

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Mejoramiento y control del ciclo de perforación y  
voladura, para incrementar la producción del método  
de minado con taladros largos, Unidad Minera  
Americana**

Rafael Cirilo Cosme Fuster  
Joel Amidey De La Cruz Rixe

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **ASESOR**

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso

## **AGRADECIMIENTO**

A la universidad Continental, por formarnos en sus aulas.

A los docentes de la EAP de Ingeniería de Minas, por transmitirnos sus amplios conocimientos, para nuestra formación profesional.

## DEDICATORIA

Yo, Rafael, dedico esta tesis principalmente a Dios por haberme guiado, brindándome la sabiduría y fortaleza.

A mi amada esposa con todo mi amor y gratitud, porque ha contribuido incondicionalmente, con mucho sacrificio y esfuerzo, a la culminación de mis estudios.

A toda mi familia, quienes me alentaron continuamente para el logro de mis objetivos.

Yo, Joel, dedico esta tesis. a mis padres, esposa e hija, por haberme apoyado en todos los momentos que los necesité, por sus consejos que me ayudaron a seguir adelante cuando me debilitaba en este proceso y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	I
ASESOR.....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	16
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	16
1.1.1 Planteamiento del problema .....	16
1.1.2 Formulación del problema .....	17
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo general .....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Justificación e importancia .....	17
1.4 Hipótesis.....	18
1.4.1 Hipótesis general.....	18
1.4.2 Hipótesis específicas .....	18
1.5 Identificación de variables.....	19
1.5.1 Variable independiente .....	19
1.5.2 Variable dependiente.....	19
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables .....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes del problema .....	20
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	20
2.2 Generalidades de la unidad minera Americana .....	24
2.2.1 Ubicación y accesibilidad.....	24
2.2.2 Accesibilidad.....	25

2.3 Geología regional .....	26
2.3.1. Estratigrafía .....	26
2.3.2. Intrusivos .....	28
2.4 Geología local.....	28
2.5 Geología económica .....	29
2.6 Mineralogía.....	30
2.7 Bases teóricas .....	32
2.3.1 Métodos de explotación en la unidad minera Americana .....	32
2.3.2 Taladros largos (bench and fill).....	32
2.3.3 Aspecto geomecánico para el método de explotación, <i>bench and fill</i> .....	37
2.3.4 Control de perforación para la disminución de bancos y vibraciones .....	38
CAPÍTULO III ÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO.....	42
3.1 Método y alcances de la investigación.....	42
3.1.1 Métodos de la investigación.....	42
3.1.2 Alcances de la investigación.....	42
3.2 Diseño de la investigación .....	43
3.3 Población y muestra .....	43
3.3.1 Población.....	43
3.3.2 Muestra .....	43
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos .....	43
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos .....	44
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura para incrementar la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana .....	45
4.1.1 Mejoramiento y control de los tiempos improductivos del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana .....	45
4.2. Determinar el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura para reducir costos de operativos del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana.....	68
4.2.1 Análisis del costo total de la situación actual .....	70
4.2.2 Análisis del costo total de la situación óptima .....	71

4.2.3 Optimización del costo total de la situación óptima.....	73
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES .....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77
ANEXOS .....	79



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....	19
Tabla 2. Coordenadas UTM .....	24
Tabla 3. Accesibilidad de la unidad minera Americana .....	25
Tabla 4. Parámetros y factores de perforación del equipo simba S7D en relación con el tipo de roca .....	46
Tabla 5. Actividades de los tiempos improductivos de la situación actual de la unidad minera Americana.....	47
Tabla 6. Actividades de los tiempos improductivos de la situación óptima de la unidad minera Americana.....	50
Tabla 7. Características del tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza ....	52
Tabla 8. Parámetros de cálculo del burden máximo (B, máx.) .....	53
Tabla 9. Medición del tiempo de perforación – taladros largos (simba N 1).....	57
Tabla 10. Medición del tiempo de perforación – taladros largos (simba N 2).....	58
Tabla 11. Medición del tiempo de perforación – taladros largos (simba N 3).....	59
Tabla 12. Medición del tiempo de perforación – taladros largos (simba N 4).....	60
Tabla 13. Resumen de medición del tiempo de perforación – taladros largos (equipos simba).....	61
Tabla 14. Cálculo del volumen de producción .....	68
Tabla 15. Cálculo del número de taladros del tajeo.....	69
Tabla 16. Rendimiento de los aceros del campo operacional.....	69
Tabla 17. Costo total de perforación y voladura del tajeo - situación actual.....	70
Tabla 18. Costo total de perforación y voladura del tajeo - situación óptima. ....	72
Tabla 19. Optimización del costo total de la situación optima.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la unidad minera Americana .....	25
Figura 2. Columna estratigráfica de la unidad minera Americana .....	27
Figura 3. Perforación de avance de la galería con sostenimiento shotcrete y pernos .....	33
Figura 4. Avance de subnivel (SN+1), con sostenimiento shotcrete y pernos .....	34
Figura 5. Perforación de slot (equipo Raptor MINI) .....	34
Figura 6. Avance de subnivel (SN+1) y perforación de taladros largos .....	35
Figura 7. Voladura de slot (cara libre) .....	35
Figura 8. Voladura y limpieza de taladros largos (15 m).....	36
Figura 9. Relleno del slot y los primeros (15 m) .....	36
Figura 10. Voladura, limpieza y relleno los siguientes bancos.....	37
Figura 11. Relleno del tajeo .....	37
Figura 12. Tiempos improductivos de la situación actual operacionales y simba S7D - unidad minera Americana.....	48
Figura 13. Tiempos improductivos de la situación óptima operacionales y smba S7D - unidad minera Americana .....	51
Figura N. 14. Diseño de malla de perforación y voladura del tajeo 012 de la Zona baja del nivel 12A, veta Esperanza, .....	55
Figura 15. Diseño de la columna de carguío de los taladros de producción en negativo - tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza .....	63
Figura 16. Diseño de perforación y voladura de los taladros de produccion del tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza .....	64
Figura 17. Diseño del tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza .....	65

## RESUMEN

La unidad minera Americana viene realizando el método de minado por taladros largos para la extracción de mineral del tajeo de la zona baja del nivel 12A, veta Esperanza que tiene una longitud del tajeo de 150 metros. El ancho de minado es de 1.5 metros, la altura de banqueo es de 15 metros al igual la longitud de taladro, la dilución del 10 % y la recuperación del 90 %, el cálculo del volumen de producción es de 7,290.00 toneladas. Para la extracción de todo el block los metros perforación de los taladros de producción son de 5033 metros y el número total de los taladros de producción para todo el tajeo es de 336 taladros perforados.

Las actividades que generan más tiempos improductivos son los siguientes: la falla mecánica, el traslado de equipo de labor a labor, la instalación de equipo y preparación de la labor, la charla de capacitación en interior mina, el traslado de equipo de taller a labor, el traslado de equipo a taller, la falla eléctrica del equipo, parada por falta de instalación eléctrica en la labor y el chequeo de máquina (pre uso), en promedio mensual estas actividades generan una demora operativa de 97.86 horas en total.

En la mejora de los tiempos improductivos de las actividades mostradas se obtuvo en promedio mensual: 87.34 horas en total, lográndose reducir así el tiempo improductivo en 10.52 horas perdidas en promedio mensual, los cuales son aprovechados en los trabajos operativos de perforación y voladura.

Para la situación actual, el costo total de perforación y voladura es de 19.81 \$/t. El costo total de perforación y voladura es de 117,406.21 \$. Este costo incluye utilidad de costos directos en 10 % y gastos administrativos en 13 %, ambos respecto al costo total de perforación y voladura para todo el tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza.

Para la situación óptima, el costo total de perforación y voladura es de 17.74 \$/t. El costo total de perforación y voladura es de 105,139.17 \$. La

optimización del costo total al realizar la extracción de mineral del tajeo de la zona baja del nivel 12A, veta Esperanza, se mejoró de acuerdo con la situación óptima obteniéndose una reducción de 12,267 \$/guardia y 2.07 \$/toneladas.

**Palabras clave:** Mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura.

## ABSTRACT

The American Mining Unit has been using the long-hole mining method for the extraction of ore from the pit of the lower zone of level 12A, Esperanza vein, in which the length of the pit is 150 meters, the mining width is 1.5 meters, the stoping height is 15 meters and the length of the drill, dilution of 10% and recovery of 90%. 5 meters, the bench height is 15 meters as well as the length of the drill hole, the dilution of 10% and the recovery of 90%, calculating the volume of production is 7,290.00 tons, for the extraction of the entire block, the drilling meters of the production drill holes is 5033 meters and the total number of production drill holes for the entire pit is 336 drilled holes.

The activities that generate the most unproductive time are the following: mechanical failure on average, moving equipment from job to job, equipment installation and preparation of the job, training talk inside the mine, moving equipment from workshop to job, moving equipment to workshop, electrical failure of equipment, shutdown due to lack of electrical installation in the job and machine check (pre-use), on average monthly these activities generate an operating delay of 97.86 hours in total.

The improvement of the unproductive time of the activities shown was obtained in a monthly average of 87.34 hours in total, thus reducing the unproductive time in 10.52 hours lost in a monthly average, which are used in the drilling and blasting operative works.

For the current situation, the total cost of drilling and blasting is 19.81 US\$/ton. The total cost of drilling and blasting is 117,406.21 US\$ this cost includes direct costs profit at 10% and administrative expenses at 13% both with respect to the total cost of drilling and blasting for the entire lower zone pit of level 12A, Esperanza vein.

For the optimal situation, the total cost of drilling and blasting is 17.74 US\$/t. The total cost of drilling and blasting is 105,139.17 US\$. The optimization of the

total cost when extracting ore from the pit of the lower zone of level 12A, Esperanza vein, was improved according to the optimum situation obtaining a reduction of 12,267 US\$/guard and 2.07 US\$/t.

**Key words:** Drill and blast cycle improvement and control.

## INTRODUCCIÓN

La unidad minera Americana viene realizando el método de minado por taladros largos para la extracción de mineral del tajeo de la zona baja del nivel 12A, veta Esperanza. El estudio de tiempos en minería es uno de los parámetros más importantes de mejorar y optimizar porque es directamente proporcional a la productividad; por ende, a la producción diaria. La clasificación de tiempos de forma general para los equipos *trackles* entre los niveles mencionados que diariamente se observan antes, durante y después del transcurso de la guardia, tiene como premisa las horas trabajadas con sobretiempo de cuatro horas diarias. Esto lleva a realizar una mejora en el ciclo promedio, tiempo, velocidad y la longitud de perforación y el avance de la sección y desviación de los taladros largos y reducir los tiros cortados determinando la adecuada cantidad de explosivos y accesorios usados en la carga de taladros

Las actividades que generan más tiempos improductivos son los siguientes: la falla mecánica, el traslado de equipo de labor a labor, la Instalación de equipo y preparación de la labor, la charla de capacitación en interior mina, el traslado de equipo de taller a labor, el traslado de equipo a taller, la falla eléctrica del equipo, parada por falta de instalación eléctrica en la labor y el chequeo de máquina (pre uso). En promedio mensual, estas actividades generan una demora operativa de 97.86 horas en total.

En la mejora de los tiempos improductivos de las actividades mostradas se obtuvo en promedio mensual: 87.34 horas en total, lográndose reducir así el tiempo improductivo en 10.52 horas perdidas en promedio mensual, los cuales son aprovechados en los trabajos operativos de perforación y voladura.

Para la situación actual, el costo total de perforación y voladura es de 19.81 \$/t. El costo total de perforación y voladura es de 117,406.21 \$. Este costo incluye utilidad de costos directos en 10 % y gastos administrativos en 13 %, ambos respecto al costo total de perforación y voladura para todo el tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza.

Para la situación óptima, el costo total de perforación y voladura es de 17.74 \$/t. El costo total de perforación y voladura es de 105,139.17 \$. La optimización del costo total al realizar la extracción de mineral del tajeo de la zona baja del nivel 12A, veta Esperanza, se mejoró de acuerdo con la situación óptima obteniéndose una reducción de 12,267 \$/guardia y 2.07 \$/toneladas.



# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

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

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

Toda empresa minera, a nivel universal, tiene como objetivo principal disminuir el tiempo de la realización de las labores de avance como desarrollo a fin de ir incrementando el avance lineal, pero de manera técnica, evaluando mejoras en la perforación o en la voladura que se rigen por factores controlables. Puede darse el caso de que se realice una buena perforación, pero a realizar la voladura se tiene problemas en factores como la mala elección del explosivo que repercute en la disminución del avance lineal de los frentes de avance.

En la actualidad del Perú, se viene realizando los trabajos de perforación y voladura sin un criterio técnico, no se considera, que la roca, según se profundiza es cambiante y por ende se debe de realizar un ajuste del explosivo a utilizar para evitar sobre perforación que llevará a realizar trabajos secundarios que limitaran en tiempo y pérdidas en el incremento del costo de minado y un menor avance lineal. Hoy en día se realiza seguimiento y evaluación a la voladura como en la perforación tanto en los trabajos de tajos y frentes.

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo influye el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura para incrementar la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo influye el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura para disminuir los tiempos improductivos del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana?
- ¿Cómo influye el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura para reducir costos de operativos del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura, para incrementar la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura, para disminuir los tiempos improductivos del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana.
- Determinar el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura para reducir costos de operativos del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana.

## **1.3 Justificación e importancia**

La unidad minera Americana viene teniendo deficiencias en la perforación y voladura en el método de minado taladros largos, desde el ingreso del personal a laborar.

Las demoras operativas en la perforación son:

- La demora operativa de un jumbo frontonero, mayormente es el excesivo traslado, ya que las labores están lejos o las labores cercanas falta preparar.
- Las demoras en perforación son debido al tipo de roca, presencia de fracturas, condiciones mecánicas del equipo, presión de agua y energía eléctrica.
- Las condiciones en las que se encuentran las brocas generan también demoras, debido a que una broca en buen estado perfora más rápido que una broca gastada y mal afilada.
- La presencia de tiros cortados en los frentes genera demora en la perforación, debido a que estas deben ser eliminadas antes de iniciar la perforación.
- La presencia de carga en los frentes, son uno de los principales obstáculos en la perforación, debido a que estas duran generalmente entre 1 a 1.5 horas para ser limpiadas.

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis general**

El mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura influye positivamente para incrementar la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- El mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura influye positivamente para disminuir los tiempos improductivos del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana.
- El mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura influye positivamente para reducir los costos operativos del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana.

## 1.5 Identificación de variables

### 1.5.1 Variable independiente

Mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura

### 1.5.2 Variable dependiente

Incrementar de la producción del método de minado con taladros largos.

### 1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables**

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I.: Mejoramiento y control del ciclo de la perforación y voladura	Es la optimización por medio de controles operativos desde el ingreso del personal hasta la salida del personal de la unidad minera, en temas operativos es el control de parámetros y factores de perforación y voladura controlando tiempos del equipo de perforación y reduciendo deficiencias.	Evaluación de los tiempos improductivos.  Análisis del costo operativo del método de minado con taladros largos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación geomecánica de Bieniawsky.</li> <li>• RMR.</li> <li>• Costo de mano de obra.</li> <li>• Costo de aceros de perforación.</li> <li>• Costos de equipo.</li> <li>• Costo de Herramientas y equipos de protección personal.</li> </ul>
V.D.: Incrementar la producción del método de minado con taladros largos.	Es el mejoramiento de la producción en el método de minado por taladros largos esto implica, mejorar los parámetros y factores de perforación y voladura a fin de reducir toda deficiencia que hace difícil cumplir la programación del tonelaje a extraer. Los controles en operaciones y la mejora de los parámetros y factores de perforación nos ayudaran a mejorar la perforación y voladura respectivamente.	Evaluación del equipo de perforación  Evaluación de la producción del método de minado con taladros largos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaciamiento (m)</li> <li>• Número de taladros</li> <li>• Longitud de avance (m).</li> <li>• Barden (m)</li> <li>• Factor de carga</li> <li>• Numero de explosivos</li> <li>• Cantidad de accesorios de voladura</li> <li>• Tonelaje programado (t)</li> <li>• Tonelaje ejecutado (t)</li> <li>• Costo por toneladas (\$/t)</li> </ul>

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del problema

##### 2.1.1 Antecedentes nacionales

a) Tesis titulada: "*Modelo matemático de Langefors para optimizar el diseño de mallas de perforación y voladura de taladros largos – unidad Yauliyacu*". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar en qué medida el modelo matemático de Langefors permite optimizar el diseño de mallas de perforación y voladura de taladros largos en la unidad Yauliyacu (1).

Además, la metodología tiene las siguientes características (1):

- ✓ La implementación de un modelo matemático, tal como el modelo de Borj Langefors, optimiza significativamente el diseño de mallas de perforación y voladura en la Mina Yauliyacu y permite realizar análisis de sensibilidad con un programa (1).
- ✓ El modelo matemático de Langefors considera parámetros como el factor de fijación y el factor de inclinación que son importantes por la naturaleza, forma y tamaño del yacimiento, así como la geomecánica del macizo rocoso (1).
- ✓ Después de la aplicación del modelo de Langefors el factor de potencia igual 0.35 kg/TM y el factor de energía igual a 1.32 MJ/TM son menores en vez de lo que

ocurría ante cuando los valores eran de 0.62 kg/TM, y el factor de energía igual a 2.34 MJ/TM (1).

- b) Tesis titulada: “*Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal*”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para evaluar el diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación *sublevel stoping* en Marcapunta Sur-El Brocal (2).

Además, la metodología tiene las siguientes características: (2)

- ✓ En la semana se concluyó satisfactoriamente con la perforación paralela y en abanico en metros perforados de 4,225 m con brocas de 64 mm y 4585 m con brocas de 89 mm con una diferencia de 360 m a un 90 % y la segunda semana cumpliendo en 8 795.16 m (tajo completo) en un 239 % más del 100 %. Esto se debe a la continuidad del equipo de seguimiento y mantenimiento correctivo para el equipo Simba y dando todas las condiciones óptimas a la labor, llegando así un performance (2).
- ✓ La comparación en la perforación con la broca de 89 mm y de 64 mm para taladros de perforación en abanico, VCR + SLOT Paralelo-Nv .4172, en negativo, Asimismo, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 77.24 metros perforados, como total se tiene 539 metros perforados en términos económicos se tiene una optimización de costos por metro perforado tenemos 646.8 \$/mp (2).
- ✓ La comparación en la perforación con la broca de 89 mm y de 64 mm para taladros de perforación en abanico, VCR + SLOT Paralelo- Nv.4152 en positivo, Además, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 100.27 metros perforados, como total se tiene 700.27 metros perforados en términos económicos se tiene una Optimización de costos por metro perforado tenemos 840.32 \$/mp (2).

c) Tesis titulada: “*Optimización de los estándares en perforación y voladura de taladros largos, para el incremento de la productividad y la reducción de los costos de operación en la cía. Minera Ares S.A.C U. O. Inmaculada*”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para optimizar los estándares en perforación y voladura de taladros largos para el incremento de la productividad y la reducción de los costos de operación en la Unidad Operativa Inmaculada (3).

Además, la metodología tiene las siguientes características (3):

- ✓ Se ha incrementado la productividad con: a) diseño adecuado de las mallas de perforación y voladura de acuerdo a las geometrías de la estructura y potencias de oré, evitando así la perforación de taladros adicionales por la mala distribución y desviación de los mismos, además que se tiene mejor control de las cajas teniendo una mejor secuencia de salida con una voladura controlada disminuyendo la dilución de 25% a valores menores a 18%; b) producto del afilado de brocas retractiles, el rendimiento de los aceros ha aumentado en un 12% para ambas columna de perforación (T38 y T45); c) con el monitoreo y análisis de las vibraciones para la voladura de slot y zanjas se ha logrado determinar que si es factible realizar la voladura antes mencionada en una sola fase dado que las constantes de atenuación están por debajo de 580 y que la VPP calculado fue de 2,755 mm/s, valor que fractura la estructura y que no representa riesgo para las cajas, ganándose así una guardia en voladura y evitándose perforar taladros de repaso y corrección (3).
- ✓ La optimización de los estándares en perforación y voladura, se ha logrado reducir los costos directos de operación en 0.83 \$/t para potencias menores o iguales a 2.1m, 0.69 \$/t para potencias de 2.2m a 4.1m, 0.69 \$/t para potencias de 4.2 m a 6.0m, 0.75 \$/t para potencias de 6.1m a 7.9m, 0.58 \$/ton para potencia de 8.0m a 10.0m y 0.38 \$/t para potencias de ore mayores a 10m (3).

d) Tesis titulada: “*Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.*”. El objetivo del estudio

es aportar una metodología experimental apropiada para Demostrar que la malla de perforación y voladura mejora la fragmentación en el tajeo de producción 6662 (4).

Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- ✓ La implementación del modelo matemático de Langefors juntamente con el análisis y cálculo de la carga operante por metro lineal  $Q = 1.56 \text{ kg/m}$  aplicada en nuestra malla de perforación mejora considerablemente la fragmentación (P80) de la voladura (4).
  - ✓ Se logró mejorar el diseño de malla de perforación, ya que los resultados del cuadro comparativo obtenidos después de la aplicación del modelo matemático de Langefors son favorables considerando que el factor de potencia tenía una variación entre  $0.23 \text{ kg/tm}$  a  $0.99 \text{ kg/tm}$ . Ahora el factor de potencia es de  $0.50 \text{ kg/tm}$  con una variación mínima (4).
  - ✓ Respecto a nuestra fragmentación se realizó en análisis granulométrico con el uso del programa WipFrag, obteniendo la curva acumulativa que indica el 80% del material pasante por el tamiz promedio  $7.95 \text{ pulg.}$ , equivalente a  $(20.19 \text{ cm})$  el cual es óptimo para el desarrollo de las operaciones (4).
  - ✓ En el tajeo 6662 se realizó el análisis granulométrico con porcentaje pasante  $p80 = 7.95 \text{ pulg.}$  promedio  $(20.19 \text{ cm})$ . Lo cual, se analiza de una voladura de 12 taladros disparados correspondiente a 6 filas, el burden =  $0.87 \text{ m.}$  y el espaciamiento =  $0.94 \text{ m}$  (4).
- e) Tesis titulada: "*Aplicación del método de explotación taladros largos en vetas angostas sin By Pass - Veta Ramal Alianza de Minera Argentum*". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para mejorar la producción mediante la aplicación del método de explotación sublevel stoping con taladros largos en vetas angostas – veta Ramal Alianza de minera Argentum (5).

Además, la metodología tiene las siguientes características:



- ✓ La aplicación del método de minado *sublevel stoping* con taladros largos en la veta Ramal Alianza permitió el incremento de la producción de 580,479 toneladas producidas durante el periodo 2012 a 743,680 toneladas producidas en el periodo 2019, así mismo con un mayor incremento del cash cost de \$24.97 a \$44.33 durante el mismo periodo, mejorando la rentabilidad de la operación (5).
- ✓ Otro de los aspectos importantes de la aplicación del método de minado Sublevel Stopping es la reducción de costos de operación por el mayor tonelaje producido desde 112.42 \$/t en el periodo 2012 a 78.48 \$/t en el periodo 2019. Esta reducción de costos tuvo una incidencia directa en la reducción de costos de mina de 61.41 \$/t a 39.54 \$/t en el mismo periodo (5).
- ✓ La veta Alianza y Ramal Alianza se encuentra emplazada en rocas volcánicas de composición andesítica, pertenecientes al grupo Mitu, miembro Santa Catalina. Tiene una orientación predominante de N45°E/60°-80°SE, con anchos de 1.5 a 2.5 m. (5)

## 2.2 Generalidades de la unidad minera Americana

### 2.2.1 Ubicación y accesibilidad

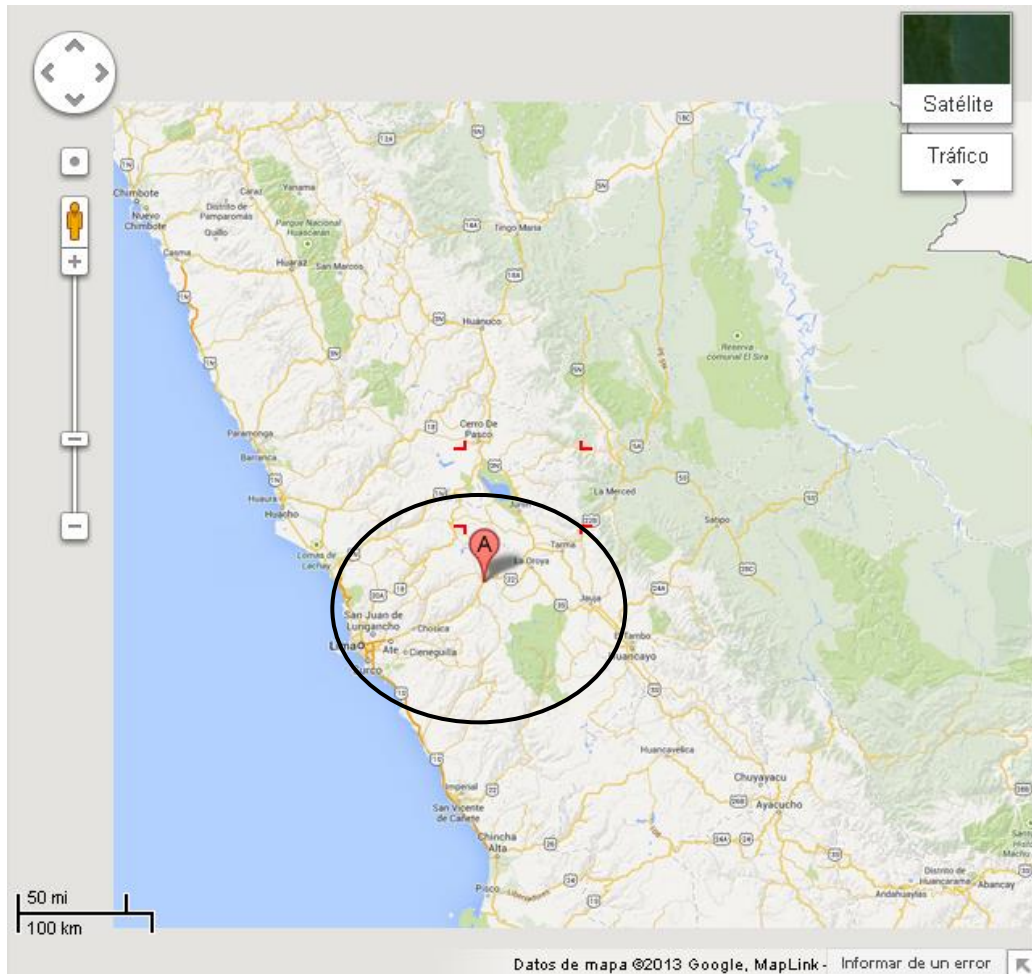
La unidad minera Americana está políticamente ubicada dentro del distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Geográficamente está localizada en la zona central, flanco occidental de la cordillera de los Andes; entre las coordenadas 11° 30' de latitud sur y 76° 10' de longitud oeste, a una altura de aproximadamente 4.250 metros sobre el nivel del mar (6).

En la carta nacional se ubica en el cuadrángulo 24-k (Matucana). Sus coordenadas geográficas UTM son:

**Tabla 2. Coordenadas UTM**

Coordenadas UTM	
NORTE	ESTE
8707691.552	369405.232

En la siguiente figura se muestra la ubicación de la unidad minera Americana.



**Figura 1. Ubicación de la unidad minera Americana**  
 Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera Americana

### 2.2.2 Accesibilidad

La unidad minera Americana cuenta con dos vías de acceso que permiten llegar al campamento minero, estos son:

**Tabla 3. Accesibilidad de la unidad minera Americana**

Ruta	Distancia (km)	Carretera	Tiempo aproximado
Lima - Unidad minera Americana	124	Carretera asfaltada.	4.1 horas.
Total	124		4.1 horas

## **2.3 Geología regional**

La disposición estratigráfica de la zona comprende rocas sedimentarias y volcánicas intercaladas, cuyas edades van desde el Cretácico Superior hasta el Cuaternario. El diseño de la región cuyos ejes se disponen alineados con el porte general de los Andes (6).

La construcción principal: el "Anticlinal de americana" comprende una superposición razonablemente abierta en la pieza central de la región, que se cierra hacia el norte, hasta construir una falla inversa con hundimiento hacia el este. En el interior de las agrupaciones sedimentarias y extrusivas se rastrean pequeños conjuntos de estructura moderada; muestran una creación sintética comparativa variando apenas en su carácter textural. (7)

### **2.3.1. Estratigrafía**

La columna estratigráfica de la región está principalmente conformada por: areniscas, lutitas calcáreas, calizas, capas rojas, brechas, flujos y rocas volcánicas afaníticas y porfiríticas, tufos y lavas, los cuales alcanzan una potencia aproximada de 5,400 metros (6).

Las siguientes unidades estratigráficas han sido reconocidas en el distrito de la minera americana.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	COLUMNA	LITOLOGIA	YACIMIENTOS	
CENOZOICO	Cuaternario	Reciente Pleistoceno		Q	Depositos aluviales, coluviales, fluvio-glaciares y glaciares		
		Medio	Formación Río Blanco		Talca, lapilli de color rojo, intercalados con brechas tabulares, bloques riolíticos, algunas capas de caliza en la base. +500 m.	Veta Asencio, Veta Rey.	
	Terciario	inferior		Formación Bellavista		Capas delgadas de caliza de color gris, algunas intercalaciones de caliza gris oscura con máculas de sílice, lutita y yeso. 200 - 300 m.	Veta Asencio, Veta Junta, Veta Victoria, Vetas Lillococha, Veta Rey
				Miembro Yanduyacu		Talca silíceas 100 - 400 m.	
				Miembro Carlos Francisco		Flaca andesítica masiva y brechas volcánicas de lava porfírica, generalmente color gris oscuro a verde. 500 - 1.500 m.	Vetas: Olaya, Olaya Pico, Kimora, Kimora Pico, Mariana, Maricón, San Antonio, Reynolds, Rey, Jaénita, Carolina, Americana, Escudilla
				Miembro Tabochecha		Talca y brechas volcánicas, aglomerados, conglomerados y roca porfírica silíceas. 100 - 400 m.	
				Miembro El Carmen		Conglomerados y capas de caliza intercalados con arenosa y yeso. 100 - 300 m.	Cuerpos: Soprate, Viván, Patos, Parí, Camón, Comancita, Escudilla, Olaya Veta, Kimora y Mariana.
				Miembro Capas Rojas		Arenosas y lutitas calcáreas color roja + 2.000 m.	Cuerpos: Veta, Anta, Mory O, Sola, Serepa, Enlla, Enlla Norte, Viuda, Esperanza, Esperanza Norte, Esperanza Diamante, Esperanza Pico, Esperanza Tacho, Casapalca, Alta, Esperanza Pico, Conjero Ma. Chasi, Chira 2da, Chira Dominado, Potos, Rico, Riquiza
	MESOZOICO	Cretácico	Superior				Vetas: Esperanza, Esperanza Pico, Esperanza Pico 2, Chira, Veta, Veta, Veta, Escudilla, O, OI, O

**Figura 2. Columna estratigráfica de la unidad minera Americana**  
**Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera Americana**

### 2.3.2. Intrusivos

En la región afloran unos pocos cuerpos de *nosy* que son de síntesis media, sintéticamente comparables, con alto contenido en sodio; a pesar de que cambian de superficie y de modificación (6).

- **Pórfido de Taruca:** afloran en las cercanías diques y stocks que invaden los extrusivos. La americana, al SE de la zona. Uno de los stocks, de forma prolongada con rumbo norte-sur, aflora en el cerro Taruca. Estos diques y stocks son porfíricos, ligados a gemas de feldespato (oligoclasa-albita), hornblenda y poco cuarzo recordado para una retícula afanítica. Estas piedras pueden denominarse andesitas porfíricas (6).
- **Presas de diabasa:** diques de diabasa oscuros y de grano fino que afloran en las capas rojas al SO de la zona. Estos diques varían en anchura desde un par de centímetros hasta 20 metros (6).
- **Pórfido Victoria:** un cuerpo de color claro y oscuro aflora en el trozo norte de la zona, el afloramiento tiene una anchura aproximada de 300 metros. (7) La piedra se compone de fenocristales de albita y poco cuarzo en un fino entramado de sericita (6).

### 2.4 Geología local

- **Tipo Carlos Francisco:** cuarzo y calcita subordinada, como ganga, pirita, esfalerita, galena y tetraedrita como, mena. Vetas formadas por relleno de fisuras (H, L, M, N, O, P) (6).
- **Tipo Carmen – Aguas calientes:** carbonatos y cuarzo, como ganga. esfalerita, galena y tetraedrita (pirita). Mineralización gradacional al tipo 1. Vetas formadas por relleno de fallas (6).
- **Tipo Corina:** poca ganga, esfalerita y jamesonita (No determinada).

- **Tipo Americana:** carbonatos clivables como ganga. Tetraedrita, esfalerita con poca galena y pirita. Al este de la mina principal (mina Oroya) (6).
- **Tipo Yauliyacu:** en las formaciones Yauliyacu, Bellavista y río Blanco a 4 kilómetros al sur de la mina principal (6).
- **Tipo Chisay:** los minerales de mena son: calcopirita bornita y tetraedrita en vetas, vetillas y diseminaciones; junto a las que se halla localizada la malaquita. Los principales minerales de ganga son calcita, dolomita, rodocrosita y barita, que se presentan en pequeñas cantidades. Las rocas encajonantes son los volcánicos porfiríticos "Carlos Francisco" ampliamente distribuidos (3 a 4 kilómetros) en el distrito americana (6).

## 2.5 Geología económica

### 2.5.1. Yacimiento

La mina Americana tiene un almacén polimetálico de tipo "cordillerano" con minerales de plata, plomo, zinc y cobre, cuya mineralogía cambia según el calado vertical y plano, debido al carácter mesotérmico de las vetas, éstas tendrán una extraordinaria expansión vertical que alcanzaría por debajo de los 3900 m s. n. m (6).

En las rocas sedimentarias existen grupos mineralizados de forma extremadamente esporádica, resultado de la sustitución de la red calcárea por arreglos acuosos. Con presencia de ajuste propilítico y silicificación excepcionalmente leve a ordinaria (6).

En el espacio de la concesión minera de Casapalca existen unos afloramientos que van desde francas grietas cargadas de carbonato (calcita), hasta amplias vetas cargadas de carbonatos, cuarzo y sulfuros, siendo las principales unas vetas prácticamente iguales:

- Veta Esperanza-Mariana-Mercedes (6).
- Vena Oroya primaria con dos ramas: Rama Norte Oroya 1 o Vena Oroya Este (misma veta) y Rama Sur Vena Oroya-Americana-Prolongación Eloida (6).

- Vena Reynaldo (6).
- Veta Juanita con rama Victoria (6).
- Veta Escondida que se relaciona con una escisión de la veta Mariana (6).

### **2.5.2. Zona de cuerpos**

Se presentan los cuerpos Mery, Esperanza piso y techo, Cuerpos M's, Chiara y otros.

## **2.6 Mineralogía**

En la zona de vetas, la mina Casapalca es productora de plata (tetraedrita, freibergita), plomo (galena), zinc (esfalerita), y cantidades menores de cobre (calcopirita, bornita), que son los minerales metálicos más abundantes; los minerales de ganga están principalmente dirigidos por pirita, calcita, rodocrosita, rodonita y cuarzo (6).

En la zona de los cuerpos, la mina Casapalca es la productora fundamental de zinc (marmatita y esfalerita) y de forma menos significativa de plata, plomo y cobre; los minerales de ganga están abordados principalmente por pirita, calcita y cuarzo (6).

### **2.6.1. Vetas**

Dentro de la propiedad de la organización Casapalca hay cuatro diseños significativos unidos a otros diseños menores que podrían ser de importancia y necesitan investigaciones geográficas más detalladas para asociarlos y tener la opción de afirmar o descartar su importancia de los otros diseños menores (6).

Hasta la fecha cuatro son las vetas principales de la mina Casapalca, estas son: Esperanza-Mariana-Mercedes-Ximena; Oroya; Don Reynaldo y Juanita. Existen además piezas, círculos cimóticos de diferentes tipos, mantos, brechas y cuerpos de sustitución (6).

Las principales vetas son:

- **Esperanza-Mariana-Mercedes:** es un diseño solitario que tiene estos nombres por segmentos, la expansión reunida llega a los 3.000 m. Se junta con la veta 5 en el extremo este (6).
- **Sistema de vetas de La Oroya:** tiene un aumento de 1.300 m desde el extremo oeste hasta el punto de articulación (coordenada N 879650; E 368250) y son las que se acompañan:

Comprende el principal diseño mineralizado del arreglo de vetas de la zona de La Oroya, presenta una forma primaria excepcionalmente desplazada de E a W. Presenta hundimiento en rumbo NE a SW, visto en segmento longitudinal (E-W) el mineral monetario está más al W y más carbonatado al E, situado en rocas volcánicas de andesitas porfíricas y afaníticas conocidas como desarrollo Carlos Francisco del Terciario (6).

- **Veta Don Reynaldo:** es una construcción que llega aproximadamente a los 3.200 m, con un afloramiento caracterizado de 500 m en la zona suroeste y 150 m en la zona noreste en la zona de Antachacra, la mayor parte de la veta está cubierta por material morrénico-coluvial, de vez en cuando la rotura se restringe particularmente en las zonas de culminación alta al norte de los 5.000 m (6).
- **Vena Juanita:** en el extremo sur de la región minera de Casapalca se encuentra la veta Juanita con una expansión de 2.000 m, igualmente tiene una rama de 900 m de longitud conocida como veta Victoria. Hacia el oeste del B.M. del Nivel 4.500 la veta Juanita aflora en estructura irregular otros 450 m. hasta las direcciones N 8'705,400; E 374,300, posteriormente la veta Juanita en estructura libre llega a los 2.400 m (6).

### 2.6.2. Mantos

En la zona de La Oroya este existe un manto de 1,2 m de anchura que suplanta a los esquistos calcáreos y a las margas que se expanden un par de metros hacia el norte y hacia el sur individualmente desde la Veta 5 que sería el conductor a través



del cual se elevaron los arreglos. La ramificación de estos mantos contiene óxidos de manganeso, el contenido de manganeso está directamente relacionado con la sustancia de plata (6).

### **2.6.3. Recursos**

En la región de la mina americana, los activos pueden ser para empezar estimados y el acompañamiento puede ser progresado: los cuatro diseños significativos bajarán algo así como 2.000 m a 3.500 m s. n. m. ya que estas vetas afloran en la región de americana, ya que estas vetas afloran en estructura espasmódica con expansiones imprevisibles que se pueden resumir en un aumento completo de las cuatro vetas en 13 km, teniendo en cuenta una anchura típica de las vetas de 3 a 4 m (6).

Además, existen otros diseños menores que estructuran partes, por ejemplo, la veta Escondida, círculos sigmoides y colecciones esporádicas de sustituciones y mantos que pueden dar muchos asombros posteriormente (6).

Adicionalmente tenemos la presencia de surtidos de varios aspectos y grados que han expandido la creación ampliamente, ampliando en borde extraordinario la existencia útil de la mina, a esto se agregan los trabajos de investigación que se realizan continuamente (7).

## **2.7 Bases teóricas**

### **2.3.1 Métodos de explotación en la unidad minera Americana**

Los métodos de explotación que se aplican en la Unidad Minera Americana son:

- Sub level stopping (bench and fill)
- Over cut and fill (breasting)

### **2.3.2 Taladros largos (bench and fill)**

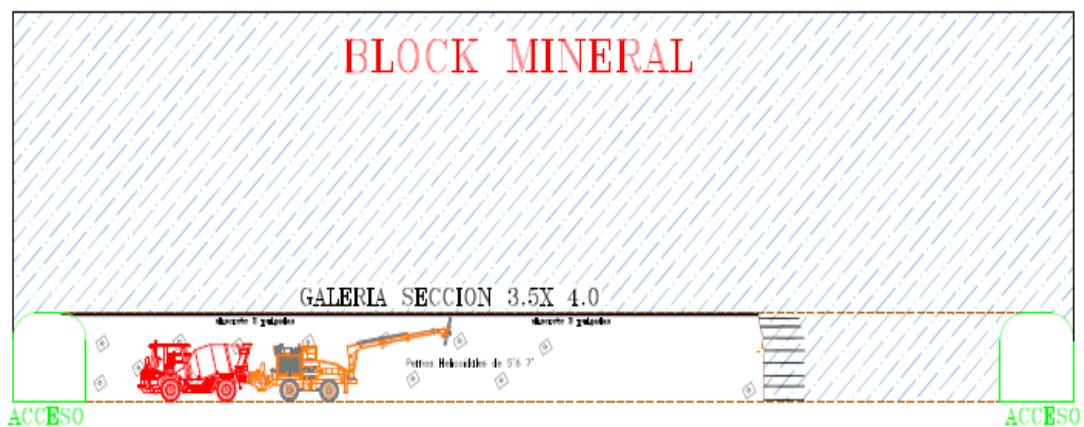
Consiste en explotación por hundimientos de subniveles mediante perforación de taladros largos, limpieza de mineral en retirada, seguido de relleno detrítico para la estabilización de las cajas y por último se extrae el mineral en los subniveles inferiores, que consiste en la explotación ascendente, seguida por relleno detrítico vertical, con infraestructura de extracción diseñada en forma paralela a la estructura

mineralizada y accesos perpendiculares a la estructura mineralizada manteniendo equidistancia entre accesos de 100 metros, la profundización se ejecuta mediante una rampa principal siempre orientada a la caja piso de la estructura (8).

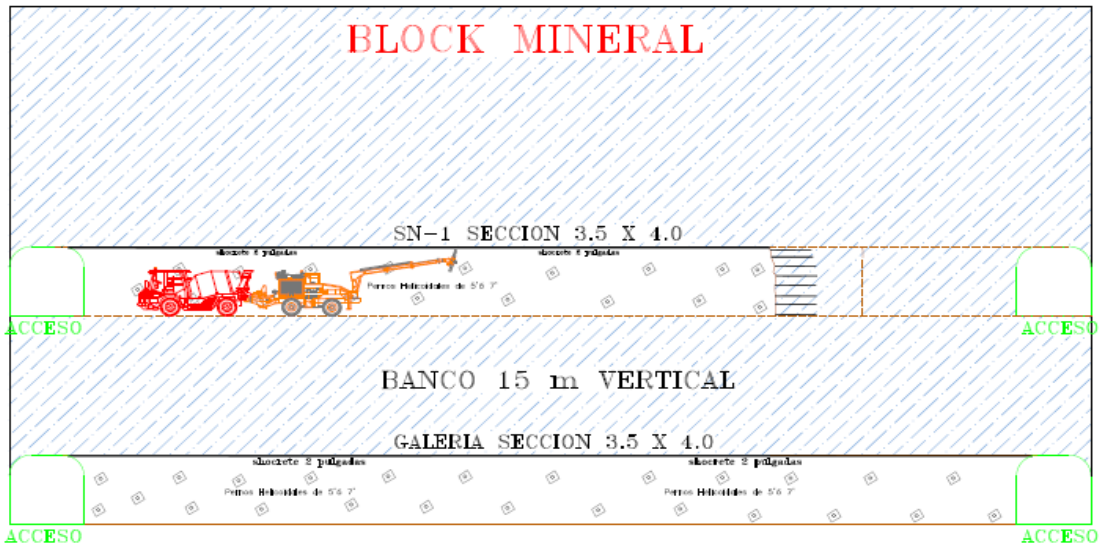
La secuencia de minado ha sido diseñado de manera longitudinal, seccionando la estructura en bloques de explotación de 100 metros de longitud y realizando una secuencia ascendente mediante 3 bancos de explotación de 15 metros de altura separados por 03 subniveles de perforación- extracción y 01 de nivel principal, con respecto a la extracción se realiza rotura en retirada seguido por relleno detrítico mecanizado con longitud máxima de abertura (LMA) hasta de 30 metros horizontalmente, esto es variable según la clasificación de roca (RMR) (8).

El diseño del corte básico de explotación se considera un block de mineral de 67.50 metros de altura con 03 subniveles intermedios de perforación y 01 nivel principal de extracción (sección: 3.50 m x 4.0 m y Pendiente: + 1%), se inicia la explotación en el banco N°01 desde el centro de la estructura, que se encuentra como reserva, en retirada en dirección E – W (8).

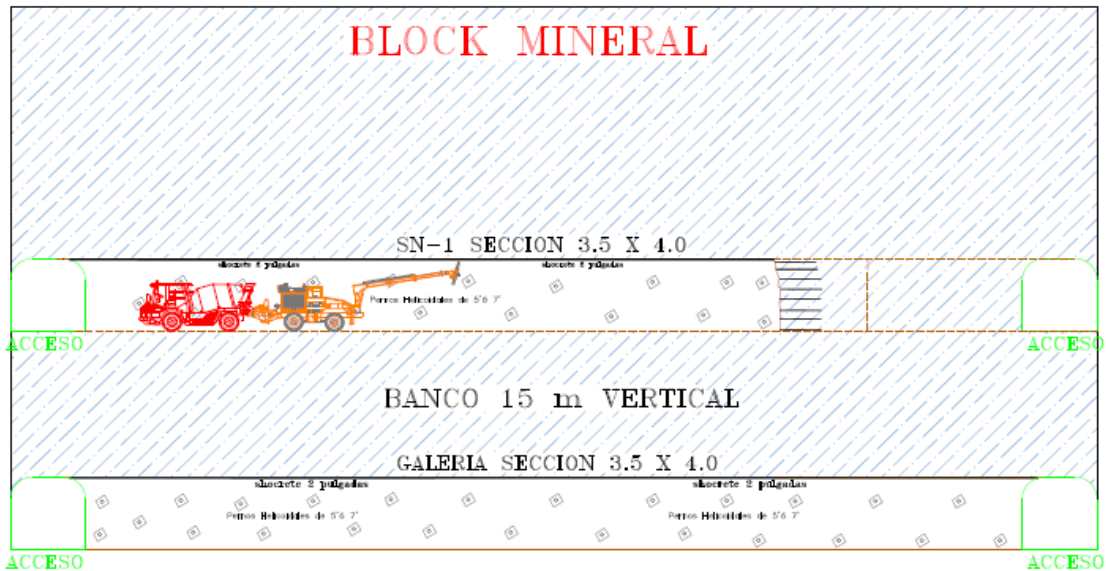
Las figuras adjuntas muestran el plan de explotación de la técnica minera Bench and Fill.



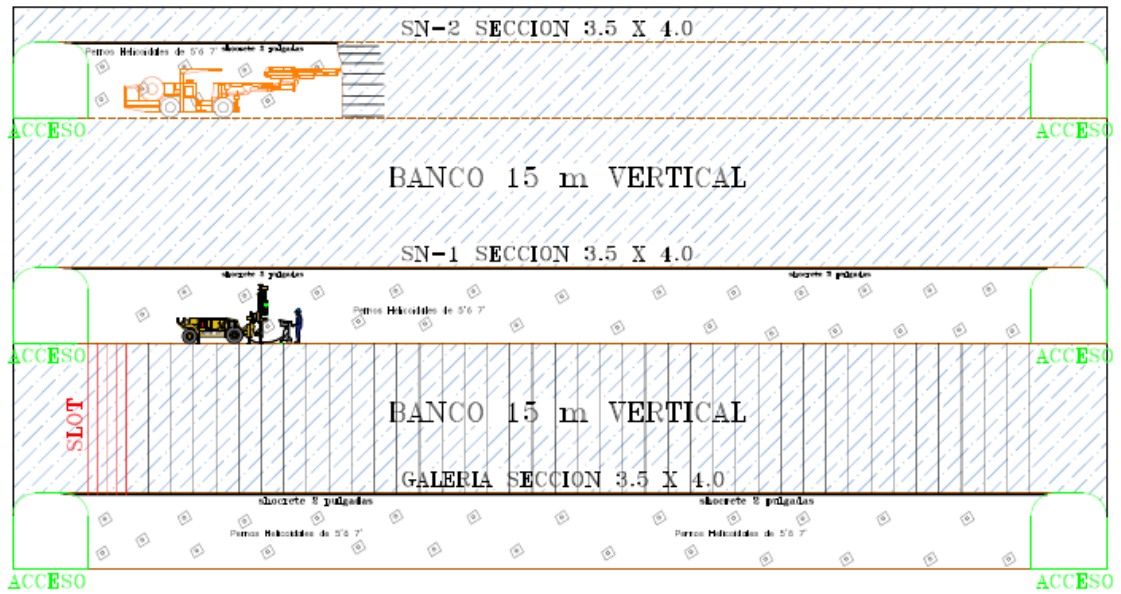
**Figura 3. Perforación de avance de la galería con sostenimiento shotcrete y pernos Tomada de unidad minera Alpayana, método de explotación bench and fill (9)**



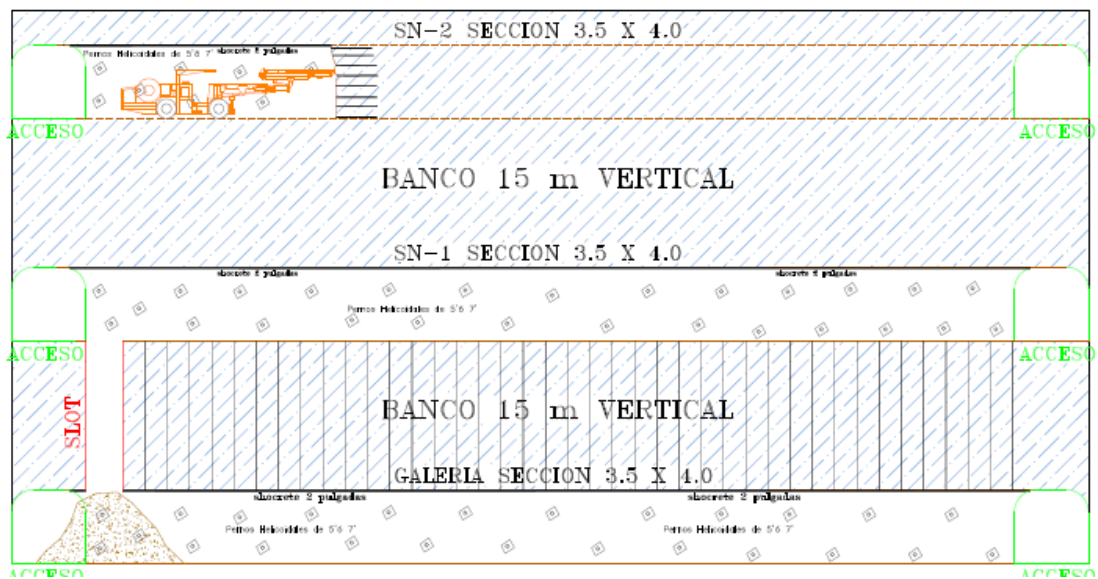
**Figura 4. Avance de subnivel (SN+1), con sostenimiento shotcrete y pernos  
Tomada de unidad minera Alpayana, método de explotación bench and fill (9)**



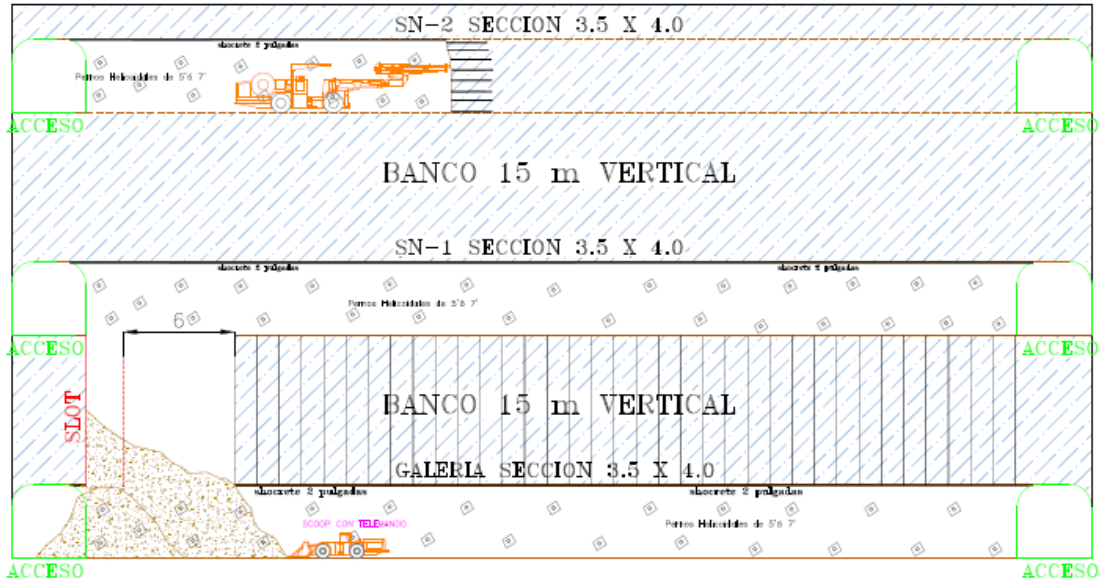
**Figura 5. Perforación de slot (equipo Raptor MINI)  
Tomada de unidad minera Alpayana, método de explotación bench and fill (9)**



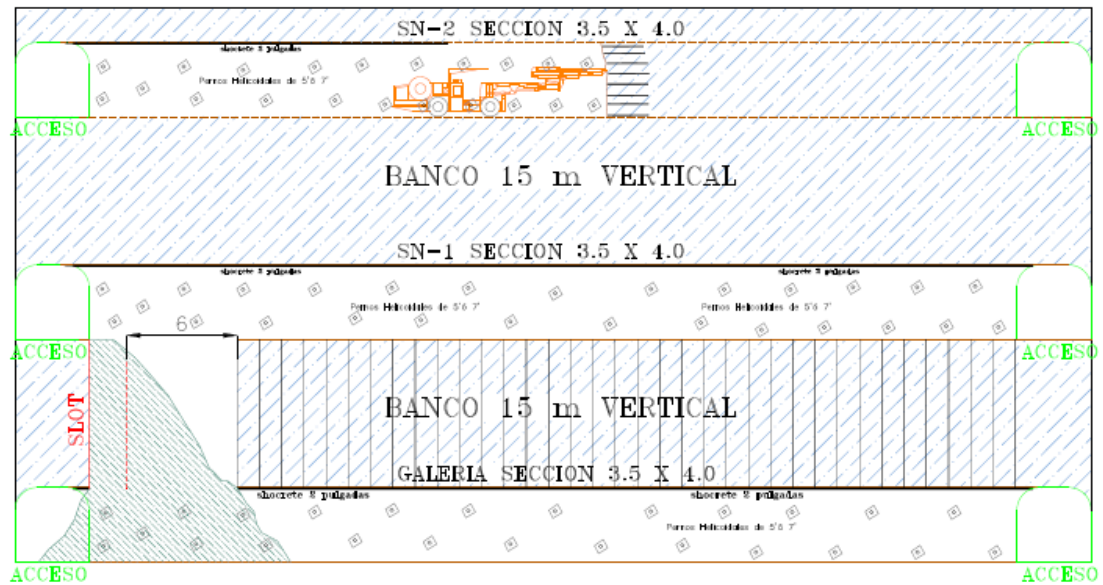
**Figura 6. Avance de subnivel (SN+1) y perforación de taladros largos  
Tomada de unidad minera Alpayana, método de explotación bench and fill (9)**



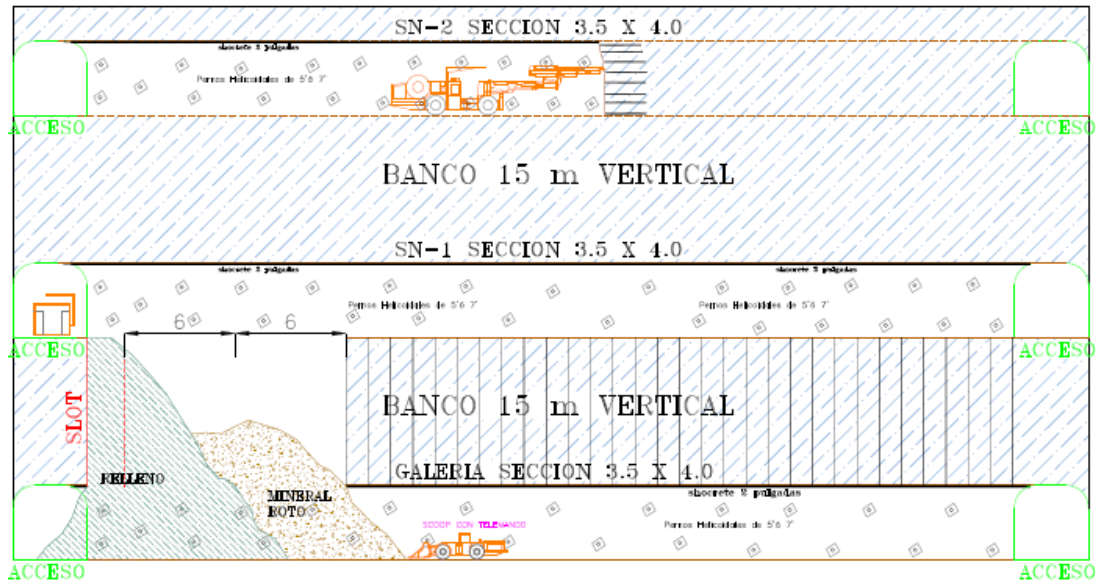
**Figura 7. Voladura de slot (cara libre)  
Tomada de unidad minera Alpayana, método de explotación bench and fill (9)**



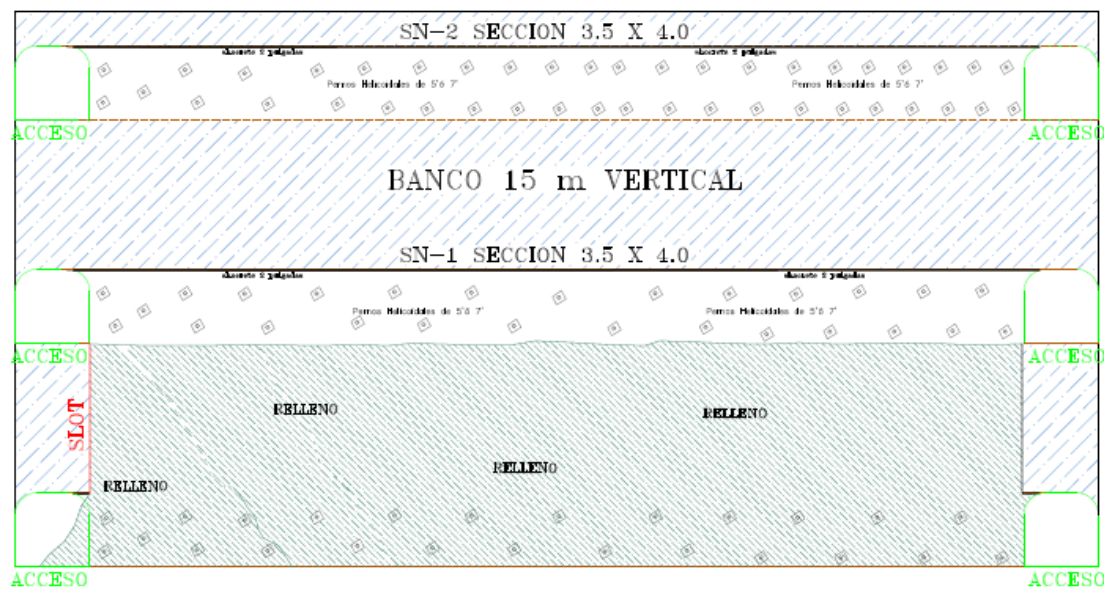
**Figura 8. Voladura y limpieza de taladros largos (15 m)  
Tomada de unidad minera Alpayana, método de explotación bench and fill (9)**



**Figura 9. Relleno del slot y los primeros (15 m)  
Tomada de unidad minera Alpayana, método de explotación bench and fill (9)**



**Figura 10. Voladura, limpieza y relleno los siguientes bancos  
Tomada de unidad minera Alpayana, método de explotación bench and fill (9)**



**Figura 11. Relleno del tajeo  
Tomada de unidad minera Alpayana, método de explotación bench and fill (9)**

### 2.3.3 Aspecto geomecánico para el método de explotación, bench and fill

Para el uso de la estrategia de doble juego, el retrato geo-mecánico es extremadamente esencial, para lo cual se hizo un estudio de campo de las construcciones y de la masa de piedra

El RMR (tanto del tipo de roca presente en la caja de Techo y Piso, como de la mineralización real, para cada veta) (10).

- El tipo de ayuda que se utilizará en los subniveles del trabajo de tierra por mucho tiempo no se establece totalmente en piedra (10).
- A través del barrido accionado por agua (Laubcher), y las circunstancias introducidas, la estatura más extrema del asiento a no asentar del todo, y la mayor apertura de un pico a otro, para la incrustación, dejando continuamente la apertura para la siguiente cara libre (10).
- la reproducción de la conducta de las funciones abiertas, la oportunidad de incrustar y las ansiedades, como la mina se está preparando, en la programación de las fases (10).

#### **a) Perforación**

La perforación es determinante en el éxito de la voladura, principalmente por la desviación de la perforación (7).

La desviación se da principalmente por las siguientes causas:

- Propiedades estructurales, tales como diaclasas, juntas abiertas y demás discontinuidades. Es precisamente el caso analizado: De baja velocidad de penetración y mayor rotación en la perforación (7).
- Diámetro de perforación: a menor diámetro mayor desviación (7).
- Errores de alineación y emboquillado, que se corrige con el debido entrenamiento al personal (7).

### **2.3.4 Control de perforación para la disminución de bancos y vibraciones**

#### **a) Condiciones que afectan la presencia de bancos en el disparo:**

- El diseminado de mineral en cajas de vetas explotadas con mucha anterioridad; presenta un terreno diaclasado y fracturado, en donde las discontinuidades se reactivan con mucha facilidad; por consiguiente, una voladura inadecuada genera grandes cantidades de bancos y zona inseguras para el personal, equipo y maquinaria (7).

- El daño producido por las vibraciones de la voladura es obvio; pero en la mayoría aparentemente es insignificante, y a medida que el tajo se va explotando se originan nuevas fracturas y planos de debilidad y las discontinuidades (juntas, diaclasas, planos de estratificación y fallas) que afectan la estabilidad del tajo (7).
- La solución apropiada consiste en llevar paralelismo de taladros y mallas adecuadas en perforación; evitar simultaneidad en la voladura, aplicación de configuraciones secuenciadas, seccionadas mediante el empleo de microretardos (7).

#### **b) Principios asociados en el control de vibraciones producidos por la voladura**

Cuando una carga explosiva es detonada libera una gran cantidad de energía utilizada mayormente para fragmentar y desplazar la masa de roca. La energía que no se aprovecha, (principalmente como producto de un mal diseño de voladura), se transforma en energía sísmica y genera las vibraciones del terreno; que son movimientos de ondas que se expanden radialmente alejándose del lugar de voladura (7).

A medida que las ondas de vibración golpean las grietas de la roca, los planos de estratificación, las caras libres y la superficie, estas son reflejadas, produciendo un movimiento de vaivén de las partículas (7).

#### **c) Variables que afectan a las características de las vibraciones**

- **Geología y características de las rocas**

La geología del entorno del terreno (mineralogía, juntas, diaclasas, microfracturas, planos de estratificación y fallas) influyen de manera decisiva en las propiedades físicas y mecánicas de las rocas y, consecuentemente en la generación de las vibraciones y resultados de la voladura (7). Especialmente los diseminados que se encuentran en las cajas de vetas ya explotadas, produciéndose descostre en la cara libre, en donde se han activado las discontinuidades generando planos de falla que facilita la inestabilidad del tajeo y la generación de bancos. Por lo que para el diseño de mallas es necesario el mapeo de las discontinuidades y calidad de roca (7).



- **Peso de carga operante**

Existe confusión y la creencia que la carga total empleado en la voladura influye directamente en la intensidad de las vibraciones. Como se ha demostrado (en voladuras secuenciadas con más de un detonador), ello no es exacto y lo debe de considerar la mayor carga por retardo; siempre y cuando los retardos sean lo suficientemente largos para evitar los traslapes e interferencias constructivas entre las ondas producidas por la detonación de los taladros disparados (7).

El buen secuenciamiento en la voladura, es decir el uso de detonadores distintos y secuenciados para cada taladro permitirá una menor vibración en los alrededores del macizo rocoso por ende una menor perturbación de las cajas (7).

- **Tipos de explosivo**

Los explosivos de baja densidad y velocidad de detonación son los que generan los niveles inferiores de vibración y presión de taladro como el ANFO, son los recomendados para rocas intensamente fracturadas. Pues en estos casos solo necesitamos generación de gases para desplazar el material (7).

- **Tiempos de retardo**

Los tiempos de retardo en los taladros y las secuencias de encendido disminuyen las cargas operantes y los niveles de vibraciones; mejora la efectividad de los mecanismos de rotura y los desplazamientos de las rocas (7).

- **Variables geométricas**

- ✓ **Diámetro de perforación.** A mayor diámetro mayor carga operante. La cantidad de explosivo es proporcional al cuadrado del diámetro (7).
- ✓ **Barden y espaciamiento.** Cuando el burden y el espaciamiento no son apropiados parte de la energía se transforma en energía sísmica aumentando la intensidad de vibraciones (7).

- ✓ **Inclinación de taladro.** - La inclinación de taladros, disminuye el porcentaje de voladura secundaria; así como, el consumo de explosivo y la intensidad de vibraciones (7).

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1 Métodos de la investigación**

###### **a) Método general**

En forma general, se empleará el método científico, porque se construye a base de datos empíricos *in situ*, al realizar la determinar el mejoramiento y control del ciclo de la perforación y voladura en el incrementar de la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana

###### **b) Método específico**

El método específico que se empleará es el método experimental inductivo – deductivo. Se deduce que al realizar el mejoramiento y control del ciclo de la perforación y voladura ayudará a incrementar de la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana.

El método es analítico, porque el mejoramiento y control del ciclo de la perforación y voladura en el incremento de la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana

##### **3.1.2 Alcances de la investigación**

###### **a) Tipo de investigación**

La investigación es de diseño no experimental, porque el objetivo de la investigación

es realizar el mejoramiento y control del ciclo de la perforación y voladura en el incremento de la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana.

b) Nivel de investigación

Es descriptivo, porque trata de explicar de qué manera el mejoramiento y control del ciclo de la perforación y voladura en el incremento de la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana.

### **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es experimental.

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Todos los tajeos de la unidad minera Americana de Alpayana S. A.

#### **3.3.2 Muestra**

Zona baja del nivel 12A, veta Esperanza de la unidad minera Americana de Alpayana S. A.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

En la presente investigación se realizará la recolección de datos en campo *in situ* mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales en la operación de perforación y voladura.

Para la recolección de datos de perforación y voladura, informes diarios, informes mensuales y anuales se usó tesis, libros, catálogos del equipo de perforación y laptop para el procesamiento de los datos y los siguientes registros:

- ✓ Reporte de metros perforados de las simbas
- ✓ Registro y cumplimiento de explotación y producción
- ✓ Reporte de equipos simbas
- ✓ Reporte diario de operación

- ✓ Reporte de suministros
- ✓ Reporte de rotura (VCR, slot y filas disparas)
- ✓ Reporte de marginal y mineral
- ✓ Informe geomecánico y otros

### **3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, reporte de operaciones mina de la unidad minera Americana de propiedad de Alpayana S. A.

.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura para incrementar la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana**

##### **4.1.1 Mejoramiento y control de los tiempos improductivos del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana**

El equipo de perforación utilizado es el Simba S7 D, cuenta con parámetros y factores de perforación como son:

- ✓ Perforación de taladros largos (taladros de producción, drenaje y otros)
- ✓ Equipos para taladros largos
- ✓ Dirección de perforación
- ✓ Barrido con agua
- ✓ Peso de sarta de perforación
- ✓ La energía de impacto debe variar: pasa de 64 mm para los taladros de producción y para los taladros de alivio 127 mm.
- ✓ Longitud de carrera de pistón ajustada.
- ✓ El porcentaje del tiempo de perforación es alto (>55%)
- ✓ Elevada demanda de sistema de control de la perforadora.
- ✓ La rectitud de los barrenos es importante.
- ✓ Par de rotación elevado
- ✓ Frecuentemente, se emplea el extractor de varillas.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros y factores de perforación del equipo simba S7D en relación con el tipo de roca mineralizada y encajonantes

**Tabla 4. Parámetros y factores de perforación del equipo simba S7D en relación con el tipo de roca**

Litología (roca)	Roca encajonante (lutita)	Roca mineralizada (esfalerita)
	RMR: 60 regular "A"	RMR: 46 mala "A"
	<i>Collaring</i> (emboquillado)	<i>Full drilling</i> (percusión máxima)
Presiones (baja-alta)		
Rotación (presión - rpm)	25 bares. 150 RPM	28 bares. 160 RPM
Percusión	120 bares.	160 bares.
Presión de avance	20 bares.	25 bares.
Barrido (dumping)		50 bares.
Presión de agua		5.8 bares.
Presión de aire		7.5 bares.
Máquinas	Condiciones del equipo en operación	

**Interpretación:** los parámetros y factores de perforación del equipo simba S7D en roca mineralizada, según evaluación, señalan que el promedio de vida es de 450 metros perforados por broca y para la rimadora es de 300 metros perforados por rimadora.

#### a) Mejoramiento y control de los tiempos improductivos

- **Situación actual**

Las actividades de control de los tiempos improductivos generan pérdidas operativas lo que ocasionan la demora en la perforación, haciendo que no se cumpla la producción programada, en la siguiente tabla se muestran tiempos improductivos de la situación actual.

**Tabla 5. Actividades de los tiempos improductivos de la situación actual de la unidad minera Americana**

Actividad	DIF HR
Falla mecánica	17.92
Traslado de equipo de labor a labor	12.28
Instalación de equipo y prep. de labor	11.59
Charla y/o capacitación – int. mina	8.00
Traslado de equipo de taller a labor	6.09
Traslado de equipo a taller	5.67
Falla eléctrica del equipo	5.66
Parado por falta de instalación eléctrica - labor	5.50
Chequeo maquina (pre uso)	5.06
Desatado de labor	4.09
Mantenimiento preventivo	2.32
Equipo parado por falta de agua	2.00
Mantenimiento correctivo	1.59
No hay movilidad para ingreso a mina	1.59
Falta de limpieza y/o sostenimiento	1.50
Operador apoya otros trabajos	1.42
Parado por falta de área	1.41
Falta de energía en la labor o zona	1.17
Equipo parado falta de accesorios de perforación	1.17
Abastecimiento de petróleo	0.67
Traslado de comedor a labor	0.33
Traslado de labor a comedor	0.33
Rotura y cambio de shank	0.33
Instalación de agua/energía y/o aire	0.17
<b>Total</b>	<b>97.86</b>

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*





**Figura 12. Tiempos improductivos de la situación actual operacionales y simba S7D - unidad minera Americana  
Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

**Interpretación:** las actividades que generan más tiempos improductivos son los siguientes: la falla mecánica, el traslado de equipo de labor a labor, la instalación de equipo y preparación de la labor, la charla de capacitación en interior mina, el traslado de equipo de taller a labor, el traslado de equipo a taller, la falla eléctrica del equipo, parada por falta de instalación eléctrica en la labor y el chequeo de máquina (pre uso)

En promedio mensual estas actividades generan una demora operativa de 97.86 horas en total.

- **Situación óptima**

La mejora del control del ciclo de perforación y voladura se dio a partir de los siguientes controles:

- ✓ Se ha prohibido el cambio de operador de los equipos simba en función a los equipos boomer ya que perforar en frentes es distinto a perforar taladros largos.
- ✓ La demora operativa (D.O) más resaltante es el cambio de pivot y también el traslado del equipo de una labor a otra que varía desde los 30 minutos a una hora, para ello tomo como medida de corrección dejar el equipo cerca al tajo a fin de que se de mantenimiento en el mismo lugar.
- ✓ Se estandarizó que el equipo simba si está al 100 % de disponibilidad mecánica se tendría un promedio de perforación de 270 a 300 metros por guardia, mediante la supervisión se notará que en promedio se puede llegar a perforar hasta 40 metros por hora con el equipo en buen estado y un operador de experiencia.
- ✓ La supervisión del equipo simba se debe enfocar en las fallas más constantes de los equipos que en su mayoría son las roturas de las mangueras que suceden a diario y casi por lo menos 2 veces al día.
- ✓ Se supervisó y se llevó el control de los aceros de perforación como son las barras, broca y shank, ya que en algunos casos sobrepasa su tiempo de vida útil, a fin de que la perforación sea sin contratiempos.
- ✓ Se capacitó a la supervisión para que utilizara técnicas de la supervisión en función al manejo del personal a fin de que el reparto de guardia, charlas de seguridad se lo más eficiente posible y evitar contratiempos.

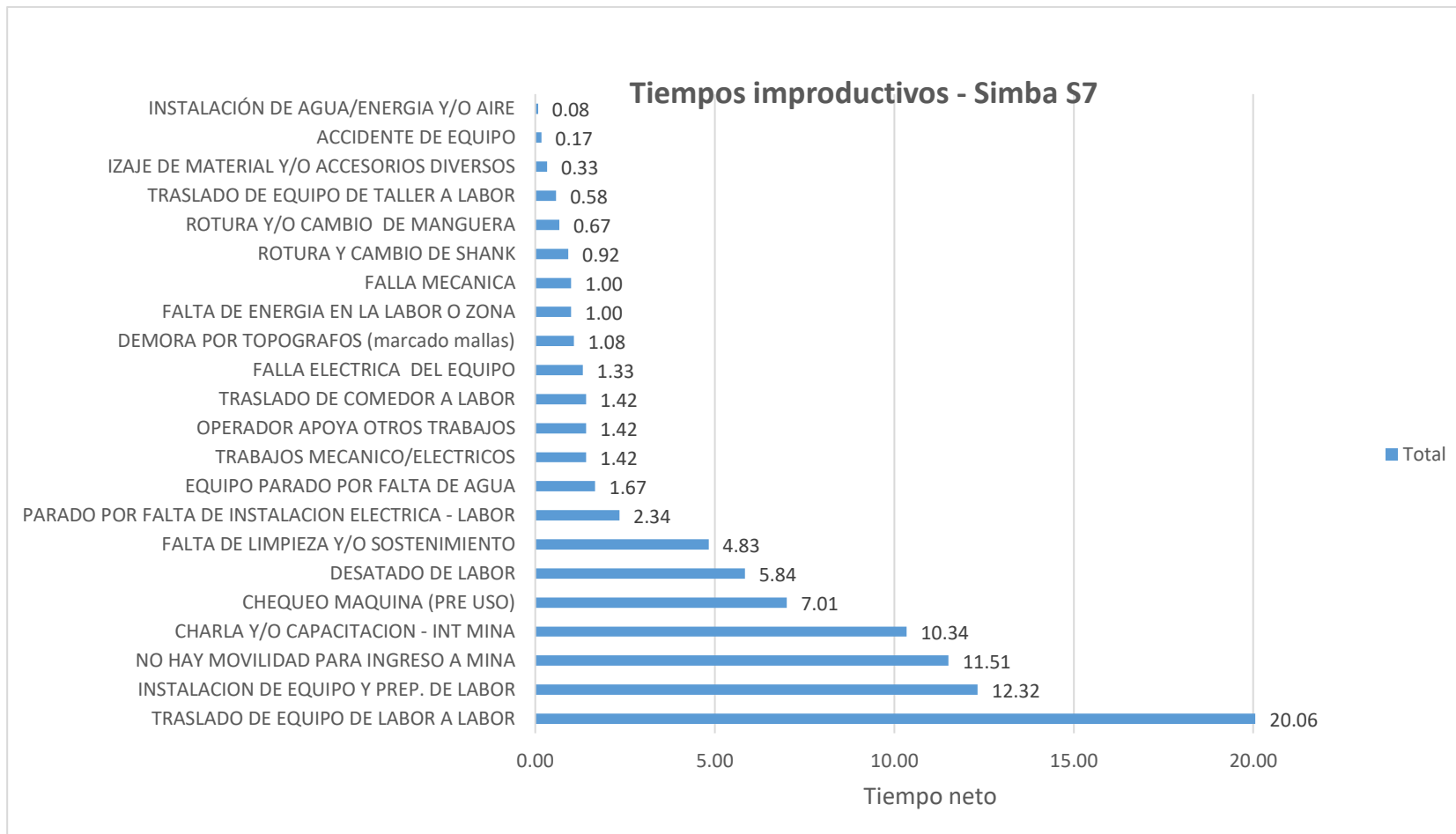
- ✓ Se llevó un control de los aceros y barras de perforación, por lo que se deben cambiar a tiempo para no ocasionar la rotura de estas en plena perforación, evitando la pérdida de estos; asimismo, en el momento de realizar el carguío de dichos taladros no se realicen de la mejor manera.

Mediante el mejoramiento del control de los tiempos improductivos se ha podido reducir las pérdidas operativas que generan demoras en la perforación, logrando así con el cumplimiento de la producción programada, en la siguiente tabla se muestran tiempos improductivos de la situación actual.

**Tabla 6. Actividades de los tiempos improductivos de la situación óptima de la unidad minera Americana**

ACTIVIDAD	DIF HR
Traslado de equipo de labor a labor	20.06
Instalación de equipo y prep. de labor	12.32
No hay movilidad para ingreso a mina	11.51
Charla y/o capacitación - int mina	10.34
Chequeo máquina (pre uso)	7.01
Desatado de labor	5.84
Falta de limpieza y/o sostenimiento	4.83
Parado por falta de instalación eléctrica - labor	2.34
Equipo parado por falta de agua	1.67
Trabajos mecánicos/eléctricos	1.42
Operador apoya otros trabajos	1.42
Traslado de comedor a labor	1.42
Falla eléctrica del equipo	1.33
Demora por topógrafos (marcado mallas)	1.08
Falta de energía en la labor o zona	1.00
Falla mecánica	1.00
Rotura y cambio de shank	0.92
Rotura y/o cambio de manguera	0.67
Traslado de equipo de taller a labor	0.58
Izaje de material y/o accesorios diversos	0.33
Accidente de equipo	0.17
Instalación de agua/energía y/o aire	0.08
<b>Grand Total</b>	<b>87.34</b>

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*



**Figura 13. Tiempos improductivos de la situación óptima operacionales y simba S7D - unidad minera Americana  
Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera America**

**Interpretación:** las actividades que generan más tiempos improductivos son los siguientes: el traslado de equipo de labor a labor, la instalación de equipo y preparación de la labor, espera de la movilidad para ingreso a mina, la charla y/o capacitación mina, el chequeo máquina (pre uso) y el desatado de labor.

La mejora de los tiempos improductivos por las actividades mostradas se obtuvo en promedio mensual estas actividades generan una demora operativa de 87.34 horas en total. Reduciéndose así el tiempo improductivo en 10.52 horas perdidas en promedio mensual los cuales son aprovechados en los trabajos operativos de perforación y voladura.

## b) Análisis de perforación

En la siguiente tabla se muestra las características del tajeo Zona baja del nivel 12A, veta Esperanza

**Tabla 7. Características del tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza**

Veta	Esperanza
Nivel	12 A.
Ancho de minado	3.50 m
Potencia de minado	1.50
Altura del banco de minado	15 m
Longitud de taladro	15 m
Densidad de roca	2.70 t/m <sup>3</sup>
Ag (oz/tc.)	5.88
Pb (%)	1.82
Cu (%)	0.34
Zn (%)	2.38
Dilución	10 %
Recuperación	90 %

- **Diseño de la malla de perforación y voladura de los taladros de producción - zona baja del nivel 12A, veta Esperanza**

Mejorar de los parámetros de perforación y voladura por medio del diseño de la malla de perforación y voladura con el modelo algorítmico de Langefors.

Se procedido a realizar los cálculos para el *burden* y espaciamiento con el modelo algorítmico de Langefors como se muestra a continuación.

$$BP1 = B_{max} - 2 \times D - 0.02 \times L$$

$$BP2 = B_{max} - 0.1 - 0.03 \times L$$

**DENSIDAD DE CARGA (dc)**

dc	$0.3405 \times d \times D^2$	D: en pulgadas; dc en lb/ft	1 ft =	0.30	mt	
f	Coefficiente	0.3405	36	1 m =	3.28	ft
dc	$= P \times (D/36)^2$	D: en mm	1 Kg	2.21	lb	

**GRADO DE RETACADO (P)**

$P = dc \times (36/D)^2$       dc: en Kg/mt

En la siguiente tabla se muestra los Parámetros para el cálculo del *burden* máximo (B, max).

**Tabla 8. Parámetros de cálculo del *burden* máximo (B, máx.)**

<b>D</b>	Diametro del taladro (mm)	64
<b>C</b>	Constante de la roca se toma lo siguiente: c=0.3 + 0.75 Rocas medias (1.05) c=0.4 + 0.75 Rocas duras (1.15)	0.985
	<b>RMR</b>	50
	Descripción del RMR	REGULAR
<b>f</b>	Factor de fijación Taladros verticales      f: 1.00 Taladros inclinados - 3:1 f: 0.90 Taladros inclinados - 2:1 f: 0.85	1
<b>E/B</b>	Relación entre Espaciamiento y <i>Burden</i>	1
<b>dc</b>	Densidad de carga (g/cm <sup>3</sup> )	0.80
<b>PRP</b>	Potencia relativa en peso del explosivo	1.00
<b>L</b>	Longitud de taladro (m.)	15

La relación del *burden* y espaciamiento es en relación con el diseño de la malla de perforación y voladura, para la investigación se tomó:

La relación de B/E es igual a 1 para una malla cuadrada.

El explosivo utilizado es el SUPERFAM DOS, en el anexo 2 se muestra la ficha técnica del explosivo.

- **Cálculo del *burden* máximo (B Máx.)**

$$B_{max.} = \frac{D}{33} \times \sqrt{\frac{dc \times PRP}{C \times f \times (E/B)}}$$

Reemplazando para el cálculo del *burden* máximo (B Máx.)

$$B_{max.} = \frac{64}{33} \times \sqrt{\frac{0.80 \times 1}{0.985 \times 1 \times (1)}}$$

$$B_{máx.} = 1.75 \text{ m}$$

- **Cálculo del *burden* práctico (BP 1.)**

$$BP\ 1 = B_{max} - \frac{2 \times D}{1000} - 0.02 \times L$$

Reemplazando para el cálculo del *burden* máximo (B Máx.)

$$BP\ 1 = 1.75 - \frac{2 \times 64}{1000} - 0.02 \times 15$$

$$BP\ 1 = 1.32 \text{ m}$$

- **Cálculo del espaciamiento (E)**

$$E = \frac{BP\ 1}{\left(\frac{E}{B}\right)}$$

Reemplazando para el cálculo del *burden* máximo (B Máx.)

$$E = 1.35/1$$

$$E = 1.35 \text{ m}$$

Replanteo del *burden* y espaciamiento en campo insitu se tiene los siguiente:

- **Cálculo del *burden* replanteado (Br)**

$$Br = Bp - Bp \times 13 \%$$

Donde

- ✓ Burden practico (BP)
- ✓ Burden replanteado (Br)
- ✓ 10 % reajuste en función a las longitudes de perforación (12, 15 y 16 m)

Reemplazando

$$Br = 1.35 - 1.35 \times 10\%$$

$$Br = 1.20 \text{ m}$$

- **Cálculo del espaciamiento replanteado (Er)**

$$Er = E - E \times 10\%$$

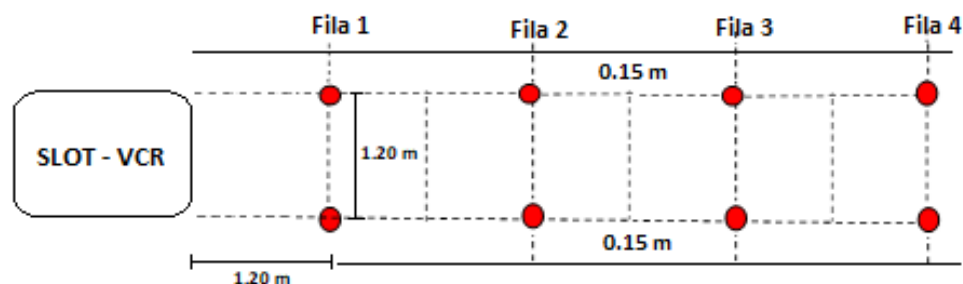
Donde

- ✓ Espaciamiento (E)
- ✓ Espaciamiento replanteado (Er)
- ✓ 10 % reajuste en función a las longitudes de perforación (12, 15 y 16 m)

$$Er = 1.35 - 1.35 \times 10\%$$

$$Er = 1.20 \text{ m}$$

En la siguiente figura se muestra el diseño de malla de perforación y voladura de la zona baja del nivel 12A, veta Esperanza,



**Figura N. 14. Diseño de malla de perforación y voladura del tajeo 012 de la Zona baja del nivel 12A, veta Esperanza,**

Este diseño de malla de perforación y voladura para los taladros de producción utilizada en las dos etapas de trabajo, la perforación de los taladros se realizará a 0.15 metros de los hastiales a fin de controlar la sobre rotura.



- **Análisis de la perforación del tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza**

- ✓ Cada operador, dependiendo de su experiencia manipula los simbas con mayor o menor velocidad; como se aprecia en el cuadro de resumen.
- ✓ La demora operativa (D.O) más resaltante es el cambio de pivot y también el traslado del equipo de una labor a otra que varía desde los 30 minutos a una hora.
- ✓ En promedio se puede llegar a perforar hasta 40 metros por hora con el equipo en buen estado y un operador de experiencia.
- ✓ A su vez se observa que tiene comportamientos similares de tiempos de perforación por cada 5 barras que se perfora.
- ✓ Para un taladro de 15 barras, cada barra de las primeras 05 barras se toma un tiempo de perforación de 1':51", luego cada barra perforada que perfora en el intervalo de las 05 a 10 barras demora 2':13" y demora más aún cada barra de las 05 últimas barras cuyo tiempo es de 2':23'

En el anexo 3, se muestra el control de tiempo de la perforación con el equipo simba, en la siguiente tabla se muestra la medición del tiempo de perforación – taladros largos

**Tabla 9. Medición del tiempo de perforación – taladros largos (simba N 1)**

<b>SIMBA N 1</b>		<b>Tiempo de perforación (min)</b>							
<b>N.º barras</b>	<b>Taladro 1</b>	<b>Taladro 2</b>	<b>Taladro 3</b>	<b>Taladro 4</b>	<b>Taladro 5</b>	<b>Taladro 6</b>	<b>Taladro 7</b>	<b>Taladro 8</b>	
<b>1</b>	00:01:48	00:01:32	00:01:57	00:01:39	00:02:17	00:02:30	00:02:11	00:02:26	
<b>2</b>	00:02:28	00:02:04	00:02:24	00:02:15	00:01:57	00:02:15	00:02:13	00:02:25	
<b>3</b>	00:01:45	00:01:45	00:01:45	00:01:47	00:02:04	00:01:56	00:01:34	00:02:21	
<b>4</b>	00:01:33	00:01:57	00:01:51	00:01:48	00:02:08	00:02:08	00:01:56	00:01:54	
<b>5</b>	00:02:00	00:02:12	00:01:51	00:02:05	00:02:16	00:01:48	00:01:44	00:02:01	
<b>6</b>	00:02:17	00:01:35	00:02:21	00:01:50	00:01:47	00:02:06	00:01:36	00:01:38	
<b>7</b>	00:01:34	00:02:06	00:01:58	00:01:47	00:01:53	00:01:32	00:01:35	00:02:26	
<b>8</b>	00:02:26	00:02:11	00:01:58	00:01:48	00:02:03	00:01:31	00:02:29	00:02:19	
<b>9</b>	00:02:07	00:01:48	00:02:01	00:02:14	00:02:26	00:02:25	00:01:54	00:01:46	
<b>10</b>	00:01:56	00:02:06	00:02:27	00:01:58	00:01:53	00:01:35	00:01:58	00:01:40	
<b>Posicionamiento</b>	00:09:35	00:09:47	00:09:13	00:09:21	00:09:40	00:09:53	00:09:01	00:09:53	
<b>Sacado de barras</b>	00:21:17	00:21:30	00:21:53	00:22:08	00:21:55	00:21:49	00:21:28	00:21:22	
<b>Tiempo total de perforación (h, min, s)</b>	00:50:46	00:50:33	00:51:38	00:50:41	00:52:19	00:51:28	00:49:39	00:52:12	

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

**Tabla 10. Medición del tiempo de perforación – taladros largos (simba N 2)**

<b>SIMBA N 2</b>		<b>Tiempo de perforación (min)</b>							
<b>N.º barras</b>	<b>Taladro 1</b>	<b>Taladro 2</b>	<b>Taladro 3</b>	<b>Taladro 4</b>	<b>Taladro 5</b>	<b>Taladro 6</b>	<b>Taladro 7</b>	<b>Taladro 8</b>	
<b>1</b>	00:02:12	00:02:29	00:02:04	00:02:07	00:02:10	00:01:57	00:01:53	00:01:39	
<b>2</b>	00:02:26	00:01:45	00:02:12	00:01:59	00:01:32	00:02:06	00:02:26	00:01:48	
<b>3</b>	00:01:31	00:01:58	00:02:09	00:01:46	00:01:33	00:01:36	00:02:28	00:01:51	
<b>4</b>	00:02:08	00:01:40	00:02:15	00:01:59	00:01:34	00:01:52	00:01:36	00:02:28	
<b>5</b>	00:02:25	00:01:47	00:02:18	00:01:38	00:01:47	00:02:17	00:02:16	00:02:15	
<b>6</b>	00:01:43	00:01:43	00:02:00	00:02:10	00:02:16	00:01:45	00:01:49	00:02:15	
<b>7</b>	00:01:34	00:02:21	00:02:15	00:01:37	00:02:01	00:02:03	00:01:52	00:01:32	
<b>8</b>	00:01:31	00:02:14	00:02:15	00:02:05	00:01:50	00:01:52	00:01:53	00:01:45	
<b>9</b>	00:01:59	00:01:39	00:02:02	00:02:03	00:02:16	00:02:29	00:02:08	00:01:44	
<b>10</b>	00:02:27	00:01:34	00:01:30	00:01:57	00:02:15	00:01:53	00:01:54	00:02:28	
<b>Posicionamiento</b>	00:09:10	00:09:23	00:09:08	00:10:01	00:09:07	00:09:50	00:09:22	00:10:06	
<b>Sacado de barras</b>	00:21:14	00:21:16	00:21:24	00:21:14	00:21:01	00:22:03	00:21:03	00:21:10	
<b>Tiempo total de perforación (h, min, s)</b>	00:50:21	00:49:48	00:51:32	00:50:37	00:49:24	00:51:44	00:50:40	00:51:00	

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

**Tabla 11. Medición del tiempo de perforación – taladros largos (simba N 3)**

<b>SIMBA N 3</b>		<b>Tiempo de perforación (min)</b>							
<b>N.º barras</b>	<b>Taladro 1</b>	<b>Taladro 2</b>	<b>Taladro 3</b>	<b>Taladro 4</b>	<b>Taladro 5</b>	<b>Taladro 6</b>	<b>Taladro 7</b>	<b>Taladro 8</b>	
<b>1</b>	00:01:35	00:01:47	00:01:51	00:01:53	00:01:39	00:02:16	00:01:36	00:01:42	
<b>2</b>	00:02:13	00:02:24	00:02:08	00:01:57	00:01:37	00:02:24	00:02:17	00:02:26	
<b>3</b>	00:02:25	00:01:40	00:02:09	00:02:12	00:01:37	00:02:09	00:02:13	00:02:15	
<b>4</b>	00:01:54	00:02:14	00:01:36	00:01:49	00:01:47	00:01:33	00:01:42	00:01:37	
<b>5</b>	00:02:08	00:01:36	00:02:23	00:02:17	00:02:04	00:02:21	00:02:18	00:01:58	
<b>6</b>	00:02:22	00:01:52	00:01:48	00:01:34	00:02:28	00:02:06	00:01:47	00:02:05	
<b>7</b>	00:02:14	00:02:21	00:02:11	00:01:40	00:02:03	00:01:55	00:02:11	00:02:24	
<b>8</b>	00:01:33	00:02:30	00:02:09	00:01:42	00:01:49	00:01:44	00:01:40	00:02:29	
<b>9</b>	00:02:15	00:01:48	00:02:24	00:01:50	00:01:48	00:01:43	00:02:04	00:01:40	
<b>10</b>	00:01:32	00:02:11	00:02:23	00:01:53	00:02:16	00:02:08	00:02:13	00:02:24	
<b>Posicionamiento</b>	00:10:05	00:09:14	00:09:52	00:09:48	00:09:18	00:09:10	00:09:37	00:10:11	
<b>Sacado de barras</b>	00:21:43	00:21:48	00:22:08	00:21:20	00:21:59	00:22:05	00:21:42	00:21:50	
<b>Tiempo total de perforación (h, min, s)</b>	00:52:00	00:51:24	00:53:04	00:49:57	00:50:25	00:51:34	00:51:19	00:53:01	

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

**Tabla 12. Medición del tiempo de perforación – taladros largos (simba N 4)**

<b>SIMBA N 4</b>		<b>Tiempo de perforación (min)</b>							
<b>N.º barras</b>	<b>Taladro 1</b>	<b>Taladro 2</b>	<b>Taladro 3</b>	<b>Taladro 4</b>	<b>Taladro 5</b>	<b>Taladro 6</b>	<b>Taladro 7</b>	<b>Taladro 8</b>	
<b>1</b>	00:01:57	00:01:36	00:01:39	00:02:04	00:02:06	00:01:58	00:01:59	00:01:52	
<b>2</b>	00:02:24	00:02:21	00:02:08	00:01:42	00:02:12	00:02:26	00:02:13	00:01:41	
<b>3</b>	00:01:47	00:02:09	00:02:23	00:02:29	00:02:01	00:02:23	00:01:31	00:02:10	
<b>4</b>	00:01:33	00:02:28	00:02:22	00:01:51	00:01:44	00:01:32	00:02:27	00:01:55	
<b>5</b>	00:02:08	00:02:22	00:01:41	00:02:26	00:02:02	00:01:56	00:02:17	00:01:48	
<b>6</b>	00:01:34	00:01:58	00:01:55	00:02:06	00:02:05	00:01:40	00:01:59	00:02:07	
<b>7</b>	00:01:38	00:02:28	00:02:12	00:02:11	00:02:21	00:02:27	00:01:51	00:01:43	
<b>8</b>	00:01:43	00:02:07	00:02:11	00:02:15	00:02:25	00:02:03	00:01:33	00:01:59	
<b>9</b>	00:02:30	00:01:38	00:02:20	00:01:39	00:02:03	00:02:05	00:01:52	00:02:18	
<b>10</b>	00:02:14	00:02:22	00:02:03	00:01:34	00:01:38	00:01:35	00:01:42	00:02:20	
<b>Posicionamiento</b>	00:10:08	00:09:58	00:09:16	00:09:53	00:10:01	00:09:45	00:10:09	00:09:32	
<b>Sacado de barras</b>	00:21:51	00:21:08	00:21:53	00:21:18	00:21:23	00:22:14	00:21:18	00:22:02	
<b>Tiempo total de perforación (h, m, s)</b>	00:51:28	00:52:35	00:52:04	00:51:28	00:52:01	00:52:05	00:50:50	00:51:27	

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

**Tabla 13. Resumen de medición del tiempo de perforación – taladros largos (equipos simba)**

	Simba N1	Simba N2	Simba N3	Simba N4
Número de taladros	7	7	7	7
Número de barras	15	15	15	15
Tiempo total de perforación (h, m, s)	06:50:51	06:52:23	6:48:16	6:53:09

**Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

**Interpretación:**

- ✓ Las fallas más constantes de los equipos simbas son las roturas de las mangueras que suceden casi a diario.
- ✓ Las demoras mecánicas, en ocasiones, se deben más al tiempo que tardan los mecánicos en el auxilio del equipo y también a que no se hallan en el momento los repuestos (mangueras, shank, otros).
- ✓ En terrenos fracturados la perforación es lenta, además se tiene que lavar los taladros antes de tener un atascamiento de toda la columna de barras.
- ✓ El tiempo promedio en la perforación de taladros largos con 15 barras tiene un tiempo de perforación total de 6 horas y 50 minutos.

**c) Control y seguimiento de carguío de taladros largos**

El seguimiento y control de carguío y disparo de taladros largos negativos, así como los trabajos realizados de monitoreo se realizaron en las zonas media y baja.

El minado por taladros largos es una forma de explotación que actualmente está utilizando en la unidad minera Americana, que genera altos niveles de producción y a menor costo operativo.

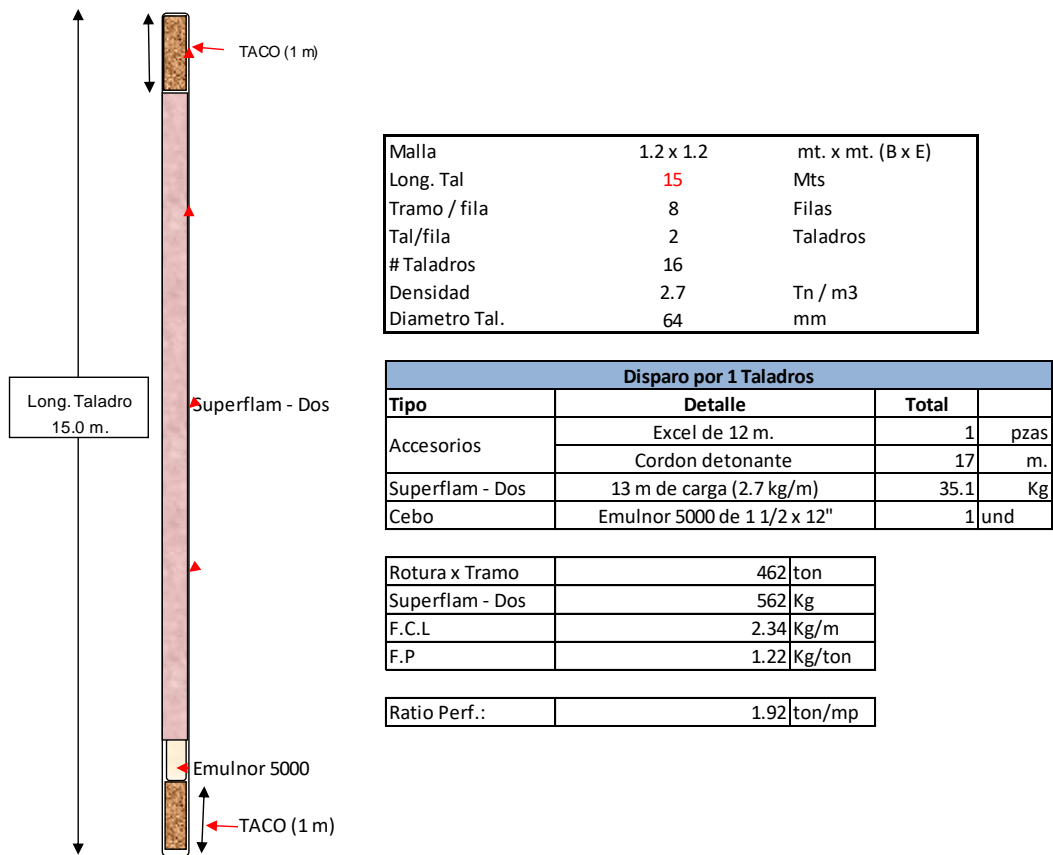
El burden ideal es de 1.2 metros y espaciamiento ideal es del 1.2 metros.

- **Voladura de tajos negativo**

En los trabajos de seguimiento en operación de carguío y voladura de taladros positivos y negativos se pudo observar la secuencia miento de taladros.

- **Mejoras de la voladura de tajo taladros negativos**

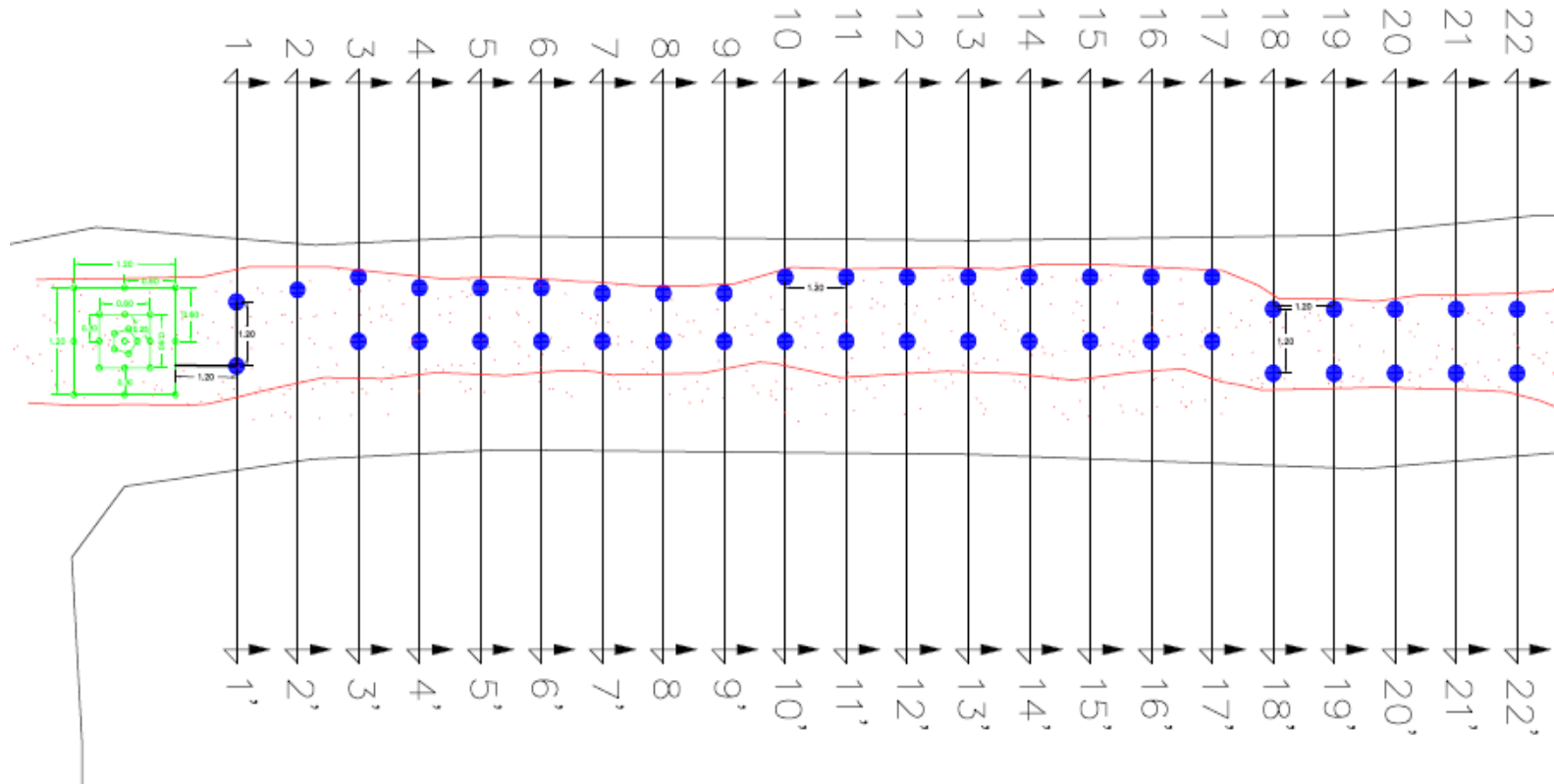
- ✓ Antes de proceder al carguío de taladros este deberá ser sopleteado y medido para realizar el diseño de carguío real tanto de carga como de secuencia de salida.
- ✓ Cuando son taladros con comunicación a un nivel inferior se procederá a poner un taco igual a la distancia de *burden*.
- ✓ Sobre este taco se procede a cargar un metro de anfo (Superfam DOS).
- ✓ Luego se realiza la operación del primado del iniciador (Emulnor 5000/Fanel estándar).
- ✓ Se realiza el llenado de la columna explosiva a presión de aire para ayudar al confinamiento del agente explosivo dejando un espacio para el taco.
- ✓ El taco superior será igual al *burden*, para luego ser llenado con detritus.
- ✓ En la siguiente figura se muestra el diseño de la columna de carguío de los taladros de producción en negativo - unidad minera Americana.



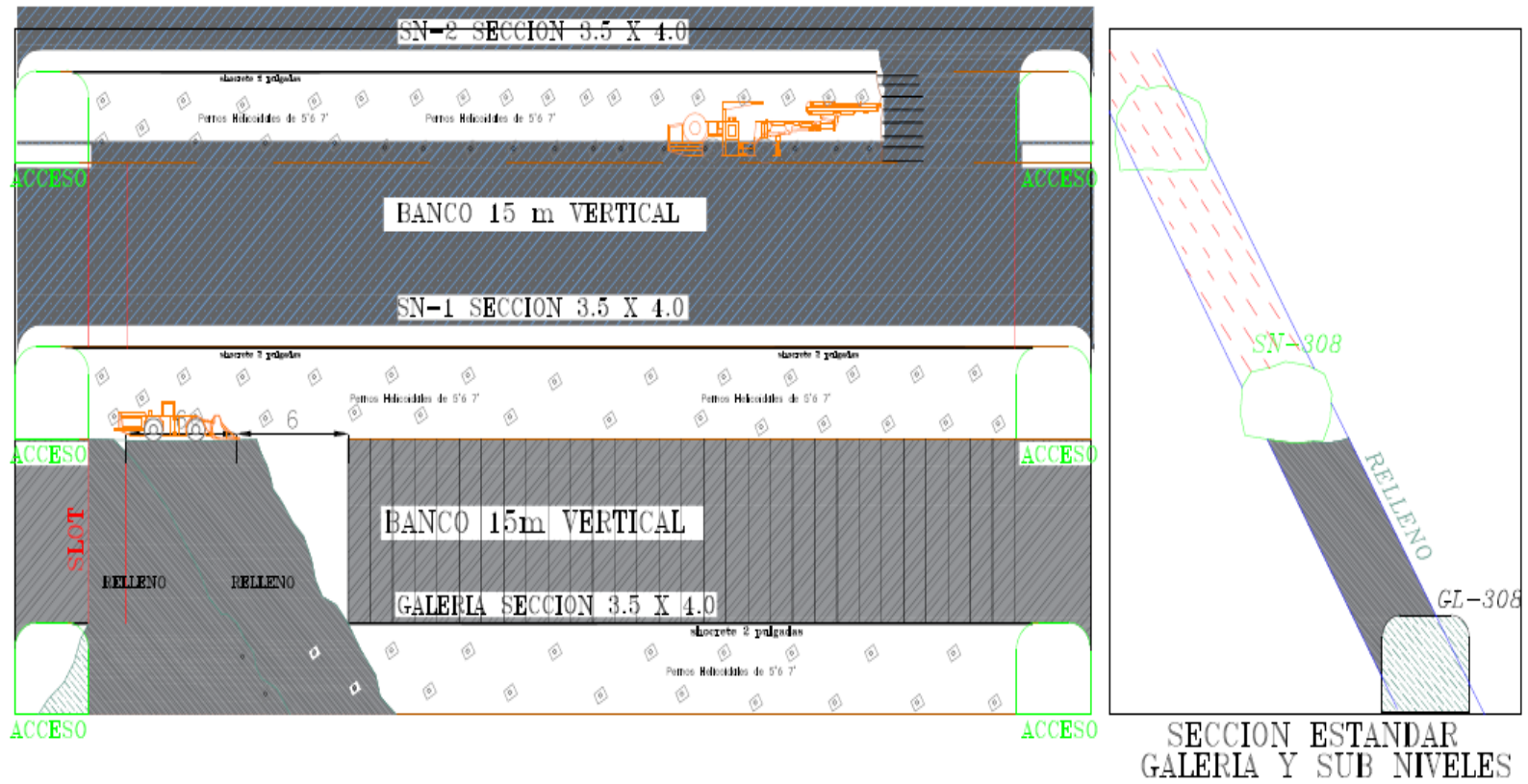
**Figura 15. Diseño de la columna de carguío de los taladros de producción en negativo - tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana**



En la siguiente figura se muestra diseña la malla de perforación y voladura - secuencia de salida de los taladros de producción



**Figura 16. Diseño de perforación y voladura de los taladros de producción del tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza  
Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana**



**Figura 17. Diseño del tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza  
Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

- **Criterios de mejoras realizadas**

- ✓ Se mejoró el pintado de malla en interior mina, teniendo en cuenta el punto dirección y la rasante para lograr estandarizar a nivel de toda la mina de acuerdo al tipo de roca y dimensión de sección; dado que es un factor importante para la buena performance de la voladura.
- ✓ Se mejoró en el colocado de una tapa en la parte superior de la *penberthy*; para evitar que ingresen impurezas durante el carguío y así no generar atascamientos; además de tener su línea tierra a fin de evitar inducción durante el carguío.
- ✓ Se mejoró los controles respecto a la perforación, evitar el excesivo traslado del jumbo; pintado de malla de acuerdo con el estándar; cuidado de aceros; limpieza con anticipación de los frentes.
- ✓ Se controló las fugas tanto por aire y agua en el NV. 12 A veta Esperanza. Las fugas individualmente representan diferenciales de perdidas, pero la sumatoria de estas representa una gran pérdida y al final terminan afectando las diferentes operaciones en las que participa.
- ✓ Una adecuada disposición de las redes de agua y aire no sólo evitará pérdidas, sino que minimizará el costo de operación de las diferentes actividades. También implica un ahorro en materiales y accesorios.
- ✓ Los *scooptrams* y *dumpers* representan una inversión importante dentro de las operaciones interior mina y su función debería ser dirigida exclusivamente al acarreo de mineral, y alimentación de los *dumpers* en el caso de los *scooptrams*. Por ninguna razón deberían trasladar maquinarias, herramientas u otros.
- ✓ Es sumamente importante la colocación de tacos para minimizar la fuga de gases y evitar el desacoplamiento de la columna explosiva en taladros negativo y obtener una buena fragmentación.

- ✓ El entubado de la columna de taladros negativos optimiza y mejora el carguío y la voladura, ya que se evitaría que los taladros se tapen de detritos y evitaríamos el excesivo consumo de anfo en caso de terrenos fracturados y con fallas.
- ✓ El problema de bancos es una constante dentro de la operación unitaria perforación y voladura. Se están generando problemas en la parte de perforación al realizar las mallas, ya que en labores de recuperación el terreno y las secciones no son óptimas para realizar taladros paralelos.
- ✓ Un causante importante es el paralelismo de los taladros, mayormente se realiza perforación en abanicos esto hace que taladros mayores a 15 metros tengan mucha desviación y disposición inadecuada de los taladros dentro de la malla (burden y espaciamientos altos).
- ✓ Tendremos menor remanipuleo del material y plasteo o voladura secundaria lo cual repercutirá en los costos que son: explosivos, horas hombre, horas equipo, etc.
- ✓ Otro factor que es causa de obtener grandes bancos es la carga inadecuada de los taladros, se usa el mismo sistema de carga para diversos tajos. Como se observó en el campo los tipos de roca en los tajos van variando y se tiene mucha presencia de agua.
- ✓ Debe haber mayor compromiso y asociación en todas las áreas para cumplir las normas y estándares de seguridad y operacional en todas las actividades que se realizan. Dar charlas informativas más frecuente sobre PETS e impartirlos, ya que los trabajadores mayormente no conocen los procedimientos.

#### 4.2.Determinar el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura para reducir costos de operativos del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana

Tras la mejora y el control de las actividades de perforación y voladura se realizó el análisis de la reducción del costo de la perforación y voladura en dos escenarios en la situación actual antes de las mejoras realizadas y en la situación óptima después del mejoramiento y control.

El block mineralizado de la zona baja del nivel 12A, veta Esperanza se viene minando con el método de minado por taladros largos de nivel a nivel, el block tiene una inclinación de 65°, en la siguiente tabla se muestran los parámetros del block mineralizado con los parámetros de perforación y voladura.

**Tabla 14. Cálculo del volumen de producción**

<b>Datos para el calculo Volumen de Produccion en toneladas</b>		
Longitud del tajeo	150.00	m
Ancho de minado	1.20	m
Alto de banco de minado	15.00	m
Longitud Taladro	15.00	m
Densidad	2.70	ton/m3
factor de carga	2.18	kg/m
Dilución	10	%
Recuperación	90	%
<b>Volumen de Produccion</b>	<b>7,290.00</b>	<b>ton</b>

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

#### **Interpretación:**

La longitud del tajeo es de 150 metros, el ancho de minado es de 1.5 metros, la altura de banqueo es de 15 metros al igual la longitud de taladro, la dilución del 10 % y la recuperación del 90 %, realizando el cálculo del volumen de producción es de 7 290.00 toneladas.

En la siguiente figura se muestra el cálculo del número de taladros del tajeo.

**Tabla 15. Cálculo del número de taladros del tajeo**

Datos para el calculo del numero de taladros del tajeo		
Burden:	1.2	m
Espaciamiento:	1.2	m
Broca:	64	mm
RMR	50	Regular A
m por taladro	15	m/tal
Taladros perforados - Produccion	336	tal/tajeo
Metros perforados (produccion)	<b>5033</b>	m
relacion de ton por taladro	<b>22</b>	ton/taladro
<b>Perforacion de Produccion</b>	<b>336</b>	<b>taladros/tajeo</b>

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

**Interpretación:**

De la tabla se puede apreciar el *burden* de 1.2 metros y espaciamiento 1.2 metros, con un RMR de 50 regular roca mineralizada, para la extracción de todo el block los metros perforación de los taladros de producción es de 5033 metros.

El número total de los taladros de producción para todo el tajeo es de 336 taladros perforados. En la siguiente figura se muestra el rendimiento de los aceros del campo operacional

**Tabla 16. Rendimiento de los aceros del campo operacional**

DATOS DE RENDIMIENTOS DE LOS ACEROS EN CAMPO OPERACIONAL			
<i>Vida Útil de Aceros de Perforación En Metros - <b>situacion actual</b></i>	Barra SP T38-RD38-T38 x 5"	1800	m
	Broca Retractil FP T38 x 64MM	350	m
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435 MM	1500	m
<i>Vida Útil de Aceros de Perforación En Metros <b>situacion optima</b></i>	Barra SP T38-RD38-T38 x 5"	2500	m
	Broca Escariadora rimadora T38 X 127 mm ESF	400	m
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435 MM	2200	m

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

**Interpretación:**

El control de los parámetros de perforación en función a la operación como en la mejora de las actividades y tiempos de perforación dieron como resultado dos escenarios como son:

✓ En la situación actual, el rendimiento de la barra de 5 pies es de 1800 mp, la broca retráctil es de 350 mp y el shank adapter es de 1500 mp.

✓ En la situación óptima, el rendimiento de la barra de 5 pies es de 2500 mp, la broca retráctil es de 510 mp y el shank adapter es de 2200 mp.

La mejora del rendimiento de la barra de 5 pies es de 700 mp, la broca retráctil es de 110 mp y el shank adapter es de 700 mp. Para la situación óptima.

#### 4.2.1 Análisis del costo total de la situación actual

El tajeo de la zona baja del nivel 12A, veta Esperanza, en la siguiente tabla se muestra el costo total de perforación y voladura del tajeo de la situación actual.

**Tabla 17. Costo total de perforación y voladura del tajeo - situación actual**

Item	Descripción	Unidad	Cantidades	Rendimiento	Costo Unitario US\$/Unidad	Vida Util	Costo Parcial US\$/gdia	Costo Total (US\$/ton)
<b>1.00 PERFORACION</b>							<b>97,197.19</b>	<b>13.33</b>
1.01	<b>Mano de Obra</b>		<b>indicencia de trabajo (%)</b>	<b>Cantidad de Dias de trabajo</b>			<b>12,869.27</b>	<b>1.77</b>
	Operador de simba S7 D	Gdia	105%	56	62.07	-	3,644.27	
	Ayudante Operador simba S7 D	Gdia	105%	56	40.34	-	2,368.23	
	Mecanico - Electricista de Mina simba S7 D	Gdia	35%	56	80.65	-	1,578.39	
	Choferes Camioneta Mantenimiento	Gdia	35%	56	52.24	-	1,022.34	
	Choferes Camión Servicios, lubricador	Gdia	35%	56	52.24	-	1,022.34	
	<b>Supervisión</b>							
	Ingeniero Jefe de Guardia	Gdia	35%	56	165.23	-	3,233.69	
1.02	<b>Aceros de Perforacion</b>		<b>Cantidad (unidades)</b>	<b>ACEROS MP</b>		<b>MP</b>	<b>44,027.74</b>	<b>6.04</b>
	Barra SP T38-RD38-T38 x 4"	p.p	10	11,474.10	300.85	1800	19,177.68	
	Broca Retractil FP T38 x 64MM	p.p	4	11,474.10	147.90	350	19,394.51	
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435 MM	p.p	2	11,474.10	326.35	1500	4,992.76	
	Copas de Afilado	Jgo.	1	11,474.10	0.04	10000	458.96	
	Aguzadora de copas	Pza	1	11,474.10	0.00	15000	3.82	
1.03	<b>Materiales requeridos</b>			<b>Consumo de materiales</b>		<b>DIAS</b>	<b>9,846.61</b>	<b>1.35</b>
	Tubo de PVC	m.		1,929	4.11		7,928.70	
	Cancamos de anclaje	Pza		40.00	7.51		300.22	
	Reflectores de 500 watt	Pza		20.00	62.51		1,250.17	
	Conos de plastico naranja para SLS	Pza		38.00	59.13	279	8.05	
	Manguera de 1" (70 m)	m		70.00	3.53		247.10	
	Manguera de 1/2" (70 m)	m		70.00	1.60		112.00	
	Plomada	Pza		2.00	10.71	360	0.06	
	CLINOMETRO MOD. SALNT 100 MARCA TAJIMA	Pza		2.00	55.67	360	0.31	
1.04	<b>Equipos</b>			<b>A. D. M</b>			<b>29,186.74</b>	<b>4.00</b>
	Simba	hr.		97.85	286.64	-	28,049.19	
	Combustible	Gal		146.78	7.75	-	1,137.55	
1.05	<b>Herramientas y EPP</b>		<b>Cantidad de EPPs</b>	<b>Total de EPPs</b>			<b>1,266.82</b>	<b>0.17</b>
	Implementos de seguridad	Gdia	2	56	6.28	-	737.56	
	Herramientas	Gdia	1	56	7.04	-	393.59	
	Lamparas Mineras	Gdia	2	56	1.16	-	135.67	
<b>2.00 VOLADURA</b>							<b>20,209.02</b>	<b>2.77</b>
2.01	<b>Mano de Obra</b>		<b>indicencia de trabajo (%)</b>	<b>Cantidad de Dias de trabajo</b>			<b>5,167.06</b>	<b>0.71</b>
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	105%	56	47.67	-	2,798.82	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	105%	56	40.34	-	2,368.23	
2.02	<b>Explosivos y accesorios de voladura</b>						<b>14,751.73</b>	<b>2.02</b>
	Emulsion Exagel 65%, 1 1/2" X 8"	Pza.		1342	0.70		944.77	
	Examon "P" (bls. X 25kg.)	Kg.		9,489.36	0.92		8,730.21	
	Guias Ensambladas Carmex de 7"	Pza.		70.00	1.57		110.18	
	DETONADOR NO ELECTRICO 15.0 M EXCEL	Pza.		1,342.00	3.70		4,960.77	
	Mecha rápida de ignition	m.		20.00	0.29		5.80	
2.04	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>290.23</b>	<b>0.04</b>
	Implementos de seguridad	Gdia	29.34	1.00	6.28	-	184.31	
	Herramientas	Gdia	2.00	7.52	7.04	-	105.92	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/tn)</b>							<b>117,406.21</b>	<b>16.11</b>
Utilidad Costo Directo					10%			1.61
Gastos administrativos					13%			2.09
<b>COSTO TOTAL (US\$/tn)</b>								<b>19.81</b>

**Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

**Interpretación:** de la tabla se muestra

El costo total de perforación y voladura del tajeo - situación actual

- ✓ El costo total de perforación y voladura es de 19,81 \$/t, en este costo incluye utilidad de costos directos y gastos administrativos.
  
- ✓ El costo total de perforación y voladura es de 117 406.21 \$. Este monto incluye utilidad de costos directos en 10 % y gastos administrativos en 13 %, ambos respecto al costo total de perforación y voladura.

#### **4.2.2 Análisis del costo total de la situación óptima**

La mejora de la incidencia del trabajo de los trabajadores frente a las actividades y la mejora del rendimiento de los metros perforados de las piezas de perforación. Este costo total de la situación óptima se evaluó con respecto a toda la extracción de todo el tajeo.

En la siguiente tabla se muestra el costo total de perforación y voladura del tajeo - situación óptima.



**Tabla 18. Costo total de perforación y voladura del tajeo - situación óptima.**

Item	Descripción	Unidad	Cantidades	Rendimiento	Costo Unitario US\$/Unidad	Vida Util	Costo Parcial US\$/gdia	Costo Total (US\$/ton)
<b>1.00</b>	<b>PERFORACION</b>						<b>84,154.28</b>	<b>11.54</b>
1.01	Mano de Obra		incidencia de trabajo (%)	Cantidad de Dias de trabajo			12,869.27	1.77
	Operador de simba S7 D	Gdia	95%	56	62.07		3,297.20	
	Ayudante Operador simba S7 D	Gdia	95%	56	40.34		2,142.69	
	Mecanico - Electricista de Mina simba S7 D	Gdia	25%	56	80.65		1,127.42	
	Choferes Camioneta Mantenimiento	Gdia	25%	56	52.24		730.25	
	Choferes Camión Servicios, lubricador	Gdia	25%	56	52.24		730.25	
	Supervisión	0						
	Ingeniero Jefe de Guardia	Gdia	25%	56	165.23		2,309.78	
1.02	Aceros de Perforacion			ACEROS MP		MP	30,984.83	4.25
	Barra SP T38-RD38-T38 x 4"	p.p	10	11,474.10	300.85	2500	13,807.93	
	Broca Retractil FP T38 x 64MM	p.p	4	11,474.10	147.90	510	13,309.96	
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435 MM	p.p	2	11,474.10	326.35	2200	3,404.16	
	Copas de Afilado	Jgo.	1	11,474.10	0.04	10000	458.96	
	Aguzadora de copas	Pza	1	11,474.10	0.00	15000	3.82	
1.03	Materiales requeridos					DIAS	9,846.61	1.35
	Tubo de PVC	m.		1,929	4.11		7,928.70	
	Cancamos de anclaje	Pza		40.00	7.51		300.22	
	Reflectores de 500 watt	Pza		20.00	62.51		1,250.17	
	Conos de plastico naranja para SLS	Pza		35.00	59.13	279.00	8.05	
	Manguera de 1" (70 m)	m		70.00	3.53		247.10	
	Manguera de 1/2" (70 m)	m		70.00	1.60		112.00	
	Plomada	Pza		2.00	10.71	360.00	0.06	
	CLINOMETRO MOD. SAUNT 100 MARCA TAJIMA	Pza		2.00	55.67	360.00	0.31	
1.04	Equipos			A. D. M			29,186.74	4.00
	Simba	hr.		97.85	286.64		28,049.19	
	Combustible	Gal		146.78	7.75		1,137.55	
1.05	Herramientas y EPP		Cantidad de EPPs	Total de EPPs			1,266.82	0.17
	Implementos de seguridad	Gdia	2	56	6.28		737.56	
	Herramientas	Gdia	1	56	7.04		393.59	
	Lamparas Mineras	Gdia	2	56	1.16		135.67	
<b>2.00</b>	<b>VOLADURA</b>						<b>20,984.89</b>	<b>2.88</b>
2.01	Mano de Obra		incidencia de trabajo (%)	Cantidad de Dias de trabajo			4,674.96	0.64
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	95%	56	47.67		2,532.27	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	95%	56	40.34		2,142.69	
2.02	Explosivos y accesorios de voladura						16,019.70	2.20
	Emulsion Exagel 65%, 1 1/2" X 8"	Pza.		1422	0.70		1,001.09	
	Examon "P" (bls. X 25kg.)	Kg.		10,055.04	0.92		9,250.64	
	Guias Ensambladas Carmex de 7"	Pza.		70.00	1.57		110.18	
	DETONADOR NO ELECTRICO 15.0 M EXCEL	Pza.		1,422.00	3.70		5,256.49	
	Mecha rápida de ignition	m.		20.00	0.29		5.80	
2.04	Herramientas y EPP						290.23	0.04
	Implementos de seguridad	Gdia	29.34	1.00	6.28		184.31	
	Herramientas	Gdia	2.00	7.52	7.04		105.92	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/tn)</b>							<b>105,139.17</b>	<b>14.42</b>
Utilidad Costo Directo					10%			1.44
Gastos administrativos					13%			1.87
<b>COSTO TOTAL (US\$/tn)</b>								<b>17.74</b>

**Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana**

**Interpretación:** de la tabla se muestra

El costo total de perforación y voladura del tajeo - situación optima

- ✓ El costo total de perforación y voladura es de 17,74 \$/t. Este monto no incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos.

- ✓ El costo total de perforación y voladura es de 105 139.17 US\$. Este monto incluye utilidad de costos directos en 10 % y gastos administrativos en 13 % ambos respecto al costo total de perforación y voladura.

#### 4.2.3 Optimización del costo total de la situación óptima

En la siguiente tabla se muestra la optimización del costo total de la situación óptima.

**Tabla 19. Optimización del costo total de la situación óptima**

MES	Situacion actual	Situacion optima
Costo total P y V (US\$/gdia)	↑ 117,406.21	↓ 105,139.17
Costo total P y V (US\$/tn)	↑ 19.81	↓ 17.74
Reduccion del Costo total de P y V ( US\$/gdia)	\$12,267	
Reduccion del Costo total de P y V (US\$/ton)	2.07	

*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

#### Interpretación

La optimización del costo total al realizar la extracción de mineral del tajeo de la zona baja del nivel 12A, veta Esperanza, se mejoró de acuerdo con la situación óptima obteniéndose lo siguiente:

- ✓ La reducción del costo total de P y V es de 12 267 \$/guardia.
- ✓ La reducción del costo total de P y V es de 2.07 \$/toneladas.

Se ve una reducción de costos de perforación y voladura por la optimización del uso de los aceros de perforación y la mejora de las actividades de la perforación y voladura que tienen una influencia significativamente en el costo unitario de perforación

## CONCLUSIONES

1. La longitud del tajeo es de 150 metros, el ancho de minado es de 1.5 metros, la altura de banqueo es de 15 metros al igual la longitud de taladro, la dilución del 10 % y la recuperación del 90 %, realizando el cálculo del volumen de producción es de 7 290 toneladas, para la extracción de todo el block los metros perforación de los taladros de producción es de 5033 metros y el número total de los taladros de producción para todo el tajeo es de 336 taladros perforados.
2. Las actividades que generan más tiempos improductivos son los siguientes: la falla mecánica, el traslado de equipo de labor a labor, la instalación de equipo y preparación de la labor, la charla de capacitación en interior mina, el traslado de equipo de taller a labor, el traslado de equipo a taller, la falla eléctrica del equipo, parada por falta de instalación eléctrica en la labor y el chequeo de máquina (pre uso), en promedio mensual estas actividades generan una demora operativa de 97.86 horas en total.

En la mejora de los tiempos improductivos de las actividades mostradas se obtuvo en promedio mensual: 87.34 horas en total, lográndose reducir así el tiempo improductivo en 10.52 horas perdidas en promedio mensual, los cuales son aprovechados en los trabajos operativos de perforación y voladura.

3. Para la situación actual, el costo total de perforación y voladura es de 19,81 \$/t. El costo total de perforación y voladura es de 117,406.21 \$. Este monto incluye utilidad de costos directos en 10 % y gastos administrativos en 13 %, ambos respecto al costo total de perforación y voladura de para todo el tajeo zona baja del nivel 12A, veta Esperanza.

Para la situación óptima el costo total de perforación y voladura es de 17.74 \$/. El costo total de perforación y voladura es de 105,139.17 \$. Este monto incluye utilidad de costos directos en 10 % y gastos administrativos en 13 %, ambos respecto al costo total de perforación y voladura.

La optimización del costo total al realizar la extracción de mineral del tajeo de la zona baja del nivel 12A, veta Esperanza, se mejoró de acuerdo con la situación óptima obteniéndose lo siguiente:

- ✓ La reducción del costo total de P y V es de \$12,267 \$/guardia
- ✓ La reducción del costo total de P y V es de 2.07 \$/toneladas.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que cada operador, dependiendo de su experiencia, manipule las simbas con mayor o menor velocidad según la roca a perforar y controlando los parámetros de perforación del equipo. En cuanto al pintado de malla de taladros largos, se recomienda tener en cuenta el punto dirección y la rasante para lograr estandarizar a nivel de toda la mina de cuerdo al tipo de roca y dimensión de sección, dado que es un factor importante para la buena performance de la voladura.
2. El colocado de una tapa en la parte superior de la *penberthy* es importante para evitar que ingresen impurezas durante el carguío y así no generar atascamientos; además de tener su línea tierra a fin de evitar inducción durante el carguío y los controles respecto a la perforación, evitar el excesivo traslado del jumbo, el cuidado de aceros; limpieza con anticipación de los frentes para mejorar la perforación y voladura.
3. Se ve una reducción de costos de perforación y voladura por la optimización del uso de los aceros de perforación y la mejora de las actividades de estas, lo que tiene una influencia significativa en el costo unitario de perforación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHOQUE, Juan. Modelo matemático de Langefors para optimizar el diseño de mallas de perforación y voladura de taladros largos – Unidad Yauliyacu. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019, 149 pp
2. HINOSTROZA, Eli. Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2019, 146 pp.
3. MERMA, Alex. Optimización de los estándares en perforación y voladura de taladros largos, para el incremento de la productividad y la reducción de los costos de operación en la cía. Minera Ares S.A.C U. O. Inmaculada. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2018, 143 pp.
4. BARRIENTOS, Ruben y DURAND, Gabriel. Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2020, 101 pp.
5. BALDEON, Miguel. Aplicación del método de explotación taladros largos en vetas angostas sin By Pass - Veta Ramal Alianza de Minera Argentum. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancayo : Universidad Continental, 2021, 103 pp.
6. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA . *Estudio de las reservas y recursos minerales*. Huarochirí : Unidad Minera Americana, 2022.

7. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y PLANEAMIENTO DE LA UNIDAD MINERA CARAHUACRA. *Estudio de las reservas y recursos minerales*. Yauli : Compañía minera Volcan S. A.A , 2019.
8. DEPARTAMENTO DEL AREA DE PLANEAMIENTO. *Informe de estudio de los metodos explotación*. Huarochirí : Unidad minera Alpayana, 2022.
9. ÁREA DE PLANEAMIENTO. *Metodo de explotación bench and fill*. Huarochirí : Unidad minera Alpayana, 2022.
10. CALLA, Jaime. Aplicación de taladros largos en el sistema de vetas Virginia – Mina San Cristobal. [En línea] Yauli : Volcan Compañía Minera S.A.A., 2012.[Fecha de consulta: 17 de setiembre de 2022]  
<https://docplayer.es/36102876-Aplicacion-de-taladros-largos-en-el-sistema-de-vetas-virginia-mina-san-cristobal-ponente-ing-calla-jaime.html>

## **ANEXOS**



## Anexo 1

### Matriz de consistencia

Mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura, para incrementar la producción del método de minado con taladros largos, unidad minera Americana

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo influye el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura, para incrementar la producción del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana?	Determinar el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura, para incrementar la producción del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana.	El mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura influye positivamente, para incrementar la producción del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo influye el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura, para disminuir los tiempos improductivos del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana?	Determinar el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura, para disminuir los tiempos improductivos del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana.	El mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura influye positivamente, para disminuir los tiempos improductivos del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana.
¿Cómo influye el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura, para reducir los costos operativos del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana?	Determinar el mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura, para reducir los costos operativos del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana.	El mejoramiento y control del ciclo de perforación y voladura influye positivamente, para reducir los costos operativos del método de minado con taladros largos, Unidad Minera Americana.

## Anexo 2

### Ficha técnica del explosivo SUPERFAM DOS



**SUPERFAM DOS®**

ANFO

#### Descripción y composición

El SUPERFAM DOS® es un agente explosivo granular compuesto con Nitrato de Amonio en prills grado ANFO, 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.

El Nitrato de Amonio con el cual se fabrica el SUPERFAM DOS® presenta una alta capacidad de retención de petróleo, con lo cual obtenemos un producto más estable, de manera que no migre el combustible después de un prolongado tiempo de fabricación.

#### Usos

El SUPERFAM DOS® se utiliza principalmente en minería superficial como también en minería subterránea, obras civiles y donde el tipo de roca sea blanda o semidura.

El SUPERFAM DOS® es recomendable utilizarlo en labores donde exista una buena ventilación y ausencia de afloramiento de agua, en minería superficial, minería subterránea, obras civiles y trabajos de tunelería.

Cuando se usa en taladros de diámetros convencionales en minería subterránea, con el propósito de optimizar su rendimiento recomendamos iniciarlo con Dinamita tipo Semigelatina® ó Gelatina® ó Emulsiones, tipo Emulnor® 3000; ambas fabricadas por FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. para diámetros mayores, se debe emplear cebos de alta densidad tipo BOOSTER HDP.

#### Características técnicas

		SUPERFAM DOS®
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )		0,80 ± 0,05
Velocidad de detonación (m/s) (*)		3 000 ± 300
Energía teórica	Por peso (cal/g)	932
	Por volumen (cal/cm <sup>3</sup> )	746
Energía relativa	Por peso (%)	100
	Por volumen (%)	100
Presión de detonación (kbar)		51

\* Confinado en tubo de 2 pulgadas de diámetro.

#### Presentación

Se presenta envasado en doble bolsa: la bolsa interior es de polietileno con características impermeables, mientras que la bolsa exterior es de polipropileno, material resistente al manipuleo y almacenamiento en la cual se exhibe la identificación del producto.

Material	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
SUPERFAM DOS® Plástico	25,0	25,3	83,8 x 50,8

#### Transporte

Clase: 1  
División: 1.5D  
N° ONU: 0331



**MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO**  
Los ambientes y acciones de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos seguros, pero en todo momento se debe tener en cuenta el peligro. El adquirente o usuario debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenamiento y uso, así como obtener sobadamente a todo el personal encargado de su manipuleo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. no asume responsabilidad alguna por el transporte al momento de uso asociado que realice el usuario a su producto. El transporte, almacenamiento, manipuleo y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y condiciones por la autoridad competente. Debe ser almacenado en lugares bien ventilados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor, y en concordancia con la tabla de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

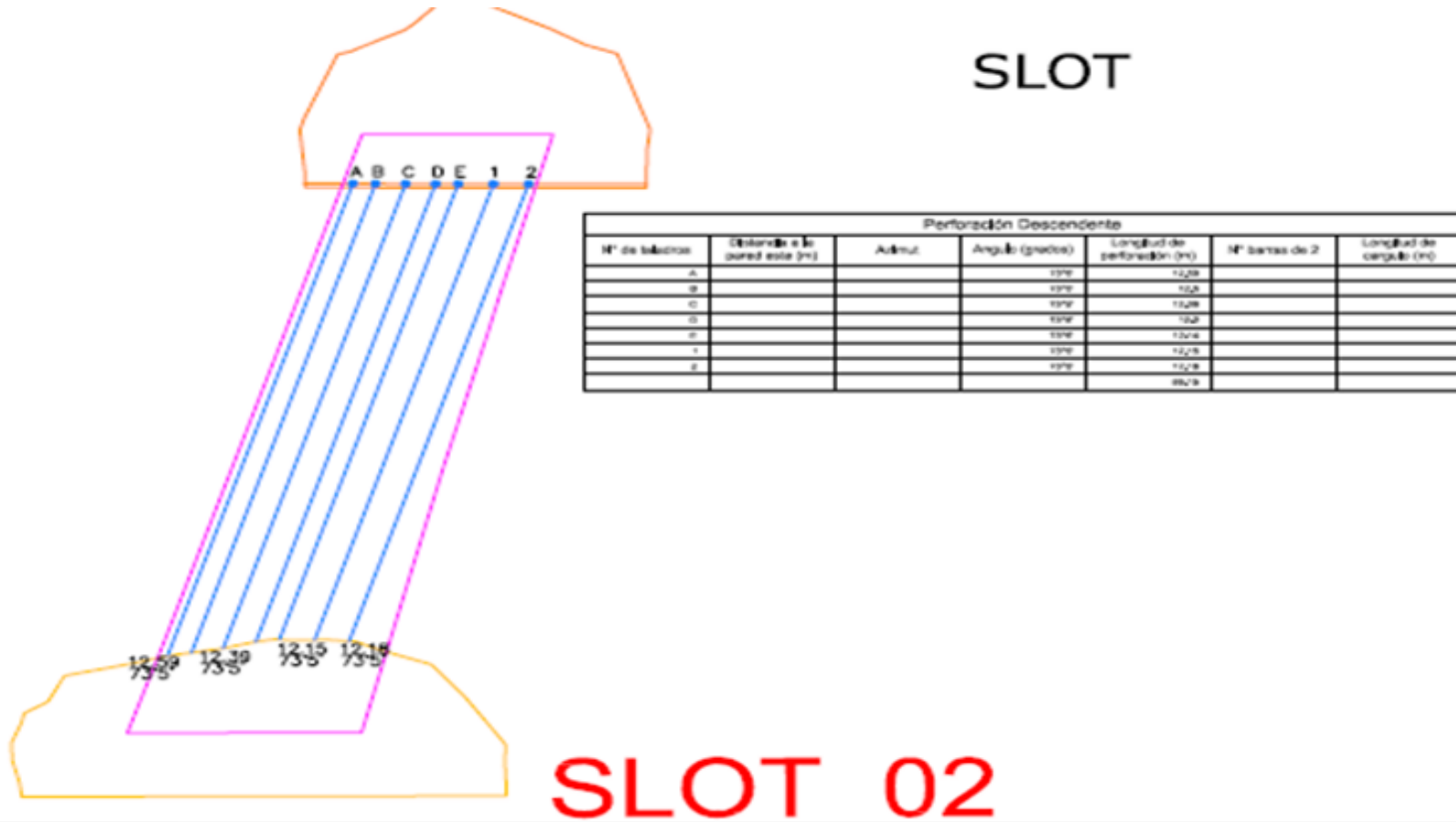
**ATENCIÓN**  
Las instrucciones y recomendación aquí descritos no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto en las distintas condiciones bajo las cuales este sea utilizado. Estas se basan en la experiencia, investigación y pruebas realizadas por FAMESA Explosivos S.A.C., quien no garantiza resultados favorables ni ausencia de responsabilidades legales, después de su uso de conformidad con lo que se establece en estas instrucciones. Este producto puede ser modificado sin previo aviso.



Tomada de Ficha técnica del explosivo SUPERFAM DOS, de la empresa FAMESA explosivos

### Anexo 3

### Caso práctico antes de la voladura



Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana

## Anexo 4

### Control de tiempo del equipo simba

- Primer equipo simba

INICIO 09:40 a.m.

Tiempo Perf. 1Hr 29 min

N°	HORA	TIEMPO		
		Min	seg	mseg
1	9:40	2	: 30	: 50
2		2	: 33	: 57
3		2	: 15	: 74
4		2	: 23	: 73
5		2	: 20	: 38
6		1	: 41	: 70
7		2	: 37	: 35
8		2	: 24	: 25
9		1	: 56	: 91
10		2	: 17	: 29
11		2	: 5	: 95
12		2	: 29	: 66
13		2	: 37	: 39
14		1	: 50	: 72
15		1	: 55	: 62
16		2	: 54	: 66
17		2	: 29	: 92
18		2	: 5	: 95
19		2	: 21	: 41
20		1	: 55	: 36
21		2	: 55	: 40
22		2	: 50	: 20
23		1	: 53	: 30
24		2	: 41	: 20
25		1	: 52	: 27
26		1	: 49	: 24
27		2	: 36	: 78
28		2	: 2	: 34
29		2	: 51	: 20
30		1	: 48	: 40
31		2	: 1	: 57
32		1	: 58	: 15
33		1	: 45	: 20
	12:00	4	: 40	: 30

INICIO: 10:25 a.m.

Tiempo Perf. 1 Hr 0 min

N°	HORA	TIEMPO		
		Min	seg	mseg
1	10:25	2	: 16	: 76
2		2	: 12	: 13
3		2	: 5	: 17
4		2	: 6	: 72
5		2	: 13	: 16
6		2	: 17	: 55
7		1	: 55	: 10
8		2	: 2	: 60
9		2	: 9	: 97
10		2	: 2	: 71
11		2	: 2	: 34
12		1	: 9	: 66
13		2	: 18	: 84
14		1	: 58	: 33
15		2	: 13	: 56
16		2	: 30	: 95
17		2	: 28	: 11
18		1	: 52	: 17
19		2	: 20	: 30
20		2	: 17	: 89
21		1	: 57	: 16
	11:52	5	: 19	: 57

INICIO : 01:50 p.m.

Tiempo Perf. 1 Hr 16 min

N°	HORA	TIEMPO		
		Min	seg	mseg
1	1:50	1	: 45	: 76
2		1	: 56	: 13
3		1	: 56	: 91
4		1	: 15	: 56
5		2	: 23	: 22
6		2	: 35	: 59
7		2	: 23	: 21
8		2	: 12	: 50
9		2	: 25	: 54
10		2	: 17	: 29
11		1	: 12	: 39
12		1	: 53	: 30
13		1	: 41	: 44
14		2	: 1	: 31
15		1	: 56	: 39
16		1	: 49	: 69
17		2	: 1	: 57
18		1	: 46	: 34
19		2	: 0	: 30
20	3:35	1	: 52	: 79
21		1	: 58	: 85
22		2	: 4	: 66
23	3:55	2	: 8	: 65
24		2	: 17	: 81
25		1	: 56	: 94
26	4:15	1	: 44	: 80
27	4:43	2	: 5	: 28
28		2	: 11	: 10
29		2	: 42	: 34
30		1	: 57	: 94
31		1	: 50	: 72
32		2	: 15	: 35
33		2	: 30	: 56
	5:25	4	: 20	: 30

- Segundo equipo simba

HORA DE INICIO 03:22 p.m.

Tiemp Perf. 1 Hr 29 min.

N°	HORA	TIEMPO		
		Min	seg	mseg
1	3:22	2	: 28	: 20
2		2	: 32	: 76
3		1	: 48	: 66
4		2	: 24	: 87
5		2	: 47	: 96
6		1	: 8	: 71
7		1	: 54	: 7
8		1	: 58	: 90
9		2	: 38	: 50
10		2	: 5	: 68
11		2	: 11	: 10
12		1	: 57	: 16
13		2	: 20	: 18
14		2	: 26	: 49
15		1	: 42	: 99
16		1	: 46	: 8
17		1	: 46	: 70
18		1	: 40	: 15
19		1	: 44	: 2
20		1	: 53	: 33
21		1	: 58	: 40
22		2	: 9	: 56
23		1	: 36	: 29
24		1	: 18	: 77
25		1	: 54	: 59
26		1	: 42	: 21
27		1	: 53	: 56
28		1	: 59	: 41
29		1	: 58	: 71
30		1	: 50	: 20
31		2	: 5	: 43
32		2	: 20	: 8
33		2	: 2	: 76
	5:25	5	: 40	: 2

INICIO: 09:44 a.m.

Tiemp. Perf. 1 Hr 9 min

N°	HORA	TIEMPO		
		Min	seg	mseg
1		2	: 45	: 38
2		3	: 39	: 89
3		2	: 33	: 89
4		3	: 11	: 69
5		2	: 25	: 98
6		1	: 49	: 43
7		1	: 48	: 11
8		1	: 49	: 17
9		1	: 49	: 69
10		3	: 6	: 8
11		2	: 8	: 79
12		1	: 35	: 78
13		1	: 48	: 14
14		1	: 35	: 56
15		1	: 39	: 12
16		2	: 9	: 23
17		1	: 20	: 57
18		1	: 44	: 28
19		1	: 43	: 51
20		1	: 44	: 28
21		1	: 20	: 5
22		1	: 33	: 41
23		1	: 23	: 14
24		1	: 36	: 3
25		1	: 24	: 43
26		1	: 25	: 37
27		1	: 30	: 88
28		1	: 58	: 97
29		2	: 11	: 99
30		1	: 29	: 85
31		1	: 39	: 38
32		1	: 20	: 83
33		1	: 20	: 50
	11:50	3	: 20	: 54

INICIO: 02:20 p.m.

Tiemp. Perf. 1 Hr 9 min

N°	HORA	TIEMPO		
		Min	seg	mseg
1	2:20	3	: 0	: 35
2		2	: 6	: 98
3		2	: 28	: 19
4		3	: 42	: 96
5		1	: 50	: 72
6		1	: 33	: 45
7		2	: 28	: 62
8		2	: 22	: 63
9		1	: 28	: 56
10		2	: 37	: 99
11		2	: 25	: 80
12		1	: 52	: 1
13		1	: 30	: 63
14		1	: 42	: 76
15		1	: 23	: 61
16		1	: 29	: 59
17		1	: 27	: 90
18		1	: 32	: 42
19		1	: 59	: 22
20		1	: 56	: 65
21		1	: 35	: 52
22		1	: 36	: 80
23		1	: 34	: 75
24		1	: 46	: 8
25		1	: 30	: 10
26		1	: 38	: 83
27		1	: 24	: 58
28		1	: 27	: 27
29		1	: 46	: 8
30		1	: 36	: 83
31		1	: 23	: 60
32		1	: 48	: 40
33		1	: 39	: 12
	4:25	3	: 25	: 50

Fuente: Área de operaciones mina - Unidad Minera Americana

## Anexo 5

### Diseño de malla de perforación y voladura del método de minado de taladros largos



*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*

## Anexo 6

### Carguío de la malla de perforación y voladura del método de minado de taladros largos



*Tomada del área de Operaciones mina - unidad minera Americana*