

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO

ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA, MINAS Y
METALURGICA.

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS.



TESIS:

**“MEJORAMIENTO DE LA LONGITUD DE AVANCE EN LA
RAMPA NEGATIVA 565 DE LA CIA. MINERA CASAPALCA
S.A.-HUAROCHIRI – LIMA”**

Para optar al Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Presentado por:

Bachiller WILLIAM POOL CASTELO HOLGADO

Asesor:

Dr. MAURO VALDIVIA JORDAN

Cusco – Perú

2022

DEDICATORIA

Con todo cariño y agradecimiento a mis padres, Marcelino y Sorayda, por el constante e incondicional apoyo y ejemplo de superación,

A Randy, Adriana y Fernanda por ser ellas fuente de inspiración y perseverancia en todo momento.

El autor.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, a mis padres Marcelino Castelo F. y Sorayda Holgado D. por el apoyo incondicional durante mis años de estudio.

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a mi alma mater la Carrera Profesional de Ingeniería de Minas, por haberme brindado la oportunidad de alcanzar uno de mis grandes anhelos en mi formación profesional, de igual manera agradezco a toda la plana docente por sus constante apoyo y abnegada labor, quienes supieron tallar en mí, enseñanzas y valores que hoy con orgullo reconozco y agradezco, Así mismo mi agradecimiento a la COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A por brindarme la oportunidad de complementar mi formación profesional, de igual manera al Ing. Gilberto Donaires Q. Superintendente de Planeamiento y Proyectos, de Cía. Minera Casapalca, así mismo al Ing. Domingo Díaz A. y al Ing. Jorge Chávez P. por sus acertados consejos.

El autor.

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo mejorar la longitud de avance por disparo de la Rampa 565 de la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochiri – Lima., así mismo que en el proceso de voladura se disminuya los costos de los explosivos y estos sean utilizados correctamente.

Para realizar la investigación de enfoque cuantitativo se ha determinado la metodología de un estudio de alcance descriptivo y aplicativo, ya que el propósito de la investigación es mejorar la longitud de avance por disparo de la Rampa Negativa 565.

Antes de la investigación, la Cía. Minera Casapalca, desarrollaba su diseño de carga explosiva para frentes con presencia de agua, ya sea esta por aguas subterráneas por infiltración o por la utilización de agua para la perforación de los taladros, utilizando como explosivo principal el Emulnor 5000, emulsión explosiva encartuchada, en su totalidad; En la evaluación desarrollada se constató que este tiene una eficiencia de avance solamente del 80% y que además se requiere la ejecución de voladura secundaria, lo que genera pérdida de tiempo en el proceso de avance de la rampa 565, así mismo el incremento en el costo de explosivos.

Para la evaluación de un nuevo diseño de carga explosiva, se ha desarrollado la utilización del accesorio de voladura Cartuflex Termofusionado mas ANFO, este accesorio no genera electricidad estática, aísla toda la carga explosiva del agua, además que es de fácil manipulación para el carguío del ANFO, teniendo un 90% de eficiencia en el avance por disparo y que no requiere la ejecución de voladura secundaria, así evidenciando una mejor longitud de avance por disparo, menor costo en los explosivos de la voladura, generando frentes libres para una nueva perforación.

De los resultados obtenidos se concluye que, existe un mejoramiento en la longitud de avance del 15.88% en la construcción de la Rampa Negativa 565, utilizando ANFO mas el accesorio Cartuflex Termofusionado, del mismo modo se evidencia que existe una disminución por disparo en los costos de los explosivos en toda la longitud de estudio, teniendo una variación del 32.69%, representado por la disminución de \$ 860.00.

Palabras Claves: Mejoramiento, Rampa, Avances.

ABSTRACT

The objective of the research is to improve the length of advance per shot of Ramp 565 of Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochiri – Lima. Likewise, in the blasting process, the costs of explosives are reduced and they are used correctly.

To carry out the quantitative approach research, the methodology of a descriptive and applicative scope study has been determined, since the purpose of the research is to improve the length of advance per shot of the Negative Ramp 565.

Before the investigation, the Cia. Minera Casapalca, developed its explosive charge design for fronts with the presence of water, either by groundwater by infiltration or by the use of water for drilling the drills, using as the main explosive the Emulnor 5000, emulsion explosive cartridge, in its entirety; In the evaluation carried out, it was found that this has an advance efficiency of only 80% and that it also requires the execution of secondary blasting, which generates a loss of time in the process of advancing ramp 565, as well as the increase in the explosives cost.

For the evaluation of a new explosive charge design, the use of the Cartuflex Thermo fused plus ANFO blasting accessory has been developed. This accessory does not generate static electricity, isolates all the explosive charge from the water, and is also easy to handle for loading the ANFO, having a 90% efficiency in the advance per shot and that does not require the execution of secondary blasting, thus evidencing a better length of advance per shot, lower cost in blasting explosives, generating free fronts for a new drilling.

From the results obtained, it is concluded that there is an improvement in the length of advance of 15.88% in the construction of the Negative Ramp 565, using ANFO plus the Cartuflex Thermo fused accessory, in the same way it is evident that there is a decrease in costs per shot. Of the explosives throughout the length of the study, having a variation of 32.69%, represented by the decrease of \$860.00.

Keywords: Improvement, ramp, advances.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE imágenes.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
PRESENTACION.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPITULO I.....	16
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Objetivos de la investigación.....	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificación de la investigación.....	18
1.5. Delimitación de la investigación.....	19
1.5.1. Delimitación temporal.....	19
1.5.2. Delimitación espacial.....	19
1.6. Hipótesis de la investigación.....	19
1.6.1. Hipótesis general.....	19
1.6.2. Hipótesis específicas.....	19

1.7. Variables e indicadores.....	19
1.7.1. Variables.....	19
1.7.2. Matriz de operacionalización.....	20
1.8. Metodología de la investigación.....	20
1.8.1. Tipo de investigación	20
1.8.2. Nivel de investigación	20
1.8.3. Población y muestra.....	21
1.9. Técnicas de recolección de datos.....	21
1.10. Técnicas de procesamiento de información.....	22
1.11. Técnicas de análisis de datos	22
CAPITULO II:.....	23
II. MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
2.1. Antecedentes de la investigación.....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales	23
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	24
2.2. Bases teóricas	26
2.2.1. Rampas en Minería Subterránea.....	26
2.2.2. Perforación	31
2.2.3. Voladura	34
2.3. Marco conceptual	51
2.3.1. Voladura secundaria	51
2.3.2. Tiros cortados	52
2.3.3. Tiros soplados.....	52
2.3.4. Aguas subterráneas	52
2.4. Definición de Términos	53
CAPITULO III:.....	54
III. ÁMBITO DEL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN.....	54

3.1. Generalidades de la Unidad Minera Casapalca	54
3.1.1. Ubicación política.....	54
3.1.2. Acceso	55
3.2. Geología	56
3.2.1. Geología regional	56
3.2.2. Geología local.....	58
3.2.3. Geología estructural.....	61
3.2.4. Reservas minerales	62
3.3. Operaciones mineras.....	62
3.3.1. Método de explotación	62
3.3.2. Operaciones unitarias	63
CAPITULO IV:	66
IV. EVALUACIÓN DEL AVANCE DE LA RAMPA NEGATIVA 565.....	66
4.1. Características de la Rampa Negativa 565	66
4.1.1. Condición geo mecánica de la Rampa Negativa 656	67
4.1.2. Diseño de malla de perforación.....	73
4.2. Diseño de carga explosiva para la voladura	75
4.2.1. Diseño Actual de la carga explosiva por taladro para la voladura	75
4.2.2. Factores que intervienen por disparo según diseño actual de mina.....	77
4.3. Diseño de carga explosiva para la voladura con Cartuflex Termofusionado..	81
4.3.1. Diseño de cargar explosiva con Cartuflex Termofusionado	81
4.3.2. Factores que intervienen por disparo con Cartuflex Termofusionado	82
4.3.3. Procedimiento de carguío con Cartuflex Termofusionado.....	86
4.3.4. Resultado de la voladura con Cartuflex Termofusionado	87
CAPITULO V:	89
V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	89
5.1. Resultados de avance de la Rampa negativa 565	89

5.1.1. Resultados del avance con diseño de carga explosiva Actual de mina	89
5.1.2. Resultados de los costos con diseño Actual de mina.....	90
5.1.3. Resultados del avance con diseño de carga explosiva con Cartuflex Termofusionado.....	91
5.1.4. Resultados de los costos del diseño con Cartuflex Termofusionado.....	91
5.2. Análisis comparativo de los resultados obtenidos para la Rampa negativa	565
.....	93
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS.....	98

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Rampa Tipo Espiral.....	27
Imagen 2: Rampa Tipo Zig-zag.....	27
Imagen 3: Rampa Tipo Basculante.....	28
Imagen 4: Distribución de taladros.....	32
Imagen 5: ANFO EXAMON-P	38
Imagen 6: HIDROGEL RIOGEL	40
Imagen 7: EMULSION EMULNOR.....	40
Imagen 8: Dinamita gelatinosa - Famesa	42
Imagen 9: Mecha de seguridad - Safety Fuse.....	43
Imagen 10: Mecha rápida - Famesa.....	44
Imagen 11: Cordón detonante - Pentacord	45
Imagen 12: Fulminante - Fulmesa	46
Imagen 13: CARMEX - Famesa	47
Imagen 14: Cartuflex Thermofisionado	49
Imagen 15: Sección típica de diseño de carga explosiva.....	51
Imagen 16: Ubicación de la Mina Casapalca	55
Imagen 17: Columna estratigráfica	56
Imagen 18: Mapa de geología regional	60
Imagen 19: Mapa de geología regional	60
Imagen 20: Jumbo Sandvik al frente de la rampa negativa 565.....	64
Imagen 21: Malla de perforación marcada	64
Imagen 22: Carguío de frente de la Rampa Negativa 565.....	65
Imagen 23: Geometría topográfica de la rampa 565	66
Imagen 24: Vista de Perfil de la Rampa 565	67
Imagen 25: Diseño de malla de perforación.....	74
Imagen 26: Diseño de malla de arranque	74
Imagen 27: Diseño Actual de la carga explosiva con cartuchos de Emulnor 5000.....	75
Imagen 28: Distribución de carga explosiva según diseño actual de mina	76
Imagen 29: Diseño de carga explosiva por taladro con Cartuflex thrmofusionado y ANFO	81
Imagen 30: Distribución de carga explosiva según diseño con Cartuflex Thermofusionado	82

Imagen 31: Cartuflex termofusionado en los arrastres	86
Imagen 32: Cartuflex termofusionado en los arrastres	86
Imagen 33: La voladura es eficiente la que no mesecita voladura secundaria..	87
Imagen 34: La rampa queda en buenas condiciones sin sobre roturas	87
Imagen 35: Voladura que evidencia que fue bien distribuida	88
Imagen 36: Vista de acceso a la rampa.....	98
Imagen 37: Vista de equipo humano de perforacion.....	98
Imagen 38: Vista del equipo humano de carguío de explosivos	99
Imagen 39: Vista de la presencia de agua en la Rampa Negativa 565	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores y coeficiente de rocas.....	33
Tabla 2: Resumen de Explosivos.....	41
Tabla 3: Dimensiones de oxidantes de explosivos	41
Tabla 4: Características técnicas mecha de seguridad.....	43
Tabla 5: Características técnicas de mecha rápida	44
Tabla 6: Características técnicas de mecha de seguridad	45
Tabla 7: Características de fulminantes	46
Tabla 8: Características del CARMEX	47
Tabla 9: Reservas minerales de Cia. Minera Casapalca.....	62
Tabla 10: Características de la Rampa Negativa RP-565.....	67
Tabla 11: Mapeo Geomecanico del Frente de trabajo.....	70
Tabla 12: Mapeo Geomecanico del Frente de trabajo – Hastiales	71
Tabla 13: Mapeo Geomecanico del Frente de trabajo - Techo.....	72
Tabla 14: Numero de taladros según tipo de roca	73
Tabla 15: Datos de la malla de perforación de la rampa	75
Tabla 16: Elementos y accesorios de voladura diseño actual de mina.....	76
Tabla 17: Elementos y accesorios de voladura diseño actual de mina.....	77
Tabla 18: Resumen de resultados esperados por diseño actual de mina	79
Tabla 19: Resumen de resultados de costos por disparo esperados con diseño actual de mina	79
Tabla 20: Resumen de resultados de costos por disparo de la Voladura secundaria con diseño Actual de Mina.....	80
Tabla 21: Resumen de resultados de costos en tiempo de estudio de Voladura Secundaria con diseño Actual de mina.....	80
Tabla 22: Elementos y accesorios de voladura diseño con Cartuflex Thermofusionado	81
Tabla 23: Resultados de avance según diseño de carga explosiva con Cartuflex Thermofusionado.....	82
Tabla 24: Resumen de resultados esperados por diseño con Cartuflex Thermofusionado	85
Tabla 25: Costo de precios unitarios de \$/disparo con Cartuflex Thermofusionado	85
Tabla 26: Resultados de avance según diseño de carga explosiva Actual de mina.....	89
Tabla 27: Costo de precios unitarios de \$/disparo según diseño actual de mina.....	90

Tabla 28: Resultados de avance según diseño de carga explosiva con Cartuflex Thermofusionado.....	91
Tabla 29: Costo de precios unitarios de \$/disparo con Cartuflex Thermofusionado	92
Tabla 30: Variación de Factores de Disparo	93
Tabla 31: Variación de avance longitudinal y los costos de la Rampa Negativa 565....	93

PRESENTACION

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad la obtención del título profesional de Ingeniero de Minas mediante la ejecución de la tesis “*MEJORAMIENTO DE LA LONGITUD DE AVANCE EN LA RAMPA NEGATIVA 565 DE LA CIA. MINERA CASAPALCA S.A.-HUAROCHIRI – LIMA*”

Compañía Minera Casapalca S.A. al igual que otras empresas mineras en el Perú y en el mundo buscan mejorar sus operaciones unitarias dentro del proceso de explotación de minerales, así mismo es importante incrementar la cantidad de reservas minerales las cuales deberán ser explotadas buscando alternativas de mejora continua.

La construcción de Rampas y el acceso a nuevos cuerpos mineralizados conllevan a buscar alternativas eficientes en cada proceso de perforación y voladura de rocas para alcanzar en el menor tiempo objetivos en beneficio de cada empresa

INTRODUCCIÓN

La investigación se ha desarrollado para el uso del accesorio de voladura Cartuflex Termofusionado, para el Mejoramiento de la Longitud de Avance en la rampa Negativa 565 del Cía. Minera Casapalca S.A. – Huarochiri – Lima, que se tienen resultados según el estudio desarrollado en los capítulos siguiente:

En el capítulo I, se desarrolló el planteamiento del problema de la investigación, así como es el problema general, problemas específicos, también los objetivos generales y específicos, la justificación, hipótesis general y específica de acuerdo a las variables e indicadores identificados en la investigación.

En el capítulo II, se desarrollan los antecedentes de investigación y las bases teóricas con las que se desarrollara la investigación.

En el capítulo III, se desarrolló el diagnóstico del ámbito del estudio, tanto geológico, minero, de la Cía. Minera Casapalca.

En el capítulo IV, Se desarrolla la evaluación de la malla de perforación, así como el diseño de la carga explosiva para el Emulnor 5000 y también para uso del Cartuflex Termofusionado con Anfo, para mejorar la longitud de avance en la construcción de la Rampa Negativa 565.

En el capítulo V, se desarrolla el análisis de los resultados de la longitud de avance tanto para el Emulnor 5000 y también para uso del Cartuflex Termofusionado con Anfo, del mismo modo se realiza el análisis de los costos de estos, con el objetivo de encontrar el mejor diseño para el uso de esta voladura durante la presencia de agua en el frente de la labor.

Finalmente, se desarrollan la conclusión y recomendación de acuerdo a la hipótesis y objetivos planteados en la investigación.

CAPITULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Como parte del cambio continuo y la mejora constante en todas las operaciones unitarias que se realizan en la actividad minera subterránea y principalmente en lo que es la perforación y voladura de rocas se realizaron diferentes pruebas con el fin de optimizar resultados en todas las áreas de operación dentro de la mina.

Por lo tanto, es ahí donde la longitud de avance de labores es muy importante y que este depende principalmente de la perforación, voladura de rocas, carguío de explosivos. Es así que el personal encargado de realizar dichas actividades como son perforistas y cargadores de explosivos aplica conocimientos empíricos para mejorar constantemente sus resultados.

Siendo la presencia de agua un problema que afecta significativamente en lo que es el carguío de explosivos que resultan en el mal uso de explosivos, tiros cortados, tiros sopladados, etc. Y principalmente no obteniendo avances eficientes, se probaron diferentes posibles soluciones para reducir la presencia de agua en cada uno de los taladros, utilizando emulsión explosiva y que los usos de estos incrementan el costo de voladura, por tanto, buscando formas de aislar la carga explosiva del agua se llegó a utilizar y estandarizar el uso de mangas en cada uno de los taladros.

El problema principal es la presencia excesiva de agua en un frente de trabajo y que este no permite obtener longitudes de avance eficientes en la construcción de rampas negativas como es el caso de la RP – 565 considerada el acceso más importante dentro de la mina,

así como el mal uso de explosivos, cantidad de explosivo por taladro y la presencia de agua en cada taladro por ser taladros inclinados negativos realizándose una mala evacuación del agua en cada taladro por parte del personal encargado del carguío de explosivos.

La perforación de un frente se realiza con equipos mecanizados utilizando principalmente el agua como agente de reducción de polvo, evacuación de detritos, enfriamiento de la broca, etc., Que por ser labores inclinadas las aguas se depositan en dichas labores, así como en cada taladro ocupando el agua 1/3 de la longitud del taladro y que a esto se suman la presencia de aguas subterráneas incrementando aún más la presencia de agua.

Antes del carguío de explosivos de un frente se realiza el sopleteo de cada taladro con aire comprimido reduciendo así la presencia de agua pero que por factores permeables y por la inclinación que tiene los taladros se sigue teniendo la presencia de agua que afecta a toda la carga explosiva y que derivan en tiros soplados ,tiros cortados, generando secciones irregulares, mala granulometría del material roto, en algunos casos se realiza voladuras secundarias que incrementan el costo de voladura, mal uso de explosivos y principalmente teniendo malos resultados en lo que viene a ser la longitud de avance por disparo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la longitud de avance de la Rampa 565 mejorando la voladura de la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochiri - Lima?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo es el diseño de la carga explosiva adecuada para mejorar la voladura?
- ¿Cuál es costo de la carga explosiva para la voladura?
- ¿Cuál es el procedimiento adecuado de la colocación de la carga explosiva para la voladura?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Mejorar la longitud de avance de la Rampa 565 de la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochiri – Lima.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar la carga explosiva adecuada para mejorar la voladura.
- Determinar el costo de la carga explosiva de la voladura.
- Determinar el procedimiento adecuado de la colocación de la carga explosiva para la voladura.

1.4. Justificación de la investigación

En toda actividad minera se busca siempre el mejoramiento en cada operación unitaria por tanto una buena longitud de avance en la construcción de una rampa, así como el buen uso de explosivos generan resultados satisfactorios para una empresa con visiones en una mejora continua.

Utilizando una forma de disminuir, reducir la presencia de agua en la voladura de rocas generara resultados óptimos en la longitud de avances en la construcción de rampas con la cantidad adecuada de explosivos, reduciendo el costo de voladura, cantidad de explosivos, secciones más definidas, etc.

En toda empresa minera se busca reducir los costos de operación obteniendo resultados satisfactorios, por tanto, el avance en la longitud de una labor principal es muy importante realizar su construcción en menor tiempo de lo planificado, lo cual conlleva alcanzar objetivos diarios satisfactorios para la empresa.

El desarrollo permitirá:

- Optimizar la longitud de avances.
- Usar adecuadamente la cantidad de explosivos.
- Crear secciones con contorno más definidas en una labor minera.
- Crear frentes regulares que permitan un buen trabajo de perforación

1.5. Delimitación de la investigación

1.5.1. Delimitación temporal

El periodo de la investigación corresponde al año 2018.

1.5.2. Delimitación espacial

La investigación está comprendida entre los Distritos de Chilca y Yauli, Provincia de Huarochiri y Yauli y departamento de Lima y Junín, dentro de la Compañía Minera Casapalca S.A.

1.6. Hipótesis de la investigación

1.6.1. Hipótesis general

- Con la mejora de la voladura se mejoró la eficiencia de en la longitud de avance de la Rampa 565 de la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochiri – Lima.

1.6.2. Hipótesis específicas

- Con el diseño adecuado de la carga explosiva utilizando el accesorio Cartuflex antiestático Termofusionado se ha mejorado la longitud de avance.
- Con el nuevo diseño de carga explosiva con el accesorio Cartuflex antiestático Termofusionado se redujo los costos de voladura.
- Se ha implementado un procedimiento adecuado para la colocación de la carga explosiva para la voladura.

1.7. Variables e indicadores

1.7.1. Variables

1.7.1.1. 8.1. Variable independiente (X)

- Diseño de carga explosiva

1.7.1.2. 8.2. Variable dependiente (Y)

- Longitud de Avance de la Rampa 565

1.7.2. Matriz de operacionalización

VARIABLE		DIMENSIONES	INDICADORES	MEDIDA
INDEPENDIENTE	Diseño de carga explosiva (X)	Explosivos	Dinamitas	Kg
			ANFOS	Kg
			Gelatinas	Kg
		Accesorios de voladura	Cordones, Mecha rápida y de seguridad	m
			Fulminantes	Und
			Cartuflex Termofusionado	m
DEPENDIENTE	Longitud de Avance de la Rampa 565 (Y)	Longitud de taladro	Distribución de taladros	Und
		Avance por disparo	Geo mecánica	RMR

1.8. Metodología de la investigación

1.8.1. Tipo de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo, no experimental, debido a no se manipulan las variables. Es decir, se trata de estudios que no hacen variar la forma intencional de las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables (Hernández, 2016).

1.8.2. Nivel de investigación

La investigación es de nivel de análisis descriptivo, el cual plantea las propiedades y características. El nivel de investigación responde al proyecto de investigación basándose en el análisis descriptivo, el cual tiene la finalidad de plantear propiedades y características de conceptos, fenómenos, variables o hechos en un contexto determinado. Es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. (Hernández, 2016).

1.8.3. Población y muestra

1.8.3.1. Población

La población objetiva de este proyecto de investigación es la Cía. Minera Casapalca, en la Rampa negativa RP-565 en la zona de cuerpos mineralizados donde se desarrolla las rampas negativas para acceder a las reservas minables.

1.8.3.2. Muestra

Para la determinación de la muestra tomaremos la Rampa Negativa 565 donde se desarrollará la investigación.

1.8.3.3. Tipo de muestra

El tipo de muestra a utilizarse es en base a un muestreo no probabilístico porque los datos obtenidos de la investigación son generados en base al criterio del investigador, al momento de aplicar los instrumentos de recolección de datos; que suponen un procedimiento de selección orientado por las características y contexto de la investigación. (Hernández, 2016).

El tipo de muestra estará constituida la Rampa Negativa 565 para mejorar el avance en la Cía. Minera Casapalca,

1.9. Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante el cateo y seguimiento diario y presencial en el frente de trabajo, Rampa 565, tomando de esta manera los datos obtenidos en fichas de observación antes y después de cada proceso del cual lleva construir una rampa, teniendo en cuenta el tamaño de la población, los recursos con los que se cuente y la oportunidad para la obtención de los datos.

Estas fichas de observación son los instrumentos que fueron elaborados especialmente para las anotaciones de los datos de avances, perforación, consumo de explosivos, accesorios, etc.

1.10. Técnicas de procesamiento de información.

Una vez recolectado los datos, estos serán procesados de acuerdo al análisis de eficiencias de voladuras de roca, para mejorar el avance de la rampa negativa 565, para obtener los resultados que se requieren para el análisis de datos.

1.11. Técnicas de análisis de datos

Para el análisis de los datos, se evaluará los datos, tanto estos serán desarrollados gráficamente para identificar las tendencias y los patrones que de algún modo no estaría claros. Para el caso de la investigación se utilizará hojas de cálculos Excel, diseño de planos en AutoCAD, para analizar los datos recolectados.

CAPITULO II:

II. MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Sanchez Villarreal (2012), en la Tesis, “*OPTIMIZACIÓN EN LOS PROCESOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN EL AVANCE DE LA RAMPA EN LA MINA BETHZABETH*” Ecuador, Universidad Central del Ecuador.

Con el objetivo de Optimizar los Procesos de Perforación y Voladura en el avance de la rampa en la Mina Bethzabeth de la Empresa Minera ELIPE S.A., llego a la conclusion de que el análisis efectuado a la malla de perforación que actualmente se aplica para el franqueo de la Rampa de acceso a las vetas Sucre y Tres Diablos de la concesión Bethzabeth, demostró falencias en el número de taladros, cantidad de carga, velocidad de detonación, avance de la frente y tiempo destinado a las labores de barrenación y cargado de sustancia explosiva y con ellas en el costo de explotación. Asi como, los resultados de los ensayos de compresión simple (789.43, 972.03 y 1020.24 kg/cm²), efectuados a muestras de roca que atraviesa la Rampa, demuestran que la resistencia de estas rocas aumenta a medida que ésta se profundiza. De igual manera el RQD del macizo rocoso que atraviesa la Rampa, se lo determinó en base al análisis de 75.22 m de testigos de perforación a diamantina, parámetro que alcanzó el 85.10%, valor que se ubica dentro del rango 80 – 100, por lo que se lo califica como MUY BUENO.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Arotaipe Maina, (2019), en la Tesis, “*MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN AVANCES EN FRENTES APLICANDO PHVA EN MINERA ARCATA- RAMPA NEGATIVA ROSALIA*” Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Peru.

Con el objetivo de Aplicar Técnicas del PHVA para incrementar la productividad en avances en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalia al Controlar dirección y paralelismo de taladros y hacer seguimiento a las mallas de perforación ya definidas para incrementar la productividad en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalia, llego a la conclusion de Que el punto con mayores problemas en la ejecución del ciclo de minado fue en la perforación (falta de pintado de malla y línea centro, corona sin taladros de alivio) y voladura (falla en el carguío y distribución de salida).en el que involucra el Hacer, Verificar y Actuar. En el resto de actividades unitarias se cumple el PHVA. Asi como, la Mejora Continua y Control de Calidad se ejecutó en el Hacer, Verificar y Actuar del PHVA en el ciclo de minado que involucra la perforación y voladura por lo que se incrementó los Avances de un 83.33% (2.5m/disp.) a un 96% (2.9-3m/disp). Del mismo modo, que la Mejora Continua y el Control de Calidad en el proceso del ciclo hacer, Verificar y Actuar del PHVA en el ciclo de minado que involucra la perforación y voladura, elimina voladuras secundarias y minimiza las sobreroturas en la sección en un 80% (4.75x4.30 a 4.55x4.05).

Morales Garcia (2020), en la Tesis, “*DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA OPTIMIZAR EL AVANCE EN LA RAMPA NEGATIVA 940 DE SOCIEDAD MINERA AUSTRIA DUVAZ S. A. C.*” *Universdiad Continental, Huancayo, Peru.*

Con el objetivo de Evaluar cómo influirá la aplicación de una nueva malla de perforación y voladura para la optimización del avance en la rampa negativa 940 – sociedad minera Austria Duvaz S. A. C., llego a la conclusion de que según los resultados obtenidos y la propuesta de un nuevo diseño de malla de perforación, en el que no solo se obtuvo buenas eficiencias de avance, sino que también se dio el inicio a la técnica de la voladura controlada utilizando las cantidades adecuadas para cada taladro con resultados satisfactorios; asimismo, se pude disminuir el consumo de los explosivos, se controló la rotura del contorno de la labor. Asi como, los resultados que obtenidos con la nueva malla

de perforación y voladura fueron positivos y esperados. El avance por disparo es de 2.74 metros con una eficiencia de 97.5% en una sección de 3.0m x 3.0m. Para obtener estos resultados se inició una serie de capacitaciones al personal de operaciones, mostrando los antecedentes anteriores de las voladuras, concientizándolos y comprometiéndoles a realizar el nuevo diseño de la malla de perforación. Del mismo modo que, con la aplicación de la nueva malla de perforación y la supervisión rigurosa en el carguío de los taladros de la rampa (-) 940 de sociedad minera Austria Duvaz se tuvo los valores de consumo de los explosivos de 44.09 kg por disparo, con un factor de carga de 16.09 kg/m³; de igual modo, la distribución de los explosivos redujo considerablemente el daño del macizo rocoso ya que se redujo a 36 taladros a 32 taladros en la nueva malla. Estos valores hicieron una reducción de costos de perforación por disparo en la que cumplió un rol muy importante para el desarrollo de la rampa negativa (-)940.

Marin Mallqui, (2021), en la Tesis “*PERFORACIÓN Y VOLADURA CONTROLADA PARA MEJORAR AVANCE Y SOBROTURA EN PROFUNDIZACIÓN DE LA RAMPA PATRICK V - MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.*” *Universidad del Centro del Peru, Huancayo, Peru.*

En la mayoría de las minas del Perú se está observando el cambio de la minería convencional hacia la minería mecanizada. Con la minería convencional se realizaba la profundización de las labores de explotación con el uso de piques, generalmente. Ahora con minería mecanizada la profundización se realiza mediante la ejecución de rampas con pendiente negativa.

La realización de las rampas de profundización tiene muchos inconvenientes, tales como la presencia de agua, que se acumula en los frentes y tiene que ser evacuada con bombas antes de la etapa de la perforación, la perforación tiene que ser precisa para evitar sobre rotura y disminuir el consumo de los elementos de sostenimiento, shotcrete, etc.

En el caso de la profundización de la Rampa Patrick V en la Zona Valeria, de la Veta Daniela, que se encuentra dentro de la Unidad Minera Retamas, además de los inconvenientes señalados se tiene la presencia de la explosión de las rocas debido a la presencia de grandes esfuerzos verticales, por lo que antes de realizar la perforación del frente de la rampa, una guardia antes se realiza la perforación de 3 taladros para evitar tal ocurrencia.

En consecuencia, se ha realizado una investigación con la finalidad de determinar el modo en que el diseño de nuevas mallas de perforación y voladura controlada, considerando las características geomecánicas de la zona, se puede redistribuir los taladros con carga explosiva e incrementar la cantidad de taladros sin carga en los contornos para la disminución de la sobrerotura, pero, asegurando a su vez el cumplimiento del indicador de avance por disparo para cumplir con la programación de los avances.

El trabajo de investigación permitió mejorar los indicadores propuestos como línea base, porque se realizó la perforación y voladura controlada de acuerdo a los estándares y PETS establecidos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Rampas en Minería Subterránea

Para el minado sin rieles, las rampas consisten en galerías inclinadas con una gradiente tal que permitan la intercomunicación entre labores con diferente cota y con la superficie, con una amplia sección de manera que facilite el desplazamiento de maquinaria, equipos, personal y materiales que necesiten actuar dentro de la mina; convirtiéndose así en la principal labor auxiliar dentro de la explotación.

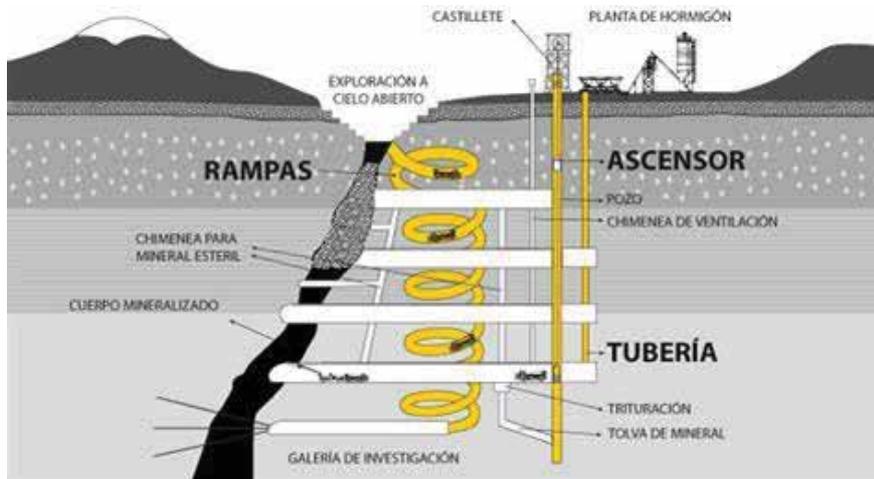
Dependiendo de la ubicación de cada una de las rampas, de acuerdo a las actividades a desarrollarse en las mismas y los equipos que pueden actuar, será su diseño y construcción.

Son labores de acceso hacia los niveles de explotación, tiene una sección de 4.5*4 m. con gradientes que varía de 12% a 15%, con un radio de curvatura que varían de 10% a 12%. Tienen como punto de inicio el nivel 4 de donde se realizan en forma ascendente, positiva y en forma descendente, negativa.

2.2.1.1. Tipos de Rampas

A) Tipo espiral

Imagen 1: Rampa Tipo Espiral



Fuente: Manual Diseño de Rampas

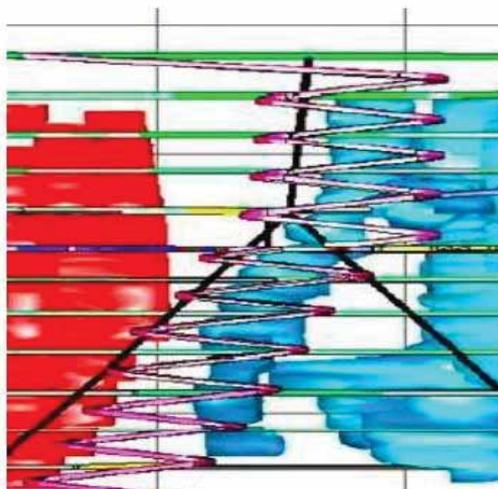
Es un sistema que une 2 niveles, se realiza dentro del yacimiento, en este circula todo el equipo motorizado, nos sirve como medio de transporte y llevar la secuencia de minado.

En los extremos de esta rampa se hacen ventanas, para las operaciones de minado

Una rampa en espiral puede tener desventajas Como poca visibilidad a los conductores, baja seguridad al personal y equipos, así como mayor desgaste en los equipos que transitan por este tipo de rampas. Una rampa de tipo espiral puede emplear solo hasta diferencia de altura de 50 m entre los extremos de la rampa

B) Forma de zig – zag

Imagen 2: Rampa Tipo Zigzag



Fuente: Manual Diseño de Rampas

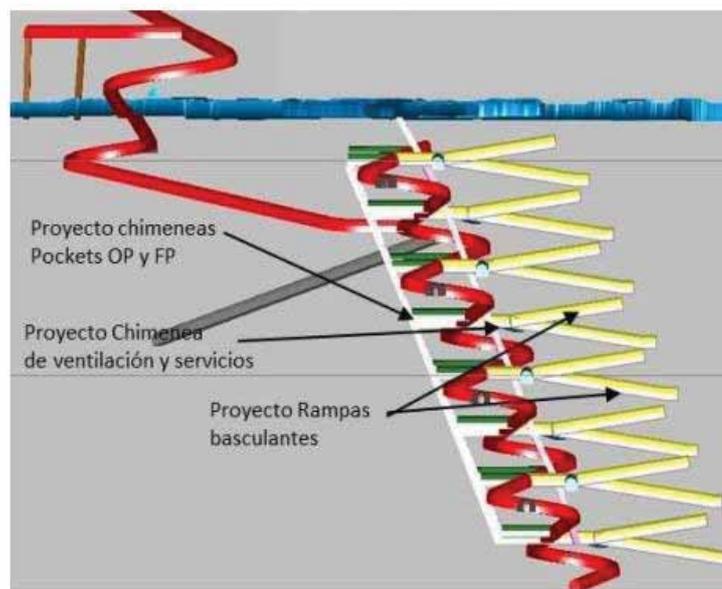
Las rampas del tipo de zigzag se construye por lo general desde la superficie tiene a un lado de la superficie a un costado de la zona mineralizada. La rampa entra con una pendiente en promedio de 12 % y llega a disminuir dicha pendiente en las curvas. Este tipo de rampas se construye en material estéril o rocas duras y competentes. Se debe construir casi paralela a la dirección del yacimiento de preferencia en la caja piso.28 24

Figura 2: Rampa tipo zigzag. Estas rampas se utilizan especialmente para el servicio, transporte de maquinarias, materiales y para conectar diferentes puntos de trabajo como: Desarrollos de nuevos niveles, tajeos, zonas de carguío de minerales y otros.

C) Basculante

Son accesos y/o especie de cortada a la veta (tajo), el cual se inicia con un piso inicial en gradiente negativa de menos 15 %, el que será rebatido de acuerdo a los cortes que sean necesarios, hasta llegar a un piso28 25 final de gradiente de 15 %, o dependiendo del equipo a utilizarse o de la distancia de la basculante.

Imagen 3: Rampa Tipo Basculante



Fuente: Manual Diseño de Rampas

2.2.1.2. Construcción de una rampa

Para la construcción de una rampa negativa se debe seguir una secuencia, tales como:

- a) Desagüe.
- b) Perforación.
- c) Voladura.
- d) Ventilación.
- e) Carguío.
- f) Transporte.

2.2.1.3. Características de rampa

Las rampas deben cumplir con una serie de características físicas o condiciones funcionales, de acuerdo a su labor propia para permitir la completa libertad de accionamiento a través de ellas y la mayor eficiencia, entre estas características se tiene:

2.2.1.3.1. Sección

La sección del frente debe satisfacer las necesidades según sean las actividades a desarrollarse en la misma, condicionada con las especificaciones técnicas de los equipos que las utilizaran. Así pues, en el caso de una labor de acceso principal se contará con un diseño de amplias dimensiones tal que sea posible transitar con vehículos de transporte, equipos de trabajo. etc.

2.2.1.3.2. Gradiente

Se define como gradiente de operación a la máxima pendiente que pueden tener las rampas para que la maquinaria opere en ellas con la mejor eficiencia. Obviamente todo equipo de sus mayores rendimientos en superficies horizontales, pero para los casos de rampas, los estudios hechos muestran que las minas en operación adoptan como gradiente optima 10%, pudiéndose aumentar hasta el 15% sin repercusiones extremas y condicionados a las exigencias de las labores.

2.2.1.3.3. Superficie de rodamiento

La calidad del piso de las rampas es fundamental para las operaciones, pues de su consistencia, uniformidad y mantenimiento depende mucho la buena marcha de las mismas.

En lo posible se debe tratar de mantener una superficie homogénea, y si las condiciones lo permiten, una estructura definitiva por ejemplo concreto, para evitar serios problemas como desgaste excesivo y no uniforme en las llantas, constante patinamiento, presiones incorrectas, deslizamientos, etc.

Estas superficies deben estar en constante supervisión para que no se presenten acumulaciones de material, y que el declive sea adecuado para que el agua presente siempre vaya a las cunetas o canales de recolección.

2.2.1.3.4. Drenaje

El control del agua dentro de las rampas es de mucha importancia puesto que así se logra un mejor mantenimiento y una superficie más segura.

Una cuneta lateral será necesariamente para conducir el agua presente en la rampa misma junto con los accesos directos, y sus dimensiones aumentaran con la mayor presencia de líquidos.

Los canales transversales a distancias regulares serán puestos de acuerdo a las condiciones de humedad siendo por lo general cada 15 – 20 metros, los que con el declive superficial impedirán la posición del agua sobre el piso mismo.

2.2.1.4. Geo mecánica de rampa

El diseño de excavaciones subterráneas depende de muchos factores, como la técnica de clasificación de la masa rocosa, esta ayuda en el diseño preliminar de la excavación de la labor y a elegir el sistema de sostenimiento. En esta investigación damos a conocer las clases de roca que se considera la presencia de agua para mejorar en el avance de la rampa. El diseño y construcción de obras subterráneas tales como una rampa tiene generalmente dos fases: La primera supone condiciones del espacio subterráneo de acuerdo a investigaciones básicas (mapeo geológico geotécnico a partir de estaciones geomecánicas, geofísica y sondajes) y define antes de la construcción un plan de acciones. La segunda fase de diseño se ejecuta durante la construcción, con base en las condiciones encontradas durante el proceso de excavación. El análisis geomecánico y estabilidad de la rampa, empieza en la recolección sistemática y representación de datos geológicos y geotécnicos.

Las estructuras de deformación de los macizos rocosos van a condicionar la estabilidad geo mecánica de estos frente a las posibles modificaciones de su estado tensional derivadas de las diferentes actividades de la ingeniería.

2.2.1.5. Diseño de rampa

En la minería subterránea las rampas son labores permanentes similares a las galerías, pero con una variación en la inclinación siendo positiva y negativa, permitiendo servir de entrada principal a una mina y dando acceso a los diferentes niveles de trabajo que están en distintas cotas, permitiendo el acceso para equipos y maquinarias pesadas (perforación, transporte, relleno, sostenimiento) sobre llantas a interior mina desde la superficie o entre los niveles, de igual modo permite la extracción del mineral por medios rápidos y flexibles con equipos de bajo perfil, para diseñar y construir una rampa, debemos considerar parámetros como:

Para la Construcción de la Rampa 565 se deben considerar las características técnicas del diseño de Rampas que son:

- Longitud total de Rampa
- Gradiente de Rampa
- Radio de Curvatura de Rampa
- Sección de la Rampa
- Pendiente de la Rampa
- Desnivel de Rampa
- Diseño de cámaras de acumulación
- Tipo de Rampa

2.2.2. Perforación

La perforación de las rocas dentro del campo de la voladura es la primera operación que se realiza y tiene como finalidad de crear cavidades con características específicas en frentes de perforación.

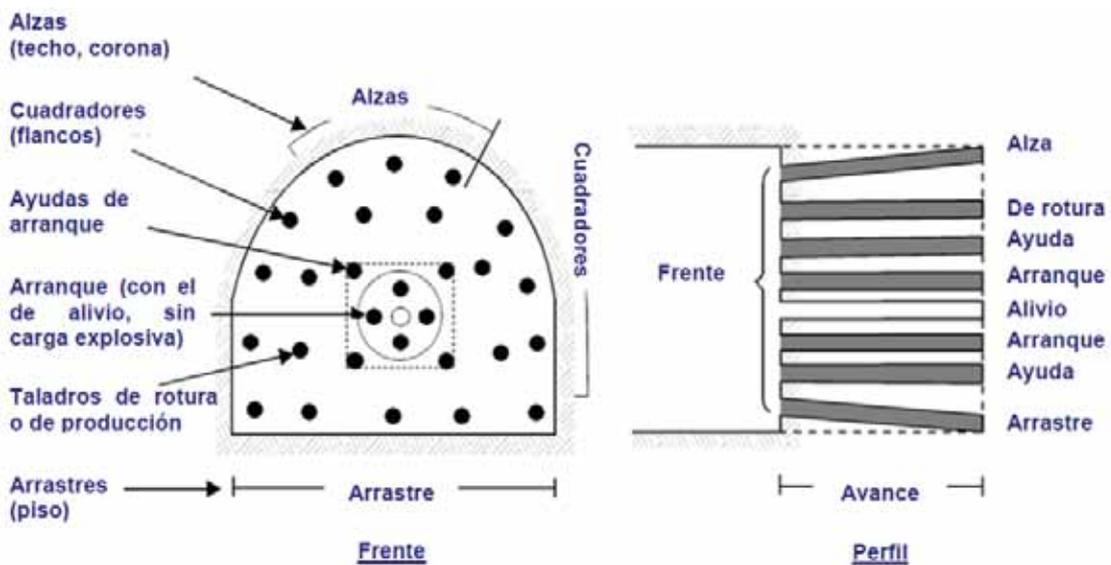
Estas cavidades están creadas con el fin de generar espacios vacíos en las que se cargara de material explosivo para su detonación y posterior remoción.

2.2.2.1. Distribución de taladros

Según EXSA, Se realiza con taladros paralelos o taladros en ángulo, atacando directamente al frontón o cara libre frontal con el principio de túnel (banco circular), con

un grupo de taladros de arranque que formarán una cavidad inicial, seguida del resto de taladros de rotura distribuidos alrededor del arranque, delimitándose la sección o área del frontón con los taladros periféricos. Sección o área del frontón con los taladros periféricos. La profundidad del avance (longitud de los taladros) está limitada por el ancho de la sección. La denominación de estos taladros es la siguiente:

Imagen 4: Distribución de taladros



Fuente: EXSA

2.2.2.2. Cálculo de taladros

El número de taladros requeridos para una voladura subterránea (frentes) depende de tipo de roca a volar, del grado de confinamiento del frente, del grado de fragmentación que se desea obtener y de diámetro de la broca de perforación disponible, factores que individualmente pueden reducirse o ampliar la malla de perforación y por consiguiente aumentar o disminuir el número de taladros calculados teóricamente, influyen también la clase de explosivos y el método de iniciación a emplearse.

Se puede calcular el número de taladros en forma aproximada mediante las siguientes formulas empíricas.

Tabla 1: Factores y coeficiente de rocas

Tipo de roca	Distancia entre taladros (m) (c)	Coeficiente de roca (m) (k)
roca dura	0.5 - 0.55	2.0
roca semidura	0.6 - 0.65	1.6
roca blanda	0.7 - 0.75	1.0

Fuente: Manual de voladura de rocas

Fórmula de cálculo de taladores

$$N^{\circ}Tal = \left(\frac{P}{dt}\right) + (C * S)$$

Donde:

N° Tal : Numero de taladros

P : Perímetro de la sección de la rampa - m

dt : Distancia entre los taladros según tabla anterior - m

C : Coeficiente de factor de roca

S : Sección de la rampa – m²

2.2.2.3. Distancia entre taladros

Normalmente varían de 15 a 30 cm entre los arranques, de 60 a 90 cm entre los de ayuda, y de 50 a 70 cm entre los cuadradores. Como regla práctica se estima una distancia de 2 pies (60 cm) por cada pulgada del diámetro de la broca. Los taladros periféricos (alzas y cuadradores) se deben perforar a unos 20 a 30 cm del límite de las paredes de la rampa para facilitar la perforación y para evitar la sobre rotura. Normalmente se perforan ligeramente divergentes del eje de la rampa para que sus topes permitan mantener la misma amplitud de sección en la nueva cara libre a formar.

2.2.2.4. Longitud de taladros

Para la longitud de los taladros se deberá tomar en cuenta la longitud de la barra de perforación del equipo el cual determinara la longitud de perforación.

2.2.2.5. Avance por disparo

Está estimado por el diámetro del taladro de alivio y la desviación de los taladros cargados, siempre y cuando que esta última se mantenga por debajo del 2% de los avances medios, donde “I” debe llegar al 95% de la profundidad del taladro. Siendo esta la premisa utilizaremos la siguiente fórmula para estimar el resultado.

$$I = 0.95 * L$$

I = avance de la voladura.

L= profundidad de los taladros a perforarse (m)

Porcentaje de avance por disparo en el túnel

El avance está restringido por el diámetro del taladro vacío y por la desviación de los taladros, el avance que se desea obtener por disparo debe ser mayor al 90 % de la profundidad del taladro. El avance por disparo (H) expresado como una función del taladro vacío es expresado por la siguiente fórmula.

$$H = \frac{LD}{LP} * 100\%$$

Donde:

H = avance

LD = avance por disparo

LP = longitud de perforación

2.2.3. Voladura

Se define al fracturamiento de las rocas como consecuencia de la acción de una mezcla explosiva que actúa frente a un macizo rocoso.

Será una buena voladura si se consigue una buena uniformidad y un buen grado de fragmentación de tal manera de obtener una alta producción y productividades de todas las operaciones mineras unitarias que componen el ciclo de minado y un costo mínimo de operación.

2.2.3.1. Propiedades generales de explosivos

2.2.3.1.1. Velocidad de detonación

Es la medida de la velocidad con la que la onda de choque viaja a través de una columna de explosivo. Se puede decir también, es la velocidad de liberación de energía de explosión.

2.2.3.1.2. Fuerza o potencia

Es la acción o el empuje que producen los gases de explosión, se miden en porcentajes comparando con el explosivo base. En otros términos, diríamos que se refiere al contenido de un explosivo o el trabajo de que es capaz de efectuar sobre la roca.

2.2.3.1.3. Poder rompedor

Es el efecto demoledor que produce la carga en la roca para iniciar la trituración. Mientras más alta sea la densidad de la carga y la velocidad de detonación mayor será el efecto demoledor.

2.2.3.1.4. Densidad

El fin que se persigue al tener explosivos de diferentes densidades es permitir concentrar o distribuir cargas a voluntad. En la misma clase de explosivos, mientras mayor sea la densidad, mayor será la velocidad de detonación. Fragmentación fina, requiere un explosivo de alta densidad, mientras que en rocas donde la fragmentación no es necesaria, un explosivo de baja densidad será suficiente.

2.2.3.1.5. Resistencia al agua

Es su habilidad de resistir un prolongado contacto con el agua, sin deteriorarse ni perder sus características principales (velocidad de detonación, fuerza y poder rompedor), lo que depende de su composición.

En trabajos donde exista la presencia de agua es inevitable la recomendación de explosivos que tengan buena resistencia al agua, por lo menos 4 horas.

2.2.3.1.6. Resistencia a la congelación

Normalmente los explosivos se vuelven más duros a temperaturas bajas. Todas las dinamitas gelatinosas se endurecen con el ambiente frío y tanto ellas como cualquier

dinamita granular que contiene nitrato de amonio, puede endurecerse con el resultado de la absorción de la humedad del medio ambiente y cambio de temperatura.

2.2.3.1.7. Detonación por simpatía

Es la explosión inducida por un cartucho cebado a otro que esta próximo. En dinamitas sensibles esta transmisión de detonación puede sobrepasar varios centímetros de distancia. Esta propiedad es muy importante en la relación con las distancias de seguridad que deben existir entre polvorines y edificaciones; además es un factor muy importante para asegurar en frontones, la continuidad de explosivos dentro del taladro. El grado de esta detonación varia, si entre los dos cartuchos existe aire, agua o arena.

2.2.3.1.8. Sensitividad

La sensitividad de un explosivo está definido por la cantidad de energía que necesita un explosivo para detonar eficientemente. Algunos explosivos requieren de muy poca energía para detonar confiablemente.

2.2.3.1.9. Sensibilidad

Definimos a la mayor o menor facilidad que tiene un explosivo para ser detonado. Consideramos a un explosivo muy sensible cuando estallan sin fallas al detonador y a la onda explosiva que se produzca en sus cercanías.

2.2.3.2. Clasificación de explosivos

En forma general los explosivos se clasifican en dos grandes grupos:

- Militar: Explosivos fabricados y destinados exclusivamente a la destrucción
- Industrial: Son los explosivos empleados para realizar diferentes tipos de trabajo, tanto en la minería como en las obras de ingeniería civil.

2.2.3.2.1. Tipos de explosivos para ejecutar una rampa

- **Nitrato Amónico**

El Nitrato Amónico (NH_4NO_3) es una sal inorgánica de color blanco cuya temperatura de fusión es $160,6^\circ\text{C}$. Aisladamente, no es un explosivo, pues sólo adquiere tal propiedad cuando se mezcla con una pequeña cantidad de un combustible y reacciona violentamente con él aportando oxígeno. Frente al aire que contiene el 21% de oxígeno, el NA posee el

60%. Aunque el NA puede encontrarse en diversas formas, en la fabricación de explosivos se emplea aquel que se obtiene como partículas esféricas o prills porosos, ya que es el que posee mejores características para absorber y retener a los combustibles líquidos y es fácilmente manipulable sin que se produzcan apelmazamientos y adherencias.

La densidad del NA poroso o a granel es aproximadamente 0,8 g/cm³, mientras que las densidades de las partículas del NA no poroso se acercan a la de los cristales (1,72 g/cm³), pero con valores algo inferiores (1,40-1,45 g/cm³) debido a la micro porosidad.

- **ANFO**

En 1947 tuvo lugar una desastrosa explosión de Nitrato Amónico en Texas City (Estados Unidos), ya que esa sustancia se había intentado proteger con "parafinas, y sólo un 1% de ésta ya constituía un buen combustible sensibilizantes del NA.

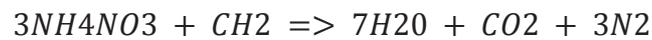
Aparte de la propia catástrofe, este hecho hizo "centrar la atención de los fabricantes de explosivos en el potencial energético del NA y de sus posibilidades como explosivo dado su bajo precio.

Cualquier sustancia combustible puede usarse con "el NA para producir un agente explosivo. En Estados Unidos a finales de los años 50 se empleaba polvo de carbón pero, posteriormente, fue sustituido por "combustibles líquidos ya que se conseguían mezclas más íntimas y homogéneas con el NA. El producto que más se utiliza es el gas-oíl, que frente a otros "líquidos como la gasolina, el keroseno, etc., presenta la ventaja de no tener un punto de volatilidad tan bajo y, por consiguiente, menor riesgo de explosiones de vapor.

Los aceites usados se han aprovechado también como combustible, pero tienen los inconvenientes de reducir la sensibilidad a la iniciación y propagación, la velocidad de detonación y el rendimiento energético.

Debido a sus altas viscosidades tienden a permanecer en la superficie de los gránulos de NA ocupando los macro poros. Actualmente, no está justificado desde un punto de vista económico la sustitución total o parcial del gas-oil por aceites usados debido a los inconvenientes que entrañan estos pro- J ductos.

El contenido de combustible juega un papel importantísimo sobre las diferentes propiedades del J ANFO. La reacción de descomposición del sistema equilibrado en oxígeno es:



Produciendo unas 920 kcal/kg, que puede ser inferior en los productos comerciales según el contenido en materias inertes, y un volumen de gases de 970 l. La mezcla estequiometría corresponde a un 95,3% de NA y un 5,7% de gas-oíl, que equivalen a 3,7 litros de éste último por cada 50 kg de NA.

Imagen 5: ANFO EXAMON-P



Fuente: EXSA

- **HIDROGELES**

Los hidrogeles son agentes explosivos constituidos por soluciones acuosas saturadas de NA, a menudo con otros oxidantes como el nitrato de sodio y/o el de calcio, en las que se encuentran dispersos los combustibles, sensibilizantes, agentes espesantes y gelatinizantes que evitan la segregación de los productos sólidos.

El desarrollo de estos explosivos tuvo lugar a finales de la década de los 50 cuando Cook y Farnam consiguieron los primeros ensayos positivos con una mezcla del 65% de NA, 20% de Al y 15% de agua.

Imagen 6: HIDROGEL RIOGEL



Fuente: RIOGEL

- **EMULSIONES**

Este grupo de explosivos, que es el de más reciente aparición en el mercado, mantiene las propiedades de los hidrogeles ya citados, pero a su vez mejora dos características fundamentales como son la potencia y la resistencia al agua.

El interés de estos productos surgió a comienzos de la década de los 60, cuando se investigaban las necesidades básicas de un explosivo para que se produjera el proceso de detonación combinando una sustancia oxidante con un aceite mineral. Estos constituyentes han permanecido químicamente invariables durante muchos años (nitrato amónico + gas oil), pero, sin embargo, la forma física ha cambiado drásticamente.

Imagen 7: EMULSION EMULNOR



Fuente: FAMESA

Tabla 2: Resumen de Explosivos

EXPLOSIVO	OXIDANTE	COMBUSTIBLE	SENSIBILIZANTE
DINAMITAS	SOLIDO Nitratos	SOLIDO Materias absorbentes (sensibilizantes)	LIQUIDO Nitroglicerina Gasificantes
ANFOS	SOLIDO Nitratos	LIQUIDO Aceites	Poros
HIDROGELES	SOLIDO/LIQUIDO Nitratos Soluciones salinas	SOLIDO/LIQUIDO Aluminio Sensibilizante	SOLIDO/LIQUIDO TNT NMMA, MAN Aluminio en polvo, Gasificantes
EMULSIONES	LIQUIDO Soluciones salinas	LIQUIDO Aceites Parafinas	Gasificantes

Fuente: Manual de perforación y voladura (López Jimeno)

Tabla 3: Dimensiones de oxidantes de explosivos

EXPLOSIVO	TAMAÑO (mm)	ESTADO	VELOCIDAD DE DETONACION (km/s)
ANFO	2	Sólido	3,2
DINAMITA	0,2	Sólido	4,0
HIDROGEL	0,2	Sólido/Líquido	3,3
EMULSION	0,001	Líquido	5,0-6,0

Fuente: Manual de perforación y voladura (López Jimeno)

- **EXPLOSIVOS GELATINOSOS**

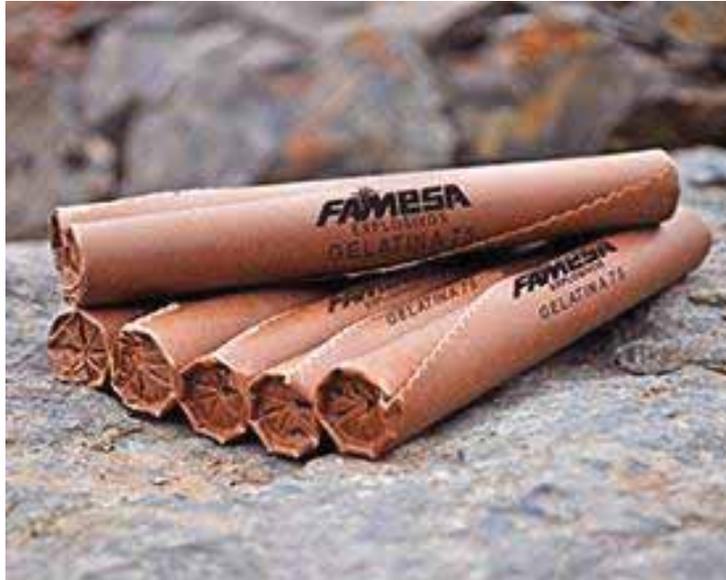
Alfred Nobel en 1875 descubrió que una gran cantidad de nitroglicerina (NG) podía disolverse y quedar retenida en nitrocelulosa (NC), obteniéndose un producto con consistencia plástica de fácil uso y manipulación en aquella época. Esa gelatina explosiva formada por el 92% de NG y el 8% de NC tenía un balance de oxígeno nulo y desarrollaba una energía incluso superior que la NG pura.

Posteriormente, con intención de reducir la potencia de esa mezcla explosiva se añadieron sustancias oxidantes y combustibles, en las proporciones adecuadas para mantener el balance de oxígeno, de manera que además de reducir considerablemente el coste de fabricación se conservaba la consistencia gelatinosa.

Así, el porcentaje de NC-NG de las gelatinas explosivas actuales oscila entre el 30 y el 35%, y el resto corresponde a los oxidantes como el nitrato amónico, a los combustibles

y a otros productos especiales que sirven para corregir la higroscopicidad de los nitratos. A pesar de la pequeña cantidad de NG, las potencias resultantes no son tan bajas como parecerían a simple vista, pues se alcanzan niveles próximos al 80% de la goma pura.

Imagen 8: Dinamita gelatinosa - Famesa



Fuente: FAMESA

2.2.3.3. Accesorios de voladura

Paralelamente a la evolución de los explosivos los accesorios de iniciación han sufrido desde los años cuarenta un fuerte desarrollo tecnológico con el que se ha intentado alcanzar los siguientes objetivos:

- La iniciación energética de los explosivos de las últimas generaciones, mucho más insensibles que las dinamitas clásicas, pero también más seguros.
- El control de los tiempos de iniciación para mejorar la fragmentación.
- La reducción del nivel de vibraciones, onda aérea y proyecciones producidas en las voladuras.
- El cebado puntual, en fondo o en cabeza del barreno, o el cebado lineal de toda la columna de explosivo.
- La mayor rapidez y flexibilidad de las operaciones de arranque manteniendo un elevado grado de seguridad para el personal e instalaciones.

2.2.3.3.1. Mecha de seguridad

La MECHA DE SEGURIDAD es un accesorio de voladura, cuya función es iniciar el Fulminante Común fijado en uno de sus extremos. Posee varias capas de diferentes

materiales para cubrir el reguero de pólvora, las cuales -incluyendo el recubrimiento final con material plástico- aseguran una excelente impermeabilidad y resistencia a la abrasión, aún en las condiciones más exigentes, además que minimizan la producción de chispas laterales.

Imagen 9: Mecha de seguridad - Safety Fuse



Fuente: Famesa

Tabla 4: Características técnicas mecha de seguridad

Color de recubrimiento de plástico	Blanco
Núcleo de pólvora (g/m)	6
Tiempo de combustión a.n.m. (s/m)	150 A 165
Longitud de la chispa a.n.m. (mm)	50
Diámetro externo (mm)	5,2
Impermeabilidad	Muy buena
Resistencia a la tensión durante 3 minutos (kg)	30

Fuente: FAMESA

2.2.3.3.2. Mecha rápida

El uso de la MECHA RÁPIDA conjuntamente con el CONECTOR PARA MECHA RÁPIDA tiene como objetivo principal eliminar el encendido o “chispeo” individual de las “armadas” o “primas”, evitar la exposición del operador a labores con presencia de humos y permitir la evacuación segura del personal ante la posibilidad de una iniciación

prematura, ya que usándola adecuadamente proporciona el tiempo suficiente al operador para retirarse a un lugar seguro.

Imagen 10: Mecha rápida - Famesa



Fuente: FAMESA

Tabla 5: Características técnicas de mecha rápida

	MECHA RÁPIDA Z - 18	MECHA RÁPIDA Z - 19
Color de la mecha rápida	Rojo	Verde
Material de la cobertura exterior	Plástico	Plástico
Peso del material pirotécnico (g/m)	3,4	3,4
Tiempo de combustión a.n.m (s/m)	35	26
Diámetro externo (mm)	1,8	1,8
Peso total (g/m)	6,5	6,5

Fuente: Famesa

2.2.3.3.3. Cordón detonante

Es un accesorio no eléctrico para voladuras, con importantes características como alta velocidad de detonación, facilidad de manipuleo y gran seguridad. Está constituido por un núcleo de pentrita (PETN), el cual está recubierto con fibras sintéticas y forrado con un material plástico. En el caso de los cordones reforzados, se utiliza adicionalmente hilos

y resinas parafinadas para dotar al producto de una mayor resistencia a la abrasión y tracción.

Imagen 11: Cordón detonante - Pentacord



Fuente: FAMESA

Tabla 6: Características técnicas de mecha de seguridad

		3 P	3 PE	5 P	5 PE	8 P	8 PE	10 P	10 PE
Peso de carga	(g/m)	4	4	5	6	8	8	10	10
	(granos / pie)	19	19	24	28	38	38	47	47
Resistencia a la tracción	(kg)	60	70	60	70	60	70	60	70
	(kb)	132	154	132	154	132	154	132	154
Velocidad de detonación	(m/s)	6 800	6 800	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000
	(pie/s)	22 309	22 309	22 965	22 965	22 965	22 965	22 965	22 965

Fuente: Famesa

2.2.3.3.4. Fulminantes

El Fulminante común es un accesorio de voladura constituido por una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en uno de sus extremos, en cuyo interior lleva un explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro secundario de alto poder explosivo.

Imagen 12: Fulminante - Fulmesa



Fuente: Famesa

Tabla 7: Características de fulminantes

DESCRIPCION	FULMINANTE COMÚN N° 6	FULMINANTE COMÚN N° 8
LONGITUD DEL FULMINANTE (mm)	45	45
DIÁMETRO DEL FULMINANTE (mm)	6,3	6,3
PRUEBA DE ESOPO, DIÁMETRO DE PERFORACIÓN (mm)	9,0	10,0
VOLUMEN TRAUZL (cm ³)	20	23
RESISTENCIA A LA HUMEDAD RELATIVA DEL 100% POR 24 HORAS	Detona	Detona
RESISTENCIA AL IMPACTO 2 kg/1m	No Detona	No Detona
SENSIBILIDAD A LA CHISPA DE LA MECHA DE SEGURIDAD	Buena	Buena

Fuente: Famesa

2.2.3.3.5. Carmex

El CARMEX ® ha sido concebido y desarrollado como un seguro y eficiente sistema de iniciación para efectuar voladuras convencionales.

El CARMEX ® es ensamblado por personal especializado, mediante el uso de máquinas fijadoras neumáticas, garantizando con ello la hermeticidad del Fulminante – Mecha de Seguridad – Conector.

Imagen 13: CARMEX - Famesa



Fuente: Famesa

Tabla 8: Características del CARMEX

DESCRIPCION	CARMEX®
COLOR DE RECUBRIMIENTO PLÁSTICO	Verde
NÚCLEO DE PÓLVORA (g/m)	6
TIEMPO DE COMBUSTIÓN a.n.m. (s/m)	150 a 165
LONGITUD DE LA CHISPA a.n.m. (mm)	50
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	5,2
RESISTENCIA A LA TENSIÓN DURANTE 3 MINUTOS (kg)	30

Fuente: Famesa

2.2.3.3.6. Cartuflex Termofusionado

Accesorio de voladura, que sirve para aislar la carga explosiva del contacto con el agua, este tiene la propiedad de ser antiestático, lo cual hace que el accesorio sea seguro para la manipulación de carga explosiva dentro del taladro. Fabricada con una camada de PVC antiestático de color negro con un borde amarillo para la identificación de la presencia de la manguera en ambientes con mucho polvo o en ambientes oscuros.

El Cartuflex Termofusionado es una Manguera PVC (Policloreto de Vinila) Antiestático, son recomendadas para la carga de ANFO (mezcla de nitrato de amonio y gas-oil) en

minas subterráneas o al aire libre. Como el ANFO es un material explosivo, la manguera necesita conducir la electricidad estática generada en el cargamento del ANFO.

La superficie externa es lisa, facilitando el manoseo y evitando el atrito excesivo de la manguera con el agujero hecho por el taladro.

PROPIEDADES:

- Fabricados en material termoplástico Dieléctrico.
- Alta resistencia a la abrasión y rotura.
- Dotada de 2 franjas de color naranja
- Sellado por termofusión en uno de los orificios.
- Certificada por la UNI.
- Desarrollado en función al D.S.055-2010-EM Capítulo IV-Artículo 256

CARACTERISTICAS:

- Material de termoplástico
- Longitud de 2.50m a 4.50m
- Diámetro varían de 2.5cm; 3.0cm; 4.0cm; 4.5cm.
- Uno de los extremos es sellado con tapa del mismo material
- Temperatura de uso de 5°C a 60°C
- Resistencia eléctrica entre 1000 y 30000 ohms por metro

BENEFICIOS:

- Reducción de la carga operante
- Mitiga la energía estática acumulada.
- Impermeabilización del ANFO
- Reducción de costos vs el uso del Emulsión
- Menor tiempo de carguío
- Genera ahorro al NO realizar voladura secundaria, evitando la detención del proceso

Imagen 14: Cartuflex Termofusionado



Fuente: Tubo Therm

2.2.3.4. Diseño de carga explosiva

Los métodos de carga son diferentes para los taladros de distinto diámetro. Por esta razón se acostumbra clasificar los taladros de acuerdo al diámetro, como sigue:

- De tamaño pequeño: 50 mm (< 2") de diámetro.
- De tamaño medio: 50 a 100 mm (de 2" a 4") de diámetro.
- De gran tamaño: 100 mm (> 4") de diámetro, actualmente hasta 15" de diámetro.

Los taladros de pequeño diámetro tienen con frecuencia una profundidad limitada y son empleados principalmente en operaciones menores de voladura de bancos, zanjas, túneles y tajeos de mineral. Su inclinación puede ser vertical descendente hasta vertical ascendente, perforándose mucho los horizontales con máquinas jumbo pequeñas y los inclinados con máquinas manuales. Normalmente son cargados con altos explosivos (dinamitas o emulsiones) empleándose varillas atacadoras de madera para introducirlos y compactarlos en los taladros. Se inician fundamentalmente con mecha-fulminante, detonadores eléctricos y no eléctricos (en general del N° 6 hacia adelante) y se sellan con taco inerte, preferentemente de arcilla.

Los taladros de tamaño medio se emplean mayormente para voladura de producción en minas subterráneas, en canteras y obras civiles perforándolos con máquinas grandes tipo jumbo y con track drills. La inclinación es usualmente vertical o casi vertical descendente,

con una relación 3:1 recomendada para buena fragmentación. Normalmente son cebados con alto explosivo y la carga explosiva principal puede ser de alto explosivo o un agente de voladura normalmente granular. Si no son demasiado profundos pueden cargarse y atacarse con varilla de madera (para dinamitas); de otro modo se cargan a flujo libre con cargadores neumáticos provistos de mangueras antiestáticas (para Examon o ANFO). El encendido de frontones grandes se puede efectuar con mecha-fulminante prendida con mecha rápida; con fulminantes eléctricos o con detonadores no eléctricos de shock. En canteras y pocas labores subterráneas (como VCR) con cordón detonante.

Los taladros de gran diámetro son aplicados para operaciones a gran escala en canteras y minas a tajo abierto. La perforación es vertical o poco inclinada y los explosivos empleados son normalmente agentes de voladura seca o acuosa (ANFO, slurries y emulsiones) cebados con primers o boosters de alto explosivo. El agente de voladura puede ser cargado en cartuchos grandes de polietileno (ejemplo: Slurrex) que se sueltan libremente dentro del taladro; ser vertido mecánicamente al taladro con camiones mezcladores de cargador sin fin (augers para ANFO y heavy ANFO) o ser bombeado con manguera directamente al fondo del taladro mediante un camión fábrica mezclador-bombeador (emulsión y heavy ANFO con más de 50 a 60% de emulsión).

Para el primer caso es conveniente tener presente la siguiente fórmula usual para determinar la elevación de nivel de agua al cargar los cartuchos de explosivos en un taladro de banco anegado:

$$Hf = \frac{H_0 * \emptyset^2}{\emptyset^2 - \emptyset_e^2}$$

Donde:

Hf : altura final del agua.

H0 : altura inicial del agua (medida con huincha y flotador)

∅ : diámetro del taladro.

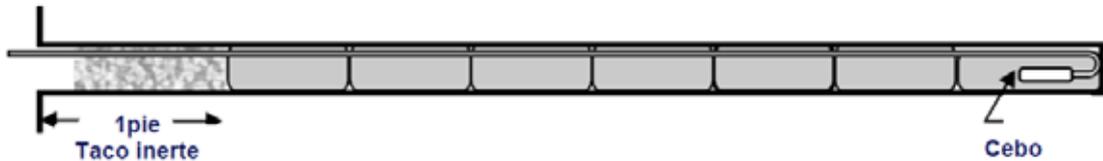
∅e : diámetro del cartucho explosivo.

El carguío con manguera al fondo del taladro desplaza paulatinamente al agua. La altura final puede ser ligeramente menor, por el mayor confinamiento.

Los taladros con agua estática suelen ser previamente drenados con bomba y cargados con un agente resistente al agua hasta la cota del nivel freático (ejemplo: Slurrex-AP 60) y el resto de la columna con ANFO previo taco inerte intermedio, el taladro se sella con taco de detritos de la misma perforación.

Los taladros totalmente inundados se cargan sólo con agente altamente resistente al agua (ejemplo Slurrex-AP 60, Slurrex- AP 80, Slurrex-EG) dejándose el agua como taco cuando la columna es baja, o sellándolo con detritos cuando la columna explosiva es alta.

Imagen 15: Sección típica de diseño de carga explosiva



Fuente: EXSA

2.2.3.5. *Parámetros de voladura*

2.2.3.5.1. *Factor de carga*

$$F_c = \text{kg. de explosivo total} / \text{metro de avance}$$

Dónde:

FC = factor de carga (kg/m³)

2.2.3.5.2. *Factor de potencia*

$$F_p = \text{kg. de explosivo total} / \text{toneladas metricas extraidas}$$

Donde:

FP = Factor de potencia

2.2.3.5.3. *Eficiencia de voladura*

$$E_v = (\text{avance real} / \text{longitud promedio de perforacion}) \times 100$$

Donde:

Ev = Eficiencia de voladura

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Voladura secundaria

Se entiende como tal a la técnica que tiene como finalidad principal la reducción de pedrones grandes, frentes mal definidos, sean éstos procedentes de una voladura primaria, a fragmentos de menor tamaño, así como a superficies planas que permitan un nuevo trabajo de perforación.

2.3.1.1. Tipos de voladura secundaria

- Con perforación de Taladros (Cachorros)
- Con cargas superficiales (Plastas y Torpedos)

2.3.2. Tiros cortados

Se llama tiro cortado o tiro fallado a una columna de carga explosiva que se encuentra alojada dentro de un taladro y que este no ha sido iniciado.

2.3.3. Tiros sopladados

Se denomina tiro sopladado cuando la explosión de la columna explosiva no ha sido efectiva al 100% por falla del iniciador, guía o explosivo y que este deja restos que deben eliminarse posteriormente.

2.3.4. Aguas subterráneas

El agua subterránea es parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hasta llegar al material rocoso que está saturado de agua.

El área saturada debajo de la capa freática tiene agua que llena los espacios pequeños (porosos) entre las partículas de roca y las ranuras (grietas) de las rocas.

Las aguas subterráneas forman parte del ciclo hidrológico, que se infiltra a través del agua de lluvia, de la nieve, del agua que se infiltra de las lagunas y los ríos, o en general, cuando la capa superficial del suelo se encuentra saturada de agua.

Lo que ocurre para la formación del agua subterránea es que, cuando la lluvia cae al suelo, una parte de esta agua fluye a través de las corrientes por la superficie terrestre hasta llegar a ríos y lagos. Sin embargo, otra parte de esta precipitación humedece el suelo filtrándose a través de este. Esta agua filtrada se recoge en los conocidos como acuíferos

2.4. Definición de Términos

Mejoramiento: Se denomina así, al cambio o progreso de una cosa que está en condición precaria hacia un estado mejor así mismo modifica sistemáticamente sus rutinas de operación en busca de una mejora en su efectividad

Avance: Se denomina avance a la longitud que se gana en la continuidad de la construcción de una rampa, galería, etc.

Eficiencia: Es la facultad de lograr un objetivo o de obtener el mejor resultado empleando la menor cantidad de recursos.

Rampa Negativa: Es llamada también desarrollo inclinado o galería inclinada con acceso hacia abajo con una gradiente de 12% a 15%.

Voladura Secundaria: Se denomina así a la voladura que se hace después de la voladura inicial para obtener granulometría o sección determinada favorable.

Columna Explosiva: Llamada al conjunto de explosivos y accesorios que forman parte de un grupo integrado de detonación.

Optimización: Es la administración de recursos de forma más eficiente, es la asignación y utilización de recursos de tal forma que sea posible alcanzar mucho más con los mismos recursos.

Antiestático: Que impide o disminuye el desarrollo o acumulación de electricidad estática en una superficie, especialmente de materias plásticas.

Impermeabilización: Se llama así al proceso de aplicación de productos específicos sobre superficies sometidas a las condiciones climáticas, especialmente al agua. Y que impiden la filtración del agua u otros líquidos.

CAPITULO III:

III. ÁMBITO DEL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Generalidades de la Unidad Minera Casapalca

La Unidad Minera de Casapalca, se ubica entre los Departamentos de Lima y Junín:

3.1.1. Ubicación política

La zona de estudio tiene la siguiente ubicación política:

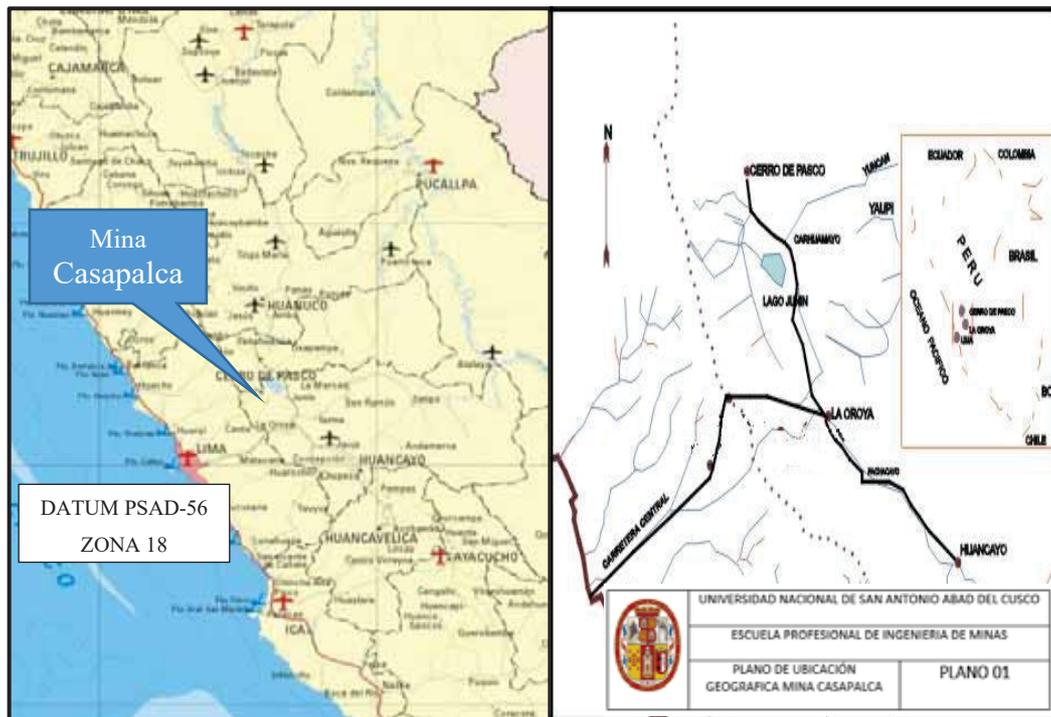
Distritos	:	Chilca y Yauli
Provincias	:	Huachochiri y Yauli
Departamento	:	Lima y Junín

El centroide tiene las siguientes coordenadas:

3.1.1.1. Coordenadas UTM

Este	:	358,436
Norte	:	8'709,526
Altitud	:	4,800 msnm

Imagen 16: Ubicación de la Mina Casapalca



Fuente: Unidad Minera Casapalca

3.1.1.2. Ubicación geográfica

El acceso se realiza por la carretera central hasta el Km 120, donde se encuentra la empresa minera Yauliyacu S.A.; luego se continua por una carretera afirmada de 5 Km subiendo hacia el SE hasta llegar al campamento minero Potosí, donde también se encuentra el túnel Gubbins, acceso principal a la mina Casapalca.

3.1.2. Acceso

Este recorrido se realiza en un tiempo de tres horas; a continuación, se muestran las distancias parciales y totales del recorrido:

- Lima-Casapalca: 170 Km. Tiempo de recorrido en 03 horas.
- Casapalca-Mina: 8 Km. Tiempo de recorrido en 0,20 horas.

El recorrido total desde la ciudad de Lima hasta la mina es de 178 km y que se realiza en un tiempo de 3:20 horas.

3.2. Geología

3.2.1. Geología regional

En la región del distrito Minero de Casapalca se encuentran presentes rocas sedimentarias y volcánicas desde el Cretáceo Inferior hasta el Terciario agrupadas en diferentes unidades litológicas.

3.2.1.1. Estratigrafía Regional

Las rocas emplazadas en la zona están conformadas por calizas, areniscas y lutitas, también completan la columna estratigráfica brechas y flujos volcánicos.

Imagen 17: Columna estratigráfica

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA	GROSOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos aluviales			Arenas, gravas y limos.	
		PLEISTOCENA	Depósitos glaciares			Muestras	
	NEÓGENO	PLIOCENA	Grupo Jirca	Formación Matazola	50		Capas lacustrinas arenas y limos poco consolidadas
			Formación Ushno	100		Conglomerados fluviales	
			Formación Ingañazu	50		Folias blancas calcáreas	
			Formación Yanacancha	250		Lavas, brechas, conglomerados andesíticos.	
	PALEÓGENO	MIOCENA	Formación Huarochiri	400		Tobas riolíticas y riolíticas con intercalaciones de areniscas.	
			Formación Milotingo	400		Lave andesítica a dacítica, areniscas volcánicas.	
			Formación Castrovirreyna	150		volcánico – sedimentario con intercalaciones de tobas	
		OLIGOCENA	Grupo Sacsacero		2015		Tobas riolíticas solidadas, lavas y areniscas volcánicas
EOCENA				SUP.			Andeita / Riolita
MED.				Formación Tantará	100		Derrames andesíticos a riolíticos, gris verdoso.
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Casapalca	4000		Lutitas, areniscas, limolitas y conglomerados de color rojo. Dioritas.	
			Formación Celendín	400		Calizas pardo amarillentas con margas calcáreas, yeso.	
			Formación Jumasha	400		Calizas compactas en estratos gruesos a delgados.	
		INFERIOR	Formación Pariatambo	120		Calizas, lutitas de color negro fétido.	
			Formación Chúllec	220		Calizas gris pardo amarillentas y margas calcáreas.	
			Formación Parlahuanca	260		Calizas y margas calcáreas.	
			Grupo Gorimunguza	Formación Farrat	700		Areniscas de grano medio blanco a gris rojo.
			Formación Carhuaz	450		Areniscas con intercalaciones de lutitas volcánicas.	
			Formación Santa	100		Caliza gris y arcillitas abigarradas.	
			Formación Chimú	400		Calizas grises con intercalaciones de material bituminoso.	
	JURÁSICO	MEDIA	Formación Chaucha	300		Lodolitas y limolitas calcáreas, calizas y dolomitas.	
		Formación Cercapuziú	322		Areniscas de grano fino a grueso color blanco a gris.		
	TRIÁSICO	SUPERIOR	Grupo Putará	Formación Condorsinga	1000		Caliza gris azulada con presencia de venillas de calizas.
			Formación Aramachay	400		Intercalaciones de caliza con nódulos calcáreos y limo arcillitas carbonosas.	
PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mitu	1700		Calizas mi crítica con nódulos de chert.	
			Grupo Copacabana	150		Secuencia rítmica melástica, conglomerados con clastos de volcánicos.	
	CARBONIFERO	SUPERIOR	Grupo Tarma	1300		Intrusivos y brechas volcánicas.	
			Grupo Ambo	900		Areniscas, calizas y lutitas de color bruno-rojo.	
	DEVONIANO	SUPERIOR	Grupo Cabanillas		780		Lutitas y areniscas grises con intercalaciones de areniscas.
							Monogranitos, granitos.
	SILURIANO ORDOVICIANO	INFERIOR	Metasedimentitas no diferenciadas		700		Conglomerados, molasas rítmicas, areniscas feldespáticas.
							Secuencias tipo flysch con areniscas, lutitas y pizarras.
					Filits con escasas intercalaciones de cuarcita, negros grisáceos, basaltos, meta toba y mármoles.		

Fuente: Área Geología – Cía. Minera Casapalca

3.2.1.1.1. Formación Jumasha:

Las rocas de esta formación no afloran en superficie dentro del área de Casapalca; sin embargo, una secuencia correlacionable con esta formación conformada por calizas de color gris con algunas intercalaciones de lutitas.

La secuencia representativa de calizas Jumasha afloran prominentemente a lo largo de las montañas que conforman la divisoria continental, presentando un característico color gris claro en contraste con los colores oscuros que presentan las calizas de la formación Paria tambo, perteneciente, pertenecientes al grupo Machay (J. J. Wilson).

3.2.1.1.2. Formación Casapalca:

Constituye la formación más antigua que aflora en el área, formando un amplio anticlinal denominado Casapalca que es cortado por el río Rímac; comprende una serie de rocas sedimentarias de ambiente continental.

Esta Formación ha sido dividida en los siguientes miembros:

Capas Rojas: La conforman Inter estratificaciones de areniscas y lutitas calcáreas.

Conglomerado Carmen: Sobreyace a las capas rojas, una serie de conglomerados y calizas, se intercalan con estratos de areniscas y lutitas calcáreas.

3.2.1.1.3. Formación Carlos Francisco:

Esta formación ha sido dividida en tres miembros.

Volcánicos Tablachaca: Se encuentra sobre yaciendo al miembro Carmen y separado de este por lutitas de potencia variable, se encuentra una sucesión de rocas volcánicas constituidas por tufos, brechas, conglomerados, aglomerados y rocas Porfíritica efusivas.

Volcánicos Carlos Francisco: Sobre el Mismo Tablachaca que consiste de flujos andesíticos, de color gris oscuro a verde y brechas volcánicas.

Tufos Yauliyacu: Los tufos sobre yacen a los volcánicos Carlos Francisco concordantemente, está constituido de tufos de grano fino.

3.2.1.1.4. Formación Bellavista:

La formación Bellavista está constituida por calizas, tufos y lutitas, esta formación también consiste de capas delgadas de calizas de color gris.

3.2.1.1.5. Formación Río Blanco:

Sobre yace a la formación Bellavista que consiste de volcánicos bien estratificadas constituidos por tufos de lapilli de color rojizo, con intercalaciones de brecha y riolitas. En el área afloran hacia el SE pero su mayor exposición se encuentra entre Chicla y Río Blanco a 12 Km. al SW de Casapalca.

3.2.1.2. Rocas Intrusivas

Comprende cuerpos pequeños, de carácter hipabisales y sills de diorita, tonalita y andesita muy jóvenes, semejantes entre sí que instruyen al pórfido Carlos Francisco como el caso del Pórfido “Taruca” o las Capas Rojas como la “Andesita Veintiuno” el “Pórfido Victoria” y el “Pórfido Diorítico del Monte Meiggs”, afloran en el NE del campamento.

3.2.1.3. Depósitos Cuaternarios

3.2.1.3.1. Depósitos Glaciares.

Comprende a los depósitos morrenico antiguos y recientes que se encuentran en las cabeceras de los valles o cubriendo el fondo o márgenes de los mismos.

3.2.1.3.2. Depósitos Fluvio glaciares.

Corresponde al material acarreado por los ríos o quebradas, guardando relación con el proceso erosivo; como consecuencia se han formado terrazas de material aluvial en los márgenes de los ríos y los más recientes en el lecho.

3.2.1.3.3. Depósitos coluviales.

Se encuentran al pie de las escarpas de las laderas de los cerros como material de escombros constituido por gravas y bloques sub-angulosos, con matriz arenosa y limosa.

3.2.1.3.4. Depósitos Deslizamiento.

Corresponden a pequeños fenómenos de geodinámicas reconocidas y producidas en las laderas de los valles y quebradas.

3.2.2. Geología local

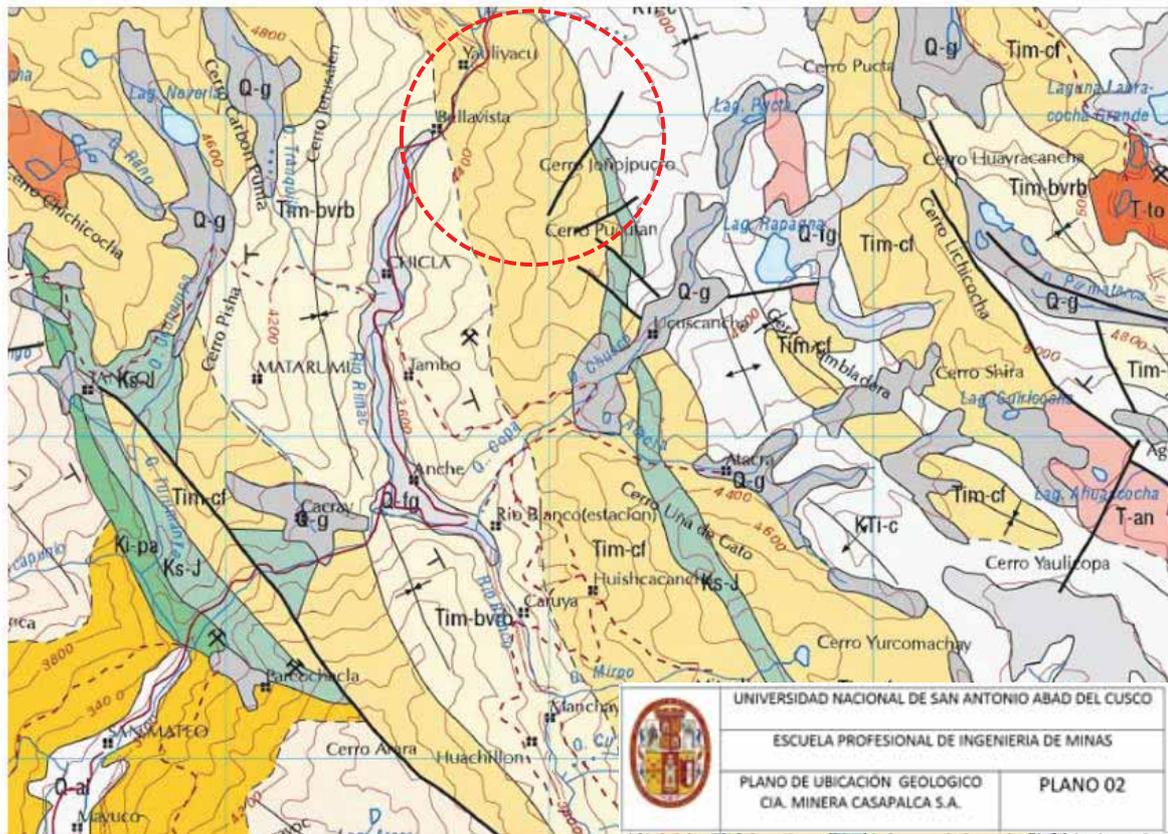
Las rocas que contienen las dos formas de mineralización están formadas por una secuencia plegada de sedimentos cretáceos continentales, en los extremos Este y Oeste

de la mina, conocidos como Formación Casapalca, con dos miembros litológicos: el miembro inferior “Capas Rojas Casapalca”, formado por areniscas, limonitas y lutitas rojizas, con algunos niveles de calizas blanquecinas y el miembro superior conocido como conglomerado Carmen formado por areniscas arcillosas silicificadas de color rojizo, blanqueadas por efecto de la alteración hidrotermal, con algunos horizontes lenticulares de conglomerados. Los rodados de estos conglomerados son muy redondeados, de un tamaño bastante uniforme compuesto principalmente por cuarcitas de grano fino de la formación Goyllarizquisga, y en menor proporción por calizas de la formación Jumasha, areniscas arcillosas pertenecientes a las capas Rojas y aún en menor proporción por chert que se supone sean inclusiones de las calizas Jumasha; es en este Miembro donde se encuentra emplazada los cuerpos mineralizados.

Es importante indicar que las vetas en las Capas rojas forman pequeños lazos sigmoide y fracturamiento con relleno de mineral y en el conglomerado Carmen forman cuerpos de mineral rellenando la matriz de los conglomerados.

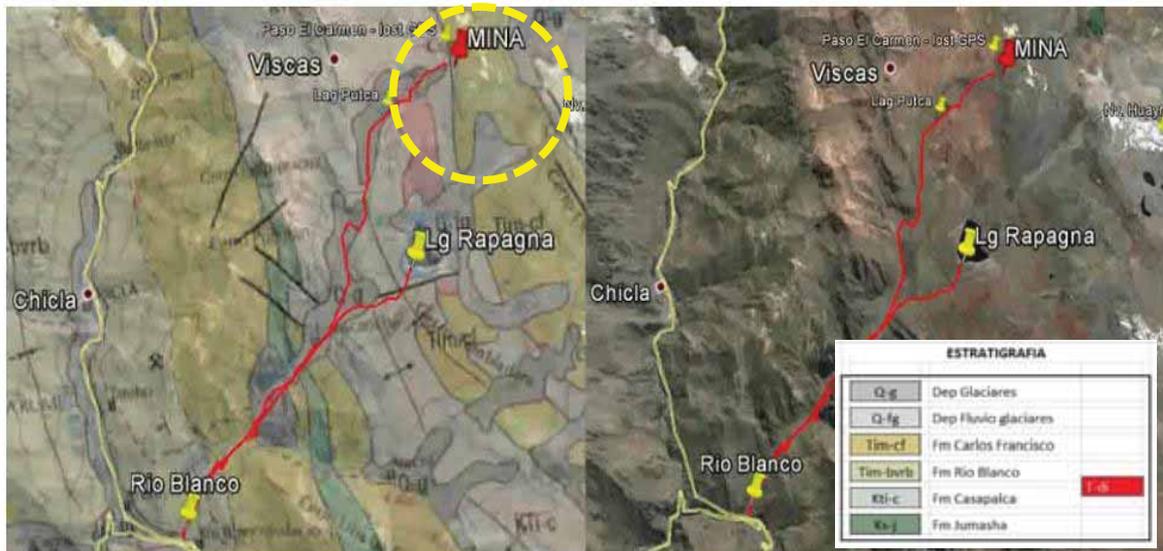
Ligeramente concordantes se presentan las rocas de la formación Carlos Francisco, compuestas al piso por el “Conglomerado Tablachaca” con clastos redondeados de cuarcita, volcánicos andesíticos y menor cantidad de clastos calcáreos; y al techo de la secuencia, se presenta un conjunto de derrames volcánicos andesíticos e intrusiones subvolcánicas que en conjunto afloran en la parte central y superior de Casapalca. Intrusiones hipabisales dioríticas porfiríticas a granodioríticas, se presentan en el sector central y noreste de la zona de vetas, conocidos como Pórfidos Taruca y Victoria. En estos volcánicos de la formación Carlos Francisco e intrusivos se encuentra la mineralización de vetas, en la cual presentan ensanchamientos y ramales mineralizados. Al Sur, en la parte alta y formando parte de un sinclinal, se presentan afloramientos de calizas grises de la Formación Bellavista. Estas rocas también se fracturan favorablemente para el emplazamiento de vetas con mineralización económica.

Imagen 18: Mapa de geología regional



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 19: Mapa de geología regional



Fuente: Área de Geología – Cía. Minera Casapalca

3.2.2.1. Mineralización

En el distrito minero de Casapalca se presentan varias clases de mineralizaciones siendo las principales las “vetiforme” con relleno de fracturas, las vetas son de carácter meso termal que indica su gran profundidad de mineralización y las de re-emplazamiento.

También existen mantos no reconocidos y brechas hidrotermales, todos ellos con diferentes características y grados de mineralización.

La mineralización de las vetas constituye esfalerita, galena, calcopirita, tetrahedrita, y en menor porcentaje proustita, pirargirita, polibasita y electrum. Las gangas son piritita, cuarzo, y carbonatos.

3.2.2.2. Vetas

Este tipo de mineralización corta toda la secuencia litológica desde las Capas Rojas Casapalca, los conglomerados Carmen y Tablachaca, el volcánico Carlos Francisco y las calizas Bellavista.

Son cuerpos tabulares con anchos de 0.20 m. a 2.50 m., con ensanchamientos locales; cuando cruzan los conglomerados forman cuerpos de relleno de intersticios de la brecha formando “cuerpos” mineralizados de mayor ancho. Dentro del distrito minero de Casapalca ocurren cuatro estructuras mayores (principales) acompañadas de otras estructuras menores, siendo estas: principalmente carbonatos manganíferos (calcita y rodocrosita). En algunas labores se observa mineralización en textura bandeada.

3.2.3. Geología estructural

El patrón estructural regional sigue el alineamiento general de los Andes Peruanos (N 10° - 30° W). Localmente las rocas se presentan plegadas formando anticlinales y sinclinales. A este sistema corresponden la falla americana, fallas transversales de los sistemas N 50° E a N 75° W cruzan la secuencia litológica y desplazan centralmente a estas. Las principales vetas de Casapalca se han emplazado en el sistema Noreste.

Estructuralmente, la gran estructura Esperanza – Mariana por el Norte y la gran estructura Oroya – Oroya Piso – Oroya 1 al Sur, forman un gran lazo sigmoide de unos 4 Km. de longitud, con abundantes lazos sigmoides menores y ramales que se presentan con mineralización económicamente explotable.

En las partes intermedias, al Oeste se presenta la veta Escondida que aún no ha sido explorada y que puede corresponder a una tercera gran estructura mineralizada: Este gran

sigmoide tiene su mejor expresión en las zonas tensionales, donde las vetas se acercan a la dirección Este – Oeste.

En síntesis, la zona muestra plegamientos desarrollándose pliegues invertidos cuyos ejes se orientan paralelamente a la dirección general de los Andes.

Una de las estructuras más resaltantes viene a constituir el Anticlinorium Casapalca, siendo un pliegue moderadamente abierto en la parte central de Casapalca, el cual se cierra hacia el norte hasta constituir una falla inversa de empuje con buzamiento al este.

3.2.4. Reservas minerales

Las reservas minerales de la Cía. Minera Casapalca al 2018 es de:

Tabla 9: Reservas minerales de Cía. Minera Casapalca

	TMS	Reservas de:				
		Ag (oz/tn)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	\$/TMS
Probado	1'290,940	5.88	1.82	0.34	2.38	55.39
Probable	650,380	5.83	1.71	0.32	2.32	56.16
Total	1'941,320	5.86	1.77	0.33	2.35	55.78

Fuente: Cía. Minera Casapalca.

- Ley de Corte (Cut-Off): 1.9% - 2.0%
- Vida Estimada de la Mina: 18 – 20 años

3.3. Operaciones mineras

3.3.1. Método de explotación

En operaciones mineras la principal actividad es la explotación de mineral, para lo cual se determinó un método de explotación adecuado, el cual depende del tipo de yacimiento y las condiciones geológicas y geomecánicas que puedan presentar, es por ello que en las zonas de Oroya, Esperanza el método de explotación es Shirinkage (Corte y Relleno Ascendente Convencional) en la zona de cuerpos es con Corte y Relleno Ascendente Mecanizado, con perforación de Taladros Largos paralelos y en abanicos.

3.3.1.1. Labores mineras

En la zona de cuerpos se realiza operación minera de trackless, Scooptrams mecanizados, para lo cual se ejecutan diferentes labores mineras como.

3.3.1.1.1. Rampas

Son labores de acceso hacia los niveles de explotación, tiene una sección de 4.0*4.0m. con gradientes que varía de 12% a 15%, con un radio de curvatura de 25 metros como mínimo. Tienen como punto de inicio el nivel 4 de donde se realizan en forma negativa y positiva.

3.3.1.1.2. Chimeneas

Que tiene por finalidad tener una mejor ventilación además de llevar por allí los diferentes servicios. Para la perforación de las chimeneas se tiene máquina neumática Jack Leg con una profundidad de taladro de 6'.

3.3.1.1.3. Galerías

Son labores horizontales realizadas con una sección de 3.5*3.5 que se ejecutan en los niveles principales, son de forma paralelas entre ellas, y que para interceptarse se realizan cruceros, dejando un pilar de hasta 10 mts.

3.3.1.1.4. Cruceros

Parten desde las galerías con las mismas secciones en forma perpendicular a ellas, pero su fin es atravesar exploratorio.

3.3.1.1.5. Ventanas

Presentan la misma sección, pero su función principal es el de acceder al cuerpo mineralizado y realizar su preparación para la explotación

3.3.2. Operaciones unitarias

3.3.2.1. Perforación

La perforación de la rampa negativa 565, se desarrolla con equipo jumbo Sandvik de dos brazos, con barras de 12 pies, ejecutados en dos turnos, donde existe la presencia de agua.

Imagen 20: Jumbo Sandvik al frente de la rampa negativa 565



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 21: Malla de perforación marcada



Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.2. Voladura

La voladura en el frente de la rampa negativa, se desarrolla con la carga de la malla de perforación, con Emulnor 5000, lo que será objeto a instigación.

Imagen 22: Carguío de frente de la Rampa Negativa 565



Fuente: Elaboración Propia

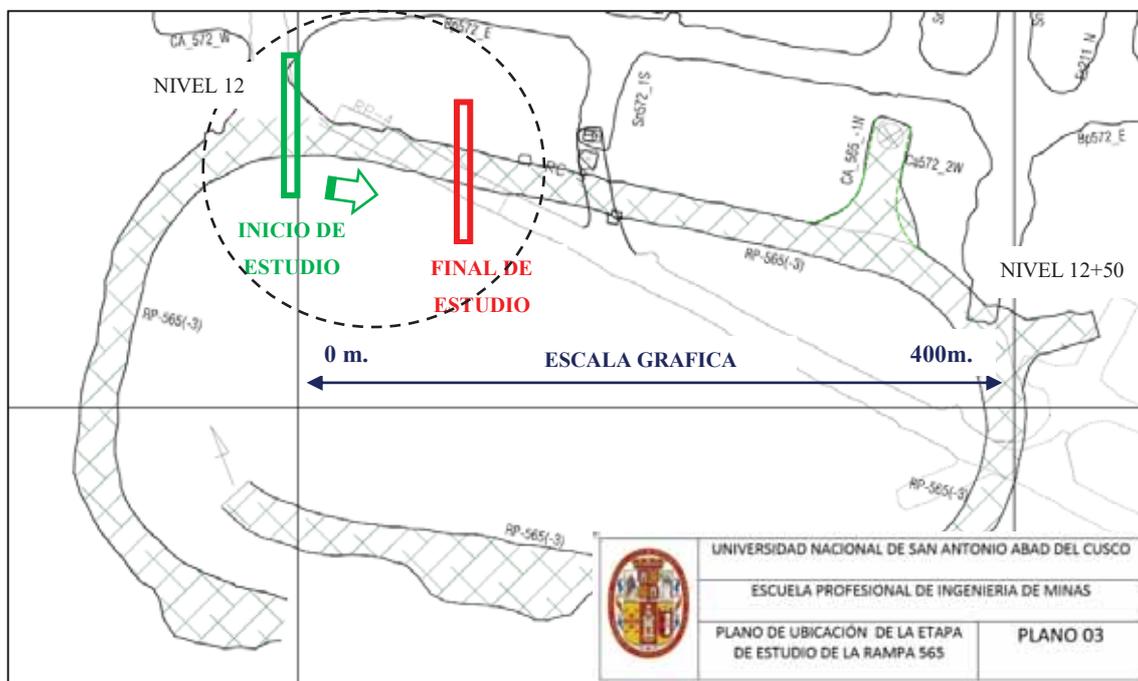
CAPITULO IV:

IV. EVALUACIÓN DEL AVANCE DE LA RAMPA NEGATIVA 565

4.1. Características de la Rampa Negativa 565

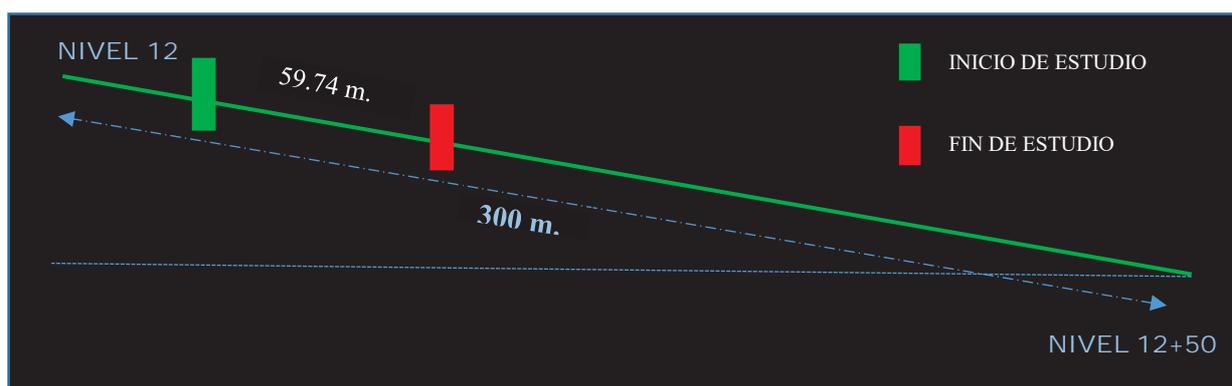
La rampa negativa 565 tiene una longitud de 300 metros lineales, la investigación se realizó en 59.74 metros de la rampa. La geometría topográfica de la rampa es la siguiente:

Imagen 23: Geometría topográfica de la rampa 565



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 24: Vista de Perfil de la Rampa 565



Fuente: Elaboración Propia

DATOS DE LA RAMPA NEGATIVA DE PROFUNDIZACION RP-565

Tabla 10: Características de la Rampa Negativa RP-565

NOMBRE	RP -565				
TIPO	ZIG - ZAG				
PENDIENTE	12% A 15 %				
NIVEL	NIVEL 12				
DIVISION O ZONA	CUERPO MERY				
CARACTERISTICAS					
	ANCHO	ALTURA	GRADIENTE	RADIO	PERALTE
CURVA	4.0 m	4.0 m	8%	25 m	0.5%
RECTA	4.0 m	4.0 m	12% - 15%	---	---

Fuente: Área de Planeamiento de la Cía. Minera Casapalca

4.1.1. Condición geo mecánica de la Rampa Negativa 656

4.1.1.1. Características geo mecánicas de la rampa negativa 656

Se determinó las características geo mecánicas mediante el mapeo geo mecánico, desarrollado por el Área de Geo mecánica, las que son medidas en el frente, los hastiales y el techo, teniendo como resultado el siguiente

4.1.1.1.1. Mapeo frente:

Dimensiones de la labor	: 4.00 x 4.00 m
Fracturas	: 15 fracturas por metro
Resistencia	: de 50 a 100 mpa
RQD	: 75%
Espaciamientos	: 0.2
Persistencia	: 3.00 m
Apertura	: 1.00mm
Rugosidad	: Ligeramente rugosa
Relleno	: Suave menor a 5 mm de espesor
Intemperización	: Muy intemperada
Agua subterránea	: Flujo (110/min.)

4.1.1.1.2. Mapeo hastiales:

Dimensiones de la labor	: 4.00 x 4.00 m
Fracturas	: 23 fracturas por metro
Resistencia	: de 50 a 100 mpa
RQD	: 76%
Espaciamientos	: 0.2
Persistencia	: 4.00 m
Apertura	: 0.80mm
Rugosidad	: Ligeramente rugosa
Relleno	: Suave menor a 5 mm de espesor
Intemperización	: Muy intemperada
Agua subterránea	: Flujo (110/min.)

4.1.1.1.3. Mapeo techo:

Dimensiones de la labor	: 4.00 x 4.00 m
Fracturas	: 20 fracturas por metro
Resistencia	: de 50 a 100 mpa
RQD	: 78%
Espaciamientos	: 0.2
Persistencia	: 6.00 m

Apertura	: 1.00mm
Rugosidad	: Ligeramente rugosa
Relleno	: Suave menor a 5 mm de espesor
Intemperización	: Muy intemperada
Agua subterránea	: Flujo (110/min.)

4.1.1.2. Cálculo del RMR según Bieniaswski

4.1.1.2.1. Cálculo de mapeo geo mecánico del frente

Tabla 11: Mapeo Geo mecánico del Frente de trabajo

Parámetros		Rango de Valores					Valoración
Resistencia Compresión (Mpa)		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2)	7
RQD %		90-100 (20)	75-90 (15)	50-75 (11)	25-50 (8)	<25 (3)	15
Espaciamiento (m)		>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (6)	<0.06 (5)	10
Condición de juntas	Persistencia	<1m (6)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)	4
	Apertura	Cerrada (6)	<0.1 (5)	0.1-1.0 (4)	1-5 (2)	>5 (0)	4
	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Esp. De falla (0)	3
	Relleno	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)	1
	Intemperización	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	2
Agua subterránea		Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (3)	3
Ajuste por orientación		Muy Favora. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2
Valoración total RMR						47	
Clase de Macizo Rocoso							
RMR	100-80	80-61	60-41	40-21	20-0	III Regular	
Descripción	I Muy Buena	II Buena	III Regular	IV Mala	V Muy Mala		

Fuente: Geotecnia Fácil

■	VALORES OBTENIDOS DEL FRENTE DE ESTUDIO
■	CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO

4.1.1.2.2. Calculo de mapeo geo mecánico del hastial

Tabla 12: Mapeo Geo mecánico del Frente de trabajo – Hastiales

Parámetros		Rango de Valores					Valoración
Resistencia Compresión (Mpa)		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2)	7
RQD %		90-100 (20)	75-90 (15)	50-75 (11)	25-50 (8)	<25 (3)	15
Espaciamiento (m)		>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (6)	<0.06 (5)	10
Condición de juntas	Persistencia	<1m (6)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)	2
	Apertura	Cerrada (6)	<0.1 (5)	0.1-1.0 (4)	1-5 (2)	>5 (0)	4
	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Esp. De falla (0)	3
	Relleno	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)	1
	Intemperización	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	2
Agua subterránea		Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (3)	3
Ajuste por orientación		Muy Favora. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2
Valoración total RMR						45	
Clase de Macizo Rocoso							
RMR	100-80	80-61	60-41	40-21	20-0	III Regular	
Descripción	I Muy Buena	II Buena	III Regular	IV Mala	V Muy Mala		

Fuente: Geotecnia Fácil

	VALORES OBTENIDOS DEL FRENTE DE ESTUDIO
	CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO

4.1.1.2.3. Calculo de mapeo geo mecánico del techo

Tabla 13: Mapeo Geo mecánico del Frente de trabajo - Techo

Parámetros		Rango de Valores					Valoración
Resistencia Compresión (Mpa)		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2)	7
RQD %		90-100 (20)	75-90 (15)	50-75 (11)	25-50 (8)	<25 (3)	15
Espaciamiento (m)		>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (6)	<0.06 (5)	10
Condición de juntas	Persistencia	<1m (6)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)	2
	Apertura	Cerrada (6)	<0.1 (5)	0.1-1.0 (4)	1-5 (2)	>5 (0)	4
	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Esp. De falla (0)	3
	Relleno	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)	1
	Intemperización	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	2
Agua subterránea		Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (3)	3
Ajuste por orientación		Muy Favora. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2
Valoración total RMR						45	
Clase de Macizo Rocoso							
RMR	100-80	80-61	60-41	40-21	20-0	III Regular	
Descripción	I Muy Buena	II Buena	III Regular	IV Mala	V Muy Mala		

Fuente: Geotecnia Fácil

■	VALORES OBTENIDOS DEL FRENTE DE ESTUDIO
■	CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO

De la caracterización y el mapeo geo mecánico, se puede indicar que el tipo de roca según RMR es regular y que tiene bastante presencia de agua subterránea, lo que dificulta, para la perforación y el carguío de los explosivos, para lo que el área de planeamiento ha diseñado una malla de perforación.

4.1.2. Diseño de malla de perforación

4.1.2.1. Calculo de número de taladros

El área de planeamiento de acuerdo a la caracterización de la roca desarrollo un cuadro patrón donde se clasifica según la sección, el número máximos de taladros por el tipo de roca.

Así mismo esta cantidad de taladros viene ejecutándose desde el inicio de la construcción de la rampa 565

Tabla 14: Numero de taladros según tipo de roca

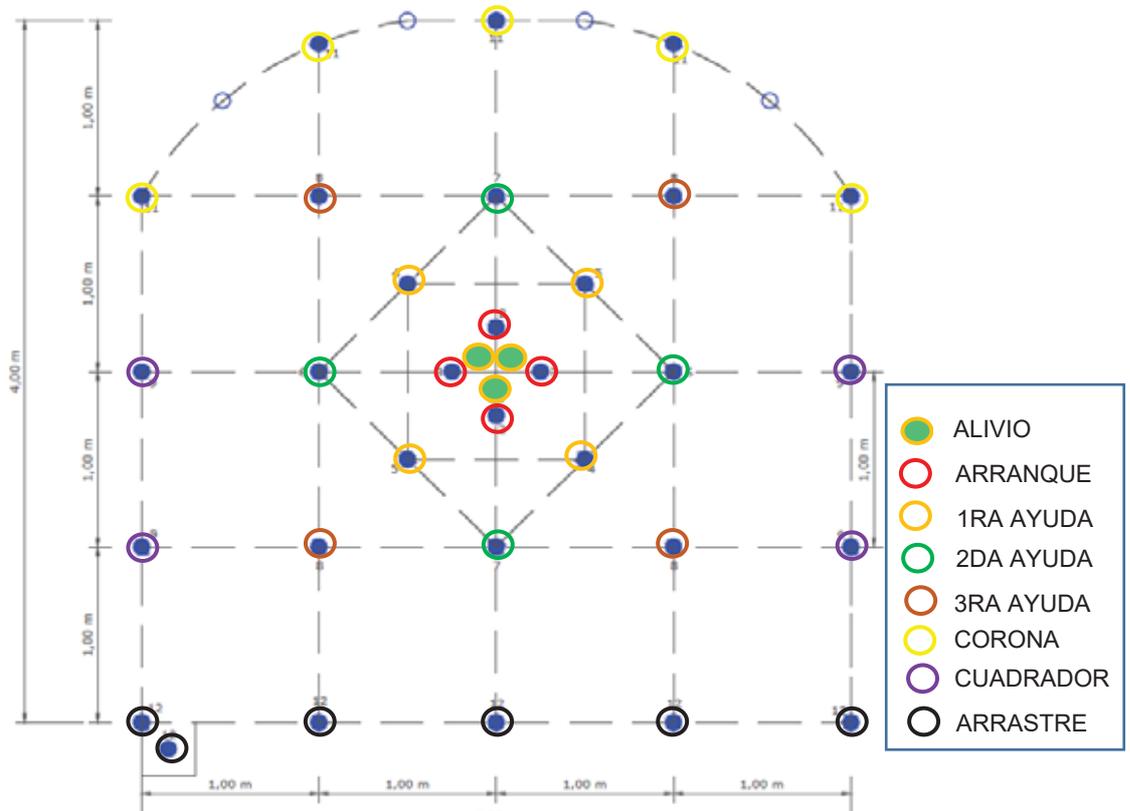
Sección	RMR	Tipo de roca	N. Taladros
4*4m	>65	Buena	38
4*4m	45-65	Regular	34
3.5*3.5m	>65	Buena	32
3.5*3.5m	45-65	Regular	32
3.5*3.5m	<45	Suave	32

Fuente: Área de Planeamiento Cia. Minera Casapalca.

4.1.2.2. Distribución de malla de perforación

De acuerdo a la caracterización geo mecánica, se ha desarrollado el cálculo de la distribución de los taladros de perforación, para una longitud de perforación de 12 pies (3.60 m) de lo que se tiene lo siguiente:

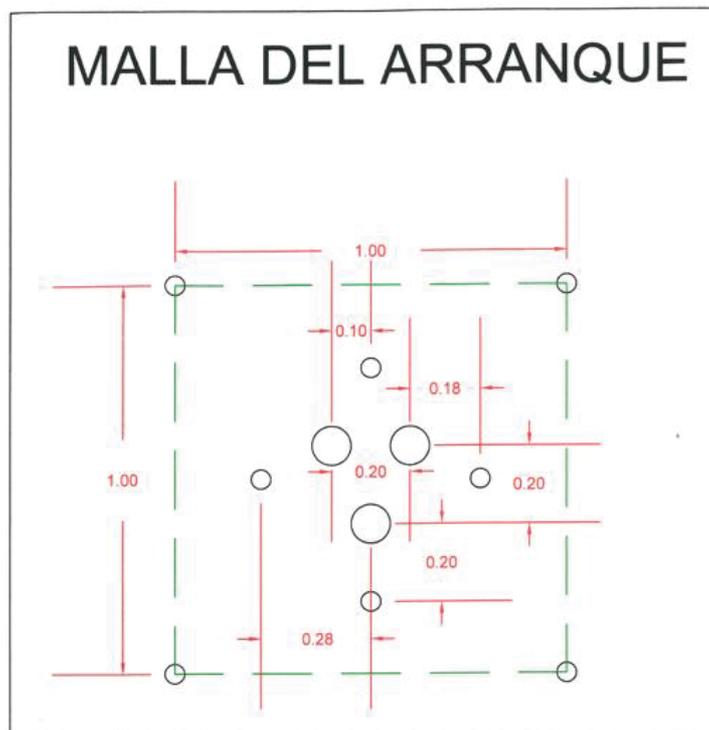
Imagen 25: Diseño de malla de perforación



Fuente: Área de Planeamiento Cía. Minera Casapalca.

DISEÑO DE MALLA DE ARRANQUE

Imagen 26: Diseño de malla de arranque



Fuente: Área de Planeamiento Cía. Minera Casapalca.

Tabla 15: Datos de la malla de perforación de la rampa

Descripción	Diámetro	Longitud	Cantidad	Unidad
Taladros de alivio	0.0762 m	3.60 m	3	tal
Arranque	0.058 m	3.60 m	4	tal
1ra ayuda	0.058 m	3.60 m	4	tal
2da ayuda	0.058 m	3.60 m	4	tal
3ra ayuda	0.058 m	3.60 m	4	tal
Cuadrador	0.058 m	3.60 m	4	tal
Corona	0.058 m	3.60 m	5	tal
Arrastre	0.058 m	3.60 m	6	tal
Total			34	tal

Fuente: Área de Planeamiento Cía. Minera Casapalca.

4.2. Diseño de carga explosiva para la voladura

Para el diseño de la carga explosiva, el área de planeamiento de la Cía. Minera Casapalca, tiene diseñado la carga explosiva para la voladura de los frentes con presencia de agua, el cual es objeto de nuestra investigación que pretende minimizar la presencia de agua al momento del carguío de explosivos, mejorando de esta manera la longitud por disparo en el avance de la rampa 565, la reducción en el costo de explosivos.

4.2.1. Diseño Actual de la carga explosiva por taladro para la voladura

El diseño de la carga explosiva actual para la voladura desarrollado para el frente de la rampa negativa 565, está compuesta por:

Imagen 27: Diseño Actual de la carga explosiva con cartuchos de Emulnor 5000



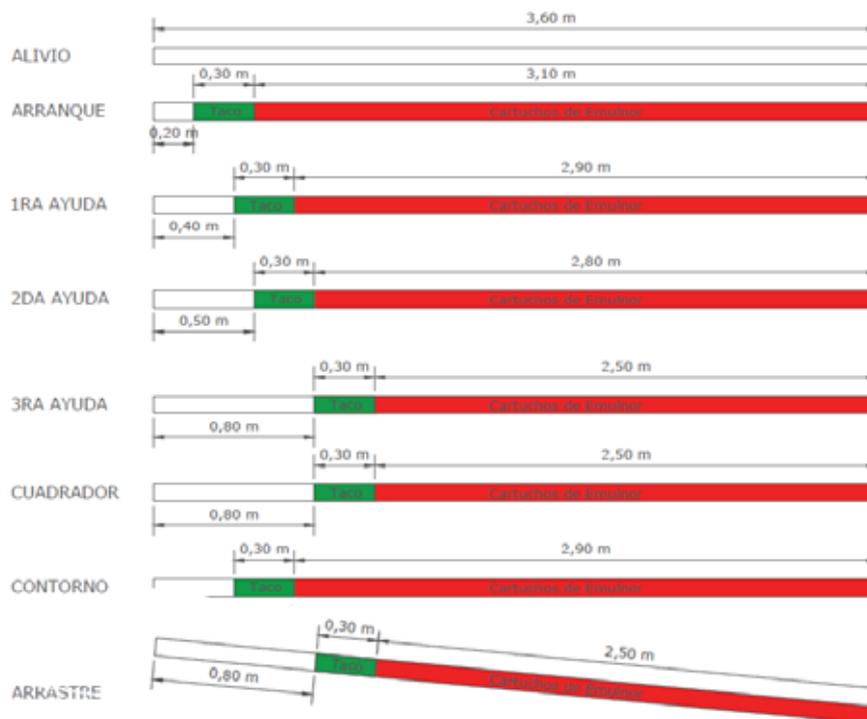
Fuente: Área de Planeamiento Cía. Minera Casapalca.

Tabla 16: Elementos y accesorios de voladura diseño actual de mina

Descripción	Cantidad	Unidad de medida
Emulnor 5000 (1 ½ x 8 pulg.)	436	Und.
Peso de 01 cartucho Emulnor 5000	260	Gr.
Fanel (4.0m)	31	Und.
Cordón detonante - Pentacord	25	m.
Carmex (2.50m)	2	Und.

Fuente: Área de Planeamiento de Cía. Minera Casapalca

Imagen 28: Distribución de carga explosiva según diseño actual de mina



Fuente: Área de Planeamiento de Cía. Minera Casapalca

De acuerdo al diseño realizado por la mina, la carga explosiva esta principalmente compuesta por el Emulnor 5000 de 1 ½ x 8 pulg de longitud, debido a la mayor presencia de agua en el frente de perforación de la construcción de la rampa negativa 565.

4.2.2. Factores que intervienen por disparo según diseño actual de mina

4.2.2.1. Avance por disparo

Para el avance por disparo, se ha realizado 10 pruebas en campo de las cuales 5 en turno día y 5 en turno noche teniendo un avance total de 27.69 m y que promediando estas longitudes se deduce un avance real por disparo de 2.77 m.

Tabla 17: Cálculo de Promedio de Avance según diseño de actual de Mina

Fecha	Turno día		Turno noche		Total m
	Avance M/disp.	Volad. Secund.	Avance M/disp.	Volad. Secund.	
15/11/18	2.77	si	2.80	no	5.57
16/11/18	2.78	no	2.84	no	5.62
17/11/18	2.75	si	2.60	si	5.35
18/11/18	2.83	no	2.81	no	5.64
19/11/18	2.81	no	2.70	si	5.51
Total					27.69
Promedio Avance/Disparo					2.77

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2. Eficiencia por disparo

$$\frac{\text{Avance/Disparo}}{\text{Long.del taladro}} * 100 = \text{Eficiencia por disparo}$$

$$\frac{2.77}{3.60} * 100 = \text{Eficiencia por disparo}$$

$$80 \% = \text{Eficiencia por disparo}$$

4.2.2.3. Volumen y tonelaje roto por disparo

$$\text{Volumen} = \text{Avance por disparo} * \text{Area de la sección}$$

$$\text{Volumen} = 2.77 \text{ m} * 14.67 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 40.64 \text{ m}^3/\text{disparo}$$

$$\text{Toneladas} = \text{Volumen} * \text{Peso específico}$$

$$\text{Toneladas} = 40.64 \text{ m}^3 * 2.70 \text{ tn/m}^3$$

$$\text{Toneladas} = \mathbf{109.73 \text{ tn/disparo}}$$

4.2.2.4. Factor de carga

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Peso de explosivo}}{\text{Volumen roto}}$$

El Emulnor 5000 por cartucho tiene un peso de 260 gr o 0.26 kg

$$\text{Factor de carga} = \frac{436 \text{ und} * 0.26 \text{ kg/und}}{40.64 \text{ m}^3}$$

$$\text{Factor de carga} = \mathbf{2.78 \text{ kg/m}^3}$$

4.2.2.5. Factor de potencia

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{Peso de explosivo}}{\text{toneladas rotas}}$$

El Emulnor 5000 por cartucho tiene un peso de 260 gr o 0.26 kg

$$\text{Factor de potencia} = \frac{436 \text{ und} * 0.26 \text{ kg/und}}{109.73 \text{ tn}}$$

$$\text{Factor de potencia} = \mathbf{1.03 \text{ kg/tn}}$$

4.2.2.6. Factor de avance

$$\text{Factor de avance} = \frac{\text{Peso de explosivo}}{\text{Avance/disparo}}$$

El Emulnor 5000 por cartucho tiene un peso de 260 gr o 0.26 kg

$$\text{Factor de avance} = \frac{436 \text{ und} * 0.26 \text{ kg/und}}{2.77 \text{ m}}$$

$$\text{Factor de avance} = \mathbf{40.92 \text{ kg/m}}$$

4.2.2.7. Resumen de los resultados según diseño Actual de Mina

Tabla 18: Resumen de resultados esperados por diseño actual de mina

Descripción	Cantidad	Unidad
Avance por disparo	2.77	m
Volumen roto	40.64	m ³
Tonelaje roto	109.73	tn
Factor de carga	2.78	kg/m ³
Factor de potencia	1.03	kg/tn
Factor de avance	40.92	kg/m

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.8. Costo por disparo según diseño Actual de la carga explosiva de Mina

Para el cálculo de los costos por disparo se tiene el siguiente cuadro

Tabla 19: Resumen de resultados de costos por disparo esperados con diseño actual de mina

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	P.U. \$	Total \$
Voladura Primaria				
Emulnor 5000	436	Und.	0.51	222.36
Fanel 4.0m	31	Und.	0.95	29.45
Cordón detonante - Pentacord	25	m	0.15	3.75
Carmex 2.50m	2	Und.	0.58	1.16
Total \$/disparo				256.72

Fuente: Elaboración propia

Los costos de los explosivos y accesorios están basados en cotizaciones según el área de Planeamiento de mina.

En el cuadro se puede ver el costo de \$256.72 por cada disparo realizado según la carga explosiva actual que se maneja en mina.

Tabla 20: Resumen de resultados de costos por disparo de la Voladura secundaria con diseño Actual de Mina

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	P.U. \$	Total \$
Voladura Secundaria				
Emulnor 5000 (1 ½ x 8 pulg.)	20	Und.	0.51	10.02
Fanel 4.0m	4	Und.	0.95	3.80
Cordón detonante - Pentacord	6	m	0.15	0.90
Carmex 2.50m	2	Und	0.58	1.16
			Total \$/disparo	15.88

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se puede resumir el costo de la voladura secundaria por disparo en función de 4 o 5 taladros adicionales que se cargan con explosivo posteriores a la voladura primaria deduciendo a \$15.88 por cada disparo realizado.

Tabla 21: Resumen de resultados de costos en tiempo de estudio de Voladura Secundaria con diseño Actual de mina

Fecha	Turno día		Turno noche		Total \$
	Volad. Secund.	Volad. Secund. \$	Avance M/disp.	Volad. Secund. \$	
15/11/18	Si	15.88	No	---	15.88
16/11/18	No	---	No	---	
17/11/18	Si	15.88	Si	15.88	31.76
18/11/18	No	---	No	---	
19/11/18	No	---	Si	15.88	15.88
Total					63.52
Promedio Costo/Disparo \$					6.35

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se puede observar que durante el tiempo de estudio, el cual es de 5 días se tendría 10 disparos totales, 5 en turno día y 5 turno noche, observamos que se han realizado 4 voladuras secundarias con un costo unitario de \$15.88 por disparo y con costo

total de \$63.52 en todo el tiempo de estudio, así mismo tendríamos un costo promedio de \$6.35 por disparo para todo el tiempo de estudio.

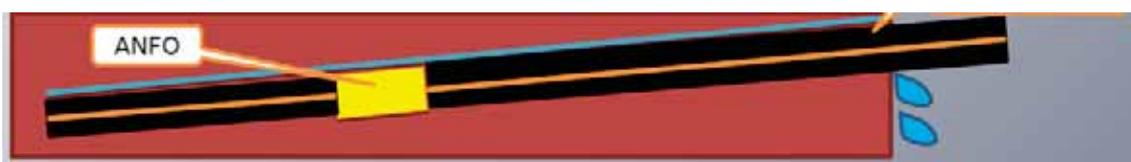
4.3. Diseño de carga explosiva para la voladura con Cartuflex Termofusionado

El área de planeamiento de la Cía. Minera Casapalca, solicitó la ejecución de pruebas con carga explosiva incluida en el diseño el accesorio de voladura de Cartuflex Termofusionado, para lo que se ha realizado el siguiente diseño, a su vez los cálculos respectivos.

4.3.1. Diseño de cargar explosiva con Cartuflex Termofusionado

El diseño de la carga explosiva, incluyendo el Cartuflex Termofusionado, para la voladura desarrollada para el frente de la rampa negativa 565, está compuesta por:

Imagen 29: Diseño de carga explosiva por taladro con Cartuflex Termofusionado y ANFO



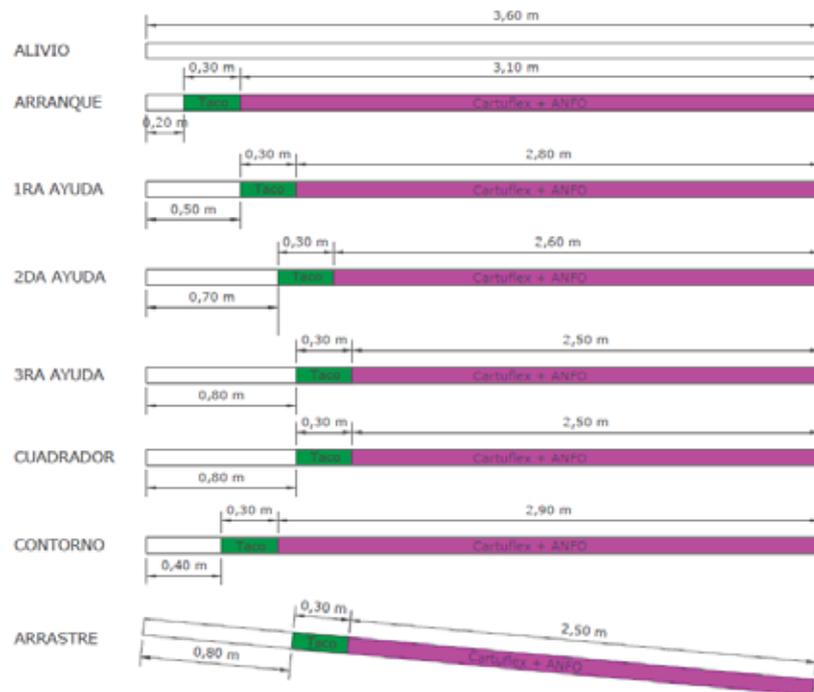
Fuente: Tubotherm

Tabla 22: Elementos y accesorios de voladura diseño con Cartuflex Termofusionado

Descripción	Cantidad	Unidad de medida
ANFO Superfam	125	kg
Emulnor 5000 (8 pulg.)	31	Und.
Cartuflex (4.0 m)	31	Und.
Fanel (4.0 m)	31	Und.
Cordón detonante - Pentacord	25	m
Carmex 2.50m	2	Und.

Fuente: Elaboración propia

Imagen 30: Distribución de carga explosiva según diseño con Cartuflex Termofusionado



Fuente: Área de Planeamiento de Cía. Minera Casapalca

En este diseño de carga explosiva esta principalmente compuesta por ANFO con Cartuflex Termofusionado, por la presencia de agua en el frente de la construcción de la rampa negativa 565, para impermeabilizar la carga explosiva del agua y mejorar el avance por disparo.

4.3.2. Factores que intervienen por disparo con Cartuflex Termofusionado

4.3.2.1. Avance por disparo con Cartuflex Termofusionado

Para el avance por disparo, se ha realizado 10 pruebas en campo de las cuales 5 en turno día y 5 en turno noche teniendo un avance total por disparo de 32.05 m. y que promediando estas longitudes se deduce un avance real de 3.21 m.

Tabla 23: Resultados de avance según diseño de carga explosiva con Cartuflex Termofusionado

Fecha	Turno día	Turno noche	Total m
	Avance M/disp.	Avance M/disp.	
20/11/18	3.18	3.21	32.05
21/11/18	3.20	3.25	
22/11/18	3.19	3.21	
23/11/18	3.22	3.15	
24/11/18	3.19	3.25	
Promedio Avance/Disparo		3.21	

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2. Eficiencia por disparo

$$\frac{\text{Avance/Disparo}}{\text{Long. del taladro}} * 100 = \text{Eficiencia por disparo}$$

$$\frac{3.21}{3.60} * 100 = \text{Eficiencia por disparo}$$

$$\mathbf{89 \% = Eficiencia por disparo}$$

4.3.2.3. Volumen y tonelaje roto por disparo con Cartuflex Termofusionado

$$\text{Volumen} = \text{Avance por disparo} * \text{Area de la sección}$$

$$\text{Volumen} = 3.21 \text{ m} * 14.67 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{\text{Volumen} = 47.09 \text{ m}^3/\text{disparo}}$$

$$\text{Toneladas} = \text{Volumen} * \text{Peso específico}$$

$$\text{Toneladas} = 47.09 \text{ m}^3 * 2.70 \text{ tn/m}^3$$

$$\mathbf{\text{Toneladas} = 127.14 \text{ tn}/\text{disparo}}$$

4.3.2.4. Factor de carga con Cartuflex Termofusionado

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Peso de explosivo}}{\text{Volumen roto}}$$

El Emulnor 5000 por cartucho tiene un peso de 260 gr o 0.26 kg y son 125 kg de ANFO por disparo

$$\text{Factor de carga} = \frac{125 \text{ kg} + (31\text{und} * 0.26\text{kg}/\text{und})}{47.09 \text{ m}^3}$$

$$\text{Factor de carga} = 2.83 \text{ kg}/\text{m}^3$$

4.3.2.5. Factor de potencia con Cartuflex Termofusionado

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{Peso de explosivo}}{\text{toneladas rotas}}$$

El Emulnor 5000 por cartucho tiene un peso de 260 gr o 0.26 kg y son 125 kg de ANFO por disparo

$$\text{Factor de potencia} = \frac{125 \text{ kg} + (31\text{und} * 0.26\text{kg}/\text{und})}{127.14 \text{ tn}}$$

$$\text{Factor de potencia} = 1.01 \text{ kg}/\text{tn}$$

4.3.2.6. Factor de avance con Cartuflex Termofusionado

$$\text{Factor de avance} = \frac{\text{Peso de explosivo}}{\text{Avance}/\text{disparo}}$$

El Emulnor 5000 por cartucho tiene un peso de 260 gr o 0.26 kg y son 125 kg de ANFO por disparo

$$\text{Factor de avance} = \frac{125 \text{ kg} + (31\text{und} * 0.26\text{kg}/\text{und})}{3.21 \text{ m}}$$

$$\text{Factor de avance} = 41.45 \text{ kg}/\text{m}$$

4.3.2.7. Resumen de los resultados esperados con Cartuflex Termofusionado

Tabla 24: Resumen de resultados esperados por diseño con Cartuflex Termofusionado

Descripción	Cantidad	Unidad
Avance por disparo	3.21	m
Volumen roto	47.09	m ³
Tonelaje roto	127.14	tn
Factor de carga	2.83	kg/m ³
Factor de potencia	1.01	kg/tn
Factor de avance	41.45	kg/m

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.8. Costo por disparo con diseño con Cartuflex Termofusionado

Para el cálculo de los costos por disparo con el dispositivo Cartuflex Termofusionado se tiene el siguiente cuadro

Tabla 25: Costo de precios unitarios de \$/disparo con Cartuflex Termofusionado

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	P.U. \$	Total \$
ANFO Superfam	125	kg	0.42	52.50
Emulnor 5000	31	Und.	0.51	15.81
Cartuflex	124	m	0.60	74.40
Fanel 4.0m	31	Und.	0.95	29.45
Cordón detonante - Pentacord	25	m	0.15	3.75
Carmex 2.50m	2	Und.	0.58	1.16
Total \$/disparo				177.07

Fuente: Elaboración propia

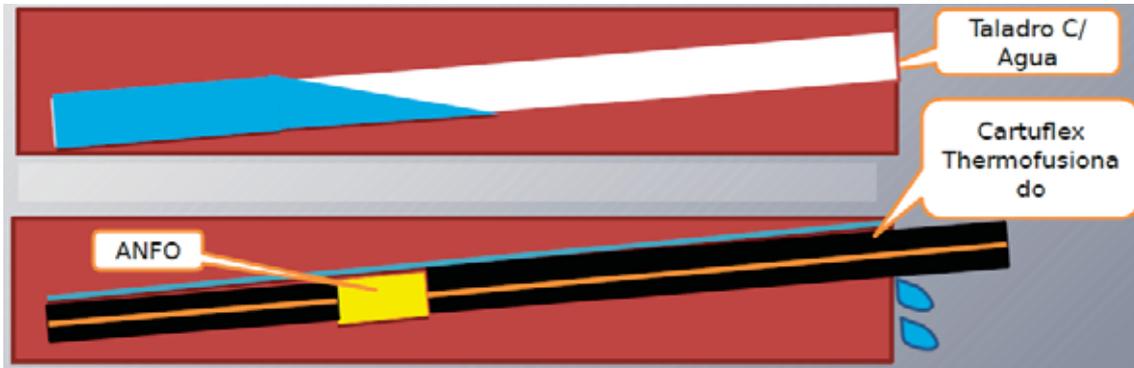
Los costos de los explosivos y accesorios están basados en cotizaciones según el área de Planeamiento de mina.

En el cuadro se puede ver el costo de \$177.07 por cada disparo realizado según la carga explosiva con Cartuflex Termofusionado.

4.3.3. Procedimiento de carguío con Cartuflex Termofusionado

- a) Se limpia el taladro de los detritos y agua con aire comprimido.
- b) Se arma la carga explosiva de la siguiente manera.

Imagen 31: Cartuflex Termofusionado en los arrastres



Fuente: Tubotherm

- c) Al fondo se coloca el cebo, en nuestro caso el Emulnor 5000.
- d) Luego se coloca el Cartuflex Termofusionado, con el contenido lleno de ANFO.
- e) Para luego colocar el taco, según diseño especificado para cada taladro.
- f) En los arrastres el Cartuflex Termofusionado debe sobre salir de 30 a 40 cm del taladro.

Imagen 32: Cartuflex Termofusionado en los arrastres



Fuente: Elaboración Propia

4.3.4. Resultado de la voladura con Cartuflex Termofusionado

Imagen 33: La voladura es eficiente la que no necesita voladura secundaria..



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 34: La rampa queda en buenas condiciones sin sobre roturas



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 35: Voladura que evidencia que fue bien distribuida



Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V:

V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Resultados de avance de la Rampa negativa 565

5.1.1. Resultados del avance con diseño de carga explosiva Actual de mina

El resultado de la evaluación del avance en la rampa negativa con el diseño actual que se maneja en mina se ha desarrollado en base a 27.69 metros de avance en la construcción de la rampa negativa 565, el cual se describe a continuación:

Tabla 26: Resultados de avance según diseño de carga explosiva Actual de mina

Fecha	Turno día		Turno noche		Total m
	Avance M/disp.	Volad. Secund.	Avance M/disp.	Volad. Secund.	
15/11/18	2.77	si	2.80	no	5.57
16/11/18	2.78	no	2.84	no	5.62
17/11/18	2.75	si	2.60	si	5.35
18/11/18	2.83	no	2.81	no	5.64
19/11/18	2.81	no	2.70	si	5.51
Total					27.69
Promedio Avance/Disparo					2.77

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se debe indicar que la voladura realizada en la rampa negativa 565, es casi indispensable realizar la voladura secundaria, la misma que retrasa el tiempo de ejecución

de la rampa así como el incremento de los costos de voladura al realizar voladuras secundarias.

5.1.2. Resultados de los costos con diseño Actual de mina

Se ha desarrollado el análisis de costo unitario del explosivo para la voladura por metro de avance, teniendo el siguiente resultado:

Tabla 27: Costo de precios unitarios de \$/disparo según diseño actual de mina

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	P.U. \$	Total \$
Voladura primaria				
Emulnor 5000	436	Und.	0.51	222.36
Fanel 4.0m	31	Und.	0.95	29.45
Cordón detonante - Pentacord	25	m	0.15	3.75
Carmex 2.50m	2	Und.	0.58	1.16
			Total \$/disparo	256.72
Voladura Secundaria				
			Total \$/disparo	6.35
			Total \$	263.07
			Total \$ x 10 disparos	2630.70
			Total \$/m de avance	94.97

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se interpreta que se tiene un costo total por disparo de \$ 263.07 (\$256.72 para la voladura primaria y \$6.35 para la voladura secundaria) por lo que con un avance promedio de 2.77 m se tiene un costo por metro avanzado de \$ 94.97

5.1.3. Resultados del avance con diseño de carga explosiva con Cartuflex Termofusionado

El resultado de la evaluación del avance se ha desarrollado en 32.05 metros de la construcción de la rampa negativa 565, los cuales se describen a continuación:

Tabla 28: Resultados de avance según diseño de carga explosiva con Cartuflex Termofusionado

Fecha	Turno día		Turno noche		Total m
	Avance M/disp.	Volad. Secund.	Avance M/disp.	Volad. Secund.	
20/11/18	3.18	no	3.21	no	6.39
21/11/18	3.20	no	3.25	no	6.45
22/11/18	3.19	no	3.21	no	6.40
23/11/18	3.22	no	3.15	no	6.37
24/11/18	3.19	no	3.25	no	6.44
Total					32.05
Promedio Avance/Disparo					3.21

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se debe indicar que la voladura realizada con el accesorio Cartuflex Termofusionado y el ANFO en la rampa negativa 565, no se requiere realizar la voladura secundaria, la cual indica el avance de la rampa en el tiempo previsto y sin costos adicionales que se generen a partir de una voladura defectuosa.

5.1.4. Resultados de los costos del diseño con Cartuflex Termofusionado

Se ha desarrollado el análisis de costo unitario del explosivo para la voladura con accesorio Cartuflex Termofusionado y ANFO por metro de avance, teniendo el siguiente resultado:

Tabla 29: Costo de precios unitarios de \$/disparo con Cartuflex Termofusionado

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	P.U. \$	Total \$
ANFO Superfam	125	kg	0.42	52.50
Emulnor 5000	31	Und.	0.51	15.81
Cartuflex	124	m	0.60	74.40
Fanel 4.0m	31	Und.	0.95	29.45
Cordón detonante - Pentacord	25	m	0.15	3.75
Carmex 2.50m	2	Und.	0.58	1.16
Total \$/disparo				177.07
Total \$ x 10 disparos				1770.70
Total \$/m				55.16

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se interpreta que se tiene un costo total por disparo de \$ 177.07, por lo que con un avance promedio de 3.21 m se tendría un costo por metro avanzado de \$ 55.16

5.2. Análisis comparativo de los resultados obtenidos para la Rampa negativa 565

Luego de haber desarrollado las evaluaciones de los dos diseños de carga explosiva, tanto con Emulnor 5000 en comparación con el ANFO más accesorio Cartuflex Termofusionado, se procede a desarrollar la siguiente tabla:

Tabla 30: Variación de Factores de Disparo

Descripción	Según modelo Actual de Mina	Con Cartuflex Termofusionado	Diferencia
Avance por disparo (m)	2.77	3.21	0.44
Eficiencia por disparo (%)	80	89	9.00
Volumen roto (m3)	40.64	47.09	6.45
Tonelaje roto (Tn)	109.73	127.14	17.41
Factor de carga (Kg/m3)	2.78	2.83	0.05
Factor de potencia (Kg/Tn)	1.03	1.01	0.02
Factor de avance (Kg/m)	40.92	41.45	0.53

Fuente: Elaboración propia

Del análisis en la tabla anterior se deduce que existe una diferencia de 0.44 m de avance por disparo, el cual se gana utilizando el dispositivo Cartuflex Termofusionado obteniendo un incremento en 9% en la eficiencia por disparo, de la misma manera el volumen roto que se gana con este dispositivo es de 6.45 m³ así como el tonelaje en 17.41 tn.

El factor de carga tiene una diferencia de 0.05 kg/m³, el factor de potencia sufre una variación mínima de 0.02 Kg/Tn, el factor de avance varía en 0.53 Kg/m.

Tabla 31: Variación de avance longitudinal y los costos de la Rampa Negativa 565

	Avance/ disp.(m)	\$/disparo	\$/m	Total \$
Diseño Actual con Emulnor 5000	2.77	263.07	94.97	2630.70
Diseño con Cartuflex Termofusionado y ANFO	3.21	177.07	55.90	1770.70
Diferencia	-0.44	86.00	39.07	860.00
Variación %	15.88%	32.69%	41.13%	32.69%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se evidencia que existe un mejoramiento la longitud de avance del 15.88% (0.44 m) en la construcción de la Rampa Negativa 565, utilizando ANFO mas accesorio Cartuflex Termofusionado, del mismo modo se evidencia que existe una disminución en los costos unitario y total de los explosivos en la longitud en estudio, teniendo una variación del 32.69%, representado por la disminución de \$ 860.00.

También se evidencia que hay una disminución de \$ 39.07 por metro de avance, que es una variación del 41.13%.

CONCLUSIONES

- Se concluye que con la mejora en el proceso de la voladura se ha incrementado la longitud de avance por disparo en 0.44m durante el periodo de investigación, que es representado por una variación de 15.88%, en la construcción de la Rampa negativa 565 de la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochirí – Lima.
- Se concluye que el mejor diseño de la carga explosiva para los taladros es la utilización del accesorio o dispositivo de voladura Cartuflex Termofusionado mas el ANFO, como explosivo.
- Se concluye que con el diseño de carga explosiva de Cartuflex Termofusionado mas el ANFO, se ha reducido los costos en los explosivos de voladura, en \$ 860.00 durante el periodo de investigación, que representa la disminución del costo en 32.69%.
- Se concluye que con este nuevo diseño de carga explosiva Cartuflex Termofusionado más el ANFO, no se requiere la ejecución de voladura secundaria por lo que no se retrasa el tiempo planificado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda incluir en el diseño de la carga explosiva el dispositivo Cartuflex Termofusionado más ANFO, ya que, con el uso de este, se reducen los costos en los explosivos y mejora el avance por disparo en cada proceso de voladura, teniendo mejor eficiencia en labores donde existe bastante presencia de agua.
- Se recomienda implementar un procedimiento adecuado de la utilización del dispositivo Cartuflex Termofusionado más ANFO, ya que este accesorio de voladura no genera electricidad estática y es más seguro su manipulación.
- Se recomienda estandarizar el uso del dispositivo Cartuflex Termofusionado en todos los frentes de trabajo que tengan presencia de agua para el desarrollo óptimo de los procesos de voladura.
- Se recomienda promover el uso del dispositivo Cartuflex Termofusionado así como la capacitación constante al personal en el manejo de ese dispositivo para conseguir mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Arotaipe Maina, F. F. (2019). *Mejora de la productividad en avance en frentes aplicando PHVA en Minera Arcata - Rampa Negativa Rosalia*. Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Empresa Minera del Centro del Perú. (1980). *Manual de Voladura*. Perú: Centro de Entrenamiento Area Minas.
- ENAEX SA. (2014). *Manual de Tronadura Enaex SA*. Santiago: Gerencia Tecnica Enaex SA.
- EXSA S.A. (2015). *Manual Practico de Voladura*. Lima: Exsa SA.
- Franco Mendez, C. (2014). *Perforación y Voladura de Rocas*. Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Hernandez Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2016). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.
- Lopez Jimeno, C., & Lopez Jimeno, E. (2013). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. España: Union española de Explosivos SA.
- Morales Garcia, A. K. (2020). *Diseño de malla de perforación y voladura para optimizar el avance de rampa negativa 940 de la Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C*. Huancayo: Universidad Continental.
- Sanchez Villarreal, Y. V. (2012). *Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en Mina Bethazabeth*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1: Fotografías de la Rampa Alex, ingreso principal

Imagen 36: Vista de acceso a la rampa



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 37: Vista de equipo humano de perforación



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 38: Vista del equipo humano de carguío de explosivos



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 39: Vista de la presencia de agua en la Rampa Negativa 565



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Matriz de consistencia

MEJORAMIENTO DE LA LONGITUD DE AVANCE EN LA RAMPA NEGATIVA 565 DE LA CIA. MINERA CASAPALCA S.A.-HUARACHIRI – LIMA				
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	<u>Variable Independiente</u>	<u>Tipo de Estudio</u>
¿Cuál es la longitud de avance de la Rampa 565 mejorando la voladura de la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochiri - Lima?	Mejorar la longitud de avance de la Rampa 565 de la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochiri – Lima.	Con la mejora de la voladura se mejoró la eficiencia de en la longitud de avance de la Rampa 565 de la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochiri – Lima.	Diseño de carga explosiva D.1 Explosivos D.2 Accesorios de voladura	Es un estudio de alcance descriptivo y aplicativo, ya que el propósito del presente proyecto de investigación es evaluar el mejor diseño de carga explosiva para mejorar el avance de la Rampa Negativa 565.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	<u>Variable Dependiente</u>	<u>Población y Muestra</u>
¿Cómo es el diseño de la carga explosiva adecuada para mejorar la voladura?	Diseñar la carga explosiva adecuada para la voladura.	Se ha diseñado una carga explosiva utilizando el accesorio Cartuflex antiestático Termofusionado.	Longitud de Avance de la Rampa 565 D.1 Longitud de taladro D.2 Avance por disparo	La población objetiva de este proyecto de investigación es la Cía. Minera Casapalca, donde se desarrollan las rampas negativas para acceder a las reservas minables.
¿Cuál es costo de la carga explosiva para la voladura?	Evaluar el costo de la carga explosiva de la voladura.	Con el nuevo diseño de carga explosiva se redujo los costos de voladura.		La muestra: La muestra representativa es la Rampa Negativa 565.