

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINAS Y
METALURGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



INFORME TECNICO

OPTIMIZACION Y CONTROL DE INDICADORES DE VOLADURA EN EL
METODO DE EXPLOTACION SUB LEVEL STOPING CON TALADROS
LARGOS-GESTION MINERA S.A.C. CIA - MINERA ALPAYANA S.A. LIMA

PRESENTADO POR:

BACH. BRAYAN SAIRE MAMANI

**PARA OPTAR ALTÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE MINAS**

CONSEJERO:

MGT. JUAN FRANCISCO SOTO ELGUERA

CUSCO - PERÚ

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe asesor del informe técnico titulado: "OPTIMIZACION Y CONTROL DE INDICADORES DE VOLADURA EN EL METODO DE EXPLOTACION SUB LEVEL STOPING CON TALADROS LARGOS-GESTION MINERA S.A.C. CIA - MINERA ALPAYANA S.A. LIMA"

Presentado por **BRAYAN SAIRE MAMANI**, con DNI 70327419 y código universitario Nro. 121344 para optar al Título Profesional de: **INGENIERO DE MINAS**. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 (Tres) veces, mediante el software antiplagio Turnitin, conforme al Artículo 6° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de: **9 % (diez por ciento)**.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación, tesis, textos, libros, revistas, artículos científicos, material de enseñanza y otros (Art. 7, inc. 2 y 3)

Porcentaje	Evaluación y acciones.	Marque con una X
Del 1 al 10 %	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones.	-----
Mayores a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	-----

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Cusco, 28 de agosto de 2024.



FIRMA

POST FIRMA: Mgt. Ing. Juan Francisco Soto Elguera
DNI Nro. 23922623

ORCID ID: 0000-0002-5029-4284

Se adjunta:

1. Reporte Generado por el sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio:
<https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:376435252?locale=es-MX>

NOMBRE DEL TRABAJO

OPTIMIZACION Y CONTROL DE INDICAD
ORES DE VOLADURA EN EL METODO DE
EXPLOTACION SUB LEVEL STOPING CO
N

AUTOR

BRAYAN SAIRE MAMANI

RECuento DE PALABRAS

21147 Words

RECuento DE CARACTERES

109762 Characters

RECuento DE PÁGINAS

104 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.5MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 28, 2024 11:51 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 28, 2024 11:53 AM GMT-5

● 9% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo principalmente a Dios, a mis padres y hermanas, por darme la oportunidad de estar aquí y guiar siempre todos mis pasos. También a todos mis familiares, amigos y muy especialmente a todos los ingenieros y docentes universitarios que han contribuido en mi formación profesional y humana.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, mi alma mater, en especial a la plana docente de la Facultad de Geología, Metalurgia y Minas, de manera muy particular a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por haberme impartido sus valiosos conocimientos para el aprendizaje y logro de mi especialidad.

De igual manera mi reconocimiento a los ingenieros y amigos de la empresa minera Alpayana S.A., los cuales compartieron sus experiencias con mi persona, por sus consejos y enseñanzas durante mi estadía en la mina.

RESUMEN

En la compañía minera Alpayana S.A. uno de los pilares de la operación minera, es la perforación y voladura de taladros largos que desempeña un papel vital en la extracción de minerales, se utilizó el método de explotación de Sub Level Stopping, con la cual se tenía una productividad de 850 000 toneladas anuales producidas, siendo 663 000 toneladas producto de la voladura primaria y 187 000 toneladas producidas de la voladura secundaria de los tajeos de producción con un consumo anual promedio de 88 000 kg de fameplast. Donde se observó la baja productividad y la sobre rotura a consecuencia de la perforación y voladura de taladros largos.

El presente informe técnico de la unidad minera Alpayana S.A. tiene como objetivo optimizar la productividad y el control de indicadores de voladura, encontrando el óptimo mecanismo de minado, un diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la voladura primaria, reducir la voladura secundaria, el consumo de fameplast y el daño al macizo rocoso circundante evitando la dilución. mejorar la fragmentación e incrementar la productividad.

Para lo cual se realizó un tipo de trabajo aplicado, durante este proceso se incorporaron todos los tajeos de producción de la compañía minera Alpayana S.A. y también se registraron las siguientes variables; longitud de taladros, desviación de taladros, factor de potencia, presiones de perforación, presiones de carguío, fragmentación, consumo de fameplast y productividad.

Finalmente, en la mina Alpayana S.A. se obtuvieron resultados favorables como la optimización de la productividad y la disminución de fameplast en los tajeos de producción, por ello es importante el diseño de la malla de perforación y voladura y la aplicación del control de indicadores de voladura.

Palabras claves: Optimización, Perforación, Voladura, Taladros largos

ABSTRACT

In the mining company Alpayana S.A. One of the pillars of the mining operation is the drilling and blasting of long holes that plays a vital role in the extraction of minerals. The Sub Level Stopping exploitation method was used, with which there was a productivity of 850,000 tons. produced annually, with 663,000 tons produced from primary blasting and 187,000 tons produced from secondary blasting of production pits with an average annual consumption of 88,000 kg of fameplast. Where low productivity and overbreakage were observed as a result of drilling and blasting long drills.

This technical report of the Alpayana S.A. mining unit aims to optimize productivity and control of blasting indicators, finding the optimal mining mechanism, a drilling and blasting mesh design to improve primary blasting, reduce secondary blasting, fameplast consumption and damage to the rock mass surrounding avoiding dilution. improve fragmentation and increase productivity.

For which a type of applied work was carried out, during this process all the production pits of the mining company Alpayana S.A. were incorporated. and the following variables were also recorded; hole length, hole deviation, power factor, drilling pressures, loading pressures, fragmentation, fameplast consumption and productivity.

Finally, at the Alpayana S.A. mine. Favorable results were obtained such as the optimization of productivity and the reduction of fameplast in production pits, which is why the design of the drilling and blasting mesh and the application of control of blasting indicators is important.

Keywords: Optimization, Drilling, Blasting, Long drills

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INTRODUCCION	xiii

Capítulo I

Generalidades Metodológicas

1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema	1
1.3. Objetivos de la investigación	2
1.4. Justificación del estudio	2
1.5. Alcances y limitaciones	2
1.6. Hipótesis	3
1.7. Identificación y clasificación de variables	3
1.8. Variables e indicadores	3
1.9. Diseño metodológico de la investigación	3

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Marco teórico referencial	6
2.2. Marco teórico conceptual	9
2.2.1. Productividad	9
2.2.2. Ventajas de la productividad	9
2.2.3. Productividad en perforación y voladura	9
2.2.4. Costos	10
2.2.5. Métodos de explotación	12
2.2.6. Métodos de explotación por subniveles con taladros largos	13
2.2.7. Criterio para el diseño de minado	13
2.2.8. Criterio para la selección de subniveles con taladros largos	14
2.2.9. Perforación de taladros largos	15
2.2.10. Equipos de perforación de taladros largos	16
2.2.10.a. Equipos simba modelo H 1254	16

2.2.10.b. Equipos simba modelo S7D	18
2.2.11. Perforadora modelo COP 1838	19
2.2.11.a. Cuerpos de la perforadora modelo COP 1838	19
2.2.11.b. Entradas flexibles de la perforadora modelo COP 1838	20
2.2.11.c. Parámetros de la perforadora modelo COP 1838	20
2.2.12. Voladura de rocas	21
2.2.12.a. Tipos de voladura de rocas	21
2.2.12.b. Rendimiento óptimo para una buena voladura	23
2.2.12.c. Variables controlables de la voladura	25
2.2.12.d. Variables no controlables de la voladura	25
2.2.12.e. Fragmentación secundaria de rocas	25
2.2.13. Voladura de taladros largos	26
2.2.13.a. Diseño de voladura de taladros largos	27
2.2.13.b. Voladura controlada en taladros largos	29
2.2.14. Vibraciones	30
2.2.14.a. Tipos de ondas	30
2.2.14.b. Efectos de la vibración	31
2.2.14.c. Medición de vibración	31
2.2.14.d. Reglamentación en la comparación de vibraciones	32
2.2.15. Dilución	32
2.2.15.a. Dilución planificada	33
2.2.15.b. Dilución no planificada	33
2.2.16. Cargador de anfo tipo jetanol	34
2.2.16.a. Principales características del Jetanol	34

Capítulo III

Ámbito de Estudio

3.1. Ubicación	36
3.2. Accesibilidad	36
3.3. Geomorfología	37
3.4. Estratigrafía	37
3.4.1. Formación jumasha	37
3.4.2. Formación alpayana	37
3.4.3. Formación carlos francisco	38
3.4.4. Formación bellavista	38
3.4.5. Formación río blanco	38

3.4.6. Cuaternario	38
3.5. Geología estructural	38
3.6. Geología económica	39

Capítulo IV

Optimización y Control de Indicadores de voladura

4.1. Presentación de datos reales	42
4.1.1. Labores mineras de desarrollo y preparación para la perforación de los equipos simba	42
4.2. Base de control de productividad de la compañía minera Alpayana	44
4.3. Protocolo de carguío y voladura de taladros largos	45
4.4. Diseño de perforación y voladura de taladros largos	48
4.5. Cuadro histórico de productividad de la compañía minera Alpayana	49
4.5.1. Productividad y fameplast por mes del año 2017 compañía minera Alpayana	49
4.5.2. Productividad y fameplast por mes del año 2018 compañía minera Alpayana	50
4.5.3. Productividad y fameplast por mes del año 2019 compañía minera Alpayana	51
4.6. Cuadro de resumen anual de productividad y cantidad de fameplast	52
4.7. Formato de control diario de mineral roto por guardia	53
4.8. Capacitación de maestro disparador y ayudante disparador	54
4.9. Análisis e interpretación de datos	54
4.9.1. Paradas operativas en el carguío y voladura de taladros largos	55
4.10. Fases de optimización y control de indicadores de voladura	55
4.10.1 Fase de modelamiento de cuerpos por el área de geología	55
4.10.2. Fase de preparación de galerías	55
4.10.3. Fase de verificación y acondicionamiento de la labor	57
4.10.4. Fase de diseño de taladros largos	58
4.10.5. Fase de pintado de malla de perforación	58
4.10.6. Fase de reparto de guardia y entrega de herramientas de gestión	59
4.10.7. Fase de ingreso y salida de personal	60
4.10.8. Fase de llenado de las herramientas de gestión	61
4.10.9. Fase de la verificación y relleno del protocolo del carguío y voladura	61
4.10.10. Fase de la verificación del diseño de perforación y voladura de taladros largos	66
4.10.11. Fase del traslado del jetanol de una labor a otra	68
4.10.12. Fase de instalación del jetanol	68
4.10.13. Fase de traslado de explosivo en interior mina	69

4.10.14. Fase de la selección del material explosivo y accesorios	70
4.10.14.a. Explosivos	71
4.10.14.b. Accesorios	72
4.10.15. Fase de traslado de explosivo en interior mina	76
4.10.15.a. Distribución de carga	77
4.10.15.b. Distribución de carga de taladros largos	77
4.10.16. Fase de supervisión del carguío de taladros largos	78
4.10.17. Fase del chispeo de tajeos cargados	79
4.10.18. Fase de reporte final de la guardia	80

Capítulo V

Análisis e Interpretación de Resultados

5.1. Resultado de trabajos realizados	81
5.1.1. Productividad y fameplast por mes del año 2020 compañía minera Alpayana	81
5.1.2. Reducción del banqueo y transporte de mineral	82
5.1.2.a. Voladura después de implementar el diseño de perforación y Voladura	82
5.1.2.b. Carguío y transporte de mineral	83
5.2. Comparación de resultados	84
5.2.1. Productividad y cantidad de fameplast del Año 2017 al 2020	84
5.3. Discusión de resultados	85
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	89

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diseño de desarrollo y preparación en taladros largos.</i>	14
<i>Figura 2. Taladros en abanico</i>	15
<i>Figura 3. Taladros en paralelo</i>	16
<i>Figura 4. Equipo de perforación simba H 1254</i>	17
<i>Figura 5. Dimensiones de la simba H1254</i>	17
<i>Figura 6. Equipo de perforación simba S7D</i>	18
<i>Figura 7. Cuerpos de la perforadora modelo COP 1838</i>	19
<i>Figura 8. Entradas flexibles de la perforadora modelo COP 1838</i>	20
<i>Figura 9. Mecanismos de rotura de las rocas</i>	21
<i>Figura 10. Transmisión de la onda de choque</i>	22
<i>Figura 11. Agrietamiento radial</i>	23
<i>Figura 12. Rotura por flexión</i>	23
<i>Figura 13. Rendimiento óptimo para una buena voladura</i>	24
<i>Figura 14. Perforación con barreno (cachorro)</i>	26
<i>Figura 15. Cargas superficiales (plasteo)</i>	26
<i>Figura 16. Voladura de taladros largos</i>	27
<i>Figura 17. Voladura en slot</i>	28
<i>Figura 18. Voladura de taladros paralelos y taladros abanicos</i>	29
<i>Figura 19. Dilución</i>	33
<i>Figura 20. Cargador de anfo tipo jetanol</i>	34
<i>Figura 21. Principales características del jetanol</i>	35
<i>Figura 22. Ubicación de la minera Alpayana S.A.</i>	36
<i>Figura 23. Sección de Labores de Desarrollo</i>	42
<i>Figura 24. Labor de preparación VCR</i>	43
<i>Figura 25. Protocolo de carguío y voladura de taladros largos</i>	46
<i>Figura 26. Diseño de perforación y voladura de taladros largos</i>	48
<i>Figura 27. Representación de productividad y cantidad de fameplast por mes - 2017</i>	50
<i>Figura 28. Representación de productividad y cantidad de fameplast por mes - 2018</i>	51
<i>Figura 29. Representación de productividad y cantidad de fameplast por mes - 2019</i>	52
<i>Figura 30. Representación anual de la productividad y cantidad de fameplast 2017 al 2019</i>	53
<i>Figura 31. Reporte diario de mineral roto</i>	53
<i>Figura 32. Capacitación de maestro disparador y ayudante disparador</i>	54
<i>Figura 33. Verificación y acondicionamiento de la labor</i>	57

<i>Figura 34. Malla de perforación.</i>	58
<i>Figura 35. Pintado de malla de perforación.</i>	59
<i>Figura 36. Reparto de guardia</i>	60
<i>Figura 37. Ingreso y salida de personal</i>	60
<i>Figura 38. Rellenado de las herramientas de gestión</i>	61
<i>Figura 39. Diseño de carguío y voladura de taladros largos</i>	67
<i>Figura 40. Traslado del jetanol en mina</i>	68
<i>Figura 41. Instalación del jetanol</i>	69
<i>Figura 42. Camión de explosivo</i>	69
<i>Figura 43. Polvorín en interior mina</i>	70
<i>Figura 44. Explosivo – anfo</i>	71
<i>Figura 45. Explosivo – emulnor</i>	72
<i>Figura 46. Accesorios – cordón detonante</i>	73
<i>Figura 47. Accesorio - fanel</i>	74
<i>Figura 48. Accesorio - carmex</i>	75
<i>Figura 49. Accesorio – mecha rápida</i>	76
<i>Figura 50. Carguío de taladros largos</i>	76
<i>Figura 51. Distribución de carga</i>	77
<i>Figura 52. Diseño de carga de taladros largos</i>	78
<i>Figura 53. Supervisión mina</i>	79
<i>Figura 54. Chispeo de tajeos de taladros largos</i>	80
<i>Figura 55. Reporte final de la guardia</i>	80
<i>Figura 56. Representación de productividad y cantidad de fameplast por mes - 2020</i>	82
<i>Figura 57. Voladura con presencia de bancos en taladros largos</i>	83
<i>Figura 58. Voladura controlada en taladros largos</i>	83
<i>Figura 59. Carguío y transporte de mineral</i>	85
<i>Figura 60. Productividad y cantidad de fameplast del año 2017 al 2020</i>	86

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Variables e indicadores</i>	<u>3</u>
<i>Tabla 2. Parámetros del método sub level stoping</i>	<u>13</u>
<i>Tabla 3. Parámetros de perforación simba H 1254</i>	<u>15</u>
<i>Tabla 4. Dimensiones y radio de giro simba S7D</i>	<u>19</u>
<i>Tabla 5. Parámetros de la perforadora COP 1838</i>	<u>20</u>
<i>Tabla 6. Características de un yacimiento epitermal</i>	<u>39</u>
<i>Tabla 7. Base de control de productividad</i>	<u>45</u>
<i>Tabla 8. Productividad y cantidad de fameplast por mes del año 2017</i>	<u>49</u>
<i>Tabla 9. Productividad y cantidad de fameplast por mes del año 2018</i>	<u>50</u>
<i>Tabla 10. Productividad y cantidad de fameplast por mes del año 2019</i>	<u>51</u>
<i>Tabla 11. Productividad y cantidad de fameplast por año 2017 - 2019</i>	<u>52</u>
<i>Tabla 12. Programa de productividad zona cuerpos – marzo 2020</i>	<u>56</u>
<i>Tabla 13. Productividad y cantidad de fameplast por mes del año 2020</i>	<u>81</u>
<i>Tabla 14. Productividad y cantidad de fameplast anual 2017 al 2020</i>	<u>84</u>

INTRODUCCION

En el ámbito de la minería subterránea, el método de Sub Level Stoping con taladros largos representa una técnica ampliamente utilizada para la extracción eficiente de mineral en yacimientos profundos. Este método se distingue por su capacidad para adaptarse a diversas condiciones geológicas y por su eficacia en la maximización de la recuperación del mineral. Sin embargo, la optimización de las operaciones de perforación y voladura juega un papel crucial en la mejora de la productividad.

Este informe técnico se centra en la optimización y control de indicadores de voladura específicamente en el área de taladros largos, una técnica fundamental para la fragmentación del mineral en Sub Level Stoping. El objetivo principal es determinar los mecanismos para optimizar la productividad de taladros largos en Alpayana S.A., mediante el diseño de malla de perforación y voladura para evitar la voladura secundaria y reducir el fameplast.

El siguiente informe técnico abarca lo siguiente; una revisión detallada del método Sub Level Stoping, los principios de la perforación con taladros largos y su impacto en la eficiencia operativa y la seguridad minera; el análisis crítico de las prácticas actuales de la perforación y voladura en Sub Level Stoping, identificando los desafíos y oportunidades para la optimización de la productividad y el control de indicadores de voladura; y la descripción detallada del enfoque metodológico diseñado para optimizar los indicadores de voladura, incluyendo técnicas de modelado, simulación y análisis de datos.

A través de este informe técnico, se busca contribuir significativamente al campo de la minería subterránea mediante la mejora continua de las técnicas de perforación y voladura en Sub Level Stoping, con taladros largos, sino también ofrecer soluciones prácticas y aplicables que permitan a las empresas mineras mejorar su productividad.

Capítulo I

Generalidades Metodológicas

1.1. Descripción del problema

A nivel mundial las operaciones mineras de perforación y voladura de rocas se han adaptado a diversas condiciones geológicas y mineras. En América Latina y particularmente en Perú, el método de Sub Level Stopping en taladros largos son ampliamente utilizados debido a la abundancia de yacimientos mineros con características favorables para su aplicación. En la compañía minera Alpayana S.A. las operaciones mineras son de mucha importancia, principalmente en labores de explotación minera subterránea, donde se busca aumentar la productividad con la mínima presencia de bancos en los tajeos de producción, pues estos impiden la extracción de mineral roto.

La productividad mensual del mineral extraído de minera Alpayana S.A. es de 850 000 toneladas anuales, siendo 663 000 toneladas producto de la voladura primaria y 187 000 toneladas producto de la voladura secundaria de los tajeos de producción, con un consumo anual promedio de 88 000 kg de fameplast. En consecuencia, se incrementa la voladura secundaria, la cual genera la baja productividad, exposición del personal en el plasteo de bancos y el incremento del uso del fameplast.

Bajo esta premisa y con las mismas condiciones geológicas y geomecánicas es que se determina la factibilidad de implementar los controles de perforación y voladura en el método de Sub Level Stopping en taladros largos, en la zona de cuerpos en la compañía minera Alpayana S.A.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles serán los mecanismos para optimizar la productividad de taladros largos en Alpayana S.A.?

1.2.2. Problema específico

- a) ¿Cuál será el diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para mejorar la voladura primaria y evitar la voladura secundaria en Alpayana S.A., ambas en las mismas condiciones de macizo rocoso?
- b) ¿De qué modo el control de los indicadores de voladura reduce el consumo fameplast en Alpayana S.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivos generales

Determinar los nuevos mecanismos para optimizar la productividad de taladros largos en Alpayana S.A.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para mejorar voladura primaria y evitar la voladura secundaria en Alpayana S.A., ambas en las mismas condiciones del macizo rocoso.
- b. Identificar el control de los indicadores de voladura para reducir el consumo de fameplast en Alpayana S.A.

1.4. Justificación del estudio

El presente informe nos servirá para mejorar y solucionar el problema de voladura secundaria en las operaciones mineras a nivel nacional e internacional. Con lo cual, se obtendrá un menor consumo de fameplast y así se logrará optimizar la productividad. Teniendo en consideración el ejecutar operaciones seguras con bajos índices de frecuencia, severidad y accidentabilidad en nuestras operaciones.

Adicionalmente nos ayudara a concientizar a la primera línea de supervisión junto al área de planeamiento realizar el proyecto de perforación y voladura de taladros largos, así mismo, trabajar con el área de seguridad para reducir accidentes laborales.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances

Con el presente informe realizado se pretende abarcar la minería ya que los aportes logrados pueden ser aplicadas a otras unidades mineras que contribuyan a mejorar su productividad y optimizar sus procesos unitarios.

1.5.2. Limitaciones

Las restricciones del informe técnico realizado fue la obtención de informes y planos. El documento presentó ciertas restricciones en cuanto a compilación de información, ellas fueron superadas con la experiencia, conocimientos y los asesoramientos de excelentes profesionales de la rama minera.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Con los nuevos mecanismos se logrará optimizar la productividad de taladros largos en Alpayana S.A.

1.6.2. Hipótesis específicas

- a. El diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos mejorará la voladura primaria y evitará la voladura secundaria en Alpayana S.A., ambos en las mismas condiciones de macizo rocoso,
- b. Al identificar el control de los indicadores de voladura se reducirá el consumo de fameplast en Alpayana S.A.

1.7. Identificación y clasificación de variables

1.7.1. Variable independiente (X)

Factores técnico – operacionales.

1.7.2. Variable dependiente (Y)

Optimización de la voladura.

1.8. Variables e indicadores

Tabla 1. Variables e indicadores

Variables	Indicadores	Unidades
Independiente	Desviación de taladros	%
Factores técnicos - operacionales	Longitud de taladros	m
	Factor de potencia	kg/tn
	Presiones de perforación	Bar
	Presiones de carguío	Bar
Dependiente	Productividad	Tn/mes
Optimización de la voladura	Fragmentación	Pulg
	Consumo de Fameplast	kg

Fuente: Elaboración propia

1.9. Diseño metodológico de la investigación

1.9.1. Tipo de trabajo realizado

El tipo de trabajo es aplicado, esto por la aplicación de teoría y práctica en la perforación y voladura de taladros largos y sus formas de implementar para lograr optimizar la productividad y controlar los indicadores de voladura en el método de Sub Level Stopping.

1.9.2. Nivel de trabajo realizado

El nivel de trabajo es descriptivo y explicativo porque describe los fenómenos en circunstancias determinadas, luego nos brinda explicaciones satisfactorias en la optimización y control de los indicadores de voladura.

1.9.3. Método de trabajo realizado

En el presente trabajo se utilizó el método científico. Este método es el conjunto de técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos, este método tiene la capacidad de proporcionar respuestas eficaces y probadas sobre algún caso de estudio.

1.9.4. Diseño de trabajo realizado

El diseño del trabajo será experimental, modalidad pre experimentos, ya que tienen grado de control mínimo.

1.9.5. Población y muestra

a. Población

La población está constituida por la unidad minera Alpayana S.A.

b. Muestra

La muestra para este informe son los distintos tajeos de producción de taladros largos en la unidad minera Alpayana S.A.

1.9.6. Procedimiento de recolección de datos

a. Observación directa

Se realizará un seguimiento exhaustivo de las operaciones involucradas a fin de detectar los problemas operativos, condiciones de la labor y características geomecánicas.

1.9.7. Técnica de procedimientos de datos

La técnica de procesamiento de datos se realizará en forma manual, electrónica, y mediante programas computacionales y la ayuda de la hoja de cálculo es algo trascendente en la investigación.

1.9.8. Instrumentos

- Reglamento de seguridad y salud ocupacional D.S. 024-2016-EM y D.S. 023-2017- EM.
- Excel.
- AutoCAD.
- GPS diferencial.
- MS Project.

1.9.9. Materiales

Para el desarrollo del siguiente trabajo de investigación fue necesaria la utilización de los siguientes materiales:

- De oficina. Lapiceros, marcadores, libretas de apuntes.
- Informáticos. Computadoras, laptop e impresoras.
- Bibliográficos. Archivos de la compañía, libros, tesis, revistas especializadas.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Marco teórico referencial

2.1.1. Antecedentes

El desarrollo de este trabajo expone la situación de la compañía minera Alpayana S.A. que se dedica a la explotación y tratamiento de minerales polimetálicos de Ag, Pb, Cu y Zn, donde se utiliza el método de Sub Level Stopping.

El método de explotación de Sub Level Stopping en la Cia. Minera los Quenuales S.A. unidad "Yauliyacu", involucra criterios técnicos y económicos orientados a la selección del método óptimo para la explotación de los diseminados como una alternativa de solución al planteamiento del problema, cuyo objetivo fue determinar la influencia que genera la aplicación de este método en la Mejora de producción y la mejora de estándares de Seguridad, porque se cuenta con importantes reservas de mineral diseminado en los tajos, ya que estas vetas fueron explotadas anteriormente por métodos convencionales, es por este motivo que se define recuperación de diseminados aplicando el método de Sub level Stopping el cual es un método de Minado de menor costo comparativamente a los demás métodos de explotación.

En la compañía minera Alpayana S.A. los trabajos que se realizan de perforación y voladura, por lo general presenta problemas que acontecen durante las operaciones pudiendo mencionar que los factores principales para el buen trabajo, el implementar un buen control de los indicadores de voladura que involucra todos los trabajos que se realiza antes, durante y después de la perforación y voladura de taladros largos, esto propone un aspecto a desarrollar, diagnosticar e implementar previo análisis de los puntos críticos dentro de la operación de la perforación y voladura.

La zona de cuerpos de la compañía minera Alpayana S.A. tiene una productividad de 850 000 toneladas mensuales, siendo 663 000 toneladas producto de la voladura primaria y 187 000 toneladas producto de la voladura secundaria de los tajeos de producción, con un consumo mensual promedio de 88 000 kg de fameplast. Se busca reducir su voladura secundaria. Por lo tanto, se requiere hacer un análisis minucioso de sus estándares de perforación y voladura de taladros largos.

La finalidad es optimizar y controlar los indicadores de la voladura logrando aumentar la productividad, reducir la voladura secundaria, generar mayor volumen roto con una dilución adecuada y evitar accidentes con la exposición del personal en las áreas de los tajeos usando equipos a control remoto.

Por consiguiente, la productividad en mina se define en un 80% del método de Sub Level Stopping y el 20% es de corte y relleno ascendente convencional por el tema de las leyes de cabeza promedio.

Durante el trabajo realizado en la unidad minera Alpayana S.A. se implementó un plan de mejora para incrementar la productividad y control de los indicadores de voladura de taladros largos en los tajeos usando: implementación del diseño de perforación y voladura, capacitaciones de los técnicos en carguío y voladura en taladros largos, capacitación a nuestra supervisión de primera línea, evaluación y análisis de los tiempos productivos, manejo de la geología y geomecánica para mejor conocimiento del tipo de roca a realizar la perforación y voladura, implementación del uso del tubo pvc en los taladros perforados, diseñar adecuadamente los taladros largos y las secciones de las labores antes de iniciar el minado que con lleva a generar planes de acción con los responsables, etapas de cumplimiento y revisión.

2.1.2. Áreas y Funciones Desempeñadas

2018 mayo – 2019 octubre: Supervisor de Operaciones en el área de taladros largos en la empresa GESTION MINERA INTEGRAL S.A.C. Unidad Minera Alpayana S.A. donde específicamente realizamos el trabajo de perforación y voladura de taladros largos, y a cargo de 4 equipo simbas S7D y 3 equipos simba H 1254, 2 cuadrillas de voladura sumándose 20 colaboradores para la ejecución del proyecto, siendo responsable del cumplimiento y seguimiento de herramientas de gestión de seguridad, procedimientos y estándares operacionales.

- Supervisar el cumplimiento de perforación de taladros largos.
- Supervisar el cumplimiento de voladura de tajeo de talados largos.
- Control y seguimiento de performance de perforación, control de aceros taladros largos.
- Responsable de la seguridad y seguimiento del cumplimiento de herramientas de gestión, del grupo de trabajo.

2019 noviembre – 2021 julio: Jefe de Guardia de mina en la empresa GESTION MINERA INTEGRAL S.A.C.- U.M. ALPAYANA S.A. cumpliendo funciones dedicadas a jefe de guardia del área de taladros largos, donde específicamente realizamos el trabajo de perforación y voladura de taladros largos, a cargo de 4 equipo simbas S7D y 3 equipos simba H 1254, 2 cuadrillas de voladura sumándose 20 colaboradores para la ejecución del plan de productividad, siendo responsable del

cumplimiento y seguimiento de herramientas de gestión de seguridad, procedimientos y estándares operacionales.

- Responsable del cumplimiento y seguimiento de herramientas de gestión de seguridad, procedimientos y estándares operacionales.
- Diseño y optimización de mallas de perforación y voladura de slot y taladros largos en bancos de 13 a 20 metros.
- Trabajo en la implementación de estrategias operacionales en el control de minado por taladros largos. Control de productividad, control de dilución, medición de desviación de taladros.
- Trabajo en la implementación de diseño de mallas de perforación, voladura y evaluación del modelo de bloques.
- Control del cumplimiento y adherencia del plan de producción y avances.
- Seguimiento del control de minado, medición de desviación de taladros, cálculo de rotura y sobre rotura, replanteo de taladros desviados. Reportes de control de minado.
- Cumpliendo funciones de asesoría técnica en la seguridad y manipuleo de explosivos.
- Control de índices de perforación y voladura, seguimiento al plan de producción de taladros largos.
- Optimización de diseño de mallas de perforación y voladura en taladros largos.
- Evaluación de resultados de fragmentación y recomendaciones de mejora en diseño de mallas de perforación y voladura.
- Operación de equipo de medición de desviación de taladros PEEWEE, para el control de minado en tajos de taladros largos.
- Control y seguimiento de performance de indicadores de perforación y voladura.
- Alternativas para el control de dilución en minado de taladros largos.
- Diseño de perforación y voladura de taladros largos de producción y chimeneas VCR.
- Diseño de proyectos para la secuencia de minado de los métodos de explotación corte y relleno ascendente y Sub Level Stopping.

2.2. Marco teórico conceptual

2.2.1. Productividad

La productividad es la utilización eficiente y eficaz de los recursos al producir un determinado bien o servicio y en términos cuantitativos es la razón entre la cantidad producida y los insumos que se usaron para producirlo.

2.2.2. Ventajas de la productividad

Las ventajas de la productividad son:

- Ayuda a incrementar las utilidades.
- Permite la competitividad de una empresa.
- Una empresa es competitiva en relación con otras, cuando puede producir productos de mejor calidad con costos reducidos.

2.2.3. Productividad en perforación y voladura

Para medir la productividad de estas dos operaciones vitales en el ciclo de minado, hacemos el uso de los indicadores (KPI), que son cuantificables y reflejan los factores de éxito más críticos en la operación, dichos indicadores deben ser medidos y analizados detalladamente de manera periódica a fin de tener un debido control en ambos procesos.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que mediante el análisis de los KPI's que se maneja en la unidad, se puede optimizar determinados procesos de trabajo de acuerdo a las prioridades de la empresa y la inmediatez que cada una requiere.

Como ejemplo mencionamos alguno de los KPI's de perforación y voladura:

- Ratio de perforación: indicador que mide el performance de velocidad de perforación.

$$\text{Ratio de perforacion} = \frac{\text{Longitud efectiva de perforacion}}{\text{Tiempo de perforacion por taladro}}$$

- Longitud de perforación efectiva: indicador que mide la longitud efectiva de perforación.
- Índice de factor de avance: mide la cantidad de explosivo usado para la fragmentación del macizo rocoso.

$$\text{Indice de factor de avace} = \frac{\text{Kg de explosivo}}{\text{Metro lineal avance}}$$

- Factor de carga: mide los kilogramos de explosivo para fragmentar el macizo rocoso.

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Kg de explosivo}}{\text{Volumen disparado}}$$

- Factor de potencia: mide la cantidad de explosivo usado por tonelada volada.

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{Kg de explosivo}}{\text{Tonelaje disparado}}$$

- Índice de carga operante: mide la cantidad de explosivo usado por retardo de salida de los taladros cargados en función del diseño de la malla.

$$\text{Índice de carga operante} = \frac{\text{Kg de explosivo}}{\text{Cantidad de retardos (secuencia)}}$$

2.2.4. Costos

a. Administración de costos

La administración de costos es aquel seguimiento en la que se asegura el uso óptimo de los bienes de la empresa.

En la administración de costos es necesario indicar parámetros para cada actividad que den cuenta de los cambios de la operación en el tiempo, estos parámetros deben relacionar los recursos utilizados en la operación, porque acarrea errores o distorsiones al momento de interpretar el proceso y su optimización.

b. Costo en perforación

La estimación de productividad, debe estar circunscrito a los recursos disponibles con los cuales se va a trabajar como: personal, equipos, energía eléctrica, agua y aire comprimido.

El criterio y selección de equipos, debe realizarse previo análisis de las características del yacimiento, posterior a esto determinar el uso que se dará a cada equipo de perforación y la cantidad de energía necesaria para su operación. En perforación se maneja los costos horarios y costos unitarios (\$/m-perf o \$/ton) por cada tipo de equipo, incluyendo dentro estos costos los de provisión.

Cálculo de costos de perforación:

- Costo por metro perforado: dentro de estos se toma en cuenta la mano de obra, los materiales y herramientas, los equipos, implementos y gastos indirectos.
- Costo por tonelada rota: está basada en la ratio de perforación que es la cantidad de metro perforado para conseguir romper una tonelada de material.

Optimización de costos de perforación:

Para optimizar los costos en perforación y voladura de taladros largos es necesario centrar la atención en la eficiencia de la operación, rendimiento de los materiales y herramientas de trabajo, así como el performance del personal y equipos empleados para tales actividades.

c. Costo en voladura

Dentro de los costos de voladura se considera lo siguiente:

- Malla de perforación.
- Diámetro del taladro.
- Malla y diseño de voladura.
- Factor de potencia.
- Cantidad de disparos para volar todo el block.

También se debe tomar en cuenta la elección del tipo de explosivo para el diseño de voladura en el tajo, considerando lo siguiente:

- Características de la roca.
- Propiedades del explosivo.
- Volumen de material a romper.
- Grado de fragmentación.

Cálculo de costos de voladura:

Para obtener del costo de voladura, debemos analizar todas las variables presentes en la rotura del macizo rocoso, tales como:

- Características del macizo rocoso o material a disparar.
- Distribución de taladros en el terreno.
- Tipos de explosivos y accesorios a emplear.
- Cantidad de explosivos y accesorios necesarios para un volumen determinado.

Seguidamente se determinará la ratio de explosivos que se utilizaran en el tajo de acuerdo a la geometría de ésta.

- Precios de los explosivos.
- Otros accesorios que se emplean.
- Costo de la mano de obra.

Optimización de costos de voladura:

Si observamos que nuestros costos de voladura son altos debemos retomar las condiciones básicas que determinan tales efectos como:

- Grado de fragmentación.
- Distribución de los taladros.
- Costos de explosivos y accesorios.

2.2.5. Métodos de explotación

Consiste en la división del cuerpo mineralizado en áreas cuyas condiciones permitan laborar y realizar la explotación mediante disparos realizados verticalmente, paralelamente o hasta radial.

Dicho método involucra las galerías de perforación, de base o undercut. El transporte para la evacuación del mineral obtenido y chimeneas VCR (Vertical Cráter Retreat) para originar una cara libre.

La longitud empleadas para la perforación son de 15 a 25m hacia arriba aproximadamente, y tiene un alcance de 40 a 60m hacia abajo (perforación con DHT), con ello se consigue un buen rendimiento y más aun con el uso de maquinaria pesada o semipesada, las cuales elevan los niveles de perforación.

La galería undercut ayuda a realizar el transporte del mineral, la cual es una zanja que recepciona el mineral arrancado y cae por gravedad a esta zona.

La aplicación de este método está sujeto a las características mecánicas de las rocas, las cuales deben presentar paredes y techos estables.

La calidad que presenta el mineral debe ser buena y su ángulo de buzamiento debe estar por encima de los 60°, el yacimiento debe presentar forma y dimensiones regulares. Económicamente es rentable, haciéndolo aún más productivo.

La altura del caserón de arranque debe amoldarse a las condiciones que presenta el yacimiento, en la mayoría de casos es conveniente que abarque la totalidad de la altura, ello con el fin de reducir el número de galerías.

El ancho del caserón es conveniente en vetas potentes ya que abarcan la totalidad del espesor de la mineralización.

Si se presentan muchos cuerpos masivos se pueden crear varios caserones los cuales pueden estar separados por roca estéril o mineral el cual puede ser extraído posteriormente.

2.2.6. Métodos de explotación por subniveles con taladros largos

“Sub Level Stopping”, es una aplicación de los principios de la voladura de banco a cielo abierto a las explotaciones subterráneas, consiste en el arranque del puente entre dos niveles de perforación en sentido descendente y ascendente. El sistema establece un único nivel base (nivel de extracción) para varios subniveles superiores, la altura de banco 50m, pero altura de al nivel base o principal es de 100m quiere decir que la extracción está a cada 100m y nivel intermedio está a 50m.

Tabla 2. Parámetros del método sub level stopping

Altura de tajos (m)	50 - 100
Altura de subniveles (bancos) (m)	20
Ancho de tajos en vetas (m)	1.8 - 3.0
Ancho de tajos en cuerpos (m)	3.0 - 35.0
Longitudes de tajos (m)	6 - 120
Mineralización en:	vetas y cuerpos
Buzamiento	45° - 85°
Acceso a partir de rampa sección:	4.0 x 4.0

Fuente: Área de planeamiento – ALPAYANA S.A.

El buzamiento correcto es de 60 grados como mínimo para que la carga pueda correr se puede hacer en 45 grados, pero diseños con cámaras y pilares, bancos cortos de máximo 10m.

2.2.7. Criterio para el diseño de minado

Los siguientes factores son determinantes para el diseño de minado por el área de planeamiento de mina:

- Geometría del cuerpo mineralizado.
- Direcciones de los principales esfuerzos.
- Competencia de las cajas.
- Malla optima de la perforación de los taladros de producción.

El dimensionamiento del tajeo será una decisión crítica, según el ancho de minado se define el diámetro de broca, para minimizar la desviación según la longitud de banco se define el tipo de acero a usar y poder tener control de la perforación.

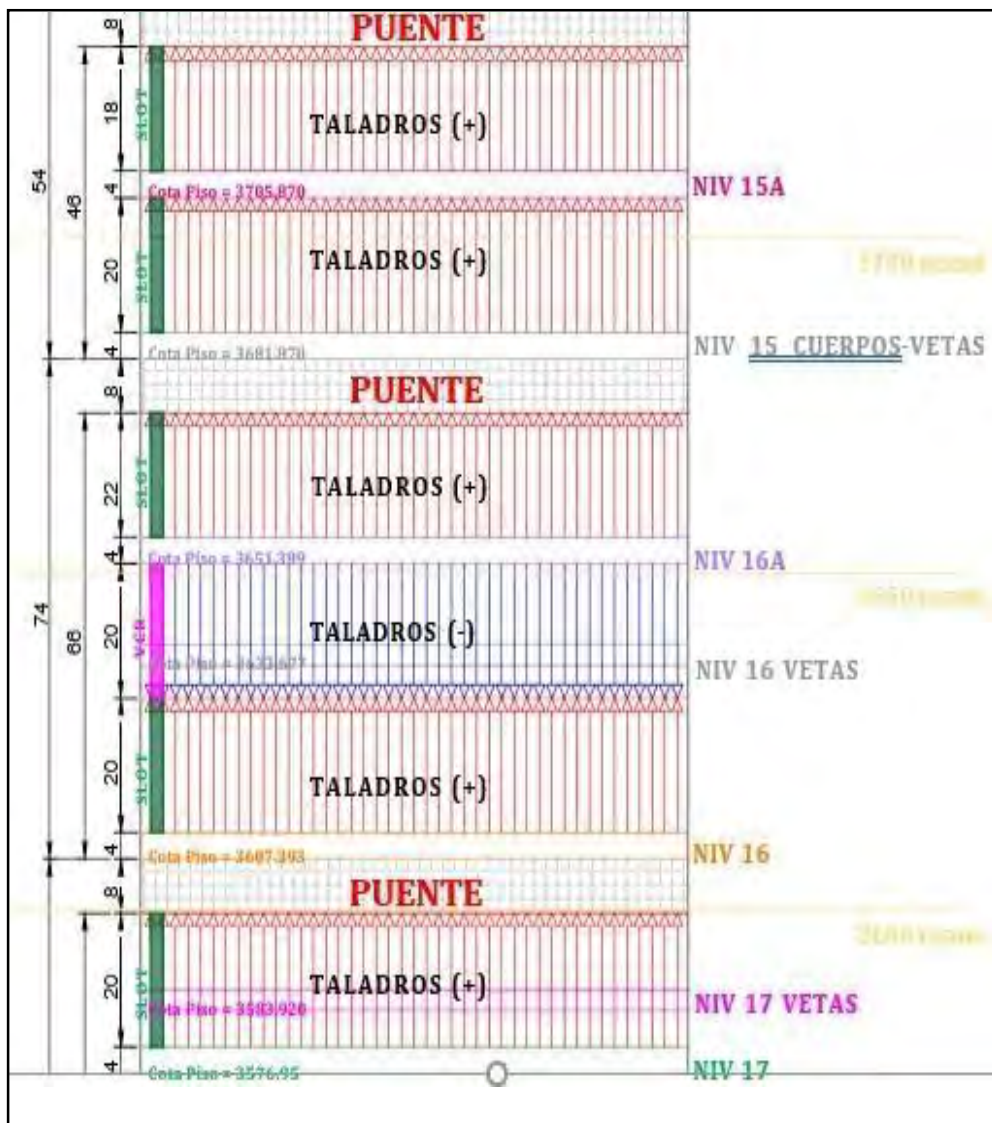
Tener conocimiento pleno del tema estructural, geológico y geomecánica para definir los aceros de perforación adecuado.

2.2.8. Criterio para la selección de subniveles con taladros largos

Es aplicado bajo los siguientes criterios:

- Geometría del yacimiento del mineral.
- Distribución del mineral y de sus leyes.
- Propiedades geomecánicas del mineral y de la roca caja y piso.
- Aspectos económicos.
- Tipo de roca RMR mayor a 60 caja techo y piso.
- Buzamiento mínimo 60 grados.
- Estructura uniforme.
- Limitaciones ambientales.
- Consideraciones sociales.

Figura 1. Diseño de desarrollo y preparación en taladros largos.



Fuente: Área de planeamiento – ALPAYANA S.A.

2.2.9. Perforación de taladros largos

La perforación de taladros largos es la principal actividad en el minado por subniveles, esta operación requiere de bastante control y precisión antes de iniciar la perforación, el control y precisión son un factor determinante para lograr una voladura óptima y eficiente. El uso de diámetros menores y longitud de taladros mayores básicamente generan la desviación del taladro es un problema común pero controlable.

Tabla 3. Parámetros de perforación simba H 1254

Presión	Parámetro de perforación simba H 1254			
	Perforación (+)		Perforación (-)	
	Baja (Bar)	Alta (Bar)	Baja (Bar)	Alta (Bar)
Rotación	40	60	40	60
Percusión	140	190	120	160
Avance	40	80	10	20
Barrido	10	12	8	10
RPM	150		160	

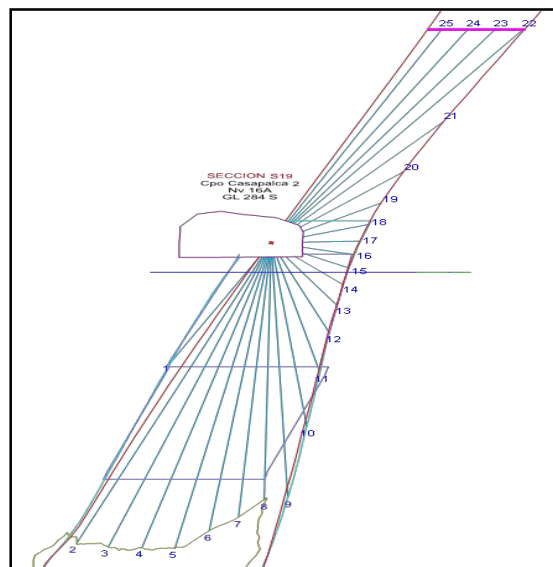
Fuente: Boart Longyear, 1998

La perforación de taladros largos es la principal actividad en el minado por subniveles. Y se realiza en las siguientes variantes:

a. Taladros en abanico

Este método es aplicado en cuerpos diseminados, la perforación de taladros es superiores a los 15 metros dependiendo de las dimensiones del contorneo.

Figura 2. Taladros en abanico



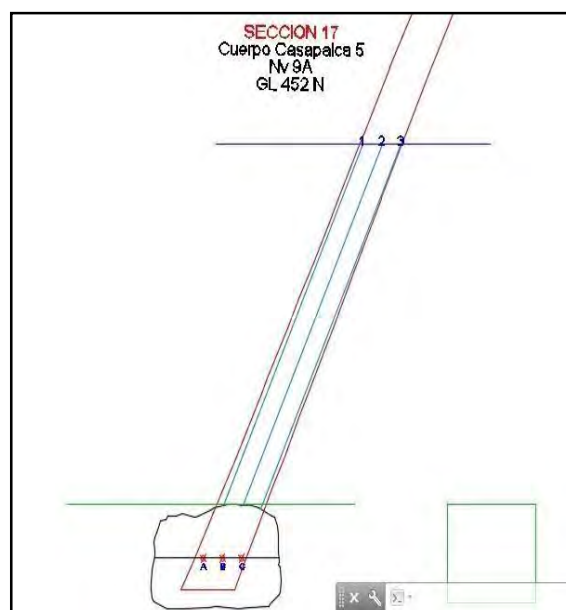
Fuente: Área de planeamiento – ALPAYANA S.A.

La altura entre subniveles de perforación es de 30 metros, a partir de estos subniveles se realizan perforaciones de taladros radiales tanto positivo como negativo para el cual se utilizan diámetros de broca de 64mm. La sección de la labor depende del equipo a usar en la perforación.

b. Taladros en paralelo

Este método de perforación es aplicado en block de tipo veta cuya potencia es mínima, en la operación se explota hasta de 1.50m de potencia, sección de la galería de perforación son de 4x4m, sirven como subnivel de perforación.

Figura 3. Taladros en paralelo



Fuente: Área de planeamiento – ALPAYANA S.A.

2.2.10. Equipos de perforación de taladros largos

La unidad minera Alpayana S.A. cuenta con dos modelos de simba:

2.2.10.a. Equipos simba modelo H 1254

La simba modelo H-1254 es un equipo de perforación hidráulico diseñado para perforar taladros largos en condiciones difíciles en operaciones subterráneas, el bajo perfil y el reducido radio de giro otorga a la simba mayor flexibilidad para desplazarse y perforar en espacio limitado. Los martillos de alta velocidad de penetración ofrecen potencia para aumentar la productividad, tiene estabilizadores dobles con sistema de lectura de ángulo (pantalla digital), estos equipos pueden perforar hasta 40 metros de longitud dependiendo el terreno y el tipo de perforadora que utiliza, lleva 18 barras de 5 pies en su carrusel (porta barras). El tablero de mando es independiente del equipo que a través de cables se puede maniobrar desde un punto lejos del equipo, este equipo es diésel para trasladarse y eléctrico para perforaciones el cual trabaja con una energía de

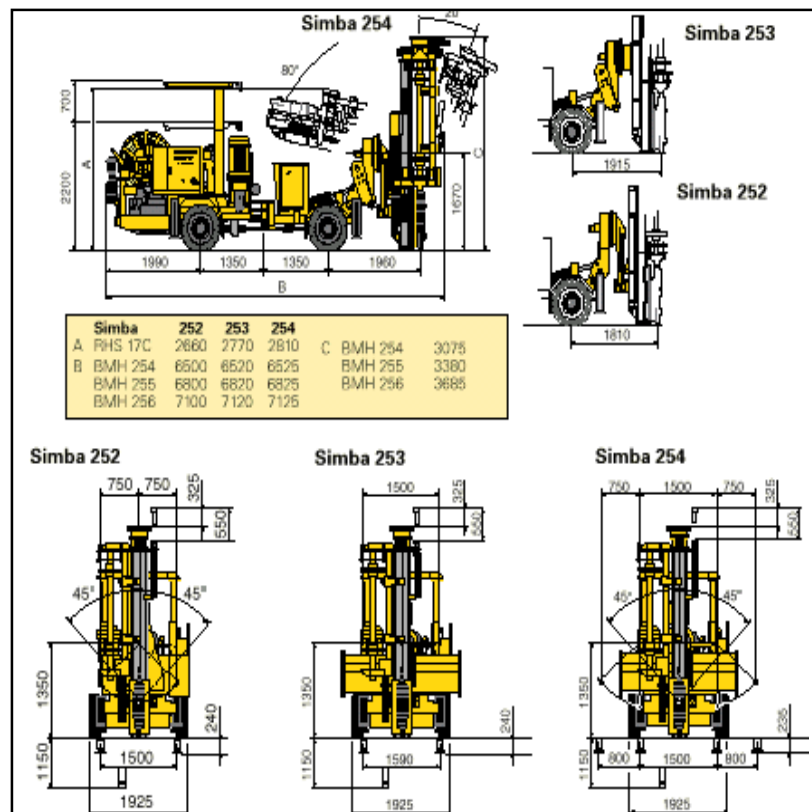
440 voltios, 10 bares de presión de agua y aire.

Figura 4. Equipo de perforación simba H 1254



Fuente: Área de taladros largos – ALPAYANA S.A

Figura 5. Dimensiones de la simba H1254



Fuente: Atlas Copco Production Drilling Rigs

2.2.10.b. Equipos simba modelo S7D

La simba modelo S7D es un equipo de bajo perfil para perforaciones de taladros largos, este equipo tiene un moderno diseño e inteligente integrada en su sistema sensores y la mayor automatización que le brinda flexibilidad y versatilidad en las operaciones, este equipo puede perforar en labores de medianas dimensiones, equipado con un martillo en cabeza de alto rendimiento y una unidad montada en el brazo, su porta barra o carrusel cuenta con 10 barras de 4 pies. El tablero de mando se encuentra integrado en el mismo equipo con una pantalla digital el cual indica el ángulo de perforación los metros que se está perforando y además te brinda una alerta del problema que puede tener el equipo, este equipo es Diésel para trasladarse de labores a labores y eléctrico para perforaciones el cual trabaja con una energía de 440 voltios, 10 bares de presión de agua y aire.

Figura 6. Equipo de perforación simba S7D



Fuente: Área de taladros largos – ALPAYANA S.A.

Tabla 4. Dimensiones y radio de giro simba S7D

Dimensiones			Radio de giro		
mm	Anchura	2 000	mm	Radio de giro, exterior	5 000
	Altura, desplazamiento	2 100		Radio de giro, interior	2 850
	Altura con techo subido	2 800			
	Altura libre sobre el suelo	335			

Fuente: Atlas Copco Production Drilling Rigs

2.2.11. Perforadora modelo COP 1838

Para tener una idea clara de la potencia de una perforadora hidráulica tomaremos como referencia una COP 1838, como también analizaremos unos conceptos y cualidades básicas de su funcionamiento, esta perforadora es muy utilizada en los equipos subterráneos en la unidad minera Alpayana S.A.

2.2.11.a. Cuerpos de la perforadora modelo COP 1838

La perforadora tiene los siguientes cuerpos:

a. Cuerpo delantero

Su función es transmitir el barrido (aire-agua) por el interior del varillaje.

b. Cuerpo de engranaje

Es donde se transmite la rotación proveniente del motor hidráulico.

c. Cuerpo intermedio

Se produce la amortiguación de la perforadora por medio de un pistón amortiguador piloteado hidráulicamente.

d. Cilindro

Este cuerpo está diseñado para que solamente trabaje el mecanismo de percusión (máxima y mínima) de la máquina.

d. Cuerpo trasero

Conforma parte del funcionamiento del cuerpo cilindro como amortiguador y base.

Figura 7. Cuerpos de la perforadora modelo COP 1838



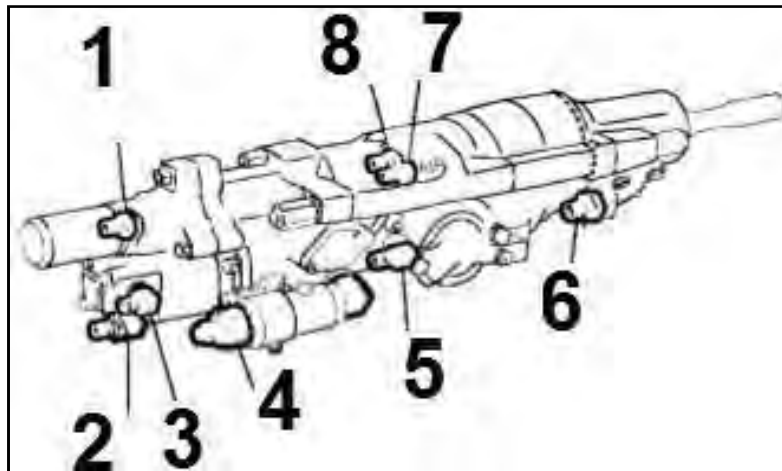
Fuente: Atlas Copco Production Drilling Rigs

2.2.11.b. Entradas flexibles de la perforadora modelo COP 1838

La COP 1838 consta de 8 entradas flexibles que son indispensable para su funcionamiento.

- Drenaje.
- Rotación izquierda.
- Rotación derecha.
- Retorno de percusión.
- Entrada de percusión.
- Barrido mixto (agua - aire).
- Entrada de aire con lubricación.
- Pistón con amortiguador.

Figura 8. Entradas flexibles de la perforadora modelo COP 1838



Fuente: Atlas Copco Production Drilling Rigs

2.2.11.c. Parámetros de la perforadora modelo COP 1838

Tabla 5. Parámetros de la perforadora COP 1838

Parámetros de la Perforadora COP 1838		
Indicadores		COP 1838 (bar)
Presiones de percusión	Baja	110
	Alta	160
Presiones de percusión	Embonado	50
	Perforación	70
Presión de avance		50
Presión de rotación		50
Presión barrido agua		5
Presión barrido aire (psi)		110
Energía eléctrica (amperios)		80

Fuente: Atlas Copco Production Drilling Rigs

2.2.12. Voladura de rocas

2.2.12.a. Tipos de voladura de rocas

Mecanismo de rotura de las rocas

Los explosivos comerciales usados en la minería para la voladura de rocas producen presiones muy altas en cuestión de milisegundos, con velocidades que varían desde 2400m/s hasta 9200m/s, las presiones producidas en los taladros son variados dependiendo del tipo de roca a fragmentar y las condiciones bajo la cual se usarán los explosivos, son tan bajas como 1 720 MPa o muy altas como 13 780 MPa. Al reaccionar un explosivo generar un impacto e impulso sobre la roca, es decir, aplica una presión tan intensa en fracción de segundos.

En taladros circulares, la presión dentro de la roca se ejercerá de manera igual en todas las direcciones, esto al largo del perímetro del taladro.

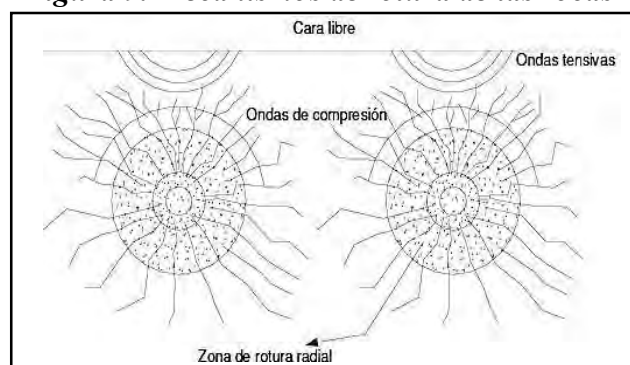
La repentina aplicación y la liberación rápida de la alta presión, generar ondas de esfuerzos compresivos que se transmiten por la masa rocosa como ondas elásticas, este efecto es a causa de que la mayoría de las rocas son frágiles.

La velocidad de partícula a la cual la energía viaja en la roca es una función de la densidad de la roca, mientras más densos la onda compresiva se transmite a altos porcentajes de velocidad, mientras la roca sea porosa o ligeras lo hacen a bajas velocidades.

El proceso de rotura, fracturamiento y desplazamiento del macizo rocoso ocurre durante y después de la detonación cumpliendo cuatro etapas que son:

- Detonación.
- Propagación de ondas de choque o de esfuerzo.
- Expansión de gases a presión.
- Movimiento de material.

Figura 9. Mecanismos de rotura de las rocas



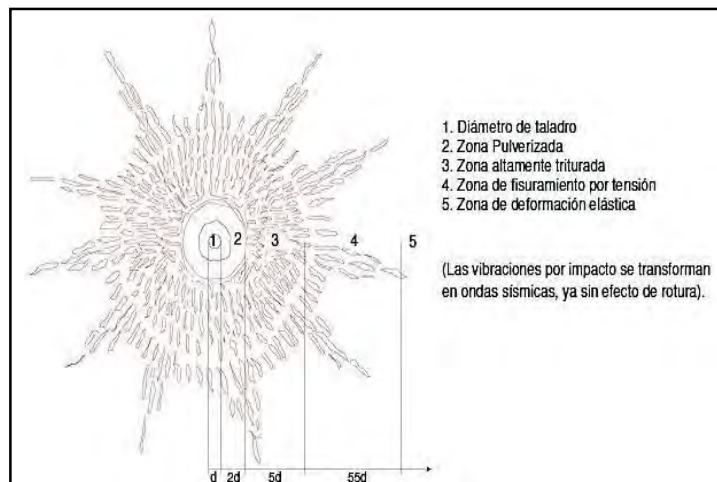
Fuente: López Jimeno, C (1991), *Manual de Perforación y Voladura*

Transmisión de la onda de choque

En la detonación, las primeras moléculas gasificadas tienen velocidades que no pasan su calor por conductividad, sino que la transmiten por choque, generando una reacción adiabática en la que se producen nuevos gases. Esta reacción afecta a toda la columna explosiva a través de un movimiento ondulatorio el cual se denomina “onda de choque”, con velocidades de 1500m/s y 7000m/s dependiendo del tipo de las características del explosivo y el macizo rocoso, así como también las condiciones del entorno.

La onda de choque al alcanzar su equilibrio en cuanto a temperatura, velocidad y presión, esta se mantiene en todo el proceso por lo que es auto sostenido, en cambio la onda de flagante se amortigua hasta prácticamente desaparecer, en base al factor tiempo – espacio.

Figura 10. transmisión de la onda de choque

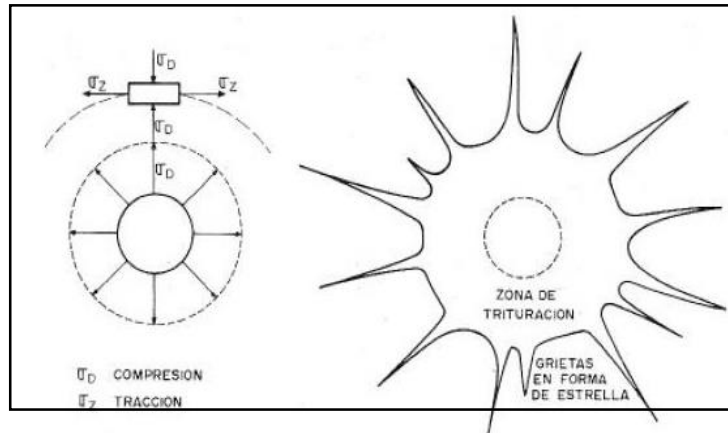


Fuente: López Jimeno, C (1991), Manual de Perforación y Voladura

Agrietamiento radial

El agrietamiento radial es producto de una fuerte compresión radial sobre las paredes del taladro durante la detonación y la propagación de la onda de choque. Este esfuerzo compresivo induce a su vez esfuerzos de tracción en los planos tangenciales de la onda de choque. Se asume que cuando las tensiones superan la resistencia dinámica a la tracción da origen a una zona de grietas radiales alrededor de la zona triturada circundante al taladro.

Figura 11. Agrietamiento radial

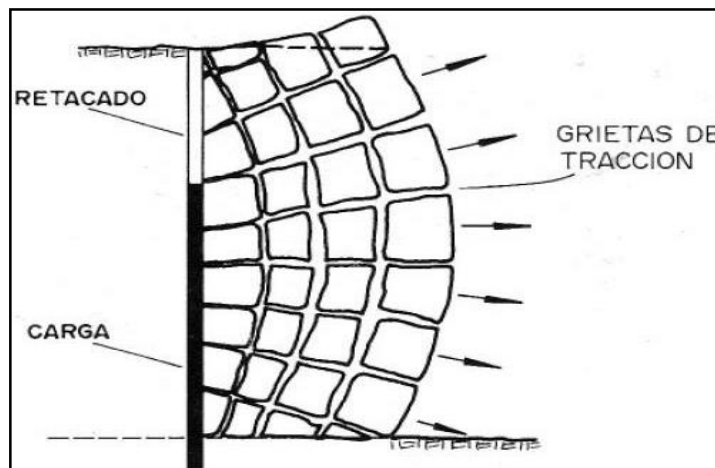


Fuente: López Jimeno, C (1991), Manual de Perforación y Voladura

Rotura por flexión

La roca frente a la columna de explosivo toma la forma de una viga doblemente empotrada, lo que genera deformación y agrietamiento por esfuerzos de flexión, produciendo inmediatamente la rotura.

Figura 12. Rotura por flexión



Fuente: López Jimeno, C (1991), Manual de Perforación y Voladura

Rotura por colisión

Los fragmentos producidos después de la rotura los cuales están a una gran velocidad, chocan entre sí en el aire generando una fragmentación secundaria por colisión.

2.2.12.b. Rendimiento óptimo para una buena voladura

Distribución de energía

- La energía debe ser distribuida uniformemente, para lograr un proceso de fragmentación uniforme.

- Tener presente la relación adecuada entre el diámetro del taladro y la altura de banco.
- Tener presente la relación adecuada entre el burden y el espaciamiento.
- Hacer una implementación cuidadosa del diseño de voladura.
- Perforar en ángulo si se requiere, para una mejor distribución de carga y salida de la primera fila.

Confinamiento de la energía

- La energía explosiva debe ser confinada el tiempo suficiente después de la detonación para establecer fragmentación adecuada y desplazar el material.
- El paso de menor resistencia del explosivo debe ser controlado.
- Los taladros deben ser cargados de acuerdo a la representación geológica del macizo rocoso.
- Usar longitud y material de taco adecuado.
- Hacer una configuración de tiempos de acuerdo a las condiciones de campo, y parámetros de burden y espaciamiento.
- Emplear retardos exactos.
- El nivel de energía debe ser suficiente para sobreponerse a la fuerza estructural de la masa rocosa, y a la vez producir desplazamiento controlado.
- Determinar el nivel de energía en el grado de fragmentación y desplazamiento requerido.
- Evaluar los explosivos de alta energía para condiciones especiales de terreno.

Figura 13. Rendimiento óptimo para una buena voladura



Fuente: López Jimeno, C (1991), Manual de Perforación y Voladura

2.2.12.c. Variables controlables de la voladura

- Condiciones del taladro.
- Diámetro de taladro.
- Grado de acoplamiento.
- Grado de confinamiento.
- Densidad del explosivo.
- Distribución de explosivo en el taladro.
- Tipo y ubicación del iniciador.
- Distribución de energía, en calorías por tonelada de roca.
- Secuencia de iniciación.
- Variables de perforación: profundidad del taladro, malla de perforación, diámetro del taladro e inclinación del taladro.

2.2.12.d. Variables no controlables de la voladura

- Propiedades físicas como densidad de roca, tenacidad, porosidad, grado de saturación y dureza.
- Propiedades elásticas o de resistencia dinámica de las rocas.
- Condiciones geológicas.

2.2.12.e. Fragmentación secundaria de rocas

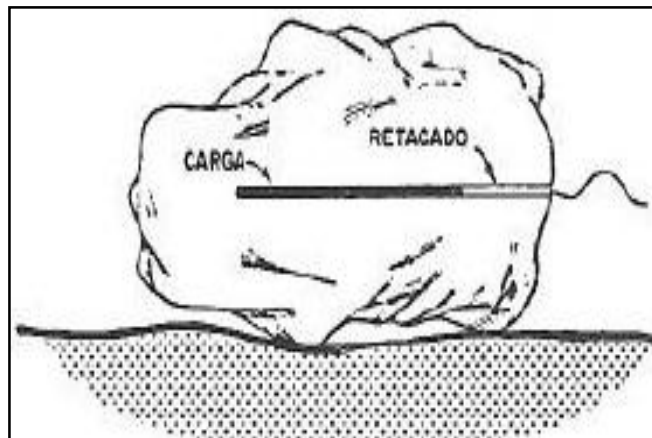
Los fragmentos de roca con un tamaño excesivamente grande que se producen en las voladuras, también llamados bolos, precisan ser troceados para que puedan manipularse con los equipos de carga o ser introducidos en las trituradoras sin que den lugar a atascos.

Los métodos que actualmente se utilizan en la fragmentación secundaria, se clasifican en dos grupos: el primero donde se usan explosivos dentro del taladros (cachorro) y el segundo pegado a la superficie como las plastas.

Con perforación de barreno

Los bancos de mineral o bolones, se perfora uno o más taladros, de longitudes de 5' a 7', para posteriormente cargarlo de explosivo y realizar voladura secundaria. Se aplican mayormente a bancos superiores a 2m³. A este tipo de taladros se denomina en el término operativo como "cachorro".

Figura 14. Perforación con barreno (cachorro)

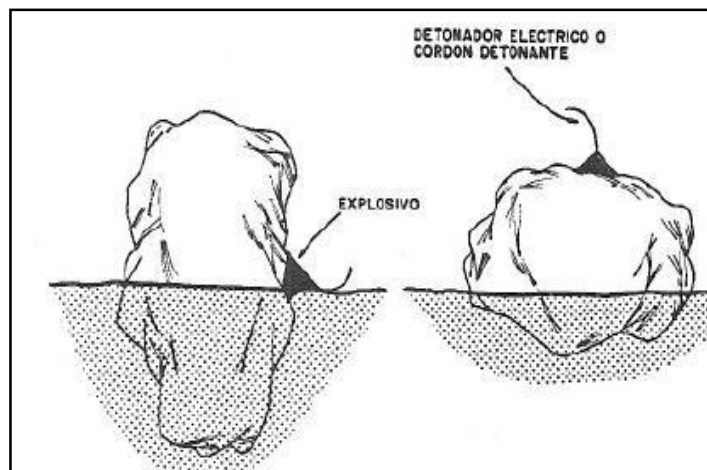


Fuente: López Jimeno, C (1991), Manual de Perforación y Voladura

Con cargas superficiales

Se fragmenta la roca adhiriendo el explosivo en la superficie de los bancos de mineral. Colocándolas en lugares limpios de polvos e impurezas, generalmente de acuerdo al tamaño de los bolos. Estas cargas son también llamadas plastas.

Figura 15. Cargas superficiales (plasteo)



Fuente: López Jimeno, C (1991), Manual de Perforación y Voladura

2.2.13. Voladura de taladros largos

Uno de los puntos más importantes del método es la cantidad de explosivo a usarse a fin de controlar el nivel de vibración, para lo cual los disparos se realizan secuencialmente (2 o 3 filas) dependiendo de las exigencias de producción.

Para obtener una voladura adecuada se requiere lo siguiente:

- Fragmentación de roca.
- Minimizar el daño al macizo rocoso con un correcto control de vibraciones.
- Desplazamiento adecuado de la carga.

Para lograr exitosamente estos objetivos se debe conocer el macizo rocoso, el diámetro del taladro y el explosivo. La desviación en la perforación, significa perder el control de la ubicación deseada, necesaria de los explosivos y de la cantidad requerida en el macizo rocoso. El propósito de los taladros es ubicar la energía del explosivo en el lugar adecuado.

Figura 16. Voladura de taladros largos



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

2.2.13.a. Diseño de voladura de taladros largos

Voladura en slot

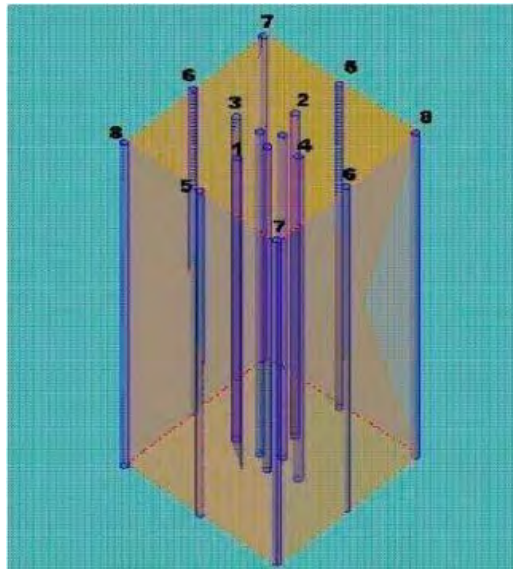
El slot es la cara libre que se debe generar a través de una chimenea, para luego continuar con los taladros de producción.

Para cuerpos o vetas anchas mayores de 5m adicional al slot, se genera una zanja a lo ancho del cuerpo mineralizado que servirá de cara libre para la bancada, similar a los bancos de minería superficial.

Los slots o chimeneas se pueden realizar con el siguiente método:

- Chimeneas largas (corte quemado): La voladura se realiza con un solo disparo y la longitud puede llegar hasta 15m.
- Chimeneas VCR: La voladura se realiza en varios tramos y la longitud puede variar de 15 a 25m.
- Raise borer: Es el proceso de perforación mecánica de una chimenea vertical o inclinada entre dos niveles.

Figura 17. Voladura en slot



Fuente: Exsa 2020

Voladura con taladros paralelos y taladros abanicos

Cebo

Para lograr una eficiente iniciación de la columna explosiva se debe usar un booster de pentolita de 1/3 de lb o un cartucho de Gelatina, para taladros negativos y roca regular a dura no alejarlo más de 3m de la carga explosiva, si la roca es mala puedo ubicarlo el cebo en el centro del taladro. El cebo debe tener la mayor potencia, mayor VOD, mayor densidad para iniciar la columna explosiva.

Columna explosiva

Estará en función al macizo rocoso, por lo general se usa anfo, si la roca es de regular a dura se debe utilizar emulsión bombeable, teniendo en consideración la longitud del taladro en caso de positivos.

En la práctica los taladros paralelos positivos o negativos se cargan en un 90 % dejando tacos de 1.0 a 2.0m de longitud.

En taladros positivos cuando empleamos anfo, incrementamos la presión de aire y esto desensibiliza al explosivo, tampoco tiene buena adherencia y si a ello le agregamos que los taladros se entuban eso genera un desacoplamiento en el anfo.

Tacos

Es una variable muy importante en la voladura y permite fragmentar la roca al tener el explosivo confinado, reteniendo su energía y haciéndolo más productivo. En taladros negativos no existe mayor dificultad con el carguío de explosivos, solo se requiere verificar que no haya presencia de agua.

Cuando los taladros son pasantes requieren de un taponeado con cuñas de madera o tapones plásticos y luego se debe colocar un taco de detritus de aproximadamente 0.40 a 0.50m. Posteriormente, se debe colocar una pequeña carga de anfo y luego el booster de pentolita. La longitud de los tacos puede variar de 16 a 24 veces diámetro del taladro en las operaciones mineras y por lo general dejan de 1 a 2m.

Figura 18. Voladura de taladros paralelos y taladros abanicos



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

2.2.13.b. Voladura controlada en taladros largos

Las técnicas más conocidas son:

- Perforación en línea.
- Pre corte.
- Recorte o voladura suave.

Objetivos:

- Reducir la sobre rotura.
- Mantener la estabilidad del terreno.
- Evitar la dilución.

Tendremos algunas condiciones e indicadores para realizar la voladura de taladros largos:

Condiciones que influyen en la sobre rotura

- Factor geológico y geomecánicas.
- Diseño y control de calidad de la perforación.
- Diseño de la voladura y control.

- Definición de la calidad de las cajas techo y piso, la potencia de la veta, forma, orientación, estallidos de roca, etc.
- Factores geológicos y factores operativos.

Condiciones para realizar una voladura controlada de taladros largos

- Taladros cercanos de 0.60 a 1m en la caja techo (alivio) y deben estar paralelos y alineados.
- Carguío alternado.
- Se debe emplear explosivos de baja energía.
- Desacoplar los explosivos radial y longitudinalmente.
- Disparo simultáneo.

Indicadores de gestión en la voladura de taladros largos

- Ratio de perforación (t/m): Varía de acuerdo, si es vetas angostas o cuerpos (2 a 25).
- Fragmentación: El gran problema, el P 80, debería estar entre 8" para vetas angostas y para cuerpos en 16" para una desviación de taladro de 2 a 3%.
- Factor de potencia (kg/t): De acuerdo a la dureza de la roca esta entre 0.20 a 0.80.
- Dilución: Puede variar de 5% a 24%, es necesario cuantificar la pérdida por cada 1%.

2.2.14. Vibraciones

Las vibraciones generadas por las voladuras se consideran como ondas de tipos sinusoidal, donde los indicadores a considerar son:

- **Amplitud:** Es el alejamiento de un punto del terreno desde su ubicación inicial de reposo, medida en pulgadas y milímetros.
- **Velocidad de partícula:** Es la rapidez de traslado del punto, en pulg/seg o en mm/seg.
- **Aceleración:** Es el ritmo de cambio de la velocidad, en pulg²/seg o en mm²/seg.
- **Frecuencia:** Es el numero completo de oscilaciones en ciclos por segundo.

2.2.14.a. Tipos de ondas

Ondas de comprensión

Es la onda más rápida que viaja a una velocidad de entre 1800 a 6500 metros por segundo, tienen alta frecuencia, una longitud de onda corta y son longitudinales.

Ondas transversales

Son ondas en las cuales presentan un desplazamiento transversal, alcanzan aproximadamente 3/5 de la velocidad de la onda de compresión y presenta menores frecuencias y mayores desplazamientos.

Ondas rayleigh

Las ondas más lentas y las ultimas en llegar, son las ondas de “superficie” generalmente conocidas como “Rayleigh” que generalmente tienen la menor frecuencia y el mayor desplazamiento.

2.2.14.b. Efectos de la vibración

Los efectos de las voladuras desde el punto de vista adverso son:

Efectos en campo cercano

Se refieren al resultado de la energía vibracional que fractura las paredes del banco cercano a la voladura, produciendo condiciones inestables, lo cual es particularmente perjudicial cuando la pared de la caja techo está siendo formada y cuando existe un tipo de falla importante.

Efectos en campo lejano

Se refiere a la onda aérea u onda sónica (concusión) que producirá desde sobresalto hasta la rotura de vidrios, según la distancia y circunstancias en que se produce, lo que también puede ser motivo de molestias y quejas en zonas pobladas.

2.2.14.c. Medición de vibración

Conforme a Exsa S.A. las vibraciones se miden para predecir y conocer los efectos adversos de los disparos tanto en campo cercano como en lejano. La medición de las vibraciones se realiza en dos ámbitos: En diseño y en monitoreo. En diseño: Se realiza para pronosticar las vibraciones del proyecto de voladura en un eventual disparo. Para ello se mide principalmente la velocidad pico partícula mediante la “ley de propagación” que relaciona la velocidad de vibración máxima con la carga del explosivo y la distancia. De acuerdo a la USBM en, la máxima velocidad pico partícula permisible es de 2 pulg/seg o 50 mm/seg, sobre este valor pueden ocurrir daños a estructuras o construcciones. Para determinar la velocidad pico partícula se utiliza la siguiente fórmula desarrollada por Devine y Duvall:

$$VPP = K \times \frac{DH^{-n}}{W^{1/2}}$$

Donde:

- VPP = Velocidad pico partícula en pulgadas por segundo o mm/seg.
- K = Constante empírica de transmisión de la roca (factor local), 800 para roca suave a 1,200 para roca dura.
- DH = Distancia horizontal entre la voladura y el punto de medición o registro, en pies o metros.
- W = Máximo de carga de explosivo detonado por retardo (mínimo 8 milisegundos) en libras o kilos.
- -n = Constante empírica determinada por las condiciones geológicas existentes en el lugar, usualmente 1.6.

2.2.14.d. Reglamentación en la comparación de vibraciones

En los países desarrollados aplican las normas según el tipo de estructuras, lo cual esto facilita a que las empresas mineras ubicadas en esos países puedan saber si sus voladuras en esa área generan daño a las estructuras. “Los valores propuestos ha estado mayormente entre dos factores los muy conservadores como la normativa DIN 4150 alemana que da valores hasta de 3 mm/s para zonas de edificación antigua o las normas americanas que brinda valores de hasta 50 mm/s para sus estructuras”.

A continuación, describiremos la norma existente en el Perú.

Normativas peruanas de vibraciones

La normativa peruana de vibraciones está basada en la guía ambiental para perforación y voladura en operaciones mineras. Dándonos la tabla inferior como nuestro limite máximos de vibración en función de la distancia.

2.2.15. Dilución

El concepto de dilución puede vincularse a dos indicadores de la calidad de la explotación minera: desempeño y eficiencia. El desempeño de un tajeo está generalmente medido en relación a su habilidad para maximizar la recuperación minera. No obstante, el incrementar la recuperación con lleva inherentemente un aumento de la dilución debido al aumento del tamaño de las unidades, lo que implica pérdida de selectividad y mayor probabilidad de falla en las paredes. En relación a esto último, se ha establecido que el principal mecanismo o fenómeno físico que permite cuantificar la dilución en Sub Level Stopping corresponde a la sobre excavación de las paredes del tajo. También se entiende a la dilución como un indicador de eficiencia minera, definida como la proporción de mineral no valioso introducido al proceso minero. Mayor

eficiencia implicaría menor dilución, y por ende menores costos de producción. Ahora bien, dado que la dilución se cuantifica principalmente por la cantidad sobre excavación de las paredes del tajo, esta suele ser difícil de calcular ya que exige la implementación de levantamientos de cavidades por láser y posterior análisis comparativo. Sin embargo, de acuerdo al grado de certidumbre de la procedencia de la dilución, es posible distinguir dos tipos:

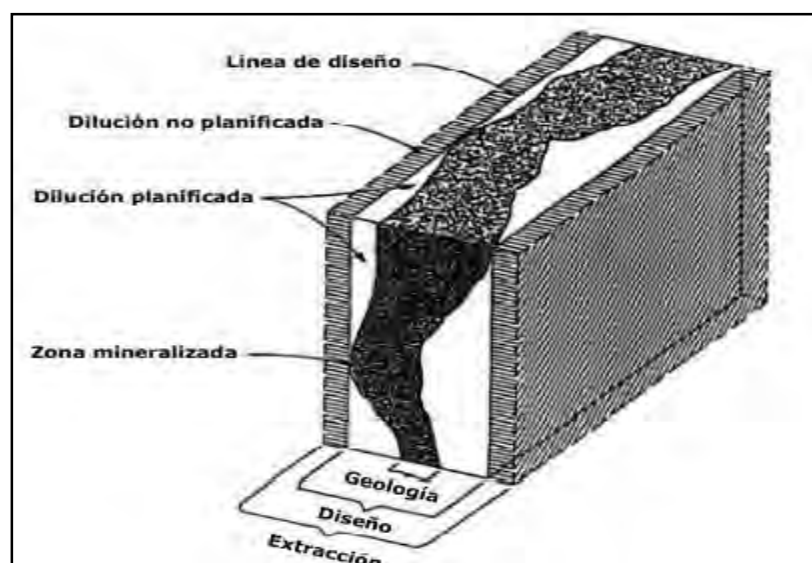
2.2.15.a. Dilución planificada

Hace referencia al material estéril que es cubicado dentro de los márgenes de la definición física de la unidad básica minera, forma parte de la planificación minera.

2.2.15.b. Dilución no planificada

Material adicional extraído que no corresponde a mineral, ya sea roca o relleno provenientes desde las afueras de los márgenes del tajo. La disponibilidad de este material ocurre debido a fracturamiento inducido en las paredes por daño por voladura, desprendimiento de rocas desde las paredes inestables, o desprendimientos de relleno. Dado el impacto en los costos de producción, estimar la magnitud de la dilución no planificada permite diseñar tajos con un nivel de certidumbre mayor en relación a su estabilidad, y a la estabilidad de los pilares circundantes. A su vez, esto permite definir los costos asociados a la tolerancia a la dilución para el sistema minero, entendiendo de forma exhaustiva la relación entre la recuperación y la dilución para la valorización de las operaciones mineras.

Figura 19. Dilución



Fuente: López Jimeno, C (1991), Manual de Perforación y Voladura

2.2.16. Cargador de anfo tipo jetanol

Los anfos son mezclas elaboradas a base de nitrato de amonio y combustibles adecuados.

Para estos tipos de explosivos utilizaremos un cargador de anfo tipo jetanol sus características nos permitirán realizar el trabajo de una mejor manera sencilla y práctica.

Figura 20. Cargador de anfo tipo jetanol



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

2.2.16.a. Principales características del jetanol

Sus principales características son:

- Posee una forma cónica.
- Su fabricación es en acero inoxidable de 3mm de espesor.
- Tiene una capacidad de 150 litros.
- Sus usos son para carga de frente, hundimiento, reducción, etc.
- Dada sus características su operación es manual.
- Se alimenta por red de aire entre 90 – 100 PSI, con un máximo de 150 PSI.
- La entrada de aire y salida de anfo es de tipo chicago de 1”.
- Incluye un regulador de presión, que su ubicación varía de acuerdo al modelo.
- Cuenta para el transporte de un bastidor portátil de acero con dos ruedas dependiendo del modelo.
- El cargador de anfo pesa aproximadamente unos 190 Kg.

Figura 21. Principales características del jetanol



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Capítulo III

Ámbito de Estudio

3.1. Ubicación

La mina Alpayana S.A. se ubica en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Geográficamente se localiza en la zona central, flanco oeste de la cordillera occidental de los andes, se encuentra entre las siguientes coordenadas geográficas y UTM:

Coordenadas UTM.

- Norte: 8710455.60
- Este: 366761.70

Coordenadas geográficas.

- Latitud Sur: 11° 30
- Latitud Oeste: 76° 10
- Altitud: 4200 m.s.n.m a 4350 m.s.n.m

Figura 22. Ubicación de la minera Alpayana S.A.



Fuente: Área de Geología – ALPAYANA S.A.

3.2. Accesibilidad

a. Vía terrestre

- Carretera asfaltada siguiendo la ruta Lima - Casapalca con una distancia aproximada de 129 Km. En un tiempo de recorrido de tres horas.
- Carretera asfaltada Huancayo - la Oroya - Casapalca con una distancia de 100 Km. en un tiempo de tres horas.

b. Relieve

La mina Alpayana S.A. se emplaza dentro de un valle con influencia glaciar, con presencia de pendientes abruptas en las zonas bajas (campamentos y bocamina principal) entre los 4100 y 4500 m.s.n.m., y presenta una pendiente moderada a llana en la zona entre los 4500 y 4600 m.s.n.m. el cual corresponde a un circo glaciar y presencia de una laguna glaciar, en las zonas altas correspondientes a los 4600 y 5100 m.s.n.m. corresponden a una pendiente abrupta y accidentada.

3.3. Geomorfología

La mina Alpayana S.A. se encuentra ubicada en el cinturón volcánico de la cordillera occidental andina muestra un relieve relativamente empinado, cuyas pendientes evidencian profunda erosión. Así mismo se observa una geomorfología del tipo glaciar, evidenciándose en las zonas altas presencia de nieve perpetua.

Localmente presenta geo formas como son:

- Piso de valle.
- Montañas.
- Circo glaciar.

3.4. Estratigrafía

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

3.4.1. Formación jumasha

Las rocas de esta formación no afloran en superficie dentro del área de Alpayana S.A. 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 pariatambo, pertenecientes al grupo machay.

3.4.2. Formación Alpayana

Constituye la formación más antigua que aflora en el área, formando un amplio anticlinal 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:

- a. **Capaz rojas:** La conforman inter estratificaciones de areniscas y lutitas calcáreas.

- b. **Conglomerado carmen:** Sobre yace a las capas rojas, una serie de conglomerados y calizas, se intercalan con estratos de areniscas y lutitas calcáreas.

3.4.3. Formación Carlos Francisco

Esta formación ha dividido en tres miembros:

- a. **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 porfíricas efusivas.
- b. **Volcánicos Carlos Francisco:** Sobre el mismo tablachaca que consiste de flujos andesíticos, de color gris oscuro a verde y brechas volcánicas.
- c. **Tufos yauliyacu:** Los tufos sobre yacen a los volcánicos carlos francisco concordantemente, está constituido de tufos de grano fino

3.4.4. Formación bellavista

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

3.4.5. Formación río blanco

Sobre yace a la formación bellavista que consiste de volcánicos bien estratificada constituida 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 Alpayana S.A.

3.4.6. Cuaternario

El cuaternario está representado en la región por una serie de depósitos reciente glaciares y conos de formación.

3.5. 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 texturalmente a estas. Las principales vetas de Alpayana S.A. 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.

3.6. Geología económica

Alpayana S.A. es un sistema de vetas polimetálicas del mioceno emplazado en rocas sedimentarias y volcánicas.

Los depósitos constituyen vetas angostas de Zn–Pb–Cu–Ag (Au), las vetas están controladas por fallas y tienen un rumbo suroeste-noreste. Sus rocas encajonantes son calizas, areniscas, y lutitas de la formación del cretácico superior y derrames lávicos, brechas volcánicas y piroclásticos andesíticos a dacíticos.

Las edades de las mineralizaciones se estiman entre 14 y 10 M.a. (Mioceno Medio).

Según Klaus Steinmuller, clasifica a Alpayana S.A. como un yacimiento del tipo: Vetas epitermales de baja sulfuración (adularia-sericita).

Tabla 6. Características de un yacimiento epitermal

Marco estructural	Ambientes volcánicos complejos, frecuentemente asociados con calderas.
Rocas volcánicas	Andesitas, riolitas y riodacitas.
Genéticamente relacionadas	
Extensión de la zona de alteración	Restringida y visualmente sutil.
Ensamblajes de alteración característicos	Sericita a argílica. Sericita (o illita) y adularia; a veces cloritas. A lunita supergenea.
Tipo de minerales de sílice y texturas características	Relleno de fracturas y espacios abiertos por calcedonia o cuarzo con texturas: crustificada, coloforme y tipo cocada.
Gangas de carbonato	Ubicuas, con frecuencias manganíferas.
Otras gangas	Barita y fluoritas presentes solo localmente, baritina por lo general sobre yacen a la mena.
Presencia de sulfuros	Más escasos, principalmente pirita.
Forma de ocurrencia	Relleno de fracturas y espacios abiertos; stockwork frecuente.
Sulfuros característicos	Esfalerita, galena, tetraedrita, calcopirita y

	arsenopirita.
Principales metales	Au y/o Ag; (Zn, Pb, Cu).
Metales accesorios	Mo, Sb, As, (Te, Se, Hg).
Temperatura	200° C a 300° C.
Tipo de fluido	pH casi neutro, reducido.
Salinidad	0 a 13 wt% NaCl.
Fuente de fluidos	Dominantemente meteórico.
Fuente de Azufre	Origen profundo; probablemente lixiviado de rocas encajonantes profundas.
Fuente de plomo	Rocas precambrianas o fanezoicas subyacentes a las volcánicas.
Otras denominaciones	Adularia – sericita.

Fuente: Área de geología – ALPAYANA S.A.

a. Mineralización

En la unidad minera Alpayana S.A. 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 reemplazamiento. También existen mantos no reconocidos y brechas hidrotermales, todos ellos con diferentes características y grados de mineralización.

Las mineralizaciones de las vetas constituyen esfalerita, galena, calcopirita, tetraedrita, y en menor porcentaje proustita, pirargirita, poli basita y electrum. Las gangas son pirita, cuarzo, y carbonatos.

b. Vetas

Este tipo de mineralización corta toda la secuencia litológica desde las capas rojas, los conglomerados carmen y tablachaca, Los volcánicos carlos francisco y las calizas bellavista. Son cuerpos tabulares con anchos de 0.20m. a 2.50m., con ensanchamientos locales, cuando cruzan los conglomerados forman cuerpos de relleno de intersticios de la brecha formando “cuerpos” mineralizados de mayor ancho. Dentro de la unidad minera de Alpayana S.A. ocurren cuatro estructuras mayores (principales) acompañadas de otras estructuras menores, siendo estas: principalmente carbonatos mangániferos (calcita y rodocrosita). En algunas labores se observa mineralización en textura bandeada.

c. Cuerpos

La zona de cuerpos es parte de las estructuras mineralizadas, se encuentra ubicado al NE del campamento el carmen de la minera Alpayana S.A. Se tiene dos tipos de mineralización:

- Relleno de fracturas, las venillas se encuentran con rumbo de las vetas “Madres”, su mineralización es de galena, tetraedrita y carbonatos.
- Reemplazamiento, se presenta siguiendo el rumbo de los estratos horizontes de areniscas calcáreas y reemplazando los clastos o matriz calcárea en el conglomerado, presenta minerales de esfalerita y galena.

d. Alteración

Las rocas encajonantes cerca de las vetas exponen alteración filítica (sericita-cuarzo-pirita) y argílica que dan lugar hacia las partes exteriores a una propilitización.

Capítulo IV

Optimización y Control de Indicadores de Voladura

4.1. Presentación de datos reales

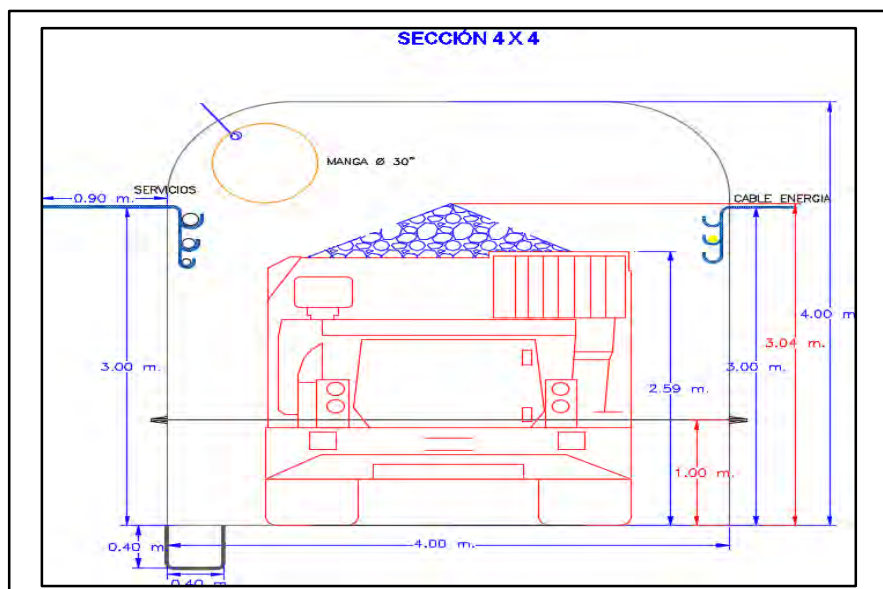
El siguiente informe se considera la aplicación de las herramientas Excel y MS project a las operaciones mineras para mejorar la secuencia de las mismas, controlar el seguimiento durante toda la ejecución del carguío y voladura, con el fin de optimizar y controlar los indicadores del carguío y voladura, aplicando el método de Sub Level Stopping.

4.1.1. Labores mineras de desarrollo y preparación para la perforación de los equipos simba

a. Labores de desarrollo

Principalmente se desarrollarán labores de preparación como: galería, crucero y bypass. La sección de estos será de 4x4, si los cuerpos son mayores de 20m las galerías estarán separadas por pilares.

Figura 23. Sección de Labores de Desarrollo



Fuente: Área de planeamiento mina – ALPAYANA S.A.

Los cuales cuentan con las siguientes especificaciones:

- Gradiente máxima de (+/- 12%).
- Control de la gradiente a 1m del piso.
- Cuneta de 0.4m de profundidad x 0.4m de ancho.
- Refugios ubicados cada 50m, tendrán las siguientes dimensiones: 1.50m de ancho x 2m de alto x 1m de largo. En las curvas irán espaciados cada 30m.

- Cámara para la subestación eléctrica cada 500m al lado contrario de la cuneta, con dimensiones: 4m de ancho x 3.5m de alto x 6m de largo.
- Soga de bloqueo para frente en carguío de taladros con explosivo, a 30m del frente y a 1.5m de altura.

b. Labores de preparación

Las labores de preparación están constituidas por las comunicaciones entre los sub niveles con el nivel principal, por cámaras y ventanas receptoras, así como una cara libre para los taladros positivos.

Subniveles

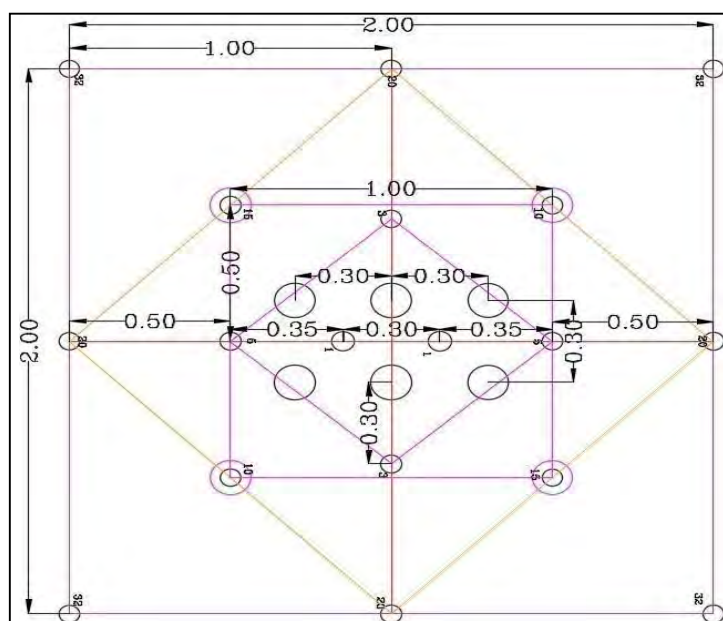
Se desarrolla una galería perpendicular y al caserón en cada subnivel. Por consiguiente, pertenece a los subniveles de perforación en Sub Level Stopping, las galerías son unidas a una chimenea central para que se realice el primer corte en el sistema de Sub Level Stopping. El trabajo realiza paralelamente con los sub niveles de perforación y con el nivel principal.

Chimeneas

Las chimeneas son verticales crater retreat (VCR) y tienen la dimensión de 2 x 2 m, estas chimeneas tienen la función de crear la cara libre de un determinado cuerpo en producción.

El cual consta de 18 taladros de 2 ½ " y 6 rimados de 5 ", el carguío se hace con detonadores no eléctricos, el taco superior es de 1m.

Figura 24. Labor de preparación VCR



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.2. Base de control de productividad de la compañía minera Alpayana

La compañía minera Alpayana S.A. de la mano con Gestión Minera Integral, maneja una base en un libro excel, en donde se registraba la productividad por labores (diario, semanal, mensual y anual), todo esto se realiza con la finalidad de tener un adecuado control de mineral extraído, esta base en libro excel lo maneja el área de productividad mina conjuntamente con mi persona y que esta validada por las valorizaciones que se realiza juntamente con compañía, actualmente se maneja la misma base con algunas modificaciones que nos permite y facilita el control de los indicadores del carguío y voladura de taladros largos.


Como plan de mejora de dicha base, se ha implementado un protocolo de carguío y voladura y una hoja de cálculo del diseño de taladros a realizar el carguío y voladura, en el protocolo de carguío y voladura se tiene (el nivel, la labor y el tajo a realizar el carguío y voladura, nombre del personal a realizar el trabajo, herramientas, materiales y equipos a utilizar en la actividad, responsables del trabajo en campo, peligros, riesgos y controles en la actividad, pasos a seguir antes, durante y después del carguío y voladura, cronograma de actividad, recomendación de seguridad y firmas de los responsables de cada área), en la hoja de cálculos de diseño de carguío y voladura se tiene (el número de secciones a disparar, los números de taladros a cargar, diseño de taladros largos a cargar, longitud de carguío, longitud de taco, cantidad de explosivo a utilizar, tonelaje de mineral a romper y factor de potencia), este plan de mejora se realizó guardia a guardia para cualquier disparo de taladros largos.

Se realizó la capacitación a los maestros disparadores y ayudantes disparadores para lograr que el diseño de carguío y voladura de taladros largos entregado lo realicen logrando observar algunos objetivos y mejoras en la actividad.

Con todo lo mencionado se empieza la optimización y el control de indicadores del carguío y voladura de taladros largos.

Dentro del protocolo se tendrá especificado las actividades a realizar y se tendrán en cuenta los integrantes a realizar los trabajos, así mismo tendremos la participación de los jefes de área para la autorización del carguío y voladura de taladros largos en las diferentes zonas de la unidad minera Alpayana S.A.

Figura 25. Protocolo de carguío y voladura de taladros largos

	FORMATO	Código: FOM-000001
	PLAN DE TRABAJO PARA CARGUIO Y VOLADURA DE TALADROS LARGOS	Versión: 01
		Fecha de versión: 05/10/2018
		Página: 1 de 3

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD:	CARGUIO Y VOLADURA DE TALADROS LARGOS UTILIZANDO VIGIAS
LABOR / ZONA:	NV.17 TJ 445 / BAJA
RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD:	ING. JOSE LUIS PINTO ARROYO

1. ANTECEDENTES:

El TJ 445 del Nv. 17 en el cual se realizará el carguío y voladura de taladros de las secciones en secuencia.

2. OBJETIVOS:

El TJ 445 del Nv. 17, tiene un programa de producción de 2000 Tn, el objetivo es alcanzar lo programado para el presente mes.

3. PERSONAL:

El carguío y voladura del TJ 445 se realizará con 04 trabajadores, (se incluye 01 disparador, 02 ayudantes disparadores y 01 supervisor) el cual cuentan con mucha experiencia para la ejecución de estos trabajos de alto riesgo.

OCUPACION	GUARDIA *DIA*

4. HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS:

HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"> > Válvula de bola de 1" > Reducción de 2" a 1" > Punzón de cobre o madera > Tubería antiestática de 1" de diámetro 	<ul style="list-style-type: none"> > ANFO > Equipos de 1 1/2" X 12" > Equipos de 1 1/2" X 8" > Equipos de 18 metros > Cordón detonante > Mecha retardada y Equipos de 9" > Soga de nylon de 1" > Alcayatas 	<ul style="list-style-type: none"> > Anticor o Detector

5. RESPONSABILIDADES DEL TRABAJO DE CAMPO:

- Asistente de Superintendencia Mina: Ing. MARCO AYUQUE
- Jefe de Zona: Ing. CARLOS AYALA.
- Supervisores de 1ra. Línea: Ing. BRAYAN SAIRE.

Quienes verificarán y realizarán la inspección de la labor siendo responsables del cumplimiento del plan de trabajo y requerimientos, motivando a los trabajadores para el cumplimiento estricto de lo planeado.

6. PELIGROS, RIESGOS Y CONTROLES EN LA ACTIVIDAD:

PELIGROS	RIESGOS	CONTROLES
Roca suelta	Golpes, aplastamiento	Desalado de rocas antes de realizar el carguo.
gases	gaseamiento.	Ventilar labor mínima 01 hora para ingresar
instalaciones presurizadas	Desacople, desempalme y reventón de tuberías	Sustitución de alambres por rípeles, capacitación en prevención por exposición a equipos presurizados.
Manipuleo de materiales (explosivos)	Explosión	Cumplir estrictamente con PETS 021 referido al carguo y voladura de frentes.
Acosos cercanos	Explosión, aplastamiento.	Colocar vigías en lugares adecuados y en los accesos que da al área de trabajo.
polvos	Exposición al polvo	Uso de protección respiratoria contra polvo
ruidos	Exposición al ruido	Uso de protección auditiva.
Proyección de partículas	Inyección de objetos extraños	Uso de anteojos de seguridad durante el carguo.

7. PASOS PARA SEGUIR:

- Se realizará la Inspección y verificación del lugar de trabajo.
- Realizar el carguo según PET-MIN-ZC-003 referido a Carguo y voladura taladros largos.
- Coordinar con los responsables de Zona, para realizar el chispeo y voladura respectivo. Ubicar los 2 vigías en los accesos principales del Nv.17 y al ingreso por el Nv.17A que tendrá influencia al radio de voladura. El Supervisor de 1ra. Línea BRAYAN SAIRE.
- dará la orden al personal disparador para realizar el chispeo respectivo a las 7:30 am, luego deben retirarse a un lugar adecuado.
- Después de 01 hora de realizado la voladura, el personal continuara con sus tareas asignadas. La guardia siguiente o entrante.

8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDAD:

La actividad de carguo y voladura con vigías se realizará 11/01/2021 en la PRIMERA guardia en cuanto se apruebe el Plan de Trabajo, servirá durante la ejecución de la voladura de producción de taladros largos.

9. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD:

- > Se realizará la difusión del presente plan al personal que ejecutará el trabajo. Esta difusión tendrá que ser evidenciado en formatos de capacitación, las cuales serán presentadas al Asistente ~~Supl.~~ ^{Supl.} Mina.
- > No se ejecutará el trabajo si no se cuenta con personal capacitado y entrenado. Además, si no se cuenta con la cuadrilla completa según Plan.
- > No se ejecutarán los trabajos programados sino cuentan con los vigías necesarios y suficientes según plan detallado.
- > Para realizar el chispeo y voladura se debe coordinar con los responsables de Seguridad y Mina evitando que la voladura genere pérdidas.
- > Realizar los bloqueos de prevención luego de la voladura.
- > realizar las coordinaciones del medio día.

10. ANEXOS:

- Planos
- Herramientas de gestión (PETAR, Orden de trabajo, IPERC Continuo, ~~Check list~~ ^{Check list} de labor y equipos, Registro de Capacitación, ATS de no contar con PETS y otros como monitoreo de gases, evaluación geomecánica, etc.; según sea el caso)

GEOMECANICA ALPAYANA

SEGURIDAD ALPAYANA

PLANEAMIENTO ALPAYANA

ING. MARCO AYUQUE.
As. A SUPERINTENDENTE DE MINA

ING. JOSE LUIS PINTO A.
JEFE DE TALADROS LARGOS

Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.5. Cuadro histórico de productividad de la compañía minera Alpayana

Se sacó información histórica desde el año 2017 donde se podrá observar en los cuadros la productividad por mes, por año, promedio por mes y su cantidad de fameplast que se utilizó por mes, por año, promedio por mes, esta información es de suma importancia ya que con ello podremos comparar la optimización y los controles en los indicadores del carguío y voladura por mes y por año y hacer un análisis de costos en beneficio de la empresa, los resultados obtenidos han sido muy importantes para la toma de decisiones en cuanto al carguío y voladura de taladros largos.

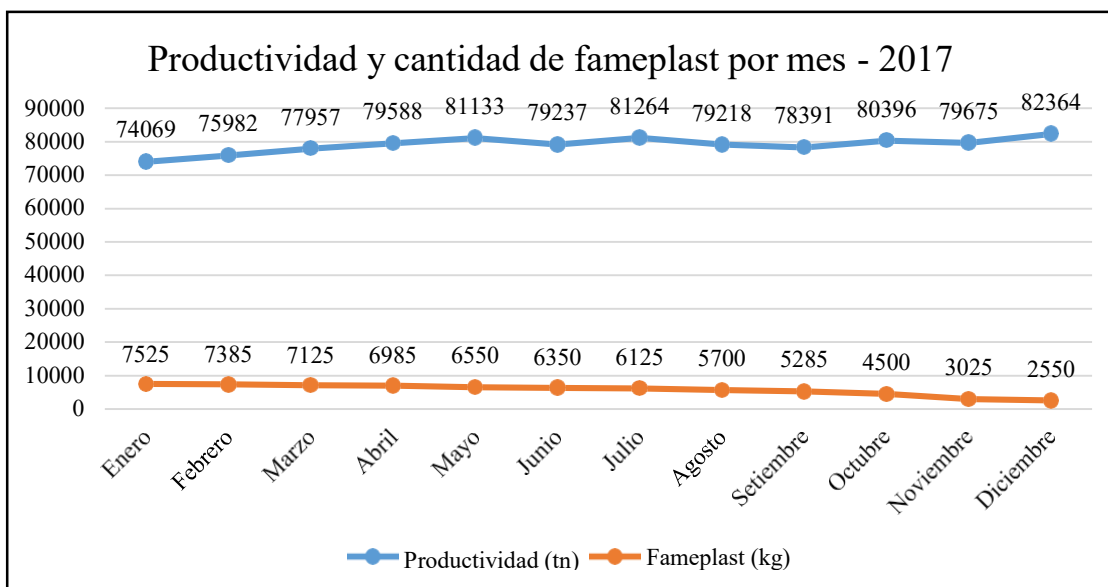
4.5.1. Productividad y fameplast por mes del año 2017 compañía minera Alpayana

Tabla 8. Productividad y cantidad de fameplast por mes del año 2017

Mes	Productividad (tn)	Promedio	Fameplast (kg)	Promedio
Enero	66924	66972	7225	7207
Febrero	65086		7450	
Marzo	63242		6825	
Abril	68293		7300	
Mayo	65287		7550	
Junio	64980		6985	
Julio	66336		6825	
Agosto	68235		7285	
Setiembre	71269		7400	
Octubre	69884		7200	
Noviembre	66272		6985	
Diciembre	67857		7450	

Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Figura 27. Representación de productividad y cantidad de fameplast por mes - 2017



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.5.2. Productividad y fameplast por mes del año 2018 compañía minera Alpayana

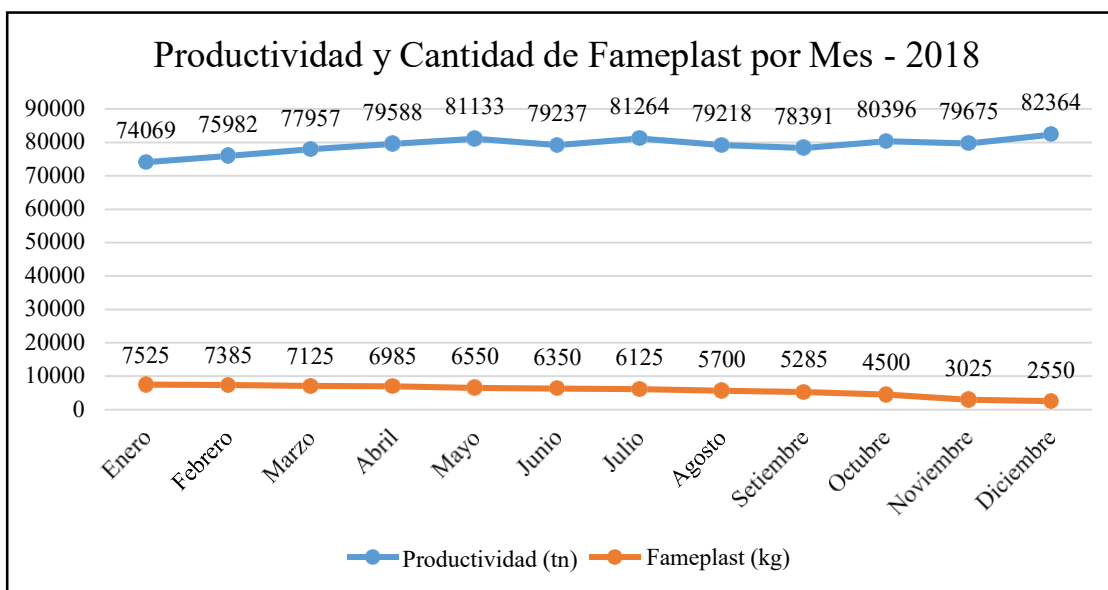
En el presente cuadro se muestra la productividad y la cantidad de fameplast que se utilizó por mes del año 2018 y su respectivo promedio anual.

Tabla 9. Productividad y cantidad de fameplast por mes del año 2018

Mes	Productividad (tn)	Promedio	Fameplast (kg)	Promedio
Enero	69836	70795	7125	7440
Febrero	68258		7325	
Marzo	72193		7885	
Abril	70361		7400	
Mayo	69379		7500	
Junio	73612		8025	
Julio	69934		7150	
Agosto	72917		7450	
Setiembre	72205		7385	
Octubre	70843		7685	
Noviembre	70139		7325	
Diciembre	69866		7025	

Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Figura 28. Representación de productividad y cantidad de fameplast por mes - 2018



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.5.3. Productividad y fameplast por mes del año 2019 compañía minera Alpayana

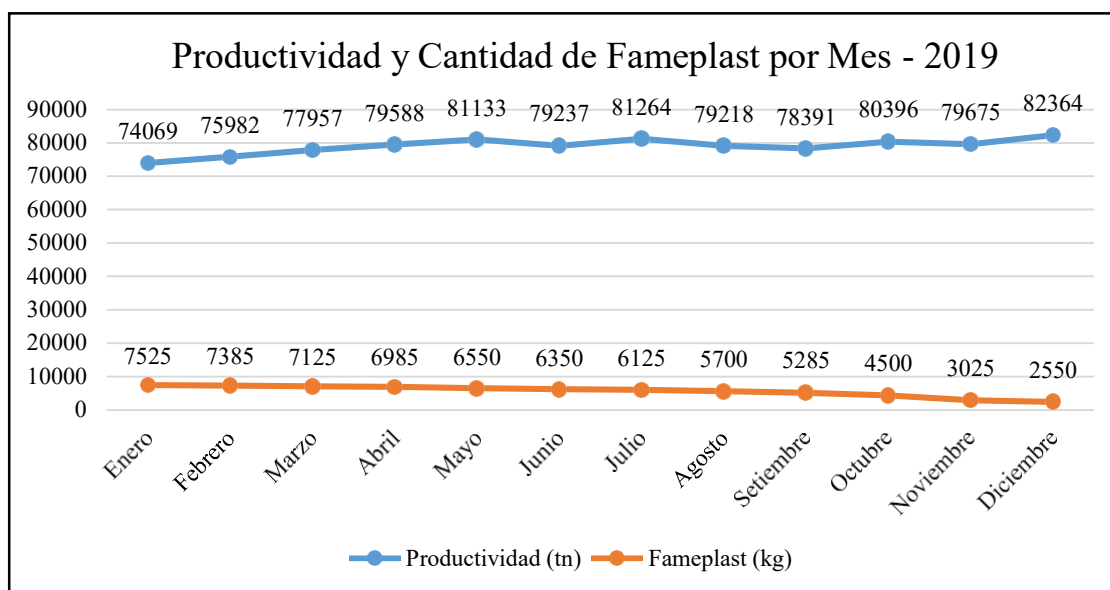
En el presente cuadro se muestra la productividad y la cantidad de fameplast que se utilizó por mes del año 2019 y su respectivo promedio anual.

Tabla 10. Productividad y cantidad de fameplast por mes del año 2019

Mes	Productividad (tn)	Promedio	Fameplast (kg)	Promedio
Enero	71223	73028	7325	7414
Febrero	73561		7485	
Marzo	74185		7600	
Abril	73634		7425	
Mayo	73196		7485	
Junio	74892		7550	
Julio	73629		7525	
Agosto	72957		7025	
Setiembre	69515		7225	
Octubre	72138		7425	
Noviembre	74151		7500	
Diciembre	73249		7400	

Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Figura 29. Representación de productividad y cantidad de fameplast por mes - 2019



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.6. Cuadro de resumen anual de productividad y cantidad de fameplast

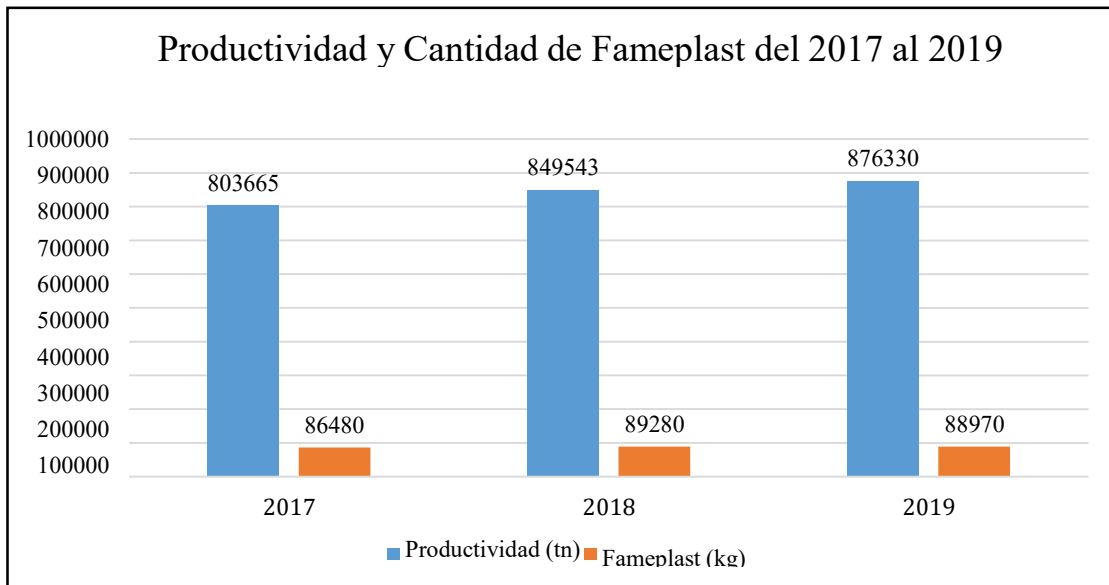
En el presente cuadro se muestra la productividad anual y la cantidad de fameplast anual que se utilizó desde el 2017 al 2019.

Tabla 11. Productividad y cantidad de fameplast del año 2017 – 2019

Año	Productividad (tn)	Fameplast (kg)
2017	803665	86480
2018	849543	89280
2019	876330	88970

Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Figura 30. Representación anual de la productividad y cantidad de fameplast 2017 al 2019



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.7. Formato de control diario de mineral roto por guardia

Se ha implementado un formato de control diario de mineral roto que se ha entregado a los jefes de guardia, en este formato se deberá de reportar diariamente la rotura de mineral roto por voladura en los tajeos de producción, entregándose cada final de guardia al área de productividad mina.

Junto con este control se implementado un supervisor de primera línea que se va dedicar a hacer el seguimiento de todas las actividades del área de taladros largos y un training de ingeniería de minas por guardia que sólo se van a dedicar a cumplir con el diseño de carguío y voladora de taladros largos, logrando identificar los problemas más comunes y finalizar en la optimización y control de los indicadores de carguío y voladura de taladros largos.

Figura 31. Reporte diario de mineral roto

TOTAL m PERFORADOS		VOLADURA		PRIMARIA		7/0 665 27 mt		T/ No. hno: 935.03 mts	
NIVEL:	14	TAJO:	407	N° TAL:	800	TON:	800	PROBLEMAS DE LOS EQUIPOS SIMBAS	
NIVEL:	158	TAJO:	370	N° TAL:	600	TON:	600		
NIVEL:	4	TAJO:	350	N° TAL:	26500	TON:	26500		
NIVEL:	158	TAJO:	435	N° TAL:	400	TON:	400	Desganche	
NIVEL:	20	TAJO:	108	N° TAL:	TON:			Platos	
NIVEL:	16	TAJO:	265	N° TAL:	TON:			Platos	
1070001665		TOTAL							
ING. RESPONSABLE									

Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.8. Capacitación de maestro disparador y ayudante disparador

Se pidió el apoyo del personal de fama para dar capacitación constante en interior mina al maestro disparador y ayudantes disparadores de cada cuadrilla de carguío y voladura de taladros largos entre ellas cabe resaltar:

- Implementación de entubado de los taladros perforados con tubo PVC de 2". Evitando que los taladros se obstruyan o tapen.
- Empezar a utilizar los taladros de pre corte o alivios para un mejor control de las cajas y la dilución.
- Controlar bien las presiones de carguío, mantener un buen confinamiento del anfo.
- Mejorar el diseño de malla de perforación cambiando de T-38 a T-45 en las barras a utilizar, ya que con esto tendremos un mayor diámetro de perforación controlando las cajas del tajeo de producción.
- Hacer un buen levantamiento de los taladros a cargar, evitar tener inconvenientes con los taladros comunicados y taladros tapados.
- Elegir bien en tipo de explosivo a utilizar de acuerdo a las condiciones a presentar el tajeo a cargar.

Figura 32. Capacitación de maestro disparador y ayudante disparador



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.9. Análisis e interpretación de datos

La compañía minera Alpayana S.A. en el área de taladros largos se hizo una descripción de los problemas y tiempos muertos que se tenía dentro de la operación mina (carguío y voladura de taladros largos), teniendo los problemas más comunes:

4.9.1. Paradas operativas en el carguío y voladura de taladros largos

Dentro de la actividad de carguío y voladura de taladros largos llegamos a tener paradas por parte operativa y tiempos muertos dentro de la actividad como son:

- Un adecuado desatado de rocas sueltas en los tajeos a disparar.
- La falta de instalaciones de tubería de aire en la labor.
- Falta de movilidad para trasladar el jetanol y sus accesorios de una labor a otra labor.
- Tiempo muerto por parte del personal en la espera del explosivo y accesorios de voladura.
- Taladros tapados encontrados dentro de la actividad de carguío y voladura.

4.10. Fases de optimización y control de indicadores de voladura

Todos los trabajos realizados para la optimización y control de indicadores de voladura se hicieron para lograr aumentar en la productividad y disminuir los bancos después de los disparos consumiendo menor cantidad de fameplast.

4.10.1. Fase de modelamiento de cuerpos por el área de geología

En la primera fase encargada por el área de geología mina. Después de haber realizado los diferentes estudios geológicos y las perforaciones diamantinas se modela en cuerpo a explotar. Pasándole el cuerpo modelado al área de planeamiento mina.

4.10.2. Fase de preparación de galerías

En esta fase el área de planeamiento mina realiza su programa de productividad anual, mensual y diario. Teniendo en cuenta la productividad de la mina y preparando tajos en perforación y tajos en minado.

A si mismo se prepara labores de exploración y labores de profundización. Proyectos a ejecutarse en corto plazo.

En esta fase también se hará el adecuado sostenimiento de la labor de acuerdo a las recomendaciones del área de geomecánica, el sostenimiento que se utiliza en gran parte de la mina es el shocret de 2” y 3” de acuerdo al terreno.

Tabla 12. Programa de producción zona cuerpos – marzo 2020

PROGRAMA DE PRODUCCIÓN ZONA CUERPOS - MARZO 2020									U. M. AMERICANA
NI VEL	CUERPO	LABO R	ROTU RA	PRODUCC IÓN	Ag Oz/ TC	Pb %	Cu %	Zn %	Secci ones a di spar ar
4	Ri co A	TJ 680	1, 000	1, 000	0.47	0.11	0.10	1.74	Sec c 04 al 11
4	Chi ar a	TJ 627	2, 500	2, 500	0.77	0.14	0.08	1.93	Sec c 00 al 20
4	Pot os í	TJ 648	1, 500	1, 500	0.50	0.07	0.05	1.90	Cuer po model ado
TOTAL ZONA ALTA			5, 000	5, 000	0.63	0.11	0.07	1.88	
6A	Mi c a e l a	TJ 736	1, 000	1, 000	0.40	0.05	0.21	1.90	Aur eol a al t a j e o v a c i o
7B	Es per anz a Tec ho 4	TJ 585	500	500	0.45	0.36	0.19	2.00	Aur eol a al t a j e o v a c i o
7B	Cuer po 630	TJ 803	2, 500	2, 500	0.57	0.12	0.28	2.08	Cuer po model ado
7A	810	TJ 810	6, 000	6, 000	0.45	0.36	0.19	2.00	Cuer po model ado
7	Es per anz a Tec ho	TJ 665	2, 500	2, 500	0.50	0.78	0.20	2.00	Cuer po model ado
7	Vet a Mar i ana	TJ 758	1, 000	1, 000	2.43	1.31	0.27	1.87	Cuer po model ado
8A	Es per anz a Tec ho 3	TJ 602	1, 500	1, 500	0.44	0.06	0.21	1.92	Cuer po uni do a Esp. Tec ho 3 y 4
8A	Chi ar a di semi nado	TJ 550	1, 500	3, 000	1.20	0.27	0.22	2.05	Sec c 02 a l a 10(Nv 8A Neg)
8	Chi ar a di semi nado	TJ 550	2, 000	2, 500	1.20	0.27	0.22	2.05	Mi ner al r o t o
8	Cas apal c a 3	TJ 330	4, 000	4, 000	0.88	0.06	0.14	1.77	Cuer po model ado
8	Cas apal c a 4	TJ 440	1, 000	1, 000	0.40	0.09	0.17	1.90	Sec c 06 al 14 Nv 8A(Neg) , Sec c 08 al 27 Nv 8 Pos)
9B	Cas apal c a 7	TJ 488	4, 000	4, 000	0.75	0.37	0.16	1.95	En ex pl or aci ón
9B	M2	TJ 444	2, 500	2, 500	0.90	0.61	0.60	2.05	En ex pl or aci ón
9B	Chi ar a 535	TJ 539	500	500	0.38	0.13	0.12	1.95	Aur eol a de Taj e o v a c i o
TOTAL ZONA INTERMEDIA			30, 500	32, 500	0.77	0.34	0.23	1.97	
12	Es per anz a Nor t e	TJ 390	2, 000	2, 000	1.01	0.51	0.32	1.99	Sec c 11 al 31(neg)
12A	Cas apal c a 3	TJ 385	4, 000	5, 500	0.88	0.30	0.25	2.02	Sec c 26 al 36
14	Cas apal c a 2	TJ 325	500	1, 000	0.44	0.05	0.09	1.78	Sec c 58 al 68(Nv 13 neg)
14	Cas apal c a 3	TJ 330	500	1, 000	0.65	0.06	0.24	2.05	Sec c 25 al 33(Nv 13 neg)
14	Chi ar a Di semi nado	TJ 400	2, 500	2, 500	0.55	0.31	0.13	2.15	Cuer po Model ado TL Negat i v os
14	M4	TJ 404	3, 000	3, 000	0.69	0.08	0.26	2.21	Sec c 00 a l a 15
15A	Cas apal c a 3	TJ 320	1, 500	1, 500	0.70	0.10	0.22	1.76	Sec c 15 a l a 20
15A	Cas apal c a 2	TJ 300	3, 500	3, 500	0.75	0.09	0.23	2.08	Sec c 00 al 15
15A	Cas apal c a 1	TJ 295	3, 000	3, 000	0.61	0.12	0.20	2.09	Sec c 20 al 36
15A	Chi ar a di semi nado	TJ 400	1, 000	1, 000	0.41	0.14	0.13	1.68	Negat i vos del NV 15A Sec c 08 al 14
15	Chi ar a di semi nado	TJ 400	1, 000	1, 000	0.39	0.09	0.08	1.59	Sec c 12 al 26
15A	M3	TJ 370		500	0.60	0.44	0.09	2.17	Sec c 60al 65(Posi t i v os y negat i v os)
15	M3	TJ 370		500	0.60	0.44	0.09	2.17	mi ner al r o t o
15	Es per anz a Pi so	TJ 475	7, 000	7, 000	0.55	0.08	0.21	2.11	Sec c 05 al 20
15	Es per anz a Pi so	TJ 454	4, 000	4, 000	0.42	0.11	0.17	2.04	Sec c 04 AL10
15	M4	TJ 375	2, 500	2, 500	1.12	0.25	0.31	2.17	Cuer po model ado

15	Esperanza Piso (10)	TJ 400	8,000	10,000	0.47	0.11	0.22	2.00	Sec c X, Y, Z , AA al AE
16	Esperanza Piso	TJ 454	10,000	12,000	0.41	0.09	0.30	2.06	Sec c A1 al A12(Neg Nv 16A)
16	Casapalca 2	TJ 265	8,000	10,000	0.41	0.08	0.15	1.90	Sec c 03 al 08(Nv 16 pos) , Sec c 27 al 15(Nv 16A Neg)
18A	Veta Esp. Piso Diseñado	TJ 445	500	500	1.01	0.51	0.25	2.21	Sec c 41 a l a 45
TOTAL ZONA BAJA			62,500	72,000	0.57	0.14	0.22	2.02	
TOTAL GENERAL			98,000	109,500	0.63	0.20	0.22	2.00	

Fuente: Área de planeamiento mina – ALPAYANA S.A

4.10.3. Fase de verificación y acondicionamiento de la labor

Esta fase el encargado es supervisor de primera línea con el ingeniero a cargo a realizar la inspección del área de trabajo a entrar en perforación puntos a verificar son los siguientes:

- Verificación de la sección de dimensión 4x4m de la labor de trabajo.
- Sostenimiento de la zona de trabajo concluido.
- Ventilación adecuada e inspeccionada del área de trabajo.
- Instalación de los servicios básicos (agua y aire) a unos 20 metros del tope de la labor.
- Instalación eléctrica cada 20 metros con su respectiva caja break y estandarización.

Figura 33. Verificación y acondicionamiento de la labor



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

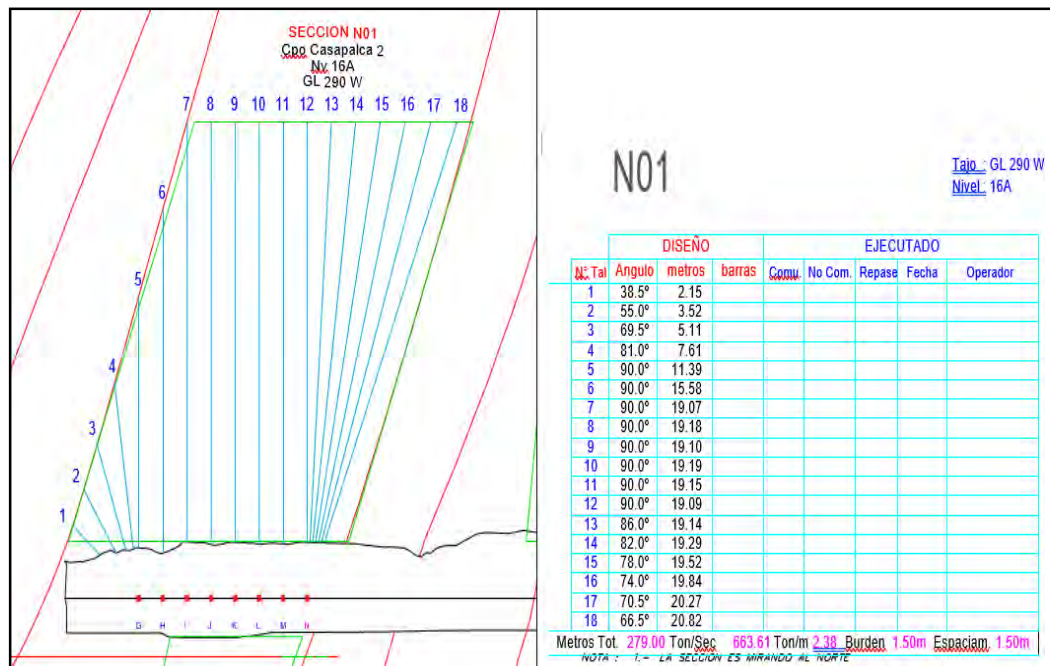
4.10.4. Fase de diseño de taladros largos

El diseño de los taladros largos por el área de planeamiento de la mina Alpayana S.A. en coordinación con el área de geología quien realiza el contorneo y modelamiento a través del software minero GEMCOM para un correcto diseño de los taladros, mientras que el área de geología contornea el cuerpo en planta y entrega esta información al área de planeamiento quien por su parte añade las líneas de sección, realiza los cortes del cuerpo en las galerías de dimensión 4x4m.

Los diseños de los taladros largos se realizarán partiendo los cortes proporcionados por el área de geología, realizados en líneas de sección, este proceso es mediante el uso de software AutoCAD 2d y 3d. Se realizará el diseño con el burden y espaciamiento de 1.50m x 1.50m, establecido como estándar para cuerpos cuya potencia es mayor de 3 metros.

El procedimiento consiste en ubicarse en los planos vista en planta tanto en el nivel superior como en el nivel inferior a través de las líneas de sección donde se va realizar la perforación, para el diseño respectivo de los taladros para la obtención del metraje a perforar como su ángulo de perforación.

Figura 34. Malla de perforación.



Fuente: Área de planeamiento mina – ALPAYANA S.A.

4.10.5. Fase de pintado de malla de perforación

En esta fase una vez concluida la preparación de la galería a perforar se procede al pintado de las mallas de perforación, conformadas por secciones y esta a su vez con sus respectivos pivots.

Se requiere una cuadrilla de topógrafos que cuenta con un técnico y dos ayudantes y equipos topográficos, teniendo el posicionamiento de las coordenadas donde se va a perforar. La cuadrilla de topografía ingresará a mina para el pintado de mallas de perforación.

Figura 35. Pintado de malla de perforación.



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.6. Fase de reparto de guardia y entrega de herramientas de gestión

En esta fase el ingeniero da su charla de seguridad de 5 min diario antes de ingresar a mina, se tiene un local en superficie donde se coordina los trabajos a realizar durante toda la guardia y se hace la entrega de todas las herramientas de gestión (protocolo de carguío y voladura, diseño de carguío y voladura, orden de trabajo, check list de labor, IPERC, reporte diario de taladros largos y petar), así mismo se hace las pausas activas con todo el personal, verificación del uso de todos los EPPS, control de las autorizaciones internas sucamec para el manejo de explosivos y entrega de las herramientas a utilizar en interior mina por parte del bodeguero.

Análisis: Es una fase en donde se tenía bastantes tiempos muertos y trabajamos en ello:

- La presencia del personal a destiempo (impuntualidad) en el reparto de guardia.
- La preparación de la charla de seguridad un día anterior.
- La concientización del personal a contar con los EPPS completos.
- Contar con la autorización sucamec al día para el manejo de los explosivos.
- Tener listo las herramientas de gestión para los trabajos a realizar.
- Tener el plan de trabajo a realizar en la guardia con órdenes de trabajo claros y que sean efectivos.

Figura 36. Reparto de guardia



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.7. Fase de ingreso y salida de personal

En esta fase se contaba con los problemas de no contar con una movilidad para poder ingresar al personal a mina ya que las áreas de perforación quedaban en diferentes niveles y solo se tenía un pique en el cual nos dejaba al personal en puntos exactos como son NV 10, NV 14 y NV 18.

Análisis: Gracias a la gestión que se hizo se pudo adquirir un camioncito para el traslado de personal exclusivamente para el área de taladros largos, así mismo se consiguió una camioneta para la supervisión. Con este camioncito eliminamos los tiempos muertos y dejando al personal en cada nivel a trabajar, con el apoyo de la camioneta a la paralela se trasladaba a primeras horas el jetanol con sus accesorios en el primer tajeo a disparar.

Figura 37. Ingreso y salida de personal



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.8. Fase de llenado de las herramientas de gestión

En esta fase el personal llega a su área de trabajo lo primero que debe de realizar es el relleno de las herramientas de gestión verificando las condiciones de la zona de trabajo:

- Orden de trabajo.
- Check list de la labor.
- Protocolo de carguío y voladura.
- Formato de perforación de taladros largos.
- IPERC (la identificación de peligros y evaluación de riesgos continuos).
- Petar (permiso escrito de trabajo de alto riesgo), si requiere el trabajo a realizar.
- Diseño de carguío y voladura de taladros largos.

Figura 38. Rellenado de las herramientas de gestión




Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.9. Fase de la verificación y relleno del protocolo del carguío y voladura

En esta fase revisaremos el plan de carguío y voladura donde nos indicara:

- La zona y labor a realizar la actividad.
- Responsable del carguío y voladura de taladros largos.
- Nombres del personal calificado a realizar el carguío y voladura.
- Mencionara las herramientas, materiales y equipos a usar.
- Responsables del trabajo en interior mina del carguío y voladura.
- Mencionara los peligros, riesgos y controles que deberemos tener en cuenta al realizar la actividad.

- Pasos a seguir antes, durante y después del carguío y voladura.
- Cronograma de la actividad.
- Recomendaciones de seguridad.
- Firmas por parte de los jefes de cada área involucrada en la actividad.

	FORMATO	Código: FOR-MIN-014
		Versión: 00
	PLAN DE TRABAJO PARA CARGUÍO Y VOLADURA DE TALADROS LARGOS	Fecha de versión: 05/10/2019
		Página: 64 de 3

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD:	CARGUIO Y VOLADURA DE TALADROSLARGOS UTILIZANDO VIGIAS
LABOR / ZONA:	NV.16 TJ 454 / BAJA
RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD:	ING. BRAYAN SAIRE M

1. ANTECEDENTES:

El TJ 454 del Nv. 16 en el cual se realizará el carguío y voladura de taladros de las secciones en secuencia.

2. OBJETIVOS:

El TJ 454 del Nv. 16, tiene un programa de producción de 10000 Tn, el objetivo es alcanzar lo programado para el presente mes.

3. PERSONAL:

El carguío y voladura del TJ 454 se realizará con 04 trabajadores, (se incluye 01 disparador, 02 ayudantes disparadores y 01 supervisor) el cual cuentan con mucha experiencia para la ejecución de estos trabajos de alto riesgo.

OCUPACIÓN	GUARDIA "DIA"

4. HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS:

HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"> Válvula de bola de 1" Reducción de 2" a 1" Punzón de cobre o madera. Tubería antiestática de 1" de diámetro. 	<ul style="list-style-type: none"> ANFO Emulnor de 1 ½" X 12" Emulnor de 1 ½" X 8" Faneles de 18 metros Cordón detonante Mecha rápida y carmex de 9' Soga de nylon de 1" Alcayatas 	<ul style="list-style-type: none"> Anfocar o Dietanol.

5. RESPONSABILIDADES DEL TRABAJO DE CAMPO:

- Asistente de Superintendencia Mina: Ing. MARCO AYUQUE
- Jefe de Zona: Ing. CARLOS AYALA.
- Supervisores de 1ra. Línea: BRAYAN SAIRE M

Quienes verificarán y realizarán la inspección de la labor siendo responsables del cumplimiento del plan de trabajo y requerimientos, motivando a los trabajadores para el cumplimiento estricto de lo planeado.

6. PELIGROS, RIESGOS Y CONTROLES EN LA ACTIVIDAD:

PELIGROS	RIESGOS	CONTROLES
Roca suelta	Golpes, aplastamiento	Desatado de rocas antes de realizar el carguío.
gases	gaseamiento.	Ventilar labor mínima 01 hora para ingresar
Instalaciones presurizadas	Desacople, despalmes y reventón de tuberías	Sustitución de alambres por niples, capacitación en prevención por exposición a equipos presurizados.
Manipuleo de materiales (explosivos)	Explosión	Cumplir estrictamente con PETS 021 referido al carguío y voladura de frentes.
Accesos cercanos	Explosión, aplastamiento.	Colocar vigías en lugares adecuados y en los accesos que da al área de trabajo.
polvos	Exposición al polvo	Uso de protección respiratoria contra polvo
ruidos	Exposición al ruido	Uso de protección auditiva.
Proyección de partículas	Incrustación de objetos extraños	Uso de anteojos de seguridad durante el carguío.

7. PASOS PARA SEGUIR:

- a. Se realizará la Inspección y verificación del lugar de trabajo.
- b. Realizar el carguío según PET-MIN-ZC-003 referido a Carguío y voladura taladros largos.
- c. Coordinar con los responsables de Zona, para realizar el chispeo y voladura respectivo. Ubicar los 2 vigías en los accesos principales del Nv.16 y al ingreso por el Nv.15 que tendrá influencia al radio devoladura. El Supervisor de 1ra. Línea BRAYAN SAIRE M
- d. dará la orden al personal disparador para realizar el chispeo respectivo a las 7:30 am, luego deben retirarse a un lugar adecuado.
- e. Después de 01 hora de realizado la voladura, el personal continuara con sus tareas asignadas. La guardia siguiente o entrante.

8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDAD:

La actividad de carguío y voladura con vigías se realizará 11/08/2020 en la PRIMERA guardia en cuanto se apruebe el Plan de Trabajo, servirá durante la ejecución de la voladura de producción de taladros largos.

9. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD:

- Se realizará la difusión del presente plan al personal que ejecutará el trabajo. Esta difusión tendrá que ser evidenciado en formatos de capacitación, las cuales serán presentadas al Asistente Spte. Mina.
- No se ejecutará el trabajo si no se cuenta con personal capacitado y entrenado. Además, si no se cuenta con la cuadrilla completa según Plan.
- No se ejecutarán los trabajos programados sino cuentan con los vigías necesarios y suficientes según plan detallado.
- Para realizar el chispeo y voladura se debe coordinar con los responsables de Seguridad y Mina evitando que la voladura genere perdidas.
- Realizar los bloqueos de prevención luego de la voladura.
- realizar las coordinaciones del medio día.

10. ANEXOS:

- a. Planos
- b. Herramientas de gestión

(PETAR, Orden de trabajo, IPERC Continuo, Check list de labor y equipos, Registro de Capacitación, ATS de no contar con PETS y otros como monitoreo de gases, evaluación geomecánica, etc.; según sea el caso)

GEOMECANICA ALPAYANA

SEGURIDAD ALPAYANA

PLANEAMIENTO ALPAYANA

JEFE DE GUARDIA

ING. MARCO AYUQUE
Asist. SUPERINTENDENCIA MINA

ING. JOSE LUIS PINTO ARROYO
JEFE DE TALADROS LARGOS

4.10.10. Fase de la verificación del diseño de perforación y voladura de taladros largos

En esta fase verificaremos el diseño de carguío y voladura donde nos indicara:

- La zona y labor a realizar el carguío y voladura.
- Secciones y cuerpo a disparar.
- Visualización de la malla de perforación.
- Diseño y representación gráfica de los taladros largos a disparar.
- Cantidad de taladros a disparar.
- Diseño y representación gráfica de los cebos a utilizar en el carguío.
- Contaremos con algunos parámetros técnicos (diámetro del taladro, densidad del anfo, carga por metro y densidad de la roca).
- Por parte de geomecánica contaremos con el tipo de roca (el RMR y GSI que nos indicara en tipo de terreno a cargar).
- Se visualizará la longitud de taladro a realizar el carguío y la cantidad de metros a cargar por sección.
- Se visualizará el porcentaje de explosivo por taladro a cargar.
- Se visualizará el ángulo de perforación por taladro.
- Se realizará el cálculo de la longitud de taco por taladro a cargar y la cantidad total de longitud de taco por la sección.
- Se representará la longitud de carga de explosivo por taladro y la longitud total a cargar por sección.
- Se representará la cantidad de explosivo a utilizar por cada talado a cargar y la cantidad total a utilizar por sección (kg).
- Se hará un cálculo del mineral roto a producir por sección a disparar (tn).
- Se calculará el factor de potencia a utilizar por sección a disparar (kg/tn).

4.10.11. Fase del traslado del jetanol de una labor a otra

En esta fase se contaba con los problemas de no contar con una movilidad para poder trasladar el jetanol se acostumbra llevar con un equipo pesado scoop para trasladar el jetanol de una labor a otra, se tenía bastante inconvenientes ya que el jetanol llegaba demasiado tarde y no se podía hacer un carguío adecuado.

Análisis: Gracias a la gestión que se hizo se pudo adquirir una camioneta para el traslado del jetanol y la supervisión del área de taladros largos. Con esta camioneta eliminamos los tiempos muertos y dejando a la cuadrilla de voladura en el primer tajeo de producción a realizar el carguío a primeras horas.

Figura 40. Traslado del jetanol en mina



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.12. Fase de instalación del jetanol

En esta fase lo primero que se realizara es que el maestro disparador y sus ayudantes disparadores se verifiquen:

- Las instalaciones auxiliares (agua, aire, sostenimiento y ventilación).
- Verificación del jetanol (tuberías, válvulas y manómetro).
- Retiro de la instalación eléctrica con su respectiva caja break.
- Contar con el protocolo de carguío y voladura.
- Contar con el diseño de carguío y voladura.

Figura 41. Instalación del jetanol



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.13. Fase de traslado de explosivo en interior mina

En esta fase es donde un ayudante disparador se dirige al polvorín a hacer el pedido de cantidad de explosivo y los accesorios de voladura de acuerdo al diseño de carguío y voladura de taladros largos.

Para lo cual se cuenta con un camioncito de traslado de explosivos que cuenta con todas las especificaciones de traslado de explosivos.

Figura 42. Camión de explosivo



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

a. Polvorín en interior mina

Dentro de la compañía minera Alpayana S.A. se cuenta con tres polvorines los cuales están ubicados en puntos estratégicos, uno de ellos se encuentra en superficie, otro se encuentra en la zona de vetas y por último en la zona de cuerpos. Este último es el polvorín de donde se abastecerá para el carguío y voladura de taladro largos ubicado en el nivel 15 de la mina. Se cuenta con todas las especificaciones para un polvorín en interior mina.

Figura 43. Polvorín en interior mina



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.14. Fase de la selección del material explosivo y accesorios

La selección adecuada de los explosivos y accesorios para la voladura de taladros largos, se realizó mediante los siguientes criterios:

- Tamaño de fragmentación requerido.
- Diámetro del taladro de perforación.
- Burden y espaciamiento de la malla de perforación.
- Condiciones geológicas presentes.
- Dureza del mineral.

Los parámetros de fragmentación, diámetro de taladro y malla de perforación se determinan en la etapa previa a la perforación. Se realizaron pruebas con otros tipos de explosivos y accesorios diferentes fábricas. De los cuales los resultados adecuados, en cuanto a la fragmentación y análisis de costos, se obtuvieron los siguientes explosivos:

- Anfo.
- Emulnor 1000, 3000 y 5000.

- Cordón detonante.

Y los accesorios siguientes:

- Fanel.
- Carmex.

4.10.14.a. Explosivos

Anfo: Es un agente explosivo granular compuesto con nitrato de amonio, un combustible líquido y un colorante. La mezcla se realiza en equipos modernos de alta precisión que, sumados a la alta calidad de los componentes, nos permite producir un agente de voladura de óptima calidad.

Figura 44. Explosivo – anfo



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Emulnor: Es una emulsión encartuchada en envoltura plástica, con propiedades que no se habían obtenido antes con otro explosivo, en términos de seguridad, potencia, resistencia al agua y buena calidad de los gases de la voladura, de lo que se deduce como efectos una mejora en los avances y en los volúmenes de rotura, así como una reducción en los costos incurridos, el emulnor es sensible al fulminante común número 8.

Se fabrica en tres diferentes grados de potencia, emulnor 1000, emulnor 3000 y emulnor 5000, en una amplia gama de dimensiones para su óptima utilización en los diversos tipos de roca y según los variados parámetros de perforación y voladuras existentes.

- Emulnor 1000.- Para la voladura de rocas blandas a intermedia.
- Emulnor 3000.- Para la voladura de rocas intermedias a duras, las que requieren de altas velocidades de detonación.

- Emulnor 5000.- Para la voladura de rocas duras a muy duras, las que requieren de muy altas velocidades de detonación.

Figura 45. Explosivo – emulnor



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.14.b. Accesorios

Cordón detonante (pentacord): Es un accesorio para voladura constituido por un núcleo granulado fino y compacto de pentrita que está recubierto con papel de características especiales, fibras sintéticas e hilos de algodón. Su cobertura exterior varía según el cordón sea simple o reforzado.

Se activa por medio de un fulminante común, eléctrico o no eléctrico. El núcleo de explosivo detonará a una velocidad de 7000 m/s aproximadamente, creando una onda de choque que permitirá activar explosivos sensibles al detonador. Es manipulado con gran facilidad y seguridad.

- Generalmente se utiliza para iniciar al fanel, booster y emulsiones.
- Se les denominara por la cantidad de gramos de pentrita por metro de longitud (3P,3PE, 5P, 5PE, 8P y 10P).

Figura 46. Accesorios – cordón detonante



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Fanel: Es un sistema integrado de accesorios para voladura, que cubre los requerimientos del sistema de iniciación tradicional y otros conceptos modernos de voladura. Viene a ser un nuevo y eficaz sistema de iniciación para usos convencionales en voladuras subterráneas, subacuáticas y superficiales, que ofrece los beneficios de sincronización sin riesgos, eliminando toda posibilidad de conexiones erróneas. Asimismo, permite un mejor manejo de las operaciones de carguío y voladura por su versatilidad y simplicidad de uso.

Consta básicamente de 4 componentes:

- **Fulminante de retardo:** Este fulminante que contiene en su interior una carga explosiva primaria y otra secundaria, posee además un elemento de retardo que de acuerdo a su número de serie permite detonarlo a diferentes intervalos de tiempo. Se ofrece en dos escalas, una de periodo corto y otra de periodo largo, con las cuales se pueden cubrir todas las necesidades de formación de caras libres según los casos específicos.
- **Manguera fanel:** Está fabricada con un material termoplástico de alta resistencia mecánica e interiormente está cubierta uniformemente por una sustancia reactiva que al ser activada conduce una onda de choque cuya presión y temperatura son suficientes para iniciar al detonador a través del elemento de retardo. Uno de sus extremos este sellado por ultrasonido y el otro extremo ensamblado con el detonador. El color de la manguera permite identificar el

periodo de retardo, así tenemos que (la manguera roja es para el periodo corto y la manguera amarilla es para el periodo largo).

- **Etiquetas:** Indica el número de serie y el tiempo de retardo de cada periodo. El color de la etiqueta permite identificar el periodo de retardo.
- **Conector simple:** Es un block de plástico especialmente diseñado para facilitar la conexión segura y el contacto apropiado entre la manguera y el cordón detonante de las líneas troncales, con la finalidad de iniciar las voladuras. El color del conector permite identificar el periodo de retardo, así tenemos (conector rojo para el periodo corto y conector amarillo para el periodo largo).

Figura 47. Accesorio - fanel



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Carmex: Es un sistema de iniciación convencional de explosivos, compuesto por accesorios tradicionales de voladura y ensamblada por personal especializado, mediante el uso de máquinas fijadoras neumáticas de precisión, garantizado con ello la preparación de herméticos ensamblantes fulminantes - mecha de seguridad – conector, que permitirán minimizar la ocurrencia de “tiros cortados”. El carmex ha sido concebido y desarrollado como un seguro y eficiente sistema de iniciación de columnas explosivas sensibles al fulminante común, que sirve para efectuar voladuras convencionales consta de los siguientes componentes:

- Un fulminante común número 8.
- Un tramo de mecha de seguridad.
- Un conector para mecha rápida.

- Block de sujeción, que viene a ser un seguro de plástico, cuya función es asegurar la conexión entre la mecha rápida y mecha de seguridad.

Figura 48. Accesorio - carmex



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Mecha Rápida: Es un accesorio de voladura formado por una masa pirotécnica, dos alambres y una cobertura exterior de material plástico.

El uso de la mecha rápida en conexión 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.

Para efectuar cada conexión en las redes de encendido, la mecha rápida se inserta a través de la ranura del conector para mecha rápida y su base se presiona para asegurar un buen contacto. Dicha conexión también puede realizarse por enrollamiento o utilizando el block de sujeción, que se provee adicionalmente. La combustión de la mecha rápida produce una llanta de fuego con la suficiente temperatura para activar la masa pirotécnica del conector para mecha rápida, el que a su vez asegura el eficiente encendido de la mecha de seguridad.

El plan de voladura trazado debe contemplar que la longitud de mecha rápida a usarse en un disparo debe ser tal que todas las primas estén encendidas y en combustión dentro de los taladros antes del primer tiro detone.

Figura 49. Accesorio – mecha rápida



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.15. Fase del carguío de taladros largos

En esta fase se iniciará el carguío de los taladros, para ello ya se tendrá el equipo jetanol instalado.

Para ello se tendrá el carguío en taladro negativos que no se hará uso del jetanol tan solo haremos uso de la gravedad, los pasos a seguir serán igual al carguío de los taladros positivos.

Los taladros son cargados manteniendo la salida en “V”, a fin de utilizar la energía de proyección para lograr mejor fragmentación.

Figura 50. Carguío de taladros largos

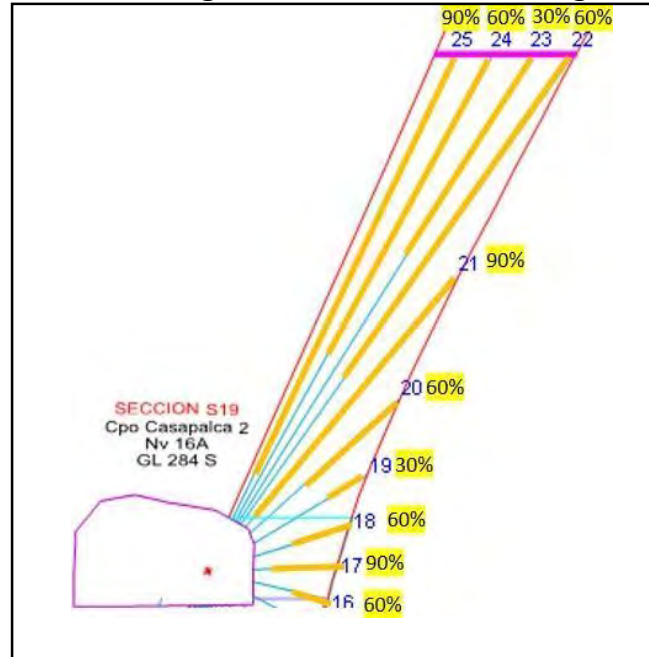


Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.15.a. Distribución de carga

La distribución de carga es el porcentaje indicado en la imagen del total de la longitud del taladro perforado.

Figura 51. Distribución de carga

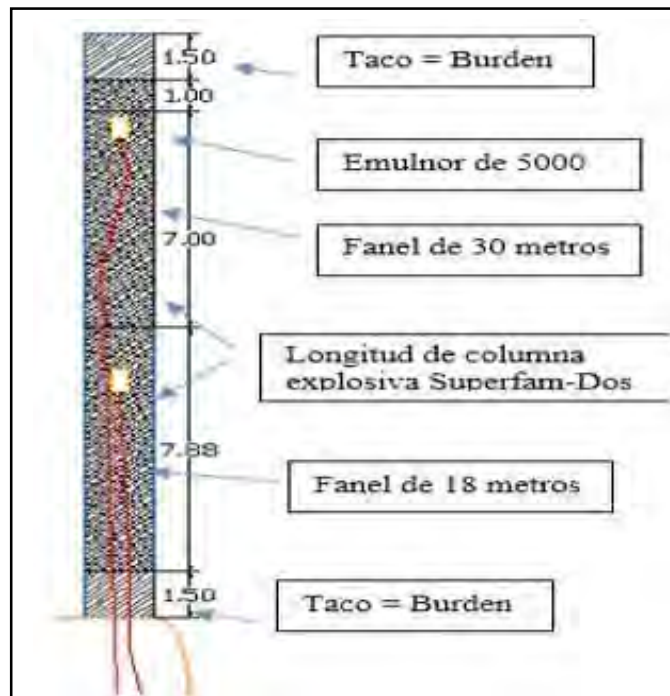


Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.15.b. Distribución de carga de taladros largos

En el carguío de taladros positivos y negativos lo primero que haremos es verifica la longitud del taladro perforado comparando con nuestro diseño de carguío y voladura que estén igual, iniciaremos el carguío introduciendo el cebo (emulnor y fanel), y respectivamente se realizara el llenado de la columna explosiva con el nitrato de amonio (anfo), en taladros positivos utilizaremos la presión de aire con el equipo jetanol para ayudar al confinamiento, en los taladros negativos tan solo con gravedad llenaremos la columna explosiva y finalmente se dejara el taco correspondiente en cada taladro.

Figura 52. Diseño de carga de taladros largos



Fuente: Área de Taladros Largos – ALPAYANA S.A.

4.10.16. Fase de supervisión del carguío de taladros largos

En esta fase el ingeniero con el supervisor visitara a todas las labores de carguío y voladura observando todo los actos y condiciones sub estándares que existan.

Análisis: Aquí observamos algunos actos incorrectos a mejorar por parte de la cuadrilla de carguío y voladura de taladros largos:

Primero verificaremos sus herramientas de gestión bien rellenas. El uso correcto de los EPPS de seguridad.

Eliminaremos los actos o condiciones sub estándares existente en el área de trabajo.

Haremos una inspección de los materiales y herramientas utilizados en los trabajos de altura (arnés, línea de anclaje, puntos de anclajes, empalmes en las tuberías del jetanol y válvulas del jetanol).

Se les dará las recomendaciones por parte operativa en el carguío y voladura de taladros largos.

Figura 53. Supervisión mina



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.17. Fase del chispeo de tajeos cargados

Es la fase final del carguío y voladura en interior mina, una de las fases más importantes y con mucha coordinación del chispeo de las labores cargadas. En la unidad minera Alpayana S.A. se realiza el chispeo en retirada desde la profundización, zona baja, zona intermedia y zona alta. Los responsables del chispeo nos encontramos en el último nivel de la mina y llevamos una reunión previa al inicio del chispeo de las labores, cada área cuenta con una camioneta y un camión para los chisperos. Para lo cual cada área ya verifico los puntos de bloqueo y salida del personal en los diferentes niveles de trabajo.

El jefe de mina ordena el inicio del chispeo de las labores y comenzamos todos en retirada hasta salir todos juntos en la bocamina mina.

Figura 54. Chispeo de tajeos de taladros largos



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

4.10.18. Fase de reporte final de la guardia

Después de haber concluido la guardia entramos a la recolección de los reportes de los maestros disparadores.

Como tenemos 2 cuadrillas de voladura, cada cuadrilla de voladura realiza por guardia dos disparos, los reportes de maestros disparadores deben estar bien rellenos básicamente ahí lograremos obtener:

- Descripción de la labor disparada nivel y cuerpo.
- Cantidad de mineral roto por tajeo disparado.
- Numero de taladros y sección disparados.

Figura 55. Reporte final de la guardia

VOLADURA		PRIMARIA		Nº TAL		TON		PROBLEMAS DE LOS EQUIPOS SEMBRAS
NIVEL:	1/1	TAJO:	402	Nº TAL:	802	TON:	802	
NIVEL:	1/2	TAJO:	378	Nº TAL:	756	TON:	756	
NIVEL:	1/4	TAJO:	350	Nº TAL:	700	TON:	700	
NIVEL:	1/5	TAJO:	475	Nº TAL:	950	TON:	950	
NIVEL:	1/6	TAJO:	108	Nº TAL:	216	TON:	216	
TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		

1070001483

1/1 (65.74 m)

1/ Noche 935.03 mts

ING RESPONSABLE

Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Capítulo V

Análisis e Interpretación de Resultados

5.1. Resultado de trabajos realizados

Con todos los trabajos realizados y las observaciones que se tuvieron, realizamos un trabajo con mayor seguimiento, obteniendo mejores resultados en la productividad y la cantidad de uso del fameplast para la voladura secundaria.

5.1.1. Productividad y fameplast por mes del año 2020 compañía minera Alpayana

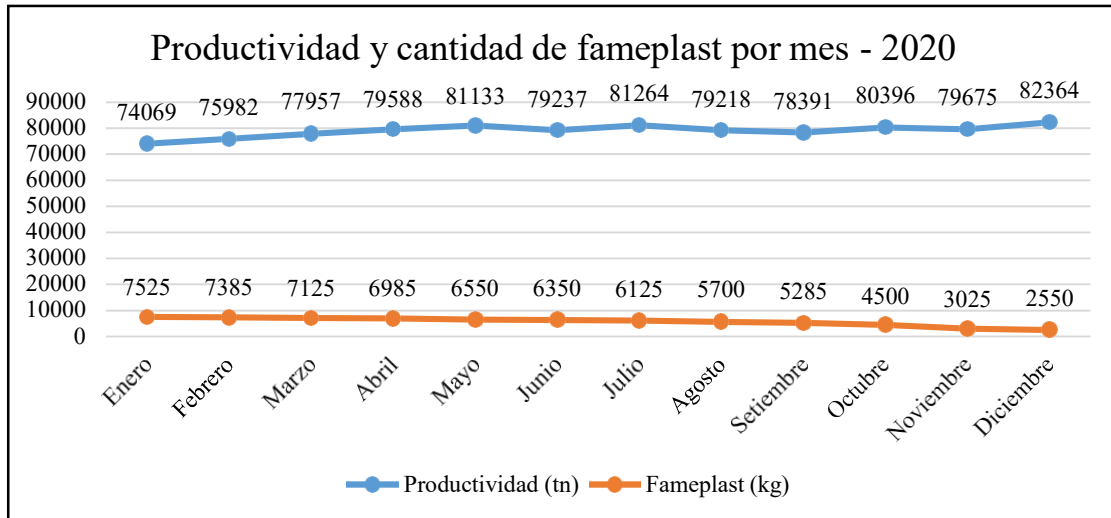
En el presente cuadro se muestra la productividad y la cantidad de fameplast utilizado por mes del año 2020 y su promedio anual.

Tabla 13. Productividad y cantidad de fameplast por mes del año 2020

Mes	Productividad (tn)	Promedio	Fameplast (kg)	Promedio
Enero	74069	79106	7525	5759
Febrero	75982		7385	
Marzo	77957		7125	
Abril	79588		6985	
Mayo	81133		6550	
Junio	79237		6350	
Julio	81264		6125	
Agosto	79218		5700	
Setiembre	78391		5285	
Octubre	80396		4500	
Noviembre	79675		3025	
Diciembre	82364		2550	

Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Figura 56. Representación de productividad y cantidad de fameplast por mes - 2020



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

5.1.2. Reducción del banqueo y transporte de mineral

Dentro de la actividad del carguío y voladura uno de los problemas que te tenía casi siempre era la presencia de banco en las labores o ventanas de jale de mineral.

Dentro de esto nos traería consecuencias en la parte operativa, generar o programar una voladura secundaria y retraso en el jale del mineral, trayendo consecuencias en:

- La baja productividad.
- Equipos de producción parados por presencia de bancos.
- Demora en el rompe banco.
- Un guardia parado por programación de voladura secundaria.

5.1.2.a. Voladura después de implementar el diseño de perforación y voladura

La unidad minera Alpayana S.A. siempre tuvo problemas en su voladura generando presencia de bancos en las ventanas de jale de mineral.

Lo cual gracias a la implementación y el buen uso de los recursos de la minera. Logramos incrementar este diseño y disminuir la presencia de bancos. Logrando optimizar y tener un mejor control en los indicadores la voladura de taladros largos.

Figura 57. Voladura con presencia de bancos en taladros largos



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Figura 58. Voladura controlada en taladros largos



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

5.1.2.b. Carguío y transporte de mineral

En la unidad minera Alpayana S.A. el material fragmentado se extrae por medio de las galerías, de las ventanas y de los bypass. Todo este material es acarreado hacia los puntos de carguío, de estos puntos se los traspasa a los volquetes y dumpers. Estos volquetes y dumpers se movilizan por medio de la rampa hacia el rompe banco. En este punto, el material pasa por la malla de selección, hacia las tolvas hidráulicas donde finalmente es cargado en los vagones para ser transportados al exterior.

Los equipos utilizados para la extracción y acarreo, desde las galerías de recepción son:

- Con scopstrams de 3.5 yerdas y de 6 yerdas.
- Dumpers de 20 toneladas de capacidad.
- Volquetes de 28 toneladas de capacidad.

Figura 59. Carguío y transporte de mineral



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

5.2. Comparación de resultados

Según los datos estadísticos haremos la comparación de los resultados obtenidos desde el 2017 al 2020

5.2.1. Productividad y cantidad de fameplast del año 2017 al 2020

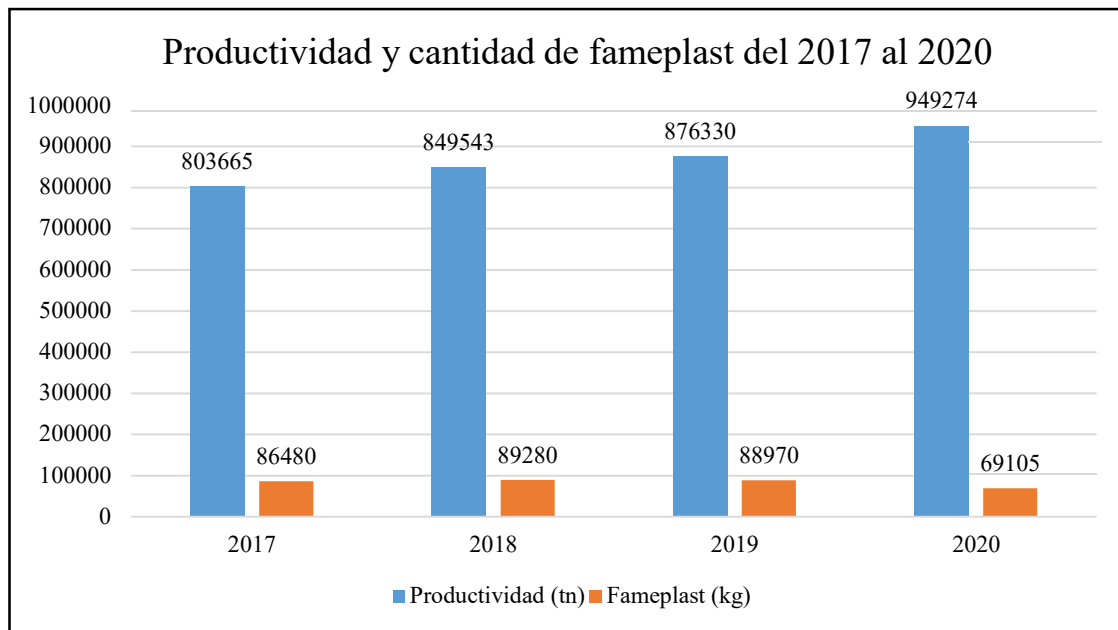
En el presente cuadro se muestra la productividad del año 2017 al 2020 y la cantidadde fameplast del año 2017 al 2020.

Tabla 14. Productividad y cantidad de fameplast anual 2017 al 2020

Año	Productividad (tn)	Fameplast (kg)
2017	803665	86480
2018	849543	89280
2019	876330	88970
2020	949274	69105

Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Figura 60. Productividad y cantidad de fameplast del año 2017 al 2020



Fuente: Elaboración propia – ALPAYANA S.A.

Según los datos observe:

- En el año 2020 a comparación del año 2017 se tiene un incremento de 145609 toneladas indicando un 15.34% aumento en la productividad y una diferencia de 17375 kilogramos de fameplast indicando un 25.14% de disminución del uso de fameplast para la voladura secundaria.
- En el año 2020 a comparación del año 2018 se tiene un incremento de 99731 toneladas indicando un 10.51% aumento en la productividad y una diferencia de 20175 kilogramos de fameplast indicando un 29.19% de disminución del uso de fameplast para la voladura secundaria.
- En el año 2020 a comparación del año 2019 se tiene un incremento de 72944 toneladas indicando un 7.68% aumento en la productividad y una diferencia de 19865 kilogramos de fameplast indicando un 28.75% de disminución del uso de fameplast para la voladura secundaria.

5.3. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos durante la investigación son muy favorables para la compañía minera Alpayana S.A. A continuación, se detallan:

- Mediante la aplicación de los controles de indicadores de voladura se ha logrado el aumento de la productividad y la disminución de bancos en los tajeos de producción.

- Mediante la implementación de la malla de perforación y voladura se ha logrado obtener una granulometría adecuada en cada voladura de taladros largos.
- En la fase de perforación y voladura de taladros largos, se mejoró los controles en esta operación que se siguen aplicando hasta la fecha.
- Aplicando el control en los indicadores de perforación y voladura presenta un menor consumo de fameplast a comparación de los años 2017, 2018 y 2019 con el año 2020.
- Se observa una mejora continua en el ciclo de las operaciones ya que no presenta problemas en las ventanas de producción con los bancos y aumenta el rendimiento por equipo simba.
- Los maestros disparadores están capacitados y están aptos de afrontar cualquier inconveniente con relación a los trabajos que desarrollan.
- Presenta mayor número de taladros perforados y disparados, con la implementación de un programa de perforación y voladura por guardia, días, semanas y mensual.
- La perforación y voladura de taladros largos se debe realizar con el nuevo diseño de malla implementado.

CONCLUSIONES

- En la compañía minera Alpayana S.A. se ha implementado nuevos mecanismos en el proceso de la perforación y voladura de taladro largos. Logrando resultados favorables para la empresa, tales como la optimización de la productividad con taladros largos y el aumento de la extracción del mineral roto de los tajeos de producción, en el año 2020 en comparación a los años pasados (2019, 2018 y 2017). Por lo tanto, la aplicación de estos controles son diarios hasta la fecha, lo cual permite saber con mayor detalle todos los estatus de la productividad diaria y la cantidad de mineral roto por guardia.
- Con el nuevo diseño de la nueva malla de perforación y voladura y en las mismas condiciones del macizo rocoso, se conoce los parámetros técnicos (diámetro de taladros, densidad de anfo, carga por metro, densidad de la roca), tipo de roca (RMR, GSI), con lo cual se realiza una representación gráfica del carguío de taladros largos para cada sección a disparar siguiendo una serie de procesos (longitud de taladro perforado, porcentaje a cargar del taladro, longitud de carga del taladro, longitud de taco del taladro, cantidad de anfo por taladro). Con ello, se obtiene la cantidad de anfo por sección a disparar, toneladas de mineral roto y el factor de potencia. En consecuencia, se ha mejorado la fragmentación de la voladura primaria lo cual permite la disminución de la dilución en los tajeos de producción. Y, por ende, el resultado de la voladura es muy favorable para la empresa, pues se ha mejorado los trabajos en las operaciones con menos horas muertas.
- Los indicadores de voladura son los parámetros técnicos como la dureza de la roca, consumo de explosivo, resultado de la voladura, cálculo del volumen roto y rendimiento de perforación y voladura, Con la implementación del control de estos indicadores de voladura se ha logrado la disminución del consumo de fameplast, en el año 2020, a comparación de los años pasados (2019, 2018 y 2017), se ha generado mayor volumen roto con una dilución adecuada. Con lo detallado y con las mismas condiciones geológicas y geomecánicas es que se determina la factibilidad de implementar el control de perforación y voladura en la zona de cuerpos en la compañía minera Alpayana S.A.

RECOMENDACIONES

- En coordinación con las diferentes áreas de mina para la optimización de la productividad de taladros largos en Alpayana S.A. se debe realizar los siguientes aspectos: en el área de geología, se realizará el reconocimiento del macizo rocoso, tipo de roca a trabajar y tipo de yacimiento a minar. En el área de planeamiento mina, se debe tener en cuenta la preparación y elaboración de labores mineras galería, cruceros, by pass, ventanas de carguío y profundización, elaboración del plan de avance y rotura del material, elaboración del plan de secuencia de perforación por equipo, elaboración del plan de secuencia de voladura por tajeo, elaboración del plan de jale de mineral roto por tajeo. En el área de topografía mina, es importante realizar el pintado de malla de perforación, levantamiento y verificación de desviamiento de los taladros perforados y levantamiento de los tajeos minados.
- Asimismo, en cuanto a las funciones a desempeñar por el personal de trabajo en mina, en este caso el supervisor de primera línea del área de taladros largos en la perforación, debe tener en cuenta los siguientes aspectos: verificación y estandarización de las áreas de perforación por cada equipo, control de tiempos de perforación de los taladros, control de mantenimiento de cada equipo simba, control del diámetro de brocas de perforación y verificación de la perforación de acuerdo a la malla de perforación. Adicionalmente, la capacitación continua de los operadores de simba y con todos estos aspectos aumentará los metros perforados por equipo.
- Por último, en la etapa de carguío y voladura de taladros largos, el supervisor de primera línea debe tener presente lo siguiente: verificación y estandarización de las áreas de carguío y voladura de taladros, verificación de taladros perforados de acuerdo a la malla de perforación, verificar el equipo jetanol estandarizado y en perfectas condiciones, uso de la nueva malla de perforación y voladura, seguimiento en el carguío y cantidad de explosivo a utilizar, verificación de la voladura y fragmentación del mineral roto, verificación y control de equipos con telemando en la extracción de mineral roto y control de tiempos. Asimismo, la capacitación continua de los maestros disparadores mejorará los resultados en la voladura, con todos estos aspectos logramos evitar la voladura secundaria y disminuir el consumo del fameplast.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ames Lara, V. A. (2008). *Diseño de Malla de Perforación y Voladura utilizando la Energía Producida por las Mezclas Explosivas*. Tesis Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Arana Sevallos, I. (2014). *Reducción de costos en aplicación de voladura controlada en Catalina Huanca Sociedad Minera*. Minería, LXI (447), 64 – 70.
- Celiz Caballero, H.L. (2016). *Reducción de la desviación de taladros largos implementando menores longitudes de perforación de taladros para bancos de productividad de 20 metros de altura en Sublevel Stopping con Simbas H1254, en el cuerpo Casapalca 4 en el nivel 11 -11A, Mina Casapalca-Unidad Americana*. Tesis, Universidad Nacional de Trujillo.
- Cebrián Romo, B. (2007). *Técnicas de Voladuras para Control de Dilución en Minería Metálica*. XII Congreso Internacional de Energía y Recursos Minerales.
- Cruz Alvarez, A.Y. (2020). *Reducción de voladura secundaria mediante la optimización de estándares de perforación y voladura en taladros largos en alpayana S.A*. Tesis, Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Emilio López Jimeno (2003). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Minas.
- EXSA (2020). *Diseño de perforación y voladura de taladros largos*. Lima, Perú.
- Grupo Atlas. (1956). *Atlas Copco Production Drilling Rigs*. Belga.
- Jáuregui Aquino, O. A. (2009). *Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la Optimización de los Estándares de las Operaciones Unitarias de Perforación y Voladura*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Lima.
- Noa Quispe F. (2016): *Determinación de fragmentación de mineral en voladura de tajeos aplicando la teoría de Conminución en la Unidad Minera Untuca- Puno Cori S.A.C.*”
- Ramirez, P. & Alejano, L. (2004). *En Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes*. España: Universidad Politécnica de Madrid.

Rijalba Palacios, F. (2016). *Tratado de Ingeniería de Explosivos, Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid: Garceta Grupo Editorial.

Villalta R (2018). *Aplicación del método de minado por taladros largos en veta Virginia de la unidad San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A.* Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.