

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y METALURGIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:

**“PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA LA REDUCCIÓN
DE COSTOS OPERATIVOS EN EL CRUCERO 10014 DE
LA EMPRESA MINERA AURIFERA RETAMAS
MARSA S.A. - 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR:

Bach. CORDERO VELASQUEZ, Jonathan Escot

ASESOR:

M.Sc. Ing. TORRES YUPANQUI, Luis Alberto

HUARAZ - PERÚ

2022

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A
OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: _____

Código de alumno: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____

D.N.I. n°: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela o Carrera: _____

7. Línea de Investigación (*): _____

8. Sub-línea de Investigación (*): _____

() Según resolución de aprobación del proyecto de tesis*

9. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

10. Referencia bibliográfica: _____

11. Tipo de acceso al Documento:

Acceso público* al contenido completo.

Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:



12. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.

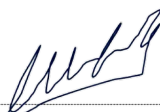
14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:




Varillas William Eduardo
Asistente en Informática y Sistemas
- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGIA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En la ciudad de Huaraz, siendo las diez horas con cero minutos de la mañana (10:00 a.m.) del día treinta de Mayo del Dos mil Veintidos (30/05/2022), se reunieron los miembros del jurado Evaluador nominados según Resolución Nro. 087-2022-FIMGM/D, de fecha 28 de Abril del 2022, integrado por los siguientes Docentes: **Dr. Ing. JACINTO CORNELIO ISIDRO GIRALDO, como Presidente; M.Sc. Ing. JESUS GERARDO VIZCARRA ARANA, como Secretario y el M Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO, como Vocal;** para la sustentación de la tesis Titulado: **"PERFORACION Y VOLADURA PARA LA REDUCCION DE COSTOS OPERATIVOS EN EL CRUCERO 10014 DE LA EMPRESA MINERA AURIFERA RETAMAS MARSA S.A. - 2021, presentado por el Bachiller JONATHAN ESCOT CORDERO VELASQUEZ,** para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", se procedió con el acto de sustentación bajo las siguientes consideraciones, el Presidente del Jurado calificador, invitó a los docentes, alumnos y público en general a participar en este acto; luego invitó al Secretario del Jurado calificador a dar lectura de la Resolución N° 087-2022-FIMGM/D de fecha 28 de Abril del 2022. Acto seguido invitó al sustentante a la defensa de su tesis por un lapso de veinte minutos (20), concluida con la misma, se procedió con el rol de preguntas de parte de los miembros del Jurado Calificador, finalmente se invitó al público en general a hacer abandono del Auditorium de la FIMGM por un lapso de diez (10) minutos con el propósito de deliberar la nota del sustentante, **ACORDANDO: APROBAR CON EL CALIFICATIVO (*)de: DIECISEIS (16).** Siendo las once horas y cero minutos (11:00 a.m.) del mismo día, se dio por concluida el acto de sustentación.

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO DE MINAS** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la UNASAM.

Dr. Ing. JACINTO CORNELIO ISIDRO GIRALDO
Presidente

M.Sc. Ing. JESUS GERARDO VIZCARRA ARANA
Secretario

M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO
Vocal

Dr. Ing. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI
Asesor

(*) De acuerdo con el Artículo 84º Reglamento de Grados y Títulos de la UNASAM, están deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA (19-20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17-18), APROBADO (14-16), DESAPROBADO (00-13).**

Nota: El sustentante debe levantar las observaciones realizadas por el Jurado Calificador



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS,
GEOLOGIA Y METALURGIA**



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los Miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis titulada: **"PERFORACION Y VOLADURA PARA LA REDUCCION DE COSTOS OPERATIVOS EN EL CRUCERO 10014 DE LA EMPRESA MINERA AURIFERA RETAMAS MARSAS S.A. - 2021**, presentado por el Bachiller **JONATHAN ESCOT CORDERO VELASQUEZ**, y sustentada el día Treinta de Mayo del 2022, por Resolución Decanatural N° 087-2022-FIMGM/D, la declaramos **CONFORME**.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 30 de Mayo del 2022

Dr. Ing. **JACINTO CORNELIO ISIDRO GIRALDO**
Presidente

M.Sc. Ing. **JESUS GERARDO VIZCARRA ARANA**
Secretario

M.Sc. Ing. **ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO**
Vocal

Dr. Ing. **LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI**
Asesor

DEDICATORIA

*Dedicado a mi abuela, madre y hermanos
que son mi motivación y fuente de
inspiración para lograr mis metas.*

AGRADECIMIENTO

En agradecimiento a Dios, por todo lo que me ha dado por todo lo que he logrado y por salvaguardarme en cada día de mi vida.

Mi profundo agradecimiento a mis familiares, por su apoyo incondicional en cada decisión en cada paso de mi vida para ser una mejor persona y un mejor profesional.

Por último y no menos importante a mis profesores y amigos por su ayuda, paciencia y dedicación hacia mi persona para que este trabajo se realice con éxito.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado Perforación y voladura para la reducción de costos operativos en el CRUCERO 10014 de la empresa minera Aurífera Retamas MARSA S.A. – 2021 nace de la pregunta ¿La perforación y voladura reducirá los costos operativos en el Crucero 10014 de la empresa Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. - 2021?, el objetivo general fue el de Analizar la perforación y voladura para la reducción de costos operativos en el Crucero 10014 de la empresa Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. – 2021. Se justifica porque en el desarrollo de labores de preparación el diseño de la malla de perforación y voladura incide fuertemente en los costos de explotación por ello es importante la reducción de costos operativos en el Crucero 10014 de la empresa Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. – 2021, mediante la mejora de la perforación y voladura de rocas. Los resultados más importantes fueron: el número de taladros perforados antes de la mejora era de 39 con tres taladros de cuele vacíos y después con la malla propuesta de 38 con tres taladros de cuele vacíos, el factor de potencia inicial fue de 0.38 Kg/ton y actualmente es de 0.34 Kg/ton y el factor de carga inicial fue de 1.13 Kg/m³ y actualmente es de 1.0 Kg/m³, lo que refleja un ahorro en la cantidad de explosivo utilizado, el avance por disparo fue de 1.60 m/disparo, y la longitud efectiva de perforación fue de 1.68 m / taladro lo que al mes nos trajo un avance de 45 a 48 metros lineales . Las conclusiones más importantes fueron: se logró una reducción de 550.39 dólares a 537.87 dólares lo que nos da un ahorro de 12.52 dólares por metro lineal, lo que al final de la construcción del Crucero 10014 nos da un igual de US\$ = 5634 x 3.98 S/. = S/. 22,423.32 y se realizó el nuevo diseño de malla en el crucero 10014, reduciendo de 39 taladros a 38 lo que trajo un ahorro en la construcción.

Palabras claves: Perforación y voladura, reducción de costos operativos, empresa Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.

ABSTRACT

The present brought about research entitled Drilling and blasting for the reduction of operating costs in the CRUCERO 10014 of the mining company Aurifera Retamas MARSA S.A. – 2021 arises from the question: Will drilling and blasting reduce operating costs at Crucero 10014 in Minera Aurifera Retamas MARSA S.A. - 2021? the general objective was to analyze drilling and blasting for the reduction of operating costs in Crucero 10014 in Minera Aurifera Retamas MARSA S.A. – 2021. It is justified because in the development of preparation work, the design of the drilling and blasting mesh has a strong impact on operating costs, therefore it is an important reduction in operating costs in Cruise 10014 of the company Minera Aurifera Marsa – 2021, through optimization of rock drilling and blasting. The most important results were: the number of holes drilled before the improvement was 39 with three empty core holes and after the proposed mesh of 38 with three empty core holes, the initial power factor was 0.38 Kg/ton and it is currently 0.34 Kg/ton and the initial load factor was 1.13 Kg/m³ and currently it is 1.0 Kg/m³, which reflects a saving in the amount of explosive used, the advance per shot was of 1.60 m/shot, and the effective drilling length was 1.68 m/drill, which brought us an advance of 45 to 48 linear meters per month.. The most important conclusions were a saving of 550.39 dollars to 537.87 dollars was achieved, which gives us a saving of 12.52 dollars per linear meter, which at the end of the construction of Crucero 10014 US\$ = 5634 x 3.98 S/. = S/. 22.423.32, and the new mesh design was carried out on cruise 10014, reducing from 39 holes to 38, which brought significant savings in construction.

Keywords: Drilling and blasting, reduction of operating costs, mining company Aurifera Retamas MARSA S.A. – 2021

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN	iv
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPITULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1. Entorno Físico	1
1.1.1. Ubicación y acceso.....	1
1.1.2. Fisiografía	3
1.2. Entorno Geológico	3
1.2.1. Geología regional	3
1.2.2. Geología local	6
1.2.3. Geología estructural.....	8
1.2.4. Geología económica	10
Origen y tipo de yacimiento	10
CAPITULO II.....	14
FUNDAMENTACIÓN.....	14
2.1. Marco Teórico.....	14
2.1. Antecedentes de la investigación.....	14
2.2. Definición de Términos.....	19
2.3. Fundamentación teórica.....	24
2.3.1. Perforación.....	24
2.3.2. Arranque – Trazo.....	26
2.3.3. Voladura	28
2.3.4. Tecnología en voladura.....	28
2.3.5. Malla de perforación y voladura.	31

2.3.6. Cortes o Arranques	31
2.3.7. Corte quemado	32
2.3.8. Corte cilíndrico.....	33
2.3.9. Costos	33
2.3.10. Clasificación de los costos.....	34
CAPITULO III	36
METODOLOGÍA.....	36
3.1. El Problema.....	36
3.1.1. Descripción de la realidad problemática	36
3.1.2. Planteamiento y Formulación del Problema	37
3.1.2.1. Formulación del problema General	37
3.1.2.2. Formulación de problemas específicos	37
3.1.3. Objetivos de la investigación.....	38
3.1.3.1. Objetivo General.....	38
3.1.3.2. Objetivos Específicos	38
3.1.4. Justificación e importancia	38
3.2. Hipótesis.....	39
3.3. Variables.....	39
3.3.1. Operacionalización de variables.....	40
3.4. Diseño de la investigación	40
3.4.1. Tipo de investigación	40
3.4.2. Nivel de la investigación	41
3.4.3. Método	41
3.4.4. Diseño de investigación.....	41
3.4.5. Población y muestra.....	42
3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4.7. Forma de tratamiento de los datos	43

CAPITULO IV.....	44
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	44
4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos.....	44
4.2. Perforación y voladura.....	44
4.2.1. Resultados de la perforación y voladura antes.....	45
4.2.2. Parámetros para nuevo diseño de malla de perforación.....	47
4.2.3. Estructura de precio unitario de la perforación antes y después.....	50
4.3. Discusión de Resultados.	51
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55
ANEXO.....	57
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIAS	58
ANEXO N° 02: ESTÁNDARES Y PETS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.	40
Tabla 2. Diseño de la nueva malla de perforación y voladura de rocas – Perforación.	
47	
Tabla 3. Diseño de la nueva malla de perforación y voladura de rocas- Voladura.....	49
Tabla 4. Estructura de costos de perforación y voladura de rocas antes.	51
Tabla 5. Estructura de costos de perforación y voladura de rocas optimizada.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Mina Marsa.	2
Figura 2. Otra forma de Arranque	26
Figura 3. Líneas de referencia	27
Figura 4. Ubicación de los taladros en una malla estándar.	27
Figura 5. Tipo de arranque - corte quemado.....	32
Figura 6. Tipo de arranque - corte cilíndrico	33
Figura 7. Diseño de la malla de perforación y voladura anterior.....	46
Figura 8. Diseño de la nueva malla de perforación y voladura propuesta.....	50

INTRODUCCIÓN

La perforación y voladura es una de las actividades más importantes en la mina Marsa y para ello se emplea diseños de mallas estandarizadas que son realizadas en base a los modelos matemáticos, pero en el día a día de la perforación y voladura se tiene una serie de fallas debido generalmente a una mala realización de la malla por parte de los perforistas. En la empresa Minera Aurífera Retamas Marsa S.A. en la zona de Patrick en el nivel 2870 de la cámara 12 se viene desarrollando el crucero 10014 de 3,0 x 3,0 m y con una distancia de 450 m. con el fin de explotar la veta Valeria con una potencia de veta de 0.49 m y una ley de 15.66 Au/g. (Cáceres, 2017). La producción planificada por el departamento de ingeniería mina no se cumple por las fallas en la perforación ya que los perforistas no realizan un eficiente trabajo en la perforación y el carguío de explosivos sumado a ello el incumplimiento de la malla perforación lo cual genera que no se cumpla lo planeado en muchos casos más del 10% en el avance lineal, produciendo ello que los costos de perforación y voladura no sean los óptimos.

La tesis consta de los siguientes partes:

CAPÍTULO I: GENERALIDADES, en la que se describe algunas características de la mina, tales el entorno físico y el entorno geológico.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN, relacionados al marco teórico, los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, se plantea la pregunta de investigación, así como los objetivos, la justificación e importancia. Redacción de la hipótesis, las variables, metodología incluyendo a la población y muestra del estudio.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN, se presentan los resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente se presentan las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Entorno Físico

1.1.1. Ubicación y acceso

De acuerdo a la actual vigente división administrativa del área en que se encuentra ubicado el yacimiento aurífero “MARSA” Minera Aurífera Retamas S.A. pertenece al anexo de Llacuabamba distrito de Parcoy provincia de Pataz departamento de la Libertad; en el flanco Oeste de la Cordillera Oriental a 180 Km. Hacia el Este de la ciudad de Trujillo a una altura de 3900 m.s.n.m. Se encuentra enmarcada dentro de las siguientes coordenadas geográficas: 08° 03’ 27” Latitud Sur, 77° 26’ 35” Longitud Oeste. Las poblaciones más cercanas son: Parcoy, Llacuabamba 12 Km. Aproximado y Tayabamba 93 Km. Aproximado. (Berroa, 2016). (Ver fig. N° 1)

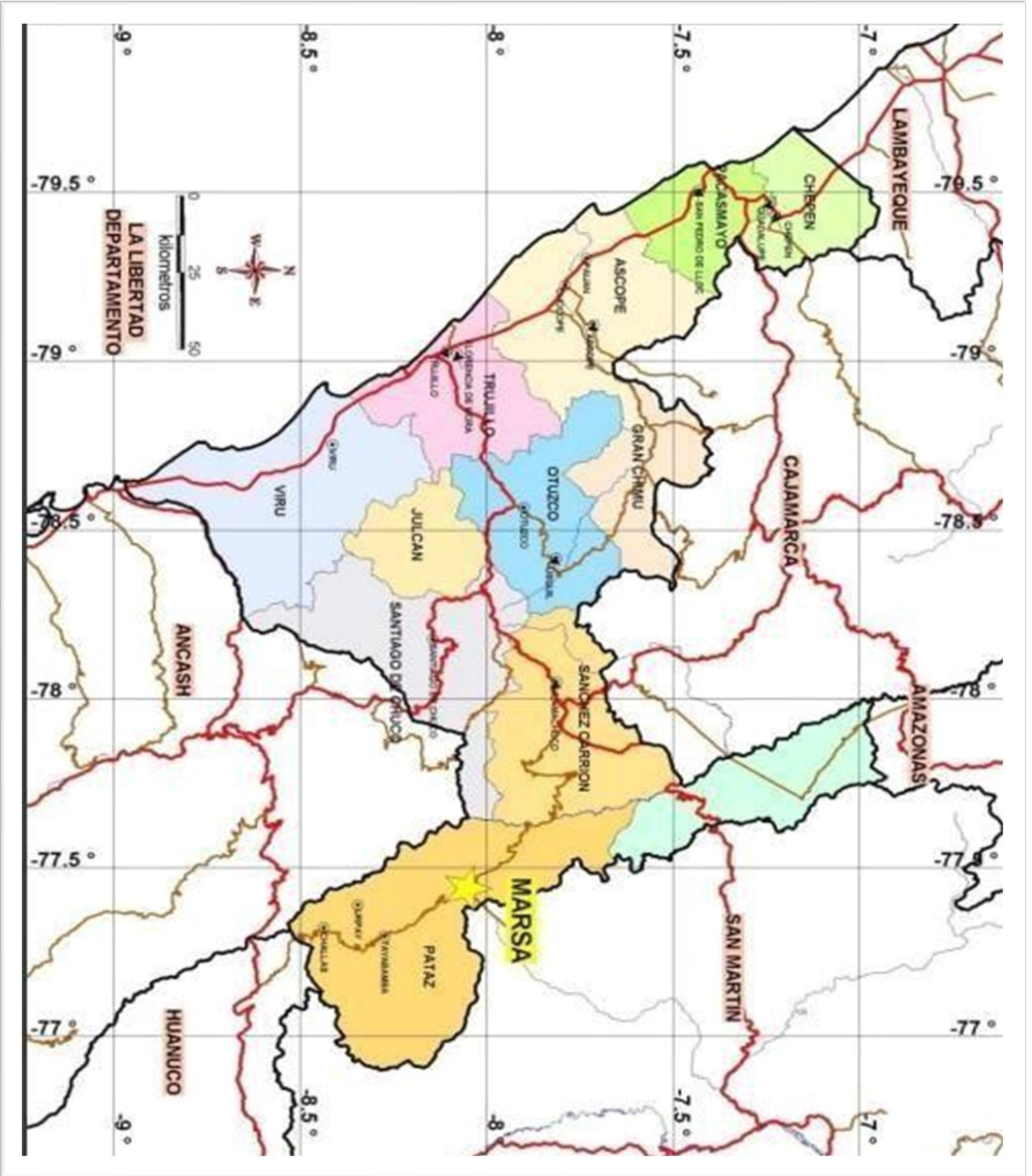


Figura 1. Ubicación de la Mina Marσα.

Fuente: Área de ingeniería Minera Marσα, Citado por Jhosmell George Arteaga

Acceso

Lima - Trujillo 562 Km., asfaltado

Trujillo – Huamachuco – Retamas – Llacuabamba - MARSA 397+470Km.

(Berroa, 2016).

1.1.2. Fisiografía

La topografía de la zona es bien accidentada que presenta fuertes pendientes de 50° – 60° aproximadamente donde el terreno ha sufrido agentes modeladores, también al mismo tiempo el drenaje está controlada principalmente por la litología y la tectónica. El tectonismo y la erosión fluvial han formado profundos valles que alternan con picos elevados originando desniveles que en la altitud varían entre los 1,800 – 4,200 m. s. n. m. (Berroa, 2016).

1.2. Entorno Geológico

1.2.1. Geología regional

En el territorio del distrito minero de Parcoy, en el Batolito de Pataz, se encuentra el depósito mineral conocido como «El Gigante», donde MARSA desarrolla sus operaciones. Está emplazado en rocas intrusivas granitoides de la edad Paleozoica. Constituido por filones de cuarzo con concentraciones de sulfuros, la concentración de mineral se presenta en forma de un cuerpo mineralizado (ore shoot) controlado por estructuras del tipo lazo cimoides.

Estratigrafía: La columna estratigráfica del área está constituida en la parte inferior por rocas antiguas del complejo metamórfico. Sobre esta yacen en discordancia angular sedimentos continentales y marinos pertenecientes al Paleozoico y Mesozoico. En la parte superior también en discordancia

angular se exponen derrames y piroclásticos pertenecientes a los volcánicos lavasen. Un intrusivo granodiorítico corta las rocas sedimentarias y llega hasta la parte inferior de los volcánicos. A continuación, se expresa una descripción generalizada de las formaciones que aparecen en la región.

- a. **Complejo del Marañón; (pe – Cm.):** Es una formación potente de rocas metamórficas que afloran ampliamente en la cordillera central. En la región estudiada ocupan una faja que se extiende de NE a SE por más de 100 Km. de largo. Hacia el SE, se ensancha considerablemente. El espesor de esta formación puede llegar hasta los 2,000 m. En este complejo metamórfico se distinguen tres unidades, una inferior representada por mica esquistos; otra media compuesta por meta andesitas esquistas y otra superior caracterizada por filitas negras y pizarras. Las dos últimas unidades son las de mayor distribución en la zona. A este complejo se le ubica una edad Precambriano y Cambriano.

- b. **Grupo Ambo; (Ci - a):** Pertenece a este grupo un afloramiento ubicado en el lado SE de la zona. La litología consiste en areniscas y lutitas con intercalaciones de conglomerados, con su espesor total de 200 m. que se observa en Taurija y Urpay (Tayabamba). La edad asignada a este grupo es el Missisipiano medio.

- c. **Grupo Copacabana; (Pi - c):** Cerca de Chagual afloran unas calizas algo arenosas, estratificadas en capas delgadas entre las cuales son comunes las intercalaciones de lutitas negras a limonitas. Estas rocas pertenecen al Grupo Copacabana y son de edad Pérmico Inferior.

- d. **Grupo Mitu; (Ps - m):** Rocas de este grupo se han encontrado en afloramientos aislados dentro de la provincia, la encontramos entre Vijus Chagual - Pías y entre Huaylillas - Tayabamba. Consta de areniscas y conglomerados de color rojo oscuro, estratificados en capas delgadas, que yacen en discordancia paralela sobre el grupo Copacabana y Ambo. A este grupo se la asigna una edad aproximada entre Permiano Medio o Superior.
- e. **Grupo Pucará; (Tji - p):** Este grupo se compone de calizas con chert que superyacen con discordancia angular o erosional a las unidades descritas arriba. Se le encuentra al oeste de Buldibuyo, en el flanco oriental del valle del Marañón. Su edad ha sido determinada por Wilson y Reyes y corresponde al Noriano y Sinemuriano.
- f. **Grupo Goyllarisquizga; (Ki - g):** En la región estudiada el grupo está compuesto por areniscas grises, marrones y rojizas de grano medio a grueso, que corresponde a la denominada Facies de Plataforma por haberse depositado sobre el Geo-Anticlinal del Marañón (Benavides, 1956). Estas Facies tienen un grosor variable de 50 a 150 mt. y se localizan en Huaylillas y Quiches (Tayabamba). A este grupo se le asigna una edad Neocomiana Aptiana.
- g. **Formación Crisnejas; (Ki - cr):** Una secuencia de calizas y margas que afloran en el área del valle del Marañón, ha sido denominado “Formación Crisnejas” por Benavides (1956). Esta tiene un espesor de 200 m. con una litología parecida a la de la Formación Chulec, pero con

una menor proporción de calizas. La edad de esta formación es Albiano Medio.

- h. Formación Rosa; (Ki - r):** Esta formación sobreyace discordantemente a la Formación Crisnejas y está compuesta de conglomerados y areniscas rojas que se asemejan en cierto modo a las areniscas de la Formación Goyllarisquizga, pero se distinguen de esta última por su asociación con conglomerados gruesos. Afloran principalmente en el cuadrángulo de Pataz entre las quebradas de Yalén y Aserradero. La edad ha sido determinada por Benavides (1956) con Albiano Superior Cenomaniano.

- i. Volcánicos Lavasen; (Tm - Vi):** El sector oriental de la región estudiada está cubierto por un manto de volcánicos jóvenes a los cuales Wilson, en 1964, denominó Volcánicos Lavasen. Litológicamente éstos constan de un miembro inferior compuesto por derrames andesíticos de color gris oscuro, grano fino, a veces microporfíricos; y un miembro superior conformado de tufos y piroclásticos de composición dacítica. Se estima que estos volcánicos alcanzan un grosor máximo de 1,500 m., correspondiendo los primeros 800 a 900 m. el miembro inferior. Los afloramientos de estas formaciones han dado lugar a escarpados terrenos, a farallones, y en general a una topografía agreste, suavizada en las partes altas por la erosión glacial. (Arteaga, 2021).

1.2.2. Geología local

La zona se halla mayormente cubierta por depósitos Cuaternarios; las rocas y estructuras mineralizadas se encuentran poco expuestas. En la Mina

El Gigante, debajo de la cubierta Cuaternaria se extiende el Intrusivo de Pataz, de naturaleza félsica a metafélsica; en este se hospedan las vetas auríferas. Al NE, cerca del campamento San Andrés, afloran rocas metamórficas del Complejo del Marañón, y al SW del Tambo, ocurrencias de arenisca limonitas – volcánicas (capas rojas), pertenecientes al grupo Mitú.

- a. **Rocas intrusivas:** El intrusito está constituido por 2 facies plutónicas: 1ra facie, microdiorita – diorita; 2da facie, granodiorita-granito. La primera facie son las rocas más favorables para la concentración de las soluciones mineralizantes; en ellas se emplazan el mayor número y las principales estructuras mineralizadas, las que actualmente se hallan en exploración y explotación; la segunda facie, son poco favorables para la formación de estructuras mineralizadas, encontrándose vetas delgadas, ramaleadas (stockwork) y discontinuas. El intrusito de Pataz se extiende como una franja longitudinal de rumbo N 60°W y ancho promedio de 2.5 Km. El contacto NE con el Complejo del Marañón se caracteriza por una franja de enclaves de ancho variable, constituidos por fragmentos alargado de filitas- pizarras, metavolcánicos y microdiorita; mientras que el contacto SW está marcado por la falla Huinchus.
- b. **Rocas metamórficas:** Representada por el Complejo del Marañón. Constituida por pizarras oscuras y filitas grisáceos, intercaladas con pequeñas capas de esquistos cloritizadas y metavolcánicos; se hallan expuestas en lado NE del Batolito de Pataz”, en las quebradas Ventanas, Mushmush, Molinetes, Los Loros y San Vicente; encontrándose plegadas, falladas y/o perturbadas por varios eventos de metamorfismo

dinámico e ígneo; asociados a este fallamiento aparecen ciertas estructuras auríferas de características similares y/o diferentes a las estructuras emplazadas en el intrusivo. A las rocas del complejo del Marañón se le asigna una edad Precambriana.

- c. **Rocas sedimentarias:** Conformada por la secuencia sedimentaria del Paleozoico y mezoico que aflora al SW del “Batolito de Pataz”, desde Alaska por el Sur hasta Cachica por el Norte (correspondiente a nuestra zona de interés). Esta secuencia está constituida por la unidad volcánico sedimentaria (areniscas, limonitas, micro conglomerados a conglomerados, tobas riolíticas y brechas – aglomerados de riolitas dacitas), pertenecientes al grupo Mitú (Permico) y calizas del grupo Pucará (Triásico – Jurásico).
- d. **Depósitos cuaternarios:** Los depósitos Cenozoicos, constituidos por suelos residuales, coluviales, fluvio-glaciares y aluviales, se extienden cubriendo gran parte del área con espesores que varían de 1 a 50 m., formando un relieve abrupto con vegetación de Puna. (Berroa, 2016).

1.2.3. Geología estructural

Se considera una asociación típica mesotermal con temperatura en el rango de 250 – 350 centígrados se presenta una serie de vetas auríferas a partir de una intrusión calco – alcalinas de batolito de Pataz con una removilización en las rocas encajonantez. Pero cabe mencionar que los yacimientos de Pataz se deben a procesos hidrotermales postmagmáticos o sea cuando el proceso de recristalización ha concluido con lo fundamental. Los yacimientos minerales magmatógenos según las condiciones de su formación están

relacionados con los procesos geoquímicos de las partes profundas de la corteza terrestre. El sistema hidrotermal ha estado activo por mucho tiempo en varias etapas de reactivación tectónica y depósitos de cuarzo y sulfuros.

- a. **Plegamiento:** Son de extensión regional, con eje orientado de SE a NW presentándose en rocas sedimentarias y metamórficas. La dirección probable de estos esfuerzos es de NE a SW.
- b. **Fracturamiento:** La zona se halla fuertemente fracturada debido al tectonismo, estas fracturas siguen un patrón estructural derivado de la dirección de los esfuerzos, se presentan formando sistemas de fracturamiento local.
- c. **Fallamiento:** Para la zona se ha determinado tres sistemas de fracturamiento:
 1. **Sistema de fallamiento NW-SE (longitudinal);** son falla postminerales de rumbo paralelo - subparalelo a la veta riginando ensanchamiento, acuñaamiento, etc. Son de carácter normal-sinextral e inversa.
 2. **Sistema de fallamiento NE-SW a NS (diagonal);** de rumbo N a NW y buzamiento alto al W, se presentan agrupadas (fallas gravitacionales). Las vetas muchas veces se hallan afectadas por este tipo de fallamiento ya sea normal como inverso, etc.
 3. **Sistema de fallamiento principal E-W o fallas mayores (transversal);** de rumbo promedio E-W. Dentro de este grupo se le agrupa a la falla: Falla Uno, E-1, Falla Pumas, etc., son

estructuras que se desplazan alrededor de 100m. en la vertical y 250m en la horizontal. (Berroa, 2016).

1.2.4. Geología económica

Origen y tipo de yacimiento

En las vetas del yacimiento se observan cuarzo con oro acompañado de otros sulfuros, el oro se encuentra según su paragénesis con pirita, arsenopirita, galena y esfalerita la pirita es el mineral que sigue en abundancia, presentándose también vetas fracturadas, la galena es típica de la asociación donde se les observa en la zona de oxidación de los filones formando a veces agregados de grano fino y en otras en forma masiva como los llamados pacos, la esfalerita no es muy frecuente pero también se presenta en la zona de sulfuros acompañando siempre a la galena y pirita. Las vetas son variables en sus potencias desde centímetros hasta metros donde también presenta encallamientos y reactivaciones, las vetas son de cajas bien frágiles y deleznales e inestables que además presentas cajas falsas con presencias espejos de falla en el techo en todas las vetas de la zona se observan grandes franjas de cuarzo blanco, conocido como cuarzo lechoso con una pátina de óxido de hierro y acompañado de sulfuros generalmente limitado por falla longitudinal o de reactivación. Su emplazamiento principal se dio en rocas micro dioritas y tonalitas, el responsable de la mineralización es el intrusivo de Pataz, cuyas soluciones mineralizantes circularon a través de las fracturas preexistentes. Las vetas auríferas son en general filonianos- cizalla, formado por rellenos de fracturas con temperaturas de formación de fases mesotermal a epitermal. Las estructuras mineralizadas presentan lazos simoides y curvas

simoidales. El mineral de mena principal es la pirita aurífera (pirita de grano fino microfracturada); en menor proporción lo son también la arsenopirita galena marmatita; es posible también encontrar oro libre en el cuarzo sacaroide. El principal mineral de ganga es el cuarzo lechoso junto con una cantidad minúscula de calcita y caolín. Las rocas de caja de los filones de cuarzo adyacentes a las zonas donde se presentan las concentraciones económicas de material aurífero por alteración hidrotermal están silicificadas sericitizadas y cloritizadas. Estas alteraciones están ausentes donde la veta carece de relleno mineralizado.

- **Oro.** - Macroscópicamente el oro se observa en forma libre en el cuarzo y raramente en la pirita o arsenopirita.
- **Electrum.** - Es muy raro, pero se observa microscópicamente asociado a la pirita el oro.
- **Pirita.** - Se observa pirita de varias generaciones, una pirita probablemente de la primera generación, macroscópicamente se encuentra bien cristalizado en pequeños cubos generalmente dentro de las cajas o en la estructura mineralizada.
- **Otra generación de la pirita aurífera.** - También se presenta con cristales anhedrales y subhedrales menos diaclazados.
- **Galena.** - La galena es regularmente frecuente en todas las vetas de región.
- **Esfalerita.** - Por lo común está en la variedad de marmatita, macroscópicamente se le observa en pequeños cristales de color marrón

que se encuentran rellenas en las micro fracturas de cuarzo, así como la pirita en la cual se observa que tiene inclusiones de oro nativo.

- **Calcopirita.** - Después de la pirita es uno de los minerales más frecuentes en las vetas de Pataz, se le observa en agregados de grano medio a grueso.
- **Otros.** - Cabe mencionar los siguientes: cuarzo, limonita, magnetita, pirolusita, calcita etc

Mineralogía: La mineralogía del yacimiento incluye los siguientes minerales: Sulfuros: Pirita, calcopirita, galena, esfalerita. Óxidos: Cuarzo, limonita, magnetita. Sulfosales: Arsenopirita. Carbonatos: Calcita, sericita. Dentro de las vetas de Cuarzo aurífero, la pirita es el sulfuro más abundante, la arsenopirita es el mineral que le sigue en abundancia, la Galena, que es típica en esta asociación mineral se observa en zonas de oxidación de los filones, formando agregados de grano fino y otros en forma masiva; la esfalerita no es muy frecuente, se presenta en la zona de sulfuros, acompañando a la galena y pirita. El oro y electrum se hallan al borde o dentro de las microfracturas de la pirita.

Minerales de mena presentes:

- **Pirita Aurífera. (AgPbS)**
- **Arsenopirita (FeAsS)**
- **Galena (PbS)**
- **Marmatita (FeZn)S**

Minerales de ganga presentes:

- **Cuarzo lechoso (SiO_2)**
- **Calcita (CaCO_3)**
- **Caolín ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)**

En cuanto a las reservas de mineral de la mina, son de carácter interno a la empresa por lo que no se mencionarán en la siguiente tesis.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. *Marco Teórico*

2.1. Antecedentes de la investigación

Vega (2021), en la tesis titulada “*Implementación del diseño de perforación y voladura para optimizar los parámetros de avance en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua – 2019.*”, sustentada el año 2021 por Félix Hilario Vega Gonzáles en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas. Cerro de Pasco, Perú. La finalidad de la tesis fue establecer que la implementación del diseño de perforación y voladura optimice los parámetros en las labores de avance en Galerías del Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua - 2019. Este estudio fue considerado como investigación aplicada, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental y adicionalmente sub-diseño pre-experimental. La muestra estuvo conformada por los trabajos de perforación y voladura realizados en los frentes de avance en la Galería 6506 SE y Galería 6763 NE de sección 3.5m x 3.5m, en el Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua - 2019. El instrumento a utilizar fue la ficha de recolección de datos, considerando que el levantamiento de la información fue un mes antes y después de la implementación del diseño de perforación y voladura durante el 2019. El proceso estadístico comprendió de un análisis descriptivo e inferencial, utilizando la prueba t de Student para muestras relacionadas con un nivel de confianza del 95% donde $p < 0.05$ determinó la aceptación de la hipótesis

de estudio. Los resultados de la contrastación de hipótesis demostraron que la implementación del diseño de perforación y voladura reduce significativamente el factor de avance ($p=0.000$), así como incrementa significativamente la longitud de avance ($p=0.000$) y la eficiencia de voladura ($p=0.00$) en Galerías del Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua - 2019. Se concluyó, que la implementación del diseño de perforación y voladura optimiza significativamente los parámetros de avance en Galerías, tanto en el factor de avance como en la longitud de avance y la eficiencia de voladura en el Nivel 3990 Mina Uchucchacua - 2019. Vega, 2021).

Suasnabar (2020), en la tesis titulada *“Optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del Crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C.”*, sustentada el año 2020 por Elvis Pedro Suasnabar Gaspar en la Universidad Continental. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú. En la tesis mención del problema general: ¿Cuál es la optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del crucero 620?, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana, dando a conocer el objetivo general que es: Determinar la optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana. La hipótesis a contrastar es: La optimización de la voladura permitirá reducir los costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana. La metodología de investigación es del método científico, es del tipo aplicada, nivel correlacional y diseño de investigación experimental. La población

estará conformada por todos los cruceros de la zona en el Nv 1700. Del mismo modo la muestra estará conformado por el desarrollo del crucero 620 en el Nv 1700. En conclusión, al optimizar los estándares establecidos de perforación y voladura en el desarrollo del CX-620, se logró reducir los costos de voladura (S/. / metro) de 148.37 a 112.45 obteniendo así una reducción del 24% en comparación a lo obtenido anteriormente. (Suasnabar, 2020).

Vilca (2019), en el trabajo de suficiencia Profesional titulada *“Aplicación de voladura controlada para minimizar el uso de sostenimiento en el Nv 2225 Gal 880 en la zona Palo Plantado, U.E.A Capitana - Cía. Caraveli – Arequipa 2019.”*, sustentada el año 2019 por Wilber Peter Vilca Choque en la Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. En la tesis indica que la voladura convencional utilizada en las labores de avance está generando problemas de sobre rotura en hastiales y corona, generando costos elevados en el consumo de madera ya que dicha labor se está avanzando con sostenimiento de cuadros de madera, retrasando las operaciones del ciclo de minado. El trabajo de investigación se realizó en los meses de julio y agosto en la CIA Caravelí UEA capitana. EL objetivo principal fue minimizar el consumo de madera en el sostenimiento con cuadros aplicando voladura controlada. La metodología utilizada responde al tipo de investigación aplicada, porque se busca solucionar un problema que viene afectando las operaciones de minado, los ensayos experimentales de causa - efecto y se logró reducir el sostenimiento al aplicar voladura controlada. Se logró como resultado de la aplicación de voladura controlada

reducción del consumo de madera en sostenimiento con cuadro de madera en la Gal 880 de 35 cuadros a 30 cuadros y se mejora en cuanto al programa de avance de 53 m a 59 m. de esta manera hay un incremento en el cobro de la liquidación mensual de S/. 47155.6 a S/. 50202.62 habiendo una ganancia S/. 3047.02. Llegando a la conclusión de que al aplicar la voladura controlada en los hastiales y corona se evitan la sobre rotura de la labor de avance, generando condiciones más seguras para el personal, evitando el exceso manipuleo de madera. (Vilca, 2019).

Vilca (2019), en el trabajo de suficiencia Profesional titulada *“Optimización de perforación y voladura para el control de la sobrerotura aplicando Modelo Matemático Áreas De Influencia U.M. Carahuacra”*, sustentada el año 2019 por Reynaldo Vilca Coaquira en la Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Puno-Perú. En el artículo científico se basa en la aplicación de un nuevo modelo matemático para diseñar un arranque y malla de perforación y voladura, calculando el área de influencia por taladro con la nueva teoría para calcular el burden, la investigación se realizó en la U. M. Carahuacra en los meses de julio a setiembre del 2019, tiene como objetivo mejorar la eficiencia por disparo y controlar la sobrerotura, los materiales que se usara en la investigación son el emulnor 3000 1 1/4 X 12, emulnor 1000 1 1/4 X 12, detonador no eléctrico, carmex, cucharillas, tubos de PVC, perforadora jumbo de dos brazos - DD321 y para realizar el artículo científico tesis, artículos científicos relacionados a perforación y voladura; La metodología, se hace mención el ámbito de estudio, enfoque de la investigación, diseño de la

investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, como resultado se mejoró el avance de 3 .15 m. a 3 .4 7 m. y sobre-rotura se reduce de un 11 % a 7% de julio a setiembre y como conclusión con la aplicación de un nuevo modelo matemático con el que se diseñó el arranque y malla de perforación y voladura y aplicación de la voladura controlada de recorte se mejoró el avance y se redujo la sobre-rotura. (Vilca, 2019).

Alcos (2019), en el trabajo de suficiencia Profesional titulada *“Reducción de costos en el proceso de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla”*, sustentada el año 2019 por Oscar Vladimir Alcos Huarilloclla en la Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Puno-Perú. Indica que en las labores de minería subterránea es de gran importancia contar con los patrones y explosivos adecuados para abrirse paso en los distintos yacimientos subterráneos. el presente trabajo se basa en la investigación realizada en el frente crucero 340 NW de la Empresa Minera Yansur S.A.C. – Rinconada realizada en el año 2018, cuyo objetivo principal es determinar y aplicar un nuevo diseño de malla de perforación para obtener una longitud de carga adecuada y optimizar los costos de perforación y voladura. Se evaluó los procesos de ejecución del avance lineal en la perforación y voladura anterior, para poder plantear un nuevo diseño de la malla de perforación, el tipo y la carga explosiva adecuada, según las características de la roca encajonante y también las propiedades físicas y químicas de los explosivos a utilizar en la voladura. Luego de analizar los resultados de la nueva malla de perforación y la distribución de

la carga explosiva adecuada para reducir los costos, son eficientemente aceptables en la determinación del diseño de la malla. Con la aplicación de la nueva malla de perforación, los taladros se han optimizado de 46 a 41 taladros perforados, con una reducción de costo por disparo de 26.98 US\$/ml y una reducción de 0.27 kg/m³ en el factor de carga. Se sugiere supervisar y controlar siempre el antes y después de la perforación y voladura para hacer un seguimiento correspondiente para ver el comportamiento de la roca y determinar el diseño de malla y la carga explosiva adecuada. (Alcos, 2019).

2.2. Definición de Términos

- **Anfo:** Es un agente explosivo de bajo precio cuya composición es 94.3% de Nitrato de Amonio y 5.7% de gas-oil, que equivalen a 3.7 litros de este último por cada 50kg de Nitrato de Amonio. (Pacahuala, 2015).
- **Burden:** Es la distancia entre un taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación. El burden depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear. (Pacahuala, 2015).
- **Costos operativos o de producción mina:** Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a la producción, pudiéndose categorizarse en costos directos e indirectos. (Pacahuala, 2015).

- **Costos directos:** Conocidos como costos variables, son los costos primarios en una operación minera en los procesos productivos de perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares mina, definiéndose esto en los costos de personal de producción, materiales e insumos, equipos. (Pacahuala, 2015).
- **Corte quemado:** Es un tipo de arranque que consiste en perforar 3 o más taladros paralelos entre si y paralelos al eje de la galería. Este tipo de arranque se usa generalmente en terreno duro, dejando uno o algunos taladros vacíos con la finalidad que se constituyan en cara libre, a fin de que la roca triturada se expanda hacia el espacio libre, logrando su expulsión, los taladros del corte deben ser los más profundos. (Pacahuala, 2015).
- **Cara libre o taladro de alivio:** Permite que las ondas de compresión producto de la voladura se reflejen contra ella, originando fuerzas de tensión que permiten producir la fragmentación de la roca. (Pacahuala, 2015).
- **Costos indirectos:** Conocidos como costos fijos, son gastos que se consideran independiente de la producción. Este tipo de costos puede variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida. (Pacahuala, 2015).
- **Discontinuidades:** Son los planos de origen mecánico o sedimentario que separan los bloques de la matriz rocosa. (Pacahuala, 2015).

- **Disparo soplado:** Hacen referencia a las voladuras que fueron ineficientes, ya que en ellas algunos de los taladros cargados no explotaron o ninguno de los taladros cargados de la malla de voladura explosiono. (Pacahuala, 2015).
- **Dispersión:** Hace referencia a que, debido a la delicada fabricación y propia constitución de los elementos de retardo, se producen diferencias de tiempo entre detonadores individuales de las misma serie, tipo y lote de fabricación, lo que se conoce como dispersión del valor real con respecto al valor nominal. Por ejemplo, un retardo con tiempo nominal de 20ms, puede salir con 22ms. (Pacahuala, 2015).
- **Espaciamiento:** Es la distancia entre taladros cargados con explosivos de una misma fila o de una misma área de influencia en una malla de perforación. (Pacahuala, 2015).
- **El Factor de Potencia y/o Factor de carga:** Es la relación entre el número de kilogramos de explosivos empleados en una voladura determinada y el número de toneladas a romper producto de esa voladura o el volumen correspondiente en metros cúbicos a romper. Las unidades son kg/TM o kg/m³. (Pacahuala, 2015).
- **Emulsión explosiva:** Son del tipo inversado “agua en aceite”, componiéndose de dos fases líquidas, una continua constituida básicamente por una mezcla de hidrocarburos y otra dispersa constituida por micro gotas de una solución acuosa de sales

oxidantes, con el nitrato de amonio como principal componente. (Pacahuala, 2015).

- **Geomecánica:** Se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamientos mecánicos de los materiales rocosos. Básicamente este comportamiento geomecánico depende de los siguientes factores: Resistencia de la roca, grado de fracturación del macizo rocoso y la resistencia de las discontinuidades. (Pacahuala, 2015).
- **Labores permanentes:** Son aquellas labores mineras que serán de larga duración o duración permanente durante la vida de la mina, y en las que se requieren aplicar el sostenimiento adecuado que garantice un alto factor de seguridad, pues en estas labores se tendrá un tránsito constantemente de personas y equipos y la construcción de diversas instalaciones. (Pacahuala, 2015).
- **Labores temporales:** Son labores que requieren un sostenimiento ocasional y menor que en las labores permanentes, pues estas labores serán rellenadas luego de ser explotadas. (Pacahuala, 2015).
- **La perforación tipo breasting:** Es una perforación con dirección horizontal donde la cara libre se ubica en la parte inferior de la malla de perforación en breasting. Es una perforación de producción en mineral. (Pacahuala, 2015).
- **La Distribución de la carga explosiva:** Es la cantidad de explosivo y accesorios de voladura que se reparten del polvorín a las diferentes

labores de trabajo previo una generación del vale de salida de explosivos. (Pacahuala, 2015).

- **Matriz rocosa:** Es el material rocoso exento de discontinuidades o bloques de roca intacta. (Pacahuala, 2015).
- **Macizo rocoso:** Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades. (Pacahuala, 2015).
- **Perno Split set:** Es un tipo de perno que trabaja a fricción, consiste en un tubo de acero con una ranura longitudinal, de diámetro algo mayor que la perforación donde se introducirá. Su diámetro disminuye al introducirlo al barreno, generando presiones de fijación por efecto elástico. (Pacahuala, 2015).
- **Paralelismo:** En perforación de minería se denomina al paralelismo geométrico entre las direcciones de las rectas de los taladros que perforan una misma estructura mineralizada o sección. (Pacahuala, 2015).
- **Rendimiento:** En un contexto empresarial, el concepto de rendimiento hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el término unidad puede referirse a un individuo, un equipo, un departamento o una sección de una organización. (Pacahuala, 2015).
- **Smooth Blasting:** Es un tipo de voladura de contorno o voladura suave, en el caso de túneles también se le conoce como voladura periférica. (Pacahuala, 2015).

- **Tajo:** Son las labores temporales destinadas a la extracción de mineral. (Pacahuala, 2015).
- **Tiros cortados y sopladados:** Hacen referencia a las voladuras que fueron ineficientes, ya que en ellas algunos de los taladros cargados no explosionaron o ninguno de los taladros cargados de la malla de voladura explosiono. (Pacahuala, 2015).
- **Velocidad de detonación:** La velocidad de detonación es la característica más importante de un explosivo, mientras más alta sea su velocidad de detonación mayor será su potencia. A la detonación se le entiende como la transformación casi instantánea de la materia sólida que lo compone en gases. (Pacahuala, 2015).

2.3. Fundamentación teórica

2.3.1. Perforación

La perforación es la etapa más importante dentro de las operaciones mineras, siendo considerada como la percusión de la roca la cual generará el corte de esta en diversas posiciones. La finalidad de la perforación es el abrir huecos cilíndricos que albergaran los explosivos. Volkan & Gonen (2019). La perforación de rocas en la operación minera es el proceso que consiste en realizar taladros cilíndricos, con una distribución y geometría adecuada, ejecutando bien los parámetros de perforación para luego no tener inconvenientes al momento de alojar los explosivos con sus respectivos accesorios de voladura. (Vega, 2019).

- a. **Perforación Manual:** La perforación manual se realiza con la utilización de una herramienta llamada barreno, la cual tiene como finalidad la rotación y extracción de roca, esta herramienta es sostenida por un operario auxiliar, mientras que el operario principal golpea un extremo con una comba, posteriormente es girada y se continúa con el proceso. (López, López, & García 2017, Citado por Vega, 2019).

- b. **Perforación Neumática:** La perforación neumática aprovecha el uso de la energía generada por el aire comprimido para la realización de los huecos cilíndricos o también llamados taladros, las cuales son aplicadas en las perforadoras convencionales como la Jackleg y Stopper. (López, López, & Ayala 2017, Citado por Vega, 2019).

- c. **Perforación Eléctrica:** Es utilizado por un barreno helicoidal, el cual es alimentado por energía eléctrica, siendo el principal problema de esta, es que se debe mantener en una posición fija. (López, López, & Ayala 2017, Citado por Vega, 2019).

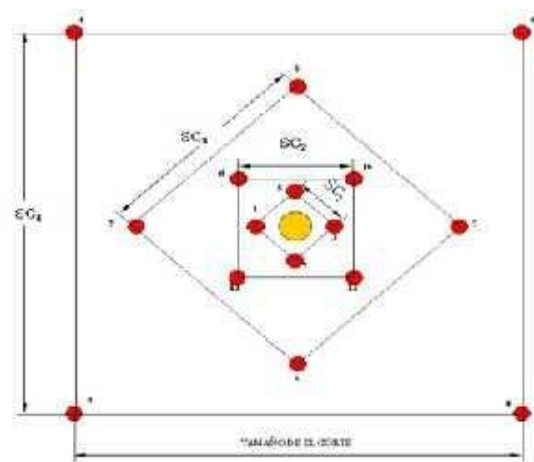
- d. **Perforación Hidráulica:** Es la que se realiza mediante equipos de perforación de muy alta sofisticación, usualmente son robotizados, presentan un avance y perforación de mayor rango que otros métodos, estos cuentan con un mando de control computarizado, presentando el beneficio la alta precisión que esta representa. (López, López, & García, 2017, Citado por Vega, 2019).

2.3.2. Arranque – Trazo

Son los taladros que van a permitir hacer una cara libre más y a partir de esta segunda cara libre generada, se amplía la abertura con los taladros de primera y segunda ayuda, que están alrededor del arranque, hasta que la delimitación sea total de la labor a ejecutar.

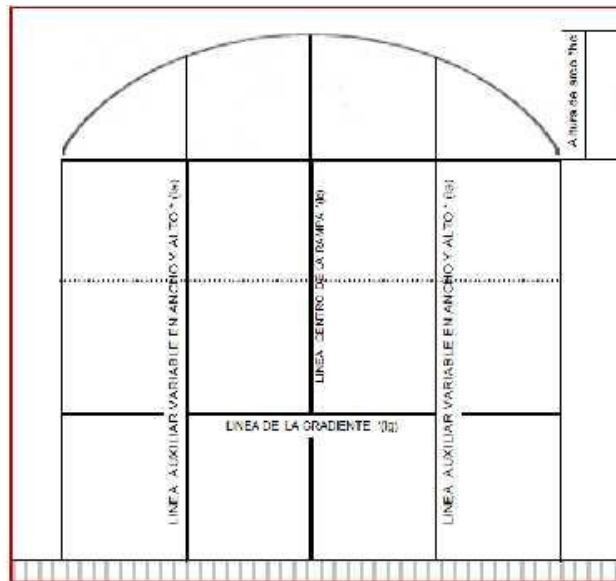
En toda malla de perforación se debe mantener la simetría de los taladros de tal forma de generar una buena secuencia de salida. (Ver fig. N° 2 y N° 3)

Figura 2. Otra forma de Arranque



Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A., Citado por Pacahuala Aguirre, Mayra Cleyde, 2015.

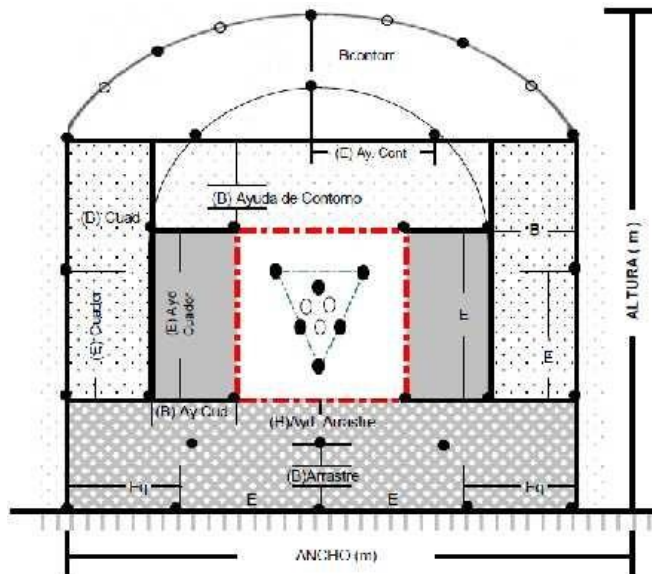
Figura 3. Líneas de referencia



Fuente: Manual de perforación y voladura- Cia Minera Volcan, Citado por Pacahuala Aguirre, Mayra Cleyde, 2015.

El método de implementación de una malla cuadrícula en el frente de perforación, reduce sustancialmente el tiempo de perforación, como también en el carguío, ganando tiempo para las demás actividades. (Ver fig. N° 4)

Figura 4. Ubicación de los taladros en una malla estándar.



Fuente: Manual de perforación y voladura- Cia Minera Volcan, Citado por Pacahuala Aguirre, Mayra Cleyde, 2015.

2.3.3. Voladura

También llamada tronadura, es un método de fragmentación de la roca, la cual se produce por la exposición del material explosivo, una correcta voladura acarrea beneficios económicos para la empresa. (Ortega, Jaramillo, & Molina, 2016, Citado por Vega, 2019).

La voladura representa dentro de la minería grandes retos, puesto que esta abarca ciencias como la Química, la Física, Termodinámica entre otras, debido a que el fracturamiento de la roca se realiza con explosivos que involucran tiempo, masa y despliegue de energía. Rincón & Molina (2017). La voladura de rocas es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que producen dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento. El primero se refiere al tamaño de los fragmentos producidos, a su distribución y porcentajes por tamaños, mientras que el segundo se refiere al movimiento de la masa de roca triturada. (Vega, 2019).

2.3.4. Tecnología en voladura

Sensibilidad a la Iniciación: Cada explosivo requiere de un iniciador o cebo mínimo para iniciarse (usualmente se tiene como referencia al detonador # 8 para calificarlos como altos explosivos (sensibles) y agentes de voladura (insensibles), por lo que requieren un cebo más potente).

- a. **Condiciones de la carga:** Diámetro de la carga (diámetro del taladro). Influye directamente sobre el rendimiento del explosivo y la amplitud de la malla de perforación. Todo explosivo tiene un diámetro crítico; por debajo de ese diámetro no detonan.

- b. **Geometría de la carga:** Relación entre el largo de la carga con su diámetro y el punto donde es iniciada. Se refleja en el proceso de rompimiento y en la formación de “zonas de fracturación” en las cargas cilíndricas de los taladros de voladura.

- c. **Grado de acoplamiento:** Radio del diámetro de carga al diámetro del taladro. El acoplamiento físico entre la carga explosiva y la roca permite la transferencia de la onda de choque entre ellas, teniendo un carácter muy significativo sobre el rompimiento. Se dice que un taladro está acoplado cuando el diámetro del cartucho se acerca al diámetro del taladro. El desacoplamiento es recomendable sólo para la voladura controlada o amortiguada, donde forma un colchón de aire que amortigua el impacto, con lo que disminuye la fragmentación. Se dice que un taladro está desacoplado cuando el diámetro del cartucho es mucho menor al diámetro del taladro.

- d. **Grado de confinamiento:** Depende del acoplamiento, del taqueo o acabado, del uso de taco inerte para sellar el taladro y de la geometría de la carga (burden y distancia entre los

- taladros). Un confinamiento demasiado flojo determinará un pobre resultado de voladura.
- e. **Distribución de carga en el taladro:** La carga explosiva puede ser de un solo tipo en todo el taladro (carga única) o tener primero explosivo más denso y potente (carga de fondo) y luego explosivo menos denso (carga de columna).
 - f. **Intervalos de iniciación de las cargas (Timing):** Los taladros deben ser disparados manteniendo una secuencia ordenada y correcta, para crear las caras libres necesarias para la salida de cada taladro, lo que se logra con los detonadores de retardo o con métodos de encendido convencional escalonados.
 - g. **Voladura de Precorte:** EXSA (2004). Consiste en crear en el cuerpo de roca una discontinuidad o plano de fractura (grieta continua) antes de disparar la voladura principal o de producción, mediante una fila de taladros generalmente de pequeño diámetro, muy cercanos, con cargas explosivas desacopladas y disparos instantáneos.
 - h. **Voladura de Recorte:** EXSA (2004). Consiste en la voladura de una fila de taladros cercanos, con cargas desacopladas, pero después de la voladura “principal” o de producción. El factor de carga se determina de igual forma que para los taladros de precorte, pero como esta técnica implica el arranque de roca hacia un frente libre, el espaciamiento normalmente es mayor que en el precorte.

- i. **Voladura Amortiguada:** Es prácticamente una voladura convencional, pero en la que se ha modificado el diseño de la última fila, tanto en su esquema geométrico que es más reducido, como en las cargas de explosivo que deben ser menores y desacopladas. El disparo es normalmente en una sola etapa. (Pacahuala 201501)

2.3.5. Malla de perforación y voladura.

“Es un esquema que indica la distribución de taladros para poder realizar la perforación y voladura del macizo rocoso. Para su elaboración se considera diversos parámetros como: la geometría de la labor o sección a perforar, el tipo de arranque para la voladura, la relación del burden y espaciamiento de los taladros”. (Suasnabar, 2020).

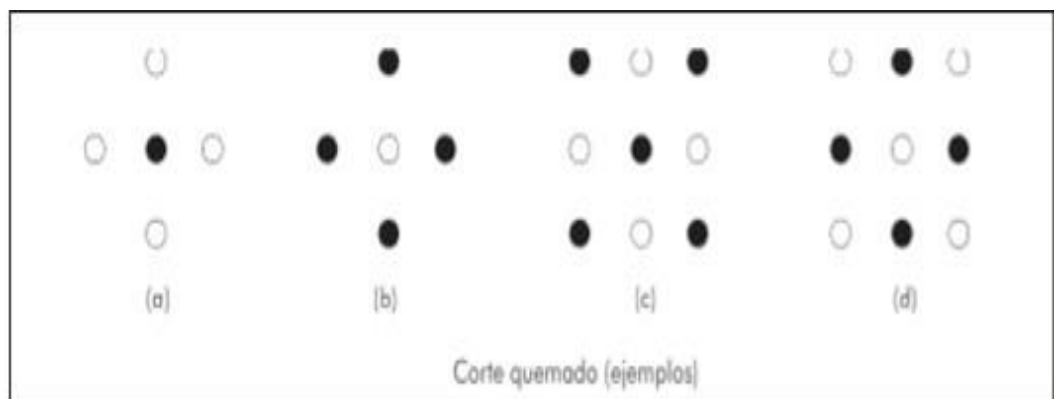
2.3.6. Cortes o Arranques

“Es conocida también como cuele, tiene la finalidad de generar una segunda cara libre que sirva como apoyo para la siguiente rotura del resto de la sección, de modo que los taladros que se encuentren en el núcleo y los de la periferia puedan llegar a destrozarse la roca en dirección hacia dicha cavidad aperturada inicialmente”. (Suasnabar, 2020).

2.3.7. Corte quemado

“Este tipo de corte consiste en que los taladros perforados tengan el mismo diámetro con diferentes trazos o figuras de distribución, donde algunos taladros no contienen carga explosiva y estos llegaran a servir como caras libres para la acción de los taladros que contengan carga explosiva cuando lleguen a detonar. El diseño más usado es de un rombo con cinco taladros, donde cuatro taladros están vacíos en los vértices y un taladro está cargado al centro. Pero al presentarse ciertas condiciones de roca el esquema se llega a invertir con el taladro central vacío y los cuatro taladros restantes cargados. Del mismo modo son usados los esquemas con seis, nueve y más taladros con distribución cuadrática, donde la mitad de taladros va con carga explosiva y el resto de taladros vacíos, alternándose en formas diferentes, usualmente en forma de triángulos y rombos”. (Suasnabar, 2020). (Ver fig. N° 5)

Figura 5. Tipo de arranque - corte quemado



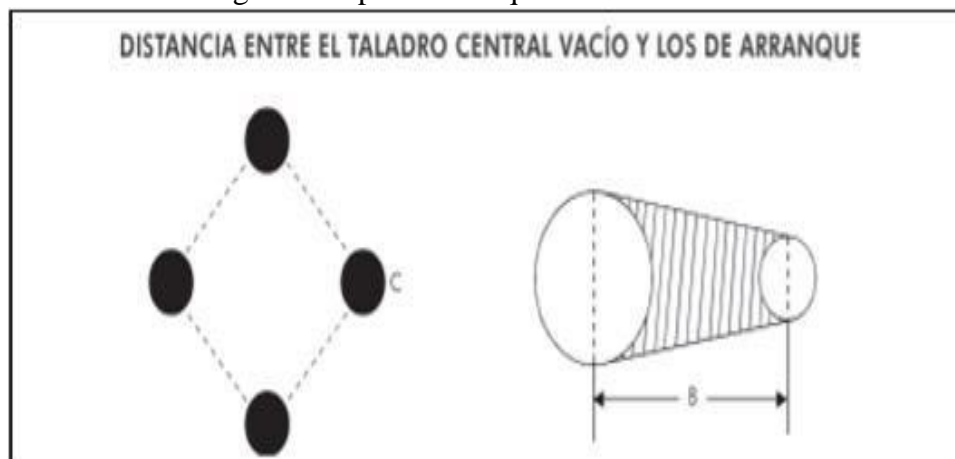
Fuente: Elvis Pedro Suasnabar Gaspar, 2020.

2.3.8. Corte cilíndrico

“Al contrario del tipo de corte quemado, este tipo de corte presenta taladros de diferentes diámetros en donde los taladros de alivio que se encuentran en el centro mismo llegan a tener mayor tamaño de diámetro que los demás taladros restantes, lo que facilita la apertura de la cavidad cilíndrica.

Normalmente a comparación con el corte quemado este tipo proporciona mayor avance”. (Suasnabar, 2020). (Ver fig. N° 6)

Figura 6. Tipo de arranque - corte cilíndrico



Fuente: Elvis Pedro Suasnabar Gaspar, 2020.

2.3.9. Costos

“Se conoce a costo como el "valor" que se sacrifica para poder adquirir bienes o servicios, que podría ser medido en soles o dólares mediante la reducción de los activos o a la incursión en los pasivos en el momento en que se logra obtener los beneficios”. (Suasnabar,2020).

2.3.10. Clasificación de los costos

Se llegan a tener diferentes tipos de clasificación que se llegan a presentar a continuación:

a. Centro de costos:

- Geología (costos de prospección y exploración).
- Mina (costos de preparación, desarrollo, explotación y administración de mina).
- Planta (costos de concentrados y tratamiento).
- Servicios Auxiliares (costos de electricidad, agua y mantenimiento).
- Ventas (transporte de concentrados y de comercialización de concentrados).

b. Costos variables:

“Estos costos consisten en donde el costo total cambia en una proporción directa a los cambios que se pueden dar en el volumen o producción, todo esto dentro de un rango relevante, por lo que el costo unitario permanecerá constante. Los costos variables son los que llegan a modificarse en proporción a los cambios en la base de actividad”. (Suasnabar,2020).

c. Costos fijos:

“A comparación con los costos variables, los costos fijos consisten en los que el costo fijo total permanece constante dentro de un rango relevante de producción, pero el costo fijo por unidad varía con la producción. Más allá de este rango relevante de producción, se llegará a notar variación en los costos fijos. Es decir, estos costos son los que permanecerán constantes a cualquier nivel de servicio o de producción. Entonces se puede afirmar que los costos fijos son los que se mantienen invariables a cualquier nivel de ventas o de producción y la característica principal que nos ayuda a su identificación es que están dados o calculados en función al tiempo”. (Suasnabar,2020).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. *El Problema*

El incumplimiento de los planes programados de perforación y voladura los cuales deben de ser ejecutados con eficacia y eficiencia, por su alto grado de incidencia en los costos motivo por el cual es necesario la optimización para garantizar los avances lineales en la construcción del crucero 10014, la perforación y voladura son deficientes cuando no se cumple con el diseño de la malla de perforación, la falta de paralelismo de los taladros, longitud incompleta de los taladros perforados, variaciones en la inclinación de los taladros, inadecuada cara libre o insuficientes taladros de alivio, inadecuados espaciamiento y burden. También es importante hacer notar que la secuencia de los tiempos retardo en los faneles debe iniciarse siempre desde la cara libre y en orden progresivo hasta el último grupo de taladros que explotará. La inadecuada columna explosiva, la mala distribución de la carga explosiva y la voladura secundaria hace que sea necesaria centrarnos en la perforación y voladura para la reducción de costos operativos en el Crucero 10014 de la empresa Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.

3.1.1. Descripción de la realidad problemática

La perforación y voladura es una las actividades más importantes en la Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. y para ello se emplea diseños de mallas estandarizadas que son realizadas en base a los modelos matemáticos, pero en el día a día de la perforación y voladura se tiene una serie de fallas debido generalmente a una mala realización de la malla por parte de los

perforistas. En Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. en la zona de Patrick en el nivel 2870 de la cámara 12 se viene desarrollando el crucero 10014 de 3,0 x 3,0 m y con una distancia de 450 m. con el fin de explotar la veta Valeria con una potencia de veta de 0.49 m y una ley de 15.66Au g/ton. (Cáceres, 2017).

3.1.2. Planteamiento y Formulación del Problema

3.1.2.1. Formulación del problema General

Es Fred N. Kerllinger, quien sostiene que, frente a eventos, sucesos, como el presente estudio debe plantearse de manera interrogativa. Es por ello que se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo reducir los costos operativos de perforación y voladura en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.?

3.1.2.2. Formulación de problemas específicos

1. ¿Cómo influye el diseño de la malla de perforación en la perforación y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.?
2. ¿Cómo mejorar la cantidad de explosivos a usarse en la perforación y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.?

3.1.3. Objetivos de la investigación

3.1.3.1. Objetivo General

Analizar la perforación y voladura para reducir costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.

3.1.3.2. Objetivos Específicos

1. Proponer una nueva malla de perforación y voladura para el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.
2. Calcular la cantidad de explosivos a usarse para la perforación y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.

3.1.4. Justificación e importancia

La presente investigación se justifica porque en el desarrollo de labores de preparación el diseño de la malla de perforación y voladura incide fuertemente en los costos de explotación por ello es importante la reducción de costos operativos en el Crucero 10014 de la empresa Minera Aurífera MARSA S.A. mediante el mejoramiento de la perforación y voladura de rocas.

El mejoramiento de la perforación y voladura es importante porque nos permitirá la reducción de los costos operativos en el Crucero 10014 de la empresa Minera Aurífera MARSA S.A. aplicando para ello estándares

óptimos y mejoras operativas de trabajo también es necesario mencionar la importancia de la seguridad mediante la utilización de estándares y PETS para un correcto y seguro ambiente laboral. (Ver Anexo N° 02).

3.2. *Hipótesis*

Hipótesis General

La perforación y voladura reduciría los costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.

Hipótesis Específicas

1. El nuevo diseño de la malla de perforación influiría en la perforación y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.
2. La cantidad de explosivos a usarse mejoraría la perforación y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.

3.3. *Variables*

Variable Independiente (x)

Perforación y voladura.

Variable dependiente (y)

Reducción de costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.

3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Nombre de la Variable	Dimensiones	Indicadores
V.I. Perforación y voladura.	Diseño de malla de perforación	Cantidad de taladros. Diámetro de taladro. Tipo de arranque. Cantidad de explosivo. Diámetro de explosivo.
	Factor de carga explosiva.	Factor de carga.
	Explosivos y accesorios de voladura	Avance lineal.
V.D. Reducción de costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.	Reducción de costos de perforación y voladura	Costo de operación

Fuente: Adaptación de Elvis Pedro Suasnabar Gaspar, 2020.

3.4 Diseño de la investigación

3.4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es **Aplicada**, porque hará la mejora de la perforación y voladura para la reducción de costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. (Bunge, 2010). Permite plantear alguna alternativa de solución frente al problema en estudio.

3.4.2. Nivel de la investigación

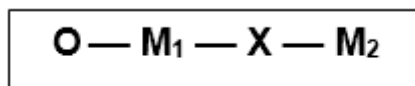
El nivel de la investigación es **descriptiva**, porque describe los resultados después de realizar la mejora de la perforación y voladura para la reducción de costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. (Sampieri, 2018).

3.4.3. Método

El Método empleado es el método **deductivo**, que implica conocer las características y rasgos más relevantes del yacimiento, así como las normatividades vigentes para la mejora de la perforación y voladura para la reducción de costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A (No experimental - Transversal).

3.4.4. Diseño de investigación

El diseño se esquematiza de la siguiente manera:



Donde:

O : Objeto de estudio

M1 : Medición previa de la variable Independiente

X : Aplicación del nuevo diseño de malla de perforación y voladura

M2 : Medición de la variable dependiente. (Vega, 2021).

3.4.5. Población y muestra

Población

La población está conformada por el Crucero 10014 en la Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.

Muestra

La muestra está representada por el Crucero 10014 en la Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. Es en esta área, que se ha realizado la investigación y cuyo producto final es la tesis universitaria.

3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó es la observación directa apoyado con los informes de perforación y voladura de rocas.

- Los reportes diarios de operación por guardia (Cuaderno de Notas):
- Materiales de oficina, una computadora para procesar los datos y elaborar la investigación, lapiceros, hojas, libreta de apuntes, etc.
- Flexómetro, para la medición del avance obtenido, distanciar los taladros, etc.
- Spray, para el pintado de la malla de perforación.
- Cámara fotográfica, para tener referencia de las diferentes actividades dentro de la mina. (Suasnabar, 2020).

3.4.7. Forma de tratamiento de los datos

Para el análisis, se aplica técnicas propias de la estadística descriptiva, apoyados por el programa de Microsoft Office, donde se utilizaron programas de Word, Excel, Power Point, para poder realizar la elaboración y procesamiento de datos obtenidos además del Auto Cad, para diseñar planos del cruce, mallas de perforación y diseños de voladura y la bibliografía selectiva. Del cruce 10014 en la Minera Aurífera Retamas MARSA S.A

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. *Descripción de la realidad y procesamiento de datos*

La perforación y voladura es una de las actividades más importantes en la mina Marsa y para ello es necesario aplicar mallas de perforación estandarizadas en base a los modelos matemáticos y a su vez utilizar los explosivos adecuados, pero a través de cada desarrollo de perforación y voladura se tiene una serie de fallas debido generalmente, a una mala práctica de esta por parte de los perforistas. En Minera Aurífera Retamas Marsa S.A. en la zona de Patrick en el nivel 2870 de la cámara 12 se viene desarrollando el crucero 10014 de 3,0 x 3,0 m y con una distancia de 450 m. con el fin de explotar la veta Valeria con una potencia de veta de 0.49 m y una ley de 15.66 Au/g. (Cáceres, 2017).

4.2. *Perforación y voladura*

Los equipos de perforación con más alto rendimiento que tenemos en operaciones de perforación en la mina son Jackleg los cuales son usadas ampliamente por su bajo costo de inversión y capacidad de adaptación para trabajos en tajeos irregulares versátil y fácil trasladar de una labor a otra, para trabajos de frontones y tajos. Limitación en velocidad de perforación y alcance de altura de la corona. Marca Atlas Copco, RNP y Seco, utilizando barras cónicas de 4 y 6 pies en tajeos y en labores lineales de 4 y 6 pies con brocas de 38 mm y 36 mm de diámetro. (Cáceres, 2017).

4.2.1. Resultados de la perforación y voladura antes

Resultados comparativos de la perforación anterior: Malla de perforación anterior. Para la determinación de la malla de perforación en el crucero 10014 se consideró características geomecánicas y geológicas del macizo rocoso. En la malla se utilizó 39 taladros perforados.

Distribución de taladros:

Número de taladros de alivio	3
Arranque	3
Ayuda de arranques	4
Sub ayudas	4
Ayudas de coronas	5
Coronas	5
Cuadradores	4
De rotura	3
Ayuda de arrastres	3
Arrastres	5
TOTAL	39

Diseño de malla de perforación:

Sección : 3.0 x 3.0 m

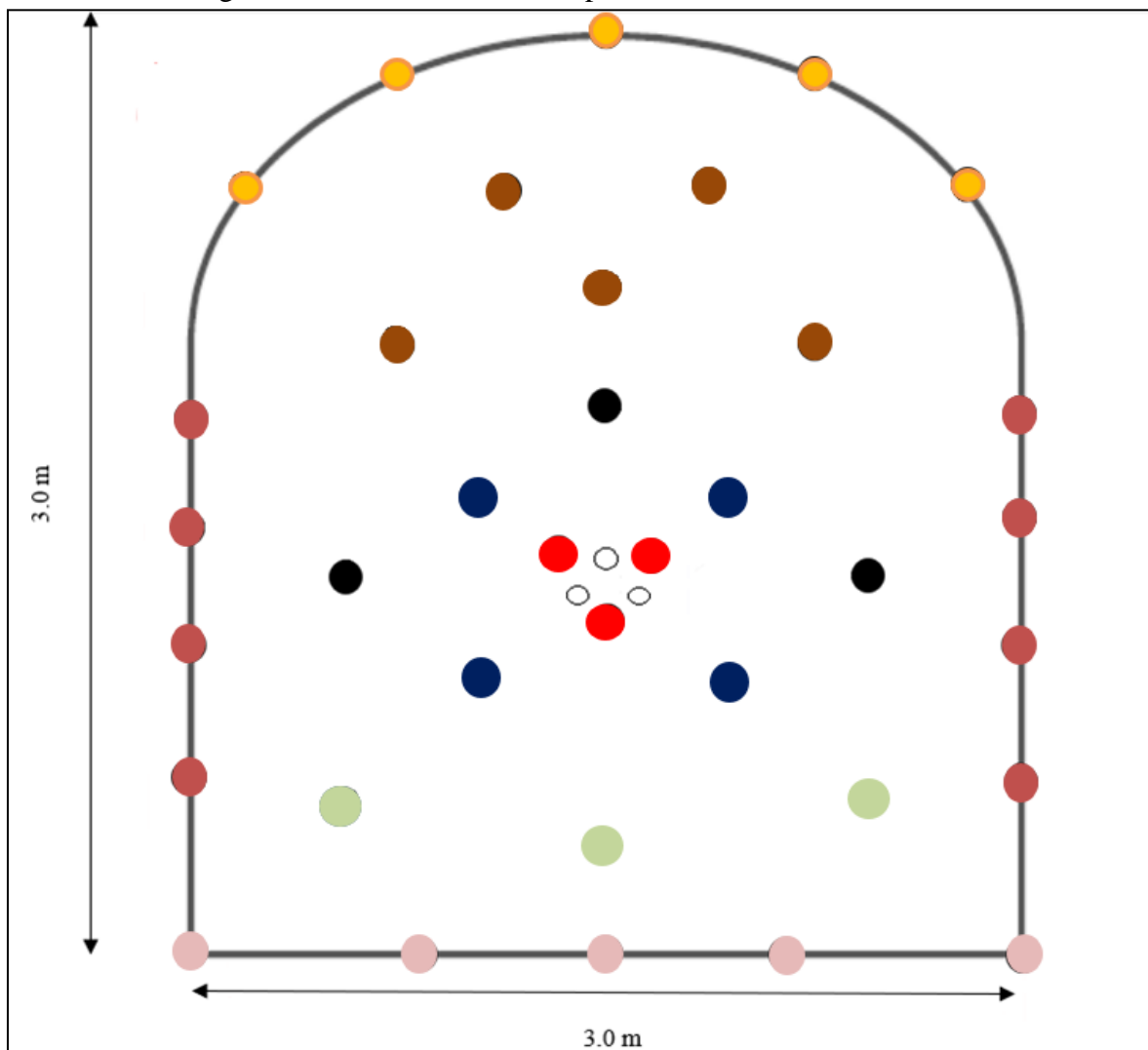
N° de taladros : 39

Taladros cargados : 36

Arranques : Conocido como cabeza de toro. (Cáceres, 2017).

El diseño de la malla de perforación anterior (Ver figura N° 7).

Figura. 7 diseño de la malla de perforación voladura anterior.



Diseño propio.

4.2.2. Parámetros para nuevo diseño de malla de perforación.

Una buena optimización de malla de perforación nos permite tener un incremento en la productividad de la perforación y voladura. De acuerdo a las condiciones de trabajo especificadas en el contrato entre el contratista y la compañía y por los parámetros de trabajo establecidos en la empresa Minera Aurífera Retamas MARSA S.A, se usa 2 máquinas perforadoras tipo jackleg en la perforación un avance de 6 pies o 1.82 metros en teoría. lo que anteriormente se tenía en la práctica era un avance de 1.58 m (promedio) por lo que ahora se tiene en la perforación un avance de 1.69 m (promedio) en los frentes de avance de 3.0 x 3.0 m. (Ver tabla N° 2 y N° 3)

Diseño de malla de perforación:

Tabla 2. Diseño de la nueva malla de perforación y voladura de rocas – Perforación.

<u>PARAMETROS TECNICOS:</u>		
Sección:	3.0 m. x 3.0 m.	
Tipo de Material:	Desmonte	
Densidad:	3.1	ton / m ³
Volumen:	14.4	m ³
Tonelaje:	44.6	tms
<u>EFICIENCIA:</u>		
Avance por Disparo:	1.60	m / disparo (promedio)
Long. Perf. Efectiva:	1.69	m / taladro (promedio)
Eficiencia en Perforación:	92%	

Eficiencia en Voladura:	95%	
Factor de Perforación:	36.8813	m perf. / m avance
Factor de Potencia:	0.34	Kg / ton
Factor de Carga	1	Kg / m ³
<u>PERFORACION:</u>		
Nº de Taladros :	38	
Long. Barreno (6 pies) :	1.83 m	
Tiempo de perforación:	2.4 h	

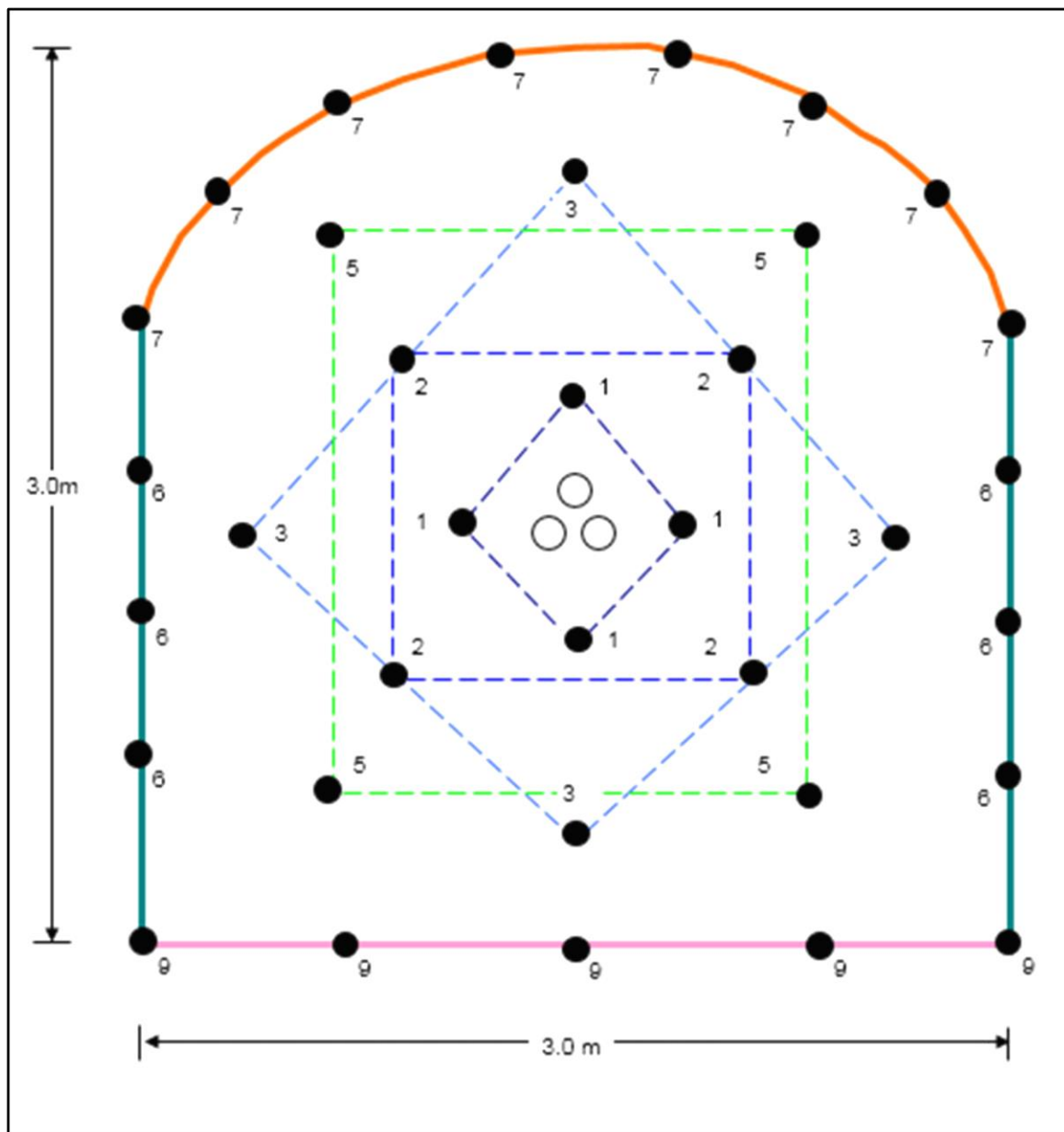
Diseño propio.

Tabla 3. Diseño de la nueva malla de perforación y voladura de rocas- Voladura.

Secuencia de Salida	Distribución de taladros	Taladros		Cartuchos por Taladro	Cartuchos de Dinamita			Peso Explosivos (Kg) Total
		Cargados	Vacíos		Gelatina 75% 7/8 X 7"	Semexa 60% 7/8 X 7"	Total	
1	Arranque	4	3	6	0	0	0	0.00
2	1ra. Ayuda	4	0	6	24	0	24	2.11
3	2da. Ayuda	4	0	6	0	24	24	1.92
4	3ra. Ayuda	0	0	6	0	0	0	0.00
5	Ayudas de Cuadradores	4	0	6	0	24	24	1.92
6	Cuadradores	6	0	6	0	36	36	2.88
7	Corona	8	0	6	0	48	48	3.85
8	Ayuda Arrastre	0	0	6	0	0	0	0.00
9	Arrastre	5	0	6	0	30	30	2.40
	Total	35	3		24	162	186	15.09

Diseño propio.

Figura 8. Diseño de la nueva malla de perforación y voladura propuesta.



Diseño: propio del autor.

4.2.3. Estructura de precio unitario de la perforación antes y después.

Los costos de perforación y voladura antes y después son (Ver tabla N° 4 y N° 5):

Tabla 4. Estructura de costos de perforación y voladura de rocas antes.

ÍTEM	S/. / DISPARO	%	US\$/ DISPARO
Costo de mano de obra	2,306.96	62.32	579.64
Costo de materiales	1,034.70	27.95	259.97
Costo de equipos	38.52	1.04	9.68
Costo de herramientas y accesorios de perforación	16.28	0.44	4.09
Costo de EPP	33.53	0.91	8.42
Costo de transporte	269.07	7.27	67.60
Costo de Movilidad Local	3.00	0.08	0.75
SUB-TOTAL	3,702.05	100	930.16
AVANCE POR DISPARO (m)	1.69		
COSTO (S./) / Disparo	3,702.05		
COSTO POR METRO LINEAL (S./ / ml)	2190.56		
COSTO POR METRO LINEAL (US\$ / ml)	550.39		

Diseño: Elaboración propia.

Tabla 5. Estructura de costos de perforación y voladura de rocas optimizada.

ÍTEM	S/. / DISPARO	%	US\$/ DISPARO
Costo de mano de obra	2,306.96	63.77	579.64
Costo de materiales	950.43	26.27	238.80
Costo de equipos	38.52	1.06	9.68
Costo de herramientas y accesorios de perforación	16.28	0.45	4.09
Costo de EPP	33.53	0.93	8.42
Costo de transporte	269.07	7.44	67.60
Costo de Movilidad Local	3.00	0.08	0.75
SUB-TOTAL	3,617.79	100	908.99
AVANCE POR DISPARO (m)	1.69		
COSTO (S./) / Disparo	3,617.79		
COSTO POR METRO LINEAL (S./ / ml)	2140.70		
COSTO POR METRO LINEAL (US\$ / ml)	537.87		

Diseño: Elaboración propia.

4.3. *Discusión de Resultados.*

De los parámetros técnicos podemos resaltar que la sección de la labor es de 3.0 m. x 3.0 m, el tonelaje a mover después de cada voladura es de 44.60 tm, el número de taladros perforados antes de la mejora era de 39 con tres taladros de cuele vacíos

y después con la malla propuesta de 38 con tres taladros de cuele vacíos, logrando una reducción de 550.39 dólares a 537.87 dólares lo que nos da un ahorro de 12.52 dólares por metro lineal, lo que al final de la construcción del Crucero 10014 dio como resultado un total de $US\$ = 5634 \times 3.98 \text{ S/} = \text{S/} . 22,423.32$.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis de la perforación y voladura logrando reducir de 39 con tres taladros de cuele vacíos a 38 con tres taladros de cuele vacíos, logrando una reducción de 550.39 dólares a 537.87 dólares lo que nos da un ahorro de 12.52 dólares por metro lineal, lo que al final de la construcción del Crucero 10014 dio como resultado un total de $US\$ = 5634 \times 3.98 \text{ S/} = \text{S/} 22.423.32$.
2. Se realizó el nuevo diseño de malla en el crucero 10014, reduciendo de 39 taladros perforados a 38 en lo que se obtuvo un ahorro en la construcción de crucero.
3. Se determinó la cantidad adecuada de explosivos a usarse para una mejora de la perforación y voladura en el crucero 10014 de la empresa Minera Aurífera Retamas MARSA S.A., el factor de potencia inicial fue de 0.38 Kg/ton y actualmente es de 0.34 Kg/ton y el factor de carga inicial fue de 1.13 Kg/m³ y actualmente es de 1.0 Kg/m³, lo que refleja un ahorro en la cantidad de explosivo utilizado, el avance por disparo era de 1.58 m (promedio) por lo que ahora se tiene una longitud efectiva de perforación de 1.69 m / taladro.
4. Con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura se pudo maximizar la programación mina que era de 45.00 a 48.00 metros lineales de avance por mes, el tonelaje de desmonte de 1,213.65 a 1,338.4 TM.
5. En la voladura del frente crucero 10014 nivel 2870 se redujo el consumo de explosivos de 17.02 kg a 15.09 kg, obteniendo una voladura controlada en la sobrerrotura, mayor control de la corona, y además teniendo una buena fragmentación para una mejor limpieza y acarreo de material.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar una capacitación y supervisión constante del perforista y su ayudante en la aplicación de la perforación y voladura obtenidos en la investigación, y de esta manera tener un mejor resultado en la operación.
2. Para obtener resultados óptimos se debe pintar la malla de perforación y voladura en el frente de trabajo y debe de realizarlo los trabajadores de topografía, 15 minutos antes del inicio del proceso de perforación.
3. Llevar un control geomecánico periódico y de manera detallada a cargo del ingeniero supervisor, se debe realizar el monitoreo geomecánico actualizando constantemente los datos.
4. Se recomienda siempre mantener una puntualidad exacta en cuanto a cada inicio de la operación con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia en el resultado de la perforación y voladura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcos, O. (2019). *Reducción de costos en el proceso de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla*. (Trabajo de suficiencia Profesional). Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Puno-Perú. .
- Arteaga, J. . (2021). *Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la Minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Minas. Cerro de Pasco, Perú. .
- Berroa, A. . (2016). *Optimización de las operaciones mineras mediante la profundización de la Rampa Negativa entre los niveles 2900 - 2650 Vankar EIRL SAC Minera Aurífera Retamas S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Geología, Geofísica y Minas Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Arequipa – Perú.
- Cáceres, L. . (2017). *Optimización de la perforación y voladura con nuevo diseño de malla en el Crucero 10014 de la empresa Minera Marsa*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería De Minas Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Puno, Perú. .
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. . (2006). *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición. México.
- Pacahuala, M. (2015). *Reducción de costos operativos en desarrollos mediante actualización de estándares en perforación y voladura, caso de la Empresa Especializada Mincotrall S.R.L.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú. .

- Suasnabar, E. (2020). *Optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del Crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C.* (Tesis de pregrado). Universidad Continental. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú. .
- Vega, F. (2021). *Implementación del diseño de perforación y voladura para optimizar los parámetros de avance en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua – 2019.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas. Cerro de Pasco, Perú. .
- Vilca, R. (2019). *Optimización de perforación y voladura para el control de la sobrerotura aplicando Modelo Matemático Areas De Influencia U.M. Carahuacra.* (Trabajo De Suficiencia Profesional). Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Puno-Perú. .
- Vilca, W. (2019). *Aplicación de voladura controlada para minimizar el uso de sostenimiento en el Nv 2225 Gal 880 en la zona Palo Plantado, U.E.A Capitana - Cía. Caraveli – Arequipa 2019.* (Trabajo De Suficiencia Profesional). Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Puno-Perú. .

ANEXO



ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIAS
PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS EN EL CRUCERO 10014 DE LA
EMPRESA MINERA AURIFERA RETAMAS MARSA S.A. – 2021

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
<p>Problema General</p> <p>Es Fred N. Kerllinger, quien sostiene que, frente a eventos, sucesos, como el presente estudio debe plantearse de manera interrogativa. Es por ello que el suscrito plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo reducir los costos de perforación y voladura en el Crucero 10014 en la Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Reducir los costos de perforación y voladura en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La perforación y voladura reduciría los costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.</p>	<p>Variable Independiente (x)</p> <p>Perforación y voladura.</p> <p>Variable dependiente (y)</p> <p>Reducción de costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas S.A. MARSA</p> <p>Método</p> <p>El Método empleado es el método deductivo, que implica conocer las características y rasgos más relevantes del yacimiento, así como las normatividades vigentes para la mejora de la perforación y voladura para la reducción de costos operativos (método inductivo) en el Crucero.</p>	<p>Tipo</p> <p>El tipo de investigación es Aplicada, porque hará la mejora de la perforación y voladura para la reducción de costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. (Bunge, 2010). Permite plantear alguna alternativa de solución frente al problema en estudio.</p> <p>Nivel de la investigación</p> <p>El nivel de investigación será descriptiva, porque describe los resultados después de realizar la mejora de la perforación y voladura para la reducción de costos operativos en el Crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. (Sampieri, 2018).</p>	<p>Población</p> <p>La población está conformada por el Crucero 10014 en la Minera Aurífera Retamas MARSA S.A</p> <p>Muestra</p> <p>La muestra está representada por el Crucero 10014 en la Minera Aurífera Retamas MARSA S.A. Es en esta área, que se ha realizado la investigación y cuyo producto final es la tesis universitaria.</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Cómo influye el diseño de la malla de perforación en la perforación y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Diseñar la malla de perforación para y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>La perforación y voladura reduciría en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.</p>			

¿Cómo mejorar la cantidad de explosivos a usarse en la perforación y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.?	Calcular la cantidad de explosivos a usarse para la perforación y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.	La cantidad de explosivos a usarse mejoraría la perforación y voladura en el crucero 10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.	10014 en Minera Aurífera Retamas MARSA S.A.		
--	--	--	---	--	--

Diseño: Elaboración propia.



ANEXO N° 02: ESTÁNDARES Y PETS

	PROCEDIMIENTO CONTROL, MANIPULEO Y TRASLADO DE EXPOSIVOS	Revisión: 01	
		Fecha:	
Elaborado por: Intendente Unidad	Revisado por: Gerente de Operaciones	Aprobado por: Gerencia General	
Firma:	Firma:	Firma:	

1. OBJETIVO

Proceder al despacho, manipuleo, traslado y control en el uso de los Explosivos y Accesorios, desde su salida del Polvorín hasta su traslado a los frentes de trabajo.

2. ALCANCE

A todo el personal involucrado en el despacho, traslado y manipuleo de explosivos y accesorios en la unidad minera.

3. REFERENCIAS LEGALES Y OTRAS NORMAS.

- 3.1. D.S. 055-2010 EM. Seguridad y Salud Ocupacional y Otras Medidas Complementarias en Minería. Manipuleo y traslado de Explosivos
- 3.2. Reglamento Interno de Trabajo

4. DEFINICIONES

- 4.1. SUCAMEC. - Organismo oficial del control de explosivos para uso civil.

5. RESPONSABLES

Gerente de Operaciones, Intendente, Jefe de Mina, Capataces, Encargado de Almacén, Jefe Seguridad Patrimonial y Jefe de Seguridad y Salud en el trabajo.
Colaboradores: Perforista y Ayudante; Vigilantes de Polvorín y de Seguridad Patrimonial

6. PROCEDIMIENTO

	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
6.1.	Todo el personal involucrado en esta operación, deberá contar necesariamente con la autorización respectiva mediante el Carnet expedido por la SUCAMEC válido.	Supervisor mina, ayudantes
6.2.	El perforista solicitará el material explosivo después de haber finalizado la perforación en su labor de trabajo, para lo cual tendrá en cuenta el número de taladros perforados que serán cargados; visado por el Intendente de Mina.	Intendente unidad, supervisor mina.
6.3.	El formato de pedido de material de explosivo, estará firmado por el perforista y firmado por el Superintendente o Supervisor encargado de la unidad.	Ayudantes mina
6.4.	El formato será entregado al Despachador de explosivos para la preparación respectiva.	Ayudantes mina
6.5.	A la salida del Polvorín el Vigilante de turno verificará la cantidad de material explosivo que se despachara, dando su conformidad, y firmar el formato de explosivo, También revisado por el Intendente de la Unidad.	Mantenimiento mecánico, Ayudantes mina
6.6.	Si hubiese material explosivo excedente al término de la guardia, será devuelto al Polvorín con el conocimiento del vigilante y del Supervisor respectivo. En casos excepcionales el material explosivo será colocado en los cajones temporales de explosivos con su respectivo candado de seguridad, que cumplan las Normas de Seguridad.	Supervisor mina, Ayudantes mina

6.7.	Para el caso del Contratista se seguirá el mismo procedimiento, pero el formato será visado primero por el Residente o Supervisor de la Contrata, para luego ser visado por el Intendente de la Unidad.	Ayudantes mina
6.8.	El traslado de explosivos hacia las labores será en mochilas designadas especialmente para este fin y en forma separada la dinamita de los accesorios, trasladándose a una distancia aproximada de 10 metros entre cada material.	Supervisor, Ayudantes mina
6.9.	Se debe mantener una actitud segura en el trabajo, identificando en todo momento los peligros, evaluando los riesgos y controlándolos. El incumplimiento de los controles de seguridad se considera falta grave.	Ayudantes mina, Supervisor

7. RESTRICCIONES

- 7.1. Ninguna labor principal que no cuente con extintores tipo PQS de 6 Kg.
- 7.2. Zona de trabajo sin señalización que indique “Explosivos y/o accesorios”.
- 7.3. Ningún trabajador que no cuente con la autorización respectiva de SUCAMEC podrá ingresar al polvorín ni manipular los explosivos.
- 7.4. Está prohibido portar radios, celulares u otros aparatos electrónicos al ingresar al polvorín.
- 7.5. Está prohibido el ingreso al polvorín con herramientas u otros objetos de naturaleza metálicas.
- 7.6. Nunca transportar explosivos conjuntamente con accesorios de voladura.
- 7.7. Si el traslado es en vehículo, éste debe estar acondicionado con señalización y avisos.
- 7.8. Cuando el traslado sea a pie usar mochilas separadas a 20 m. como mínimo, cuyo peso no debe exceder los 25 Kg.

8. REGISTROS, CONTROLES Y DOCUMENTACIÓN

- 8.1. Libro de despacho de explosivos – Salida de Almacén
- 8.2. Guías de remisión, control documentario sobre Ingreso de explosivos y accesorios a Almacén y polvorín.
- 8.3. Vales de salida de explosivos
- 8.4. Libro de control de Garita Vigilancia
- 8.5. Reportes de Seguridad Patrimonial
- 8.6. Reportes mensuales a SUCAMEC regional

9. INSPECCIONES

- 9.1. Diarias, parte de los Almaceneros, Supervisores Mina y Personal de vigilancia y Seguridad Patrimonial.
- 9.2. Continuas, por parte del Intendente y Administrador.
- 9.3. Auditorías especiales por parte de la Gerencia de Operaciones y Control Interno.
- 9.4. Reportes de consumo de explosivos y accesorios, diarios y semanales a Gerencia de Operaciones.

	PROCEDIMIENTO CONTROL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión: 01	
		Fecha:	
Elaborado por: Intendente Unidad Firma:	Revisado por: Gerente de Operaciones Firma:	Aprobado por: Gerencia General Firma:	

1. OBJETIVO

Proporcionar a la unidad Operativa un sistema de procesos administrativos mediante etapas de planeación, organización, ejecución, control e inspección, que contribuyan como un apoyo en las actividades de mantenimiento de las instalaciones y equipos de la empresa

2. ALCANCE

- 2.1. A todo el personal involucrado en las actividades de instalación, operación y mantenimiento de instalaciones y equipos,
- 2.2. Contempla los aspectos de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.
- 2.3. Controlar las actividades de mantenimiento realizadas a instalaciones y equipos.
- 2.4. Facilitar las actividades del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ordenando cada uno de los procesos dentro de la unidad de mantenimiento.
- 2.5. Controlar la satisfacción de los usuarios de las instalaciones y equipos.

3. DEFINICIONES

- 3.1. **Mantenimiento predictivo:** El que se realiza en forma programada y con la finalidad de prever y anticipar el comportamiento del equipo y evitar así paralizaciones imprevistas.
- 3.2. **Mantenimiento preventivo:** El que se realiza también en forma programada, pero ejecutando algunos reemplazos de materiales y/o lubricantes necesarios en forma periódica.
- 3.3. **Mantenimiento correctivo:** El que se realiza ante una falla imprevista del equipo o debido a su tiempo de vida.
- 3.4. **IPERC:** Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos Continuos

4. RESPONSABLES.

Gerencia de Operaciones, Intendente, Jefe de Mina, Jefe de Mantenimiento, Capataces
COLABORADORES: Mecánico Mantenimiento, ayudantes.

5. PROCEDIMIENTO

	<i>ACTIVIDADES</i>	<i>RESPONSABLES</i>
5.1.	El Área de Mantenimiento preparará, en coordinación con la Intendencia, y presentará mensualmente el Programa de Mantenimiento de todos los equipos e instalaciones de la Unidad, además elaborará cronogramas de trabajo (Mensual, anual).	Jefe de Mantenimiento, Intendente unidad, mecánicos.
5.2.	Estos programas serán colocados en un lugar visible de la Unidad	Área de Mantenimiento
5.3.	El documento de control diario de mantenimiento, será revisado por el Intendente, el Jefe de Mina y los Capataces y Mantenimiento.	Área de Mantenimiento, Intendente unidad
5.4.	Diariamente, los Capataces reportarán las horas de operación, el consumo de combustibles y lubricantes y las incidencias correspondientes en el Reporte diario de Operación.	Área de Mantenimiento Intendente unidad
5.5.	Los Capataces y el Jefe de Mina o Intendente, coordinarán con el Mecánico o Jefe de Mantenimiento la necesidad de revisión o asistencia en los equipos que presenten fallas.	Área de Mantenimiento Intendente unidad, capataces

5.6.	El área de mantenimiento se encargará de realizar los pedidos de repuestos, combustibles y lubricantes necesarios para llevar a cabo los diferentes tipos de mantenimiento a los equipos.	Área de Mantenimiento, Logística
5.7.	El Intendente coordinará diariamente con el Mecánico o Jefe de Mantenimiento sobre las actividades y ocurrencias de la operación y se coordinarán las acciones más adecuadas que aseguren su correcto funcionamiento.	Intendente unidad, Área de Mantenimiento
5.8.	El Intendente y el Jefe de Mantenimiento prepararán conjuntamente los programas de inversión anuales de la Unidad y también los requerimientos urgentes que se presentasen.	Intendente unidad, Área de Mantenimiento
5.9.	El Área de mantenimiento dictará charlas periódicas programadas a los operarios de los equipos a fin de asegurar su buena operación, cuidado y reportes oportunos.	Área de Mantenimiento

6. REGISTROS, CONTROLES Y DOCUMENTACIÓN

6.1 Reporte diario de Operación

6.2 IPERC

6.3 Checklist de labor

7. INSPECCIONES

7.1 Diaria por parte del mecánico de la unidad.

7.2 7.2 Continua por parte del Jefe de Mantenimiento, Intendente o responsable de a la unidad

	PROCEDIMIENTO PERFORACION Y VOLADURA EN FRENTES	Revisión: 01	
		Fecha:	
Elaborado por: Intendente Unidad	Revisado por: Gerente de Operaciones	Aprobado por: Gerencia General	
Firma:	Firma:	Firma:	

1. OBJETIVO.

Determinar las pautas básicas para el buen desempeño de los trabajadores involucrados en perforación y voladura, así como establecer las mejores prácticas de seguridad en esta actividad.

2. ALCANCE.

A todos los trabajadores de la Unidad Operativa que estén involucrados en las labores de perforación y voladura.

3. DEFINICIONES

3.1 SUCAMEC: Superintendencia Nacional de Control de Servicios de Seguridad, Armas, Municiones y Explosivos de Uso Civil

3.2 Perforación: Acción o proceso de elaborar un orificio circular con un taladro (perforadora) manual o mecánico

3.3 Voladura: comprende el carguío taladros hechos en la perforación, con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma instantánea.

3.4 Explosivos: son sustancias que tienen poca estabilidad química y que son capaces de transformarse violentamente en gases

3.5 PETAR: es el Permiso Escrito de Trabajo de Alto Riesgo donde se requiere supervisión permanente

3.6 Guiador: son tubos donde van colocados en los taladros perforados para ayudar en el paralelismo de otros taladros

4. RESPONSABLES.

Gerencia de Operaciones, Intendente, Jefe de Guardia, Capataces

Colaboradores: Perforista y Ayudante

5. REFERENCIAS LEGALES Y OTRAS NORMAS.

5.1. D.S. 055-2010 EM. Seguridad y Salud Ocupacional y Otras Medidas Complementarias en Minería. Título Cuarto, Capítulo VI, sub Capítulo VI: Perforación y Voladura.

5.2. Reglamento Interno de Trabajo

6. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO.

	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
6.1.	Todo el personal que participa en esta actividad deberá contar con la autorización de manipuleo de explosivos vigente de la SUCAMEC.	Intendente, Maestro perforista y Ayudante
6.2.	Los supervisores de mina deberán aprobar y autorizar previamente todos los proyectos, entre ellos los de avance.	Gerencia de Operaciones, Intendente.
6.3.	La labor deberá estar bien ventilada, desatada y regada.	Perforista y Ayudante, Supervisor

6.4.	Antes de realizar la perforación verificar la presión y volumen de agua y aire, correcto funcionamiento de la barra de avance, de la rotación y percusión; la lubricación y demás accesorios.	Perforista y Ayudante
6.5.	Para iniciar la perforación se deberá sacar el punto de dirección, punto de gradiente, marcar la sección y la malla de perforación.	Topógrafo, Perforista y Ayudante
6.6.	Mantener ordenada y limpia el área de trabajo y accesos.	Perforista y Ayudante
6.7.	En caso de existir tiros cortados de voladuras anteriores, primeramente, eliminarlos utilizando el procedimiento respectivo (PETAR). NUNCA perforar al costado o en los tiros cortados, ni tratar de extraerlos.	Intendente, Perforista y Ayudante
6.8.	Se hará uso de los guidores para conservar el paralelismo entre taladros.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.9.	Asegurar que los elementos de sostenimiento no estén movidos por los disparos anteriores, si lo estuviesen deberá ser asegurado inmediatamente.	Perforista y Ayudante
6.10.	Antes de que el ayudante abra la válvula de la tubería de aire, el perforista debe tener todas las válvulas de la máquina perforadora cerradas para prevenir que la máquina se levante violentamente causando algún incidente.	Perforista y Ayudante
6.11.	Antes de iniciar la perforación asegurarse que todas las conexiones de agua y aire de la máquina perforadora estén correctamente aseguradas con las grampas adecuadas así como también el nivel de aceite de la lubricadora.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.12.	La posición del perforista será a un lado de la máquina perforadora y nunca al centro.	Perforista y Ayudante
6.13.	Al terminar la tanda de perforación ubicar la máquina perforadora verticalmente en un lugar seguro y protegida de caída de rocas y debidamente cubierta con un capuchón de protección.	Perforista y Ayudante
6.14.	Utilizar de forma obligatoria el equipo de protección personal necesario para este tipo de trabajo.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.15.	Es obligación preparar el cebo con punzón de cobre o madera, asegurándose que coincida lo más cerca posible con el eje longitudinal del cartucho.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.16.	Los parámetros para el quemado de mecha lenta de un metro son de 150 a 200 segundos o 50 a 60 seg/pie. No deberán utilizarse mechas defectuosas.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.17.	El atacado de los taladros deberá hacerse solamente con varilla de madera, siendo prohibido el uso de cualquier herramienta metálica.	Perforista y Ayudante, Supervisor

6.18.	El encendido de los tiros deberá hacerse solamente dentro del horario establecido, estarán presentes solamente las personas encargadas y los accesos al lugar donde se va a efectuar la voladura deberán estar resguardados por vigías. Para el encendido el encargado deberá estar acompañado por lo menos de una persona más. En caso de existir labores cercanas, asegurarse de realizar la coordinación respectiva con los supervisores y el personal de dichas labores.	Intendente, Supervisor, Perforista y Ayudante
6.19.	Una vez realizado el encendido de los tiros, dejar la labor con la respectiva señalización de voladura en proceso y ventilando.	Perforista y Ayudante, , Supervisor

7. REGISTROS, CONTROLES Y DOCUMENTACIÓN.

- 7.1. Reporte diario de Operación
- 7.2. IPERC Continuo,
- 7.3. Checklist de labor.
- 7.4. Registro de mantenimiento preventivo de la máquina perforadora.

8. FRECUENCIA DE INSPECCIONES.

- 8.1. Diaria mediante el Perforista y Ayudante, Capataces y Jefe de Mina o Intendente.
- 8.2. Mensual durante la medición topográfica de avances en las labores.
- 8.3. Especiales, mediante Inspecciones o Auditorías por parte de la Gerencia de Operaciones y/o Auditoría Interna.

9. REVISIÓN Y MEJORAMIENTO CONTINUO.

- 9.1. Se realizará en forma mensual, o antes si las circunstancias así lo requieren, cuando se produzcan cambios significativos en las operaciones y cada vez que las normatividades legales vigentes sufran cambios y/o modificaciones.

	VENTILACION EN LAS LABORES	Revisión: 01	
		Fecha:	
Elaborado por: Intendente Unidad	Revisado por: Gerente de Operaciones	Aprobado por: Gerencia General	
Firma:	Firma:	Firma:	

1. OBJETIVO.

Determinar las pautas básicas para el buen desempeño de los trabajadores involucrados en perforación y voladura, así como establecer las mejores prácticas de seguridad en esta actividad.

2. ALCANCE.

A todos los trabajadores de la Unidad Operativa que estén involucrados en las labores de perforación y voladura.

3. DEFINICIONES

3.1 SUCAMEC: Superintendencia Nacional de Control de Servicios de Seguridad, Armas, Municiones y Explosivos de Uso Civil

3.2 Perforación: Acción o proceso de elaborar un orificio circular con un taladro (perforadora) manual o mecánico

3.3 Voladura: comprende el carguío taladros hechos en la perforación, con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma instantánea.

3.4 Explosivos: son sustancias que tienen poca estabilidad química y que son capaces de transformarse violentamente en gases

3.5 PETAR: es el Permiso Escrito de Trabajo de Alto Riesgo donde se requiere supervisión permanente

3.6 Guiador: son tubos donde van colocados en los taladros perforados para ayudar en el paralelismo de otros taladros

4. RESPONSABLES.

Gerencia de Operaciones, Intendente, Jefe de Guardia, Capataces

Colaboradores: Perforista y Ayudante

5. REFERENCIAS LEGALES Y OTRAS NORMAS.

5.1. D.S. 055-2010 EM. Seguridad y Salud Ocupacional y Otras Medidas Complementarias en Minería. Título Cuarto, Capítulo VI, sub Capítulo VI: Perforación y Voladura.

5.2. Reglamento Interno de Trabajo

6. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO.

	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
6.1.	Todo el personal que participa en esta actividad deberá contar con la autorización de manipuleo de explosivos vigente de la SUCAMEC.	Intendente, Maestro perforista y Ayudante
6.2.	Los supervisores de mina deberán aprobar y autorizar previamente todos los proyectos, entre ellos los de avance.	Gerencia de Operaciones, Intendente.

6.3.	La labor deberá estar bien ventilada, desatada y regada.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.4.	Antes de realizar la perforación verificar la presión y volumen de agua y aire, correcto funcionamiento de la barra de avance, de la rotación y percusión; la lubricación y demás accesorios.	Perforista y Ayudante
6.5.	Para iniciar la perforación se deberá sacar el punto de dirección, punto de gradiente, marcar la sección y la malla de perforación.	Topógrafo, Perforista y Ayudante
6.6.	Mantener ordenada y limpia el área de trabajo y accesos.	Perforista y Ayudante
6.7.	En caso de existir tiros cortados de voladuras anteriores, primeramente, eliminarlos utilizando el procedimiento respectivo (PETAR). NUNCA perforar al costado o en los tiros cortados, ni tratar de extraerlos.	Intendente, Perforista y Ayudante
6.8.	Se hará uso de los guidores para conservar el paralelismo entre taladros.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.9.	Asegurar que los elementos de sostenimiento no estén movidos por los disparos anteriores, si lo estuviesen deberá ser asegurado inmediatamente.	Perforista y Ayudante
6.10.	Antes de que el ayudante abra la válvula de la tubería de aire, el perforista debe tener todas las válvulas de la máquina perforadora cerradas para prevenir que la máquina se levante violentamente causando algún incidente.	Perforista y Ayudante
6.11.	Antes de iniciar la perforación asegurarse que todas las conexiones de agua y aire de la máquina perforadora estén correctamente aseguradas con las grampas adecuadas así como también el nivel de aceite de la lubricadora.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.12.	La posición del perforista será a un lado de la máquina perforadora y nunca al centro.	Perforista y Ayudante
6.13.	Al terminar la tanda de perforación ubicar la máquina perforadora verticalmente en un lugar seguro y protegida de caída de rocas y debidamente cubierta con un capuchón de protección.	Perforista y Ayudante
6.14.	Utilizar de forma obligatoria el equipo de protección personal necesario para este tipo de trabajo.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.15.	Es obligación preparar el cebo con punzón de cobre o madera, asegurándose que coincida lo más cerca posible con el eje longitudinal del cartucho.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.16.	Los parámetros para el quemado de mecha lenta de un metro son de 150 a 200 segundos o 50 a 60 seg/pie. No deberán utilizarse mechas defectuosas.	Perforista y Ayudante, Supervisor
6.17.	El atacado de los taladros deberá hacerse solamente con varilla de madera, siendo prohibido el uso de cualquier herramienta metálica.	Perforista y Ayudante, Supervisor

6.18.	El encendido de los tiros deberá hacerse solamente dentro del horario establecido, estarán presentes solamente las personas encargadas y los accesos al lugar donde se va a efectuar la voladura deberán estar resguardados por vigías. Para el encendido el encargado deberá estar acompañado por lo menos de una persona más. En caso de existir labores cercanas, asegurarse de realizar la coordinación respectiva con los supervisores y el personal de dichas labores.	Intendente, Supervisor, Perforista y Ayudante
6.19.	Una vez realizado el encendido de los tiros, dejar la labor con la respectiva señalización de voladura en proceso y ventilando.	Perforista y Ayudante, , Supervisor

7. REGISTROS, CONTROLES Y DOCUMENTACIÓN.

- 7.1. Reporte diario de Operación
- 7.2. IPERC Continuo,
- 7.3. Checklist de labor.
- 7.4. Registro de mantenimiento preventivo de la máquina perforadora.

8. FRECUENCIA DE INSPECCIONES.

- 8.1. Diaria mediante el Perforista y Ayudante, Capataces y Jefe de Mina o Intendente.
- 8.2. Mensual durante la medición topográfica de avances en las labores.
- 8.3. Especiales, mediante Inspecciones o Auditorías por parte de la Gerencia de Operaciones y/o Auditoría Interna.

9. REVISIÓN Y MEJORAMIENTO CONTINUO.

- 9.1. Se realizará en forma mensual, o antes si las circunstancias así lo requieren, cuando se produzcan cambios significativos en las operaciones y cada vez que las normatividades legales vigentes sufran cambios y/o modificaciones.