

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Reducción del costo operacional, mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, del crucero 212 - nivel 23, Unidad Minera Americana**

Andrea Esther Roque Zeballos  
Jamil Jeff Valdivieso Tomas

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" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

**A** : Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Jesús Fernando Martínez Ildelfonso  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 21 de agosto de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "REDUCCIÓN DEL COSTO OPERACIONAL, MEDIANTE LA MEJORA DE LOS FACTORES Y PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, DEL CRUCERO 212

- NIVEL 23, UNIDAD MINERA AMERICANA", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Andrea Esther Roque Zeballos, Jamil Jeff Valdivieso Tomas, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

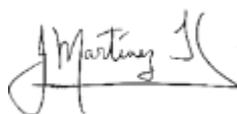
- |  |    |                                     |    |                                     |
|--|----|-------------------------------------|----|-------------------------------------|
| • Filtro de exclusión de bibliografía  | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input type="checkbox"/>            |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20) | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | NO | <input type="checkbox"/>            |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante                    | SI | <input type="checkbox"/>            | NO | <input checked="" type="checkbox"/> |

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Roque Zeballos, Andrea Esther identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70301815, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: “REDUCCIÓN DEL COSTO OPERACIONAL, MEDIANTE LA MEJORA DE LOS FACTORES Y PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, DEL CRUCERO 212 - NIVEL 23, UNIDAD MINERA AMERICANA”, es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

02 de Setiembre de 2023.



---

Roque Zeballos Andrea Esther

DNI. No. 70301815

Cc.  
Facultad  
Oficina de Grados y Títulos Interesado(a)

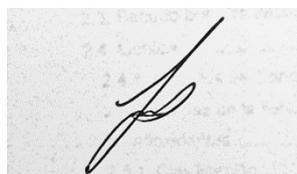
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jamil Jeff Valdivieso Tomas, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 72207766, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "REDUCCIÓN DEL COSTO OPERACIONAL, MEDIANTE LA MEJORA DE LOS FACTORES Y PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, DEL CRUCERO 212 - NIVEL 23, UNIDAD MINERA AMERICANA", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

02 de Setiembre de 2023



---

Jamil Jeff Valdivieso Tomas

DNI. No. 72207766

Cc.  
Facultad  
Oficina de Grados y Títulos Interesado(a)

---

ORIGINALITY REPORT

---

16%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

---

PRIMARY SOURCES

---

1

[repositorio.unamba.edu.pe](https://repositorio.unamba.edu.pe)

Internet Source

2%

2

[repositoriodemo.continental.edu.pe](https://repositoriodemo.continental.edu.pe)

Internet Source

2%

3

[es.scribd.com](https://es.scribd.com)

Internet Source

1%

4

[repositorio.utp.edu.pe](https://repositorio.utp.edu.pe)

Internet Source

1%

5

[repositorio.unsch.edu.pe](https://repositorio.unsch.edu.pe)

Internet Source

1%

6

ASESORES Y CONSULTORES MINEROS S.A. -  
ACOMISA. "Actualización del Plan de Cierre de  
Minas de la Unidad Americana-IGA0007864",  
R.D. N° 332-2017-MEM-DGAAM, 2020

Publication

1%

7

[repositorio.unap.edu.pe](https://repositorio.unap.edu.pe)

Internet Source

1%

---

8	dokumen.tips Internet Source	1 %
9	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Student Paper	1 %
10	repositorio.undac.edu.pe Internet Source	1 %
11	de.slideshare.net Internet Source	1 %
12	docslide.net Internet Source	1 %
13	es.slideshare.net Internet Source	<1 %
14	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	<1 %
15	vsip.info Internet Source	<1 %
16	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	<1 %
17	repositorio.upt.edu.pe Internet Source	<1 %
18	cybertesis.uni.edu.pe Internet Source	<1 %

19	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Student Paper	<1 %
20	vdocuments.mx Internet Source	<1 %
21	documents.mx Internet Source	<1 %
22	dspace.unitru.edu.pe Internet Source	<1 %
23	repositorio.unheval.edu.pe Internet Source	<1 %
24	core.ac.uk Internet Source	<1 %
25	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
26	repositorio.uap.edu.pe Internet Source	<1 %
27	Submitted to Cliffside Park High School Student Paper	<1 %
28	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	<1 %

Exclude quotes

Off

Exclude matches

< 20 words

Exclude bibliography

Off

## **ASESOR**

Ing. Jesús Fernando Martínez Idefonso

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Continental, por formarnos como profesionales.

A los catedráticos de la E. A. P. de Ingeniería de Minas, por sus sabias enseñanzas.

## DEDICATORIA

Yo, Andrea, dedico esta tesis a ti, querido Dios, te doy las gracias por guiar mis pasos, por iluminar mi mente y por darme la fuerza para perseverar incluso en los momentos más desafiantes. Tu infinita sabiduría y amor incondicional me han sostenido en cada etapa de este viaje académico. Reconozco tu gracia y misericordia en cada logro alcanzado y en cada obstáculo superado. Esta tesis es el fruto de tus bendiciones y mi dedicación y te la ofrezco como testimonio de mi fe y gratitud hacia ti.

A ti, mi querida madre Diona Zeballos, te dedico mi tesis con todo mi amor y admiración. Tú has sido mi roca, mi ejemplo de tenacidad y mi mayor fuente de inspiración.

A ti, hermano Edgar Roque, por tus palabras alentadoras, tu apoyo incondicional y tu fe en mí, me han impulsado a alcanzar este logro. A través de sus sacrificios y dedicación, me han enseñado el valor del esfuerzo y la importancia de seguir mis sueños.

Yo, Jamil, dedico este trabajo, a mis padres: Oscar Valdivieso y Nilda Tomas, por la confianza y el apoyo incondicional que me brindaron durante toda mi vida, por el sacrificio y el esfuerzo que ambos pusieron para lograr mis objetivos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
ASESOR .....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	xx
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	22
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	22
1.1.1 Planteamiento del problema .....	22
1.1.2 Formulación del problema .....	23
1.2 Objetivos .....	23
1.2.1 Objetivo general.....	23
1.2.2 Objetivos específicos .....	23
1.3 Justificación e Importancia.....	24
1.4 Hipótesis .....	24
1.4.1 Hipótesis general .....	24
1.4.2 Hipótesis específicas .....	24
1.5 Identificación de variables.....	25
1.5.1 Variable independiente .....	25
1.5.2 Variable dependiente .....	25
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables .....	25
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	26
2.1 Antecedentes del Problema .....	26
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	26
2.2 Generalidades de la unidad minera Americana .....	31
2.2.1 Ubicación y accesibilidad.....	31
2.2.2 Accesibilidad.....	32

2.3 Geología regional.....	33
2.4 Geología local.....	35
2.5 Geología económica.....	36
2.6 Mineralogía.....	36
2.7 Bases teóricas.....	39
2.3.1 Perforación de frentes en la unidad minera Americana.....	39
2.3.2 Equipos de perforación.....	39
2.3.3 Motivos de la demora en la perforación.....	42
2.3.4 Características de los equipos de perforación.....	43
2.3.5 Condiciones y causas básicas de la deficiencia de equipos.....	43
2.3.6 Control y seguimiento de carguío de frentes.....	44
2.3.7 Metodología de trabajo.....	44
2.3.8 Pruebas con voladura controlada.....	45
2.3.9 Diferencias entre voladura convencional y controlada.....	46
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO.....	47
3.1 Método y alcances de la investigación.....	47
3.1.1 Métodos de la investigación.....	47
3.1.2 Alcances de la investigación.....	47
3.2 Diseño de la investigación.....	48
3.3 Población y muestra.....	48
3.3.1 Población.....	48
3.3.2 Muestra.....	48
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	48
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	48
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	48
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1 Reducción del costo operacional mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.....	49
4.1.1 Evaluación situacional del diseño de malla de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.....	49
4.1.2 Evaluación situacional de los factores y parámetros de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.....	52

4.2 Reducir el costo operacional mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura en el Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.....	57
4.2.1 Mejora de la malla de perforación y voladura situación óptima .....	57
4.2.2 Mejora de los tiempos improductivos de la situación óptima .....	60
4.3 Reducir el costo operacional mediante la mejora del avance lineal de la perforación y voladura en el Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.....	63
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES .....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
ANEXOS .....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	25
Tabla 2. Coordenadas UTM .....	31
Tabla 3. Accesibilidad a la unidad minera Americana .....	33
Tabla 4. Monitoreo de resultados de la perforación y voladura .....	40
Tabla 5. Diferencias de una voladura controlada y una voladura convencional o tradicional .....	46
Tabla 6. Descripción del diseño de malla de perforación y voladura en la situación actual.....	51
Tabla 7. Parámetros de perforación del equipo frontonero S1D, evaluado en la situación actual.....	54
Tabla 8. Actividades de los tiempos improductivos de la situación actual de la unidad minera Americana .....	55
Tabla 9. Descripción del diseño de malla de perforación y voladura en la situación óptima.....	59
Tabla 10. Actividades de los tiempos improductivos de la situación óptima ....	61
Tabla 11. Parámetros de perforación y voladura situación actual .....	64
Tabla 12. Estructura de costos de perforación y voladura del Crucero 212 del nivel 23.....	65
Tabla 13. Parámetros de perforación y voladura situación óptima.....	66
Tabla 14. Estructura de costos de perforación y voladura del Crucero 212 del nivel 23 -situación óptima.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la unidad minera Americana .....	32
Figura 2. Columna estratigráfica de la unidad minera Americana .....	34
Figura 3. Área de influencia de la detonación de explosivos de los frentes de avance de la unidad minera Americana.....	39
Figura 4. Monitoreo de las horas efectivas de perforación de los frentes de avance de la unidad minera Americana.....	41
Figura 5. Resultados del monitoreo de las horas efectivas de perforación de los frentes de avance de la unidad minera Americana, .....	42
Figura 6. Situación actual diseño de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.....	50
Figura 7. Tiempos improductivos de la situación actual operacionales y Boomer S1D - unidad minera Americana .....	56
Figura 8. Situación óptima del diseño de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.....	58
Figura 9. Tiempos improductivos de la situación óptima operacionales y Boomer S1D - unidad minera Americana .....	62

## RESUMEN

En la unidad minera Americana, en los trabajos de desarrollo, se vienen teniendo deficiencias en la perforación y voladura de los frentes de avance. Existe problemas en el paralelismo del taladro, tiros cortados, mala fragmentación, sobre rotura de la labor y un elevado consumo de explosivos y accesorios, así como también un elevado consumo de las herramientas de perforación, todas estas deficiencias generan retraso en la programación.

Esto repercute en el avance lineal de la labor de desarrollo, generando menor avance y menor productividad, elevando las pérdidas económicas en el replanteo de la voladura secundaria o mayor sostenimiento por la sobre rotura que pueda existir.

En esta investigación, se busca optimizar el costo de perforación y voladura por avance lineal del crucero 212, por medio de la mejora de los factores y parámetros que intervienen en la perforación y voladura a fin de que sea factible y viable el nuevo diseño de malla de perforación y voladura a desarrollar en el Crucero 212.

En la situación actual, se ha realizado la perforación con barra de 12 pies lográndose un avance de efectivo de 9 pies. Esto quiere decir que se ha tenido deficiencias tanto en los factores y parámetros de perforación generando así voladuras secundarias. Respecto al consumo de explosivos, se tuvo un factor de carga 2.38 kilogramos de explosivo por metros cúbicos y un factor de avance lineal 32.78 kilogramos de explosivo por metros lineales, lo que refleja las malas prácticas operativas dentro de las actividades de perforación y voladura respectivamente. Así, se encontraron deficiencias de los parámetros y factores de la perforación y voladura, por lo que se procedió a realizar controles de las operaciones para mejorar las practicas operativas.

En la situación actual, se tuvo las siguientes actividades que generan más tiempos improductivos: la falla mecánica tiene en promedio, 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 maquina (preuso). En promedio mensual, estas actividades generan una demora operativa de 97.91 horas en total.

En la situación óptima se tuvo las siguientes actividades que generan más tiempos improductivos: el traslado de equipo de labor a labor, la Instalación de equipo y preparación de la labor, falta de movilidad para ingreso a mina, charla y/o capacitación en interior mina, chequeo máquina (preuso) y el desatado de labor. Se mejoró los tiempos improductivos respecto a la situación actual. En promedio mensual, las actividades que generan tiempos improductivos en total fueron de 86.90 horas. La mejora de los tiempos improductivos es de 11.01 horas en promedio mensual, lo que se aprovechó para los trabajos de operación en la perforación y voladura.

**Palabras clave:** mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura

## **ABSTRACT**

At the Americana Mining Unit, in the development works there are deficiencies in the drilling and blasting of the advance fronts, there are problems in the parallelism of the drill, cut shots, poor fragmentation, overburden of the work and a high consumption of explosives and accessories, as well as a high consumption of drilling tools, all these deficiencies generate delay in the programming.

This has repercussions in the linear advance of the work: of development, generating less advance and less productivity, increasing the economic losses in the setting out of the secondary blasting or greater support due to the over breakage that may exist.

This research seeks to optimize the cost of drilling and blasting by linear advance of the cruise 212, by improving the factors and parameters involved in drilling and blasting in order to make it feasible and viable the new design of drilling and blasting mesh to be developed in the cruise 212.

In the current situation, drilling has been carried out with a 12-foot rod, achieving an effective advance of 9 feet, which means that there have been deficiencies in the drilling factors and parameters, thus generating secondary blasting. Regarding explosive consumption, there was a load factor of 2.38 kilograms of explosive per cubic meter and a linear advance factor of 32.78 kilograms of explosive per linear meter, reflecting the bad operating practices within the drilling and blasting activities, respectively. Deficiencies were found in the parameters and factors of drilling and blasting, which proceeded to carry out controls of the operations to improve the operational practices.

In the current situation, the following activities generated the most unproductive time: mechanical failure, transfer of equipment from work to work, installation of equipment and preparation of the work, training talk inside the mine, transfer of equipment from workshop to work, transfer of equipment to workshop, electrical failure of equipment, stoppage due to lack of electrical installation in the

work and machine check (pre-use). On a monthly average, these activities generate a total operating delay of 97.91 hours. In the optimal situation, the following activities generated more unproductive time: moving equipment from work to work, installation of equipment and preparation of the work, no mobility to enter the mine, talk and/or training inside the mine, checking the machine (pre-use) and untying the work. The improvement of the unproductive times is 11.01 hours in monthly average, which has been used for the operation works in drilling and blasting.

**Key words:** Improvement of drilling and blasting factors and parameters.

## INTRODUCCIÓN

En la unidad minera Americana, en los trabajos de desarrollo, se vienen teniendo deficiencias en la perforación y voladura de los frentes de avance. Existe problemas en el paralelismo del taladro, tiros cortados, mala fragmentación, sobre rotura de la labor y un elevado consumo de explosivos y accesorios, así como también un elevado consumo de las herramientas de perforación, todas estas deficiencias generan retraso en la programación.

Esto repercute en el avance lineal de la labor de desarrollo, generando menor avance y menor productividad, elevando las pérdidas económicas en el replanteo de la voladura secundaria o mayor sostenimiento por la sobre rotura que pueda existir.

En la situación actual, se tuvo las siguientes actividades que generan más tiempos improductivos: la falla mecánica tiene en promedio, 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 maquina (preuso). En promedio mensual, estas actividades generan una demora operativa de 97.91 horas en total.

En la situación óptima se tuvo las siguientes actividades que generan más tiempos improductivos: el traslado de equipo de labor a labor, la Instalación de equipo y preparación de la labor, falta de movilidad para ingreso a mina, charla y/o capacitación en interior mina, chequeo máquina (preuso) y el desatado de labor. Se mejoró los tiempos improductivos respecto a la situación actual. En promedio mensual, las actividades que generan tiempos improductivos en total fueron de 86.90 horas. La mejora de los tiempos improductivos es de 11.01 horas en promedio mensual, lo que se aprovechó para los trabajos de operación en la perforación y voladura.

El costo directo de perforación y voladura de la situación actual es de 1,307.26 \$/m. La utilidad del costo directo de la perforación y voladura (el 10 % del costo directo de perforación y voladura) es de 130.73 \$/m. El costo de los gastos generales (el 22 % del costo directo de perforación y voladura) es de 293.13. Ascendiendo un costo total de perforación y voladura de 1,731.12 \$/m.

El costo directo de perforación y voladura de la situación óptima es de 1,111.01 \$/m. La utilidad del costo directo de la perforación y voladura (el 10 % del costo directo de perforación y voladura) es de 111.10 \$/m. El costo de los gastos generales (el 22 % del costo directo de perforación y voladura) es de 243.12. Ascendiendo un costo total de perforación y voladura de 1,471.24 \$/m. Se logra una optimización de 259,88 \$/m, respecto a la situación óptima.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

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

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

La mayoría de las compañías o empresas mineras a nivel mundial están sometidas a los precios de los metales del mercado internacional. La reducción de los costos operativos es fundamental y de suma importancia. Los trabajos de perforación en toda empresa minera se realizan en el día a día por ser una de las operaciones principales en la preparación y desarrollo.

Las empresas mineras en el Perú, en la operación de perforación, siguen unos rigurosos parámetros de perforación para luego estandarizarlos y seguir optimizando el proceso. La reducción del costo por metro perforado ayuda a reducir el costo final de perforación, lo que es beneficioso para la empresa minera

En la unidad minera Americana, en los trabajos de desarrollo, se vienen teniendo deficiencias en la perforación y voladura de los frentes de avance. Existe problemas en el paralelismo del taladro, tiros cortados, mala fragmentación, sobre rotura de la labor y un elevado consumo de explosivos y accesorios, así como también un elevado consumo de las herramientas de perforación, todas estas deficiencias generan retraso en la programación.

Esto repercute en el avance lineal de la labor de desarrollo, generando menor avance y menor productividad, elevando las pérdidas económicas en el replanteo de la voladura secundaria o mayor sostenimiento por la sobre rotura que pueda existir.

En esta investigación, se busca optimizar el costo de perforación y voladura por avance lineal del crucero 212, por medio de la mejora de los factores y parámetros que intervienen en la perforación y voladura a fin de que sea factible y viable el nuevo diseño de malla de perforación y voladura a desarrollar en el Crucero 212.

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo será la reducción del costo operacional, mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo se hará la reducción del costo operacional, mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana?
- ¿Cómo se hará la reducción del costo operacional, mediante la mejora del avance lineal de la perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Reducir el costo operacional, mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Reducir el costo operacional, mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.

- Reducir el costo operacional, mediante la mejora del avance lineal de la perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.

### **1.3 Justificación e Importancia**

En la unidad minera Americana, en los trabajos de desarrollo, se vienen teniendo deficiencias en la perforación y voladura de los frentes de avance. Existe problemas en el paralelismo del taladro, tiros cortados, mala fragmentación, sobre rotura de la labor y un elevado consumo de explosivos y accesorios, así como también un elevado consumo de las herramientas de perforación, todas estas deficiencias generan retraso en la programación.

Esto repercute en el avance lineal de la labor de desarrollo generando menor avance y menor productividad, elevando las pérdidas económicas en el replanteo de la voladura secundaria o mayor sostenimiento por la sobre rotura que pueda existir.

En esta investigación, se busca optimizar el costo de perforación y voladura por avance lineal del crucero 212, por medio de la mejora de los factores y parámetros que intervienen en la perforación y voladura a fin de que sea factible y viable el nuevo diseño de malla de perforación y voladura a desarrollar en el Crucero 212.

### **1.4 Hipótesis**

#### **1.4.1 Hipótesis general**

La reducción del costo operacional será factible y viable con la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.

#### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- La reducción del costo operacional será factible y viable con la mejora del diseño de malla de perforación y voladura del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.
- La reducción del costo operacional será factible y viable con la mejora del avance lineal de la perforación y voladura del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.

## 1.5 Identificación de variables

### 1.5.1 Variable independiente

Reducción del costo operacional.

### 1.5.2 Variable dependiente

Mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura.

### 1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

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

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I: Reducción del costo operacional	Es la reducción del costo de avance de los frentes de preparación, mejorando las deficiencias en los trabajos de perforación y voladura que están relacionadas a la evaluación de las desviaciones de los taladros de perforación, al tipo de roca que se va a perforar y al equipo (Jumbo). Todos deben ser analizados para la reducción del costo por metro lineal de perforación y voladura.	<p>Evaluación de la caracterización geomecánica</p> <p>Evaluación del costo unitario de perforación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso</li> <li>• Familias de discontinuidades</li> <li>• Parámetros de las discontinuidades</li> <li>• P.U. de la mano de obra (\$/m)</li> <li>• P.U. de las herramientas (\$/m)</li> <li>• P.U. de los implementos de seguridad (\$/m)</li> <li>• P.U. de la perforación barra (\$/m)</li> <li>• P.U. de la voladura</li> <li>• Costo de la perforación y voladura por metro lineal (\$/m).</li> </ul>
V.D: Mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura	Es la mejora por medio de estrategias y metodologías, para gestionar el control de los factores y parámetros de perforación y voladura con el objetivo de reducir las pérdidas de aceros de perforación y explosivos y accesorios, evaluando según el tipo de roca a perforar y al factor operativo del equipo jumbo, ejecutado por el operador del equipo.	Evaluación de los factores y parámetros de perforación y voladura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud de perforación (m)</li> <li>• Burden (m)</li> <li>• Espaciamiento (m)</li> <li>• Disparo efectivo (m)</li> <li>• Eficiencia de perforación y voladura (%)</li> <li>• Factor de carga (kg/ton)</li> <li>• Factor de potencia (kg/m3)</li> </ul>

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del Problema

##### 2.1.1 Antecedentes nacionales

a) Tesis titulada: "*Aplicación del método matemático de Holmberg para reducir el costo unitario de perforación y voladura en la unidad minera Parcoy*" realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para desarrollar la aplicación del método matemático de Holmberg para reducir el costo unitario de perforación y voladura en la Unidad Minera Parcoy. (1). Además, la metodología tiene las siguientes características (1):

- En el escenario actual, la perforación se realiza con una barra de 10 pies y se está empleando un solo tipo de explosivo: Semexsa 1- 1/8" 12". El uso de un solo explosivo para toda la malla de perforación y voladura generó deficiencias en la estabilidad del macizo rocoso ya que se cuenta con una roca RMR 41-50 respectivamente, teniendo en cuenta estos dos parámetros de perforación y voladura, el costo total del diseño de la malla de perforación y voladura para el escenario actual asciende a S/. 1,597.62 por metro (1).
  
- En un escenario óptimo, se utilizaron dos explosivos: Semexsa 45% 1-1/8" x 12" y Esxablock 1-1/8"x8", los cuales ayudaron a mejorar la inestabilidad del macizo rocoso, también se incrementó la producción luego del cambio de la barra de perforación de 10 a 14 pies con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura

y el costo total del diseño para el escenario óptimo, asciende a S/. 1,212.51 por metro, optimizando en S/. 385.11 (1).

- En la actualidad, con una barra de 10 pies se ha avanzado 100 metros con 37 disparos, empleando una barra de 14 pies con 26 disparos se cumple el avance de los 100 metros. Por lo tanto, se tiene una reducción de 11 disparos (1).
- b) Tesis titulada: “*Optimización del diseño de perforación y voladura para reducir el costo en el desarrollo de la galería 5361, empresa minera Vicus S. A. C.*” realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para calcular la optimización del diseño de perforación y voladura para reducir el costo en el desarrollo de la Galería 5361, empresa minera Vicus S.A.C. (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2).
- A través de la optimización de perforación y voladura, se logró reducir los costos unitarios tanto en perforación y voladura, a su vez se controla mejor la sobre rotura y deficiencias en perforación (2).
  - La optimización del avance lineal se dio en base a la aplicación del modelo matemático de R. Holmberg, lo cual nos ayudó a obtener un avance efectivo eficiente de 1.68 m en barras de 6 pies y 2.24 en barras de 8 pies respecto a la situación actual (2).
  - Mediante la aplicación del modelo matemático de R. Holmberg, se evaluó en dos escenarios: en la situación actual, el avance efectivo es de 1.44 metros lineales con un costo total de la unidad valorizada por metro lineal de avance de S/1212.98 soles y la utilidad obtenida por metro de avance es el 8.5 % del costo total directo; en la situación óptima, una vez aplicado el modelo matemático Holmberg, se mejoró los parámetros de perforación y voladura, obteniéndose un costo total de la unidad valorizada en función al metro de avance lineal de S/1044.84 soles. La utilidad obtenida por metro de avance es el 10 % del costo total directo. Esto refleja que el trabajo se realiza en menor tiempo y en menor número de disparos (2).

- Con la optimización del diseño perforación y voladura, se logró una reducción del costo por metro lineal, la cual se evaluó en dos escenarios: en la situación actual, el diseño de la perforación y voladura, con barra de 6 pies, para el tramo de los 200 metros lineales, se tendría que realizar 139 disparos entre día y noche, el costo de la perforación y voladura para terminar el proyecto es de S/. 68,448.09 soles; en la situación óptima, tras la mejora en el avance efectivo de 1.68 m con barra de 6 pies para el tramo de los 200 metros, se tendría que realizar 119 disparos entre guardias de día y noche con una diferencia de 20 disparos, el costo de la perforación y voladura para el proyecto es de S/. 124,201.05 soles. Logrando una reducción de costo de S/. 44,247.04 soles (2).

c) Tesis titulada “*Diseño de malla de perforación para reducción de costos en labores de sección 8´x8´, Gal 9169—S y Xc 10564—SW del nivel 2870, U. P. San Andrés - La Libertad, 2018*” realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para demostrar el diseño de malla de perforación y la carga explosiva óptima para reducir los costos en labores de secciones de 8´x8´ en la Galería 9169—S y Crucero 10564—SW del nivel 2870, unidad de producción San Andrés - La Libertad, 2018 (3). Además, la metodología tiene las siguientes características (3):

- El estudio de la geomecánica es indispensable para el control de la inestabilidad de la roca circundante a la excavación y control de la perforación y voladura en la U. P San Andrés, los parámetros geomecánicos que se han utilizado para el diseño de malla de perforación fueron la Resistencia a la compresión simple de la roca ( $\sigma_c$ ), Índice de calidad de roca (RQD), RQD equivalente (ERQD), Rock mass rating (RMR), Factor de corrección para resistencia de discontinuidades de la roca (JSF). Para el control de la inestabilidad es fundamental determinar el tipo de roca empleando los sistemas de clasificación geomecánica e indicar la instalación de un sostenimiento apropiado que garantice la seguridad del proceso minero, la Galería 9169—S se encuentra en rocas dioritas con moderada argilización y granodioritas silisificadas calificado como roca regular III B y el Crucero 10564—SW se encuentra en roca tipo pórfido granodiorita con moderada argilización y granodiorita silisificada calificado como roca mala IV A (3).

- La malla de perforación adecuada que permite la reducción de costos de perforación en la U. P. San Andrés, en la Galería 9169—S en la que se diseñó un amalla de perforación con 35 taladros cargados y 2 taladros de alivio, reduciendo 5 taladros respecto a la anterior malla, siendo el factor de carga  $1,78 \text{ kg/m}^3$ , para un sostenimiento con barra helicoidal y malla no galvanizada, de la misma forma para el Crucero 10564—SW se diseñó un amalla de perforación con 36 taladros cargados y 2 taladros de alivio, reduciendo 5 taladros respecto a la anterior malla, siendo el factor de carga  $1,15 \text{ kg/m}^3$ , el sostenimiento es con cuadros de madera de 8 pulgadas de diámetro, por esta razón la sección de corte es de  $10' \times 10'$ , sin embargo, la sección de luz es de  $8' \times 8'$ , además se consideró en el diseño de malla de perforación dos taladros adicionales en los extremos del piso con los hastiales (cuneta y patilla) para dar facilidades en la instalación de sostenimiento con cuadros de madera, la longitud de barra de barra de perforación en ambos casos es de 6' alcanzando una eficiencia de perforación del 92 % y avances de 1,65 m que representa el 95 % de eficiencia de voladura (3).
- La relación entre el diseño de malla de perforación y voladura y su efecto en la reducción de costos en la U. P. San Andrés, para el caso de la Galería 9169—S en la que en un inicio se cargaba 40 taladros de 6 pies a un 90 % de eficiencia de perforación, logrando un avance promedio de 1,45 m y el costo unitario por metro de avance ascendían a S/.710,17, con la nueva malla de perforación propuesta se cargan 35 taladros de 6 pies con una eficiencia de perforación al 92 %, alcanzando un avance 1,60 m y reduciendo el costo unitario por metro de avance a S/.572,54, del mismo modo para el Crucero 10564—SW en un inicio se cargaba 41 taladros de 6 pies a un 90 % de eficiencia de perforación, alcanzando un avance promedio de 1,50 m y el costo unitario de por metro de avance ascendía a S/.699,41, con la nueva malla de perforación propuesta se cargan 36 taladros de 6 pies con una eficiencia de perforación al 92 %, alcanzando un avance de 1,60 m y reduciendo el costo unitario por metro de avance a S/.571,11, la sobre rotura se redujo de 10 % a 5 % en ambos casos (3).

d) Tesis titulada: " *Implementación de voladura controlada para la reducción de costos unitarios – caso de estudio*" realizada en la Universidad Tecnológica del

Perú. El objetivo del estudio fue obtener la Reducción de los costos unitarios en el transcurso de perforación y voladura a través de la implementación de voladura controlada - caso de estudio. (4). Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- Este diseño según Holmberg permite una mejor distribución de energía en el frente de perforación (4).
- Las mediciones geomecánicas para la clase de roca planteada son RMR= 47, GSI = 60, RQD = 88.6 % (4).
- Se realizó un total de 48 taladros de producción y 1 de alivio en una roca (regular A) donde se hacen perforaciones y voladuras en la galería (4).
- El componente de energético es de 13.99 MJ/TN (4).
- El componente de carga es de 0.27 kg/m<sup>3</sup> (4).
- El avance por disparo mejora acercándose al 95 % (4).
- Por medio de la mejora la malla de excavación se logra una reducción de un 25 % de fallas de perforación y voladura a comparación con los anteriores meses (4).
- Se obtuvo una disminución de los costos operativos en 52.59 \$/m (4).

e) Tesis titulada: " *Optimización de la perforación y voladura para reducción de costos operativos en Minera Aurífera Retamas - 2021*" realizada en la Universidad Nacional del Centro del Perú. El objetivo del estudio fue determinar cómo Establecer de qué manera la optimización de la perforación y voladura influye en la reducción de los costos operativos en Minera Aurífera Retamas (5). Además, la metodología tiene las siguientes características (5):

- La optimización de la perforación y voladura en frentes influye positivamente en la reducción de los costos operativos en Minera Aurífera Retamas (5).

- El seguimiento de las actividades de perforación y voladura permitieron identificar las deficiencias en cada una de las actividades y permitió la optimización de estas (5).
- El costo total por metro lineal es de 400,15 \$, existiendo una diferencia de 19,85 \$/ML, con el costo base por disparo, lo representa el 4,7 % de ahorro por disparo (5).
- El rendimiento principal es el avance por disparo, con barrenos de 6 pies se perforó taladros de 1,65 m y el avance es 1,60 metros lo que significa el 97 % de la longitud del taladro, superando el 95 % establecido como meta (5).
- Para optimizar el avance por disparo en el caso de los arranques se usó un arranque con tres taladros de alivio y 6 con carga; y otro arranque con cinco taladros de alivio y siete taladros con carga (5).

## 2.2 Generalidades de la unidad minera Americana

### 2.2.1 Ubicación y accesibilidad

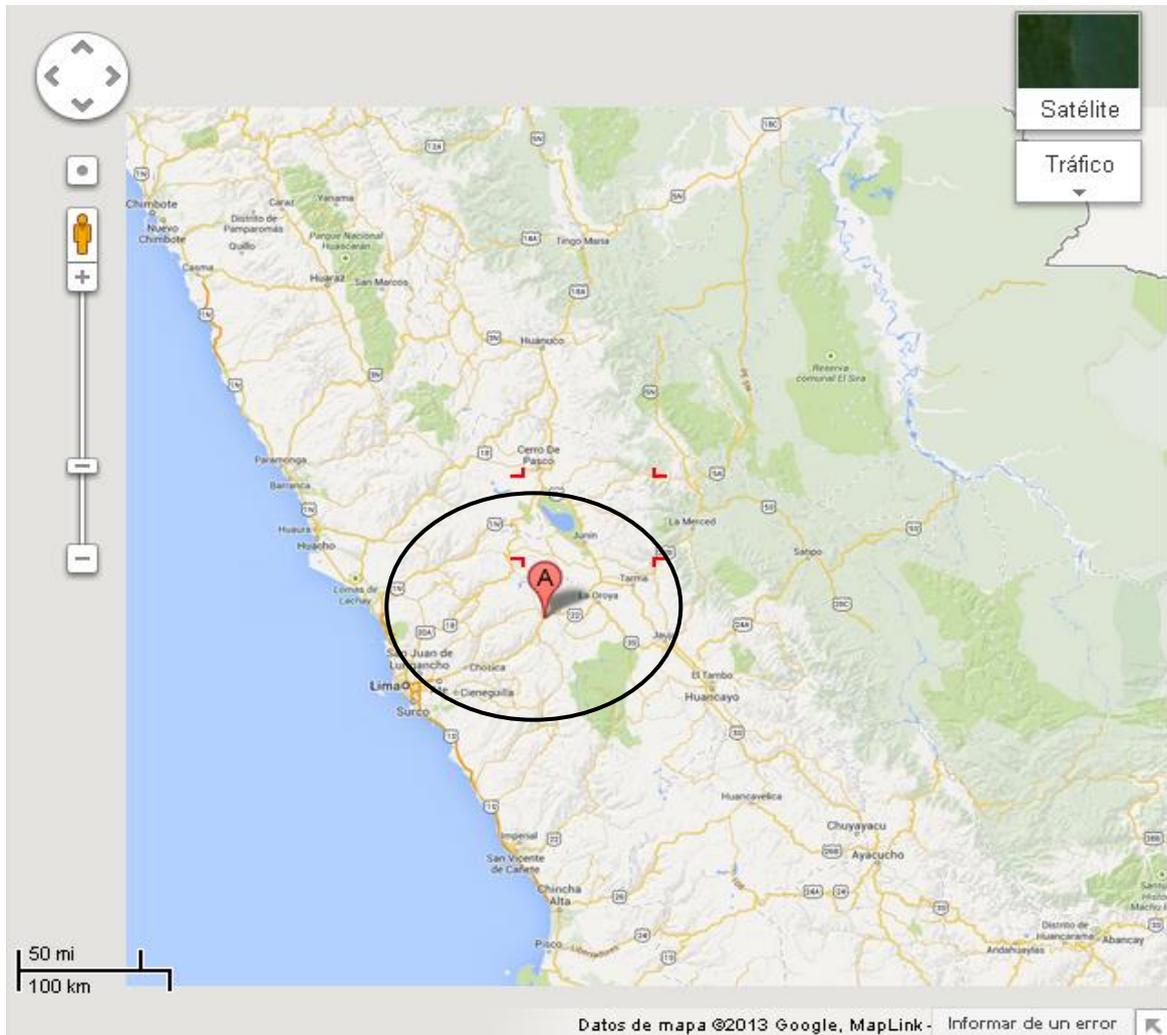
La unidad minera Americana está políticamente ubicada en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Geográficamente está localizada en la zona central, flanco occidental de la cordillera de los Andes; entre las coordenadas 11° 30' de latitud sur y 76° 10' de longitud oeste, 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 UTM son:

**Tabla 2. Coordenadas UTM**

Coordenadas UTM PSAD-56	
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 una vía de acceso que permiten llegar al campamento minero.

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

Ruta	Distancia (km)	Carretera	Tiempo aproximado
Lima - Casapalca	122	Asfaltada	4 hr
Casapalca - Unidad Minera Americana	2	Afirmada	0.5 hr
<b>Total</b>	<b>124</b>		<b>4.5 hr</b>

### 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)

#### a) 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	Depósitos aluviales, coluviales, fluvio-glaciares y glaciares		
		Medio	Formación Río Blanco		Talca, lapillo de color rojo, intercalados con brechas tabulares, flujos volcánicos; algunos capos de caliza en la base. +500 m	Veta Asajendo, Veta Rey.	
	Terciario	Inferior		Formación Bellavista		Capas delgadas de caliza de color gris; algunas intercalaciones de caliza gris oscura con nodulos de sílice, lutitas y yesos. 200 - 900 m.	Veta Asajendo, Veta Juanda, Veta Victoria, Vetas Lichicocha, Veta Rey
				Miembro Yatuyacu		Talca silíceas 100 - 400 m	
				Miembro Calles Francisco		Flujos andesíticos masivos y brechas volcánicas de lutita porfírica, generalmente sobre gris oscuro a verde. 500 - 1.300 m.	Vetas: Oroya, Oroya Pico, Ximera, Ximera Pico, Verónica, Mariscal, San Antonio, Reyvaldo, Rey, Jaimita, Carolina, Americana, Escandida Cuerpos: Carmita, Oroya, Oroya Pico
				Miembro Leblechaca		Talca y brechas volcánicas, aglomerados, conglomerados y roca porfírica efusiva. 100 - 400 m.	
				Miembro El Carmen		Conglomerados y capas de caliza intercaladas con arenisca y lutita. 100 - 300 m.	Cuerpos: Soberana, Vivian, Patricia, Patty, Carmen, Conchita, Escandida, Clara Vetas: Ximera y Mariana
				Miembro Capax Rojas		Arenas y lutitas calcáreas color rojo + 2.000 m.	Cuerpos: Veta, Anita, Mery D, Sofia, Soberana, Emilia, Emilia Nelly, Vilella, Esperanza, Esperanza Norte, Esperanza Diamante, Esperanza Pico, Esperanza Tanka, Desamparada, Ana, Esperanza Pico, Dolores Ma. Chana, Chana 2da, Chana Diamante, Potosí, Rosa, Riquiza Vetas: Esperanza, Esperanza Pico, Esperanza Pico 2, Chana, Verónica, Mariana Pico, Escandida, D, O, D
MESÓZOICO	Cretácico	Superior					

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

### b) 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 porfiríticos, 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 disseminaciones; 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 morénico-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).

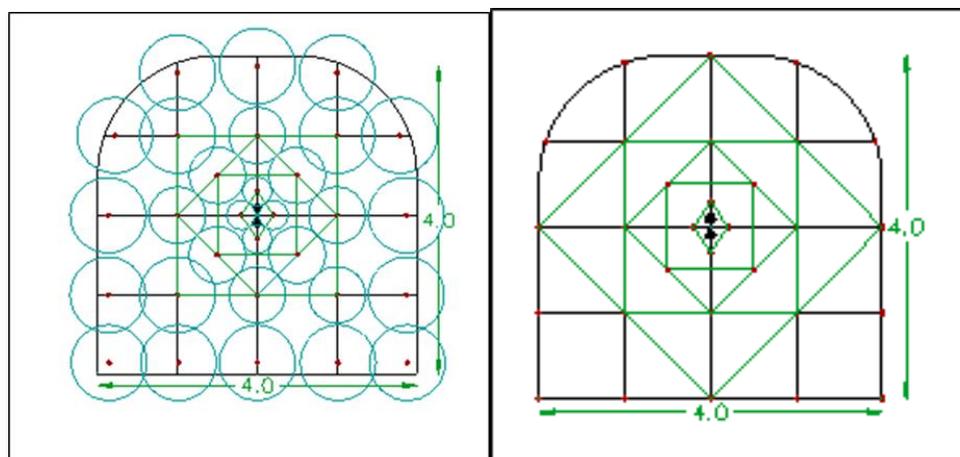
Adicionalmente tenemos la presencia de surtidos de varios aspectos y grados que han expandido la creación ampliamente, ampliando en borde extraordinario la existencia útil de la mina, a esto se agregan los trabajos de investigación que se realizan continuamente (7).

## 2.7 Bases teóricas

### 2.3.1 Perforación de frentes en la unidad minera Americana

Los proyectos de perforación en frentes de avance se realizan con la finalidad de explorar, desarrollar y preparar, para la acumulación de taladros largos (simba), que la requiere el tipo de explotación (sublevel stoping) (8).

El diseño de la malla y las áreas de influencia de cada taladro cargado en frentes de avance es como en la figura, con una sección de 4 x 4 m generando taladros de producción de 51 mm y taladros de alivio de 106 mm de diámetro, para este caso el burden teórico es de 15 cm, en la práctica el burden es cercano al valor del burden real; y los equipos de perforación se detallan en las siguientes páginas (8).



**Figura 3. Área de influencia de la detonación de explosivos de los frentes de avance de la unidad minera Americana**  
*Tomada del Departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera Americana*

### 2.3.2 Equipos de perforación

Los equipos de perforación (jumbo) son utilizados en labores de exploración, desarrollo y preparación (9).

### a) Boomer

Este equipo es un jumbo hidráulico de un brazo. Empezamos con la premisa de hacer los cálculos de manera generalizada y promediada de acuerdo con las horas que transcurren antes, durante y después de la operación, que intervienen directa o indirectamente (9).

Datos obtenidos para perforación en frentes de avance de un operador A (9).

Se observa que una labor con 30 taladros de producción y tres taladros de alivio el tiempo neto de perforación es de 1:43 horas, teniendo mayores tiempos en los taladros de arrastre por el limpiado doble que se hacen (9).

**Tabla 4. Monitoreo de resultados de la perforación y voladura**

DESCRIPCIONES	1	2	3	4	5	PROM
longitud efectiva de perforación promedio en frente (m)	3.00	3.00	2.92	2.99	3.05	2.99
longitud de perforación objetivo (m)	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
eficiencia de perforación (%)	77%	77%	75%	77%	78%	77%
tiempo total de perforación (ciclo + t. maniobra en perforación)	01:32:17	01:47:04	01:35:58	01:37:25	01:48:57	01:40:20
tiempo de rimado (2 taladros ciclo)	00:08:46	00:13:02	00:09:36	00:09:32	00:10:31	00:10:17
productividad en taladros de producción (tal/h)	20.8	17.9	20.0	18.6	17.6	19.0
productividad en taladros de producción (m/h)	62.4	53.8	58.5	55.7	53.7	56.8

**Tomada del Departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera Americana**

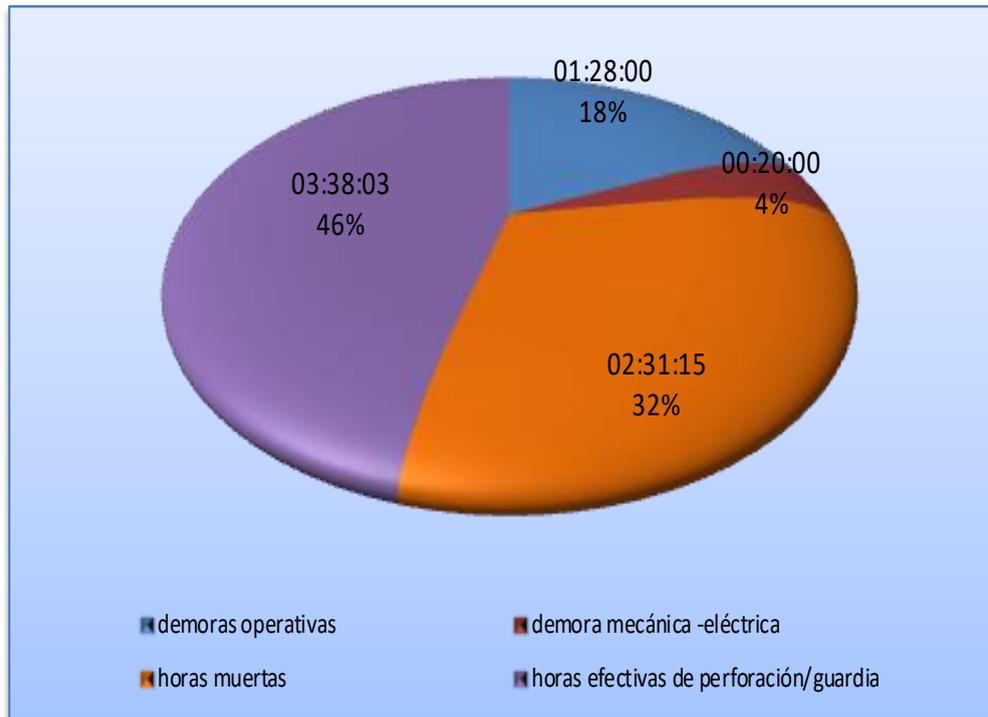
Las horas efectivas de trabajo del equipo por guardia se limitan a los siguientes datos:

<b>dem oras operativas</b>	01:28:00
traslado de equipo a la labor	00:10:00
traslado de equipo de labor a labor	00:15:00
instalación de equipo	00:30:00
atascado de brocas + cambio de brocas y rimadora	00:12:00
tapado de talad. De arrastre con carton	00:01:00
desinstalación de equipo	00:20:00
<b>dem ora m ecánica -eléctrica</b>	00:20:00
falla mecánica	00:00:00
inspección diaria de equipos	00:20:00
falla electrica	00:00:00
reparaciones mecánicas del equipo	00:00:00
<b>horas muertas</b>	02:31:15
check list	00:10:00
espera por falta de limpieza en labor	00:30:00
por desatado de rocas (antes y despues del limpiado)	01:00:00
inspeccion de seguridad	00:00:00
limpieza de los arrastres para perforación	00:30:00
pintado de malla	00:15:00
otros	00:06:15
<b>horas efectivas de perforación/guardia</b>	03:38:03

**Figura 4. Monitoreo de las horas efectivas de perforación de los frentes de avance de la unidad minera Americana**

**Tomada del Departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera Americana**

Los mayores inconvenientes para este equipo son la falta de labores con buenas condiciones tanto en el limpiado de frente como el desatado de rocas. Este caso aumenta las horas muertas del día (9).



**Figura 5. Resultados del monitoreo de las horas efectivas de perforación de los frentes de avance de la unidad minera Americana, Tomada del Departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera Americana**

Se observa que solo 3:38 son las horas netas de perforación con 70 taladros de 3.9 metros; en este caso aumentan las horas muertas debido a que la contraguadía no realiza eficientemente los trabajos de minado (correcto desatado de rocas y limpieza de material) en algunos casos no hay frentes de perforación por ello el equipo queda sin trabajar (9).

### 2.3.3 Motivos de la demora en la perforación

Las demoras de perforación suelen producirse de las siguientes actividades:

- La demora operativa de un jumbo frontonero mayormente es el excesivo traslado, ya que las labores están lejos o las labores cercanas falta preparar (9).
- Las demoras en perforación son debido al tipo de roca, presencia de fracturas, condiciones mecánicas del equipo, presión de agua y energía eléctrica (9).
- 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 (9).

- 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 (9).
- 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 a ser limpiadas (9).

#### **2.3.4 Características de los equipos de perforación**

La compañía cuenta con modernos equipos de perforación electrohidráulicos de las marcas Atlas Copco y Sandvik de un brazo, con barra de perforación de 14 pies de longitud, la presión de percusión en promedio es de 180 bar, presión de rotación promedio de 40 a 50 bar, presión promedio de avance de 80 a 90 bar, presión promedio de agua de 10 bar (9).

#### **2.3.5 Condiciones y causas básicas de la deficiencia de equipos**

Las condiciones y causas básicas de la deficiencia de equipos se producen de la siguientes causas y condiciones:

- Deficiencia de servicios de agua, energía eléctrica, aire y ventilación. Durante la guardia se observa que las instalaciones de servicio se encuentran hasta una distancia de 90 metros. Ya que la distancia optima de estas debe ser de 20 metros. Y esto amerita demoras operativas durante la instalación del equipo. La falta de ventilación también es un factor importante; ya que al inicio de la guardia las labores se encuentran muy contaminadas y esto también amerita demoras (9).
- Existencia de exagerada fuga de agua y aire (9).
- Demoras operativas y tiempos muertos por el marcado de malla por el operador no menor a 7 minutos (9).
- Inexistencia de frentes limpios al inicio de la guardia, el cual también provoca tiempos muertos, ya que se espera durante la limpieza (9).
- Incumplimiento el diseño de malla que se les proporciono de parte de los operadores (9).
- Durante la semana la bodega no contaba con los tubos para los arrastres que son cartuflex de 1 ¾ '' (9).
- Se ha reportado serias deficiencias en el sistema de drenado del agua para labores con ligera inclinación, dando como resultado anegamientos y dificultando el trabajo

de perforación e imposibilitando el trabajo de carguío. Esto generalmente en la RP 565 (9).

- Los equipos tienen una alta frecuencia de falla mecánica en los pistones, mangueras y barras de perforación (9).
- Se tienen registrados a lo largo del mes varios cortes en el servicio de agua debido a que los equipos de transporte de carga (DUMPER) tienden a dañar las tuberías del sistema cuando la altura su carga excede en gran medida a la altura de su tolva (9).
- No se está realizando el mantenimiento preventivo de los equipos con la frecuencia que se requiere, especialmente en el engrase del brazo de perforación y de sus accesorios (9).
- No se está reportando si el equipo se encuentra con o sin combustible, lo que genera demoras en la salida del equipo (9).
- No se disponen de suficientes frentes limpios para la perforación, por lo que al menos 1 equipo está parado hasta que se habilite un frente (9).

### **2.3.6 Control y seguimiento de carguío de frentes**

Al igual que el seguimiento de la perforación en frentes, también se realizó el seguimiento en el carguío de frentes, y para ello se ha elaborado el siguiente plan de trabajo:

- Determinar el factor de potencia, factor de carga lineal, minimizar el uso de explosivo y accesorios de voladura (10).
- Aplicar y dirigir mis conocimientos a la operación minera subterránea y así mejorar los estándares de productividad y calidad de la compañía tales como cantidad de explosivo (factor de carga, factor de potencia, factor de carga lineal) (10).
- Conocer los estándares de perforación y procedimientos de trabajo de cada una de las actividades realizadas en el área de mina (10).
- Aprender y conocer mediante la práctica la importancia que tienen las actividades como el uso de explosivos dentro de un proceso de actividad minera (10).

### **2.3.7 Metodología de trabajo**

El trabajo que se ha realizado en el campo es la observación y toma de datos como:

- Identificar los peligros existentes en el área de trabajo (10).
- Ver que sea segura el área de trabajo (10).
- Observar los materiales y equipos con los que trabaja el personal (10).
- Observar con que eficiencia trabaja el personal (10).
- Tomar en cuenta comentarios del personal con respecto al trabajo que realizan (10).
- En lo posible ayudarles para no incomodarles y tener una mejor comunicación con los trabajadores (10).
- Anotar en la libreta de campo todos los datos que sean posibles para nuestros análisis, tales como cantidad de explosivo, distribución de carga por, tiempo de carguío, inconvenientes que se presenten, etc (10).

### **2.3.8 Pruebas con voladura controlada**

Criterios de control para una voladura controlada:

- Empleo de voladura controlada o amortiguada (10).
- Principio: Reducción del factor de acoplamiento perimetral para limitar la sobre rotura y costos de sostenimiento posterior al disparo (10).
- Empleo de cargas explosivas lineares de baja energía (10).
- Taladros muy cercanos entre sí, de acuerdo con la condición del terreno y al perfil que se desea obtener (10).
- Disparo simultáneo de todos los taladros para crear una grieta o plano de rotura continuo (10).
- En esta grieta se infiltran los gases de explosión con efecto de cuña, expandiéndola hasta provocar la ruptura (10).
- Esta ruptura se extiende de taladro a taladro hasta provocar el corte planar periférico (10).
- Para ello, dos cargas cercanas se disparan simultáneamente, produciendo una grieta de tensión que determina el plano de corte (10).
- En voladura controlada se debe eliminar la rotura radial, a favor de una rotura planar (10).
- En voladura convencional el taladro rompe por fisuramiento radial (10).

### 2.3.9 Diferencias entre voladura convencional y controlada

Tabla 5. Diferencias de una voladura controlada y una voladura convencional o tradicional

Voladura tradicional <sup>a</sup>	Voladura controlada <sup>a</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• → Menor espaciamento que burden: ¶</li> <li>• → <math>E = (0,5 \text{ a } 0,8) \cdot B</math> ¶</li> <li>• → Desacoplamiento: Explosivo de menor diámetro que el taladro. ¶</li> <li>• → Carga explosiva lineal distribuida a todo lo largo del taladro. ¶</li> <li>• → Taco inerte sólo para mantener al explosivo dentro del taladro, no para confinarlo, o de lo contrario no se usa taco inerte. ¶</li> <li>• → Empleo de explosivo de baja velocidad, densidad y brisance. ¶</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• → Relación de espaciamento a burden: <math>E = (1,3 \text{ a } 1,5) \cdot B</math> ¶</li> <li>• → Máximo acoplamiento Columna explosiva: 2/3 de la longitud del taladro. ¶</li> <li>• → Uso de taco inerte compactado (cartón, arcilla, detritus). ¶</li> <li>• → Empleo de explosivo con el mayor brisance y empuje dentro de la relación energía/costo. ¶</li> <li>• → Disparo de todos los taladros siguiendo un orden de salida secuencial, espaciados en tiempo de acuerdo al diseño programado. ¶</li> </ul>

*Tomada del Departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera Americana*

## **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 esta investigación se empleó el método científico, porque se desarrolló a partir de datos empíricos como la información general de Geología, Geomecánica y el análisis y evaluación del área de operaciones para luego registrar el resultado de la perforación y voladura realizada en campo, evaluando los factores y parámetros de perforación y voladura en el Crucero 212 del nivel 23, unidad minera Americana.

###### **b) Método específico**

El método específico utilizado fue el método experimental deductivo, porque mediante el control de los factores y parámetros de perforación y voladura se lograra reducir el costo operacional de la perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.

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

###### **a) Tipo de investigación**

Es aplicada, porque el objetivo de la investigación es educir el costo operacional mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.

## **b) Nivel de investigación**

Es explicativo, porque se va a reducir el costo operacional mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, 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**

Todas las labores de desarrollo de la unidad minera Americana.

#### **3.3.2 Muestra**

El Crucero 212 del nivel 23 de la zona Esperanza de la unidad minera Americana.

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

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

**Observación:** se realizará la recolección de datos *in situ*, mediante la técnica observacional y procesamiento de datos actuales de la perforación realizada en el Crucero 212 del nivel 23 de la zona Esperanza de la unidad minera Americana. Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, flexómetro, y herramientas de gestión de la unidad minera Americana.

**Recopilación:** recolección de datos de la perforación, factores y parámetros, control de uso y consumo, utilizando programa Excel, y hacer uso de tesis, libros y laptop para el procesamiento de los datos.

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

- Informes
- Publicaciones
- Tesis
- Planos
- Fichas
- Libros
- Internet

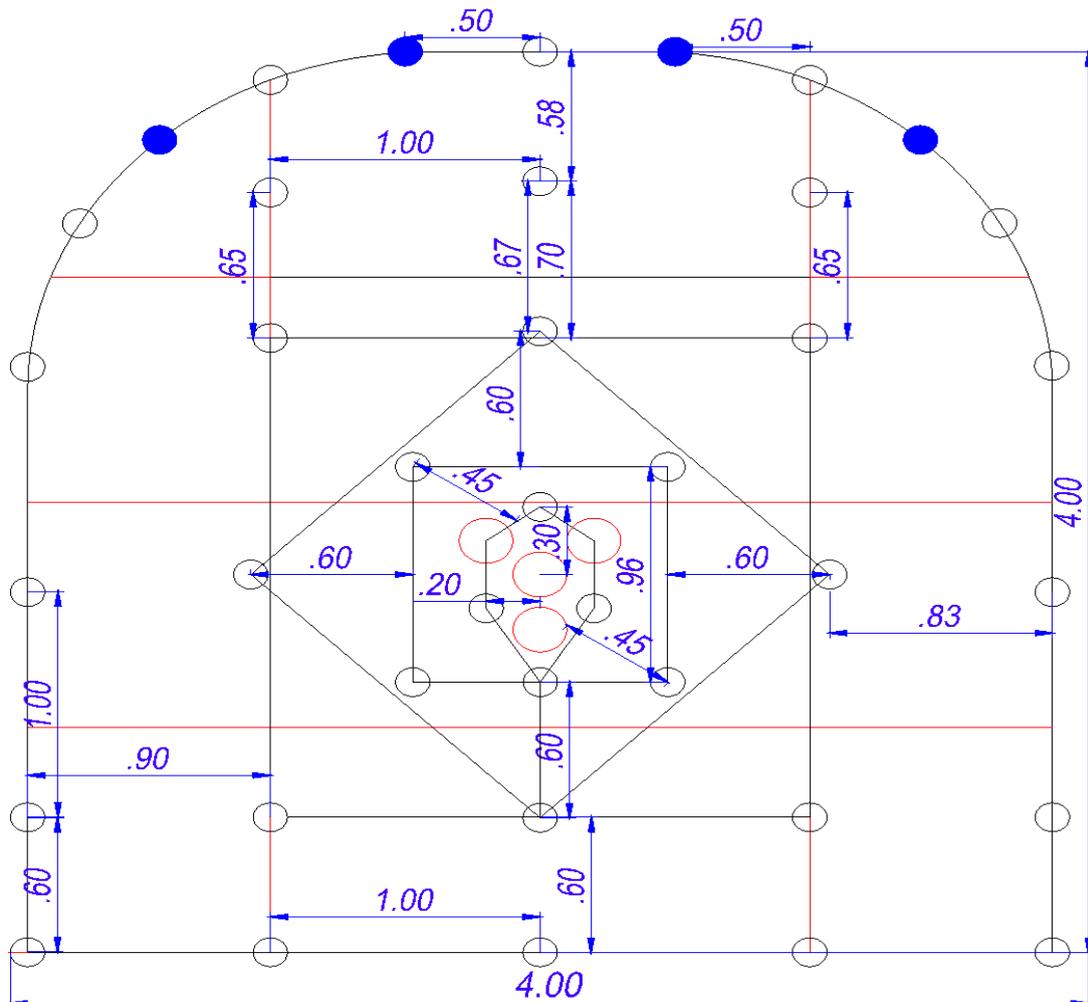
## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Reducción del costo operacional mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana**

##### **4.1.1 Evaluación situacional del diseño de malla de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana**

El diseño de la malla de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23 de la unidad minera Americana se muestra en la siguiente figura



**Figura 6. Situación actual diseño de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana Tomada del Área de Operaciones de la unidad minera San Cristóbal. (11)**

El diseño de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, en la situación actual, cuenta con una sección de 4.0 x 4.0 metros los aceros de perforación utilizados en la columna de perforación viene hacer lo siguiente:

- Barra de perforación de 12 pies
- Broca de perforación de 51 mm
- Broca rimadora de 102 mm

En la siguiente tabla, se muestra la descripción del diseño de malla de perforación y voladura en la situación actual.

**Tabla 6. Descripción del diseño de malla de perforación y voladura en la situación actual**

MALLA DE PERFORACION y ESQUEMA DE CARGUIO DE 4.0m x 4.0m de 11 pies - Crucero 212 Nivel 23									
Taladros Perforados	43	Long. Perforacion	12 Pies	3.66	Ø Broca Prod. (mm)	51	Toneladas Rotas m3	43.2	
Taladros Cargados	35	Long. Efectiva	9 pies	2.7	Ø Broca Rimado(mm)	102	Kilos Explosivo	98.34	
RMR 40 - 50									
PERFORACIÓN CON JUMBO		Nº DE CARTUCHOS POR TALADRO					ACCESORIOS		KPI
Descripción	Nº Tal	E 3000 1 1/2 x 12 o E 65 1 1/2 x 12	E 3000 1 1/4 X 12 o E 65 1 1/4 x 12	E 1000 1 1/4 X 12 o E 45 1 1/4 x 12	#RETARDO	Cant.			
Precorte (Corona)	4	---	---	---	1	2	F.de carga (Kg/m3).		
Alivio (Rimados)	4	---	---	---	7	2			
Arranque	4	10	40	0	0	0	14	2	2.28
1era ayuda	4	9	36	0	0	0	20	2	Avance
2da ayuda	4	9	36	0	0	0	28	2	90%
Cuadradores	4	9	36	0	0	0	40	2	F.de Avance (kg/ml)
Ayuda corona	3	8	24	0	0	0	72	2	32.78
Cuadradores	6	0	0	1	6	5	30	2	
Corona	5	0	0	1	5	5	25	3	
Arrastre	5	0	0	10	50	0	140	6	
<b>TALADROS PERFORADOS</b>	<b>43</b>	<b>172</b>		<b>61</b>		<b>55</b>		<b>180</b>	<b>5</b>
<b>KILOGRAMOS DE CARGA TOTAL</b>	<b>98.34</b>	<b>67.18</b>	<b>KG</b>	<b>16.53</b>	<b>KG</b>	<b>14.63</b>	<b>KG</b>	<b>240</b>	<b>5</b>
POLVORIN									
EMULSION	EMULNOR / EMULEX		EMULNOR	EMULEX	EMULNOR	EMULEX			
	3000 1 1/2 x 12 o 65 1 1/2 x 12		3000 1 1/4 X 12	65 1 1/4 x 12	1000 1 1/4 X 12	45 1 1/4 x 12			
Cant/Caj. Expl.	64		92	96	94	100			
# Cajas Expl.	2 1/2		1/2	1/2	1/2	1/2			
Unidades	12		15	13	8	5			
Mecha rapida 1m	35 Exaneles		2 Carmex		Cordon detonante 30m				

**Tomada del Área de Operaciones de la unidad minera San Cristóbal (11)**

### **Interpretación:**

En la situación actual, se ha realizado la perforación con barra de 12 pies lográndose un avance de efectivo de 9 pies. Esto quiere decir que se ha tenido deficiencias tanto en los factores y parámetros de perforación generando así voladuras secundarias, respecto al consumo de explosivos se tuvo un factor de carga 2.38 kilogramos de explosivo por metros cúbicos y un factor de avance lineal 32.78 kilogramos de explosivo por metros lineales, refleja las malas prácticas operativas dentro de las actividades de perforación y voladura respectivamente.

#### **4.1.2 Evaluación situacional de los factores y parámetros de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana**

Los factores y parámetros de perforación con equipo jumbo S1D tuvo deficiencias en el avance del crucero 212 del nivel 23 como se muestra a continuación:

##### **➤ Factores de la perforación**

- Incorrecto posicionamiento, por lo general no se tiene presionada contra la roca firme respecto a la ubicación del piso del equipo así como que juegue o se mueva el brazo del equipo y tiene a doblarse la columna de perforación generando así la rotura de la barra y broca de perforación.
- Alineamiento inadecuado, en su mayoría, se debe a la desviación total de la barra de perforación por fallas del macizo rocoso, por el mal control de parámetros de perforación generando así pérdidas de los aceros de perforación.
- Mal emboquillado, la perforación realizada se inicia antes de que la columna de perforación este en contacto con la roca esto genera desvío de taladro perjudicando los aceros de perforación en desgastes prematuros o descartes de estos.

➤ **Parámetros de perforación**

- Percusión, no se tiene un control adecuado según el tipo de roca a perforar también se vio que los equipos no están perforando con los bares recomendados.
- Avance, se vio que las presiones de avance no son los recomendados, generando así mucha demora en la perforación y elevando la temperatura de la columna de perforación en especial en las roscas de estas.
- Rotación. No se tiene el control de los RPM (revoluciones por minuto) del equipo, incumpliendo el criterio de que si se tiene mayor diámetro de broca la velocidad de rotación será menor inversamente proporcional.
- Barrido, por lo general en campo se tuvo varios escenarios de barras plantadas esto debido a que no se está realizando bien el barrido de detritus de los taladros a la hora de perforar.

En la siguiente tabla, se muestra los parámetros de perforación del equipo frontonero S1D. evaluado en la situación actual.

**Tabla 7. Parámetros de perforación del equipo frontonero S1D, evaluado en la situación actual**

Litología (roca)		Roca (calcita)	
		RMR: 41 a 50 regular "III B"	
ITEM	VALOR	VALVULA	VALOR RECOMENDADO
1	Percusión emboquillado	CT6	90-110 Bares
2	Percusión máximo	CT3	150-200 Bares
3	Presión de posicionamiento	En valvula de control de bomba	195-200 Bares
4	Velocidad de rotación	390	Depende del tipo y diametro de broca
5	Presión de damping	380	35 Bares
6	Presión de avance máximo	200	80 Bares
7	Presión de avance emboquillado	300	35 Bares
8	Presión de avance para perforacion total	300	55-85 Bares
9	Presión RPCF	200	15-20 Bares por encima de presión rotación en perforación
10	Presión antiatasque/retorno	190	35 Bares por encima de presión rotación en perforación
<b>PRESIONES DE LA VIGA RETRACTIL</b>			
11	Presión de avance máxima	200	120 Bares
12	Presión de divergencia	240	40 Bares
13	Presión de avance/reversa	245	100 Bares

### **Interpretación:**

Los parámetros de perforación del equipo frontonero S1D no están reguladas según el tipo de roca a perforar, generando así pérdidas de los aceros de perforación como de los metros de avance programados elevando también el costo de perforación y voladura en el Crucero 212 - Nivel 23.

### **a) Actividades de los tiempos improductivos de la situación actual de la unidad minera Americana**

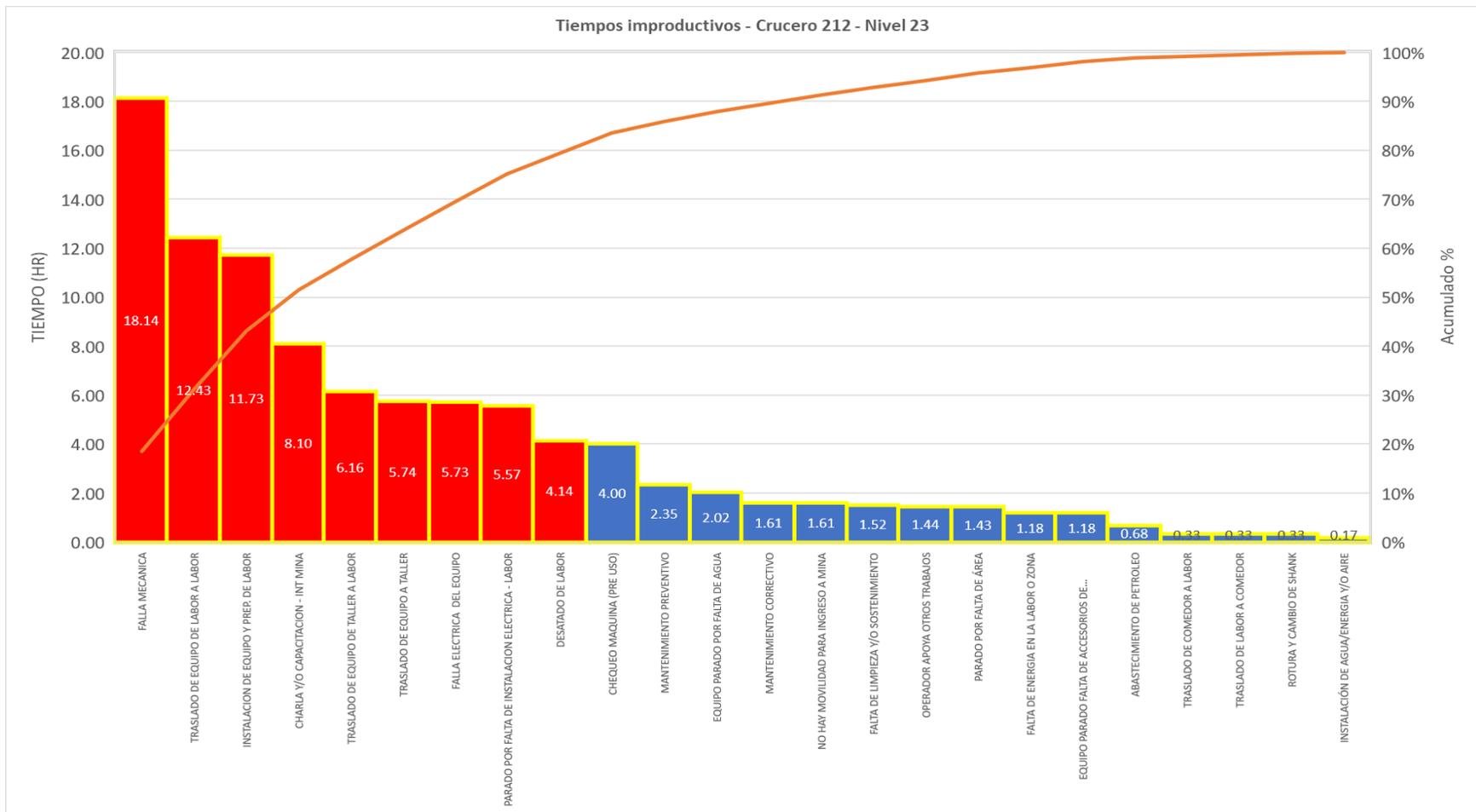
- **Situación actual**

Las actividades de control de los tiempos improductivos generan pérdidas operativas mayormente 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 8. Actividades de los tiempos improductivos de la situación actual de la unidad minera Americana**

ITEMs	CATEGORIA	T. Hrs.	%	% ACUM.	80%-20%
1	FALLA MECANICA	18.14	18.5%	18.5%	80%
2	TRASLADO DE EQUIPO DE LABOR A LABOR	12.43	12.7%	31.2%	80%
3	INSTALACION DE EQUIPO Y PREP. DE LABOR	11.73	12.0%	43.2%	80%
4	CHARLA Y/O CAPACITACION - INT MINA	8.10	8.3%	51.5%	80%
5	TRASLADO DE EQUIPO DE TALLER A LABOR	6.16	6.3%	57.8%	80%
6	TRASLADO DE EQUIPO A TALLER	5.74	5.9%	63.6%	80%
7	FALLA ELECTRICA DEL EQUIPO	5.73	5.8%	69.5%	80%
8	PARADO POR FALTA DE INSTALACION ELECTRICA - LABOR	5.57	5.7%	75.1%	80%
9	CHEQUEO MAQUINA (PRE USO)	4.00	4.1%	79.2%	80%
10	DESATADO DE LABOR	4.14	4.2%	83.5%	80%
11	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	2.35	2.4%	85.9%	80%
12	EQUIPO PARADO POR FALTA DE AGUA	2.02	2.1%	87.9%	80%
13	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	1.61	1.6%	89.6%	80%
14	NO HAY MOVILIDAD PARA INGRESO A MINA	1.61	1.6%	91.2%	80%
15	FALTA DE LIMPIEZA Y/O SOSTENIMIENTO	1.52	1.6%	92.8%	80%
16	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	1.44	1.5%	94.2%	80%
17	PARADO POR FALTA DE ÁREA	1.43	1.5%	95.7%	80%
18	FALTA DE ENERGIA EN LA LABOR O ZONA	1.18	1.2%	96.9%	80%
19	EQUIPO PARADO FALTA DE ACCESORIOS DE PERFORACION	1.18	1.2%	98.1%	80%
20	ABASTECIMIENTO DE PETROLEO	0.68	0.7%	98.8%	80%
21	TRASLADO DE COMEDOR A LABOR	0.33	0.3%	99.1%	80%
22	TRASLADO DE LABOR A COMEDOR	0.33	0.3%	99.5%	80%
23	ROTURA Y CAMBIO DE SHANK	0.33	0.3%	99.8%	80%
24	INSTALACIÓN DE AGUA/ENERGIA Y/O AIRE	0.17	0.2%	100.0%	80%
Grand Total		97.91	100%		80%

**Tomada de Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana**



**Figura 7. Tiempos improductivos de la situación actual operacionales y Boomer S1D - unidad minera Americana Tomada del Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana**

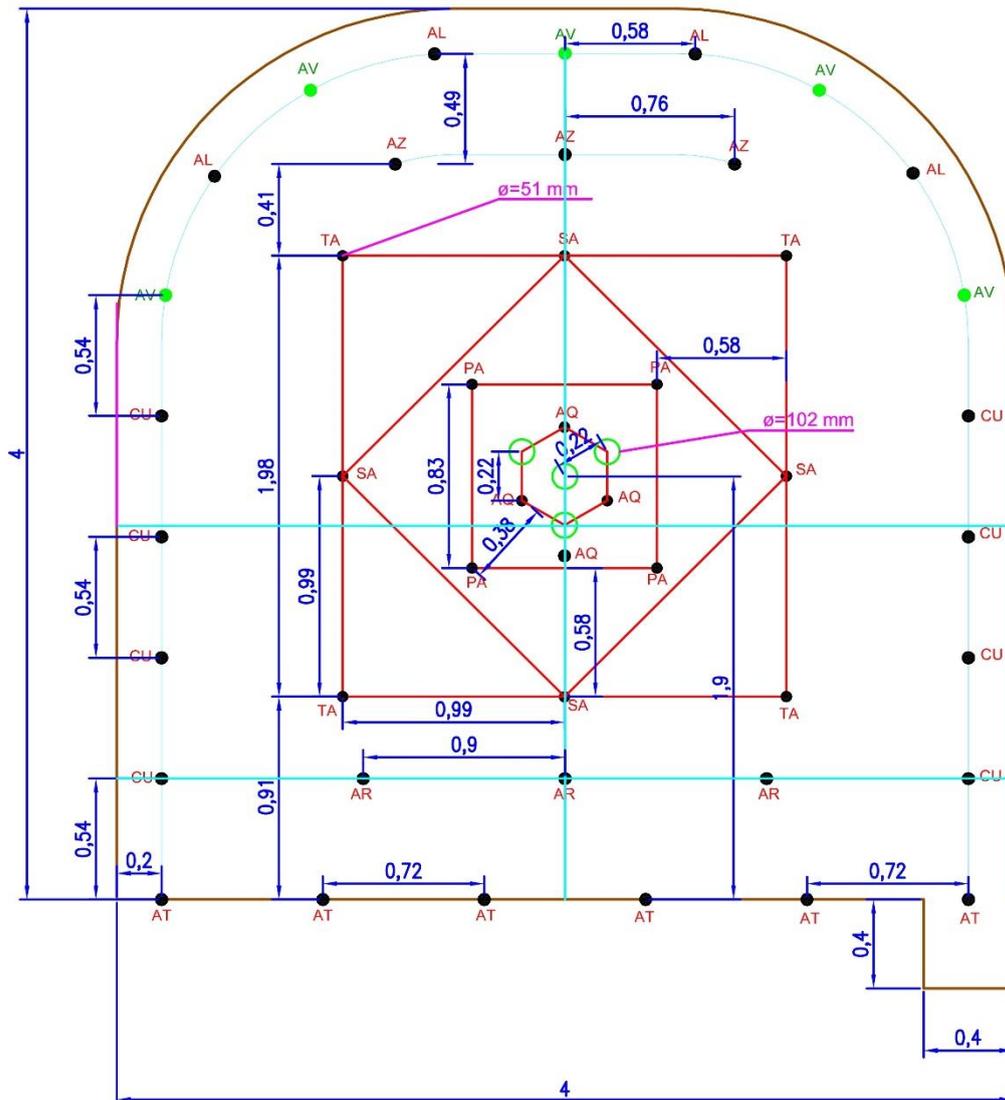
**Interpretación:**

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 maquina (preuso).

En promedio mensual, estas actividades generan una demora operativa de 97.91 horas en total.

**4.2 Reducir el costo operacional mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura en el Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana****4.2.1 Mejora de la malla de perforación y voladura situación óptima**

Tras las deficiencias encontradas en el análisis de la situación actual, se procedió a mejorar el diseño de malla de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23.



**Figura 8. Situación óptima del diseño de perforación y voladura del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana.**  
**Tomada de Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana**

**Tabla 9. Descripción del diseño de malla de perforación y voladura en la situación óptima**

RESUMEN EN SECCIÓN DE 4 X 4 EN DESMONTE					RMR	40-50			
NOMENCLATURA	TIPO DE TALADRO (ZONAS)	Nº DE TAL CARGADOS	Nº DE TAL LIBRES	SECUENCIA DE SALIDA	TIPO DE EXPLOSIVO	TOTAL DE CART. POR ZONA	PESO DEL EXPLOSIVO DISTRIB. (En Kg)	DISTRIB. ENERGIA (En Kcal)	COSTO DEL EXPLOSIVO DISTRIB (En dólares)
AQ	ARRANQUE	4	4	1 Y 2	EMULEX 65% 1 1/2 x 12	48	18.75	20625.00	36.81
PA	1 ra AYUDA	4		3 Y 4	EMULEX 65% 1 1/2 x 12	48	18.75	20625.00	36.81
SA	2 Da AYUDA	4		5 Y 6	SEMEXSA 65% 1 1/2 x 12	48	17.65	16764.71	36.83
TA	3 ra AYUDA	4		7 Y 8	SEMEXSA 65% 1 1/2 x 12	44	16.18	15367.65	33.76
AC	AYUDA DE CUADRADORES	0				0	0.00	0.00	0.00
AZ	AYUDA DE ALZAS	3		9	SEMEXSA 65% 1 1/2 x 12	33	12.13	11525.74	25.32
AR	AYUDA DE ARRASTRE	3		10	SEMEXSA 65% 1 1/2 x 12	22	8.09	7683.82	16.88
CU	CUADRADORES	8		11 Y 12	SEMEXSA 65% 1 1/2 x 12	136	11.48	9623.39	23.99
AT	ARRASTRE	6		13 Y 14	EMULEX 80% 1 1/8 x 8	96	14.29	17153.28	31.99
AL	ALZAS	4		15	SEMEXSA 65% 1 1/2 x 12	68	6.35	5299.50	13.27
CT	CUNETAS	0				0	0.00	0.00	0.00
AV	ALIV DE HASTIALES Y CORONA		5						

DATOS DE LABOR			
Sección (A*H)	4.00	4.00	(m*m)
∅ Tal. Producción-Contorno	51		mm
∅ Tal. Salida (Alivio)	102		mm
Long. De barra	14		pies
Longitud Perforación efect.	3.70		m
Avance Real	3.50		m
Eficiencia de Voladura	94.6%		%
Volumen Roto	56.0		m3
P.E. Desmonte	2.70		tm/m3
Tonelaje Roto Desmonte	151.2		tm

EVALUACIÓN	Total de taladros de rotura	Total de taladros vacíos	TOTAL DE TALADROS REALIZADOS	FACTOR DE CARGA (Kg/m3)	TOTAL DE CARTUCHOS EMPLEADOS	PESO TOTAL DEL EXPLOSIVO (Kg)	Total de energía (Kcal)
<b>TOTALES</b>	40	9	49	2.21	543	123.66	124668.08

**INDICADORES**

VOLUMEN ROTO (m3)	56.00
TONELAJE ROTO	151.20
FACTOR DE POTENCIA (Kg/tn)	0.82

ENERGÍA TOTAL (Kcal)	124668.1
ENERGÍA POR VOLUMEN( Kcal/m3)	2226.2
ENERGÍA POR TONELAJE (Kcal/tn)	824.5

LEYENDA	
	TALADRO DE ALIVIO
	TALADRO CARGADO

**Tomada de Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana**

**Interpretación:**

La sección de la labor es de 4.0 x 4.0 metros, los taladros de producción tienen un diámetro de 51 mm y taladros de alivio en la salida del arranque de 102 mm. En este diseño de malla de perforación y voladura, el total de taladros son de 49, de los cuales 4 son de alivio en el arranque y 5, son de alivio en la corona y hastiales. El avance efectivo es de 3.50 metros con un factor de carga de 2.21 kg/m<sup>3</sup>. El tonelaje total por romper es de 151.2 toneladas, los beneficios con esta nueva malla de perforación y voladura es que se logró más avance lineal con un mejor control de las deficiencias mostradas anteriormente.

**4.2.2 Mejora de los tiempos improductivos de la situación óptima**

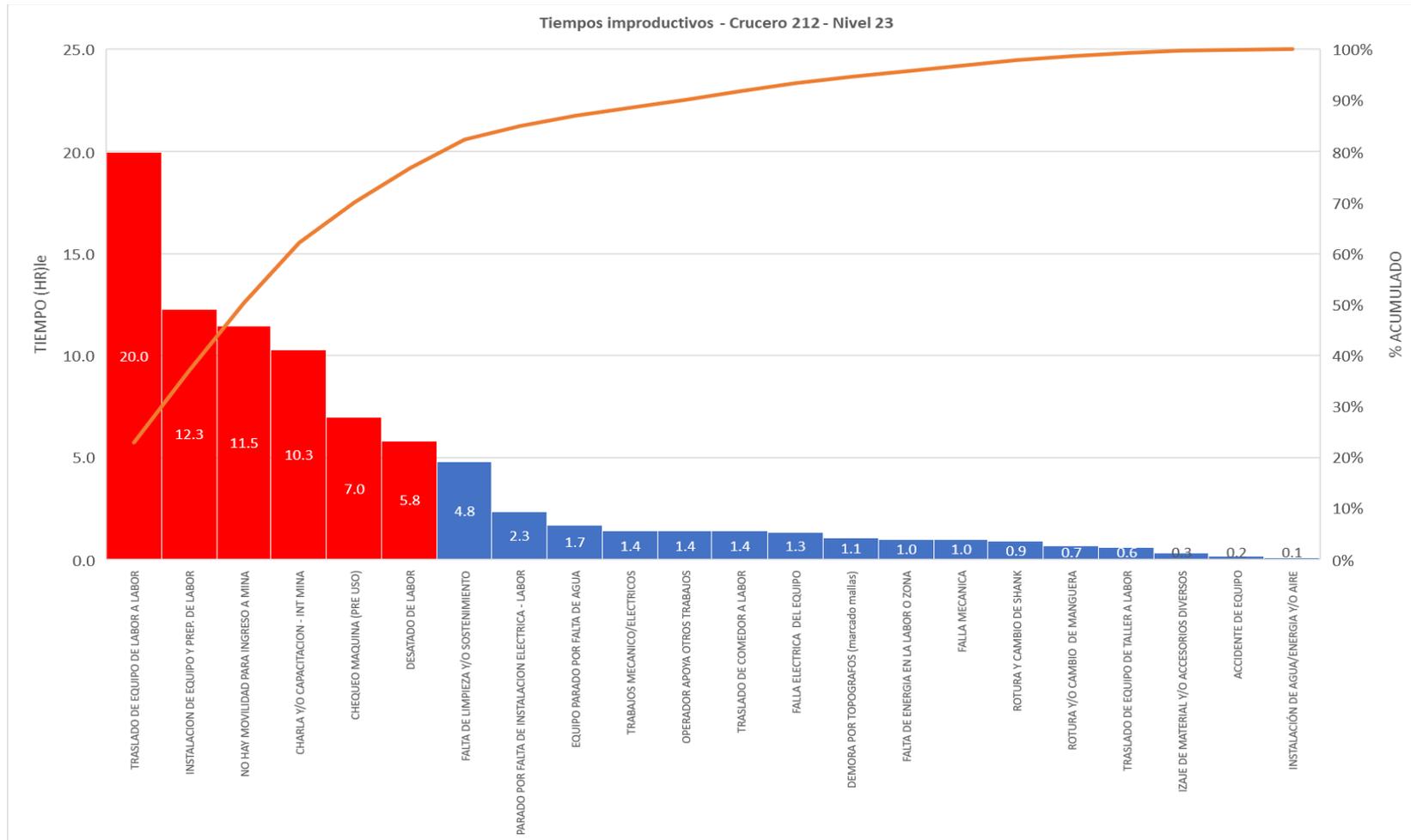
El análisis en promedio mensual de los tiempos improductivos es de la siguiente manera: se ha podido mejorar por medio de controles las actividades que generan pérdidas de tiempos durante la etapa de producción ayudando así a mejorar el avance lineal del Crucero 212 - nivel 23.

En la siguiente figura, se muestra las actividades de los tiempos improductivos de la situación óptima de la unidad minera Americana.

**Tabla 10. Actividades de los tiempos improductivos de la situación óptima**

CATEGORIA	T. Hrs.	%	% ACUM.	80%-20%
TRASLADO DE EQUIPO DE LABOR A LABOR	20.0	23.0%	23.0%	80%
INSTALACION DE EQUIPO Y PREP. DE LABOR	12.3	14.1%	37.1%	80%
NO HAY MOVILIDAD PARA INGRESO A MINA	11.5	13.2%	50.3%	80%
CHARLA Y/O CAPACITACION - INT MINA	10.3	11.8%	62.1%	80%
CHEQUEO MAQUINA (PRE USO)	7.0	8.0%	70.1%	80%
<b>DESATADO DE LABOR</b>	<b>5.8</b>	<b>6.7%</b>	<b>76.8%</b>	<b>80%</b>
FALTA DE LIMPIEZA Y/O SOSTENIMIENTO	4.8	5.5%	82.3%	80%
PARADO POR FALTA DE INSTALACION ELECTRICA - LABOR	2.3	2.7%	85.0%	80%
EQUIPO PARADO POR FALTA DE AGUA	1.7	1.9%	86.9%	80%
TRABAJOS MECANICO/ELECTRICOS	1.4	1.6%	88.6%	80%
OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	1.4	1.6%	90.2%	80%
TRASLADO DE COMEDOR A LABOR	1.4	1.6%	91.8%	80%
FALLA ELECTRICA DEL EQUIPO	1.3	1.5%	93.3%	80%
DEMORA POR TOPOGRAFOS (marcado mallas)	1.1	1.2%	94.6%	80%
FALTA DE ENERGIA EN LA LABOR O ZONA	1.0	1.1%	95.7%	80%
FALLA MECANICA	1.0	1.1%	96.9%	80%
ROTURA Y CAMBIO DE SHANK	0.9	1.1%	97.9%	80%
ROTURA Y/O CAMBIO DE MANGUERA	0.7	0.8%	98.7%	80%
TRASLADO DE EQUIPO DE TALLER A LABOR	0.6	0.7%	99.3%	80%
IZAJE DE MATERIAL Y/O ACCESORIOS DIVERSOS	0.3	0.4%	99.7%	80%
ACCIDENTE DE EQUIPO	0.2	0.2%	99.9%	80%
INSTALACIÓN DE AGUA/ENERGIA Y/O AIRE	0.1	0.1%	100.0%	80%
Grand Total	86.9	100%		80%

**Tomada de Área de Operaciones Mina - unidad minera American**



**Figura 9. Tiempos improductivos de la situación óptima operacionales y Boomer S1D - unidad minera Americana Tomada de Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana**

**Interpretación:**

Las actividades que generan más tiempos improductivos son los siguientes:

- Traslado de equipo de labor a labor
- Instalación de equipo y preparación de la labor
- No hay movilidad para ingreso a mina
- Charla y/o capacitación en interior mina
- Chequeo maquina (pre uso)
- Desatado de labor

Se mejoraron los tiempos improductivos respecto a la situación actual, en promedio mensual las actividades que generan tiempos improductivos en total se tuvieron 86.90 horas.

La mejora de los tiempos improductivos es de 11.01 horas en promedio mensual el cual se ha aprovechado para los trabajos de operación en la perforación y voladura

#### **4.3 Reducir el costo operacional mediante la mejora del avance lineal de la perforación y voladura en el Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana**

Para el análisis de la viabilidad del proyecto en la preparación del Crucero del nivel 23 se procedió a la elaboración de los costos en los dos escenarios en el actual y en el óptimo tras las mejoras realizadas.

##### **4.3.1 Escenario situacional del Crucero 212 del nivel 23**

En el escenario actual, el diseño de perforación y voladura se tuvo los siguientes parámetros de perforación y voladura como se muestra en la siguiente tabla

**Tabla 11. Parámetros de perforación y voladura situación actual**

Seccion de la Labor	4.00	x	4.00	<b>Tipo de Roca</b>	<b>III B</b>
Longitud de Perforacion	12.00	pies		<b>Equipos de Perforacion</b>	
				Jumbo	0.42 Frentes/gdia
<b>Perforacion de Produccion</b>				Consumo de Combustible	1.50 Gal/hr
Taladros perforados	43	tal/disparo		<b>Equipos de Limpieza</b>	
Taladros precorte	0	tal/disparo		Scooptram	0.42 Frentes/gdia
Taladros rimados	4	tal/disparo		Consumo de Combustible	5.50 Gal/hr
Taladros Alivio	4	tal/disparo			
Taladros cargados	35	tal/disparo		Dias trabajados	30
Avance por disparo	2.70	m.		Horas por dia	10
Eficiencia por disparo	75%				

**Tomada de Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana**

**Interpretación:**

En la situación actual, se tiene un avance de efectivo de 2.70 metro. Esto quiere decir que se ha tenido deficiencias tanto en los factores y parámetros de perforación, generando así voladuras secundarias. Respecto a la eficiencia de disparo, se tiene 75 %, lo que refleja las falencias mencionadas en los parámetros y factores de perforación y voladura.

En la siguiente Tabla, se muestra la estructura de costos de perforación y voladura del Crucero 212 del nivel 23.

**Tabla 12. Estructura de costos de perforación y voladura del Crucero 212 del nivel 23**

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	Sin Explosivo US\$/m
<b>1.00</b>	<b>PERFORACION</b>						<b>1,672.55</b>	<b>619.46</b>
<b>1.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>665.96</b>	
	Operador de Jumbo	Gdia	1.30	2.40	73.34		228.82	
	Ayudante Operador de Jumbo	Gdia	1.30	2.40	40.34		125.85	
	Electricista de Mina	Gdia	1.30	0.48	104.48		65.19	
	Peon de Servicios	Gdia	1.30	0.48	47.01		29.34	
	Bodeguero	Gdia	1.30	0.48	47.01		29.34	
	Soldadores	Gdia	1.30	0.48	0.00		0.00	
	Choferes Camioneta Mantenimiento	Gdia	1.30	0.48	52.24		32.60	
	Choferes Camión Servicios, lubricador	Gdia	1.30	0.48	52.24		32.60	
	<b>Supervisión</b>							
	Ingeniero Jefe de Guardia	Gdia	1.30	0.48	195.89		122.24	
<b>1.02</b>	<b>Aceros de Perforacion</b>						<b>370.46</b>	
	Barras de perforacion 12'	p.p			564.00	0.17	93.69	
	Brocas de 51 mm	p.p			516.00	0.08	40.89	
	Shank Adapter	p.p			564.00	0.04	24.77	
	Coopling	p.p			564.00	0.02	12.66	
	Rimadora de 102 mm	p.p			48.00	0.49	23.50	
	Adapter piloto	p.p			48.00	0.33	15.60	
	Copas de Afilado	Jgo			516.00	0.04	20.64	
	Aguzadora de copas	p.p			516.00	0.00	0.17	
	Cancamos para aire y agua/ bombeo	Pza			2.00	10.78	21.57	
	Cancamos para energia (440 V y 220 V)	Pza			2.00	10.78	21.57	
	Cancamos para mangas/ cable jumbo	Pza			1.00	10.78	10.78	
	Resina	Und.			5.00	0.21	1.05	
	Tubería de Aire de 2"	m.			2.70	7.19	19.41	
	Tubería de Agua de 2"	m.			2.70	7.19	19.41	
	Copla vitaulica-uniones - T	Gbl			1.00	13.50	13.50	
	Aislante electrico	m.			1.00	1.48	1.48	
	Tubería de PVC - arrastres	Pza			6.00	4.11	24.66	
	Manguera de 1" ( 50 m)	m.			50.00	3.53	3.53	
	Manguera de 1/2" ( 50 m)	m.			50.00	1.60	1.60	
<b>1.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>535.04</b>	
	Jumbo	hr.			2.87	177.58	510.26	
	Combustible	Gal			4.31	5.75	24.78	
<b>1.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>101.08</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	11.70	1.00	6.28		73.49	
	Herramientas	Gdia	2.00	1.00	7.04		14.08	
	Lamparas Mineras	Gdia	11.70	1.00	1.16		13.52	
<b>2.00</b>	<b>VOLADURA</b>						<b>703.31</b>	<b>260.48</b>
<b>2.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>274.58</b>	
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	1.30	2.40	47.67		148.73	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	1.30	2.40	40.34		125.85	
<b>2.02</b>	<b>Explosivos y accesorios de voladura</b>						<b>372.51</b>	
	EMULEX 65 1 1/2X12	Pza.			172.00	0.78	134.68	
	EMULEX 65 1 1/4X12	Pza.			61.00	0.78	47.76	
	EMULEX 45 1 1/4X12	Pza.			55.00	0.78	43.07	
	Guias Ensabladas Carmex de 7"	Pza.			2.00	1.57	3.15	
	Exanel	Pza.			35.00	3.70	129.40	
	Guia de seguridad	m.			2.00	3.70	7.39	
	Mecha rápida de ignition	m.			1.00	0.29	0.29	
	Cordón Detonante Pentacord 4gr	m.			30.00	0.23	6.78	
<b>2.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>22.80</b>	
	Batea pembroty	hr.			564.00	0.040	22.80	
<b>2.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>33.41</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	1.00	6.28		16.33	
	Herramientas	Gdia	2.00	1.00	7.04		14.08	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	1.00	1.16		3.00	
<b>3.00</b>	<b>EXTRACCION</b>						<b>1,153.75</b>	<b>427.31</b>
<b>3.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>531.90</b>	
	Operador de Scooptram	Gdia	1.30	2.40	66.00		205.93	
	Personal Equipo Pesado	Gdia	1.30	2.40	104.48		325.97	
<b>3.02</b>	<b>Insumos</b>						<b>9.09</b>	
	Mangas de ventilación 36"	m.			2.70	3.37	9.09	
<b>3.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>593.43</b>	
	Scooptram	hr.			3.20	96.88	309.68	
	Combustible	Gal			17.58	5.75	101.09	
	Ventilador de 32,000 CFM	hr.			12.00	15.22	182.65	
<b>3.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>19.33</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	1.00	6.28		16.33	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	1.00	1.16		3.00	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/m)</b>							<b>1,307.26</b>	
Utilidad Costo Directo						10%		130.73
Gastos generales (% del Costo Directo)						22%		293.13
<b>COSTO TOTAL (US\$/m)</b>							<b>1,731.12</b>	

*Tomada de Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana*

**Interpretación:**

- El costo directo de perforación y voladura de la situación actual es de 1,307.26 \$/m.

- La utilidad del costo directo de la perforación y voladura (el 10 % del costo directo de perforación y voladura) es de 130.73 \$/m.
- El costo de los gastos generales (el 22 % del costo directo de perforación y voladura) es de 293.13

Ascendiendo un costo total de perforación y voladura de 1,731.12 US\$/m.

#### 4.3.2 Escenario óptimo del Crucero 212 del nivel 23

En el escenario óptimo del diseño de perforación y voladura, se tuvo los siguientes parámetros de perforación y voladura como se muestra en la siguiente tabla

**Tabla 13. Parámetros de perforación y voladura situación óptima**

Sección de la Labor	4.00	x	4.00	<b>Tipo de Roca</b>	<b>III B</b>
Longitud de Perforación	14.00	pies		<b>Equipos de Perforación</b>	
				Jumbo	0.42 Frentes/gdia
<b>Perforación de Producción</b>				Consumo de Combustible	1.50 Gal/hr
Taladros perforados	49	tal/disparo		<b>Equipos de Limpieza</b>	
Taladros precorte	0	tal/disparo		Scooptram	0.42 Frentes/gdia
Taladros rimados	4	tal/disparo		Consumo de Combustible	5.50 Gal/hr
Taladros Alivio	5	tal/disparo			
Taladros cargados	40	tal/disparo		Días trabajados	30
Avance por disparo	3.50	m.		Horas por día	10
Eficiencia por disparo	90%				

**Tomada de Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana**

#### Interpretación:

En la situación óptima se tiene un avance de efectivo de 3.50 metro. Esto quiere decir que se ha tenido deficiencias tanto en los factores y parámetros de perforación generando así voladuras secundarias. Respecto a la eficiencia de disparo, se tiene 90 %, lo que refleja las falencias mencionadas en los parámetros y factores de perforación y voladura.

En la siguiente tablam se muestra la estructura de costos de perforación y voladura del Crucero 212 del nivel 23.

**Tabla 14. Estructura de costos de perforación y voladura del Crucero 212 del nivel 23 - situación óptima**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Vida Útil	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	Sin Explosivo US\$/m
<b>1.00</b>	<b>PERFORACION</b>						<b>1,824.87</b>	<b>521.39</b>
<b>1.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>665.96</b>	
	Operador de Jumbo	Gdia	1.30	2.40	73.34		228.82	
	Ayudante Operador de Jumbo	Gdia	1.30	2.40	40.34		125.85	
	Electricista de Mina	Gdia	1.30	0.48	104.48		65.19	
	Peon de Servicios	Gdia	1.30	0.48	47.01		29.34	
	Bodeguero	Gdia	1.30	0.48	47.01		29.34	
	Soldadores	Gdia	1.30	0.48	0.00		0.00	
	Choferes Camioneta Mantenimiento	Gdia	1.30	0.48	52.24		32.60	
	Choferes Camión Servicios, lubricador	Gdia	1.30	0.48	52.24		32.60	
	<b>Supervisión</b>							
	Ingeniero Jefe de Guardia	Gdia	1.30	0.48	195.89		122.24	
<b>1.02</b>	<b>Aceros de Perforacion</b>						<b>548.85</b>	
	Barras de perforacion 14'	p-p		742.00	0.18		130.68	
	Brocas de 51 mm	p-p		686.00	0.08		54.36	
	Shank Adapter	p-p		742.00	0.04		32.59	
	Coopling	p-p		742.00	0.02		16.65	
	Rimadora de 89 mm	p-p		56.00	0.49		27.42	
	Adapter piloto	p-p		56.00	0.33		18.20	
	Copas de Afilado	Jgo		686.00	0.04		27.44	
	Aguzadora de copas	p-p		686.00	0.00		0.23	
	Cancomos para aire y agua/ bombeo	Pza		2.00	10.78		21.57	
	Cancomos para energia (440 V y 220 V)	Pza		2.00	10.78		21.57	
	Cancomos para mangas/ cable jumbo	Pza		1.00	10.78		10.78	
	Resina	Und.		5.00	0.21		1.05	
	Tuberia de Aire de 2"	m.		3.50	7.19		25.16	
	Tuberia de Agua de 2"	m.		3.50	7.19		25.16	
	Copla vitaulica-uniones - T	Gbl		1.00	13.50		13.50	
	Aislante electrico	m.		1.00	1.48		1.48	
	Tuberla de PVC	Pza		28	4.11		115.90	
	Manguera de 1" ( 50 m)	m.		50.00	3.53		3.53	
	Manguera de 1/2" ( 50 m)	m.		50.00	1.60		1.60	
<b>1.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>508.97</b>	
	Jumbo	hr.		2.73	177.58		485.39	
	Combustible	Gal		4.10	5.75		23.58	
<b>1.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>101.08</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	11.70	1.00	6.28		73.49	
	Herramientas	Gdia	2.00	1.00	7.04		14.08	
	Lamparas Mineras	Gdia	11.70	1.00	1.16		13.52	
<b>2.00</b>	<b>VOLADURA</b>						<b>928.65</b>	<b>265.33</b>
<b>2.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>274.58</b>	
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	1.30	2.40	47.67		148.73	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	1.30	2.40	40.34		125.85	
<b>2.02</b>	<b>Explosivos y accesorios de voladura</b>						<b>590.66</b>	
	EMULEX 65 1 1/2X12	Pza.		447.00	0.78		350.00	
	EMULEX 80 1 1/8X8	Pza.		96.00	0.78		75.17	
	Guias Ensambladas Carmex de 7"	Pza.		2.00	1.57		3.15	
	Exanel	Pza.		40.00	3.70		147.88	
	Guia de seguridad	m.		2.00	3.70		7.39	
	Mecha rápida de ignition	m.		1.00	0.29		0.29	
	Cordón Detonante Pentacord 4gr	m.		30.00	0.23		6.78	
<b>2.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>30.00</b>	
	Batea pembersy	hr.		742.00	0.040		30.00	
<b>2.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>33.41</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	1.00	6.28		16.33	
	Herramientas	Gdia	2.00	1.00	7.04		14.08	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	1.00	1.16		3.00	
<b>3.00</b>	<b>LIMPIEZA</b>						<b>1,135.03</b>	<b>324.29</b>
<b>3.01</b>	<b>Mano de Obra</b>						<b>531.90</b>	
	Operador de Scooptram	Gdia	1.30	2.40	66.00		205.93	
	Personal Equipo Pesado	Gdia	1.30	2.40	104.48		325.97	
<b>3.02</b>	<b>Insumos</b>						<b>11.78</b>	
	Mangas de ventilación 36"	m.		3.50	3.37		11.78	
<b>3.03</b>	<b>Equipos</b>						<b>572.01</b>	
	Scooptram	hr.		3.03	96.88		293.54	
	Combustible	Gal		16.66	5.75		95.82	
	Ventilador de 32,000 CFM	hr.		12.00	15.22		182.65	
<b>3.04</b>	<b>Herramientas y EPP</b>						<b>19.33</b>	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	1.00	6.28		16.33	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	1.00	1.16		3.00	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/m)</b>								<b>1,111.01</b>
Utilidad Costo Directo						10%		111.10
Gastos generales (% del Costo Directo)						22%		249.12
<b>COSTO TOTAL (US\$/m)</b>								<b>1,471.24</b>

**Tomada de Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana**

### Interpretación:

- El costo directo de perforación y voladura de la situación óptima es de 1,111.01 \$/m.

- La utilidad del costo directo de la perforación y voladura (el 10 % del costo directo de perforación y voladura) es de 111.10 \$/m.
- El costo de los gastos generales (el 22 % del costo directo de perforación y voladura) es de 243.12

Ascendiendo un costo total de perforación y voladura de 1,471.24 \$/m, llevando a una optimización de 259,88 \$/m, respecto a la situación óptima.

## CONCLUSIONES

1. En la situación actual, se ha realizado la perforación con barra de 12 pies lográndose un avance de efectivo de 9 pies. Esto quiere decir que se ha tenido deficiencias tanto en los factores y parámetros de perforación, generando así voladuras secundarias. Respecto al consumo de explosivos se tuvo un factor de carga 2.38 kilogramos de explosivo por metros cúbicos y un factor de avance lineal 32.78 kilogramos de explosivo por metros lineales, lo que refleja las malas prácticas operativas dentro de las actividades de perforación y voladura respectivamente. Así, se encontró deficiencias de los parámetros y factores de la perforación y voladura, por lo que se procedió a realizar controles de las operaciones para mejorar las prácticas operativas.
2. En la situación actual, se tuvo las siguientes actividades que generan más tiempos improductivos: 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 maquina (preuso). En promedio mensual, estas actividades generan una demora operativa de 97.91 horas en total. En la situación óptima se tuvo las siguientes actividades que generan más tiempos improductivos: el traslado de equipo de labor a labor, la Instalación de equipo y preparación de la labor, no hay movilidad para ingreso a mina, charla y/o capacitación en interior mina, chequeo maquina (preuso) y el desatado de labor. Se mejoró los tiempos improductivos respecto a la situación actual, en promedio mensual las actividades que generan tiempos improductivos en total se tuvieron 86.90 horas. La mejora de los tiempos improductivos es de 11.01 horas en promedio mensual, el cual se ha aprovechado para los trabajos de operación en la perforación y voladura.
3. El costo directo de perforación y voladura de la situación actual es de 1,307.26 \$/m. La utilidad del costo directo de la perforación y voladura (el 10 % del costo directo de perforación y voladura) es de 130.73 \$/m. El costo de los gastos

generales (el 22 % del costo directo de perforación y voladura) es de 293.13. Ascendiendo un costo total de perforación y voladura de 1,731.12 \$/m.

El costo directo de perforación y voladura de la situación óptima es de 1,111.01 \$/m. La Utilidad del costo directo de la perforación y voladura (el 10 % del costo directo de perforación y voladura) es de 111.10 \$/m. El costo de los gastos generales (el 22 % del costo directo de perforación y voladura) es de 243.12. Ascendiendo un costo total de perforación y voladura de 1,471.24 \$/m, llevando a una optimización de 259,88 US\$/m, respecto a la situación óptima.

## RECOMENDACIONES

1. Es recomendable supervisar los parámetros de perforación de los equipos electrohidráulicos en función a la rotación, percusión, avance y anti atasque que deben estar calibrados de acuerdo al tipo de roca a perforar.
2. Es recomendable controlar las actividades de los trabajos de perforación y voladura para tener en cuenta que actividad está generando mayores tiempos improductivos que llevan a generar retrasos y deficiencias en la etapa de los avances programados, para que en un futuro poder corregir dichas deficiencias generadas.
3. Es recomendable evaluar el costo de perforación y voladura a fin de comprar si es factible y viable el cambio realizado a fin de mejorar procesos por medio de una evaluación de reducción de costos, ya que, no siempre reducir costos es quitar actividades o costos de herramientas, sino que también es viable agregar algún valor al proceso que a larga genere una reducción considerable del costo final mejorado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DIONISIO, Rogeer y FLORES, Elvis. Aplicación del método matemático de Holmberg para reducir el costo unitario de perforación y voladura en la Unidad Minera Parcoy. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2022, 85 pp.
2. DE LA CRUZ, Nihimias. Optimización del diseño de perforación y voladura para reducir el costo en el desarrollo de la galería 5361, empresa minera Vicus S. A. C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental , 2022, 90 pp.
3. PEREZ, Marco y ORTIZ, Marcos. Diseño de malla de perforación para reducción de costos en labores de sección 8'x8', Gal 9169—S y Xc 10564—SW del nivel 2870, U. P. San Andrés - La Libertad, 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac , 2022, 273 pp.
4. ROJAS, Frank. Implementación de voladura controlada para la reducción de costos unitarios – caso de estudio. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Tecnológica del Perú, 2022, 127 pp.
5. SILVA, Jesús. Optimización de la perforación y voladura para reducción de costos operativos en Minera Aurífera Retamas - 2021. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022, 68 pp.
6. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA . *Estudio de las reservas y recursos minerales*. Huarochirí : Unidad Minera Americana, 2022.
7. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y PLANEAMIENTO. *Estudio de las reservas y recursos minerales*. Huarochiri : Unidad Mienra Americana , 2023.

8. ÁREA DE GEOMECANICA . *Analisis geomecanico en frentes de avance*.  
Huarochiri : Unidad Minera Americana, 2022.
  
9. ÁREA DE OPERACIONES. *Perforacion y voladura en frentes de avance*.  
Huarochiri : Unidad Minera Americana, 2022.
  
10. ÁREA DE OPERACIONES . *Carguio de frentes de avance*. Huarochiri :  
Unidad Minera Americana, 2019.
  
11. ÁREA DE OPERACIONES MINA . *Metodo de explotacion Corte y Relleno* .  
Huarochiri : Unidad Minera Americana, 2020.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de consistencia

Reducción del costo operacional, mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, del Crucero 212 - nivel 23, unidad minera Americana

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿En qué medida será la reducción del costo operacional mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana?	Reducir el costo operacional mediante la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.	La reducción del costo operacional será factible y viable con la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, del Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿En qué medida será la reducción del costo operacional mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura en el Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana?	Reducir el costo operacional mediante la mejora del diseño de malla de perforación y voladura en el Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.	La reducción del costo operacional será factible y viable con la mejora del diseño de malla de perforación y voladura en el Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.
¿En qué medida será la reducción del costo operacional mediante la mejora del avance lineal de la perforación y voladura en el Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana?	Reducir el costo operacional mediante la mejora del avance lineal de la perforación y voladura en el Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.	La reducción del costo operacional será factible y viable con la mejora del avance lineal de la perforación y voladura en el Crucero 212 - Nivel 23, unidad minera Americana.

Fuente: Elaboración propia

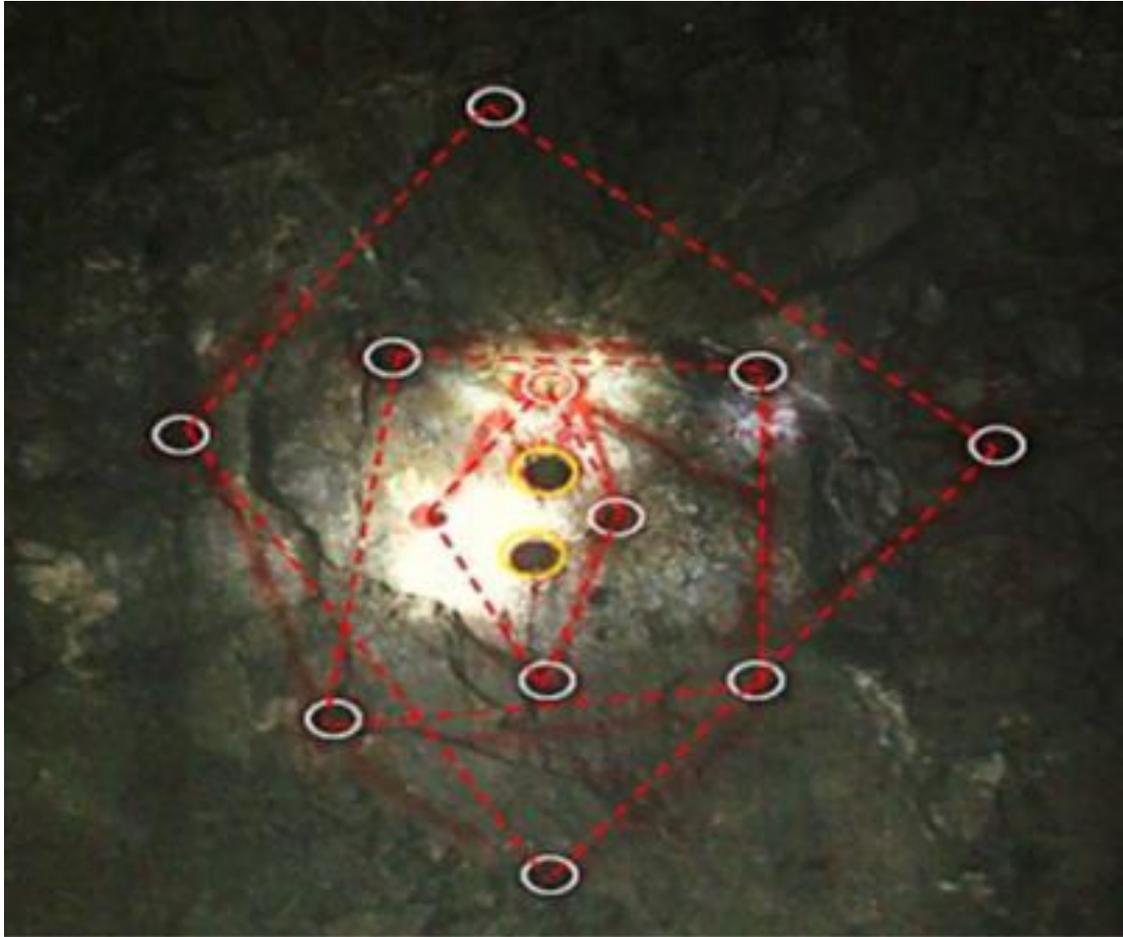
**Anexo 2**  
**Equipo de perforación en frente de avance**



*Tomada del Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana*

### Anexo 3

Deficiente marcado de la malla de perforación y voladura del frente de avance – crucero



*Tomada del Área de Operaciones Mina - unidad minera Americana*