paso más en mi carrera profesional.

Anderson Flores Aroni

Primeramente, agradecer a nuestro creador Dios que me bendice y me guía durante estos años de vida, también dedicar este trabajo a mis padres quienes son mi motivación a seguir quienes siempre estuvieron con su apoyo incondicional en el transcurso de todos los logros que sin ellos no haya sido posible lograr.

Harold Yanir Quispe Huayhua



“Implementación del Cambio de Explosivo Para la Optimización y Reducción de Costos de Voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. - 2021”

Línea de investigación: Minería y Procesamiento de Minerales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1 Descripción del Problema.....	5
1.2 Enunciado del Problema.....	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específicos.....	6
1.3 Justificación de la Investigación.....	6
1.4 Delimitación de la investigación	7
1.4.1 Delimitación espacial.....	7
1.4.2 Delimitación topográfica	7
1.4.3 Delimitación geológica	7
1.4.4 Delimitación social	7
1.4.5 Delimitación temporal	7
1.4.6 Delimitación conceptual	8
CAPÍTULO II.....	9
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	9
2.1 Objetivos de la Investigación	9
2.1.1 Objetivo general.....	9
2.1.2 Objetivo específico	9



2.1.3 Hipótesis General.....	9
2.1.4 Hipótesis Específicas	9
2.2 Definición conceptual y operacional de las variables	10
2.2.1. Definición Conceptual	10
2.2.2 Operacionalización de variables	11
CAPÍTULO III	12
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	12
3.1 Antecedentes.....	12
3.1.1 Antecedentes internacionales.....	12
3.1.2 Antecedentes a nivel nacional.....	13
3.2 Generalidades de la zona de estudio.....	14
3.2.1 Ubicación y Acceso	14
3.2.2 Topografía.....	16
3.2.3 Recursos Naturales	17
3.2.4 Geológica.....	19
3.2.5 Condiciones Hidrogeológicas	25
3.3 Marco Teórico	26
3.3.1. Optimización.....	26
3.3.2. Perforación Optima.....	27
3.3.3. Voladura Optima.....	27
3.3.4. Perforación de rocas.....	28
3.3.5 Voladura de Rocas	38



3.3.6 Mecánica De Rocas	54
3.3.7 Costos Mineros	61
3.4 Marco Conceptual.....	68
CAPÍTULO IV	70
METODOLOGÍA	70
4.1 Tipo y Nivel de Investigación	70
4.1.1 Tipo de investigación.....	70
4.1.2 Nivel de investigación	70
4.1.3 Diseño de Investigación.....	70
4.1.4 Ética en la Investigación	70
4.2 Población y Muestra	71
4.2.1 Población.....	71
4.2.2 Muestra.....	71
4.3 Procedimiento de la Investigación	71
4.4 Técnicas e Instrumentos	71
4.4.1 Técnicas.....	71
4.4.2 Instrumentos.....	71
4.5 Estadístico de Investigación	72
CAPÍTULO V	73
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	73
5.1 Resultados de Costos de perforación y voladura.....	73
5.1.1 Estándar de perforación y voladura	73



5.1.2 Costos de Perforación y voladura sin optimizar	75
5.1.3 Resultados de Costos de perforación y Voladura optimizada	80
5.2 Discusión y Comparación de Resultados	88
CAPÍTULO VI	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
6.1 CONCLUSIONES	92
6.2 RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS	98



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de variables.....	11
Tabla 2 — Ruta de acceso a CIA Minera Condestable vía terrestre.....	15
Tabla 3 — Ruta de acceso a CIA Minera Condestable vía aérea.....	15
Tabla 4 — Distancia, dureza y coeficiente.....	35
Tabla 5 — Factores de riesgo de voladura.....	45
Tabla 6 — Categoría de clasificación RMR.....	56
Tabla 7 — Características resistentes del macizo rocoso.....	56
Tabla 8 — Estándar de perforación de la sección 1.....	73
Tabla 9 — Estándar de perforación de la sección 2.....	74
Tabla 10 — Estándar de perforación de la sección 3.....	74
Tabla 11 — Resumen de parámetros de perforación.....	75
Tabla 12 — Costos de equipo de perforación.....	76
Tabla 13 — Costos de aceros de perforación.....	76
Tabla 14 — Costos de herramientas y materiales.....	77
Tabla 15 — Costo de mano de obra unitario.....	77
Tabla 16 — Costo de mano de obra.....	77
Tabla 17 — Resumen de costos de perforación.....	78
Tabla 18 — Explosivo y accesorios de voladura.....	78
Tabla 19 — Resultados de parámetros de voladura.....	79
Tabla 20 — Costo de explosivo y accesorios utilizados en la malla 1.....	79
Tabla 21 — Costo de explosivo y accesorios utilizados en la malla 2.....	80
Tabla 22 — Costo de explosivo y accesorios utilizados en la malla 3.....	80
Tabla 23 — Parámetros de perforación optimizada.....	81
Tabla 24 — Costo de equipo de perforación por disparo.....	82
Tabla 25 — Costos de aceros de perforación por pie perforado.....	82
Tabla 26 — Costo de herramientas y materiales de perforación por pie perforado.....	83

Tabla 27 — Costo de mano de obra	84
Tabla 28 — Costo de perforación por disparo	84
Tabla 29 — Explosivo y accesorios utilizados por disparo	85
Tabla 30 — Parámetros de voladura optimizada	87
Tabla 31 — Cantidad de explosivo y accesorios por disparo de la malla 1	87
Tabla 32 — Cantidad de explosivo y accesorios por disparo de la malla 2.....	88
Tabla 33 — Cantidad de explosivo y accesorios por disparo de la malla 3.....	88
Tabla 34 — Cuadro comparativo de resultados de antes y después del cambio de explosivo.....	89
Tabla 35 — Resultado de costo de voladura por disparo antes y después de optimizar.....	90
Tabla 36 — Resultado comparativo de costos de perforación y voladura.....	91
Tabla 37 — Resultado comparativo de costo total de perforación y voladura	91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Ubicación CIA. Minera Condestable.....	15
Figura 2 — Acceso a la CIA. Minera Condestable.....	16
Figura 3 — Columna litoestratigráfica Cia. Minera Condestable.....	22
Figura 4 — Modelo hidrogeológico de la unidad minera Condestable según la actualización del estudio hidrogeológico a nivel de detalle	26
Figura 5 — Equipo de Perforación Minera Condestable	31
Figura 6 — Zonas y denominación de taladros en un frente de avance	34
Figura 7 — Brocas SR35 de 48mm	35
Figura 8 — Paralelismo de taladro.....	37
Figura 9 — Diseño de Paralelismo	37
Figura 10 — Metodología de Aplicación.....	58
Figura 11 — Tabla geomecánica para la clasificación del macizo rocoso	60
Figura 12 — Reducción de los costos operativos	62
Figura 13 — Secuencia de optimización de los estándares de perforación y voladura para obtener una reducción en los costos operativos en mina	63
Figura 14 — Malla de perforación de la sección 1	73
Figura 15 — Malla de perforación de la sección 2	74
Figura 16 — Malla de perforación de la sección 3	75
Figura 17 — Resultados de los parámetros de voladura antes y después del cambio de explosivo	90
Figura 18 — Costos de perforación y voladura antes y después de optimizar	91
Figura 19 — Carguío de taladros con explosivos Emulsión.....	101
Figura 20 — Carguío de taladros con ANFO	101
Figura 21 — Resultado de voladura con explosivo Emulsión.....	102
Figura 22 — Resultado de voladura con ANFO (optimo).....	102
Figura 23 — Pintado de malla e inicio de perforación del frente de voladura	103

Figura 24 — Sostenimiento del frente de voladura	104
Figura 25 — ANFO utilizado en la voladura.....	105
Figura 26 — Accesorios de voladura.....	105
Figura 27 — Cargador de ANFO	106
Figura 28 — Chispeo para iniciar la salida del disparo	107
Figura 29 — Vista de personal realizando trabajos de cantoneo	107



INTRODUCCIÓN

La Compañía Minera Condestable S.A. lleva a cabo actividades de extracción de minerales para mejorar y maximizar el valor económico de sus representantes y trabajadores minimizando los costos y maximizando la producción. La rentabilidad de las empresas mineras depende de la cantidad de mineral extraído en tiempos cada vez más cortos y de operar a menores costos, por lo que las empresas mineras buscan constantemente minimizar costos, por lo que el ciclo de la perforación, voladura y transporte siempre ha sido Optimización depende de una serie de elementos y parámetros, así como del equipo, la mano de obra, las unidades de perforación, los equipos, el EPP, los agregados y suministros para explosivos y voladuras, etc.

En este trabajo de investigación, el objetivo es optimizar y disminuir el costo de las operaciones de voladura a medida que se implementan los cambios de explosivos, teniendo en cuenta las variables y parámetros involucrados, es importante planificar el proceso de operación en conjunto con la información de precios, lo que permitirá ayuda en la toma de decisiones para seleccionar equipos y suministros, para calcular el rendimiento y la eficiencia, los costos deben registrarse y analizarse en cada etapa para obtener resultados positivos. El presente trabajo de investigación está dividido en seis capítulos:

Primer capítulo. Analiza el enfoque para la resolución de problemas, la justificación y la importancia de la investigación, donde el problema general es de qué manera la implementación del cambio de explosivos influirá en la optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.

Segundo capítulo. Presenta los objetivos, la formación de hipótesis y la operacionalización de las variables, donde el objetivo principal es determinar la influencia de la implementación del cambio de explosivos con la optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.

Tercer capítulo. Brinda un marco teórico que puede servir de referencia, donde se establece el fundamento para el desarrollo y determinación de este trabajo de investigación, la cual se divide en tres partes, en la primera parte podemos encontrar el contexto local, nacional e internacional de publicaciones relacionadas con nuestro tema de investigación, la segunda parte introduce el marco teórico, que delimita de conceptos clave relacionados con el título del proyecto, la tercera sección presenta las definiciones de los principales términos usados en el desarrollo de este trabajo.



Cuarto capítulo. Se describe la metodología utilizada de este trabajo de investigación es descriptiva porque se inició con la recolección de datos bibliográficos y del frente de perforación y voladura, que luego se analizó para describir el panorama actual del proyecto, correlacional porque la escala y la optimización están relacionadas, también depende de las optimizaciones que se pueden hacer analizando costos y reduciendo costos con el cambio de explosivo, de dominio y bibliográfica también se detalla el tipo y nivel de investigación, diseño del estudio, población y muestra, procedimientos y técnicas e instrumento.

Quinto capítulo. En este capítulo se tiene los resultados y discusiones obtenidos después de la implantación del cambio de explosivo optimizando y reduciendo los costos de voladura en el nv.700.

Sexto capítulo. El contenido de este capítulo consta de las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.



RESUMEN

La presente tesis de investigación se realizó en la Compañía Minera Condestable S.A. la cual se dedica a procesar y comercializar cobre condensado, Los costos operativos de perforación y voladura son de suma importancia en la producción del tonelaje de mineral para una buena voladura donde se debe tener en cuenta varios factores tales como la condición geomecánica, geológica, el tipo del macizo rocoso a la vez tener un adecuado estándar de malla de perforación y voladura , así como un punto crítico también se toma en cuenta el tema de la ventilación, presencia de agua, siendo un factor muy importante para la aplicación del cambio de explosivo. El objetivo de esta investigación es determinar la influencia de la implementación del cambio de explosivos con la optimización y reducción de costos de voladura para lo cual se tomarán en cuenta varios factores en el nv. 700.

La metodología de este trabajo de investigación es descriptiva porque se inició con la recolección de datos del frente de perforación y voladura y bibliográficos, que luego se analizó para describir el panorama actual del proyecto, también es correlacional ya podemos medir dos o más variables y de esa forma establecer una relación estadística entre cada una de ellas.

Los resultados fueron los esperados ya que con el cambio de explosivo se optimizó y redujo los costos de voladura obteniendo buenos resultados.

Palabra Clave: Cambio, costos, explosivo, optimización, reducción.



ABSTRAC

La presente tesis de investigación se realizó en la Compañía Minera Condestable S.A. la cual se dedica a procesar y comercializar cobre condensado, Los costos operativos de perforación y voladura son de suma importancia en la producción del tonelaje de mineral para una buena voladura donde se debe tener en cuenta varios factores tales como la condición geomecánica, geológica, el tipo del macizo rocoso a la vez tener un adecuado estándar de malla de perforación y voladura , así como un punto crítico también se toma en cuenta el tema de la ventilación, presencia de agua, siendo un factor muy importante para la aplicación del cambio de explosivo. El objetivo de esta investigación es determinar la influencia de la implementación del cambio de explosivos con la optimización y reducción de costos de voladura para lo cual se tomarán en cuenta varios factores en el nv. 700.

La metodología de este trabajo de investigación es descriptiva porque se inició con la recolección de datos del frente de perforación y voladura y bibliográficos, que luego se analizó para describir el panorama actual del proyecto, también es correlacional ya podemos medir dos o más variables y de esa forma establecer una relación estadística entre cada una de ellas.

Los resultados fueron los esperados ya que con el cambio de explosivo se optimizó y redujo los costos de voladura obteniendo buenos resultados.

Palabra Clave: Cambio, costos, explosivo, optimización, reducción.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

Actualmente en la minería siempre se busca optimizar y reducir costos en las operaciones principales como son la perforación y voladura, el costo en el que incurre esta operación unitaria es lo más significativo en cuanto a temas operacionales, si no se tiene una buena elección de explosivos, no se puede llegar a tener el avance necesario en cuanto a metros lineales en labores de extracción y preparación, así como influye en la extracción del mineral necesario o requerido para cumplir con el tonelaje de extracción planeado, también llega a influir en la fragmentación ya que si tenemos una fragmentación óptima ayuda en el carguío y acarreo de mineral o desmonte, así como también busca evitar las voladuras secundarias, generando un costo adicional a la operación y retrasos en temas operativos como avances óptimos.

En esta investigación hubo muchos factores que intervinieron para el cambio de explosivo si bien el explosivo utilizado antes del cambio de explosivo es resistente al agua, diseñado para aplicaciones de arranque y para ser usado como columna explosiva de densidad media en minería y trabajos de voladuras en general de alta velocidad de detonación como indica la ficha técnica de Orica, también fueron fundamentales observar que en los frentes de voladura no se tiene presencia de agua en el NV 700 U.M Condestable fuera de ello se realizaron chimeneas con el método Raise Boring que mejoraron significativamente el tema de ventilación en las labores, así como también el tiempo de carguío del frente es menor en comparación a cuando se cargaban con el explosivo anterior por ello es que se decide el cambio de explosivo esto permitió la reducción de costos de voladura , con este cambio se mitiga el problema principal es el costo innecesario en explosivo con un costo alto que no era necesaria ya que podía utilizar otro explosivo de menor costo para este cambio se realizó un estudio del nv.700 teniendo en cuenta varios factores donde se encontró algunos problemas como la ventilación el cual fue mejorada para finalmente implementar el cambio de explosivo.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera la Implementación del cambio de explosivos influirá en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida la Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de las características hidrológicas y geomecánicas influirá en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021?
- ¿Cuál es la correlación de la Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de la perforación y voladura para la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021?
- ¿De qué manera la Implementación del cambio de explosivos con los Costos unitarios de perforación y voladura influirán en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021?

1.3 Justificación de la Investigación

En la Unidad Minera Condestable S.A. se registran fallas en la voladura de frentes de producción, preparación y avance, tales como: distribución desigual de explosivos durante la carga, así como el tema de ventilación fue un punto clave para el cambio de explosivo, ya que se tuvo un significativo flujo de aire una vez que se concluyó la chimenea que conectaba al Nv 700, así llegando un buen y óptimo flujo de aire, la presencia de agua que era escasa también contribuyó mucho para realizar dicho cambio de agente explosivo.

En esta investigación se expone cómo se puede implementar experimentalmente el reemplazo de explosivos para reducir el costo de las voladuras, a lo que ayuda a tomar la decisión correcta al momento de utilizar el explosivo adecuado para ello se tomó en cuenta las características de cada explosivo también el tipo de roca es importante para la selección de explosivos. Los resultados fueron óptimos relacionados con su adecuado control mediante el cual se revela la resistencia geomecánica del macizo rocoso con una buena fragmentación y reducción de costos en voladura.



1.4 Delimitación de la investigación

1.4.1 Delimitación espacial

Este proyecto de tesis se realizó en la Compañía Minera Condestable S.A, en las labores de avance y de preparación del NV – 700, que está ubicado en el distrito de mala, provincia de cañete, departamento de lima.

1.4.2 Delimitación topográfica

La delimitación topográfica para el presente proyecto de tesis es la unidad de Condestable está situada en una pequeña franja de la costa peruana, retratada por las mayores alturas que alcanzan los 372 m.s.n.m (cerro vinchos) y tienen lugares con las principales regiones inferiores, la unidad minera se encuentra a una altura de 250 m.s.n.m y en las coordenadas UTM, E: 325784, N: 8595821.

1.4.3 Delimitación geológica

Para el presente proyecto de investigación se tomó en consideración en gran parte la geología local, que está considerado por una serie de rocas sedimentarias volcánicas depositadas en un espacio marino somero, y el resto consiste en rocas ígneas intrusivas

1.4.4 Delimitación social

El proyecto de investigación involucra a los colaboradores del área de planeamiento, costos, operación, seguridad, geo-mecánica y áreas auxiliares. Es decir que los trabajadores de estas áreas que perteneces a la unidad minera verán con cambios positivos la optimización de estándares de costos de voladura.

1.4.5 Delimitación temporal

Inicia con la recolección de datos y/o investigación de datos desde el mes de diciembre del año 2022 hasta la aprobación del proyecto por un tiempo de 4 meses y posterior a ello se programa el avance del proyecto hasta la defensa o sustentación.



1.4.6 Delimitación conceptual

El presente proyecto de investigación se centra en el estudio que está dentro de las líneas de investigación de ingeniería de minas abarcando la siguiente:

- Planeamiento
- Costos
- Estándares de perforación y voladura
- Perforación
- Voladura
- Labor
- Optimización

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la Investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la Implementación del cambio de explosivos con la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.

2.1.2 Objetivo específico

- Evaluar la influencia de la Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de las características hidrológicas y geomecánicas para la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.
- Optimizar y reducir los costos de voladura determinando la correlación de la Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de la perforación y voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.
- Establecer la influencia de la Implementación del cambio de explosivos con los Costos unitarios de perforación y voladura para la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.

2.1.3 Hipótesis General

La Implementación del cambio de explosivos influirá significativamente en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.

2.1.4 Hipótesis Específicas

- La Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de las características hidrológicas y geomecánicas influirán considerablemente en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.



- La Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de la perforación y voladura influirá notablemente en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.
- La Implementación del cambio de explosivos con los Costos unitarios de perforación y voladura influirá significativamente en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2021.

2.2 Definición conceptual y operacional de las variables

2.2.1. Definición Conceptual

2.2.1.1 Implementación del Cambio de Explosivos.

Es la mejora de cada uno de los procedimientos que llevan a la estandarización en función a controles en la voladura y perforación del mineral desbrozado. (GUILLEN SIMON, y otros, 2020)

2.2.1.2 Optimización y Reducción de Costos de Voladura.

Es la minimización de costo unitario de voladura con la unidad de medición de dólares por metro de avance por medio de mediciones monetarias. (GUILLEN SIMON, y otros, 2020)



2.2.2 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES
Variable Independiente	Implementación del cambio de explosivo	Evaluación de las características hidrológicas y geomecánicas	Estudio Hidrogeológico	%
			Resistencia del macizo rocoso	RMR, RQD, Q
			Familia de discontinuidades	Unid.
			Parámetros de las discontinuidades	Unid.
		Evaluación de la perforación	Tipos de perforación	Unid.
			Factores de perforación	Unid.
			Parámetros de perforación	Cm, m, ft
			Eficiencia de perforación	%
Variable Dependiente	Optimización y Reducción de costos de voladura	Evaluación de Voladura	Propiedades de los explosivos	$D=m/v$
			Índices de Voladura (Factor de Potencia, Factor de Carga)	kg/m ³ , kg/tn
			Eficiencia de Disparo.	%
			Seguridad en Voladura	Unid.
		Costos unitarios de perforación y voladura	Costos de Avances	s/., \$
			Costeos de Explotación	s/., \$
			Evaluación de la Eficiencia.	%
			Evaluación de la productividad.	%



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

- (HIDALGO BASTIDAS, 2016) en su tesis titulado “gestión de costos en explotación minera subterránea de la mina la maná. 2016”, indica que este proyecto integrador propone una nueva forma de realizar la gestión financiera de las actividades mineras enfocado en proyectos inmersos en el Régimen de Pequeña Minería, para puntualizar el costo de cada actividad o proceso y posteriormente identificar con facilidad los elementos de los procesos en los que se deben apuntar los estudios para la optimización técnica y económica de los mismos. En la aplicación de este nuevo modelo de gestión de costos en la mina subterránea La Maná, se pudo identificar los elementos y actividades que generan mayor costo en el proceso productivo, lo que permitió realizar una reducción de ineficiencias puntualmente sobre estas actividades.
- (UYAGUARI GUACHIZACA, 2018) en su tesis titulado “Diseño de mallas de perforación y voladura basado en clasificaciones geomecánicas para optimizar el consumo de sustancia explosivo en las galerías del nivel 2 ½ del Proyecto Minero El Inca. 2018”, indica que aporta con metodología geomecánica consecutiva para mejorar el diseño de carga en función del burden, a partir de clasificar geomecánicamente el macizo rocoso en la galería de desarrollo, por el método RMR 89, se pasa a trabajar el índice de resistencia geológica GSI que ayuda con el cálculo de parámetros geomecánicos de cohesión y fricción, tomado en cuenta las profundidades de la excavación, así podemos usar el modelo geomecánico de Ashby que toma en cuenta la densidad de la roca, ángulo de fricción del macizo rocoso y el RQD, parámetros que permiten obtener el consumo específico de explosivo y trabajar con el modelo de Langerfors para obtener una constante c de la roca en función del C.E., indispensable en los cálculos del presente estudio.
- (MUÑOZ ZAMBRANO, 2019) en su tesis titulado “Optimización del sistema de explotación de la mina metálica subterránea Tiwintza, Camilo Ponce Enríquez-Ecuador. 2019”, indica que propuso una malla técnica de perforación para las diferentes labores y con esto se logró disminuir el número de perforaciones, por

tanto, un menor desgaste de barrenos, brocas, aceite y demás materiales, también se ahorró en la optimización de esta operación en un \$1.723,29 por voladura y para la operación de voladura se logró optimizar la carga óptima de explosivos y con ello el ahorro en dólares de \$928,03 por voladura, también se implementó un sistema de ventilación mecanizado se obtiene un beneficio no en el ámbito económico sino en cuestión de seguridad laboral y el costo de instalación será de \$4483,99.

3.1.2 Antecedentes a nivel nacional

- (CHIPPER NEILTON, 2015) en su disertación: Diseño de perforación y voladura para reducir los contratos mineros Cavilquis-Corporación Minera Ananea s.a. Disertación, UNA: Puno. La conclusión es que establecer el diseño de malla perforada y explosivos suficientes ha reducido el costo de realización de la Galería Progreso de \$294.9 a \$235.64.
- (PACAHUALA AGUIRRE, 2015) en su tesis titulado “Disminución de costos operativos en desarrollo a través de la actualización de estándares de perforación y voladura, ejemplificado por la firma especialista Mincotrall S.R.L”. Concluyó que, con la nueva norma actualizada, el costo unitario de perforación y voladura podría reducirse en un 10%, lo que permitiría a la empresa ahorrar en gastos de capital.
- (CÁCERES NAVARRO, 2017) en su tesis titulado, “Optimización de perforación y voladura utilizando un nuevo diseño de cuadrícula de perforación en el crucero 10014 en Marza Mining”, de la Universidad Estatal de Puno. Se concluyó que se podría avanzar de 75 a 95 metros lineales de planificación minera maximizando el tonelaje de desbroce de 3500 a 4082,4 TM a través del nuevo diseño de cuadrícula de perforación y voladura.
- (TORRES FLORES, 2019) en su tesis titulada “Optimización operacional en voladura realizando sustitución de explosivos exadit por emulex en la unidad de parcoy y compañía consorcio minero Horizonte. 2019”, menciona que teniendo en cuenta que al realizar un cambio de explosivos en minería subterránea se compromete la seguridad del personal encargado del trabajo diario, se realizó cálculos para comprobar que no se realizara variación y no afecta de manera drástica la estabilidad del macizo rocoso. En el trabajo realizado se emplea un cambio de explosivos de Exadit 45% a Emulex 45% en el cual se comprueba la eficiencia de

dicho cambio en una mejora operacional de 7 Toneladas por disparo lo cual genera a la vez un cambio en el macizo rocoso sutilmente y sin ocasionar problemas.

- (CARHUAPOMA MEZA, y otros, 2022) en su tesis titulado “Cambio de explosivo de dinamita convencional a emulnor para evaluar su rendimiento de voladura en la unidad operativa horizonte–La Libertad. 2022”, menciona que en el desarrollo del trabajo fue necesario previamente describir las características del emulnor en función a las características de uso de la dinamita, también fue necesario revisar las características técnicas del emulnor, para ello se recurrió a la descripción de fabricación. Los resultados obtenidos muestran que el emulnor posee menor emisión de monóxido de carbono y menor emisión de gases nitrosos en el proceso de la voladura en el desarrollo de un frente. Así mismo los resultados muestran que comparados el avance real el emulnor tiene una diferencia promedio a favor de 0.29 metros y respecto a la eficiencia de voladura un promedio de 18.50 % también a favor del emulnor.
- (COTRINA ROLDAN, 2018) en su tesis titulada “Propuesta de Implementación de Mantenimiento Productivo Total en el Área de Producción Para Reducir Costos Operativos de Compañía Minera Condestable S.A.” menciona que las propuestas de mejora lograrán una exactitud de inventarios de almacén en un 34%, un aumento del 35% en seguimiento al programa de mantenimiento correctivo y preventivo, aumentar la venta de productos de minería en un 20% con una eficacia de la producción de 480 lotes /semana y una rentabilidad del último año de S/ 15,687.60 del Área de Productividad.

3.2 Generalidades de la zona de estudio

3.2.1 Ubicación y Acceso

- **Ubicación**

La Mina Condestable está situada en un lugar denominado Loma de Vincho, contiguo al poblado de Bujama Altos en el distrito de Mala de la provincia de Cañete del departamento de Lima. Las coordenadas geográficas son: 76° 35' 30" de longitud oeste y 12° 42' 02" de latitud sur. Se encuentra en una pequeña cuenca con una altitud media de 200 metros, delimitada por una extensa planicie, a la que se accede a modo de entrada, hasta las estribaciones de la roca.



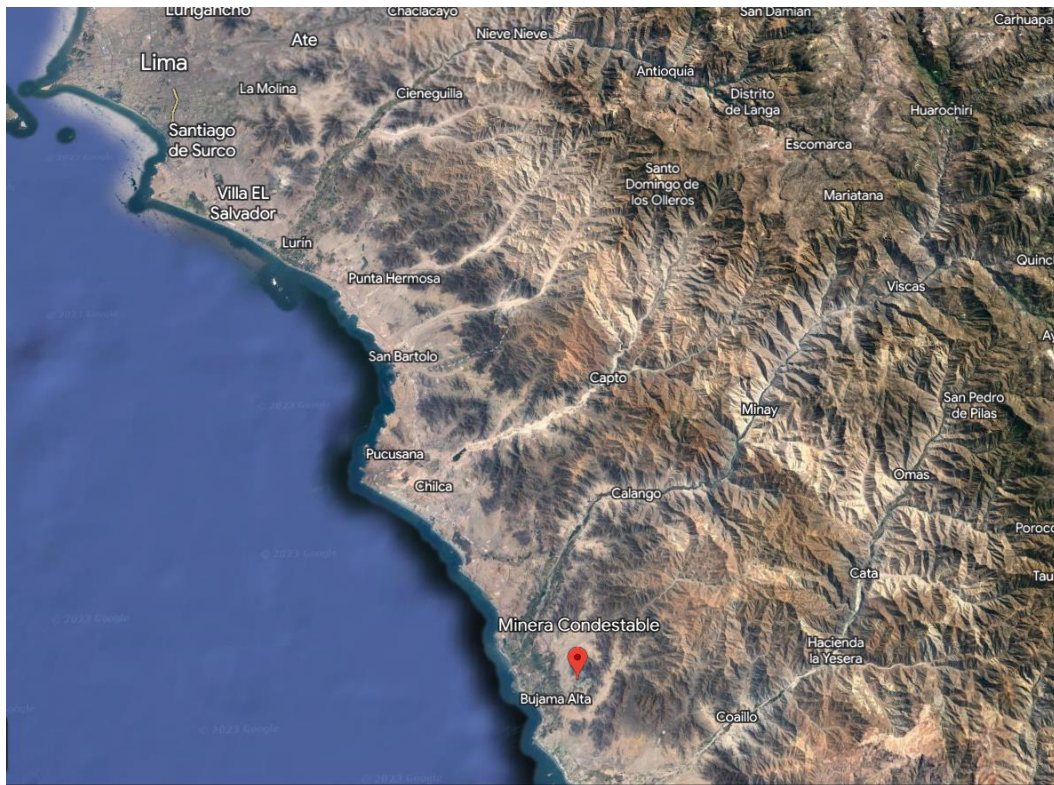


Figura 1 — Ubicación CIA. Minera Condestable

Extraído de Google Earth (2023)

- **Acceso**

Para llegar a la Empresa Minera Condestable se toma la Panamericana Sur hasta el Km. 818 y de allí se va hacia el Este, por más o menos 11.3 Km.

Tabla 2 — Ruta de acceso a CIA Minera Condestable vía terrestre

Recorrido	Distancia	Medio de Transporte
Abancay - Mala	818 km	vía terrestre (13h 50min)
Mala – Minera condestable	11.3 km	vía terrestre (26min)
TOTAL	829.3 km	14h 16min

Tabla 3 — Ruta de acceso a CIA Minera Condestable vía aérea

Recorrido	Distancia	Medio de Transporte
Abancay – Cusco	194 km	vía terrestre (5h)



Cusco – Lima	584 km	vía aérea (1h)
Lima – Mala	96.7 km	vía terrestre (1h 38min)
Mala - Minera condestable	11.3 km	vía terrestre (26 min)
TOTAL	886 km	8h 4min

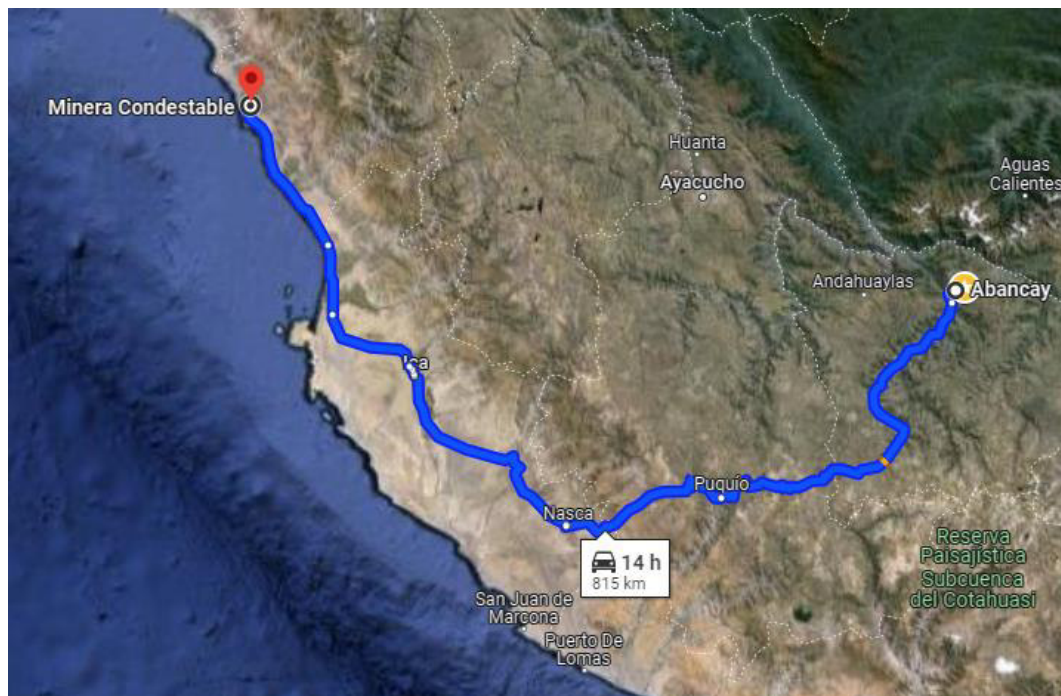


Figura 2 — Acceso a la CIA. Minera Condestable

Extraído de Google Maps (2023)

3.2.2 Topografía

La unidad minera de Condestable está situada en un pedazo de franja de la costa peruana, retratada por las mayores alturas que alcanzan los 372 m.s.n.m. (Cerro Vinchos) y tienen un lugar con las principales regiones inferiores del Batolito Costero Peruano teniendo un lugar con el supuesto Segmento de Lima donde las elevaciones más reducidas llegan a los 80 metros sobre el nivel del océano.

3.2.3 Recursos Naturales

3.2.3.1 El Río Mala

Inicia a 4376 m.s.n.m. también sus fuentes principales son las lagunas de marea Huascacocha y Cochalupe. Considerada el primer recurso hídrico del valle. Su nombre de Mala se da por la confluencia de las quebradas Quinces y San Lorenzo. Como la mayor parte de los ríos de la costa peruana, el río Mala es ocasional, con enormes variedades en su caudal: alrededor del 70% del caudal anual entre enero y marzo y el 6% en la época seca con niveles medios entre abril-junio y julio-octubre. El río Mala nunca se seca totalmente, lo que favorece el movimiento agrícola con sistema de agua de forma constante, a pesar de que, con limitaciones en ciertos meses, coincidiendo con los bajos niveles de agua del río Mala o con el evento de años especialmente secos. El 97% de la región rural del valle de Mala está bajo algún tipo de marco de sistema de agua, por gravedad o surcos.

3.2.3.2 Suelo agrícola

De las 4,903 ha desarrolladas bajo sistema de riego en todo el valle de Mala durante la temporada 2000-2001, 2,557 ha se comparan con cosechas duraderas, trascendentalmente manzano, y 2,346 ha con rendimientos fugaces, abrumadoramente maíz, plátano y algodón. Las hectáreas de siembra con irrigación en el distrito de Mala son 3,476,94 y 3,458.19 hectáreas.

3.2.3.3 Vegetación de lomas

Sistema biológico propio de la ribera focal y sur del Perú, son vegetaciones ocasionales que se sustenta en la humedad derivada de la acumulación de la neblina en las laderas. En nuestro lugar de estudio, esta peculiaridad se da cada época más fría del año, propiciando la presencia de praderas normales que son utilizadas por los ganaderos de novillos que aparecen en las alturas. Este movimiento de cría de vacas es aprovechado por el área local de la provincia, que posee el terreno crudo cubierto por la vegetación de las laderas, recogiendo de los pastores un importe unitario por cada cabeza de ganado lechero.



3.2.3.4 Mineral y explotación minera

Los principales minerales económicos presentes en la zona estudiada y desarrollados por Condestable son calcopirita y bornita, oro y plata como subproductos de concentrados. El cobre es el primordial recurso inorgánico obtenido. Las actividades mineras impactan en la economía local a través del empleo de mano de obra local, los ingresos por cánones y cánones mineros, y las políticas de desarrollo local de las empresas mineras.

3.2.3.5 Agricultura del valle de Mala

Este rubro genera una remuneración económica e involucra a más del 80% de los terrenos. La organización del marco del sistema de agua en el valle de Mala, en la región de nombre similar, está sectorizada en función de la lista de clientes retratada a continuación: Normalmente los ganaderos de Mala han introducido 1.000 plantas de manzana por cada hectárea y cosechan un par de cajas de 20 kg cada una por planta, por ejemplo, hipotéticamente pueden entregar entre 20 y 40 Tn/ha en cada misión de siete a ocho meses es el estimado de duración. Es el mayor productor de manzanas de la variedad Delicia a nivel Nacional. Ganadería.

La cría de vacas mixtas se produce a escala limitada en la zona de Mala. Constantemente, los ganaderos descienden de la sierra y eligen las laderas situadas hacia el este de la zona por la duración de la época más fría del año y la vegetación vaporosa de las laderas. Exigen un pase a la comunidad de Mala, dueño de los terrenos, para que sus vacas y carneros puedan pastorear. Hacia el final de la temporada de ladera, en septiembre, se celebra un "rodeo"; los individuos del área local suben a la ladera y hablan con los granjeros, les venden comida y reciben una cuota por pastar a los animales (S/.1/cabeza).

3.2.3.6 Clima

El ambiente es el promedio de la costa, con dos estaciones particulares: invierno y verano, con una etapa de cambio entre ambas. El invierno es notorio por las lluvias escasas, la escasa umbría y los claros en el centro del día. A mediados de año, las temperaturas diurnas oscilan entre los 20° y los 30°. La humedad relativa normal es



del 75 % y la mayor es del 100 %, lo que, sumado a las precipitaciones ocasionales, se inclina por la mejora de las supuestas "lomas".

3.2.4 Geológica

3.2.4.1 Geología Regional

La geología regional, se advierte la presencia de rocas volcano-sedimentarias, distinguiéndose en el segmento estratigráfico de piso a techo la Formación Asia, el Grupo Morro Solar, las Formaciones Pucusana, Pamplona, Atocongo y Chilca, y más al sur los Volcánicos de Quilmaná. La edad relegada a esta agrupación va desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Inferior. Cortando la sucesión de rocas volcano-sedimentarias se encuentran las rocas intermedias del Cretácico Medio, que tienen un lugar con el Batolito de la Costa. Fundamentalmente, la disposición es muy alterada.

3.2.4.2 Geología Local

La Compañía Minera Condestable S.A., sus tres cuartas partes consisten en una serie de rocas sedimentarias volcánicas depositadas en un espacio marino somero, y el resto consiste en rocas ígneas intrusivas asociadas al lecho rocoso de la costa peruana. La secuencia se divide localmente en 6 unidades litoestratigráficas, mostrando cambios de facies laterales cortados por cuerpos de pórfido de andesita-dacita y diques de diabasa.

3.2.4.3 Estratigrafía

a. Formación Pucusana

Se compone por:

La Unidad Calicanto Se relaciona de manera consistente y duradera con el Grupo Morro Solar en la parte baja y constituye la parte baja del grupo Pucusana. Está compuesto de lava de andesita porfídica con capas gruesas e intercapas de agregados aislados de andesita de color verde oscuro y una matriz criptocristalina. Potencia superior a 430 m. En este dispositivo, la mineralización se encuentra esparcida y en bandas, con minerales de calcopirita, pirita y pirrotita que llenan los poros de la brecha piroclástica.



La Unidad Apolo es la unidad media del grupo Pucusana, en consonancia con las unidades superior e inferior, su contacto es transitorio y continuo. Los sedimentos (calizas, margas, areniscas y estucos) están notablemente aumentados, con capas delgadas, anfibolitas y ocasionalmente intercapas piroclásticas, cuyas proporciones aumentan hacia el noreste de los sedimentos. Los terraplenes más gruesos en la parte superior de la sección están dominados por areniscas tobáceas. Potencia estimada 90 m. La mineralización es de distribución zonal y contiene calcopirita y pirita, y en la toba masiva de toba, con flujos de lava de andesita y areniscas tobáceas intercaladas en los pisos y techos.

La Unidad Actinolita forma la parte alta del grupo Pucusana, coherente y relacionado con el grupo alto de Pamplona. Su potencia estimada es de 180 – 200 m. Está compuesta principalmente por andesita verde-gris y verde oscuro, de estructura porfídica, con lente de brecha volcánica, y se desarrollan cristales aciculares de actinita. Se han identificado 6 horizontes de brecha, de 10 a 25 m de espesor, intercalados con tobas de arenisca verde-gris oscuro y flujos de lava andesita, pseudoestratificada, de 12 a 23 m de espesor. La mineralización se disemina y rellena los poros de la brecha, con calcopirita, pirita, pirrotita y sulfuro en sustitución del anfíbol.

b. Formación Pamplona.

Constituida por la Unidad Intermedio, forma la parte inferior de la Formación Pamplona, asociada a la Formación Pucusana en su base, y en contacto coordinado con la unidad Polvorín en su techo. Potencia estimada 130 m. Consiste en piroclastos detríticos, lava de andesita criptocristalina (a veces con fenocristales de anfíboles) y se combina con lutitas gris-negras y horizontes calcáreos, pedernal crema sucio utilizado como horizontes guía, tejas de ceniza y toba volcánica fina intercalada. El lecho de esquisto es muy delgado. La mineralización ocurre principalmente en matrices de brechas y tobas de grano fino a medio, habitualmente a manera de pseudoestratificación. Su constitución mineral es calcopirita y pirita estratificadas esparcidas.

La Unidad Polvorín, es la superior de la Formación Pamplona y se relaciona concordantemente con la Formación Atocongo en su parte superior. Tiene una edad considerada de 135 m. Está formada por gruesos bancos de magmas andesíticos de

color verde apagado a negruzco y superficie afanítica, la andesita está modificada a clorita y calcita. En el segmento superior se perciben intercalaciones de piroclastos, esquistos calcáreos, pizarras y grauwackes de tonos terrosos. En el tramo inferior se percibe un horizonte de brechas piroclásticas con un espesor de unos 25 m.

Se compone de mantos y extensiones de calcopirita, pirita y pirrotita, donde tobas arenosas y pizarras con esqueletos calcáreos estructuran el techo y piroclastos intercalados con corrientes de magma andesítico estructuran el suelo.

c. Formación Atocongo.

Conformada exclusivamente por la Unidad Chicharrón, se dirige a la Formación Atocongo y geográficamente experimenta una inconformidad con los otros arreglos superiores, lo que demuestra que experimenta una sólida disgregación y desarrollo estructural por el Batolito de la Costa y posteriormente se mantiene el material cuaternario antiguo. Está enmarcada por tobas arenosas, pizarras con calizas y lodolitas en definiciones endebles, areniscas, tobas. El conjunto tiene una tonalidad entre marrón y tenue. La mineralización se compone de mantos caracterizados con calcopirita, pirita, magnetita, pirrotita, hematita y sulfuros que suplantán al anfíbol.



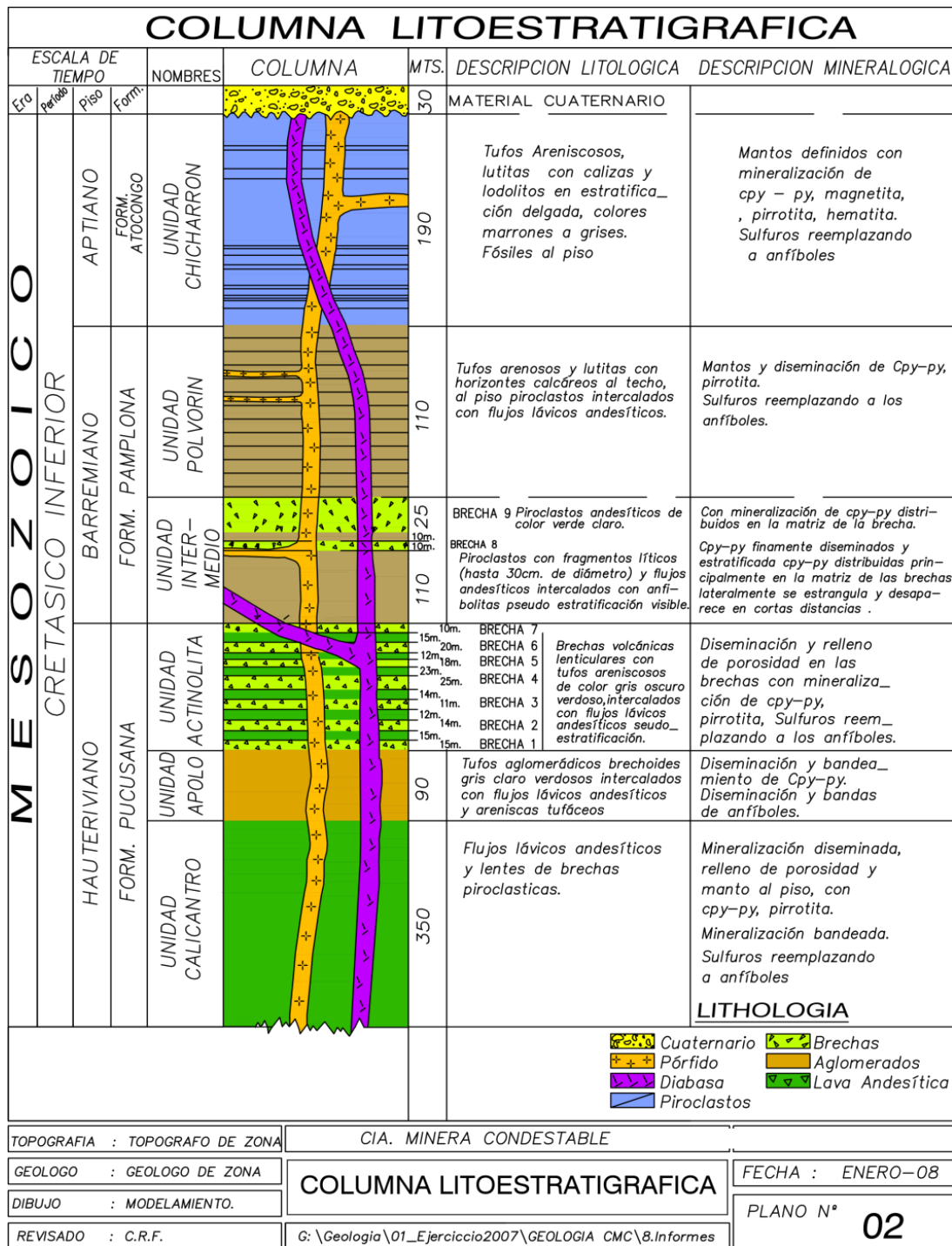


Figura 3 — Columna litoestratigráfica Cia. Minera Condestable

Extraído de Departamento de Geología CIA. Minera Condestable

3.2.4.4 Rocas Ígneas

Los diques y salientes de pórfido de andesita-dacita tienen forma irregular a lo largo de las direcciones NW y NE, cortando todas las unidades descritas previamente para formar zonas metamórficas estrechas. Por su construcción muchos de sus contactos



están defectuosos, tiene una potencia máxima de 35 m. Por otro lado, también existen diques de basalto de buzamiento casi vertical y NE, NW, que son esbeltos y de hasta 15 m de espesor y son las estructuras más recientes.

3.2.4.5 Geología estructural

En el área de estudio, las unidades litológicas presentan un rumbo promedio $N20^{\circ}-30^{\circ}W$ con buzamiento entre 30° a 45° SW, observándose ocasionalmente pliegues de algunas decenas de centímetros al techo de la unidad Chicharrón por su cercanía al potente sills de pórfido andesítico - dacíticos. La secuencia volcánico- sedimentaria está afectada por dos importantes sistemas de fallas locales:

- Sistema de fallas de rumbo NNE con buzamientos de 75° a 90° SE.
- Sistema de fallas de rumbo NNW con buzamientos de 60° a 90° NE.

En el área de estudio se ha determinado como fallas principales las que presentan orientación $N40^{\circ}E/75^{\circ}SE$, así como fallas locales que presentan orientaciones: $N45^{\circ}-60^{\circ}W/45^{\circ}-50^{\circ}NE$, $N50^{\circ}E/85^{\circ}SE$ y $N75^{\circ}E/80^{\circ}SE$.

Asimismo, la orientación de la veta falla Norte está asociado con el sistema de falla de orientación $N60^{\circ}W/60^{\circ}-70^{\circ}NE$ y la falla Calicanto está asociado con los sistemas principales de discontinuidades.

La dirección de los esfuerzos compresivos predominantes es de EW, por lo que las fallas predominantes corresponderían a fallas de cizallamiento o corte con desplazamientos predominantemente horizontales.

De acuerdo a los registros lineales de medición de discontinuidades realizados durante los estudios (25 registros con 991 polos) se determinó dos familias de discontinuidades principales y un sistema de discontinuidad ocasional, así como la Pseudo-estratificación ocasional cuyas orientaciones son las siguientes:

- $N30^{\circ}-50^{\circ}W/60^{\circ}-70^{\circ}NE$ (Sistema principal)
- $N30^{\circ}-50^{\circ}E/70^{\circ}-80^{\circ}SE$ (Sistema principal)
- $N65^{\circ}-75^{\circ}W/75^{\circ}-85^{\circ}SW$ (Sistema ocasional)
- $N05^{\circ}-15^{\circ}W/40^{\circ}-45^{\circ}SW$ (Pseudo-estratificación)

3.2.4.6 Geología Económica

a. Origen y tipo de yacimiento

Hay dos tipos de Mineralización de cobre en Unidad Minera Condestable:



- Placa en sitio y mantos subcoordinados, inclinaciones entre 35 y 45 grados.
- Las venas tabulares de discordancia corren longitudinalmente a través del manto desde el noreste y noroeste.

El depósito operado en La Unidad Minera Condestable está formado por vetas, un manto desplazado por capas calcáreas y rellenos dispersos y porosos en brechas volcánicas y tobas estratificadas, mineralizadas con calcopirita, bornita, magnetita, hematita, escapolita, pirita, pirrotita, calcita, cuarzo, y anfíboles, presencia local de molibdenita, esfalerita, galena. Los principales minerales económicos son la calcopirita (S_2CuFe) y la bornita (S_4Cu_5Fe); el oro y la plata son subproductos del concentrado. La presencia de cobre nativo revela procesos oxidativos y enriquecimiento epigenético (Cu), malaquita, azurita, covelita, calcosina, cerca de la superficie y en las profundidades favorecidas por fuertes fallas en las vetas.

Aumento de la producción de Cia. Minera Condestable SA|| La mineralización del metal se presenta como dos correlaciones. Primero está el conjunto Fe-Cu, compuesto principalmente por calcopirita, pirita, magnetita y pequeñas cantidades de pirrotita, galena, Compuesto por esfalerita, ilmenita, molibdenita, bornita, McKinah, galena, marcasita, oro-plata y cobalto, es un subproducto del mineral de calcopirita que contiene plata y oro. La asociación de PbZn es tardía e insignificante, presentándose en forma de vetas y pequeñas vetas de galena y esfalerita, acompañadas por pirita, calcopirita, tetraedronita, inelita, oro y trazas de calcita, no se observó formación de exhalación de asociaciones Cu-Fe o PbZn. La temperatura más alta de formación fue alrededor de 320° C a 414° C, y estudios isotópicos (S, H, O) e inclusiones de fluidos indicaron que el azufre y los fluidos mineralizados provenían del océano sin hervir. Los minerales del manto representan aproximadamente el 55 % de la mineralización de Condescent, mientras que la mineralización de vetas y diseminadas representan aproximadamente el 35 % y la mineralización de vetas representa el 10 %.

En los depósitos de IOCG (así como en los pórfidos de cobre y skarn), se observa comúnmente esta cadena de "oxidación" simbiótica:



Hematita → Magnetita → Pirita → Calcopirita. En otras partes (en el mismo sedimento), esta cadena de oxidación puede (no en todos los sedimentos) ser reemplazada por una cadena de "reducción": Pirrotita → Pirita → Calcopirita.

Los términos "oxidación" y "reducción" (de Haller, 2006) las dos secuencias se refieren a su formación mineral (hematita o pirrotita), es decir, —Incremento de la Productividad en Cía. Minera Condestable S.A. En la unidad Calicanto la mineralización es pirita-calcopirita (py>cpy), muy confinada a quiebres y vetillas, la concentración de mineral de hierro llega a 3%, mientras que la calcopirita es menor a 1%, siempre y cuando a medida que se encuentra la capa clástica, puede convertirse en una unidad prospectiva.

b. Mineralogía

Los principales minerales e intereses económicos del mineral principal son la calcopirita y la bornita, con pequeñas cantidades de cobalto y calcocita encontradas como minerales menores. Los minerales son: magnetita, pirita, pirrotita, actinita, sílice, calcita, cuarzo, etc.

c. Reserva de Mineral

Las Reservas Minerales CMC: “Probadas y Probables”, ascienden a 9, 946,804 tn, con una ley de 1.09 % Cu.

3.2.5 Condiciones Hidrogeológicas

La disposición estructural de los estratos afectados por fallamiento e intrusión de roca porfirítica andesítica e intrusiones granodioríticas como resultado del tectonismo regional ocurrido en el área de estudio, así como la calidad de agua subterránea nos ha permitido establecer que estaríamos frente a tres acuíferos en medio fracturado: acuífero litoral, acuífero Condestable y acuífero Raúl. Así mismo estos dos últimos se encuentran actualmente en régimen no influenciado ya que no reciben recarga por precipitación ni curso de agua superficial.



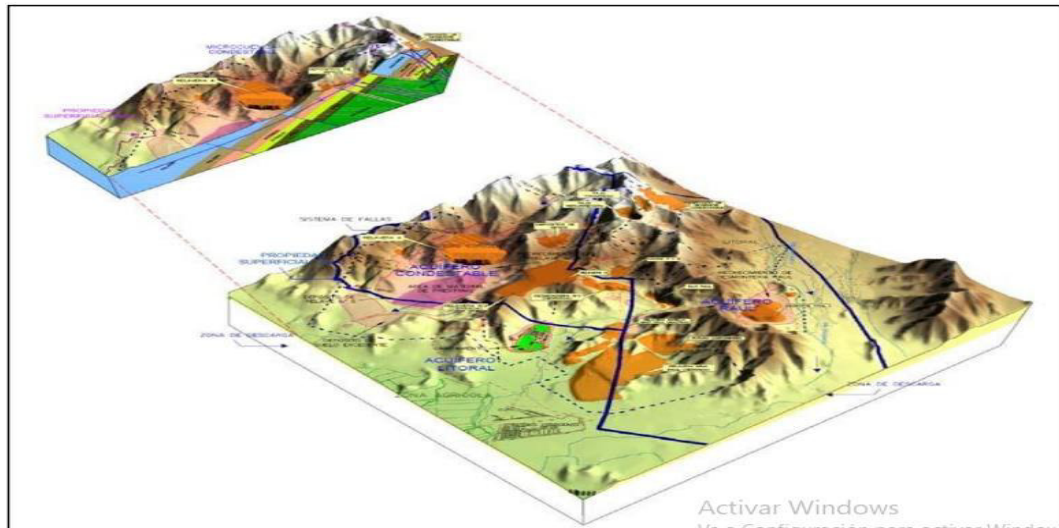


Figura 4 — Modelo hidrogeológico de la unidad minera Condestable según la actualización del estudio hidrogeológico a nivel de detalle

Extraído de Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Condestable

Los ensayos de permeabilidad en sondajes diamantinos realizados durante la actualización del estudio hidrogeológico dieron como resultados permeabilidades entre 10-5 y 10-6, por lo que las filtraciones en interior mina serán muy escasas, salvo en zonas de intersección de fallas que crucen estructuras mineralizadas, lo cual durante el estudio de estabilidad Geomecánica integral no se ha observado flujos de agua ni goteos procedentes de agua subterráneas, únicamente se ha observado goteos procedentes del agua utilizado para las actividades de perforación.

3.3 Marco Teórico

3.3.1. Optimización

Optimización es la actividad y el impacto de avanzar. Esta palabra de acción alude a la indagación de la manera más idónea de realizar una acción. Optimizar significa buscar mejores resultados, más adecuación o más eficacia notable en la exhibición de algún recado, como por ejemplo perforación y voladura en una mina. Así, términos equivalentes son mejorar, racionalizar o consumir.

Se puede decir que algo se ha mejorado (acción, técnica, proceso, método, etc.) cuando se realizan reformas en las fórmulas habituales del programa y se obtienen resultados superiores a los normales o esperados. En este sentido, optimizar significa administrar



mejor nuestros recursos de acuerdo a lo deseado, aquí se busca mejorar el proceso de perforación y voladura. (PALOMINO VIDAL, 2016)

3.3.2. Perforación Óptima

Una sola perforación es óptima al estándar de una operación de perforación unitaria, logrando así una mejora efectiva en metros lineales de perforación. En este caso, los criterios de perforación son los siguientes: paralelismo de perforación (uso correcto de guías como medida de control durante la perforación); carga uniforme a lo largo del pozo para lograr un fracturamiento apropiado y un adelanto eficaz. El espaciado regular de los orificios promueve una fragmentación casi uniforme, lo que evita el desprendimiento de proyectiles. Longitudes iguales de las barrenas nos permiten lograr el progreso deseado, especialmente si las barrenas alcanzan igual profundidad en el fondo del macizo de roca. Evite los simulacros de interceptación para distribuir correctamente los explosivos y evitar que los proyectiles exploten. Suficiente distribución del diámetro o número de orificios de alivio, lo que crea suficientes superficies libres para reflejar las ondas de tensión que causan la desintegración de la roca; para una perforación y voladura recomendable y eficaz. ((DIAZ OLIVERA, 2017)

3.3.3. Voladura Óptima

La voladura es óptima cuando se cumplen estos criterios de voladura: La voladura se vincula directamente con la perforación, por lo que una de las medidas a practicar es el consumo apropiado y equilibrado de explosivos y su buen manejo, lo cual se logra estableciendo normas técnicas al momento de ordenar las cantidades necesarias de explosivo; previo a esto, Análisis detallado de la red de voladura lanzada. Otra medida es la carga de la columna explosiva, que debe ser en promedio el 66% de la broca. La secuencia temporal de salidas en la malla de voladura debe partir siempre de la superficie libre y proseguir hasta el último conjunto de barrenos volados, debiendo amarrarse en forma de "V", esto permitirá obtener material triturado resultante de granallado La consola central, que ayuda a optimizar la utilidad de la unidad de limpieza, y utiliza la eficiencia de repartición de energía adecuada en la malla de granallado es una capacidad para conseguir un resultado. Además, es la operación la que consigue el efecto. El término eficiencia es usado en múltiples situaciones. La



eficiencia minera se trata de usarla correctamente y lograr objetivos con la menor suma de recursos, o lograr más con los mismos o menos recursos. (DIAZ OLIVERA, 2017)

3.3.4. Perforación de rocas

Es la primera acción de preparación para una explosión. Su finalidad es agrietar huecos cilíndricos en la roca para contener explosivos y sus agregados detonantes, nombrados brocas, agujeros, perforaciones o barrenos. Fundamentado en los elementos mecánicos de impacto y giro, que tienen consecuencias de impacto y fricción generando la fragmentación de la piedra en una zona correspondiente al diámetro de la broca y la longitud de la broca utilizada para una profundidad determinada. La eficiencia de perforación se trata de obtener la mayor penetración al costo mínimo. En la perforación, la resistencia al corte o endurecimiento de la roca y la abrasividad son muy importantes. Esto último incide en el desgaste de la broca, por lo que al adelgazar el agujero (brocas finas) también se ve afectado el diámetro final del agujero. La perforación se hace por: (CALDERÓN LEYVA, 2020)

1. Percusión, con golpes y cortes como un escoplo y un mazo. Por ejemplo, martillos mecánicos y fragmenta caminos.
2. Impacto/giro, con efectos de percusión, incisión y rotación, como los producidos por taladros neumáticos ordinarios, taladros de seguimiento, carros hidráulicos.
3. Giro con resultado de incisión por frote y raspado de materiales muy duros (desgaste de roca, sin impacto) como los que producen los equipos de perforación diamantina para exploración.

3.3.4.1 Tipos de perforación

a) Perforación manual

Este tipo de perforación utiliza equipos livianos operados por un taladro, se utilizan principalmente en trabajos más pequeños facilitando la extracción de material con una persona sosteniendo el taladro y la otra golpeándolo con una cuerda y girándolo en diagonal para continuar perforando, donde el uso de máquinas más grandes no es posible o su aplicación es simplemente antieconómica debido al tamaño del terreno, este proceso se utiliza en la minería artesanal y puede ser realizado por una sola persona (ISE-ACADEMY, 2021).



b) Perforación neumática

Este proceso se lleva a cabo utilizando un taladro de roca convencional como se muestra en la figura 2.1, que utiliza la energía del aire comprimido para perforar pequeños agujeros, la broca incorpora una punta de cincel que tritura la roca, generalmente utilizada en la pequeña minería manejando sistemas de perforación de percusión rotativa que utilizan energía neumática mediante taladros manuales, varillas o barras, cinceles o brocas y barredoras que limpian y acarrear los escombros producidos (COTRINA ROLDAN, 2018).

c) Perforación eléctrica

Este método de perforación utiliza energía eléctrica mediante un generador diésel de gran capacidad, mediante brocas helicoidales que se utilizan para hacer agujeros u orificios de hasta 90 cm de longitud, con una mayor productividad con respecto a taladros mecánicos (COTRINA ROLDAN, 2018).

d) Perforación hidráulica

Se emplean equipos altamente sofisticados, robotizados, de gran capacidad de avance y performance. Utiliza la energía hidráulica para la transmisión, control de fuerzas y movimientos en la perforación. Además, cuenta con un tablero de control computarizado, equipado con un software de perforación donde se grafica el trazo de perforación requerido. La gran ventaja de estos equipos es su gran precisión y paralelismo en la perforación. (SEGUNDO TORRES,2020)

3.3.4.2 Factores de perforación

Se tiene los siguientes factores de perforación: (ISE-ACADEMY, 2017)

a) Clase de terreno donde se va a perforar

Los materiales que constituyen los macizos rocosos poseen ciertas características físicas en función de su origen y de los procesos geológicos posteriores que sobre ellos han actuado. El conjunto de estos fenómenos conduce a un determinado entorno, a una litología particular con unas heterogeneidades debidas a los agregados minerales y a una estructura geológica en un estado tensional



característico, con un gran número de discontinuidades estructurales (planos de estratificación, fracturas, diaclasas, juntas, etc.).

b) Numero de caras libres de la labor

En una labor cualquiera se llama cara libre de la zona que se desea volar, a cada uno de los lados que se desea volar, a cada uno de los lados que están libres, es decir, en contacto con el aire. Así, por ejemplo, el frente de una galería, chimenea o pique tendrá una cara libre.

c) Grado de fragmentación

Se refiere al tamaño que debe tener el material ya volado. En general, cuando más cerca se sitúan los taladros unos de otros, habrá mayor fragmentación. En un tajeo, los taladros verticales producen mayor fragmentación que los horizontales.

d) El equipo de perforación

Aquí también hay que tener en cuenta la habilidad y destreza del perforista, pues hay ciertos tipos de trazos inclinados que resultan difíciles de perforar. Asimismo, a veces se complica el uso de determinados equipos de perforación, sobre todo en la perforación de arranques y cueles, donde tiene que darles la inclinación correcta.

3.3.4.3 Eficiencia de perforación

Para que la perforación sea eficiente, se debe contar con una simetría adecuada de los taladros, contar con longitud y calidad adecuada, asimismo el paralelismo correcto, estos son algunos de los criterios se obtiene la fragmentación adecuada el cual contribuye en la reducción de costos en el proceso de ejecución. Por tanto, en actividades de perforación la eficiencia comprende en el lograr penetración mayor a costo reducido. (IDONE ACCHA,2022)

3.3.4.4 Equipo de perforación

Es un jumbo electrohidráulico de la marca Atlas Copco. Un carro es un dispositivo de perforación equipado con uno o más martillos perforadores, su principal aplicación en trabajos subterráneos es:

- Adelanto de galerías y corredores.
- Atornilladas y perforadas.



- Bancos con agujeros horizontales



Figura 5 — Equipo de Perforación Minera Condestable

Extraído de CIA. Minera Condestable

3.3.4.5 Indicadores para medir al equipo de perforación

Los indicadores para mejorar la gestión de los equipos de producción de la mina son esenciales e involucran tres indicadores. Porque mide el trabajo de nuestro equipo y así los maneja con eficacia.

a) Utilización (U)

Medida de la eficiencia de operación del equipo disponible.

$$U = \frac{HORAS\ TRABAJADAS}{HRS.\ TRABAJADAS + HRS.\ NO\ PROGRAMADAS}$$

Extraído de Mntto. Mina Condestable

OBS. El tiempo no planificado incluye retrasos mecánicos y retrasos evitables.

b) Tiempo entre paradas (TEP) - confiabilidad

Se define como la capacidad de maniobrar durante extensos períodos sin tiempos de inactividad por mantenimiento. Es decir, ¿cuánto funcionó el equipo antes de detenerse mecánicamente?

* No se consideran interrupciones operativas, por ejemplo, canjes de turno, almuerzo, repartimiento de guardia, etc

$$(TEP) = \frac{HORAS\ DE\ OPERACION}{NUMERO\ DE\ PARADAS\ MECANICAS}$$

Extraído de Mntto. Mina Condestable

c) Tiempo de reparación (TDR) - rapidez



Es un cálculo de la rapidez con la que un dispositivo puede volver a funcionar. Es decir, el tiempo que tarda en reparar un dispositivo debido a un tiempo de inactividad mecánico.

$$(TDR) = \frac{HORAS EN REPARACION}{NUMERO DE PARADAS MECANICAS}$$

Extraído de Mntto. Mina Condestable

d) Disponibilidad mecánica (DM)

Señala la unidad disponible vinculada al tiempo perdido por causas mecánicas.

$$DM = \frac{HORAS TRABAJADAS}{HRS. TRABAJADAS + HRS. DE REPARACION}$$

$$DM = \frac{TIEMPO MEDIO ENTRE PARADAS}{TIEMPO MEDIO ENTRE PARADAS + TIEMPO MEDIO DE REPARACION}$$

Extraído de Mntto. Mina Condestable

Vale la pena indicar que este valor solo, no posee mucha valía. Por eso tiene que estar emparejado hay dos indicadores, para que su significado sea más útil. Estos elementos se vinculan con el tiempo de funcionamiento y el tiempo en que el equipo se detiene solo por motivos mecánicos.

3.3.4.6 Aceros de perforación

Se pueden seleccionar varias combinaciones de accesorios para realizar trabajos de perforación específicos. Los factores que se deben considerar al seleccionar sus componentes son: diámetro y longitud del pozo, estructura de la roca, resistencia y abrasividad, dimensión y fuerza de la broca, experiencia previa y disposiciones de abastecimiento.

La sarta de perforación habitualmente consta de estos elementos: adaptador de tope (1), manguito (2), varilla de extensión (3) y broca (4). El acero utilizado para fabricar estas herramientas debe ser capaz de resistir la fatiga, la flexión, el impacto y el desgaste de las roscas y las cabezas.

3.3.4.7 Velocidad de la penetración y barrido

La penetración no solo estriba de la potencia empleada, igualmente obedece al uso de aire comprimido y/o agua a presión para barrer o limpiar los recortes a través de la misma tubería de perforación en la que se está perforando el pozo. Algunos taladros hidráulicos tienen bombas especiales para el lavado de agua para conseguir una



presión elevada constante mayor a 10 bar, incrementando la permeabilidad. La lubricación del sistema de perforación con varilla durante la operación es esencial debido a que las máquinas poseen su correcto método, agua, aire o ambos, o neblina de aceite.

La dureza y la abrasividad de la roca son elementos relevantes para decidir qué método de perforación utilizar: rotación simple o impacto rotacional. Generalmente, mientras más blanda es la roca, la velocidad de perforación será mayor (generalmente hasta 1500 rpm). Asimismo, a mayor resistencia a la compresión, habrá más fuerza y el torque requerido para perforar.

Otros elementos significativos son el coeficiente de desgaste de la broca, que depende claramente del desgaste de la roca, esta va reduciendo su diámetro y lima la cuchilla o el botón, requiriendo un afilado constante y la vida útil del acero, que es un bien término conocido para las bielas debido a la fatiga Tiempo efectivo de trabajo antes de daño o rotura.

3.3.4.8 Condiciones de perforación

La perforación es tan significativa como la elección del explosivo para una voladura eficiente, por lo que debe hacerse con cuidado. Desafortunadamente, en muchas minas, la supervisión de las acciones de perforación correctas aún es insuficiente, lo que genera deficiencias en la calidad del trabajo (desviación de la broca, mayor espaciamiento, longitudes irregulares, etc.), que establecen la pérdida de eficacia de la perforación.

Habitualmente la calidad del agujero a perforar viene establecida por 4 situaciones: diámetro, longitud, rectitud y estabilidad.

a) Diámetro. Obedece al tipo de aplicación para la que se utilice el taladro. Generalmente, el que tenga el "diámetro mínimo factible" será el más apropiado y módico.

b) Longitud. Afecta en gran medida la capacidad del dispositivo de perforación elegido y, lógicamente, el progreso de los disparos (profundidad de perforación).

c) Rectitud. Depende del tipo de roca, el método de perforación y las particularidades del dispositivo de perforación. Deberían poseer la máxima rectitud y alineación para la correcta distribución de los explosivos. En las líneas de perforación mayormente, el

paralelismo entre los taladros es esencial para que el explosivo interactúe durante todo el proceso de detonación.

d) Estabilidad. El taladro debe permanecer encendido hasta que se utilice. En terrenos sueltos tienden a astillarse, siendo una posible necesidad revestirlos con tubos especiales en su interior para poder cargarlos o perforar otro agujero cerca del agujero relleno.

3.3.4.9 Diseño de Malla de Perforación

Las mallas de perforación que se realizan para las tareas de desarrollo son variadas, dependiendo de varios elementos como dispositivo de perforación utilizado, tiempo a disposición para su realización, tipo de roca, tipo de soporte, etc., no obstante, la variación más característica es una y otra malla de perforación se encuentra en el arranque donde encontramos el arranque cilíndrico, el arranque de quemado, el arranque del cráter, el arranque del ángulo, etc. Los siguientes tipos de perforación podrían dividirse en 2, perforación paralela y perforación en ángulo. Con el adelanto de los equipos electrohidráulicos y el automatismo de perforación, el primer grupo de taladros paralelos se ha vuelto más común.

Durante esta investigación se expondrá y desarrollará detalladamente el diseño de la malla de perforación con arranques de perforación paralelos cilíndricos, debido a que es la malla de perforación que ejecuta el proyecto durante toda la ejecución. (ESPINOZA CASTILLO, y otros, 2019)

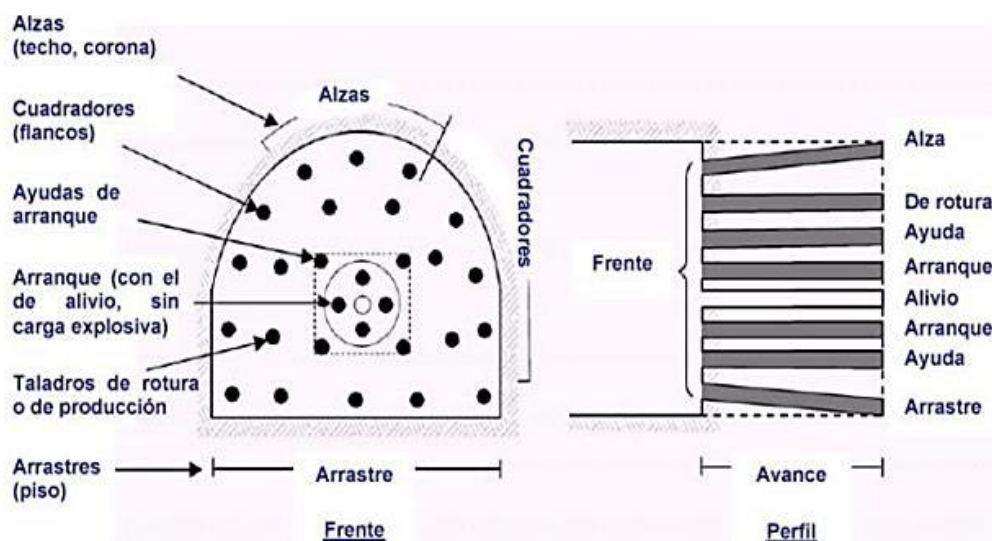


Figura 6 — Zonas y denominación de taladros en un frente de avance

Extraído de (ESPINOZA CASTILLO, y otros, 2019)



3.3.4.9.1 Longitud de perforación

La longitud depende en la minera subterránea, de cuanto este perforando y del área de la sección frontal: (CONCHA CUADROS, y otros, 2020)

$$L_{tal} = L_b * E_p$$

Donde:

L_{tal} = Longitud del taladro

L_b = Longitud del barreno

E_p = Eficiencia de perforación

3.3.4.9.2 Diámetro de taladro

Es el elemento principal en la producción de la red perforada pues es la primera acción realizada en el ciclo minero. Los diámetros varían dependiendo del diámetro de la broca utilizada, en Minería Condestable se utiliza un juego de brocas SR35 x 48 mm y una broca escariadora SR35 x 89 mm.



Figura 7— Brocas SR35 de 48mm

Extraído de Maxdrill (2023)

3.3.4.9.3 Número de taladros

Conseguida por método empírico o método perimetral.

$$N^{\circ}tal = 10\sqrt{b * h}$$

$$N^{\circ}tal = \left(\frac{P}{dt}\right) + (c * s)$$

Tenemos:

$N^{\circ} tal$ = cantidad de taladros

c = constante de piedra

s = sección de galería

P = perímetro de la tarea

dt = espacio de taladros

Tabla 4 — Distancia, dureza y coeficiente



Dureza de roca	Distancia entre taladros (m)	Coefficiente de roca (m)
Tenaz	0.50 a 0.55	2.00
Intermedia	0.60 a 0.65	1.50
Friable	0.70 a 0.75	1.00

Extraído de (VARGAS LAPA, 2017)

3.3.4.9.4 Parámetros de perforación

- **Burden Nominal**

$$Bn = \Phi \left(\frac{PoDtaladro - (\gamma * H)}{fs\sigma_r * RQD} + 1 \right)$$

Donde:

Bn= Burden nominal (m)

Φ = Diámetro del taladro (m)

PoDtal = Presión de detonación del taladro (Kg/cm²)

RQD = Índice de calidad de la piedra

σ_r = Resistencia a la compresión de la roca o mineral, (Kg/cm²)

Fs = Factor de seguridad

γ = Densidad de la piedra (TM/m³)

H = Profundidad de la labor (m)

- **Burden Ideal**

$$Bi = Bn - Dp$$

Donde:

Bn = Burden nominal

Dp = Desviación de perforación

- **Espaciamiento entre taladros**

Longitud entre una misma fila de mallas de perforación y agujeros, que generalmente está relacionada con la carga. Oscile en la cuadrícula con valores entre 50 y 70 cm, comenzando entre 15 y 30 cm.

- **Desviación de un Taladro**

Es la anomalía de la orientación inicial realizada durante la perforación, la cual es causada por varias razones, tales como: las particularidades del macizo rocoso, la destreza quien opera, el agua existente, etc., debido a cuanto más



grande sea la longitud de perforación, más cuanto más grande sea el porcentaje de desviación de perforación. El procedimiento utilizado es: (OJEDA MESTAS, 2007)

$$y = 0.0008x^2 + 0.0152x + 0.0078$$

$$R^2 = 0.9867$$

- **Paralelismo de un Taladro**

La buena distribución y el paralelismo de la perforación aseguran una buena perforación, que se pone en práctica mediante el uso de guías de "agujero de desgaste". Se adapta mejor como plataforma minera (gigante) asegurando un buen paralelismo ya que el brazo articulado ayuda a posicionar y alinear cada broca en el trabajo.



Figura 8 — Paralelismo de taladro

Extraído de Randal (2020)



Figura 9 — Diseño de Paralelismo

Extraído de Randal (2020)

- **Taco de un Taladro**

Material inerte diseñado para detener la energía explosiva dentro del taladro durante el mayor tiempo posible. Como gas liberado como energía, es una sustancia que destruye el macizo rocoso. Por lo general, el tapón es 1/3 de la longitud del orificio.

3.3.5 Voladura de Rocas

Es la última acción realizada y es el cierre triunfante de las guardias. Para lograr este resultado en roca se utilizan explosivos comerciales para cargar el sondaje anterior, claro que el disparador debe recordar la actividad que produce, que es lo más importante y sutil del uso de explosivos.

Acorde a juicios de mecánica de fractura, es un proceso tridimensional en el que la presión generada por el explosivo queda confinada dentro del pozo de la roca, estableciendo una zona de concentración elevada de energía que causa dos efectos dinámicos, fragmentación y desplazamiento.

El primero referido a la dimensión de los pedazos originados, como se distribuyen y porcentaje de tamaño, mientras que la segunda trata sobre el movimiento del macizo rocoso quebrado. La trituración suficiente es significativa para proporcionar la extracción y el traslado de la materia soplada y este vínculo directo usando el material calificará para la "mejor" trituración. Por lo tanto, la extracción de minerales se lleva a cabo mejor después de una pequeña fragmentación, lo que facilita el proceso de procesamiento.

Trituración posterior en la planta metalúrgica mientras se predice el patrón de desplazamiento y acumulación del material volado en el método de pala o acarreo más conveniente basado en el tipo y tamaño de montacargas y vehículos disponibles. (LÓPEZ JIMENO, y otros, 2003)

3.3.5.1 Condiciones Para una Voladura de Rocas

Hay una variedad de elementos o variables que interfieren directa o indirectamente con las voladuras que son interdependientes o están interrelacionados; unos son controlables y otros no, como las variables en el diseño, la perforación o los explosivos utilizados, y no se pueden modificar la geología o las propiedades de la piedra. Para



hacer más sencilla la interpretación, estos elementos correlacionados se agrupan, denominados variables, factores, parámetros o condiciones subyacentes, y estos factores incluyen:

a) Propiedades Físicas:

- **Dureza:** Señala de forma aproximada el problema de perforar.
- **Tenacidad:** Señala la facilidad de fractura bajo presión, tensión e impacto, que van desde frágil (fácil), medio a resistente (difícil).
- **Densidad:** Indica aproximadamente entre dificultades de vuelo y en 1,0 a 4,5 gr/cm³ en promedio. Las piedras densas igualmente solicitan explosivos y expeditos para fragmentarse.
Densidad= peso/volumen (gr/cm³)
- **Textura:** La manera de amarre de los cristales y su nivel de concentración o aglomeración, vinculada asimismo con su fragilidad.
- **Porosidad:** Proporción de poros o cavidades y su poder para captar agua.
- **Variabilidad:** La composición y textura de las rocas no son uniformes, son muy anisotrópicas o heterogéneas.
- **Grado de Alteración:** Deterioro causado por los efectos de la meteorización y de las aguas subterráneas, y fenómenos geológicos que los alteren o alteren.

b) Propiedades elásticas o de resistencia dinámica de las rocas:

- **Frecuencia Sísmica:** Velocidad en que las ondas traspasan las piedras.
- **Resistencia Mecánica:** Resistencia a las fuerzas de tensión y compresivas.
- **Fricción interna:** Capacidad de la superficie interna para moverse bajo presión (roca en capas).
- **Módulo de Yung:** Resistencia elástica a la deformación.
- **Radio de Poisson:** Radio de concentración transversal de material bajo tensión.
- **Impedancia:** Vínculo entre la velocidad sísmica y la densidad de la roca con respecto a la velocidad de detonación y la densidad de la explosión. Las rocas con altas frecuencias sísmicas a menudo demandan explosivos de alto poder explosivo.

c) Condiciones Geológicas:



- **Estructura:** Manera de exposición de las rocas y está vinculada con su origen y formación.
- **Grado de Fisuramiento:** Expresa la fuerza y magnitud de la fractura natural de la roca. La orientación (desplazamiento y buzamiento) del sistema de fracturas y el espacio entre ellas, así como el tipo de apertura y relleno en la discontinuidad, son importantes.
- **Presencia de Agua:** Delimita inclusive el tipo de explosivo usado.

d) Parámetros de Explosivo (Propiedades Físico -Químicas):

- **Densidad:** El peso específico se mide en gr/cm³ (a mayor densidad, mayor potencia) y varía de 0,7 a 1,6 gr/cm³. Cada explosivo posee una densidad crítica más allá de la cual no detonará.
- **Transmisión o Simpatía:** La onda de detonación se transmite en el grano y la buena resonancia asegura la explosión completa del grano.
- **Resistencia al Agua:** Cambia de nula a excelente (diversas horas).
- **Energía del Explosivo:** Calculado según su fórmula, adecuado para calcular su capacidad de trabajo. La muestra es cilíndrica recta con un vínculo de altura a diámetro de 2 a 2,5 y un diámetro de no menos de 47 mm.

3.3.5.2 Evaluación de la voladura

Las explosiones se evalúan por los resultados. Para calificar, considere lo siguiente: cantidad de material movido, propulsión del disparo, piso, escombros, cómo se acumulan los escombros, costo total del disparo.

1. El volumen del material en movimiento debe ser igual o cercano al volumen teórico previamente calculado, teniendo en cuenta la expansión del material triturado.
2. La cantidad de disparo de alimentación antes de la voladura de la mesa debe exceder la última fila de agujeros.
3. El piso del banco debe estar al mismo nivel que el piso existente. Si hay anomalías como puntas, se debe suponer que hay poca sobre perforación o falta de carga inferior.
4. El nivel de desintegración del material del proyectil o el tamaño medio deseado de los pedazos obedece a la labor para que se usen, pero normalmente los fragmentos demasiado gruesos o demasiado finos son inconvenientes.

5. Las roturas excesivas y posteriores en el banco de trabajo pueden afectar la estabilidad de la nueva cara sin voladura y los orificios perforados después de la última cocción.
6. El deslizamiento y acumulación del material de voladura debe ser suficiente para hacer más sencillas las acciones de carga y transporte. La manera como se acumula se predice según el tipo de equipo que se utilizará para limpiar el frente de perforación. La forma aproximada de la pila de escombros se obtuvo a partir de las trayectorias de los disparos y las capas de iniciación, los perfiles de retardo y los diseños de la superficie libre. Por lo tanto, un diseño con una conexión en "V" daría como resultado un montículo central, mientras que una conexión en línea longitudinal daría como resultado una pila frontal a lo largo de toda la cara libre del frente.
7. Falta de Desplazamiento: Cuando un disparo destroza el material, pero no modifica su posición, se dice que el disparo está "congelado". Esto significa una fragmentación deficiente en el fondo y en el interior de la galería, dificultad para retirar el material fragmentado y el peligro de hallar material explosivo sin explotar.
8. La dispersión de escombros a distancia, además de aumentar el riesgo de escombros voladores, tiene la desventaja en las minas de "diluir" material económicamente valioso mezclándolo con desechos cuando está más lejos del frente de voladura.
9. costos de voladura. Para establecer el costo total de la explosión, asimismo de los costos de perforación (aire, perforación, aceite, mengua de máquinas, etc.), costos de explosivos, accesorios y salarios del personal (en soles o USD/tonelada) se debe tomar en cuenta el costo de carga y transportar el material triturado, y el costo adicional de la voladura secundaria de la mesa de gran tamaño y el uso de equipo adicional para mover la cumbrera al suelo.

3.3.5.3 Voladura controlada

A diferencia de los taladros de voladura regulares, estos corresponden espaciarse de modo que las grietas resultantes se destinen hacia el punto de menor resistencia, en otras palabras, de un pozo a otro, alineados para hacer un plano de corte, lo que resulta en la reducción o eliminación de grietas radiales. (EXSA, 2004)



3.3.5.4 Voladura de pre corte

Implica la creación de discontinuidades o planos de fractura (fracturas continuas) en el macizo rocoso mediante una serie de barrenos previo a la voladura primordial o de producción, generalmente de pequeño diámetro, muy próximas entre sí, con cargas separadas e ignición instantánea. (EXSA, 2004)

3.3.5.5 Voladura de recorte

Es en una fila de agujeros cerca de la voladura, usando una carga separada, pero después de la voladura "primaria" o de producción. El elemento de carga se establece de la misma manera que para los taladros pre cortados, pero debido a que la técnica implica desgarrar la roca hasta la cara libre, la distancia suele ser mayor que para los pozos pre cortados. (EXSA, 2004)

3.3.5.6 Voladura amortiguada

En realidad, es una explosión convencional, pero se ha reformado el diseño de la fila final, tanto en el esquema geométrico, es más pequeño, como en la dinamita, tiene que ser más pequeña y separada, disparando generalmente en una etapa. (LÓPEZ JIMENO, y otros, 2003).

3.3.5.7 Cálculo de factor de carga

Estas fórmulas empíricas son del Manual de perforación y voladura EXSA.

- **Cálculo de Volumen y TM de material roto.**

$$V = S * Ar$$

$$Lp = Lb * 0.95$$

$$Ar = Lp - T$$

$$TM = V * or$$

Donde:

V=volumen de materia roto (m³)

or = peso específico de la piedra.

S= zona de la sección de la tarea (m²)

Lp= distancia de perforación (m)

Lb= l. del barreno (m)

Ar= avance real (m)

T= taco (m)



- **Cálculo de longitud de carga por taladro (LT_{carga})**

$$LT_{carga} = 2/3 * L_p$$

- **Número de cartuchos a cargar por taladro (NC_{tal})**

$$NC_{tal} = LT_{carga} / L_e$$

Donde:

L_e = l. del explosivo

- **Peso total por taladro (PT_{Tal})**

$$PT_{Tal} = NC_{tal} * P_{expl.}$$

- **Peso total por frente (PT_{Frente})**

$$PT_{Frente} = N^{\circ}_{tal} * PT_{tal}$$

- **Cálculo de factor de carga (F_c)**

$$F_c = PT_{Frente} / V$$

3.3.5.8 Propiedades de los explosivos

Los explosivos son materiales compuestos o también conocidas como mezclas de sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso, que produce reacciones químicas de óxido-reducción, y debido a ellos son capaces de transformarse en cuestión de microsegundos en productos gaseosos y condensados. Después de la reacción química el volumen inicial del explosivo se convierte en una masa gaseosa que llega a tener altas temperaturas y por consecuencia muy altas presiones que se liberan de forma brusca. Los materiales explosivos son utilizados como herramientas en los trabajos mecánicos aplicados para el rompimiento de material rocoso, en cuanto se trata de la “técnica de voladura de rocas”. (EXSA, 2013)

a) Sensibilidad

La sensibilidad de un explosivo se determina como el alto o bajo grado de energía de iniciación que debe transmitirse para llegar a producir su iniciación y posterior detonación. Existen algunos aspectos que afectan a la sensibilidad de los explosivos como:(BERNOLA et al,2013)

- Sensibilidad al detonador
- Sensibilidad a la onda explosiva
- Sensibilidad al choque y al rozamiento

b) Resistencia al agua



Es una propiedad de los explosivos basada en la poca habilidad que posee en resistir a la prolongada exposición al agua sin que el explosivo pierda sus características, es decir su capacidad de rechazar la entrada de agua al sistema del explosivo, “horas” es la unidad que se utiliza como medida (EXSA, 2013)

c) Presión de detonación

La presión de detonación es un indicador que revela la capacidad de fragmentación que presentan los explosivos, está también depende de la velocidad de detonación sobre todo de la densidad que posee el explosivo. Una mayor presión de detonación es utilizada para voladura de rocas muy duras, mientras que para rocas de baja dureza puede ser necesario una baja presión de detonación (EXSA, 2013)

d) Densidad del explosivo

La densidad es una propiedad única de los explosivos y a su vez una característica muy importante, que depende del tipo de componentes usados en su elaboración, si el explosivo posee una mayor densidad, mayor también deberá ser la concentración de carga para el diámetro de barreno que se esté usando (LÓPEZ JIMENO, y otros, 2003).

e) Poder rompedor

Es una característica de los explosivos que tiende a producir un efecto de triturar, romper o quebrantar la roca, debido a la exclusividad con la onda de detonación. Esta característica es muy importante en explosivos de uso no confinado, es decir que no utilizan gases que ejerzan presión sobre el macizo rocoso (INACAP, 2020).

3.3.5.9 Índices de voladura

a) Factor de potencia (kg/ton)

Son los kilogramos de explosivo necesarios para fragmentar una tonelada de roca in situ. Para calcular dicho valor es necesario conocer la densidad del explosivo, diámetro del taladro y longitud de carga del taladro. (HUAMAN ALCANTARA,2021)

b) Factor de carga

Es la relación entre el peso de explosivo utilizado y el volumen de material roto. (NOA PPACCO,2019)

$$FC = (We/V)$$

Donde:

FC = Factor de carga.



We = Peso del explosivo

V = Volumen del material roto.

3.3.5.10 Eficiencia de voladura

La eficiencia de voladura comprende en lograr y obtener arranque y fragmento de rocas con el uso de reducido del número de explosivos y la perforación requerida para la voladura correspondiente. La eficiencia se valora de la longitud del avance en el frente, posterior de ejecutar el disparo, dividiendo la eficiencia de perforación entre la longitud del avance se determina la eficiencia de voladura al multiplicarlo por 100 (%). (IDONE ACCHA,2022)

3.3.5.11 Seguridad en voladura

La seguridad es un eje fundamental en las operaciones de una industria, y mucho más para sectores de alto riesgo como la industria minera. El día de hoy vamos a revisar aspectos en la supervisión y seguridad que involucra el llevar a cabo una voladura en minería subterránea (EXSA, 2004).

a) Factores de riesgo en voladura

Tabla 5 — Factores de riesgo de voladura

Factor de riesgo	Descripción
Barreno prematuro	Detonación previa de uno o más barrenos, de manera accidental
Barreno retardado	Falla del iniciador o explosivo, quedan restos de sustancias que deben eliminarse posteriormente.
Barreno soplado	Barreno que salió o detonó sin fragmentar la roca, ni dejar restos.
Detonación imprevista	Los explosivos son muy seguros, se inician o activan con los detonadores, pero pueden detonar por factores externos (térmicos o mecánicos), que se constituyen como amenaza para la estabilidad del explosivo, provocando su detonación por simpatía o inducción.
Detonación por simpatía	Detonación de otros barrenos u otros explosivos, por la acción de un explosivo, que los alcanza iniciar debido a su corta distancia.



Factor de riesgo	Descripción
Reacción de los explosivos	Reacción de los explosivos por calor o chispa, fricción o contacto, dada su sensibilidad al calor o impacto.
Exceso de confianza	Actitud de excesiva confianza en la manipulación de los explosivos, que lleva a obviar elementos esenciales de cuidado.
Actos inseguros de los operarios	Es la confluencia de una vulnerabilidad con una amenaza, necesariamente, lo cual puede considerarse como un fenómeno del ambiente de trabajo o acción que pueda causar un daño o pérdida a un individuo, un bien o al medio ambiente, y cuya probabilidad de ocurrencia depende del control que se tenga del factor vulnerable y la amenaza existente.
Proyección	Proyección de fragmentos volantes, vibraciones y ondas de concusión.
Desplomes y el gaseamiento	Desplomes y el gaseamiento por los humos de la explosión.
Empleo de equipos de carga de aire comprimido	El empleo de equipos de carga con aire comprimido y manguera para ANFO, debido a que el rozamiento puede originar cargas electrostáticas, lo suficientemente activas, como para hacer estallar prematuramente al fulminante.
En superficie el tránsito de vehículos y personas sobre las líneas de cordón detonante	Sobre las líneas de cordón detonante y accesorios de disparo, aún sin llegar al extremo de una explosión.
Exceso de carga explosiva, falta de taco, roca muy suelta o fisurada	Para labores a cielo abierto cuando existe exceso de carga explosiva, falta de taco, roca muy suelta o fisurada, burden irregular o muy corto, fallas geológicas u oquedades encubiertas hacen mayor el riesgo de accidentes.
Regresar al sitio muy pronto	Después de una voladura regresar al sitio muy pronto, sin desgasificar ni asegurar el área.
Descarga eléctrica	Las descargas eléctricas son capaces de activar un detonador eléctrico, sea que este se encuentre conecta o no.

Extraído de (MINTRABAJO,2019)

b) Medidas preventivas



- No realizar actos negligentes o inseguros con materiales explosivos.
- Fomentar la cultura del autocuidado en los trabajadores.
- Implementar la señalización de carácter preventivo en las zonas de las voladuras.
- Realizar capacitación a los trabajadores de los peligros de las sustancias explosivas.
- Utilizar herramientas anti-chispas.
- Establezca un procedimiento de almacenamiento de sustancias explosivas.
- Realizar capacitación a los trabajadores acerca del correcto uso de los elementos de protección personal en el manejo de explosivos.
- Diseñar y prepare las mallas de perforación y voladura con métodos técnicos.
- Elaborar de protocolos de seguridad y procedimientos seguros para el manejo de explosivos.
- Capacitar a los trabajadores sobre los procedimientos de utilización de explosivos, antes de iniciar sus actividades.
- Realizar la supervisión de las voladuras a través del personal competente y certificado.
- No dejar material explosivo sobrante dentro de la zona de trabajo y después de la carga de los barrenos.
- No fumar cuando manipule o transporte de explosivos.
- No manipule explosivos ni realice voladuras cuando haya tormentas eléctricas.
- Disponer de un sistema de alarma o sistema de aviso para cuando se realice las voladuras en minería a cielo abierto.

c) Seguridad en el Trabajo con Explosivos

La Seguridad y eficiencia de los explosivos de hoy en día son el resultado de una evolución gradual. La regla principal es estar seguro de que una detonación fortuita no debe causar daños a personas e instalaciones, sino que deben ser provocados en forma intencional.

Art. N° 278: Para el empleo de explosivos los titulares de la actividad minera si son usuarios permanentes deben de contar con el COM (Certificado de Operación Minera) y si son eventuales con la opinión favorable de la GREM para que puedan realizar su autorización ante la SUCAMEC. La voladura de rocas se considera un trabajo de alto riesgo ya que todos los explosivos y



accesorios de voladura empleados en ella son fabricados para detonar, por tanto, todos son peligrosos. Los explosivos al ser utilizados con los detonadores son controlados por el operador, puesto que serán activados en el momento correcto y en el lugar correcto. Por tanto, al ser manipulados y utilizados representan un riesgo permanente para las personas y el entorno, sino se emplean con precaución y conocimiento. Normalmente las consecuencias de un accidente con explosivos son muy graves ya que no sólo afectan al trabajador causante de una falla o error, sino también a las demás personas equipos e instalaciones que le rodean.

d) Criterios de Seguridad en Voladura

Estadísticamente los accidentes con explosivos se producen mayormente por actos inseguros que por condiciones inseguras. Las mismas fallas que causan un accidente con explosivos desde años atrás continúan sucediéndose actualmente. Por una absurda temeridad o ignorancia los accesorios y explosivos son tratados como si fueran fabricados para no detonar.

e) Precauciones Generales

- El manipuleo de los explosivos y accesorios de voladura deben ser efectuados por personal calificado y autorizado.
- En los lugares que estén manipulando explosivos en general no deben permanecer personas extrañas o innecesarias.
- Se debe cumplir estrictamente con los Reglamentos y Normas establecidos.
- El personal debe tener todos los conocimientos de las características de los accesorios, explosivos y mantenerse en una constante capacitación.
- Uso obligatorio de las guías de seguridad de 3 pies que es el “reloj del minero”.

La función del supervisor es fundamental requiriendo las siguientes cualidades:

- Planificar anticipadamente a un accidente previsible.
- Dar confianza (motivación) a su personal.
- Liderazgo y supervisión eliminando las prácticas incorrectas.
- Impartir un buen trato al personal con autoridad.
- Ser persistente en el cumplimiento de los estándares de procedimientos establecidos, verificando y supervisando personalmente.

f) Causas de Accidentes en Minería Subterránea por Efecto Propio del Explosivo



Desprendimiento de Rocas

Estadísticamente registra más del 40% de accidentes, siendo una de las causas por:

- El uso excesivo de los explosivos, lo que tiene como consecuencia una sobre rotura.
- Alto factor de carga y vibración excesiva.
- Por los incumplimientos de los estándares de procedimientos establecidos para un adecuado desatado de rocas.

Gaseamiento

Los gases contaminantes del aire en minas (CO, NO y NO₂), son productos del uso de explosivos en la voladura de rocas. Estos gases constituyen un riesgo permanente en las operaciones mineras subterráneas si no son controlados por una buena ventilación.

Explosión

Se producen estadísticamente mayormente por actos inseguros, exceso de confianza, desconocimiento, negligencia, etc.

g) Riesgos Principales en la Detonación de Explosivos

Explosión Fortuita: Detonación sorpresiva fuera del taladro.

Tiro Prematuro: Detonación adelantada de uno o más taladros de una voladura.

Tiro Retardado: No sale junto con el resto de taladros, sino después de la voladura.

Tiro Fallado Y Cortado: El tiro fallado es el que no salió por falla del iniciador, guía o explosivo. El tiro cortado es el que salió parcialmente por falla de la roca, del encendido o por sobre compresión. Ambos dejan restos que deben ser eliminados para continuar el trabajo.

Tiro Soplado: Es el que sale sin romper la roca ni dejar restos.

h) Factores Humanos que Pueden Incidir en un Accidente con Explosivos

- **Por Negligencia:** no cumplir con las Normas de Seguridad en general.
- **Mal Humor, Ira:** actúa irracionalmente cambio de actitud habitual, problemas (consumo de alcohol)
- **Decisiones Precipitadas:** por falta de tiempo.



- **Indiferencia, Descuido y Falta de Atención:** actuar sin pensar (problemas personales o de trabajo).
- **Distracción:** falta de concentración, juego.
- **Curiosidad:** investigar sin conocimiento y autorización.
- **Instrucción Inadecuada e Ignorancia:** falta de conocimiento y capacitación.
- **Malos Hábitos de Trabajo:** desorden e indisciplina.
- **Exceso de Confianza:** creer en su sola experiencia.
- **Falta de Planificación:** ejecutar en forma imprevista, sin orden, como realizar el carguío y conexiones de los accesorios muy rápido por la hora de salida.
- **Supervisión Deficiente:** dejar que el personal ejecute sin una dirección u orientación solo por su propia cuenta o iniciativa.
- **Falta de una Observación Minuciosa:** conocer con detalle las condiciones de los frentes de disparos, localizar señalar y neutralizar de inmediato la presencia de tiros quedados y otros.
- **Desactivar los tiros fallados:** sin las normas de procedimientos por personal no calificado.

i) **Voladura de Rocas en Minería Subterránea**

La voladura es la operación que tiene por finalidad el arranque, fracturación o remoción del mineral desde el macizo rocoso, aprovechando de la mejor manera posible la energía liberada por el explosivo colocado en los tiros realizados en la etapa de perforación según los parámetros de diseño. El mejor aprovechamiento se obtiene al aplicar la energía justa y necesaria para generar una buena fragmentación del mineral, evitando daños en las cajas y techo de la labor minera.

Actividades Previas a la Voladura

Aislar convenientemente el área a volar, desde el momento en que se inicien los preparativos de carguío, colocando las señalizaciones de advertencia que corresponda y suspendiendo toda actividad ajena en el sector comprometido. Sólo permitir en el área aislada al personal autorizado e involucrado en la manipulación del explosivo.

Taqueado de Taladros



- Se prohíbe estrictamente taquear los cebos de voladura. Éstos deberán ser depositados suavemente en la perforación, y luego proceder a colocar la carga explosiva en el taladro.
- Para el taqueado de los taladros se debe usar arena, tierra, barro u otro mineral incombustible apropiado.
- Para esta operación se debe usar elementos no metálicos como un colihue.
- No deberá introducirse piedras u objetos juntos con el material retacado.

Encendido de los Tiros y/o Voladura del Frente

Antes de efectuar el encendido de los tiros, se debe considerar lo siguiente:

- Los explosivos excedentes deben encontrarse fuera del área y en un lugar seguro. Todas las personas y vehículos deben estar a una distancia segura.
- Proteger todas las vías de acceso a la zona amagada con loros vivos (personas), perfectamente instruidos por el responsable de la Faena u operador a cargo. En casos debidamente justificados, se podrán utilizar loros físicos como “tapados”, barreras o letreros prohibitivos.
- No se procederá a disparar sin una señal de autorización del Encargado de la Faena o de quien lo reemplace.
- Antes de quemar, se deberá verificar que la salida esté expedita y/o exista un lugar seguro de resguardo.
- Los detonadores requeridos para el encendido del disparo no deberán ser unidos al cordón hasta que todas las personas, excepto el disparador y ayudante, se hayan alejado a una distancia segura.

Al realizar el encendido:

- Se debe contar como mínimo con dos personas, cualquiera sea la cantidad de tiros.
- Las voladuras deben ser avisadas por medios específicos que alerten a los trabajadores tanto la iniciación de los tiros, como la cesación del peligro.

Posterior a la voladura:

- Los loros físicos y/o humanos serán retirados por la misma persona que los colocó.



- El ingreso del personal a las frentes o rajos debe realizarse, al menos, 30 minutos después de la voladura.
- El responsable de la voladura debe revisar la frente volada para verificar la presencia de tiros quedados.

Precauciones Después del Disparo

- Esperar un tiempo prudencial desde el último disparo.
- Al ingresar se debe tener presente la presencia de gases, restos de explosivos, desprendimiento de rocas y otros.
- Regar, desatar las rocas sueltas, verificar la existencia de “tiros cortados”.
- Los “tiros cortados” deben ser debidamente señalizados y desactivados por personal especializado bajo vigilancia del supervisor.
- La desactivación de los “tiros cortados” es una operación peligrosa y se puede emplear los siguientes métodos:
- Re disparar utilizando un cebo de cartucho de mayor potencia que es el método más aceptable.
- Descargar con agua, aunque no es muy recomendado.

Eliminación de tiros quedados

- El responsable de la Faena o persona a cargo de la voladura que detecte un tiro quedado, procederá a detener toda actividad en el lugar, dar aviso a los otros trabajadores y resguardar el área.
- El tiro quedado debe ser eliminado en el turno que se detecte. Si por alguna razón no es posible hacerlo, la persona encargada de la voladura debe permanecer en el lugar para informar personalmente al otro turno.
- En los tiros quedados, cargados con mezclas explosivas a base de nitratos (Anfo, Sanfo), se sacará el taco, se anegará con agua, se colocará un cebo y se volará. Cuando se trate de tiros quedados cargados con explosivos que no sean en base a nitratos, se debe sacar el taco, dejar el explosivo a la vista, colocar un cebo y luego volar.
- El cartucho del cebo para iniciar un tiro quedado debe ser de igual o mayor potencia que el utilizado en el cebo original.
- Los restos de explosivos que se encuentran en la marina después de una voladura deberán recogerse y eliminarse (quemándolos).

Desactivación de un tiro cortado, Procedimiento:



- Retirar la personal innecesario.
- Eliminar los restos de explosivo con chorro de agua.
- Si después de lavarlos aún queda explosivo recargar el taladro con medio cartucho de dinamita guía armada de 6 pies o con plasta superpuesta y disparar a distancia.
- Reiterar este procedimiento cuantas veces sean necesarias.
- No ingresar a comprobar hasta treinta minutos después de escuchar el disparo.

Recomendaciones

- Nunca usar herramientas metálicas para extraer los restos del explosivo.
- Nunca tratar de encender nuevamente la guía fallada.
- Nunca jalar los restos de la guía, cordón o mangueras.
- Nunca perforar otro taladro al lado para eliminar el fallado.
- Recoge cuidadosamente los restos hallados entre los escombros (si es necesario, plastearlos en el mismo lugar).

Reducción de Pedrones (plasteo), Riesgo principal:

- Gran proyección de fragmentos.
- Ser alcanzado por un tiro al encender manualmente muchas plastas.

Recomendaciones

- Muchas plastas simultáneas solo se deben encender o disparar con un cordón detonante o mecha rápida.
- Permanecer en un lugar alejado y protegido durante el disparo.

Alcances de la Ley 29793 SST y su reglamento el D.S. No. 024-2016-EM

La seguridad y salud en el trabajo tiene el propósito de crear las condiciones para que el trabajador pueda desarrollar su labor eficientemente y sin riesgos, evitando sucesos y daños que puedan afectar su salud e integridad, el patrimonio de la entidad y medio ambiente, y propiciando así la elevación de la calidad de vida del trabajador, su familia y la estabilidad social.

Primer Principio de Prevención: El empleador garantiza, en el centro de trabajo, el



establecimiento de los medio y condiciones que protejan la vida, la salud y el bienestar de los trabajadores, y de aquellos que no teniendo vínculo laboral prestan servicios o se encuentran dentro del ámbito del centro de labores.

Segundo Principio de Responsabilidad: El empleador asume las implicancias económicas, legales y de cualquier otra índole a consecuencia de un accidente o enfermedad que sufra el trabajador en el desempeño de sus funciones o a consecuencia de él, conforme a las normas vigentes.

3.3.6 Mecánica De Rocas

3.3.6.1 Clasificación geomecánica de los macizos rocosos

Al no disponer de datos detallados sobre el macizo rocoso y sus tensiones, la utilización de un plan de caracterización de la masa de piedra puede ser una ventaja impresionante. En el caso más sencillo, un plan de caracterización puede utilizarse como control para garantizar que se han tenido en cuenta todos los datos importantes. (CARRASCO LEÓN, 2016)

3.3.6.2 Propiedades geomecánicas de las rocas

El objetivo del modelo geomecánico es evaluar los diferentes límites que componen el modelo del terreno para poder utilizarlos en las estimaciones del modelo numérico. Para hacer un modelo geomecánico de la mina, comenzamos con las características mecánicas de las piedras y las interrupciones, donde comprender su unidad de corte es fundamental para comprender la estabilidad del trabajo.

Se debe comprender las características mecánicas del macizo de la roca, incluyendo su resistencia y capacidad de deformación. Estas propiedades más interesantes son: módulo de deformación, relación de Poisson, cohesión y fricción, resistencia a la compresión (CARRASCO LEÓN, 2016).

3.3.6.3 Determinación de tensiones naturales de la corteza

Estado de la materia en un sitio específico y en un determinado momento de la corteza terrestre es el producto de un conjunto de fuerzas de diferente orden y naturaleza. La tensión existente en el macizo de la roca previo a la excavación incluye, por un lado, la componente de tensión gravitacional debida al peso de la roca suprayacente y la



influencia de las restricciones laterales, y por otro lado, la calidad del componente de tensión residual en la roca, algunos de los cuales se originan por cristalización, metamorfismo, deposición, consolidación y otros procesos, mientras que otros elementos de la tensión inicial en el macizo rocoso cambian debido a la excavación, lo que da como resultado una nueva distribución de tensión en la línea de contorno en el sitio de excavación y sus alrededores. (CARRASCO LEÓN, 2016)

3.3.6.4 Clasificaciones geomecánicas.

Para precisar sistemáticamente las circunstancias de los macizos rocosos, hoy en día existen clasificaciones geomecánicas ampliamente distribuidas alrededor del mundo, como las desarrolladas por Barton (1974), Laubscher (1977), Bieniawski (1989), Hoek y Detering (2000) et al; lo mismo determinado utilizando datos de mapeo geomecánico en muros de proyectos mineros. (BENTACUR ARENAS, 2019)

3.3.6.5 Valoración del macizo rocoso (RMR)

Criterios de clasificación para la geomecánica desarrollados por Bieniawski en 1989. El estándar tiene en cuenta: (BENTACUR ARENAS, 2019)

- La resistencia a la compresión (R_c) de la roca intacta se podría determinar mediante otras operaciones, como pruebas de laboratorio.
- RQD (Marca de calidad de la roca), que se puede determinar utilizando núcleos perforados con diamante. RQD es el porcentaje de gránulos recuperados mayores de 10 cm sobre la longitud total del poro.
- Espaciamiento discontinuo.
- Estado de discontinuidades, aquí permanencia, aperturas, rugosidad, relleno y meteorización.
- Direcciones discontinuas.
- Presencia de agua

Para cada parámetro se ha determinado un rango de valores y cada rango ha sido evaluado en base a ensayos de compresión uniaxial realizados en el laboratorio de mecánica de rocas de la unidad minera Condestable.



Tabla 6 — Categoría de clasificación RMR

RMR	Descripción del macizo rocoso	clase
Suma de los puntajes obtenidos de las tablas anteriores		
81 – 100	Muy bueno	I
61 – 80	Bueno	II
41 – 60	Medio	III
21 – 40	Malo	IV
0 - 20	Muy malo	V

Extraído de (BIENIAWSKI, 1989)

Tabla 7 — Características resistentes del macizo rocoso

Clase (RMR)	C (Kpa)	Φ°	t sin soporte
I (81 - 100)	> 400	> 45	20 años, luz de 15m
II (61 - 80)	300 – 400	35 - 45	1 año, luz de 10m
III (41 - 60)	200 – 300	25 - 35	1 semana, luz 5m
IV (21 – 40)	100 – 200	15 - 25	10 hs, luz 2.50m
V (0 – 20)	< 100	< 15	30 min, luz 1m

Extraído de (BIENIAWSKI, 1989)

3.3.6.6 Estabilidad del macizo rocoso

Desde otra perspectiva geotécnica, se refiere al nivel de seguridad o estabilidad requerido de la roca que rodea una abertura en el suelo. (JORA, 2023)

- Inestabilidad producida por la geología estructural.
- Inestabilidad a causa de los esfuerzos exagerados.



- Inestabilidad producida por las meteorizaciones.
- Inestabilidad a causa de presiones de salidas enormes de agua.

3.3.6.7 Campo de aplicación de la resistencia a la compresión simple

Esta prueba puede establecer la resistencia uniaxial no confinada de la roca en el laboratorio. Es un ensayo utilizado para clasificar la resistencia de una roca y determinar cuánto se deforma. La normativa ASTM D4543-48 hace algunas sugerencias para la preparación y determinación de tolerancias dimensionales y de forma para cuerpos de prueba cilíndricos de materiales rocosos, cilíndricos rectos, con un vínculo altura-diámetro de 2 a 2.5 y un diámetro de 47 mm como mínimo, para ser utilizado para pruebas especializadas. El diámetro puede ser mayor según las necesidades de la escala de trabajo. (BENTACUR ARENAS, 2019)

3.3.6.8 Especificaciones del estándar

- **Plano Geomecánico.**

Todos los trabajos tendrán un plano geomecánico, que es una forma simple de las particularidades geológicas y geomecánicas del macizo de la roca, y estos planos geomecánicos se renovararán cada mes.

- **Metodología Para La Clasificación Del Macizo Rocosos.**

Para establecer la calidad del macizo de la roca y el tipo de soporte es necesario usar una tabla geomecánica según el GSI.

- **Factores Influyentes.**

En la tabla de geomecánica, la categorización del macizo de la roca y el tipo de soporte se divide en dos zonas, que se distinguen por la presencia de factores influyentes.

Metodología de Aplicación

A. Aplicación sin factores influyentes

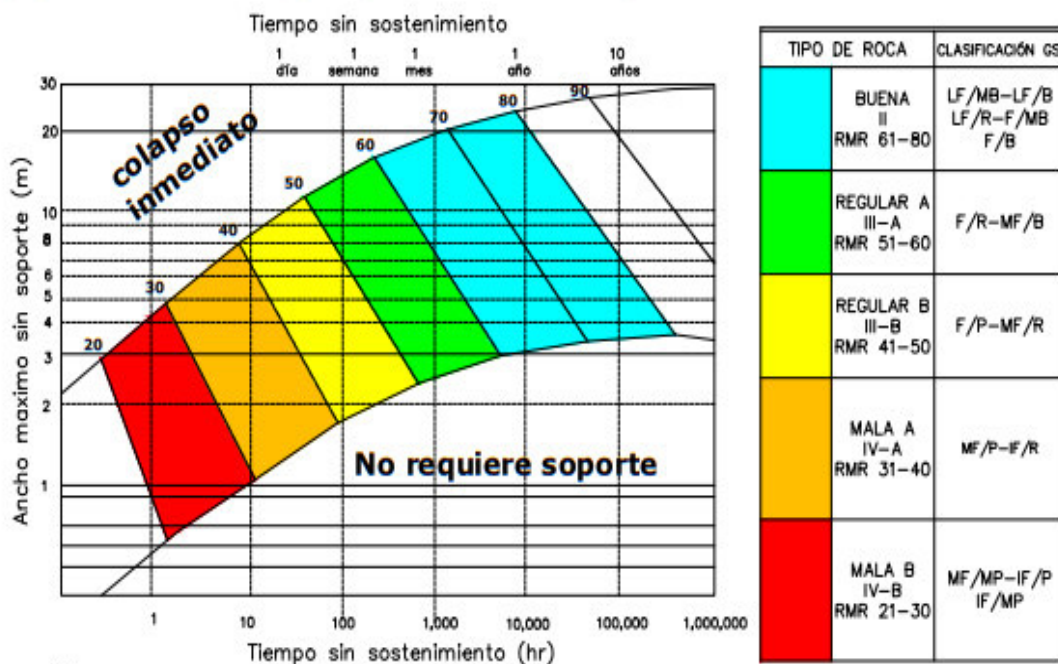
Para la aplicación de las tablas geomecánicas se determina in-situ, una vez lavadas las paredes y el techo de la labor a mapear, la cantidad de fracturas por metro lineal utilizando un flexómetro, parámetros de estructuras de la resistencia de la roca definida por la cantidad de golpes de la picota o indentación de la misma y los parámetros de condición de las fracturas (apertura, relleno y alteración).

Cada recuadro de calidad de roca en las tablas geomecánicas presenta algunas subdivisiones, aplicándose el sostenimiento designado en el recuadro superior cuando no se presentan factores influyentes y el recuadro inferior cuando se presenta factores influyentes.

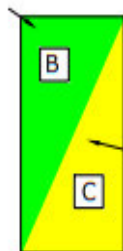
B. Correcciones por factores influyentes

La presencia de agua, orientación desfavorables de las discontinuidades, ocurrencia de esfuerzos (encampane mayor a 800 m), labores cercanas, cercanía a fallas y demoras en la colocación del soporte que afectarían a un determinado tipo de roca en una labor, originaría que el soporte asignado por su condición al momento de la excavación requiera ser reforzado, para lo cual se deberá colocar el soporte siguiente al designado, tanto en elementos de soporte como en tiempos de colocación, debiendo considerarse una sola corrección.

Ejemplo.- Rampa de 4.0m x 4.0m muy fracturada pobre (MF/P) con presencia de cuñas, el soporte sin factores influyentes correspondería a pernos 1.3m x 1.3m con malla de refuerzo (soporte Tipo C). Con presencia de agua, orientación desfavorable de discontinuidades, aberturas cercanas o influencia de esfuerzos se deberá colocar shotcrete de 2" con fibra 20kg /m3 y pernos de 7 pies para estabilización de cuñas (soporte Tipo D), de acuerdo a evaluación geomecánica.



SIN FACTORES INFLUYENTES



CON FACTORES INFLUYENTES

OBSERVACIONES:

- Los soportes Tipo C y D presentan dos alternativas, de acuerdo a las condiciones estructurales del macizo rocoso en las labores (con o sin presencia de cuñas), por lo que la aplicación de la alternativa mas adecuada para el sostenimiento dependera de la evaluación geomecánica.
- El uso de cintas metálicas (straps) gruesas en el reforzamiento del sostenimiento con pernos y malla también será evaluado por el área de geomecánica.
- En labores de 5 a 10 m (intersección de labores o cámaras), los pernos de anclaje serán de 10 pies de longitud. En aberturas mayores a 10 m se utilizarán cables de anclaje cementados.

Figura 10 — Metodología de Aplicación

Extraído de Departamento de Geología CIA. Minera Condestable



3.3.6.9 Metodología de aplicación

Al usar tablas geomecánicas, se consideran estas instrucciones. (CIA.MINERA CONDESTABLE,2022)

a) establecer In-situ los siguientes parámetros:

- **Estructura.** - Calcular el número de fracturas por metro lineal utilizando un flexómetro.
- **Resistencia.** - Golpee una roca entera con un pico de geólogo o una palanca y determine cuántas veces golpear.
- **Condición de Fractura.** - considerar la rugosidad de la fractura; tipos lisos, levemente rugosos y rugosos, de apertura y relleno.






 MINA CONDESTABLE LABORES MINERAS PERMANENTES Y TEMPORALES SECCIONES DE 3 A 5M								
TIPO	DESCRIPCION	TIEMPO DE AUTOSOORTE						
A	SIN SOPORTE O PERNO DE ANCLAJE DE 7 PIES OCASIONALMENTE.	1 AÑO A 5 AÑOS						
B	PERNO DE ANCLAJE DE 7 PIES SISTEMATICO (1.5mx1.5m).	2 MESES A 1 AÑO						
C	PERNO DE ANCLAJE DE 7 PIES (1.3mx1.3m) CON MALLA ELECTROSOLDADA DE 3"X3" O SHOTCRETE DE 2" CON FIBRA 20 KG/M3 SIN PRESENCIA DE CUÑAS	2 DIAS A 2 SEMANAS						
D	SHOTCRETE DE 2" CON FIBRA 20KG/M3 Y EMPERNADO DE 7 PIES PARA ESTABILIZACION DE CUÑAS O SHOTCRETE DE 3" CON FIBRA 30KG/M3 SIN PRESENCIA DE CUÑAS	8 HORAS A 2 DIAS						
E	SHOTCRETE 2" CON FIBRA + PERNO DE ANCLAJE DE 7 PIES(1.10mx1.10m) CON MALLA ELECTROSOLDADA DE 3"X3" Y SHOTCRETE 2" SIN FIBRA.							
ESTRUCTURA			CONDICION SUPERFICIAL					
 LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE FRACTURAS MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90) (1 A 5 FRACT. POR METRO) (RQD = 115 - 3.3 Jn.) ESPACIAMIENTO: 20 A 100 cm			100cm					
			50cm	LF/MB	LF/B	LF/R	-	-
			40cm					
 MODERADAMENTE FRACTURADA. BIEN TRABADA, POCO DISTURBADA BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE FRACTURAS ORTOGONALES (RQD 50 - 75) (6 A 11 FRACT. POR METRO) ESPACIAMIENTO: 10 A 20 cm			20cm					
			15cm	F/MB	F/B	F/R	F/P	-
			10cm					
 MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE FRACTURAS (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO) ESPACIAMIENTO: 5 A 10 cm			9cm					
			8cm					
			7cm		MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
			6cm					
 INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS FRACTURAS INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO) ESPACIAMIENTO: 2 A 5 cm			5cm					
			4cm			IF/R	IF/P	IF/MP
			3cm					
			2cm					

Figura 11 — Tabla geomecánica para la clasificación del macizo rocoso

Extraído de Departamento de Geología CIA. Minera Condestable



3.3.7 Costos Mineros

3.3.7.1 Elementos de costos

Dan una idea detallada de los gastos relacionados con una acción. Para establecer la propuesta financiera de la empresa particular, los componentes del gasto se denominan de la siguiente manera: (CALDERÓN LEYVA, 2020)

- **Mano de obra**

Esfuerzo físico o mental utilizado en el desarrollo de las operaciones mineras. Los gastos de trabajo se pueden separar en trabajo inmediato y en trabajo de retaguardia, en función de la acción realizada por los trabajadores. Incorporan los salarios de todo el trabajo que se puede asignar explícitamente y sólo a las cosas o funciones mineras de manera financieramente práctica. El trabajo es una ayuda que no se puede apartar y que no resulta evidentemente esencial para la producción terminada.

- **Materiales.**

Son activos reales utilizados durante la interacción de desarrollo de las operaciones de una mina, cuyo compromiso unitario de costes se compara con la cantidad de material o información requerida por unidad de estimación (m, m², m³, tonelada, etc.). Incorporan los gastos de aseguramiento de los materiales que se reconocen genuinamente como un componente de las funciones desarrolladas y podrían asignarse a las operaciones construidas de una forma monetariamente alcanzable.

- **Equipos o maquinarias.**

En el momento en que el equipo pertenece a la empresa, se trata de una pieza significativo de la empresa y sus recursos, que es la razón por la que se debe tener una consideración extraordinaria para garantizar que los costos cobrados por su utilización se relacionan con la situación del mercado y que los costos esperados aseguran que en un tiempo sensato, la organización tendrá suficiente dinero en efectivo para su sustitución, sobre la base de que, además de adquirir beneficios claros, debe saber que el hardware debe obtener un mantenimiento preventivo y correctivo adecuado en el calendario, por lo que es siempre en estados ideales de utilización. El aparato tiene una vida económica, y para que siga funcionando adecuadamente, debe recibir un mantenimiento suficiente, ya que las paradas para arreglar durante la ejecución de la obra, afectan contrariamente a las tareas de la



organización; de ahí la importancia de realizar un trabajo preventivo satisfactorio y un examen de valor decente para decidir el gasto por hora de algo muy similar. En cualquier caso, cuando el hardware a utilizar es alquilado, es importante conocer el gasto por hora que se debe investigar para hacer las recomendaciones, que la gran mayoría de las veces estará en concurso con la proposición de otras organizaciones específicas. Conociendo el gasto por hora del aparato, se tendrá la premisa para concertar un posible arrendamiento.

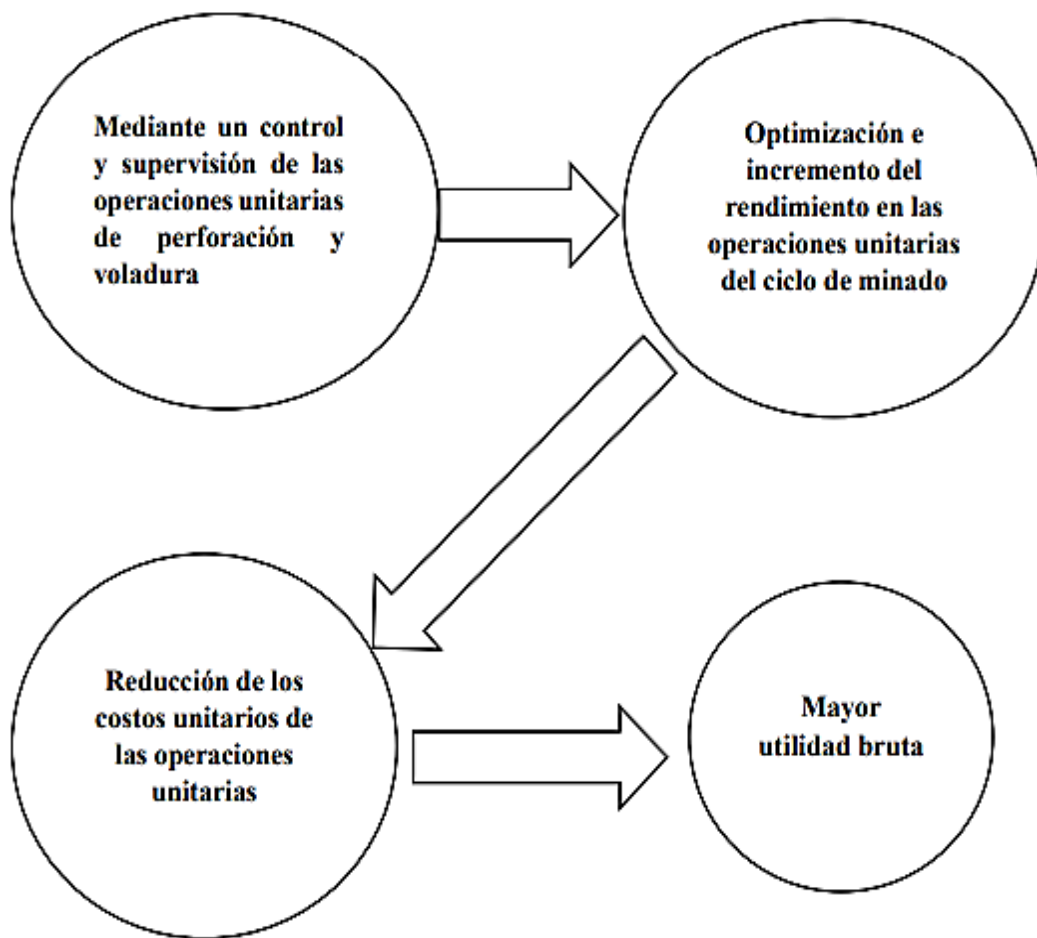


Figura 12 — Reducción de los costos operativos

Extraído de (CALDERÓN LEYVA, 2020)

Secuencia de optimización de los estándares de perforación voladura para obtener una reducción en los costos operativos mina.

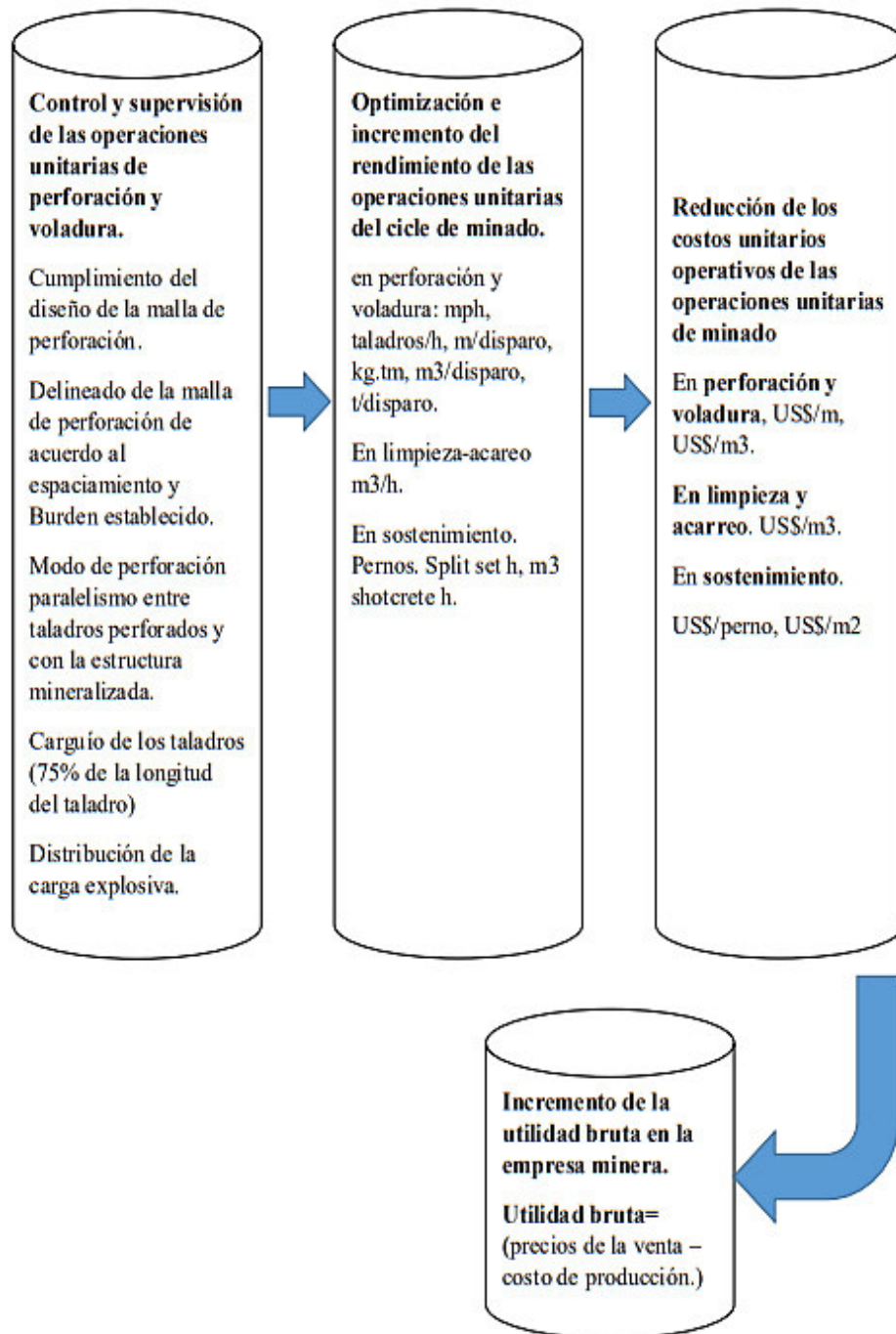


Figura 13 — Secuencia de optimización de los estándares de perforación y voladura para obtener una reducción en los costos operativos en mina

Extraído de (CALDERÓN LEYVA, 2020)

3.3.7.2 Conceptualización de los costos

La idea de coste es uno de los principales componentes para la organización, el control y la dirección. El coste se percibe como la cantidad de usos provocados por una persona para la obtención de un bien o una administración, determinada para crear un pago posterior. Un gasto puede ser cambiado en varias circunstancias dependiendo del elemento que crea.

(CALDERÓN LEYVA, 2020)

a) Costo — activo.

Cuando los costos incurridos pueden exceder un período (construcción, maquinaria, etc.).

b) Costo — gasto.

La porción de un activo o desembolso de efectivo que contribuye al esfuerzo generado durante un momento, resultando en una ganancia realizada durante ese período, en comparación con los ingresos generados; por ejemplo: salarios del personal administrativo o edificio de la empresa para el año de depreciación.

3.3.7.3 Clasificación de los costos

Se debe categorizar el coste en categorías o grupos para que compartan tipologías para ser calculados, analizados y brindar datos que puedan ser usados para tomar decisiones. (CALDERÓN LEYVA, 2020)

A. Clasificación según la función que cumplen.

a. Costo de producción

Son aquellas que admiten lograr artículos específicos de otros usando un proceso de conversión, ejemplo:

- Costos de materias primas y materiales involucrados en el proceso de producción.
- Salarios y costes sociales del personal de producción.
- Depreciación de equipos de producción

b. Costo de comercialización.

Costo de realizar el proceso de venta de un bien o servicio a un cliente, ejemplo:

- Salarios y cargas sociales de los trabajadores del distrito comercial.
- Flete, hasta el destino de la mercancía.
- Seguro de transporte de carga.



c. Costo administrativo.

Costes requeridos para la gestión del proceso de producción, ejemplo:

- Remuneración y cargas sociales de los trabajadores administrativos y de la empresa en general.
- Correspondiente a los servicios públicos del espacio administrativo.

d. Costo de financiación.

Es aquella que corresponde al logro de fondos que se aplican a la empresa, ejemplo:

- Intereses del préstamo.
- Comisiones y otros cargos mercantiles.
- Impuestos derivados de servicios financieros

B. Clasificación según su grado de variabilidad.

Para realizar estudios de planificación y control de operaciones es de gran importancia. Dependiendo del nivel de actividad, se correlaciona con cambios en los costos o no.

a. Costos fijos.

Son aquellos que persisten iguales durante un lapso establecido, independiente de los cambios en el volumen de negociación, por ejemplo: salarios, depreciación lineal, alquileres de edificios.

b. Costos variables.

Son aquellos que modifican proporcionalmente al nivel de producción a una cantidad determinada, ejemplo: mano de obra, bastos e insumos.

C. Clasificación según su asignación.

a. Costos directos.

Esos costes que se imputan concisamente a la unidad productiva. Generalmente se considera un coste variable.

b. Costos indirectos.

Esos que no se asignan solamente a un producto o servicio, al contrario, se tratan entre distintas unidades productivas a través de algún criterio de distribución. Mayormente, los costos indirectos son fijos.

D. Clasificación según su comportamiento.

a. Costo variable unitario.



Costo asignado claramente a cada unidad productiva. Incluye unidades de cada materia prima utilizada para elaborar una unidad de producto finalizado, así como unidades de mano de obra directa.

b. Costo variable total.

Costo logrado al multiplicar el costo variable unitario por la cantidad de productos fabricados o servicios vendidos en un tiempo establecido. Para el estudio, partimos del valor unitario y llegamos al valor total. En el costo fijo, el proceso se invierte, comenzando desde el costo fijo total hasta el costo fijo unitario.

c. Costo fijo total.

Sumatoria de los costos fijos incurridos en el proceso de producción.

d. Costo fijo unitario.

Costo fijo total dividido por el número de productos. $\text{Costo fijo unitario} = \text{Costo fijo total} / \text{Cantidad}$.

e. Costo total.

Sumatoria del costo variable más el costo fijo. $\text{Costo total} = \text{Costo variable total} + \text{Costo fijo total}$.

3.3.7.4 Costos unitarios de perforación y voladura

A tenor de (MAMANI, 2016), los costos son los valores recursos reales utilizados para la producción en un determinado tiempo, éstas son la excelente información para la toma de decisiones. La perforación es la más costosa, se asocian factores que involucran costos variables tomando en cuenta la variable aleatoria como es el macizo rocoso, la perforación es la actividad inicial más primordial en el proceso de perforación y tronadura. De esta actividad podemos dar origen al planeamiento a corto y largo plazo pues de esta dependerá el éxito o fracaso del proceso de producción.

3.3.7.5 Costos de avances

Durante el avance de la producción se puede presentar aumentos en los costos que no fueron previstos en el horizonte de planeamiento, tanto en el aprovisionamiento de materiales, como en el costo de servicios. A largo plazo, todos los costos, incluyendo a los costos fijos se manifiestan como costos variables. Algunos costos identificados como costos variables difieren de un comportamiento lineal, debido a que se relacionan de diferente manera con los niveles variables de producción. Por otra parte, los datos de costo – volumen de producción, no siempre se pueden realizarse efectivamente en la práctica. Algunas de estas suposiciones son:(PARI QUISPE,2016)



- Que la capacidad productiva permanecerá relativamente constante.
- Que la eficiencia de los medios de producción será igual a la pronosticada. En la práctica, el uso de materiales de menor costo, el reemplazo de operaciones manuales por maquinaria y equipos, repercuten en la variación de los costos
- Que la variabilidad de costos se mantendrá conforme al patrón referencial del pronóstico. En la previsión se supone que un costo variable es efectivamente variable, independientemente del nivel de la actividad productiva.
- Debido a la inflación y a la dinámica del intercambio competitivo, el proceso de planear es también dinámico, al cambiar constantemente las variables.

En particular, para las pequeñas empresas, como son los casos de la pequeña minería y la minería artesanal, los datos costo – volumen – utilidades son especialmente útiles, por cuanto la disponibilidad de sus recursos es generalmente escaso para poder obtener una ventaja por volumen en un mercado limitado.

3.3.7.6 Costos de explotación´

son aquellos que incluyen los materiales, mano de obra y los relacionados al desarrollo del proyecto, tanto de manera directa como indirecta. (GRUPOC.L,2015)

3.3.7.7 Evaluación de eficiencia

Acorde con (FAMESA, 2019) el avance de las voladuras, es decir, la relación entre la longitud avanzada por la tronadura y la profundidad de la tronadura perforada está restringido por el diámetro del agujero de expansión y la desviación de los agujeros cargados. Ésta última se mantenga bajo el 2%, los avances medios X pueden llegar al 95 % del fondo de los taladros L: $X = 0.95 * L$

3.3.7.8 Evaluación de la productividad

La evaluación de productividad identificados con el trabajo asignado se carga directamente al trabajo. Los costos que no están directamente relacionados con ninguna tarea del trabajo específico se asignan proporcionalmente a todos los trabajos. Generalmente, los costos indirectos de fabricación se manejan en la forma antes indicada. Sin embargo, aquellos costos, como los referentes al tiempo de preparación de máquinas, o a la preparación de los diseños, o las bonificaciones por horas extras de trabajo, generalmente se cargan directamente a la orden de del trabajo específico. Las tasas de costos indirectos predeterminadas son pre requisitos para el



costo de las órdenes de trabajo. Para el registro de los costos, las empresas industriales utilizan los denominados “hoja de costos”, que se sustentan en base a datos referentes a: requisición de materiales, tarjetas de tiempos y de las cuotas de costos indirectos de fabricación o de trabajo”. Conforme se vayan realizando las requisiciones de materiales y se vayan comprometiendo el uso de la mano de obra, se van anotando los trabajos en los formularios de requisición de materiales y boleta o tarjeta de tiempo; los costos indirectos se aplican en función a las bases de distribución. (PARI QUISPE,2016)

3.4 Marco Conceptual

- **Geomecánica:** Se trata de investigaciones teóricas y prácticas sobre las características mecánicas y la conducta de los materiales de rocas. Fundamentalmente, este comportamiento geomecánico obedece a estos elementos: la resistencia de la piedra, el grado de fractura del macizo de la roca y la resistencia de las interrupciones. (DE LA CRUZ ALANYA, 2014)
- **Perforación:** Es la operación de abrir un hueco en un macizo rocoso, con la distribución y geometría adecuadas, en el que se colocarán los explosivos. (ENAMI, 2017)
- **Voladura:** Encender una gran cantidad de explosivos. El proceso de voladura consiste en cargar un orificio formado en un pozo con una sustancia explosiva que, cuando se activa, genera una onda de choque y reacciona para liberar gas a alta presión y temperatura de manera sustancialmente instantánea. El conjunto de material según las medidas de diseño de la propia explosión. (MINEMC, 2015)
- **Voladura controlada:** Patrones y secuencias de explosión diseñados para optimizar objetivos específicos. Voladuras, donde cada barreno es detonado en orden progresivo para reducir la vibración y la dirección de proyección. El barreno se carga al mismo tiempo, pero detona en sucesión en días diferentes. (MINEMC, 2015)
- **Senatel Ultrex:** Es una carga de cartucho a prueba de agua diseñada para usarse como carga de columna en roca muy dura o como carga de fondo en roca blanda. La alta velocidad de detonación y la robustez de Senatel Ultrex lo convierten en un explosivo ideal para usar como iniciador de columnas ANFO. (ORICA, 2021)
- **Superfam DOS(Anfo):** explosivo granular producto del nitrato de amonio, combustible líquido y colorante en gránulos grado ANFO. La composición se ejecuta



en modernos equipos de alta precisión, acoplados a componentes de alta calidad, permitiéndonos producir explosivos de la más alta calidad. (FAMESA, 2021)

- **Espaciamiento:** trayecto entre taladros cargados con explosivos en una fila o zona de influencia en una grilla perforada. (EXSA, 2017)
- **Burden:** Es la distancia entre la broca que contiene el explosivo y la cara libre de la malla de perforación. La carga depende principalmente del diámetro del pozo, las particularidades de la roca y las tipologías del explosivo utilizado. (EXSA, 2017)
- **Costos operativos o de producción mina:** Los costos operativos son los costos directamente vinculados con la producción en los que se incurre continuamente en el proceso de las operaciones mineras, y se pueden dividir en costos directos y costos indirectos. ((PACAHUALA AGUIRRE, 2015)
- **Costos directos:** Se denominan costos variables y son los costos principales en el proceso productivo de perforación, voladura, carguío y transporte y acciones auxiliares de mina en una operación minera, y se definen como el costo del personal de producción, materiales e insumos, equipos. (COSTOS, 2018)
- **Costos indirectos:** Se denominan costos fijos y son gastos que no se piensan relacionados con la producción. Este puede variar según los niveles de producción proyectados, pero no estará directamente relacionado con el rendimiento obtenido. (COSTOS, 2018)

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y Nivel de Investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Los utilizados en el progreso de esta tesis son descriptiva, relacional, de dominio y bibliográfica.

Descriptiva. - ya que se inició con la recolección de datos bibliográficos y del frente de perforación y voladura, que luego se analizó para describir el panorama actual del proyecto.

Correlacional. - Porque la escala y la optimización están relacionadas, porque depende de las optimizaciones que se pueden hacer analizando costos y reduciendo costos con cambios explosivos.

Investigación de campo. - Es un estudio in situ realizado en el proyecto, recolección de información de forma precisa en tiempo real.

Investigación bibliográfica. - El objetivo es comprender diferentes métodos, teorías, conceptos y criterios para mejorar y disminuir los costes de voladura mediante la implementación de cambios explosivos.

4.1.2 Nivel de investigación

Es de nivel descriptivo, comparativo y no experimental.

4.1.3 Diseño de Investigación

Fue no experimental y transversal como se describen los diferentes eventos considerados en el desarrollo de este trabajo.

4.1.4 Ética en la Investigación

Esta investigación se realizó respetando normatividad y reglas de la Compañía Minera Condestable cumpliendo con los procedimientos de cada trabajo a realizarse y cumpliendo con el reglamento de seguridad minera.

4.2 Población y Muestra

4.2.1 Población

La población de estudio se considera a todas las labores del NV - 700 de la Compañía Minera Condestable.

4.2.2 Muestra

Como muestra se tomó de forma intencionada una labor en avance del NV -700.

4.3 Procedimiento de la Investigación

El plan investigativo se basa en el cronograma establecido del proyecto.

- Realizado por tres personas, dos tesistas y un asesor.
- El período de estudio tendrá una duración aproximada de 6 meses.
- Los primeros procedimientos y materiales a utilizar tienen en cuenta revisiones bibliográficas, verificación de antecedentes de otros estudios de minería y datos conseguidos de la experiencia de ejecución de regeneración de fases anteriores.
- Los medios son la observación, revisión de informes y recolección de datos.
- Para recopilar datos, consideraremos el uso de registros en papel, hojas de cálculo de Excel y procesadores de texto.

4.4 Técnicas e Instrumentos

4.4.1 Técnicas

Las técnicas de recolección utilizadas son: observación directa, recolección de datos de las operaciones en la Unidad Minera Condestable en archivo o formato de datos vigente. Asimismo, los datos obtenidos durante una investigación serán cuidadosamente medidos, analizados e interpretados de acuerdo con la complejidad de la información descrita.

4.4.2 Instrumentos

Se utilizó instrumentos los siguientes instrumentos para investigación:

- Microsoft Excel
- Cuaderno de Campo.
- Libros y trabajos sobre perforación y voladura.



- Reportes diarios de las voladuras realizadas en los frentes del NV.700 de áreas de perforación y voladura de la mina Condestable.
- Formulario de Control Diario de Explosivos.
- Computadora.

4.5 Estadístico de Investigación

En esta parte del trabajo se efectuará un procedimiento estadístico de los resultados de nuestra investigación para la comparación de los mismos lo cual nos servirá para afirmar o reafirmar los criterios que se dieron durante la investigación y llegar a una conclusión.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Resultados de Costos de perforación y voladura

Los resultados de costos de perforación y voladura fueron basados tomando en cuenta todos los datos anteriores antes del cambio de explosivo donde se tomaron en cuenta parámetros de perforación voladura.

5.1.1 Estándar de perforación y voladura

La empresa minera cuenta con un estándar de perforación y voladura donde se tiene mallas para tres diferentes secciones como se muestra a continuación.

A) Malla 1 de perforación

Tabla 8 — Estándar de perforación de la sección 1

SECCIÓN 4.0x4.0m		
N ° tal. Cargados	tal. de alivio	total
35	4	39

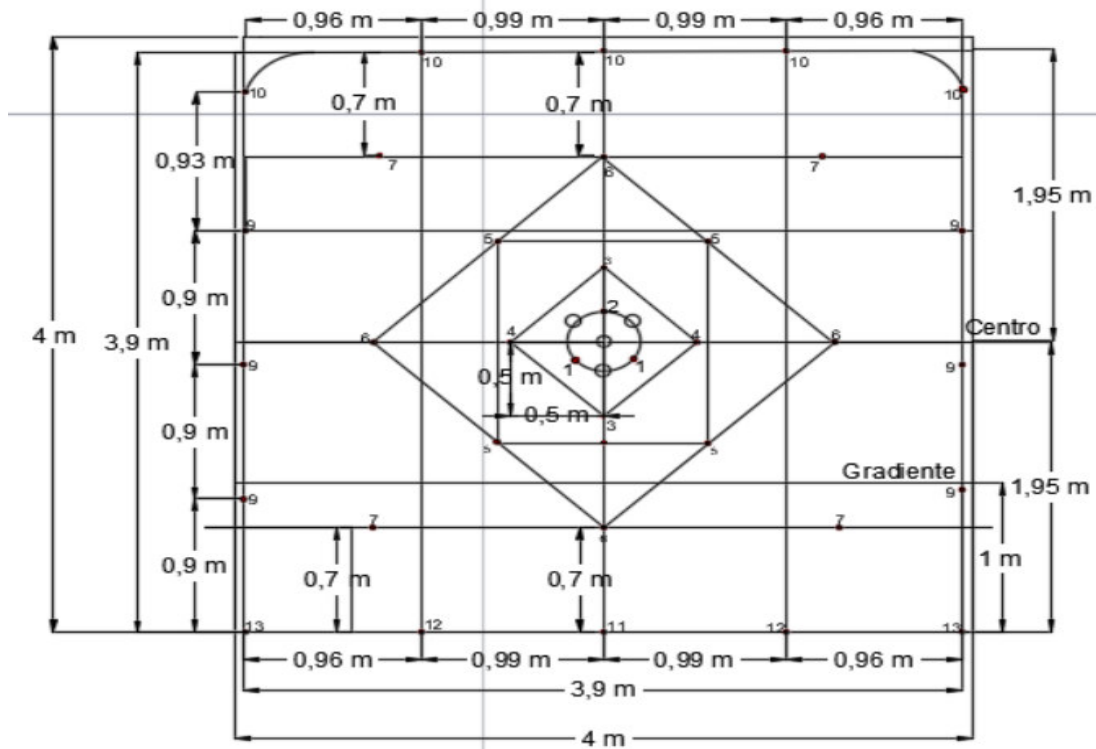


Figura 14 — Malla de perforación de la sección 1

B) Malla 2 de perforación

Tabla 9 — Estándar de perforación de la sección 2

SECCIÓN 5.0x4.0m		
N ° TAL. CARGADOS	TAL. DE ALIVIO	TOTAL
43	4	47

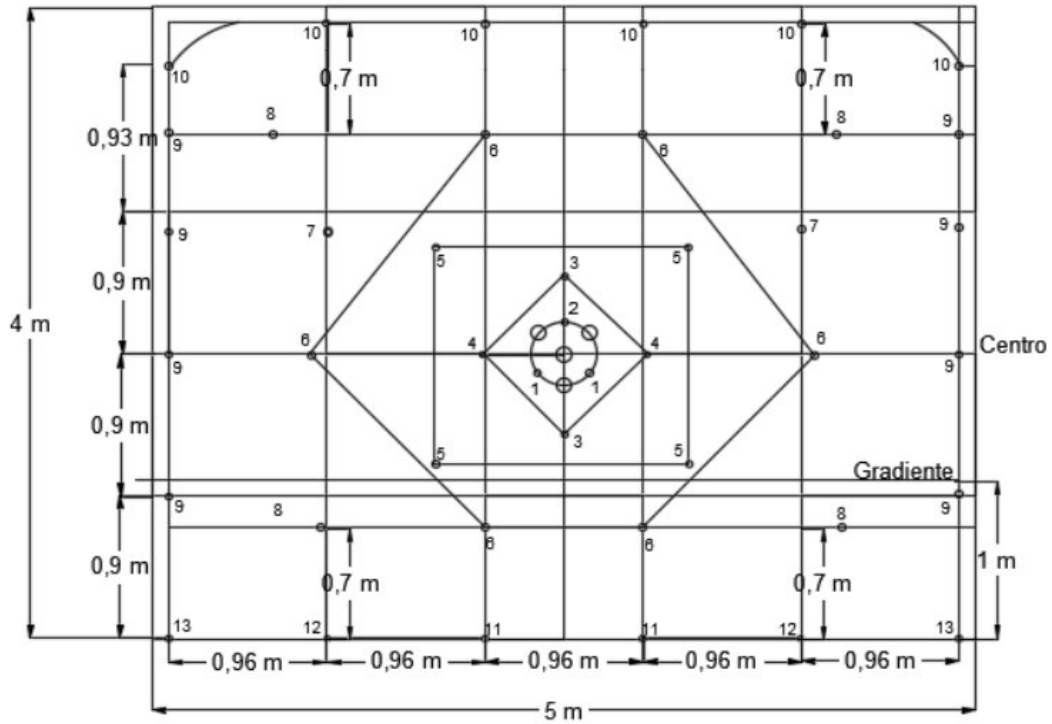


Figura 15 — Malla de perforación de la sección 2

C) Malla 3 de perforación

Tabla 10 — Estándar de perforación de la sección 3

SECCIÓN 3.5x3.0m		
N ° TAL. CARGADOS	TAL. DE ALIVIO	TOTAL
30	4	34

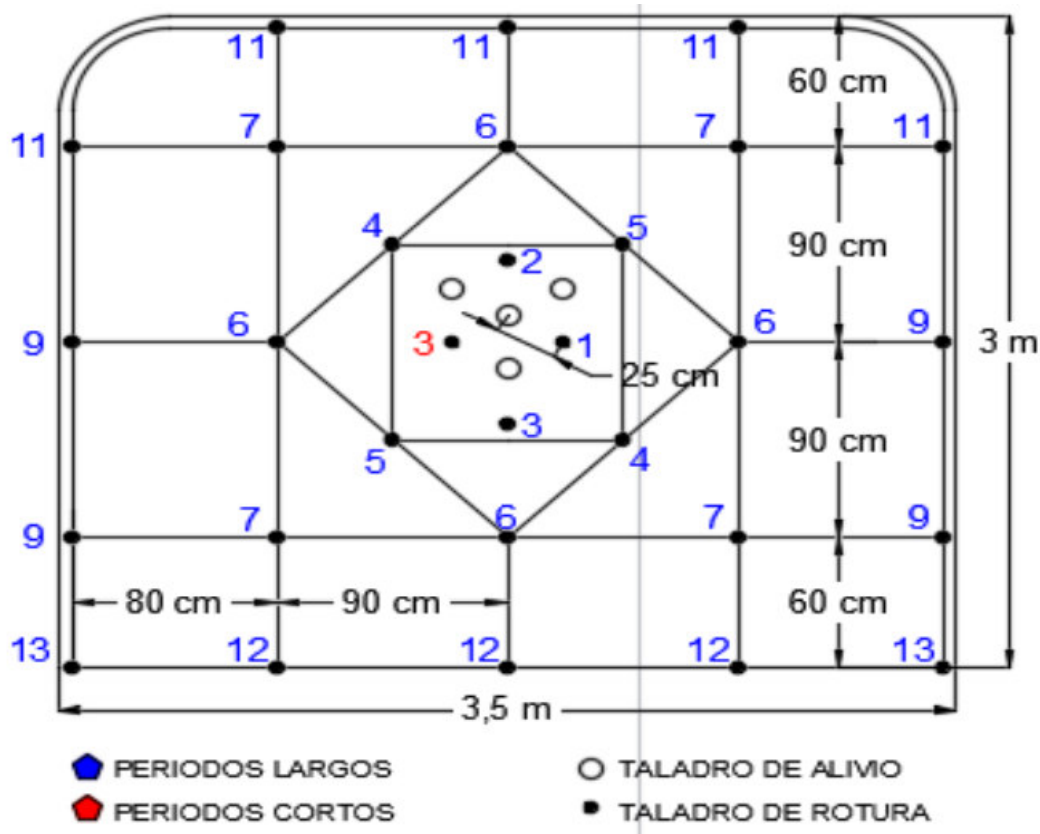


Figura 16 — Malla de perforación de la sección 3

5.1.2 Costos de Perforación y voladura sin optimizar

5.1.2.1 Costos de Perforación sin optimizar

Para obtener los costos de perforación y voladura primero se obtuvo los parámetros de estos mismos.

A) Parámetros de perforación

Tabla 11 — Resumen de parámetros de perforación

Detalle	Unidad	Cantidad		
		M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M3: sección 3.5x3 m
Diámetro de broca	mm	48	48	48
Diámetro de rimado	mm	89	89	89
Longitud de barra	Pies	16	16	14
Avance	m	3.5	3.5	3

B) Costo de equipo de perforación

M1: sección 4x4 m

Tiempo de perforación por disparo = 4hr/disp

Costo de perforación por hora = 62.23US\$/hr

Costo de perforación por disparo = 248.92 US\$/disp

M2: sección 5x4 m

Tiempo de perforación por disparo = 4.30hr/disp

Costo de perforación por hora = 62.23US\$/hr

Costo de perforación por disparo = 267.59 US\$/disp

M3: sección 3.5x3 m

Tiempo de perforación por disparo = 3.02hr/disp

Costo de perforación por hora = 62.23US\$/hr

Costo de perforación por disparo = 187.93 US\$/disp.

Tabla 12 — Costos de equipo de perforación

Detalle	M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M3: sección 3.5x3 m
Costo del equipo de perforación (US\$)	248.92	267.59	187.93

C) Aceros de perforación

Tabla 13 — Costos de aceros de perforación

Detalle	M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M3: sección 3.5x3 m
Costos de aceros de perforación (US\$)	10.89	13.10	9.50



D) Herramientas y materiales

Tabla 14 — Costos de herramientas y materiales

Detalle	M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M3: sección 3.5x3 m
Costos de herramientas y materiales (US\$)	506.70	610.65	387.50

E) Costo de mano de obra

Tabla 15 — costo de mano de obra unitario

Mano de obra	Costo unitario
Operador de jumbo	191.63
Ayudante de operador jumbo	171.10
Total	362.73

Tabla 16 — costo de mano de obra

Detalle	M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M3: sección 3.5x3 m
Costo de mano de obra (US\$)	60.46	64.99	45.64

F) Resumen de costos de perforación

Tabla 17 — Resumen de costos de perforación

Detalle	Costo de perforación por disparo (US\$)		
	M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M3: sección 3.5x3 m
Costo del equipo de perforación	248.92	267.59	187.93
Costo de aceros de perforación	10.89	13.10	9.50
Costo de herramientas y materiales	506.70	610.65	387.50
Costo de mano de obra	60.46	64.99	45.64
Total	826.97	956.33	630.57

5.1.2.2 Costos de Voladura sin optimizar

Se obtuvo los resultados de la cantidad de explosivo y accesorios utilizados para luego proceder a calcular los costos de voladura.

A) Explosivo y accesorios utilizados en la voladura

Tabla 18 — Explosivo y accesorios de voladura

Detalle	Unidad	Cantidad		
		M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M2: sección 3.5x3 m
Emulsión 1 1/2x7	Cartuchos	526	581	401.7
Emulsión 1x7	Cartuchos	130	157	100
Pentacord	M	20	25	35
Carmex 8 pies	Und	2	2	1
Faneles	Und	35	39	34



C)Parámetros de voladura

Tabla 19 — resultados de parámetros de voladura

Detalle	Unidad	Cantidad		
		M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M2: sección 3.5x3 m
Cantidad de explosivo	Kg	91.9	102.85	70.26
Volumen roto	m ³	73.8	84	36.75
Toneladas rotas	TM	211.81	241.08	105.47
Factor de potencia	Kg/TM	0.43	0.43	0.66
Factor de carga	Kg/m ³	1.25	1.22	1.91

D)Costos de voladura sin optimizar

- **Malla 1: sección 4x4m – 14pies**

Tabla 20 — Costo de explosivo y accesorios utilizados en la malla 1

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total por disparo (US\$)
Emulsión 1 1/2x7	Kg	78.9	1.90	149.91
Emulsión 1x7	Kg	13	1.90	24.70
Pentacord amarre	M	20	0.20	4
Carmex 8 pies	Und	2	0.74	1.48
Faneles	Und	35	1.36	47.6
total				222.69



- **Malla 2: sección 5.0x4.0m – 14 pies**

Tabla 21 — Costo de explosivo y accesorios utilizados en la malla 2

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total por disparo (US\$)
Emulsión 1 1/2x7	Kg	87.15	1.90	165.59
Emulsión 1x7	Kg	15.7	1.90	17.6
Pentacord amarre	M	25	0.20	5
Carmex 8 pies	Und	2	0.74	1.48
Faneles	Und	39	1.36	53.04
total				251.76

- **Malla 3: sección 3.5x3m – 14 pies**

Tabla 22 — Costo de explosivo y accesorios utilizados en la malla 3

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total por disparo (US\$)
Emulsión 1 1/2x7	Kg	60.26	1.90	114.49
Emulsión 1x7	Kg	10	1.90	19
Pentacord amarre	M	35	0.20	7
Carmex 8 pies	Und	1	0.74	0.74
Faneles	Und	34	1.36	46.24
total				187.47

5.1.3 Resultados de Costos de perforación y Voladura optimizada

5.1.3.1 Costos de perforación optimizada

Para lograr optimizar los costos de perforación se dio solución primero a los problemas encontrados para luego proceder a mejorar y así lograr optimizar, a continuación, se realizó los cálculos pertinentes con los datos obtenidos.

A) Parámetros de perforación optimizada

Longitud de taladro malla 1 y 2

$$L_{tal} = L_b * E_p$$

$$L_{tal} = 4.88 * 0.95 = 4.64 \text{ m}$$

Longitud de taladro malla 3

$$L_{tal} = 4.27 * 0.95 = 4.06 \text{ m}$$

Tabla 23 — Parámetros de perforación optimizada

Detalle	Unidad	Cantidad		
		M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M3: sección 3.5x3 m
Diámetro de broca	mm	48	48	48
Diámetro de rimado	mm	89	89	89
Longitud de barra	Pies	16	16	14
Avance	m	4.64	4.64	4.06

B) Costo de equipo de perforación

M1: sección 4x4 m

Tiempo de perforación por disparo = 3.30hr/disp

Costo de perforación por hora = 62.23US\$/hr

Costo de perforación por disparo = 205.36 US\$/disp

M2: sección 5x4 m

Tiempo de perforación por disparo = 4hr/disp

Costo de perforación por hora = 62.23US\$/hr

Costo de perforación por disparo = 248.92 US\$/disp

M3: sección 3.5x3 m

Tiempo de perforación por disparo = 2.40hr/disp

Costo de perforación por hora = 62.23US\$/hr

Costo de perforación por disparo = 149.35 US\$/disp.



C) Costo de equipo de perforación

Tabla 24 — Costo de equipo de perforación por disparo

Detalle	Costo de perforación por disparo (US\$)		
	M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M3: sección 3.5x3 m
Costo del equipo	205.36	248.92	149.35

D) Costos de aceros de perforación

Tabla 25 — Costos de aceros de perforación por pie perforado

item	Costo unitario (US\$)	Vida util P.P	Costo por P.P (US\$)
Brocas SR35 x 48 mm	95.07	1800	0.05
Broca rimadora SR35 x 89 mm	477.90	4900	0.10
Barra de perforación T38- H35-SR3 14	417.23	14000	0.03
Barra de perforación T38- H35-SR3 16	476.83	16000	0.03
Total			0.21

M1: sección 4x4 m

$0.06 \text{ US\$/m} \times 4.64 \text{ m/tal} \times 39\text{tal/disp} = 10.86 \text{ US\$/disp}$

M2: sección 5x4 m

$0.06 \text{ US\$/m} \times 4.64 \text{ m/disp} \times 47\text{tal/disp} = 13.08 \text{ US\$/disp}$

M3: sección 3.5x3 m

$0.06 \text{ US\$/m} \times 4.06 \text{ m/disp} \times 34\text{tal/disp} = 9.47 \text{ US\$/disp.}$

E) Herramientas y materiales

Tabla 26 — Costo de herramientas y materiales de perforación por pie perforado

Item	Costo unitario (US\$)	Vida util P.P	Costo por P.P (US\$)
Tubo PVC de perforación 43mm x 4.5 m	1.01	1	1.01
Guiadores de perforación	8	30	0.27
Alcayata	3.80	1	3.80
Pintura	14.38	10	1.48
Llave Stylson N° 18	38.45	180	0.21
Llave francesa N° 12	33.79	180	0.19
Lampa minera	6.55	60	0.11
Pico	13.63	90	0.15
Flexómetro	3.89	60	0.06
barretillas de 6'	19.86	60	0.33
barretillas de 8'	22.67	60	0.38
barretillas de 10'	25.77	60	0.43
barretillas de 12'	27.95	60	0.47
Cucharilla	5.47	90	0.06
Arco de cierra	4.88	60	0.08
Aviso de seguridad "JUMBO EN PERFORACIÓN"	50	360	0.14
total			9.17

M1: sección 4x4 m

$$2.80 \text{ US\$/m} \times 4.64 \text{ m/tal} \times 39 \text{ tal/disp} = 506.69 \text{ US\$/disp}$$

M2: sección 5x4 m

$$2.80 \text{ US\$/m} \times 4.64 \text{ m/disp} \times 47 \text{ tal/disp} = 610.62 \text{ US\$/disp}$$

M3: sección 3.5x3 m

$$2.80 \text{ US\$/m} \times 4.06 \text{ m/disp} \times 34 \text{ tal/disp} = 386.51 \text{ US\$/disp}$$

F) Costo de mano de obra

Tabla 27 — Costo de mano de obra

Detalle	Costo de perforación por disparo (US\$)		
	M1: sección	M2: sección	M3: sección
	4x4 m	5x4 m	3.5x3 m
Costo de mano de obra	49.88	60.46	36.27

G) Resumen de costos de perforación

Tabla 28 — Costo de perforación por disparo

Detalle	Costo de perforación por disparo (US\$)		
	M1:	M2:	M3:
	sección 4x4 m	sección 5x4 m	sección 3.5x3 m
Costo del equipo de perforación	205.36	248.92	149.35
Costo de aceros de perforación	10.86	13.08	9.47
Costo de herramientas y materiales	506.69	610.62	386.51
Costo de mano de obra	49.88	60.46	36.27
TOTAL	772.79	933.08	581.6

5.1.3.2 Costos de Voladura optimizada

Con el cambio de explosivo se obtuvieron resultados positivos así optimizando los costos de voladura no solo el cambio de explosivo influyo sino también los problemas encontrados los cuales se mejoraron y se hicieron seguimiento para un adecuado carguío de explosivo.

A) Cálculo de Longitud de carga por taladro M1 y M 2

$$Lq = 2/3 \times Lp$$

$$Lq = 2/3 \times 4.64 = 3.09 \text{ m}$$

Taco

$$T = 4.64 - 3.09 = 1.55$$

Cálculo de Longitud de carga por taladro M3

$$Lq = 2/3 \times 4.06 = 2.71 \text{ m}$$



Taco

$$T = 4.06 - 2.71 = 1.35\text{m}$$

B) Cantidad de carga de explosivo por taladro

$$\text{Cantidad de carga de explosivo(kg/m)} = \text{densidad de explosivo (gr/cm}^3) \times (\phi_{\text{tal}})^2 \times 0.507$$

$$\text{Cantidad de carga de explosivo(kg/m)} = 0.80 \text{ gr/cm}^3 \times 1.89\text{pul} \times 0.507 = 0.77\text{kg/m}$$

$$\text{Cantidad de explosivo/tal M1, M2} = 0.77\text{kg/m} \times 3.09 \text{ m} = 2.38 \text{ kg/tal}$$

$$\text{Cantidad de explosivo/tal M3} = 0.77\text{kg/m} \times 2.71 \text{ m} = 2.09 \text{ kg/tal}$$

C) Explosivo y accesorios utilizados en la voladura

Tabla 29 — Explosivo y accesorios utilizados por disparo

Detalle	Unidad	Cantidad		
		M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M2: sección 3.5x3 m
Explosivo Superfam Dos	Kg	83.3	102.34	62.7
Pentacord amarre	M	20	25	35
Carmex 8 pies	Und	2	2	1
Faneles	Und	35	39	34

D) Parámetros de voladura

- **Malla 1: sección 4 x 4**

Cálculo de volumen roto

$$V = b * h * Lp$$

$$V = 4 \text{ m} * 4 \text{ m} * 4.64\text{m}$$

$$V = 74.24 \text{ m}^3$$

Cálculo de tonelaje roto

$$TN = V * dr$$

$$TM = 74.24 \times 2.87$$

$$TM = 213.067$$



Factor de potencia

$$Fp = \frac{kg\text{-explosivo}}{\text{tonelaje roto}}$$

$$Fp = 83.3/213.067$$

$$Fp = 0.39 \text{ Kg/TM}$$

Factor de carga

$$Fc = \frac{kg\text{-explosivo}}{\text{volumen roto}}$$

$$Fc = 83.3/74.24$$

$$Fc = 1.12$$

- **Malla 2: sección 5 x 4**

Cálculo de volumen roto

$$V = 5 \text{ m} * 4 \text{ m} * 4.64\text{m} = 92.8 \text{ m}^3$$

Cálculo de tonelaje roto

$$TM = 92.8 * 2.87 = 266.34 \text{ TM}$$

Factor de potencia

$$Fp = 102.34/266.34 = 0.38 \text{ Kg/TM}$$

Factor de carga

$$Fc = 102.34/92.8 = 1.10\text{kg/m}^3$$

- **Malla 3: sección 3.5x 3**

Cálculo de volumen roto

$$V = 3.5 \text{ m} * 3 \text{ m} * 4.06\text{m} = 42.63 \text{ m}^3$$

Cálculo de tonelaje roto

$$TM = 42.63 * 2.87 = 122.35 \text{ TM}$$

Factor de potencia

$$Fp = 62.7/122.35 = 0.51 \text{ Kg/TM}$$

Factor de carga

$$Fc = 62.7/42.63 = 1.47 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 30 — Parámetros de voladura optimizada

Detalle	Unidad	Cantidad		
		M1: sección 4x4 m	M2: sección 5x4 m	M2: sección 3.5x3 m
Cantidad de explosivo Superfam Dos	Kg	83.3	102.34	62.7
Volumen roto	m ³	74.24	92.8	42.63
Toneladas rotas	TM	213.067	266.34	122.35
Factor de carga	Kg/m ³	1.12	1.10	1.47
Factor de potencia	Kg/TM	0.39	0.38	0.51

E) Costos de voladura

Malla 1: sección 4x4m – 14pies

Tabla 31 — Cantidad de explosivo y accesorios por disparo de la malla 1

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total por disparo (US\$)
Explosivo Superfam Dos	Kg	83.3	0.65	54.14
Pentacord amarre	M	20	0.20	4
Carmex 8 pies	Und	2	0.74	1.48
Faneles	Und	35	1.36	47.6
total				107.22



Malla 2: sección 5.0x4.0m – 14 pies

Tabla 32 — Cantidad de explosivo y accesorios por disparo de la malla 2

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total por disparo (US\$)
Explosivo Superfam Dos	Kg	102.34	0.65	66.52
Pentacord amarre	M	25	0.20	5
Carmex 8 pies	Und	2	0.74	1.48
Faneles	Und	39	1.36	53.04
total				126.04

Malla 3: sección 3.5x3m – 14 pies

Tabla 33 — Cantidad de explosivo y accesorios por disparo de la malla 3

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total por disparo (US\$)
Superfam Dos (Anfo)	Kg	62.7	0.65	40.76
Pentacord amarre	M	35	0.20	7
Carmex 8 pies	Und	1	0.74	0.74
Faneles	Und	34	1.36	46.24
total				94.74

5.2 Discusión y Comparación de Resultados

Con el cambio de explosivo de emulsión senatel ultrex por superfam dos(anfo) se obtuvo resultados positivos donde se redujo los costos y se optimizó la producción, también se mejoró los problemas de voladura como tiros cortados, sobrecarga, y también se hizo seguimiento en la perforación para que se cumpla con la geometría y marcado de malla de perforación según el estándar de perforación y voladura, como también se supervisó en el paralelismo de perforación y sobre perforación. A continuación, se muestra los resultados comparativos del antes y después del cambio de explosivo en los cuadros siguientes.



Tabla 34 — cuadro comparativo de resultados de antes y después del cambio de explosivo

Detalle	Cantidad					
	M1: sección 4x4 m		M2: sección 5x4 m		M2: sección 3.5x3 m	
	Sin optimizar	Optimizada	Sin optimizar	Optimizada	Sin optimizar	optimizada
Cantidad de explosivo kg	91.9	83.3	102.85	102.34	70.26	62.7
Volumen roto m ³	73.8	74.24	84	92.8	36.75	42.63
Toneladas rotas TM	211.81	213.067	241.08	266.34	105.47	122.35
Factor de potencia Kg/TM	0.43	0.39	0.43	0.38	0.66	0.51
Factor de carga Kg/m ³	1.25	1.12	1.22	1.10	1.91	1.47



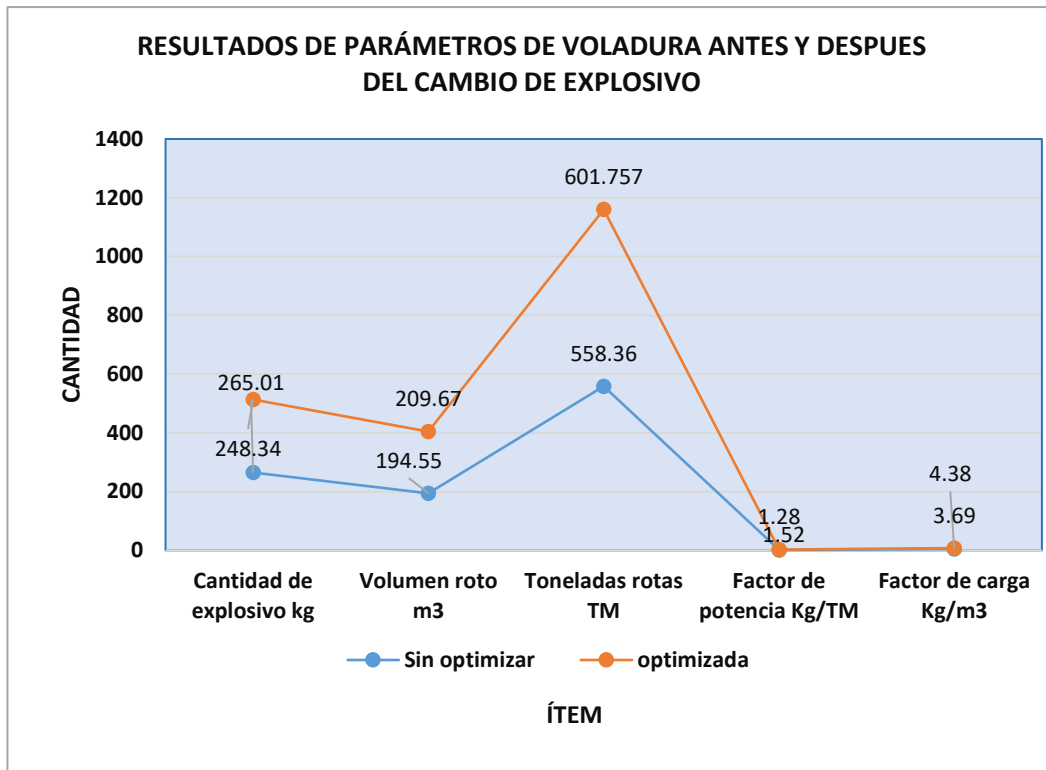


Figura 17 — resultados de los parámetros de voladura antes y después del cambio de explosivo

Tabla 35 — Resultado de costo de voladura por disparo antes y después de optimizar

Detalle		Costo de voladura por disparo (US\$)	
		sin optimizar	optimizada
Malla 1	Explosivo	174.61	54.14
	Accesorios	48.08	53.08
Malla 2	Explosivo	183.19	66.52
	Accesorios	68.57	59.52
Malla 3	Explosivo	133.49	40.76
	Accesorios	53.98	53.98
Total		661.92	328



Tabla 36 — Resultado comparativo de costos de perforación y voladura

Detalle	COSTOS DE PERFORCION Y VOLADURA(US\$/DISP.)					
	M1: sección 4x4 m		M2: sección 5x4 m		M2: sección 3.5x3 m	
	Sin optimiz ar	Optimiza da	Sin optimiz ar	optimiza da	Sin optimiz ar	optimiza da
costo de perforación	826.97	772.79	956.33	933.08	630.57	581.60
Costo de voladura	222.69	107.22	251.76	126.04	187.47	94.74
total	849.66	880.01	1208.09	1059.12	818.04	676.34

Tabla 37 — Resultado comparativo de costo total de perforación y voladura

ítem	Sin optimizar	optimizada	Diferencia
costo de perforación (M1, M2, M3)	2413.87	2287.47	126.4
Costo de voladura (M1, M2, M3)	661.92	328	333.92
TOTAL	3075.79	2615.47	460.32

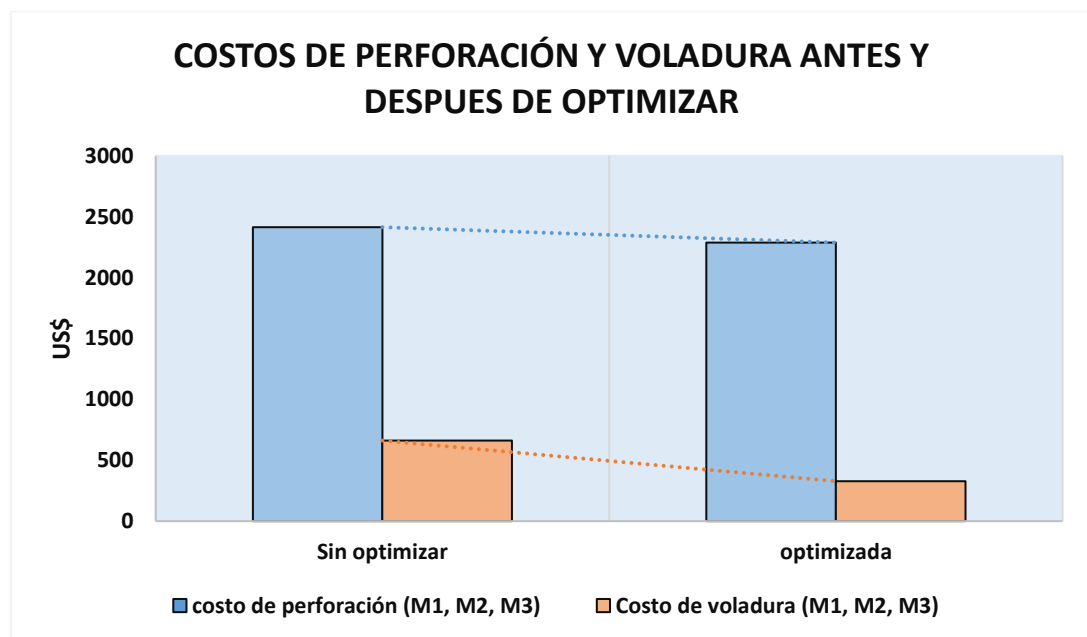


Figura 18 — Costos de perforación y voladura antes y después de optimizar



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- 1) Se determinó la reducción de costos de voladura con la implementación del cambio de explosivo, donde se obtuvo una notable diferencia en los resultados de costos de voladura.
- 2) Se evaluó las características hidrológicas y geomecánicas, donde se observó que la presencia de agua es escasa y la evaluación geomecánica reveló la resistencia geomecánica del macizo rocoso con una buena fragmentación, estos factores influyeron para la implementación del cambio de explosivo.
- 3) Se optimizó los costos de voladura, determinando la correlación de la implementación del cambio de explosivo con la evaluación de la perforación y voladura.
- 4) Se estableció los costos de voladura, con la influencia de la implementación del cambio de explosivo en los costos unitarios de perforación y voladura, obteniendo resultados óptimos, donde se ve la notable reducción de costos en ambos casos en perforación y voladura.



6.2 RECOMENDACIONES

- 1) De acuerdo a la reducción de costos de voladura se recomienda la implementación del cambio de explosivo en las demás labores de la compañía minera condestable.
- 2) De acuerdo a las características hidrológicas y geomecánicas se recomienda evaluar en las demás labores para tener una buena fragmentación de roca.
- 3) Según los costos de voladura y la correlación del cambio de explosivos, se recomienda hacer el cambio de explosivo para optimizar costos en voladura.
- 4) Según la influencia de la implementación del cambio de explosivo, resulta que es óptimo y por lo tanto se recomienda aplicar en todas las labores para reducir costos de explosivo y voladura.



BIBLIOGRAFÍA

ANCHAYHUA SERNA, Nelson Juan.

2009. *Aplicación de la emulsión gasificable como nuevo explosivo en la mina a tajo abierto Santa Rosa.*

BENTACUR ARENAS, B. L., & LÓPEZ BALAGUERRA.

2019. *Caracterización y clasificación geomecánica del macizo rocoso en el nivel veintiuno de la mina La Maruja (distrito minero de Marmato, Caldas) para estimar las recomendaciones de estabilidad y soporte en la excavación y su correlación con las alteraciones .* Medellín : Universidad EAFIT.

BIENIAWSKI, Zdzisław Tadeusz.

1989. *Clasificación Geomecanica RMR.*

CÁCERES NAVARRO, Ludtwin.

2017. *Optimización de la perforación y voladura con nuevo diseño de malla en el crucero 10014 de la empresa minera Marsa.*

CALDERÓN LEYVA, Jonel Ivan.

2020. *Evaluación técnica y económica de la perforación y voladura para la mejora en el avance mediante taladros de 20 pies en labores horizontales, mina Raúl-Cia. Minera Condestable.* Huaraz - Perú : Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

CARRASCO LEÓN, Carlos Alberto.

2016. *La optimización de las operaciones unitarias de perforación y voladura, mejora el rendimiento económico en la unidad minera San Andrés-MARSA.* Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

CONCHA CUADROS, Randal y TARIFA HUILLCA, Edwin.

2020. *Reducción y optimización de costos en perforación y voladura implementando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la UO Inmaculada-Sociedad Minera Ares SAC. .* Arequipa-Perú : UTP.



COSTOS.

2018. Costos Mineros. [En línea] 2018. <https://es.slideshare.net/jesucit0/costos-mineros.%20%7D>.

DE LA CRUZ ALANYA, Eduardo Charly.

2014. *Optimización Económica Aplicando el Método de Explotación Long Wall Mining Frente al Método Corte y Relleno Ascendente en Cia. Minera Poderosa S.A., Unidad Santa María.* Huancayo : UNCP.

DIAZ OLIVERA, Esthiben Eugenio.

2017. *Optimización de Perforación y Voladura de Rocas para Maximizar Utilidades en la Mina Panulcillo de la Minera Cruz LTDA.* Huaraz : Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

ENAMI.

2017. *PERFORACIÓN Y TRONADURA.* Chile : Innovacom, 2017.

ESPINOZA CASTILLO, Luis Felipe y VASQUEZ SOTO, Juan Carlos.

2019. *Estudio de la viabilidad técnica del incremento del metraje de avance por disparo en secciones 4x4 en mina condestable.* Lima-Perú : PUCP.

EXSA.

2004. *Manual de Perforación y Voladura.* Perú : s.n.

EXSA.

2017. *Manual Práctico De Voladura.* Lima : Ed.Especial, 2017.

FAMESA.

2021. FAMESA EXPLOSIVOS. [En línea] FAMESA, 2021. <http://www.famesa.com.pe/productos/agentes-de-voladura/superfam-dos/>.



GUILLEN SIMON, Miguel Angel y CANCHANYA SALAZAR, Jordy Gustavo.

2020. *Propuesta de implementación del cambio de explosivo Emulex (80, 65 y 45) a emulsión Quantex sub para la reducción de costos de la voladura en la rampa NV175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar SAC.*
Huancayo : Universidad Continental.

Herman.

2005. *Investigacion " Accion del aditivo reductor de agua de alto rango, tipo F en la resistencia y fluidez del concreto ".* peru : s.n.

Herrera H.

2007. *Elementos de Minería.* Madrid-España : Universidad Politécnica de Madrid.

JORA, Hector Jesus Diaz.

2023. *Aplicación de cable bolting en zonas de sismicidad inducida para mejorar la estabilidad del macizo rocoso fracturado, Lima.* Lima : s.n.

LÓPEZ JIMENO, Carlos y GARCÍA BERMÚDEZ, P.

2003. *Avances tecnológicos en el campo de la perforación y voladura de rocas.* Madrid : ngeopres.

MINEMC.

2015. *GLOSARIO TÉCNICO MINERO.* Republica de Colombia : Bogotá DC.

OJEDA MESTAS, Rene Wilfredo.

2007. *Diseño de mallas de perforación y voladura subterránea aplicando un modelo matemático de áreas de influencia. Estudio realizado utilizando el software y expuesto en la mina de Ananea, Mina Bateas.-Perú.* Perú : s.n.



ORICA.

2021. ORICA EXPLOSIVOS. [En línea] ORICA, 2021. http://www.oricaminingservices.com/es/es/product/products_and_services/packaged_explosives/page_packaged_explosives/senatel_ultrex/1229.

PACAHUALA AGUIRRE, Mayra Cleyde.

2015. *Reducción de Costos Operativos en Desarrollos Mediante Estándares en Perforación y Voladura, Caso de la Empresa Especializada Mincotrall S.R.L.* Huancayo : UNCP.

PALOMINO VIDAL, Henry Alexander.

2016. *Optimización del Proceso de Perforación y Voladura en las Labores de Desarrollo, Para Mejorar La Eficiencia en Compañía Minera Poderosa S.A.* Trujillo : UNT.

SÁNCHEZ VILLARREAL, Yadira Vanessa.

2012. *Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth.*

COTRINA ROLDAN, Cristina Carolina.

2018. *Propuesta De Implementación Productivo Total En El Área De Producción Para Reducir Costos Operativos En La Compañía Minera Condestable S.A.* Trujillo: UPN.



ANEXOS



ANEXO I

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Implementación del Cambio de Explosivos para la Optimización y Reducción de Costos de Voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. - 2021

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿En qué medida la Implementación del cambio de explosivos influirá en Optimización y reducción de costos voladura en el NV. 700 de Compañía Minera Condestable S. – 2022?</p> <p>ESPECIFICOS ¿En qué medida la Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de las características hidrológicas y geomecánicas influirá en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022?</p> <p>¿Cuál es la correlación de la Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de la perforación y voladura para la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022?</p> <p>¿De qué manera la Implementación del cambio de explosivos con los Costos unitarios de perforación y voladura influirán en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la</p>	<p>GENERAL Determinar la influencia de la Implementación del cambio de explosivos con la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022</p> <p>Determinar la influencia de la Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de las características hidrológicas y geomecánicas para la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022.</p> <p>Determinar la correlación de la Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de la perforación y voladura para la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022.</p> <p>Determinar la influencia de la Implementación del cambio de explosivos con los Costos unitarios de perforación y voladura para la Optimización y reducción de costos de voladura</p>	<p>GENERAL La Implementación del cambio de explosivos influirá significativamente en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022.</p> <p>La Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de las características hidrológicas y geomecánicas influirán significativamente en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022.</p> <p>La Implementación del cambio de explosivos con la Evaluación de la perforación y voladura influirá significativamente en la Optimización y reducción de costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022.</p> <p>La Implementación del cambio de explosivos con los Costos unitarios de perforación y voladura influirá significativamente en la Optimización y reducción de</p>	<p>1er. VARIABLE INDEPENDIENTE (x): Implementación del cambio de explosivos</p> <p>2da. VARIABLE DEPENDIENTE (y): Optimización y reducción de costos de voladura</p>	<p>DIMENSIÓN (1) Evaluación de las características hidrológicas y geomecánicas</p> <p>INDICADORES 1- Estudio Hidrogeológico 2- Resistencia del macizo rocoso (RMR, RQD y Q) 3- Familia de discontinuidades 4- Parámetros de las discontinuidades</p> <p>DIMENSIÓN (2) Evaluación de la perforación</p> <p>INDICADORES 5- Tipos de perforación 6- Factores de perforación 7- Parámetros de perforación 8- Eficiencia de perforación</p> <p>DIMENSIÓN (1) Evaluación de voladura</p> <p>INDICADORES 9- Propiedades de los explosivos 10- Índices de voladura (factor de potencia, Factor de Carga) 11- Eficiencia de disparo 12- Seguridad en voladura</p> <p>DIMENSIÓN (2) Costos unitarios de perforación y voladura</p> <p>INDICADORES 13- Costos de avances 14- Costeos de Explotación</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION: Descriptivo, correlacional, de campo y bibliográfico.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACION: Descriptivo, comparativo y no experimental.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACION: No experimental y transversal.</p> <p>ETICA EN LA INVESTIGACION: Esta investigación se realizó respetando normatividad y reglas de la Compañía Minera Condestable cumpliendo con los procedimientos de cada trabajo a realizarse y cumpliendo con el reglamento de seguridad minera.</p> <p>PROBLACION: Compañía Minera Condestable.</p> <p>MUESTRA: Como muestra se analizaron los disparos realizados con ambos tipos de explosivos en</p>

<p>Compañía Minera Condestable S.A. – 2022?</p>	<p>en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022.</p>	<p>costos de voladura en el NV. 700 de la Compañía Minera Condestable S.A. – 2022.</p>		<p>15- Evaluación de la eficiencia 16- Evaluación de la Productividad</p>	<p>el cual se consideraron el Tonelaje extraído y Costos. PROCEDIMIENTO: El plan de investigación se basa en el cronograma establecido del proyecto. TECNICAS: Observacion directa, recolección de datos en Mina. INSTRUMENTOS: * Cuaderno de campo. * Libros y trabajos sobre Perforacion y Voladura. * Reportes diarios de las voladuras. *Formulario de control diario de explosivo. *Computadora. ESTADISTICO DE INVESTIGACION: En esta parte del trabajo se efectuará un procedimiento estadístico de los resultados de nuestra investigación para la comparación de los mismos lo cual nos servirá para afirmar o reafirmar los criterios que se dieron durante la investigación y llegar a una conclusión.</p>
---	---	--	--	---	---

ANEXO II
PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 19 — Carguío de taladros con explosivos Emulsión



Figura 20 — Carguío de taladros con ANFO



Figura 21 — Resultado de voladura con explosivo Emulsión



Figura 22 — Resultado de voladura con ANFO (optimo)



Figura 23 — Pintado de malla e inicio de perforación del frente de voladura



Figura 24 — Sostenimiento del frente de voladura



Figura 25 — ANFO utilizado en la voladura



Figura 26 — Accesorios de voladura



Figura 27 — Cargador de ANFO



Figura 28 — Chispeo para iniciar la salida del disparo



Figura 29 — Vista de personal realizando trabajos de cantoneo

ANEXO III
PLANO DEL NV 700 DE LA CIA. MINERA CONDESTABLE S.A.

