

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

Rendimiento de las excavaciones subterráneas en Minera

Aurífera Retamas S.A.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Jheyson Dydi CHUQUIYAURI POMACINO

Asesor: Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

Rendimiento de las excavaciones subterráneas en Minera

Aurífera Retamas S.A.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ
PRESIDENTE

Mg. Vicente César DAVILA CORDOVA
MIEMBRO

Mg. Wenceslao Julio LEDESMA VELITA
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis docentes de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión quienes me impartieron sus conocimientos para lograr mis objetivos profesionales.

A mis padres y hermanos por su apoyo constante.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi reconocimiento y sincera gratitud a las siguientes personas e instituciones, cuyo apoyo y estímulo han hecho posible la realización de esta tesis:

Al Ing. Toribio García Contreras, asesor de la tesis, por su revisión de la tesis y sus consejos.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por sus valiosas enseñanzas.

Por último, un agradecimiento especial a mi familia por su constante estímulo y apoyo.

RESUMEN

En este trabajo se realiza el análisis de los costos asociados a las operaciones de perforación y voladura de Minera Aurífera Retamas S.A. y se desarrollan los parámetros geométricos de perforación y voladura adecuadas y rentables para la mina.

El estudio se llevó a cabo en las labores subterráneas de Minera Aurífera Retamas. Los parámetros geométricos de voladura actuales y los propuestos para cada zona de trabajo, para las zonas de mineral y de desmonte, se evaluaron según los datos propuestos por el departamento de geomecánica.

El tamaño medio de los fragmentos estimado para los parámetros de voladura propuestos estaba dentro del rango de tamaño de fragmentos deseado de la mina (25 - 65 cm), y la energía explosiva se utilizó eficazmente por cada material in situ volado. El volumen total estimado de material in situ volado utilizando los parámetros de voladura propuestos aumentó entre un 14.3 y un 50.0% para las zonas de mineral y entre un 12.5 y un 50.0% para las zonas de residuos con respecto a los parámetros de voladura actuales. El ahorro total estimado en los costes de perforación y voladura si se adoptan los parámetros de voladura propuestos oscila entre 5.3 a 12.2% para las zonas de mineral y 2.9 a 14.8% para las zonas de residuos.

Palabras clave: Perforación y voladura, optimización, avance y producción, operación unitaria.

ABSTRACT

In this work an analysis of the costs associated with the drilling and blasting operations of Minera Aurífera Retamas S.A. is carried out and the appropriate and profitable drilling and blasting geometric parameters for the mine are developed.

The study was carried out in the subway workings of Minera Aurífera Retamas. The current and proposed geometric blasting parameters for each work zone, for the ore and waste zones, were evaluated according to data proposed by the geomechanics department.

The average fragment size estimated for the proposed blasting parameters was within the desired fragment size range of the mine (25 - 65 cm), and explosive energy was used effectively per in situ material blasted. The estimated total volume of in situ material blasted using the proposed blasting parameters increased by 14.3 - 50.0% for the ore zones and 12.5 - 50.0% for the waste zones over the current blasting parameters. The total estimated savings in drilling and blasting costs if the proposed blasting parameters are adopted range from 5.3 to 12.2% for ore zones and 2.9 to 14.8% for waste zones.

Keywords: Drill and blast, optimization, feed and production, unit operation.

INTRODUCCIÓN

El alto coste de las operaciones mineras, como resultado de las crisis financieras mundiales y las fluctuaciones del precio del mercado, obliga a los tecnólogos del sector a buscar formas innovadoras de reducir los costos de operación de la minería. El costo de las operaciones de perforación y voladura contribuyen en gran medida al "incremento de las operaciones mineras en general". La perforación, una de las operaciones críticas e importantes de toda mina de roca dura contribuye en cerca del 15% del coste global de la minería en algunas operaciones mineras (Gokhale, 2010).

Encontrar métodos eficientes de perforación y voladura que reduzcan significativamente los costes y mejorar la productividad, manteniendo al mismo tiempo la fragmentación y el control de las paredes son áreas técnicas que han sido bien investigadas (Adesida, 2022). Sin embargo, la reducción de costos mediante la optimización de los parámetros geométricos de perforación y voladura apenas se han tenido en cuenta.

Varios factores afectan al coste de fragmentación de cualquier roca in situ. Estos factores incluyen, entre otros los parámetros geométricos y el patrón de voladura; el tipo de explosivo, la densidad y los costes; la mano de obra; el exceso de tamaño (cantos rodados relativos), dedos de los pies y naturaleza geológica de la formación.

El coste efectivo de una voladura deficiente puede ser varias veces el coste de la propia voladura, como se puede demostrarse en términos de fragmentación y problemas medioambientales. El análisis de varias operaciones sugiere que aunque las voladuras de las minas generalmente fragmentan la roca para ser manipulada por el proceso minero, existe un potencial óptimo de fragmentación para mejorar la productividad y reducir el coste de todos los procesos posteriores (Bozic, 1998). La optimización de los parámetros

de diseño de las voladuras podría reducir el coste de perforación y voladura de una mina (Adesida, 2022).

El desarrollo de la tesis consiste en los siguientes capítulos:

En el capítulo I se desarrolla el problema de investigación.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico de la investigación.

El capítulo III trata sobre la metodología y técnicas de investigación, en el cual se describe el método, diseño de investigación, las técnicas de recolección de datos y el procesamiento.

En el capítulo IV tenemos los resultados y discusión.

Finalmente tenemos las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

El autor

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS:

ÍNDICE DE TABLAS:

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.2.1.	Ubicación de la Mina.....	2
1.2.2.	Accesibilidad	5
1.2.3.	Clima y Vegetación	9
1.2.4.	Fisiografía y Topografía.....	9
1.2.5.	Reseña Histórica de la Empresa.....	11
1.2.6.	Geología de Minera Aurífera Retamas S.A.	14
1.2.7.	Geología Regional	14
1.2.8.	Geología Local	17
1.2.9.	Geología Estructural.....	20
1.2.10.	Geología Económica.....	22
1.2.11.	Reservas de mineral	26
1.2.12.	Métodos de Explotación en Minera Aurífera Retamas S.A.	27
1.3.	Formulación del problema.....	39
1.3.1.	Problema General.....	39
1.3.2.	Problemas específicos	39
1.4.	Formulación de los objetivos.....	40
1.4.1.	Objetivo general.....	40
1.4.2.	Objetivos específicos.....	40
1.5.	Justificación de la investigación.....	40
1.6.	Limitaciones de la investigación	41

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	42
2.2.	Bases teóricas-científicas.....	48
2.2.1.	Índice de Calidad de la Roca (RQD).....	48
2.2.2.	Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR).....	51
2.3.	Definición de términos básicos	52
2.4.	Formulación de hipótesis.....	57
2.4.1.	Hipótesis General.....	57
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	57
2.5.	Identificación de variables.....	57
2.5.1.	Variable Dependiente.....	58
2.5.2.	Variables Independientes	58
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	58
2.6.1.	Indicadores de la Hipótesis General.....	58
2.6.2.	Indicadores de las Hipótesis Secundarias.....	58

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	61
3.3.	Métodos de investigación.....	61
3.4.	Diseño de investigación.....	61
3.5.	Población y muestra	61
3.5.1.	Población.....	61
3.5.2.	Muestra.....	62
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	62
3.6.1.	Técnicas.....	62
3.6.2.	Instrumentos.....	63
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	63
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	63
3.9.	Tratamiento estadístico.....	63
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	63

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del trabajo de campo	65
4.1.1.	Estándar de Perforación y Voladura en MARSA.....	65
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	68
4.3.	Prueba de hipótesis.....	75

4.3.1. Prueba de Hipótesis General	75
4.3.2. Decisión estadística	80
4.3.3. Conclusión estadística	80
4.3.4. Formulación de la hipótesis específica 1	80
4.3.5. Formulación de la hipótesis específica 2	82
4.4. Discusión de resultados	85
4.4.1. Indicadores de producción y avance en labores de exploración, desarrollo y preparación.....	85
4.4.2. Indicadores de producción en tajo	88

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1.	Mapa de Ubicación Nacional – Departamental.....	3
Figura 2.	Mapa de Localización de Minera Aurífera Retamas.....	4
Figura 3.	Accesibilidad Aérea a Minera Aurífera Retamas S.A.....	6
Figura 4.	Mapa de Accesibilidad de Minera Aurífera Retamas.....	7
Figura 5.	Mapa Satelital de Minera Aurífera Retamas.....	8
Figura 6.	Plano Topográfico.....	10
Figura 7.	Mapa de Concesión de Minera Aurífera Retamas.....	13
Figura 8.	Mapa Geológico Regional.....	16
Figura 9.	Mapa Geológico Local.....	18
Figura 10.	Sección Geológica.....	19
Figura 11.	Mapa Geológico Estructural.....	21
Figura 12.	Sección Transversal de la Veta Esperanza.....	25
Figura 13.	Esquema del Método de Corte y Relleno Ascendente.....	30
Figura 14.	Proceso de Minado por el Método Longwall.....	33
Figura 15.	Vista Isométrica.....	35
Figura 16.	Vista Transversal.....	36
Figura 17.	Bloqueo de Tajo.....	36
Figura 18.	Avance de Cámaras.....	37
Figura 19.	Cámaras Rellenadas y Cámaras en Avance.....	38
Figura 20.	Recuperación de Pilares Alternos.....	38
Figura 21.	Tajo Concluido y Rellenado.....	39
Figura 22.	Procedimiento de medición y cálculo del RQD (Deere & Deere, 1989)	49
Figura 23.	Valores de RQD para varias densidades de juntas a lo largo de los núcleos de perforación (Deere & Deere, 1989).....	50

Figura 24. Malla de Perforación para Galerías de 2.10 m. x 2.40 m.	66
Figura 25. Malla de Perforación para Chimeneas de 5 pies x 5 pies.	67
Figura 26. Malla de Perforación para Chimeneas de 5 pies x 5 pies.	67
Figura 27. Malla de Perforación para Subniveles de 4 pies x 6 pies.	68
Figura 28. Malla de Perforación para Subniveles de 4 pies x 6 pies.	68
Figura 29. Rendimiento de producción diario en el tajo 568 en el mes de abril.....	77
Figura 30. Rendimiento de producción diario en el tajo 565 en el mes de abril.....	79
Figura 31. Costo total de producción en labor de 8 pies y 6 pies (US\$/ml)	79
Figura 32. Costo total de producción en labor de 8 pies y 6 pies (US\$/Tn).....	80
Figura 33. Trabajos deficientes en el proceso de minado	82
Figura 34. Comparación de costos de voladura programado y real en el Tajo 568 (6 pies)	83
Figura 35. Comparación de costos de voladura programado y real en el Tajo 565 (8 pies)	84
Figura 36. Producción y rendimiento en galería de 2.40x2.70m	85
Figura 37. Producción y rendimiento en chimenea de 1.50x1.50m.....	85
Figura 38. Producción y rendimiento en subnivel de 1.20x1.80m	86
Figura 39. Rendimiento de operaciones con barreno de 8 pies y 6 pies (ml/hg)	86
Figura 40. Producción de operaciones con barreno de 8 pies y 6 pies (Tn/hg)	87
Figura 41. Producción en tajo con barreno de 8 pies y 6 pies (Tn/hg)	88
Figura 42. Costo de voladura por disparo (US\$ x disparo)	88

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1.	“Reservas probadas y probables – MARSA.....	27
Tabla 2.	“Reservas probadas y probables – Veta Cabana 3H.....	27
Tabla 3.	RQD Classification index.....	50
Tabla 4.	“Clasificación de RMR (Oscila entre 0 y 100).....	51
Tabla 5.	“Clasificación de RMR (Oscila entre 0 y 100).....	52
Tabla 6.	Cuadro de Operacionalización de Variables.	60
Tabla 7.	Costo/metro lineal y Costo/tonelada en Tajo 568 con barreno de 6 pies	69
Tabla 8.	Costo/metro lineal y Costo/tonelada en TAJO 565 con barreno de 8 pies..	71
Tabla 9.	“Indicadores de rendimiento en voladura programada y real.....	73
Tabla 10.	“Costo de accesorios de explosivos.....	73
Tabla 11.	“Indicadores de Costos de voladura programado y real.....	74
Tabla 12.	“Comparación de la estructura de costos en labores de explotación con barreno de 6 pies y 8 pies (US\$/ML)	74
Tabla 13.	“Comparación de la Estructura de costos en labores de explotación con barreno de 6 pies y 8 pies (US\$/TN)	75
Tabla 14.	“Cuadro de comparación de Tajo 565 y Tajo 568.....	75
Tabla 15.	“Rendimiento de producción Tn/Hg en el tajo 568 en el mes de abril.....	76
Tabla 16.	“Rendimiento de producción Tn/Hg en el tajo 565 en el mes de abril.....	78
Tabla 17.	“Capacitaciones sobre trabajos deficientes.....	81
Tabla 18.	“Reporte de trabajos deficientes en los tajos 568 y 565	81
Tabla 19.	“Rendimiento de producción Tajos 568 y 565	83
Tabla 20.	Rendimiento de producción del tajo 568 (Tn/hg).....	89
Tabla 21.	Rendimiento de producción del tajo 565 (Tn/hg).....	89

- Tabla 22. Propiedades de la Roca Intacta (Rango de Valores);**Error! Marcador no definido.**
- Tabla 23. Dureza de las Rocas.....;**Error! Marcador no definido.**
- Tabla 24. Plan operativo mina MARSa período 2020;**Error! Marcador no definido.**
- Tabla 25. Indicadores de Productividad.;**Error! Marcador no definido.**
- Tabla 26. Indicadores de rendimiento en voladura programada y real..... **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 27. Costo de accesorios de explosivos.....;**Error! Marcador no definido.**
- Tabla 28. Indicadores de Costos de voladura programado y real;**Error! Marcador no definido.**

Abreviaturas:

Abreviaturas	Significado
DIGESA	La Dirección General de Salud Ambiental
GSM	Gerencia de Supervisión Minera
ISEM	Instituto de Seguridad Minera
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MINAM	Ministerio del Ambiente

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

En los tiempos actuales de caída de precios de los minerales, toda empresa minera en producción busca el mejoramiento continuo de sus operaciones con el fin de optimizar sus procesos y la reducción de costos para garantizar la viabilidad y permanencia en el tiempo de la empresa. Por lo tanto, bajo este criterio el aspecto más importante de la operación es el que se refiere a la productividad y eficiencia de los planes trazados, pues estos parámetros de diseño, son las que determinan si la organización es competitiva. Sin embargo, el concepto de productividad no significa que los compromisos relacionados a salud ocupacional, seguridad, medio ambiente y calidad, sean de contradicción, con la premisa y soporte de la productividad.

Por consiguiente, esta evaluación implica un diagnóstico de la situación actual de la voladura del método de explotación usado actualmente, la revisión de

los indicadores, la identificación de las restricciones a la productividad y rentabilidad de las alternativas de voladura aplicadas.

1.2. Delimitación de la investigación

El estudio se desarrolló en el anexo de Llacuabamba, Distrito de Parcoy, Provincia de Pataz y Región La Libertad.

1.2.1. Ubicación de la Mina

Minera Aurífera Retamas S.A. se halla situada en el anexo de Llacuabamba del distrito de Parcoy, provincia de Pataz y departamento de La Libertad, emplazada en las vertientes del flanco occidental oriental de la cuenca hidrográfica del Marañon, sector norte de la Cordillera Central (Loza Carazas, 2013, p. 73). Su posición geográfica está determinada por las siguientes coordenadas:

Longitud Oeste: 78°37'00"

Latitud Sur: 9°55'00"

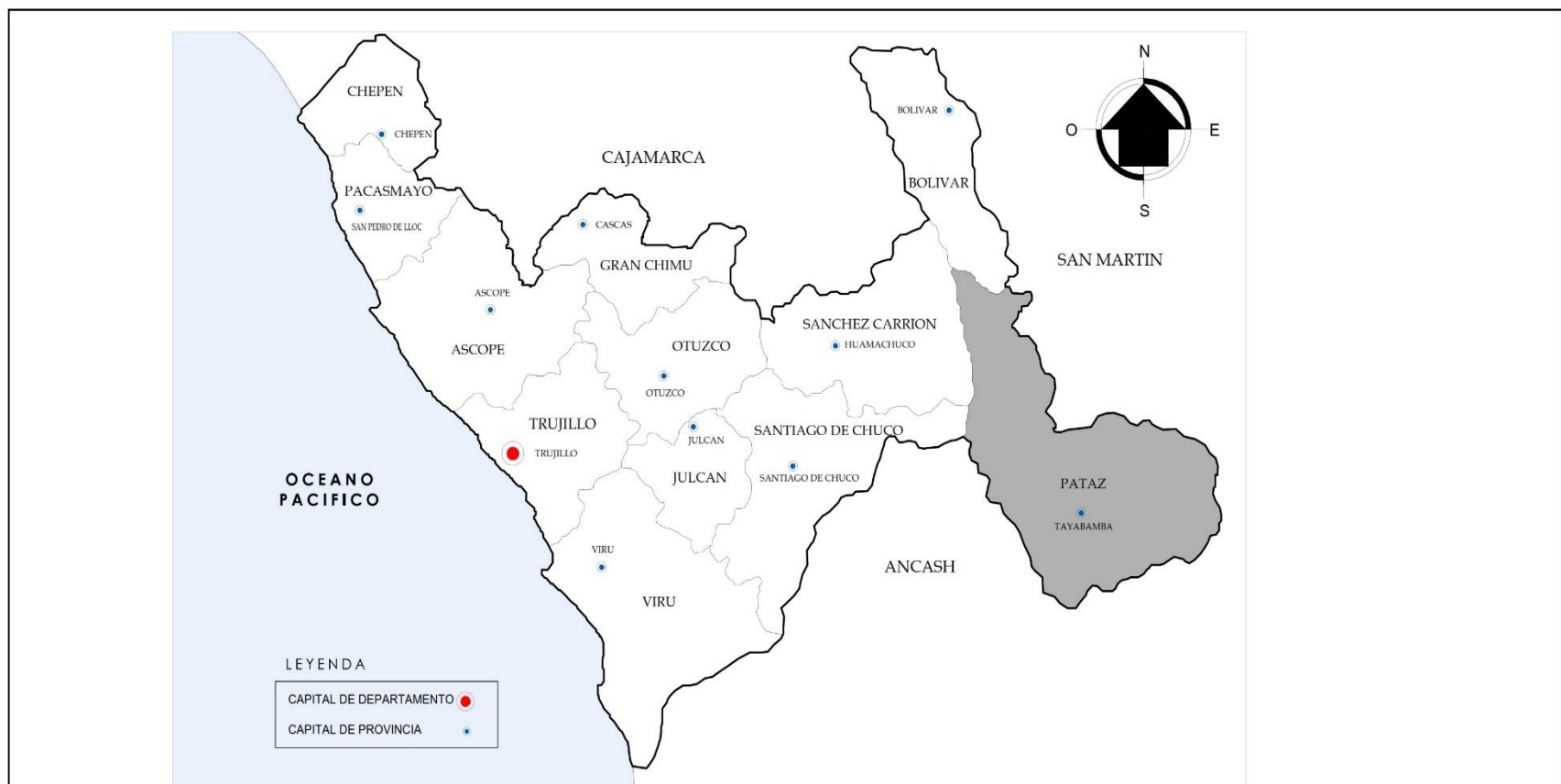
Altitud: 4 000 m.s.n.m. (Loza Carazas, 2013, p. 73)

Ver Figura 1. y Figura 2 de las páginas 3 y 4, respectivamente.

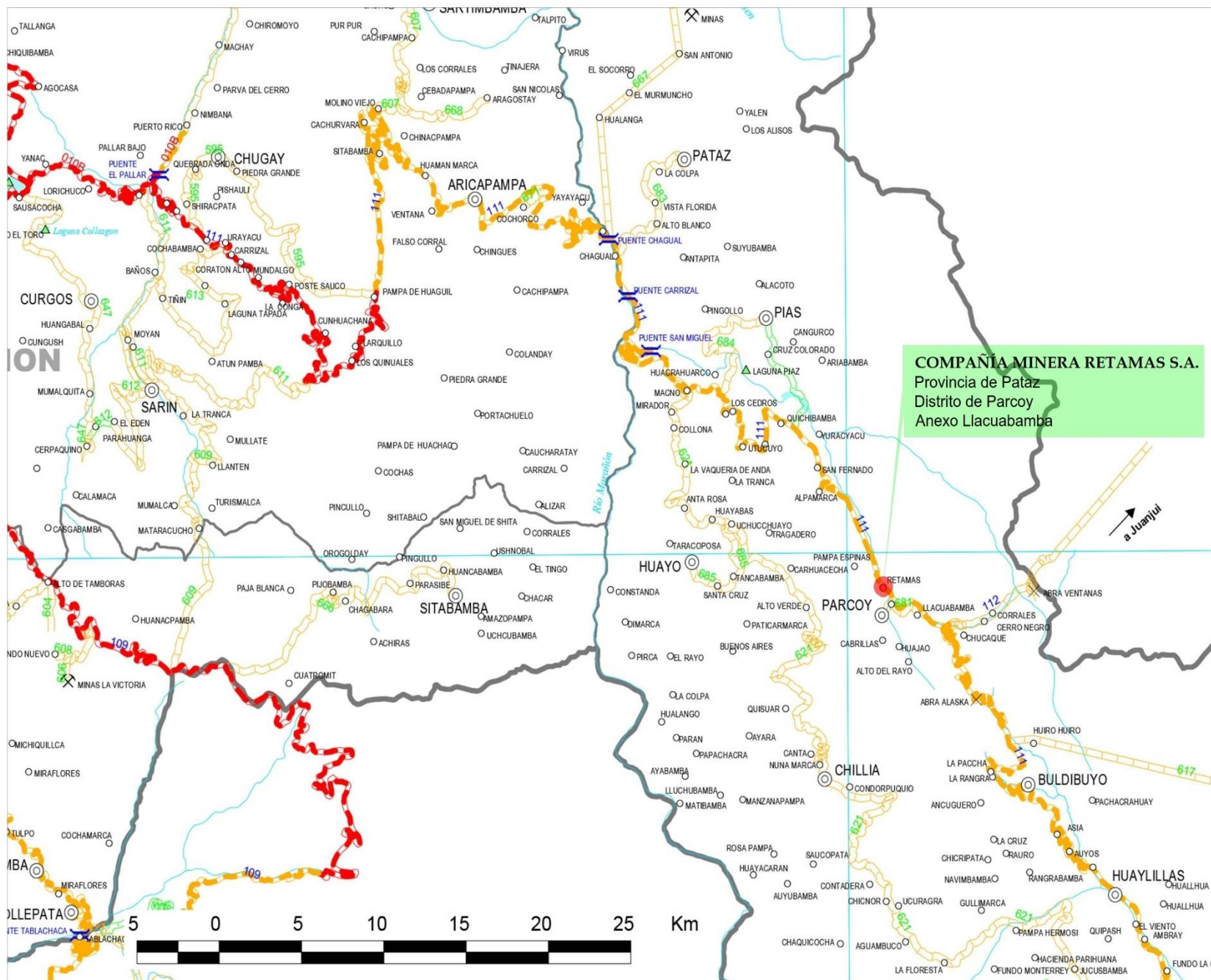


Figura 1. Mapa de Ubicación Nacional – Departamental.

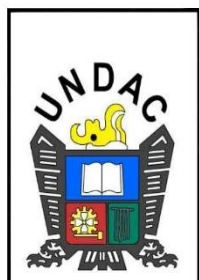
Fuente: Elaboración Propia.



DEPARTAMENTO LA LIBERTAD



MAPA DE LOCALIZACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS

Presentado por:
Bach. Jheyson Dydi CHUQUIYURI POMACINO

Título:
MAPA DE LOCALIZACIÓN DE MINERA AURÍFERA RETAMAS

Fuente:
 MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES,
 ELABORACIÓN PROPIA

Escala:
 ESCALA GRÁFICA

Fecha:
 AGOSTO 2022

Figura:
2



Figura 2. Mapa de Localización de Minera Aurífera Retamas.
 Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Elaboración propia.

1.2.2. Accesibilidad

El acceso por vía terrestre es a través de 411 km de carretera desde la ciudad de Trujillo; siendo mayormente trocha carrozable.

Por vía aérea se llega en 45 minutos de vuelo en avioneta desde el Aeropuerto de Trujillo a Chagual y de allí 70 km de trocha carrozable. Ver Figura 3 y Figura 4.



Figura 3. Accesibilidad Aérea a Minera Aurífera Retamas S.A.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

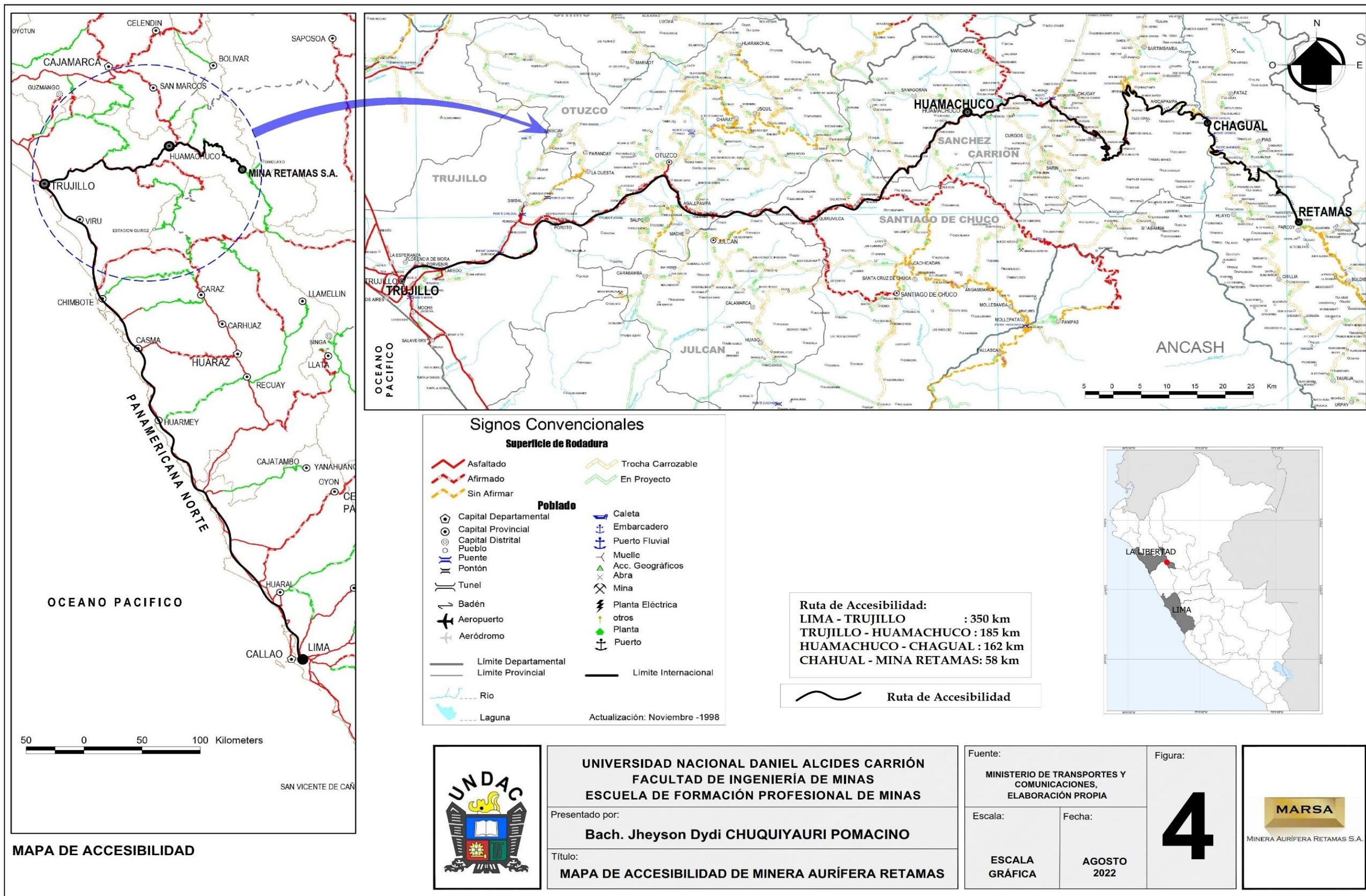


Figura 4. Mapa de Accesibilidad de Minera Aurífera Retamas.
 Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Elaboración propia.



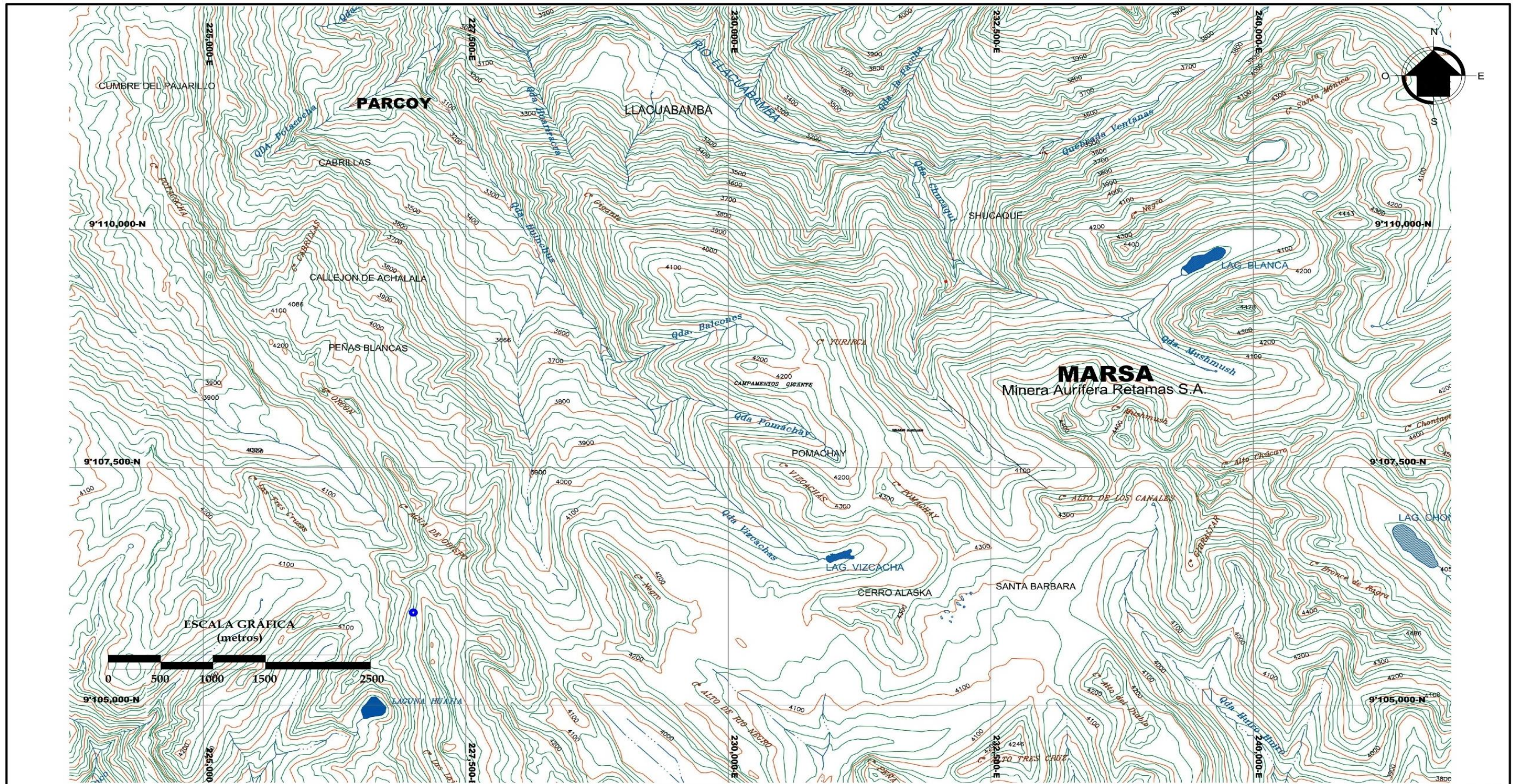
Figura 5. Mapa Satelital de Minera Aurífera Retamas.
Fuente: Google Earth.

1.2.3. Clima y Vegetación

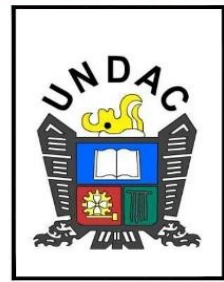
El clima es predominantemente frígido, típico de la región Puna o Jalea; presenta dos variantes climatológicas marcadas: noviembre a abril con lluvias constantes y otra relativamente seca en el resto del año (Palli Ponce, 2018, p. 14).

1.2.4. Fisiografía y Topografía

La topografía de la región, en general es abrupta. La superficie ha tenido como agente modelador, los eventos tectónicos y la erosión fluvial. De esta manera, se han formado profundos valles que alteren con elevaciones de fuertes pendientes; las cuales varían en distancias cortas entre 1800 a 4200 m.s.n.m.



PLANO TOPOGRÁFICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS

Presentado por:
Bach. Jheyson Dydi CHUQUIYURI POMACINO

Título:
PLANO TOPOGRÁFICO

Fuente:
HUIDOBRO, 2018

Escala:
ESCALA GRÁFICA

Fecha:
AGOSTO 2022

Figura:
6



Figura 6. Plano Topográfico.
 Fuente: Huidobro (2018).

1.2.5. Reseña Histórica de la Empresa

Serin Alvites (2017) describe la historia de Minera Aurífera Retamas S.A. como un típico ejemplo de cómo el esfuerzo decidido de un empresario peruano puede ser la llave para alcanzar el éxito en el desarrollo de un yacimiento minero. Las primeras noticias que se tienen de esta mina se remontan a Antonio Raimondi quien hace expresa mención del Cerro "El Gigante" y de la labor "Huacrachuco" de donde el sabio señala se extrae abundante oro (1860). Posteriormente la mina es trabajada alrededor del año 1905 por la familia Tarnawiecki que al parecer la abandonó ante los continuos derrumbes que se producían y al bajo precio del oro en esa época que no hacía rentable su explotación con las tecnologías conocidas entonces. El 15 de abril de 1981 se constituyó Minera Aurífera Retamas S.A. A fines de 1981 MARSA encarga el estudio geológico de la zona "Gigante-Huacrachuco" a Buenaventura Ingenieros S.A. (BISA) comenzándose los primeros trabajos de exploración y habilitación de labores antiguas (Serin Alvites, 2017). Con la creación del Departamento de Geología e Ingeniería de la empresa a finales de 1982 se procede a realizar el primer estimado de reservas del yacimiento totalizando 23 280 tms, con una ley de 10.7 gramos de oro por tonelada métrica. (Serin Alvites, 2017)

La primera Planta de Flotación de 50 tms/día que fue inaugurada el 14 de julio de 1983 (Serin Alvites, 2017). Dadas las limitaciones de las reservas minerales conocidas en esa época resultaba una decisión más audaz que técnica. A pesar de la incertidumbre creada por la Legislación Minera anterior, MARSA continuó con su política de re inversión y aprovechando las ventajas de la ley 22178 (Ley de Promoción Aurífera) prosiguió su crecimiento alcanzando la planta una

capacidad de tratamiento de 250 tms/día en 1989 (Serin Alvites, 2017). El 18 de noviembre de 1992 se puso en operación la Planta de Cianuración con el sistema Merrill Crowe automatizado, primero en su género en Sudamérica (Serin Alvites, 2017). El crecimiento de esta empresa se produjo durante la época más difícil de nuestra historia por la presencia del terrorismo, el Fenómeno del Niño y de crisis económica que habían creado un clima de desconfianza y zozobra en el país, pero gracias a la fe inquebrantable de su Presidente Ejecutivo el Dr. Andrés Marsano Porras se pudo llevar adelante este proyecto minero, llegando a convertirse en una de las minas importantes productivas de oro en el Perú. (Serin Alvites, 2017)

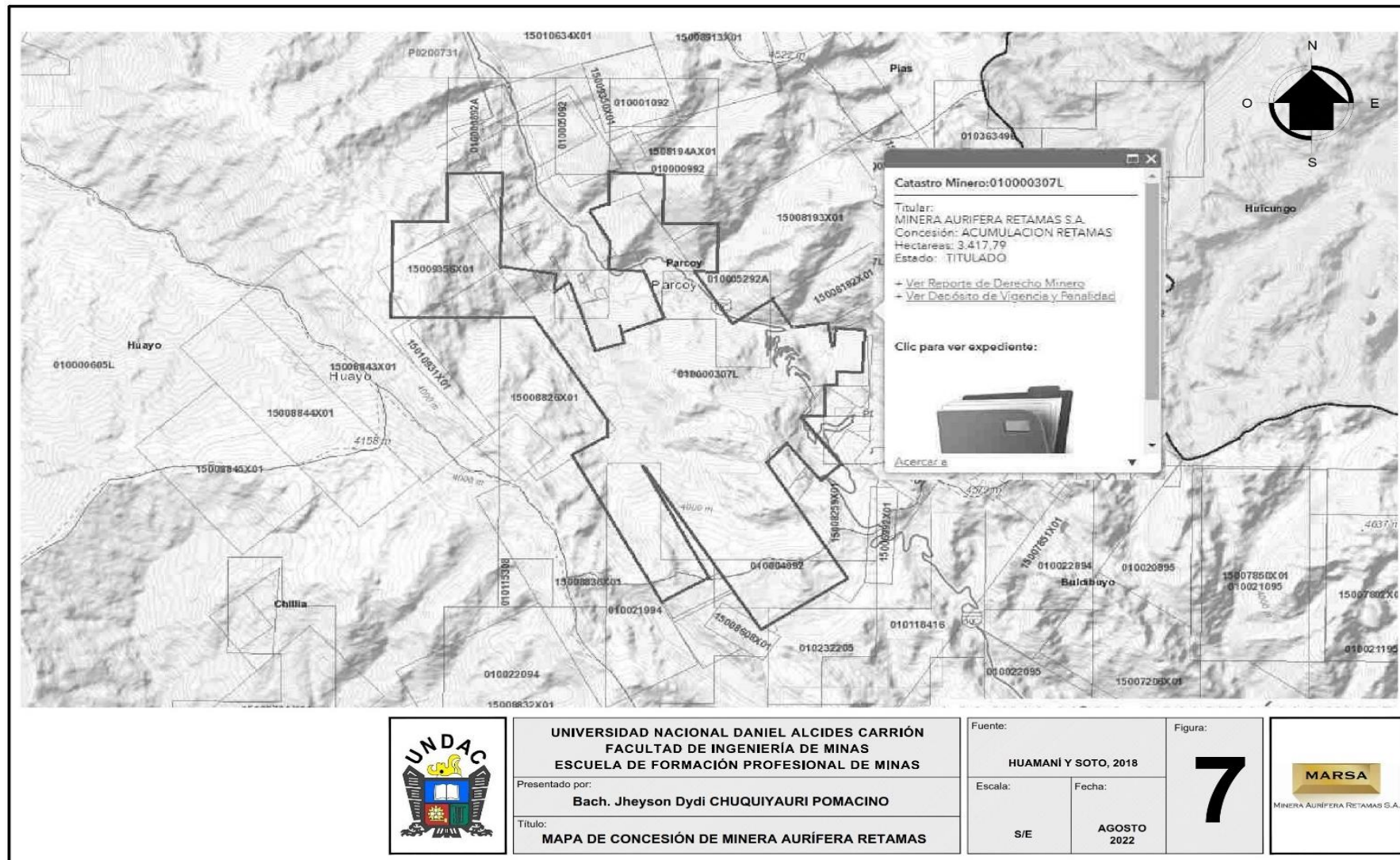


Figura 7. Mapa de Concesión de Minera Aurífera Retamas.
Fuente: Huamaní y Soto (2018).

1.2.6. Geología de Minera Aurífera Retamas S.A.

La zona aurífera de Parcoy, Gigante y Buldibuyo (considerado como distrito minero), está ligada a una faja de rocas intrusivas conocida como "Batolito de Pataz", que cortan a los esquistos, filitas, pizarras y rocas meta volcánica del Complejo del Marañón.

El Batolito de Pataz se extiende aproximadamente 50 km entre Vijus al Norte y Buldibuyo al Sur, con un ancho promedio de 2.5 km, limitado por el E - NE con el Complejo del Marañón y volcánicos Lavasén, y por el WSW con las rocas sedimentarias Paleozoicas del grupo Mitu. Al NW del batolito, afloran pequeños intrusivos de pórfido diorita-andesita, que intruyen a las rocas Paleozoicas, de posible edad cretáceo superior. En el distrito minero, las zonas de fallamientos y fracturamientos pre-existentes dentro del intrusivo, han servido de canales de circulación de las soluciones mineralizantes hidrotermales, depositándose en las trampas estructurales, dando lugar a la formación de vetas; posteriormente, estas vetas han sido falladas y plegadas en más de dos eventos tectónicos; razón por la cual, se presentan muy irregulares en su comportamiento estructural y continuidad. El relleno mineralógico de las estructuras mineralizadas está constituido por cuarzo lechoso, pirita, arsenopirita, marmatita - esfalerita, chalcopirita, galena, pirrotita y oro en estado nativo y libre. (Alvites & Genix, 2017)

1.2.7. Geología Regional

Barzola Domínguez (2022) indica que la zona aurífera de Parcoy, Gigante y Buldibuyo (considerado como distrito minero), está ligada a una faja de rocas intrusivas conocida como "Batolito de Pataz", que cortan a los esquistos, filitas, pizarras y rocas meta volcánica del Complejo del Marañón. El Batolito de Pataz se

extiende aproximadamente 50 Km. Entre Vijus al Norte y Buldibuyo al Sur, con un ancho promedio de 2.5 Km, limitado por el E - NE con el Complejo del Marañón y volcánicos Lavasén, y por el WSW con las rocas sedimentarias Paleozoicas del grupo Mitu (Barzola Domínguez, 2022). Al NW del batolito, afloran pequeños intrusivos de pórfido diorita-andesita, que instruyen a las rocas Paleozoicas, de posible edad cretáceo superior. En el distrito minero, las zonas de fallamientos y fracturamientos preexistentes dentro del intrusivo, han servido de canales de circulación de las soluciones mineralizantes hidrotermales, depositándose en las trampas estructurales, dando lugar a la formación de vetas; posteriormente, estas vetas han sido falladas y plegadas en más de dos eventos tectónicos; razón por la cual, se presentan muy irregulares en su comportamiento estructural y continuidad. (Barzola Domínguez, 2022)

El relleno mineralógico de las estructuras mineralizadas está constituido por cuarzo lechoso, pirita, arsenopirita, marmatita - esfalerita, chalcopirita, galena, pirrotita y oro en estado nativo y libre. (Barzola Domínguez, 2022)

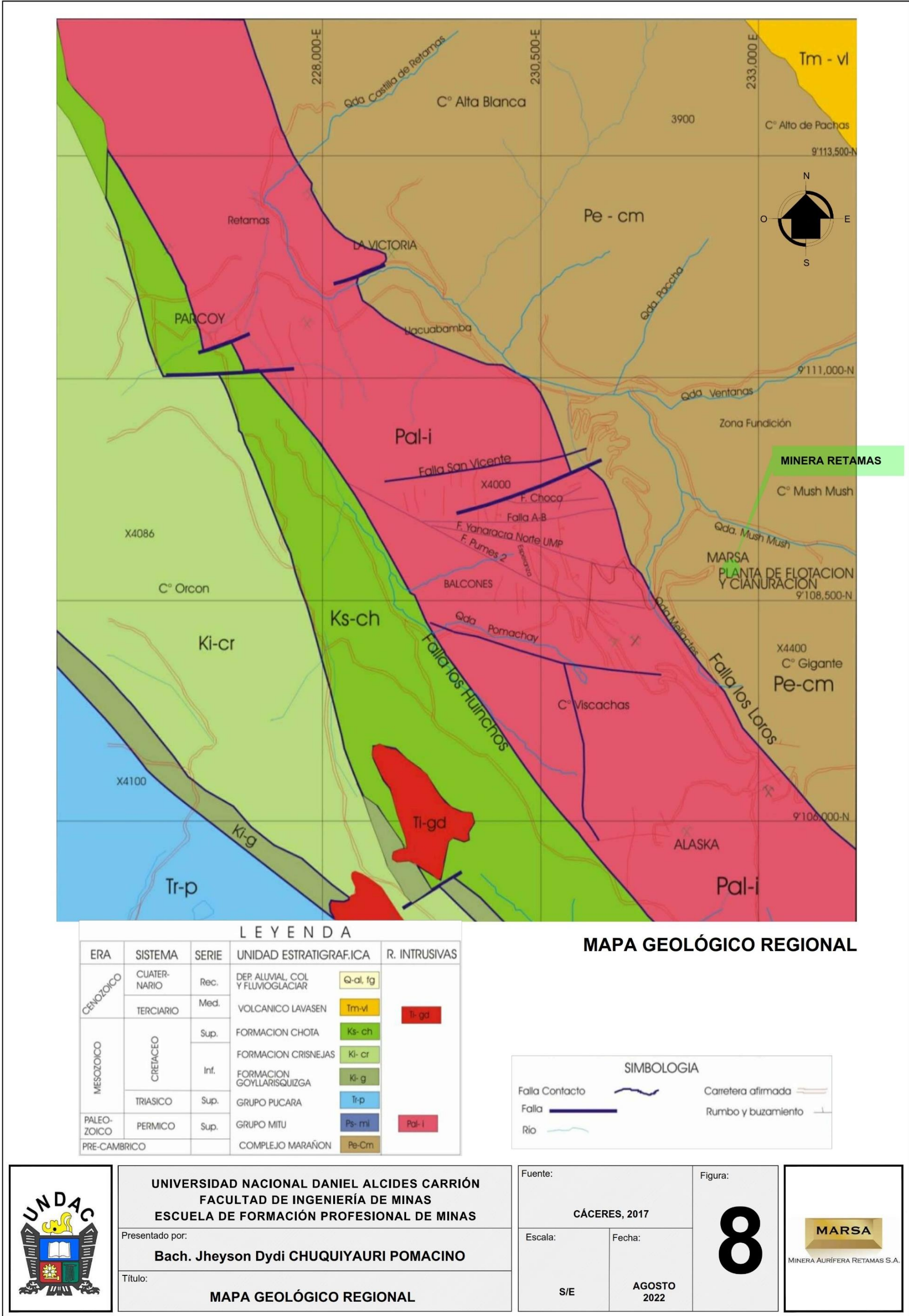
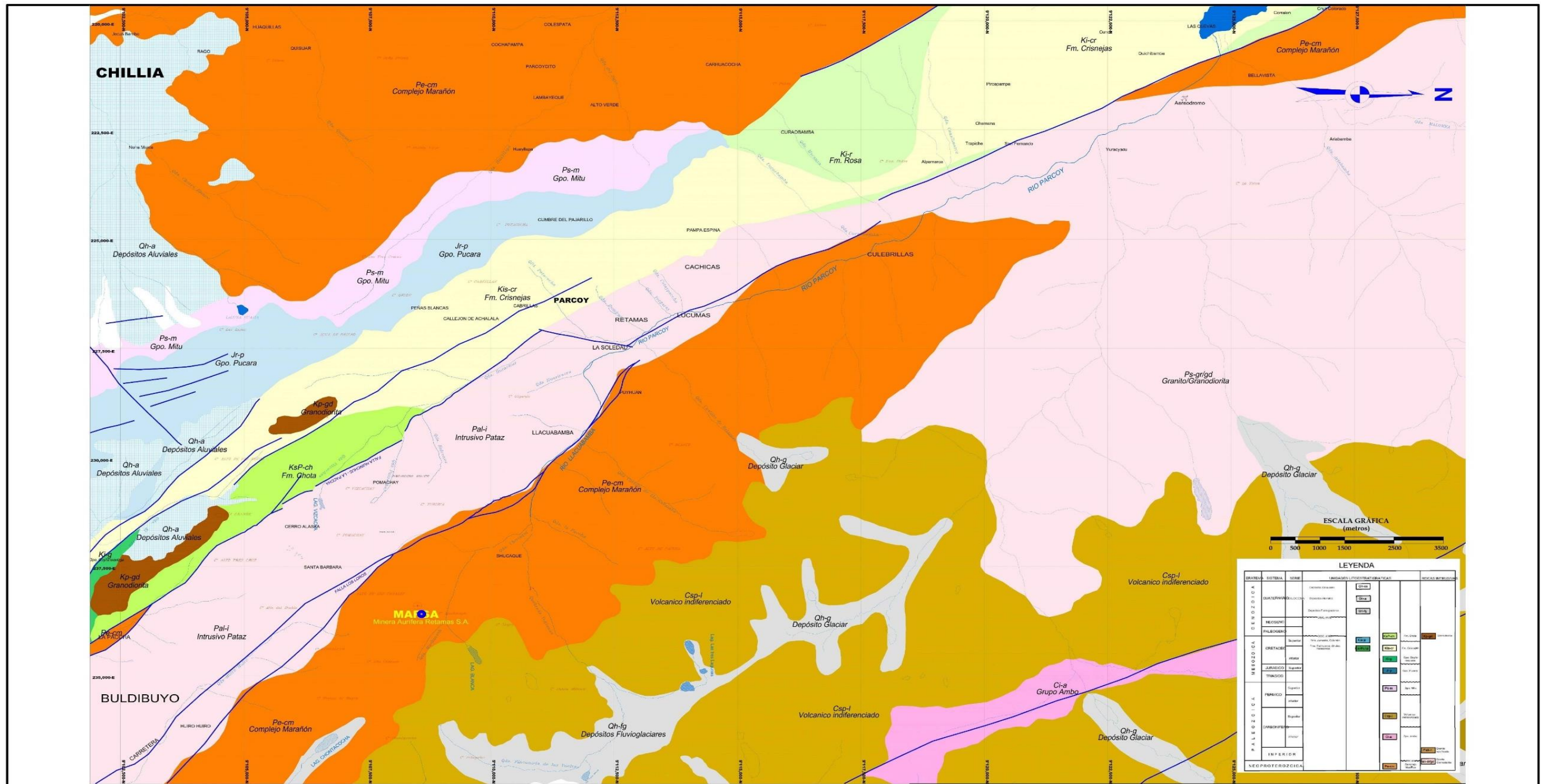


Figura 8. Mapa Geológico Regional.

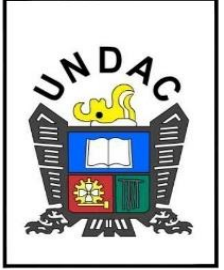
Fuente: Cáceres (2017).

1.2.8. Geología Local

Se caracteriza por la presencia de un complejo Intrusivo Paleozoico con predominancia de granodiorita y monzonita en la zona SE y tonalitas y dioritas en la zona NE del Distrito que engloba una secuencia de andesitas estratificadas en la posible cúpula del cuerpo intrusivo, donde se observa una zona fracturada, cizallada(regional) de más de 03 Km. de longitud que se prolonga a los distritos de Parcoy y Buldibuyo, originado por una falla inversa de rumbo promedio N 27° con buzamiento variables entre 30° y 60° NE, y que han originado una zona debilitada de fracturamiento con un ancho entre 20 y 50 mt, la cual ha sido rellenada por un sistema principal de vetas y ramales de vetillas secundarias de cuarzo lechoso, que han sufrido posterior fracturamiento y relleno con pirita oscura aurífera, acompañado por cantidades menores de arseno-pirita, marmatita y galena. Se han acumulado en lentes de aproximadamente 20 mt de longitud, discontinua en su rumbo y buzamiento.



MAPA GEOLÓGICO LOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS

Presentado por:
Bach. Jheyson Dydi CHUQUIYAURI POMACINO

Título:
MAPA GEOLÓGICO LOCAL

Fuente:
HUIDOBRO, 2018

Escala:
ESCALA GRÁFICA

Fecha:
AGOSTO 2022

Figura:
9



Figura 9. Mapa Geológico Local.
 Fuente: Huidobro (2018).

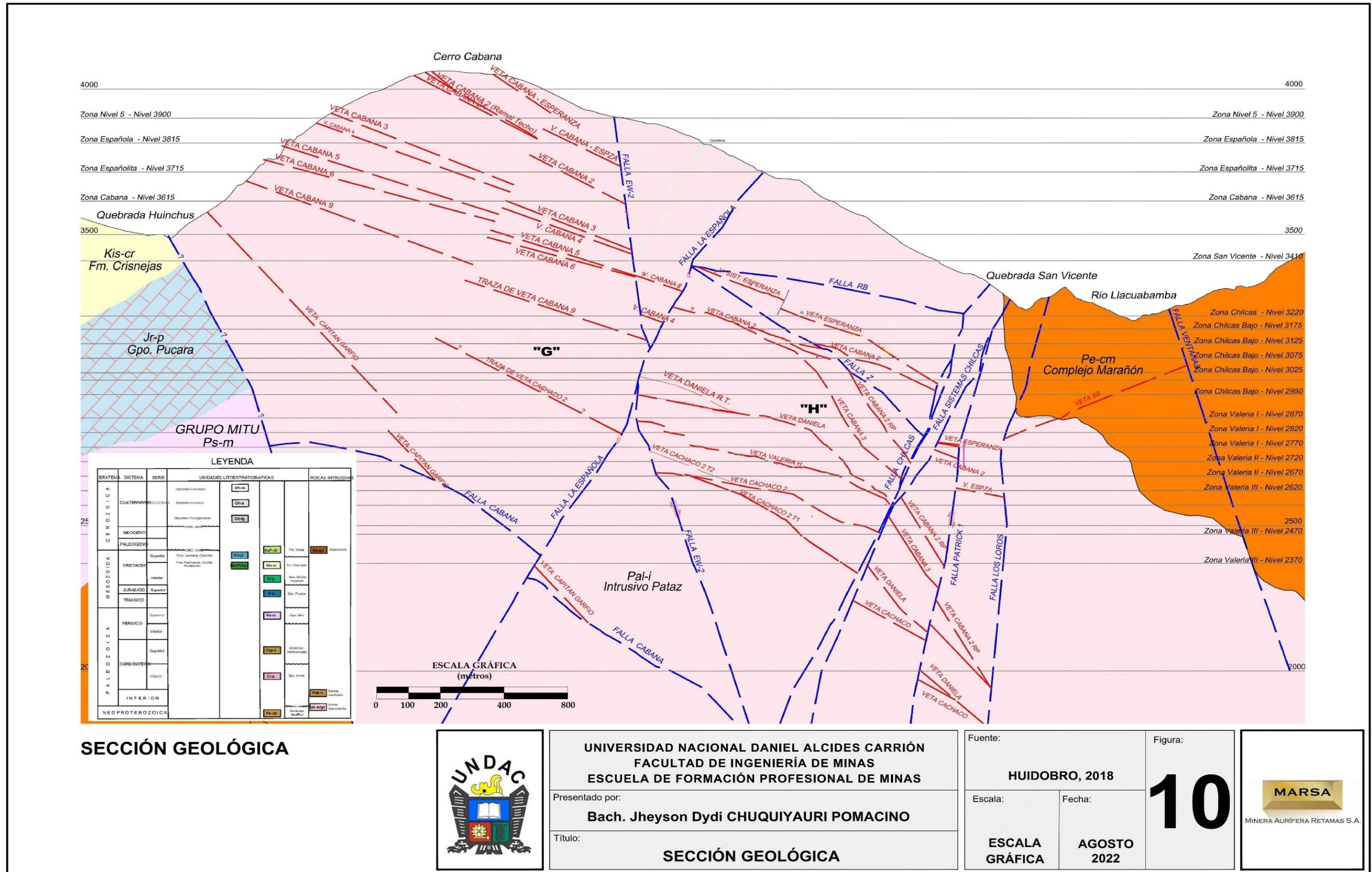


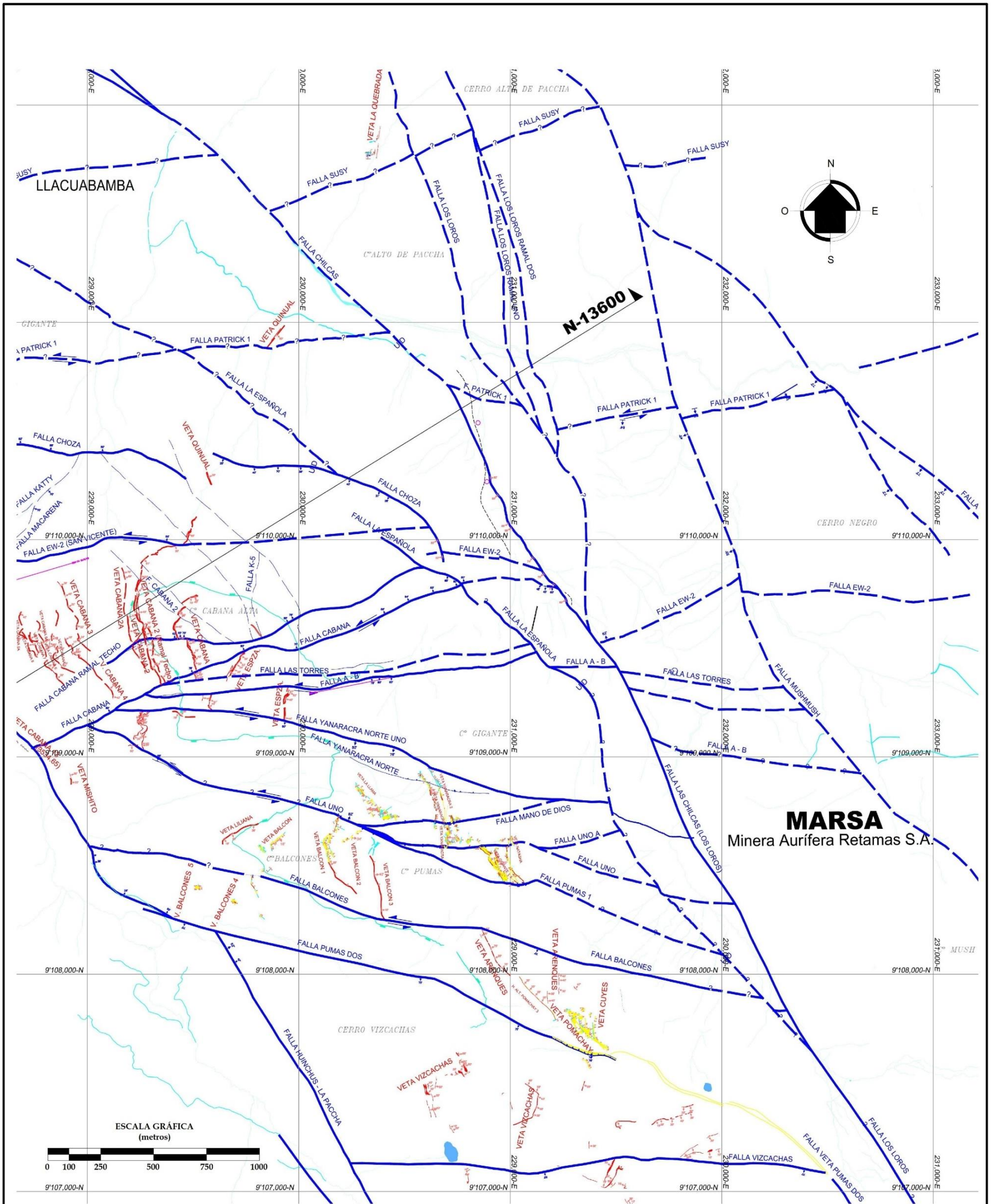
Figura 10. Sección Geológica.
 Fuente: Huidobro (2018).

1.2.9. Geología Estructural.

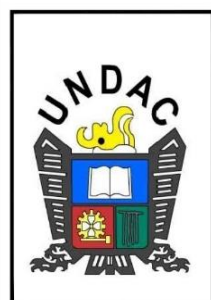
Según el cuadro tectónico descrito por Wilson y Reyes (1967), para la zona existen tres unidades tectónicas: un área de pliegues, un área imbrincada y una zona de bloques fallados; siendo ésta última la que correspondería a nuestra área de estudio. El área de bloques fallados se caracteriza por haber sufrido movimientos predominantemente verticales a lo largo de fallas, que tienen rumbo aproximado NE - SE.

Uno de los ejes principales de fallamiento, correspondería al valle del Marañón, donde es común hallar rocas del Complejo Marañón en contacto – fallado con las formaciones mesozoicas. Los desplazamientos verticales producidos por las fallas son generalmente muy considerables. Estos han originado un desnivel de hasta 2,000mt.

La estructura general de los bloques muestra un predominio de pliegues anchos y abiertos en los sedimentos del Paleozoico Superior y Mesozoico, a pesar de que las fallas regionales produjeron cierto desplazamiento horizontal. (De la Cruz Graus, 2018)



MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS

Presentado por:
Bach. Jheyson Dydi CHUQUIYAURI POMACINO

Título:
MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL

Fuente:
HUIDOBRO, 2018

Escala:
ESCALA GRÁFICA

Fecha:
AGOSTO 2022

Figura:
11



Figura 11. Mapa Geológico Estructural.
 Fuente: Huidobro (2018).

1.2.10. Geología Económica

La mineralización se emplazó principalmente en rocas microdioritas, en menor porcentaje en granodioritas-granitos, cuyos rasgos litológicos y tectónicos se derivan de los procesos de la metalogenia de la Cordillera Central (Palli Ponce, 2018). Las soluciones mineralizantes circularon a través de fracturas preexistentes dentro del Batolito de Pataz, depositándose en las aberturas a manera de vetas (Palli Ponce, 2018). La reacción con las rocas encajonantes provocaron alteraciones hidrotermales causadas por los cambios físicos y químicos que imperaron en el ambiente deposicional. (Palli Ponce, 2018, p. 19)

1.2.10.1. Geometría del Yacimiento

El depósito de Gigante es filoniano - cizalla; formado por relleno de fracturas, por acción de las soluciones mineralizantes hidrotermales, epigenético, de carácter primario, origen hipógeno, con temperaturas de formación de facies mesotermal a epitermal (Palli Ponce, 2018, p. 19).

Las estructuras mineralizadas presentan lazos cimoides múltiples compuestos y curvas cimoidales. Estructuralmente la mineralización económica se presenta en forma de ore shoots (menas) elongados, de magnitudes métricas a hectométricas. (Palli Ponce, 2018, p. 20)

La génesis del yacimiento se puede relacionar al carácter magmatogénico de las soluciones hidrotermales mineralizantes, que han originado las asociaciones mineralógicas de tipo mesotermal - epitermal. (Palli Ponce, 2018, p. 20)

1.2.10.2. Controles de Mineralización

Tenemos los siguientes controles:

- **Control Estructural**

Las estructuras en general, como las fallas y fracturas, son un control importante, que a lo largo de ellas circularon y/o se depositaron las soluciones de mineral, en muchos casos actúan como entrapamientos de las soluciones mineralizantes, formando los clavos mineralizados (Palli Ponce, 2018, p. 20).

- **Control Litológico**

Las rocas microdioritas-dioritas son favorables para la formación de estructuras mineralizadas; las rocas granodioritas-granitos son poco favorables para la formación de estructuras mineralizadas (Palli Ponce, 2018, p. 20).

- **Control Mineralógico**

El cuarzo lechoso es el mineral principal como guía para las exploraciones; ligadas al cuarzo se presentan pirita y arsenopirita. Muchas veces, la presencia de galena y esfalerita-marmatita es un indicativo de que se incrementen las leyes de oro, siempre que se presenten asociadas a la pirita (Palli Ponce, 2018, p. 20).

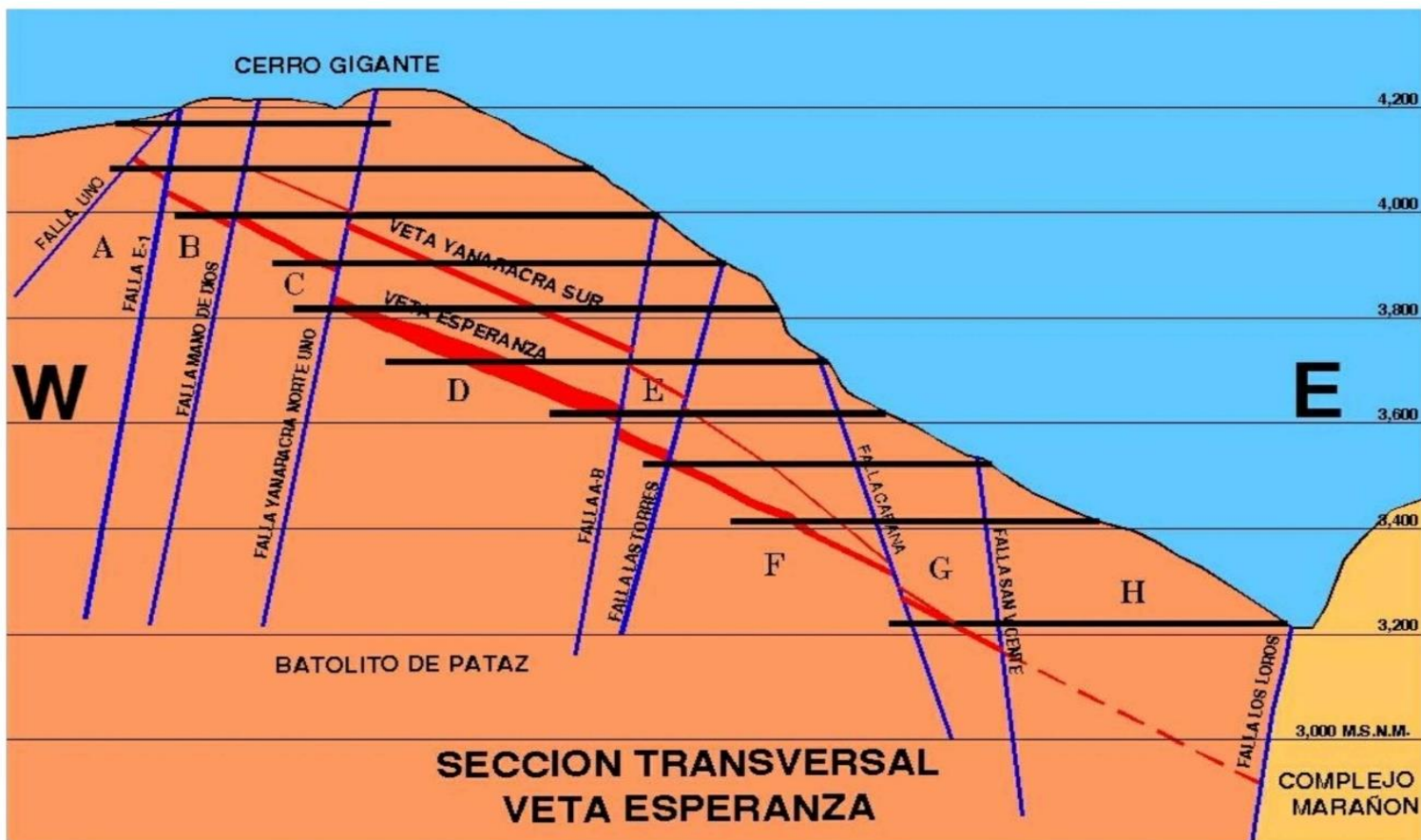
1.2.10.3. Alteración de Cajas

Las alteraciones hidrotermales más importantes asociadas a la ocurrencia del oro son: silicificación, sericitización y cloritización, ésta última asociada al oro libre. El grado y ancho de alteración algunas veces guarda cierta relación con la potencia de las estructuras mineralizadas y decrece a medida que se aleja del relleno mineralizado. (Palli Ponce, 2018, p. 21)

1.2.10.4. Mineralogía

El yacimiento minero "El Gigante", está constituido por una variedad de minerales agrupados en "mena" y "ganga", que se presentan dentro las estructuras mineralizadas en forma de lentes, parches, venas e hilos (Palli Ponce, 2018, p. 21).

- **Mineral de mena:** El principal mineral de mena es la pirita aurífera, que se presenta acompañada de arsenopirita, galena, marmatita, esfalerita, en proporciones menores; también consideramos el cuarzo sacaroide como mineral de mena por hospedar oro libre (Palli Ponce, 2018, p. 21).
- **Minerales de ganga:** Acompañando al mineral de mena se presentan otros minerales en proporciones variables, ya sean metálicos o no metálicos, constituyendo éstos los minerales de ganga e impurezas, porque no son económicamente beneficiables (Palli Ponce, 2018, p. 21). Estos minerales son: cuarzo lechoso (primera estadía), calcita, caolín, chalcopirita, etc. (Palli Ponce, 2018. p. 21)



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS

Presentado por:
Bach. Jheyson Dydi CHUQUIYURI POMACINO

Título:
SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VETA ESPERANZA

Fuente:
CARPIO, 2017

Escala:
S/E

Fecha:
AGOSTO 2022

Figura:
12



Figura 12. Sección Transversal de la Veta Esperanza.
 Fuente: Carpio (2017).

1.2.11. Reservas de mineral

El yacimiento minero "El Gigante", está constituido por una variedad de minerales agrupados en "mena" y "ganga", que se presentan dentro de las estructuras mineralizadas en forma de lentes, parches, venas e hilos. El principal mineral de mena es la **pirita aurífera**, que se presenta acompañada de arsenopirita, galena, marmatita-esfalerita, en proporciones menores (Muriel Quispe, 2019, p. 40). También consideramos el cuarzo sacaroide como mineral de mena por hospedar oro libre (Muriel Quispe, 2019, p. 40). Acompañando al mineral de mena se presentan otros minerales en proporciones variables, ya sean metálicos o no metálicos, constituyendo éstos los minerales de ganga o impurezas, porque no son económicamente aprovechables (Muriel Quispe, 2019, 40). Estos minerales son: cuarzo lechoso (primer estadio), calcita, caolín, calcopirita, etc. (Muriel Quispe, 2019, p. 40)

Existen 2 sistemas de vetas emplazadas en el Intrusivo de Pataz, agrupadas dentro del Sistema NW-SE (Esperanza, Yanaracra Sur, Gigante, **Cabana**, Garfio, Daniela etc.) y en el Sistema N-S (Yanaracra 1, Yanaracra 2, Cachaco-Las Torres, Valeria, etc.), este último sistema posee estructuras tensionales del primero (Muriel Quispe, 2019, p. 40).

Las vetas del Sistema NW-SE tienen rumbo N 20° - 50°W, con buzamiento de 10° a 45° en dirección NE, con esto se evidencia que las variaciones del rumbo y buzamiento son consecuencia de los esfuerzos tensionales y compresivos que causaron plegamientos y fallamientos (Muriel Quispe, 2019, p. 41).

La Veta Cabana es una de las estructuras mineralizada, con un rumbo N 10°E a N-S, buzamiento 15° a 35°; mineralógicamente constituido por cuarzo lechoso, pirita, en menor proporción esfalerita y ocasionalmente galena. Su potencia promedio es de 1.00 m, presenta alteración hidrotermal silicificación (Cuarzo-Pirita-Sericita). (Muriel Quispe, 2019, p. 41)

El cálculo de reservas y recursos al 31 de julio del 2016 se realizó empleando las proyecciones del precio del oro a largo plazo de 1,287 US\$/Oz.

Tabla 1. “Reservas probadas y probables – MARSA.

Reserva Mineral	TMS	Ley (gr-Au/TMS)	Potencia de veta (m)
Probada	1,273,955.00	15.0892	1.0256
Probable	798,293.00	14.1955	0.9886
Total general	2,072,248.00	14.7449	1.0113

Fuente: Departamento de Geología – MARSA”.

Tabla 2. “Reservas probadas y probables – Veta Cabana 3H.

Reserva Mineral	TMS	Ley (gr-Au/TMS)	Potencia de veta (m)
Probada	399,772.00	11.7461	1.0956
Probable	175,743.00	10.3003	0.9913
Total general	575,515.00	11.37	1.0685

Fuente: Departamento de Geología – MARSA”.

1.2.12. Métodos de Explotación en Minera Aurífera Retamas S.A.

1.2.12.1. Método de Explotación de Corte y Relleno Ascendente.

Uno de los métodos de explotación que se viene utilizando en la Minera Aurífera Retamas S.A. es el método de Corte y Relleno Ascendente, donde el nivel de producción de mineral es de 1250 TMS/día, con ley promedio de 12 Au Gr/TM (Callupe Paredes, 2019, p. 34). Las operaciones están distribuidas en 25 niveles principales entre las cotas 4100 y 2950 m.s.n.m. el laboreo minero es netamente convencional, debido a la

irregularidad de la geometría del yacimiento como a su distribución de valores. (Callupe Paredes, 2019, p. 34)

OPERACIÓN

Según Callupe Paredes (2019) el inicio de la explotación es a partir del Sub Nivel base, dejando un puente de 3 m, respecto a la galería principal, se realiza una cámara lateral a 03 metros de la chimenea dejando este como pilar, dicha cámara servirá como cara libre para realizar la explotación; la explotación se inicia enderezando el sub nivel base, luego se colocan puntales de base espaciados a 1.20 metros y enrejando el piso con rajados de madera para sostener el piso que se presenta en muchos casos diaclazados; inmediatamente después se procede a la acumulación de taladros de acuerdo a la malla establecida, el cual será posteriormente cargado en una guardia posterior haciendo uso de todos los elementos que se previeron en el diseño. (Callupe Paredes, 2019, p. 35)

Luego de la voladura se procede a realizar la limpieza del mineral haciendo uso de winches de arrastre de 7.5 y 15 H.P; asimismo el sostenimiento temporal se realiza haciendo uso de puntales de seguridad de 8 pulgadas de diámetro espaciados a 1.2 metros, tanto en sentido horizontal y vertical (Callupe Paredes, 2019, p. 35). Concluido los cortes que alcanzan 8.40 metros aproximadamente se procede a abrir las ventanas laterales hacia las chimeneas para proceder el entablado e independizar un nuevo corte, y dejar en la parte explotada el desmonte producto de la siguiente fase de minado. (Callupe Paredes, 2019, 35)

Concluido los cortes horizontales, se procede a la limpieza o aspirado del mineral fino, el cual es llenado a sacos de rafia para su posterior

envío a Planta (Callupe Paredes, 2019). Seguidamente, se construyen los tabiques para el proceso de relleno hidráulico. (Callupe Paredes, 2019, p. 35)

Durante el avance ascendente de la producción, se deja pilares de 3m x 8m, adyacente a las chimeneas principales y un puente de 3m x 20m paralela a la galería, los cuales son extraídos al final de la explotación del tajeo. (Callupe Paredes, 2019, p. 35)

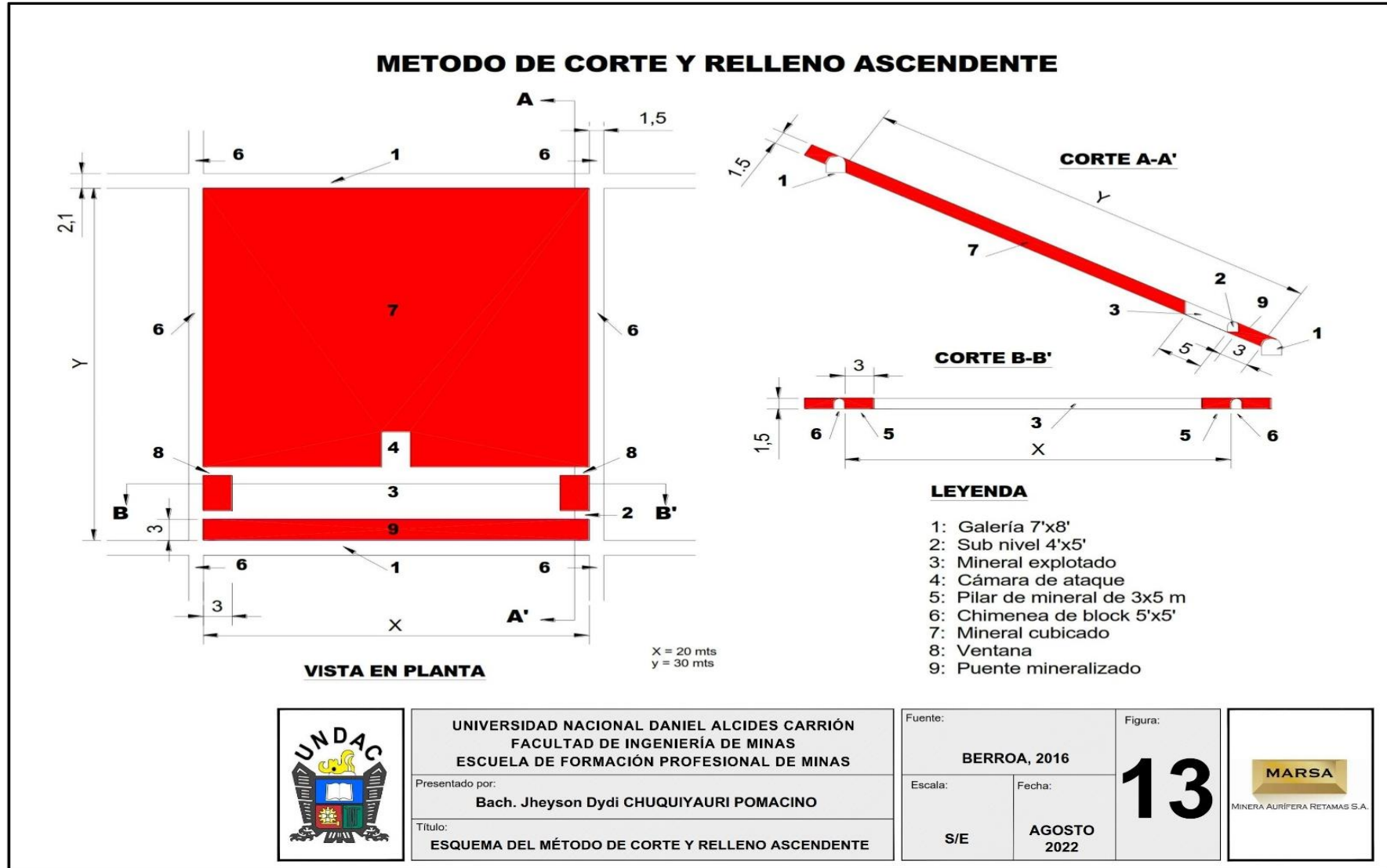


Figura 13. Esquema del Método de Corte y Relleno Ascendente.
Fuente: Berroa (2016)

1.2.12.2. Método de Explotación Longwall

El método de explotación por Tajeos largos o Longwall se implantó desde el 2009 en la Minera Aurífera Retamas, específicamente en la División de Patrick. La veta Valeria es la principal de esta zona y debido a su configuración geomecánica y buzamiento inferior a 30°, permite explotar con este método de manera más eficiente. (Magallanes Chavesta, 2011)

PARÁMETROS GEOMECÁNICOS:

- “La potencia del mineral debe variar en un rango de 0.60 m a de 2.00 m y estas deben ser de forma tabular.
- Las vetas deben tener un buzamiento de 0° a 40°, para permitir que el mineral fluya con facilidad” (Magallanes Chavesta, 2011).
- Características físico-mecánicas del mineral y roca de caja relativamente buena. En Patrick la variación de la calidad de la roca varía en RMR: de 30 a 55 (Magallanes Chavesta, 2011).

DISEÑO E INGENIERÍA:

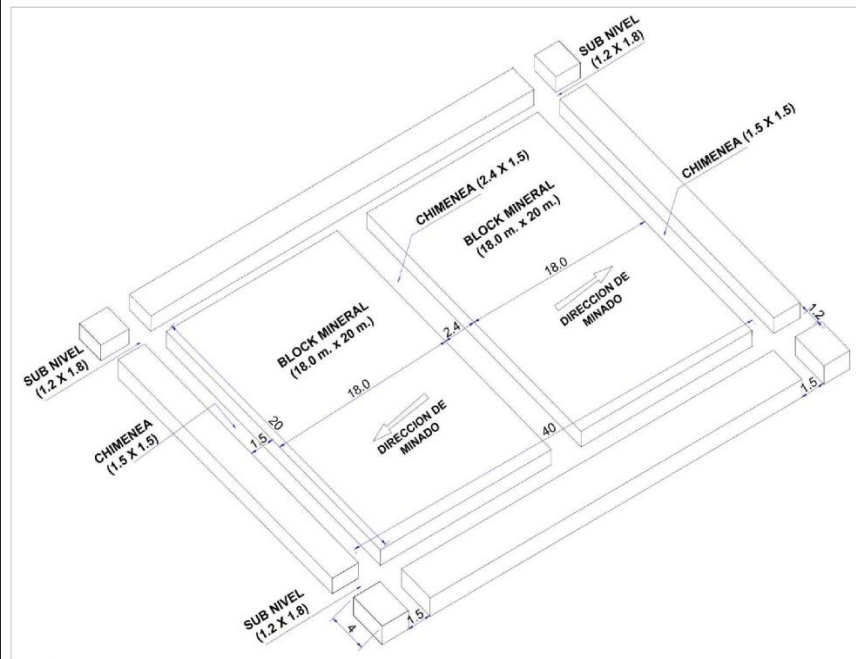
- “Preparación del block para el método de Long Wall
- Se sellan chimeneas sobre veta con sección 2.40 m x 1.50 m, cada 40 m.
- Se dimensiona el block a explotar de 38.5 m x 20m” (Huamaní Bustinza & Soto Mamani, 2019, p. 51).
- “Desarrollo de la galería a lo largo de la estructura mineralizada para la extracción del mineral.
- Desarrollo de bypass paralelo a la galería y alineado con el subnivel superior para comunicar a dos labores” (Huamaní Bustinza & Soto Mamani, 2019, p. 51).

- “Desarrollo de subniveles de sección de 1.20 m de ancho x 1.80 m de alto como mínimo.
- Desarrollo de chimeneas de 1.50x1.50 a partir del by pass” (Huamaní Bustinza & Soto Mamani, 2019, p. 51).

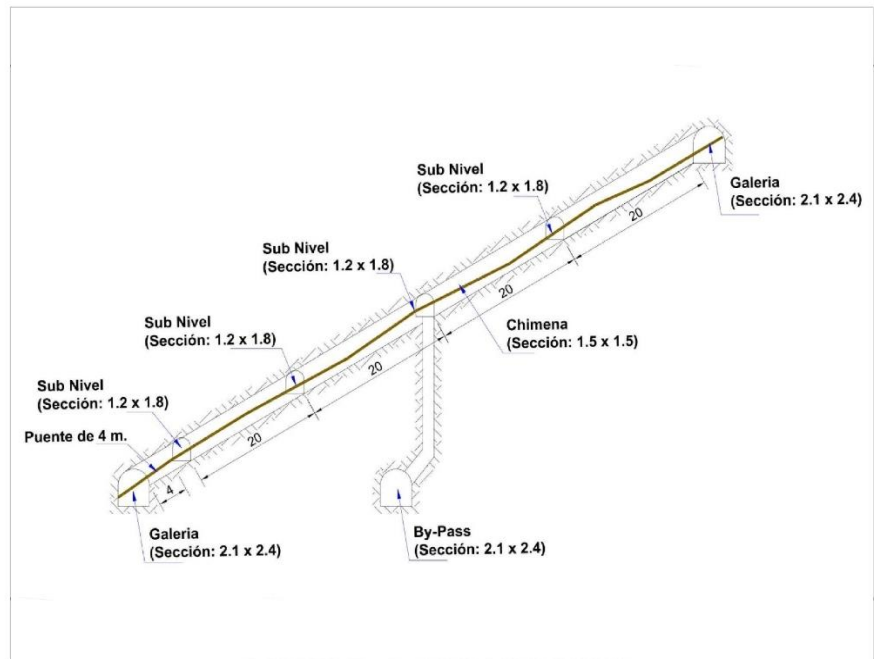
OPERACIÓN

- A partir del subnivel base se genera la cara libre (tipo chimenea) en dirección del buzamiento con sección 2.40 m x 1.50 m para dividir el block en dos partes y a partir de este iniciar la rotura en dirección del rumbo y con salida hacia el subnivel.
- Avanzar en dirección a la veta
- Realizar la limpieza con winche eléctrico de 15HP y rastras de 1.00m como mínimo.
- Realizar el sostenimiento con puntales de madera de 178mm de diámetro con cabezal Jack pot, a distancias de 1.50m entre ejes.
- Instalar anillos de madera o cartones, en caso de que los puntales cercanos se deformen.
- Cuando la presión de la caja techo supera la capacidad de soporte se procederá a rellenar.
- Dejar pilares laterales paralelo a las chimeneas. En el último corte de explotación se dejará vacío para la instalación de los drenajes de relleno hidráulico (Huamaní Bustinza & Soto Mamani, 2019, p. 51).
- Finalizada la explotación del block, se procede a rellenar. (Huamaní Bustinza & Soto Mamani, 2019, p. 51)

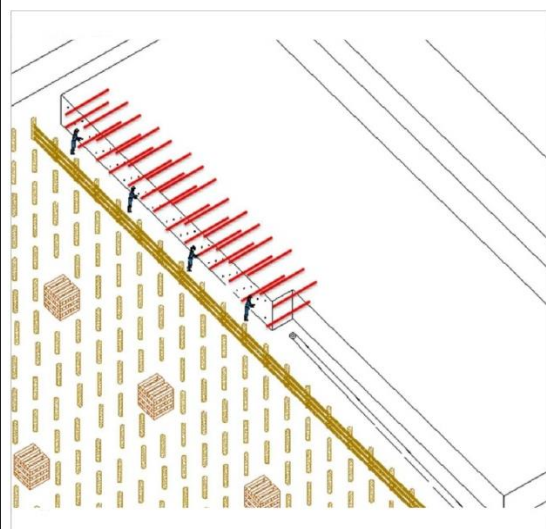
PROCESO DE MINADO POR EL MÉTODO LONGWALL



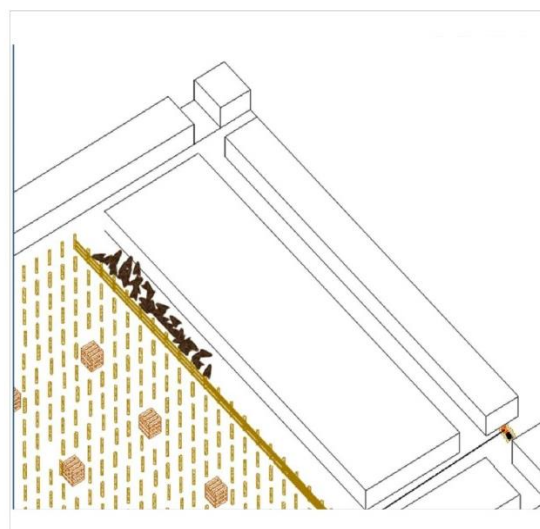
PREPARACIÓN DEL BLOCK
Vista isométrica de un bloque de 40x20m



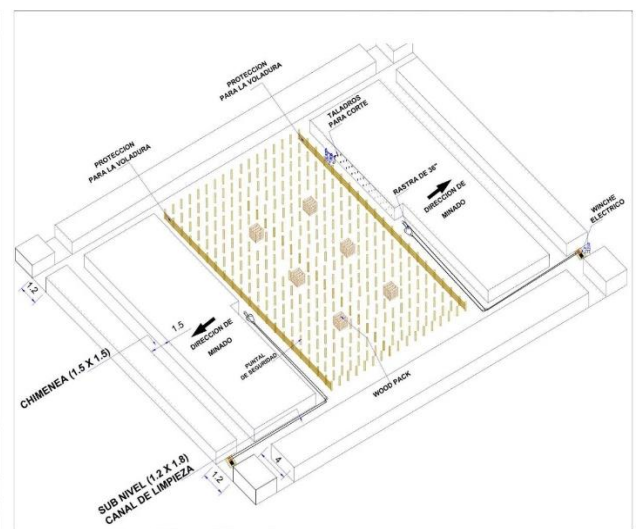
PREPARACIÓN DEL BLOCK
Vista de sección de un bloque de 20x80m



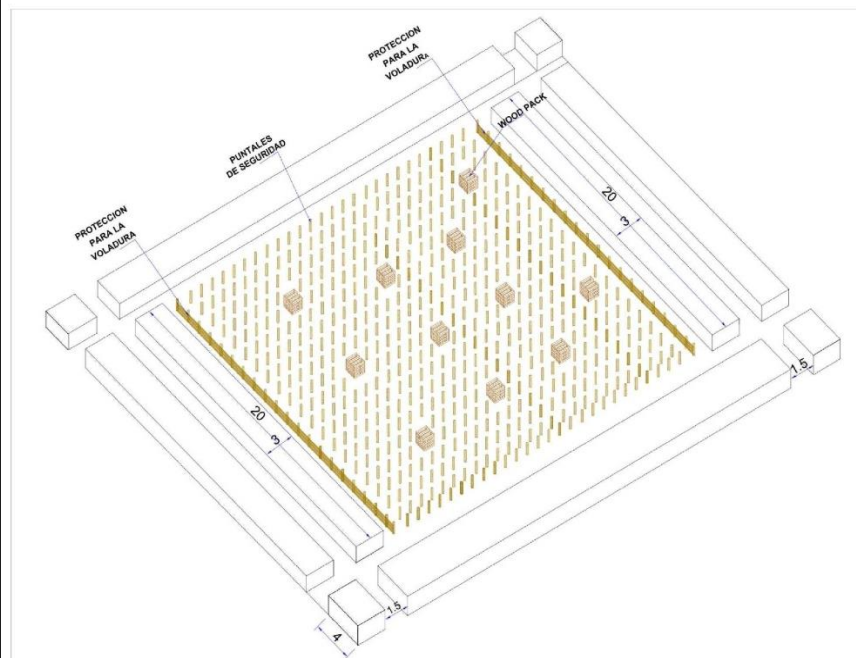
1. PERFORACIÓN
Rumbo de perforación



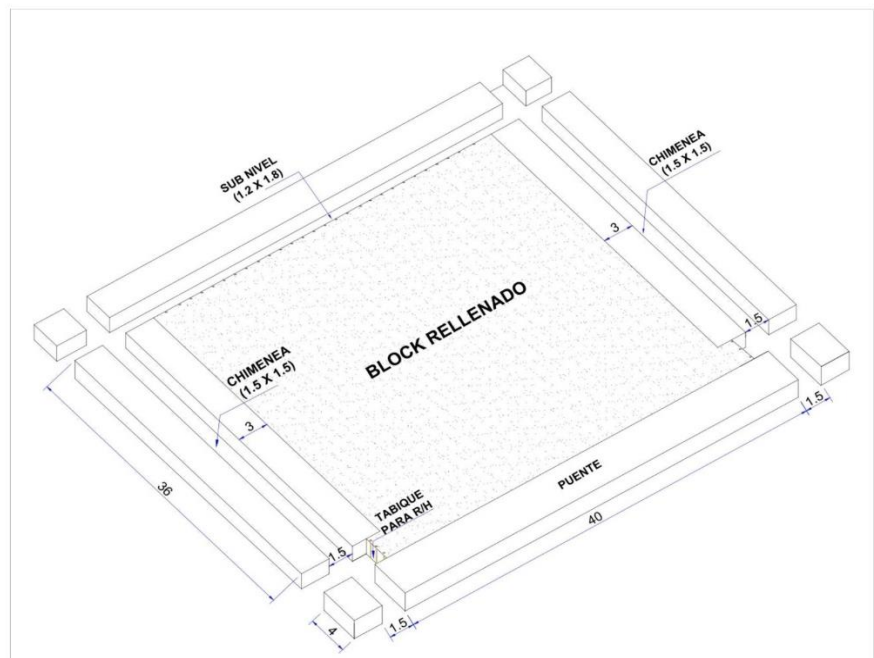
2. VOLADURA
Carga producto de voladura



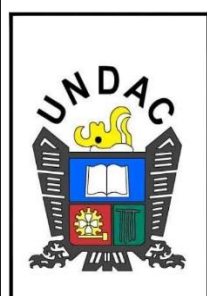
3. MINADO



4. SOSTENIMIENTO



5. RELLENO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS

Presentado por:
Bach. Jheyson Dydi CHUQUIYAURI POMACINO

Título:
PROCESO DE MINADO POR EL MÉTODO LONGWALL

Fuente:
MAGALLANES, 2011

Escala:
S/E

Fecha:
AGOSTO 2022

Figura:
14



Figura 14. Proceso de Minado por el Método Longwall.
Fuente: Magallanes (2011).

1.2.12.3. Método de Explotación de Cámaras y Pilares.

PARÁMETROS GEOMECÁNICOS:

- “Aplicar el estándar de evaluación geomecánica determinando el tipo de sostenimiento y la densidad del mismo.
- Caja techo semi duro (cuando la valoración del RMR sea menor o igual a 40.
- Potencia de veta mayor a 40 cm” (Gonzales Fernández, 2016, p. 27).

DISEÑO E INGENIERÍA:

- “Galería de acceso y vías para el transporte del mineral con sección 2.10 m de ancho, 2.40 m de altura.
- Cuando los blocks son demasiados grandes se construye by pass para la extracción.
- El Block debe estar limitado por un subnivel base y dos chimeneas laterales, ver Figura 15 y Figura 16 de las páginas 35 y 36, respectivamente” (Gonzales Fernández, 2016, p. 27).
- “El puente entre la galería y el subnivel tendrá 3 m.
- Apertura de buzón-camino (doble compartimiento) con sección de 2.40 m de ancho, 1.50 m de altura, con una longitud de 3 a 4 m.
- Instalar parrilla de 1.2 m de largo x1.2 m de ancho, utilizando el estándar de parrilla en echaderos” (Gonzales Fernández, 2016, p. 27).

- “Desarrollar cámara para el winche de 2 m de ancho, 1.80 m de altura y 2 m de largo, ubicada en la caja techo y a la altura del subnivel base, y en dirección de las chimeneas.
- Instalar winche de 7.5 HP, 10HP ó 15HP con rastras de 24”, 32” ó 36” respectivamente” (Gonzales Fernández, 2016, p. 28).
- “Desarrollar subnivel base de sección 1.20 m de ancho x 1.80 m de altura, ver Figura 17 de la página 36” (Gonzales Fernández, 2016, p. 28).
- “Desarrollar chimeneas de ventilación y de servicios de 1.50 m de ancho x 1.50 m de altura, desarrollar desde el subnivel base hasta el nivel superior, ver Figura 17 de la página 36” (Gonzales Fernández, 2016, p. 28).

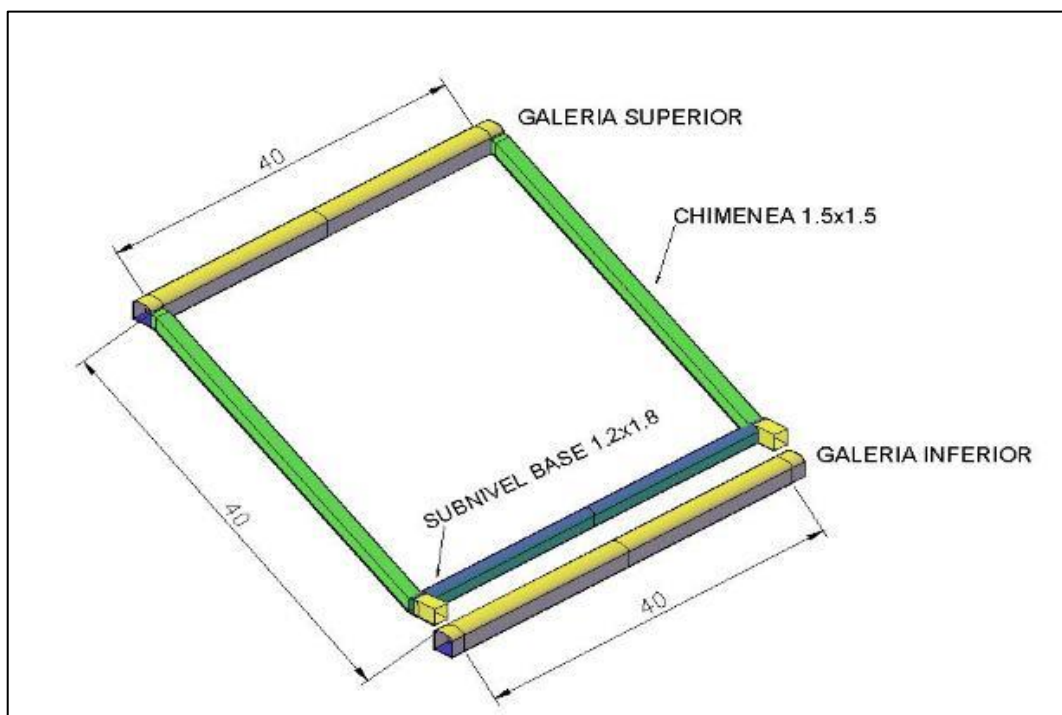


Figura 15. Vista Isométrica.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

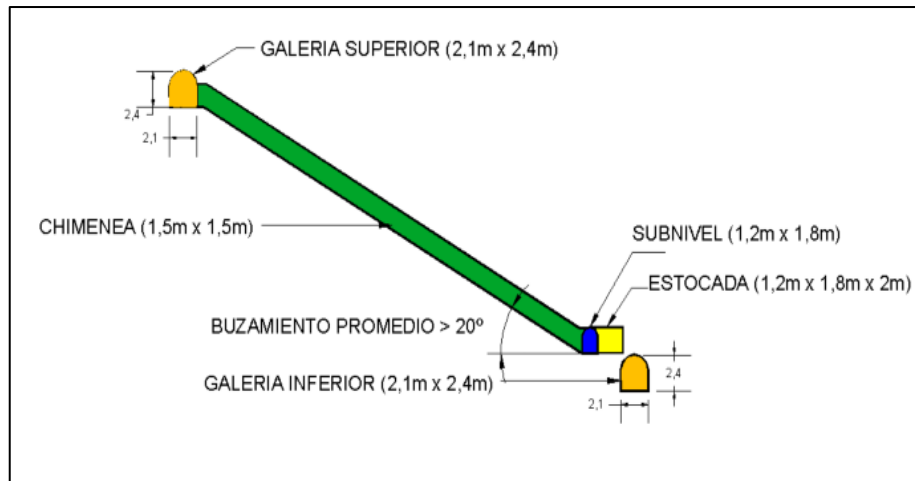


Figura 16. Vista Transversal.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

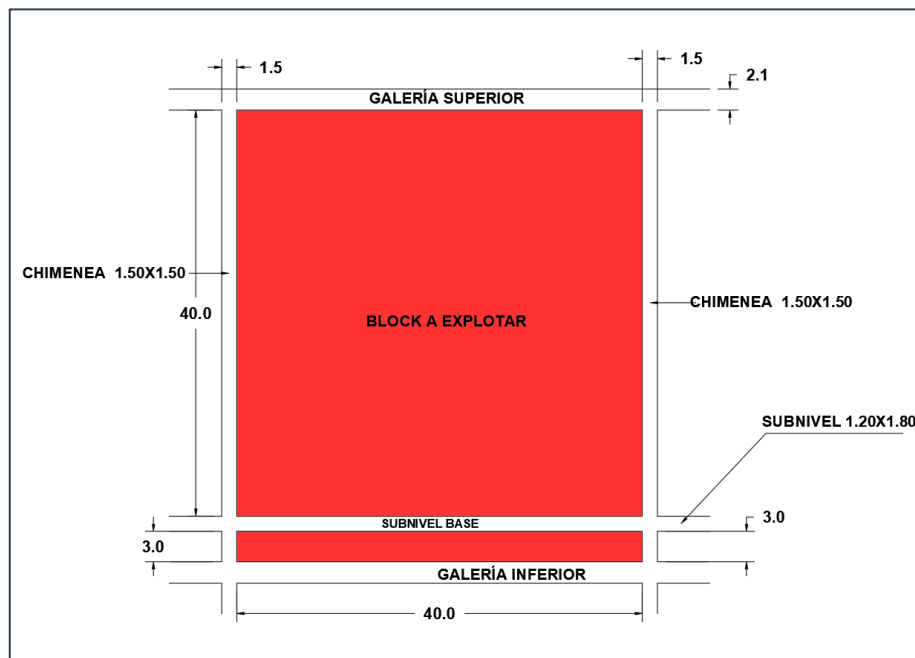


Figura 17. Bloqueo de Tajo.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

OPERACIÓN:

- “Desarrollar las cámaras en dirección del buzamiento (ascendente), de sección 3 m de ancho x 2.40 m de altura como máximo, ver Figura 18 de la página 37.
- Equipo de limpieza: winche o carretillas” (Gonzales Fernández, 2016, p. 30).

- “Distancia mínima entre sostenimiento con cuadros: 1.20 m
- Longitud de taladro: 5’.
- Las cámaras concluidas serán rellenados previo barrido y lavado.
- Recuperación de los pilares centrales, cuando el relleno está percolado (seco), ver Figura 19 y Figura 20 de la páginas 38 y 38, respectivamente” (Gonzales Fernández, 2016, p. 30).
- “Una vez recuperado los pilares centrales del tajo rellenar completamente previo barrido y lavado, ver Figura 21 de la página 39” (Gonzales Fernández, 2016, p. 30)

SERVICIOS:

- “Las válvulas principales de agua y aire deben estar ubicados en el ingreso de la galería principal de acceso al block.
- Las tuberías de servicios irán al lado opuesto de los cables eléctricos” (Gonzales Fernández, 2016, p. 30)

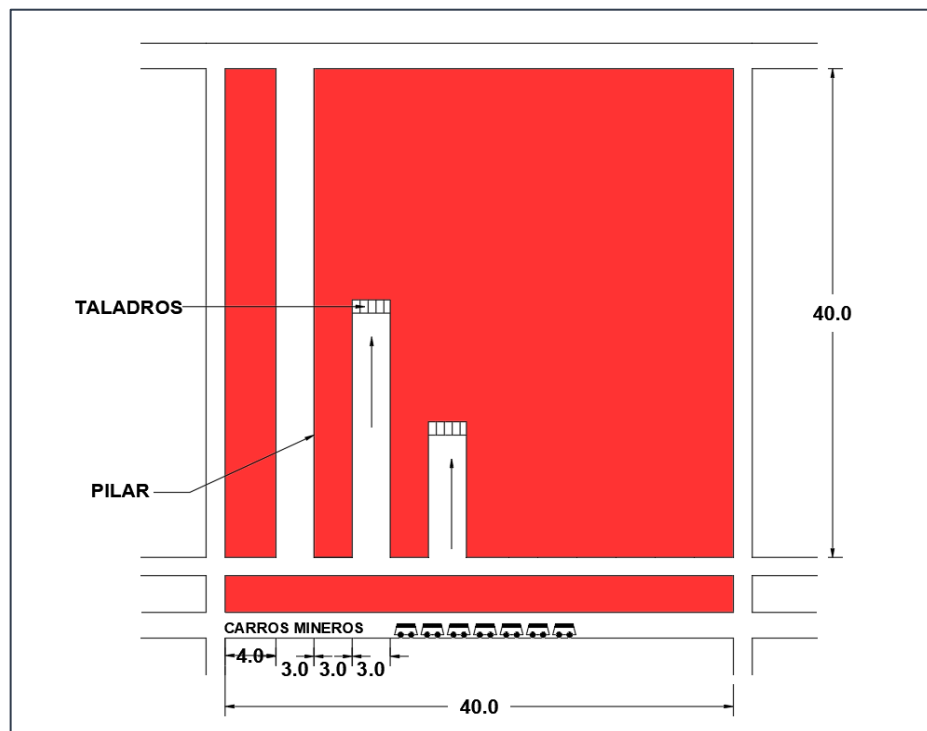


Figura 18. Avance de Cámaras.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

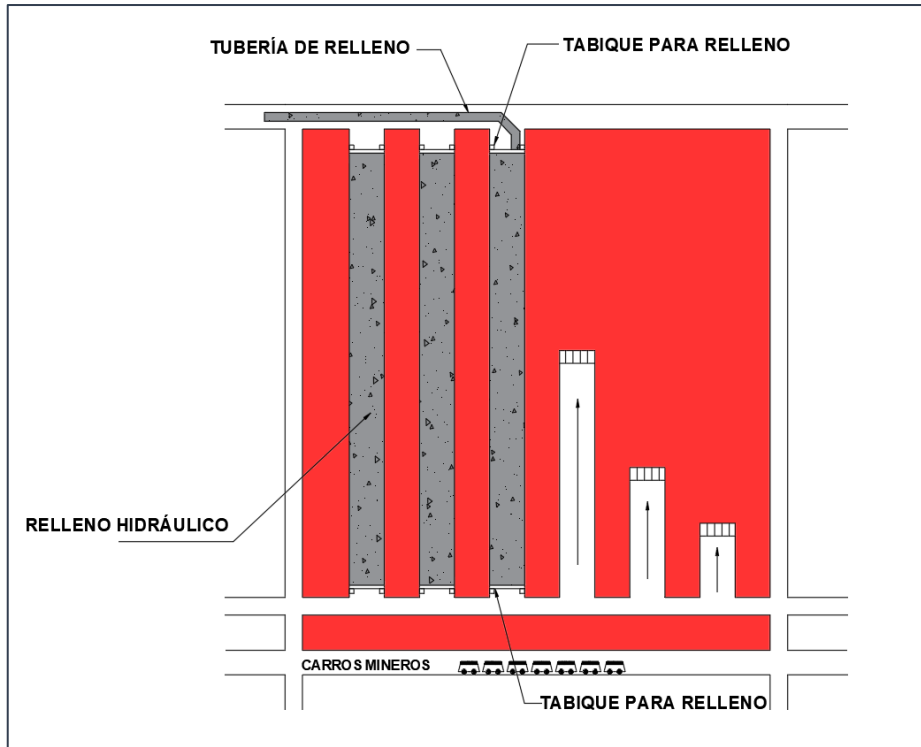


Figura 19. Cámaras Rellenadas y Cámaras en Avance.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

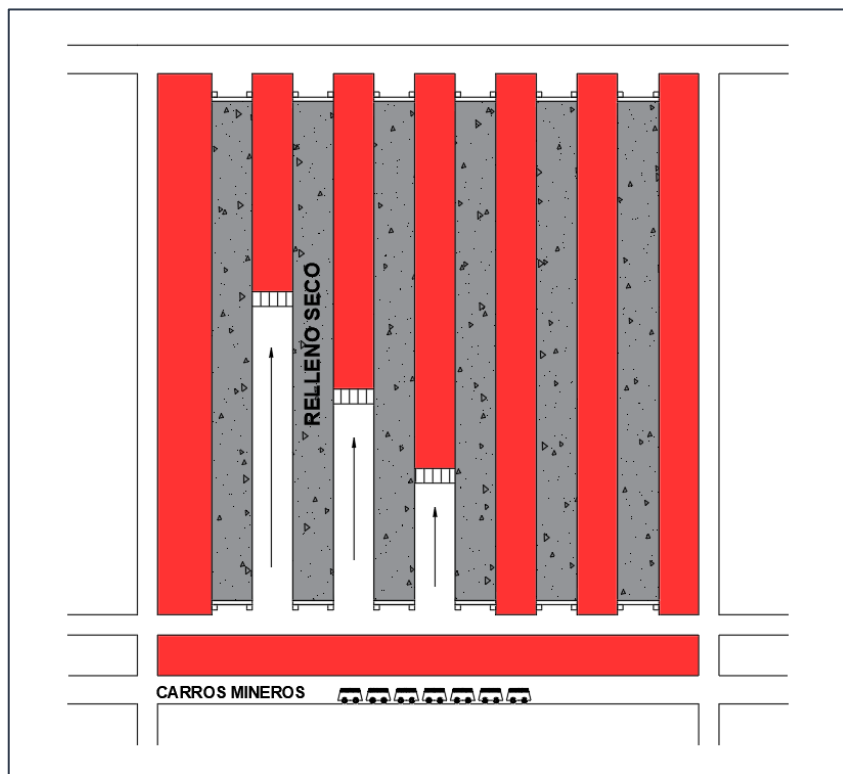


Figura 20. Recuperación de Pilares Alternos.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

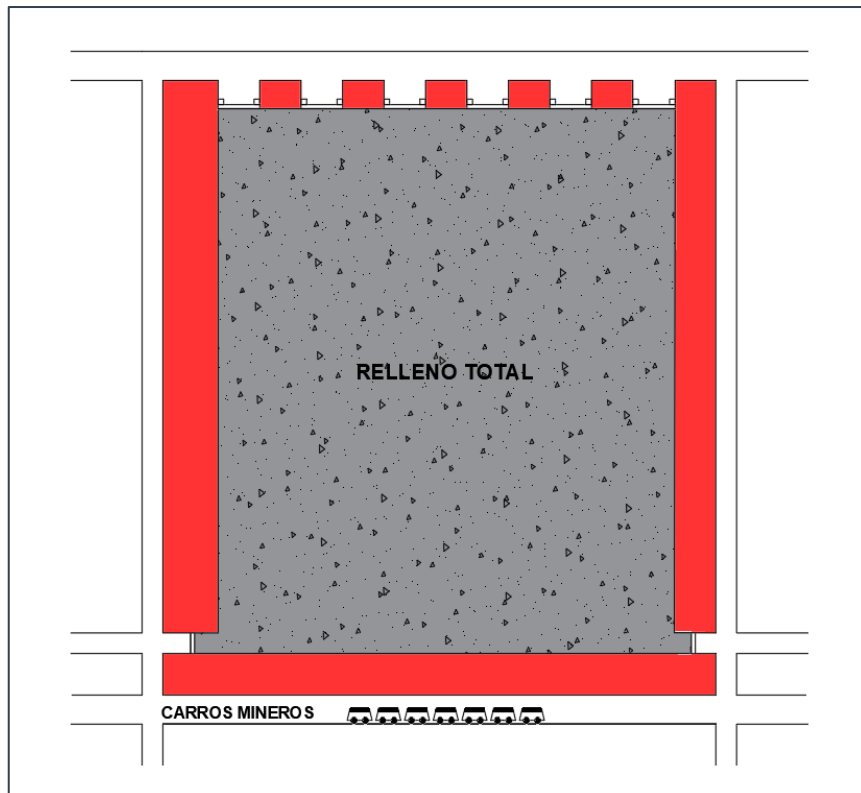


Figura 21. Tajo Concluido y Rellenado.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General.

¿Cómo la optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reducirá los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.?

1.3.2. Problemas específicos.

1.3.2.1. Primer Problema Específico.

¿La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reducirá los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.?

1.3.2.2. Segundo Problema Específico.

¿La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reducirá los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.?

1.4. Formulación de los objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Reducir los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A. mediante la optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas.

1.4.2. Objetivos específicos.

1.4.2.1. Primer Objetivo Específico.

Reducir los costos de operación en Minera Aurífera Retamas mediante la gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas.

1.4.2.2. Segundo Objetivo Específico.

Reducir los costos de operación en Minera Aurífera Retamas mediante la tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas.

1.5. Justificación de la investigación

La minería es una actividad que día a día necesita renovarse. Lo ha sido desde tiempos remotos, cuando apenas se iniciaba la extracción de minerales y los sigue haciendo año a año (Palomino, 2018).

Las tecnologías desarrolladas especialmente para optimizar los recursos son clave en esta actividad, que cada vez necesita más integración entre nuevas tecnologías y desarrollo productivo, por lo que las empresas mineras vienen implementándose con equipos modernos a control remoto para realizar trabajos de las excavaciones subterráneas (Palomino, 2018).

1.6. Limitaciones de la investigación

El presente trabajo de investigación se basa en el estudio para optimizar los costos de las operaciones de perforación y voladura en Minera Aurífera Retamas S.A. Una de las limitaciones de la investigación es la poca información disponible en la unidad con respecto a esta investigación y algunas restricciones por parte de la Gerencia de Operaciones de la Empresa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

- **Dey & Sen (2003)** en el estudio “Concept of Blastability – An Update” explica que el principal objetivo de la investigación es la fragmentación por las voladuras y conseguir un tamaño adecuado que se ajusten a nuestras necesidades, así mismo buscar un factor de explosión específico para reducir al mínimo el costo de la minería en general, aproximándonos a un buen resultado utilizando parámetros geo mecánicos, un buen diseño y explosivos adecuados. Las conclusiones del estudio son los siguientes: Se ha intentado definir la explosividad de una u otra manera, pero aún, un esquema de explosividad universal único bien definido, que definirá el diseño y el rendimiento de la explosión de manera efectiva, aún está por lograrse (Dey & Sen, 2003). La investigación fundamental sobre diseño de explosiones y para describir la masa rocosa que ve la voladura como una operación está en marcha Se cree que puede ser posible obtener una metodología universal para

determinar la capacidad de explosión, que incorporará los resultados de la explosión y ser capaz de relacionarse estrechamente con el factor de polvo para diferentes condiciones de minas (Dey & Sen, 2003).

- **Gonzales Fernández (2016)** en el estudio “Evaluación de la voladura en el método de cámaras y pilares en la Compañía Minera MARSÁ” explica sobre la veta EL GIGANTE, que es un yacimiento orogénico caracterizado por la ocurrencia de vetas y cuerpos de oro, metalogénicamente se encuentra ubicado en la franja metalogénica nororiental del Batolito de Patá (Gonzales Fernández, 2016, p. 10). El cual pertenece a la empresa MARSÁ; empresa de minería subterránea, que produce 176,500 Oz de Au al año, ha sido explorado y explotado sostenidamente desde hace 34 años; en la actualidad representa uno de los yacimientos de mayor producción subterránea de oro del Perú; su producción acumulada al 2014 asciende a 5.3 MOz, cuenta con recursos medidos de 0.5 MOz y sus recursos indicados e inferidos superan los 3.5 MOz, siendo uno de los yacimientos orogénicos más importantes de la región con alcance mundial (Gonzales Fernández, 2016, p. 10). MARSÁ realiza por año un promedio 18,000 metros de avance lineal con fines de exploración y desarrollo, 35.000 metros de perforación destinada a la exploración de nuevos recursos de mineral y 6,000 metros de perforación de corto alcance con fines evaluativos (Callupe Paredes, 2019). El problema principal de la investigación es: ¿En qué medida la voladura empleada en el método de cámaras y pilares permite alcanzar la productividad y eficiencia en Minera Aurífera Retamas S.A.? (Gonzales Fernández, 2016, p. 9). El Objetivo general del estudio es: analizar y determinar la productividad y eficiencia de la voladura en el método de

cámaras y pilares en Minera Aurífera Retamas S.A. (Gonzales Fernández, 2016, p. 9). Una de las conclusiones del estudio se refiere al costo de operación de explotación aplicando el método de cámaras y pilares con barrenaje de 6 pies en el tajo 564 es de 17.18 dólares por tonelada y la producción es de 10.34 toneladas por hombre guardia y con barrenaje de 8 pies en el tajo 561 es de 15.52 dólares por tonelada y la producción es de 13.73 toneladas por hombre guardia, por lo tanto el costo de operación (minado) del tajo 561 disminuye en un 9.62 %, con respecto al tajo 564 (Gonzales Fernández, 2016, p. 128).

- **Serin Alvites (2017)** en el estudio “Reducir el porcentaje de dilución, mediante voladura controlada en los tajos de producción en la Mina Marsa-Retamas” explica que la Compañía Minera Aurífera Marsa S.A. viene realizando sus operaciones en los yacimientos de la Unidad Minera de Parcoy veta Valeria nivel 3125 con una sección de 1.50m x 1. 80m, la cual viene siendo ejecutada por la contrata especializada Minera Alfa SA., en la explotación de tajos (Callupe Paredes, 2019). Las características del yacimiento son irregulares, encontrándose zonas inestables, calificándose como roca MF/P (terreno muy fracturado), generándose sobre rotura y daños en la corona, además de incrementar el porcentaje de la dilución (Serin Alvites, 2017). La explotación se realiza en forma convencional, habiéndose verificado un exceso de consumo de explosivos lo cual se refleja en el indicador conocido como factor de carga (Serin Alvites, 2017). El problema principal de la investigación es: ¿Es posible reducir el porcentaje de dilución mediante voladura controlada en los tajos de producción de la veta Valeria del NV 3125 de la Mina Marsa – Retamas? (Serin Alvites, 2017). La

hipótesis consiste en: si es posible mejorar el porcentaje de dilución al emplear una voladura controlada con espaciador de agua, se tendrá un mejor control de sobre rotura en los tajos de producción, por ende, se obtendrá una mejor producción en la empresa especializada ALFA S.A. de la mina Marsa Retamas (Serin Alvites, 2017). Una de las conclusiones del estudio es que se redujo un 20 % en el factor de carga con la malla propuesta con respecto a la anterior. (Serin Alvites, 2017)

- **Hermansson (1973)** en su trabajo de investigación “Trackless mining at LKAB, Sweden” explica sobre los principales exportadores de mineral de hierro de Suecia. Una de las principales empresas mineras es LKAB ubicado en el norte de Suecia de donde se extraen las mayores cantidades de mineral de hierro. La producción anual de estas minas es de 28 millones de toneladas anuales, con un aumento inicial previsto a 32 y de ahí a 35, o incluso a 40, millones de toneladas anuales (Hermansson, 1973). Anteriormente, el ritmo de profundización de la mina era de 5 a 8 m. al año, pero ahora se ha incrementado considerablemente y pronto será de 10 a 20 m por año y más. Esto significa que, simultáneamente con el aumento de la producción, surgen problemas de la creciente profundidad de elevación, el desarrollo de nuevos niveles de transporte y el hundimiento de los pozos. (Hermansson, 1973)
- **Isheyskiy & Sanchidrián (2020)** en su trabajo de investigación “Prospects of Applying MWD Technology for Quality Management of Drilling and Blasting Operations at Mining Enterprises” explica sobre la aplicación del método MWD de las iniciales del inglés Measurement While Drilling en los trabajos de perforación y voladura en minas subterráneas. El objetivo del

estudio es revisar la bibliográfica global de la investigación científica asociada con la recopilación, el procesamiento, el análisis y la utilización de los parámetros del MWD para caracterizar la masa rocosa, estimar las desviaciones de la perforación, construir modelos de cargabilidad de los barrenos, definir las zonas de voladura, entre otros. Las conclusiones del estudio indica la investigación moderna demuestra que los métodos aplicados para predecir diversos aspectos de las operaciones de voladura, tienen una ventaja sobre los métodos convencionales de predicción matemática y estadística, no sólo en términos de precisión, sino también en términos de velocidad. La incorporación de estas herramientas al análisis de datos de MWD en tiempo real debería permitir reducir los costos de la caracterización detallada del macizo rocoso incrementando la eficiencia de la perforación y la voladura, y mejorar la calidad de la operación minera en general. (Isheyskiy & Sanchidrián, 2020)

- **Van (2018)** en el estudio “Analysis of Excavation Damage, Rock Mass Characterisation and Rock Support Design using Drilling Monitoring” investiga sobre una serie de métodos para cuantificar el volumen por voladura, tomando en cuenta los datos de monitorización de la perforación para evaluar las condiciones del macizo rocoso en el frente de trabajo. También, de acuerdo a los datos de las condiciones del macizo rocoso, se realizan la optimización del diseño del sostenimiento de la roca y predice el alcance de los daños de la voladura en el frente. Los resultados del estudio indican que las técnicas descritas demuestran métodos mejorados para medir el exceso de rotura y la zona de daño de la excavación en la construcción subterránea. (Van, 2018)

- **Mestas (2007)** en su trabajo de investigación “Diseño de mallas de perforación y voladura subterránea aplicando un modelo matemático de áreas de influencia” realiza la demostración del diseño de una malla óptima aplicando un modelo matemático de áreas de influencia en la Mina Vinchos de la Empresa Explotadora Vinchos Ltda. S.A. Como conclusión obtiene un modelo denominado Kuz-Ram que sirve como una herramienta para determinar la tendencia de la fragmentación para una variedad de diseños de mallas de perforación y voladura (Mestas, 2007).
- **Calderon Navarro (2015)** en su trabajo de investigación “Optimización de las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción de la minería de mediana escala (Unidad Minera MACDESA)” trata sobre trabajos de optimización de la perforación y voladura en la Unidad Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A. ubicado en la provincia de Caravelí, departamento de Arequipa. Las conclusiones del trabajo indican que mediante la optimización de las operaciones y al tener un material con mejor fragmentación facilita los trabajos de limpieza, carguío, transporte y molienda de los minerales. (Calderon Navarro, 2015)

2.2. Bases teóricas-científicas

2.2.1. Índice de Calidad de la Roca (RQD)

Según Lucian & Wangwe (2013) la designación de la calidad de la roca (RQD) es la medida del grado de unión o fracturas en una masa rocosa, medido como porcentaje del núcleo de perforación en longitudes de 10 cm o más. La roca de alta calidad tiene un RQD de más del 75%, y una calidad baja de menos del 50% (Tabla 1). La designación de la calidad de la roca (RQD) tiene varias definiciones. La definición más utilizada fue desarrollada en 1967 por D. U. Deere para proporcionar una estimación cuantitativa de calidad de la masa rocosa a partir de los registros de los testigos de perforación. Es el porcentaje de recuperación de testigos de perforación que incorpora sólo los trozos de que tienen más de 100 mm de longitud, medidos a lo largo de la línea central del núcleo. A este respecto, los trozos de núcleo que no son duros y sanos no deben contarse, aunque tengan 100 mm de longitud. El RQD fue introducido originalmente para su uso con diámetros de núcleo de 54.7 mm (núcleo de tamaño NX) perforado con un núcleo de doble tubo de doble tubo. La Figura 22. Procedimiento de medición y cálculo del RQD (Deere & Deere, 1989) Figura 22 indica los procedimientos correctos para la medición de la longitud de los testigos y el cálculo del RQD. (Lucian & Wangwe, 2013, p. 37)

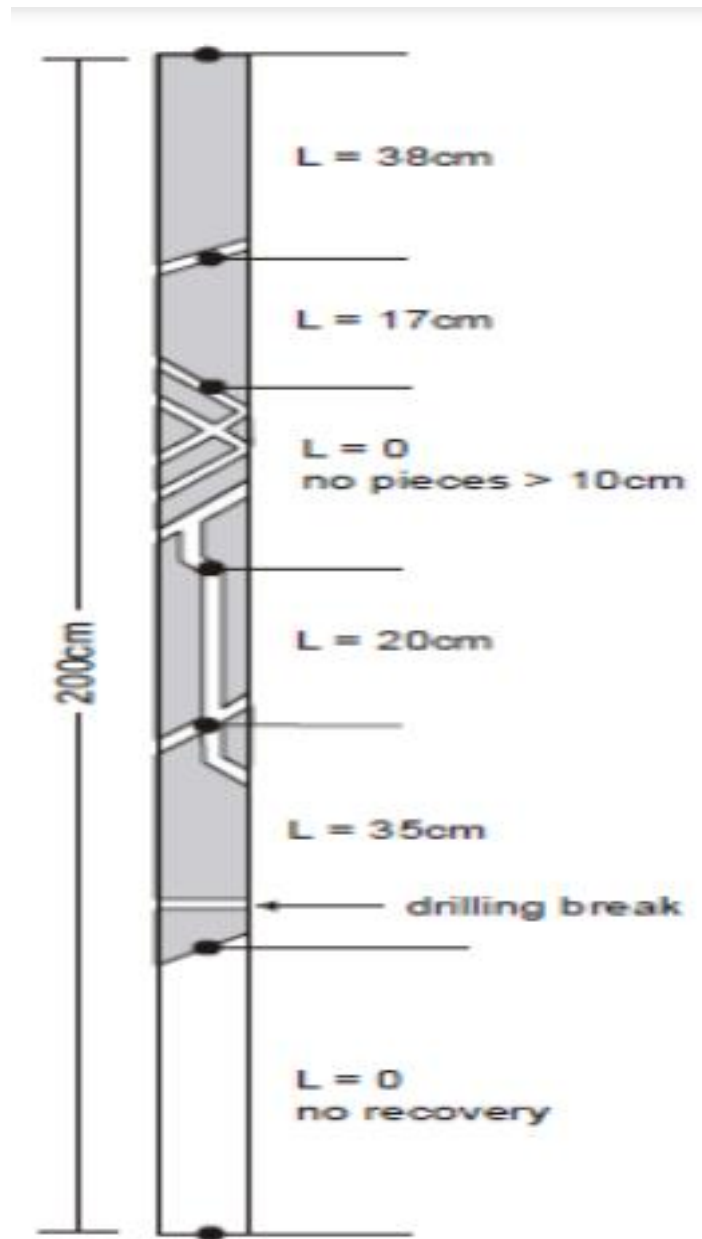


Figura 22. Procedimiento de medición y cálculo del RQD (Deere & Deere, 1989)

Longitud total del recorrido del testigo = 200 cm.

$$RQD = \frac{\sum \text{longitud}(L) \text{ de piezas del testigo } > 10\text{cm de longitud}}{\text{Longitud total del recorrido del testigo}} \quad (1)$$

$$RQD = \frac{38 + 17 + 20 + 35}{200} \times 100\% = 55\%$$

Tabla 3. RQD Classification index

RQD	Calidad de la masa rocosa
<25%	muy mala
25-59%	mala
50-75%	regular
75-90%	buena
90-100%	excelente

Fuente: (Lucian & Wangwe, 2013, p. 37)

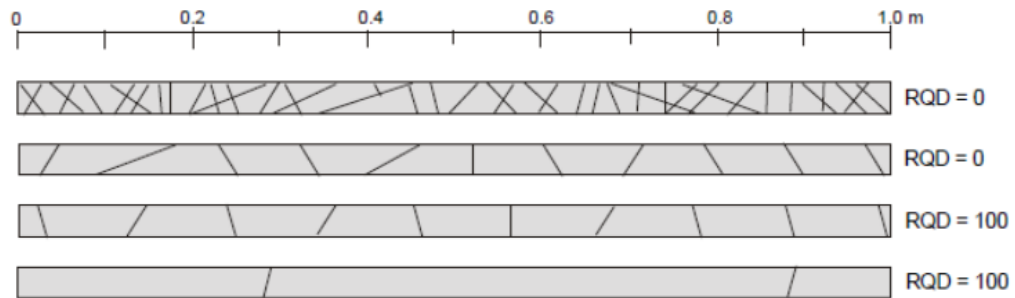


Figura 23. Valores de RQD para varias densidades de juntas a lo largo de los núcleos de perforación (Deere & Deere, 1989).

Limitaciones del RQD

- El RQD no da información de los trozos de núcleo < 10cm excluidos, es decir, no importa si los trozos descartados son materiales similares a la tierra o trozos de roca fresca de hasta 10cm de longitud.
- Da valores erróneos cuando las juntas contienen rellenos finos de arcilla o material meteorizado
- No tiene en cuenta directamente la orientación de las juntas
- RQD = 0 cuando la intercepción de juntas (distancia entre las juntas en los núcleos de perforación) es de 10 cm o menos, mientras que
- RQD = 100 cuando la distancia es de 11 cm o más. (Lucian & Wangwe, 2013, p. 37)

2.2.2. Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR)

La clasificación geomecánica RMR, también conocida como clasificación geomecánica de Bieniawski, fue presentada por Bieniawski en 1973 y modificada sucesivamente en 1976, 1979, 1984 y 1989 (Gonzales Fernández, 2016). Permite hacer una clasificación de las rocas 'insitu' y estimar el tiempo de mantenimiento y longitud de un vano. Se utiliza usualmente en la construcción de túneles, de taludes y de cimentaciones (Gonzales Fernández, 2016). Consta de un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), independiente de la estructura, y de un factor de corrección (Gonzales Fernández, 2016).

Se valora una serie de parámetros:

- 1) “Resistencia del material intacto Valor máximo = 15 (Ensayo carga puntual o compresión simple)
- 2) R.Q.D. Valor máximo = 20
- 3) Distancia entre las discontinuidades Valor máximo = 20
- 4) Condición de las discontinuidades Valor máximo = 30
- 5) Agua subterránea Valor máximo = 15” (Gonzales Fernández, 2016).

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + (5) \quad (1)$$

Tabla 4. “Clasificación de RMR (Oscila entre 0 y 100).

Clase	Calidad de Roca	RMR
I	muy buena	81 - 100
II	buena	61 - 80
III	regular	41 - 60
IV	mala	21 - 40
V	muy mala	0 - 20

Fuente: Engineering Rock Mass Classifications”, Bieniawski Z.T.

Tabla 5. “Clasificación de RMR (Oscila entre 0 y 100).

Clase	Calidad	RMR	Cohesión (kPa)	Ángulo de fricción (°)
I	muy buena	81 - 100	> 400	> 45
II	buena	61 - 80	300 - 400	35 - 45
III	regular	41 - 60	200 - 300	25 - 35
IV	mala	21 - 40	100 - 200	15 - 25
V	muy mala	0 - 20	< 100	< 15

Fuente: Engineering Rock Mass Classifications”, Bieniawski Z.T.

2.3. Definición de términos básicos

Los términos más utilizados en el trabajo de investigación se detallan a continuación:

Alteración.- Proceso mediante el cual se realiza la modificación de los minerales y rocas por acción de los agentes de erosión como el agua, viento, hielo, sol, etc. (Giron, 2015)

Beneficio.- Es el Proceso de fusión de minerales, concentrados o precipitados de éstos, con el objeto de separar el producto metálico que se desea obtener de otros minerales que los acompañan (More, 2021).

Capital humano.- Conjunto de cualificaciones que poseen los trabajadores de una economía minera (Blanchard, 2012).

Condición de equilibrio.- Condición según la cual la oferta debe ser igual a la demanda (Blanchard, 2012).

Costo de producción.- Llamado también costo de operación, es el gasto necesario para fabricar un bien o para generar un servicio (More, 2021).

Costo.- Es un desembolso en efectivo o en especie hecho en el pasado, en el presente o en el futuro (More, 2021).

Depreciación y Amortización.- El término depreciación tiene exactamente la misma connotación que amortización, pero el primero sólo se aplica al activo fijo, ya que con el uso estos bienes valen menos; es decir, se deprecian; en cambio, la

amortización sólo se aplica a los activos diferidos o intangibles, ya que, por ejemplo, si se ha comprado una marca comercial, ésta, con el uso del tiempo, no baja de precio o se deprecia, por lo que el término amortización significa el cargo anual que se hace para recuperar la inversión (Baca, 2009).

Fluctuaciones de la producción. - Variaciones de la producción en torno a su tendencia. También llamadas ciclos económicos (Blanchard, 2012).

Flujo de caja.- Flujo neto de caja que recibe una empresa.

Flujo.- Variable que puede expresarse como una cantidad por unidad de tiempo (como la renta) (Blanchard, 2012).

Gastos Generales.- Los gastos se contemplan a un nivel corporativo del ciclo completo de producción, aun cuando algunos corresponden a un determinado proceso o unidad; estos gastos lo componen: los gastos laborales de representación, materiales y útiles de oficina, comercialización, etc. (More, 2021).

Importaciones (IM).- Compras de bienes y servicios extranjeros por parte de los consumidores, las empresas y los países (Blanchard, 2012).

Incidente.- Es el acto por el cual se produce el deterioro de equipos, maquinarias, materiales y/o insumos (Giron, 2015).

Inversión (I).- Compras de nuevas viviendas y apartamentos por parte de las personas y compras de nuevos bienes de capital (máquinas y plantas) por parte de las empresas mineras (Blanchard, 2012).

Inversión financiera. - Compra de activos financieros que realiza una empresa minera.

Inversión Inicial. - Corresponde al total de las inversiones necesarias para poner en marcha el proyecto. Por ejemplo, en minería, la abertura e infraestructura de la mina, la construcción de la planta de beneficios, etc. (More, 2021)

Inversiones dependientes.- Según Sapag (2011) las inversiones dependientes son aquellas que para ser realizadas requieren otra inversión. Por ejemplo, el sistema de evaluación de residuos en una planta termoeléctrica que emplea carbón depende de que se haga la planta, mientras que esta última necesita de la evacuación de residuos para funcionar adecuadamente. En este caso, se hablará de proyectos complementarios y lo más común será evaluarlos en conjunto. (Sapag, 2011, p. 20)

Inversiones independientes.- Según Sapag (2011) las inversiones independientes son las que se pueden realizar sin depender ni afectar o ser afectadas por otros proyectos (Sapag, 2011, p. 21). Dos proyectos independientes pueden conducir a la decisión de hacer ambos, ninguno o solo uno de ellos. Por ejemplo, la decisión de comprar o alquilar oficinas es independiente de la decisión que se tome respecto del sistema informático. (Sapag, 2011, p. 21)

Inversiones mutuamente excluyentes.- Según Sapag (2011) se define las inversiones mutuamente excluyentes, como su nombre lo indica son los que corresponden a proyectos opcionales, donde aceptar uno impide que se haga el otro o lo hace innecesario (Sapag, 2011, p. 21). Por ejemplo, elegir una tecnología que usa petróleo en vez de carbón hace innecesario invertir en un sistema para evacuar cenizas y residuos del carbón. (Sapag, 2011, p. 21)

Largo plazo. - Período de tiempo que dura varias décadas.

Macizo.-Es el término usado en geotecnia para referirse a áreas rocosas en las minas cuyo núcleo está constituido de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias (Giron, 2015).

Mediano plazo.- Período de tiempo entre el corto plazo y el largo plazo.

Mercados financieros. - Mercados en los que se compran y se venden activos financieros.

Proyecto. - “Proyecto es la decisión sobre el uso de recursos, con el objetivo de incrementar, mantener o mejorar la producción de bienes o prestación de servicios. Se materializa, por lo general, en una obra física (ampliación, conservación, reparación, construcción, reposición, etc.)” (More, 2021).

Recta de regresión.- “Recta que mejor se ajusta a los datos, correspondiente a la ecuación obtenida por medio del método de mínimos cuadrados ordinarios” (Lind et al., 2015, 722).

Regresión. - Resultado obtenido aplicando el método de los mínimos cuadrados ordinarios. Da la ecuación correspondiente a la relación estimada entre las variables, junto con información sobre el grado de ajuste y la importancia de las diferentes variables (Blanchard, 2012).

Relave: Los relaves son los residuos resultantes del proceso de recuperación selectivo de ciertos minerales. Es necesario tener en cuenta que el relave está compuesto por material sólido de tamaño muy pequeño, incluso menor al de la arena con agua formando un compuesto similar al lodo (Giron, 2015).

Rentabilidad. - Valor actual descontado esperado de los beneficios.

Reservas y recursos minerales. - Es el potencial de los minerales que se encuentran en las vetas.

Saturación.- Es la cantidad de agua necesaria para que una roca porosa y permeable tenga todo su volumen de vacíos lleno de agua (Giron, 2015).

Suelo. - Es la cobertura superficial de la corteza terrestre producto de las alteraciones de los minerales y de las rocas pre-existentes. El proceso de la formación del suelo implica la meteorización química de los minerales primarios dando lugar a nuevos minerales (Giron, 2015).

Valor añadido.- Valor que añade una empresa en el proceso de producción, igual al valor de su producción menor el valor de los factores intermedios que utiliza (Blanchard, 2012).

Variable dependiente. - Variable cuyo valor depende de una variable o más.

Variable independiente.- Variable que se considera dada en una relación o en un modelo (Blanchard, 2012).

Factor de perforación. - Es la relación de la cantidad de metros perforados sobre la cantidad de m³ en un disparo.

$$\begin{aligned} & \text{Factor de perforación} && (\\ & = \frac{\text{Cant. de metros perforados}}{\text{Cant. de m}^3 \text{ en un disparo}} && 2) \end{aligned}$$

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 (Brown, 2012). Las unidades son kg/TM o kg/m³ (Brown, 2012).

Geomecánica.- Se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamientos mecánicos de los materiales rocosos (Brown, 2012).

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 (Brown, 2012).

Macizo Rocoso. - Conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geomecánico e hidráulico (Brown, 2012).

Malla de perforación.- Distribución adecuada de los taladros en un frente, la distribución de los taladros se hace con un previo cálculo del burden y espaciamiento, para una voladura eficiente (Paz-Artica, 2018).

Perforación.- Es la acción de apertura en el macizo rocoso huecos u orificios denominados taladros, con una distribución adecuada, a fin de alojar la carga explosiva u otros fines (sostenimiento, drenaje, etc.) con la ayuda de máquinas denominadas perforadoras (Caceres, 2017).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

2.4.2. Hipótesis Específicas

2.4.2.1. Primera Hipótesis Secundaria.

La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

2.4.2.2. Segunda Hipótesis Secundaria.

La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

2.5. Identificación de variables

Para la investigación se consideran las variables dependientes e independientes, con el fin de obtener respuesta a los problemas de investigación. (Pino, 2018)

2.5.1. Variable Dependiente

La variable dependiente es:

- $Y =$ Reducción de los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

2.5.2. Variables Independientes

Las variables independientes son:

- $X =$ La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.
- $X_1 =$ La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.
- $X_2 =$ La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

A efectos de analizar las variables de la investigación, se deberá conocer los resultados del estudio de los indicadores considerados, para ello se detalla a continuación. (Hernández-Sampieri, 2010)

2.6.1. Indicadores de la Hipótesis General.

Los indicadores son los siguientes:

▪ Variables Independientes

$X =$ La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.

▪ Variables Dependientes

$Y =$ Reducción de los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

2.6.2. Indicadores de las Hipótesis Secundarias.

Son los siguientes:

- **Variables Independientes**

X = La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.

DIMENSIONES:

X₁ = La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.

X₂ = La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.

- **Variables Dependientes**

Y = Reducción de los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

INDICADORES:

Y₁ = Costo unitario de operación con el sistema convencional (\$/ton)

Y₂ = Costo unitario de operación con el sistema optimizado (\$/ton)

Ver cuadro de operacionalización de variables en la Tabla 6 de la página 60.

Tabla 6. Cuadro de Operacionalización de Variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnica de análisis	Instrumento de análisis	Fuentes
<p>Variable Independiente:</p> <p>X = La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	<p>X_1 = La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.</p> <p>X_2 = La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	<p>X_1 = Tiempo de capacitación y entrenamiento promedio (Horas).</p> <p>X_2 = Tiempo promedio en alcanzar las metas (Horas).</p>	Documental	Informe mensual de Minera Aurífera Retamas S.A.	Datos del área de Planeamiento de Minera Aurífera Retamas S.A.
<p>Variable Dependiente:</p> <p>Y = La reducción de los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	<p>Y_1 = Costo unitario de operación con el sistema convencional.</p> <p>Y_2 = Costo unitario de operación con el sistema optimizado.</p>	<p>Y_1 = Costo unitario de operación con el sistema convencional (\$/ton)</p> <p>$Y_2$ = Costo unitario de operación con el sistema optimizado (\$/ton)</p>	Documental. Documental.	Informe Informe	Minera Aurífera Retamas S.A. Ministerio de Energía y Minas.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es de tipo descriptiva

3.3. Métodos de investigación

Para el presente estudio de tipo descriptivo se optó por un diseño no experimental por ser el más adecuado para la presente investigación y se encuentra clasificado como un estudio transversal.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es descriptivo.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población.

La población son todas las labores de Minera Aurífera Retamas donde se viene aplicando el método de cámaras y pilares.

3.5.2. Muestra.

La muestra del estudio se determina mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Nz_{\alpha}^2 p x q}{d^2 x (N - 1) + Z_{\alpha}^2 p x q}$$

Donde:

“Z = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%).

p = Proporción esperada (en este caso 5% = 0.05).

q = 1-p (en este caso 1-0.05 = 0.95).

N = total de la población” (Lind et al., 2015).

“a = Nivel de significancia (a = 0.05).

d = precisión en la investigación (use d = 3 %).

n = Tamaño óptimo de la muestra” (Lind et al., 2015).

Reemplazando, tenemos:

$$n = \frac{Nz_{\alpha}^2 p x q}{d^2 x (N - 1) + Z_{\alpha}^2 p x q}$$
$$n = \frac{2x1.96^2x0.05x0.95}{0.03^2x(2 - 1) + 1.96^2x0.05x0.95}$$

n = 2 tajos.

Para el estudio se tomaron los siguientes tajos:

Tajo 565 Niv: 2770.

Tajo 568 Niv: 2770.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas.

Las principales técnicas son:

- Análisis documental.
- Observación y

- Medición.

3.6.2. Instrumentos.

Los principales instrumentos del trabajo de investigación son::

- Análisis documental.
- Observación.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

El análisis de los datos se realizará utilizando los programas Excel y Jamovi.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se revisará la información recopilada a efectos de determinar su calidad y el grado de confianza y se desarrollará mediante la hoja de cálculo, así como el SPSS para la prueba de hipótesis.

3.9. Tratamiento estadístico

Se usará hoja de cálculo y programa estadístico.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Laguna Sanjuanelo (et al., 2007) en su trabajo “Consideraciones éticas en la publicación de investigaciones de investigación” explica de manera amplia las violaciones éticas que se cometen con mayor frecuencia al momento de publicar artículos científicos ya sea porque no se tiene el conocimiento necesario o porque se cree necesario realizarlas. Se hace referencia al proceso editorial y la parte ética que éste conlleva, el concepto de autoría y los criterios existentes para denominar a una persona “autora” de un artículo, además de explicar el proceso de revisión por pares por el cual pasan todas las investigaciones para su validación antes de ser publicadas. También se analizan las violaciones éticas más comunes y fáciles de cometer si no se tiene el conocimiento, como son el plagio y la publicación

duplicada, y se adjuntan guías prácticas para evitar cometerlas. Por último, hablamos de consideraciones finales que se deben tener en cuenta antes de publicar artículos, tales como los conflictos de interés y el consentimiento informado, los cuales son muy importantes al momento de validar la información que se presente en el artículo en cuestión.

Hoy en día la investigación es una herramienta fundamental para el desarrollo del conocimiento, por esta razón es necesario que se tenga información en la cual se pueda confiar, para lo cual se debe ser cuidadoso en los aspectos éticos relacionados con la publicación de un trabajo. La parte final del proceso de investigación debe incluir la presentación de los datos en forma de una publicación científica. Por lo tanto, es necesario que tengamos una formación apropiada que nos permita presentar la información obtenida a través del proceso de investigación de la mejor manera posible. Se considera que un buen investigador debe tener un adecuado conocimiento sobre cómo se debe escribir un artículo, además de las normas generales establecidas para las publicaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Estándar de Perforación y Voladura en MARSÁ

- a) **Malla de perforación y carguío de taladros para galerías para Tipo de Roca IV-A; IV-B; V-A (RMR: Mayor A 30 y Menor A 40)**

REQUERIMIENTO:

“Número de taladros cargados:	25 o 28.
Número de taladros de alivio:	3 o 3.
Número Total de taladros:	28 o 31.
Longitud de perforación:	6 pies” (Gonzales Fernández, 2016).

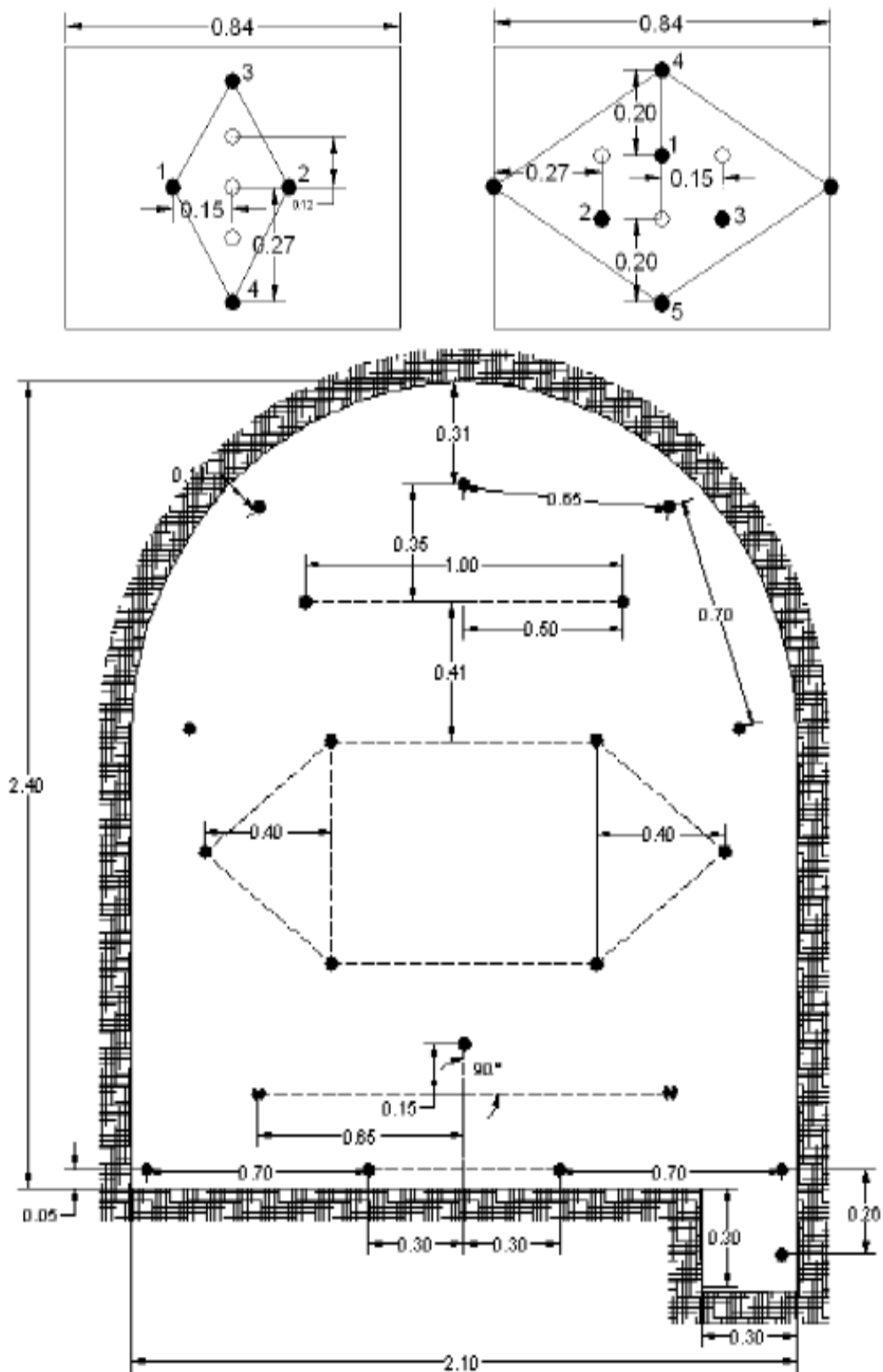


Figura 24. Malla de Perforación para Galerías de 2.10 m. x 2.40 m.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

**b) Malla de Perforación y carguío para chimeneas Tipo de Roca IV-A;
IV-B; V-A (RMR: Mayor a 30 y Menor a 40)**

REQUERIMIENTO:

Sección: 5' x 5'. (Pies).

Taladros cargados: 14 a 17

Taladros de alivio: 3

Total de taladros: 17 a 20.

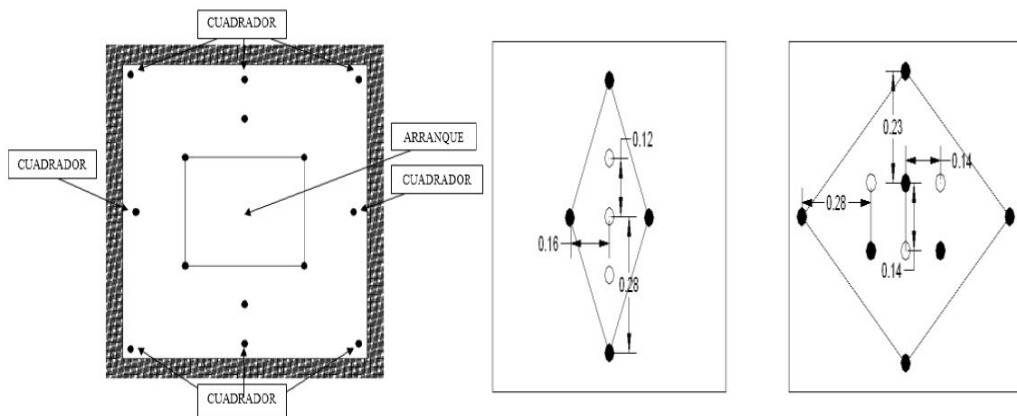


Figura 25. Malla de Perforación para Chimeneas de 5 pies x 5 pies.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

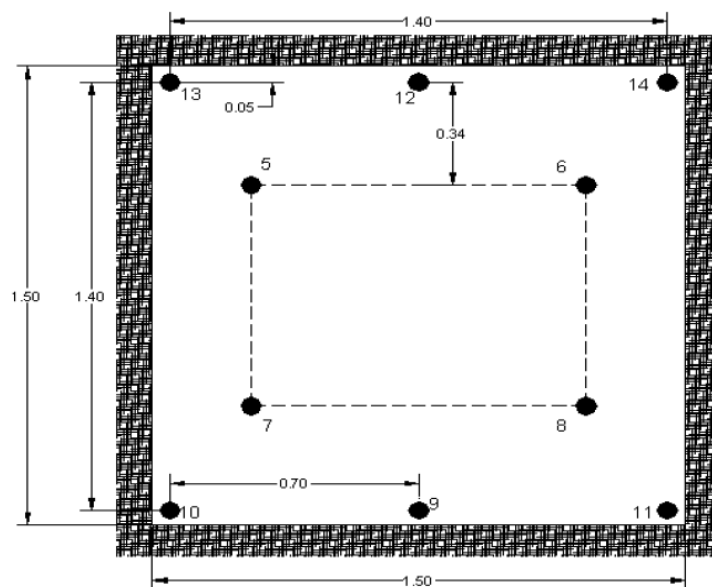


Figura 26. Malla de Perforación para Chimeneas de 5 pies x 5 pies.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

c) **Malla de Perforación y Carguío para subniveles para Tipo de Roca IV-A; IV-B; V-A (RMR: Mayor a 30 y Menor a 40)**

REQUERIMIENTO:

Número de taladros cargados: 15 a 18

Número de taladros de alivio: 3

- Número Total de taladros: 18 a 21. (Gonzales Fernández, 2016)

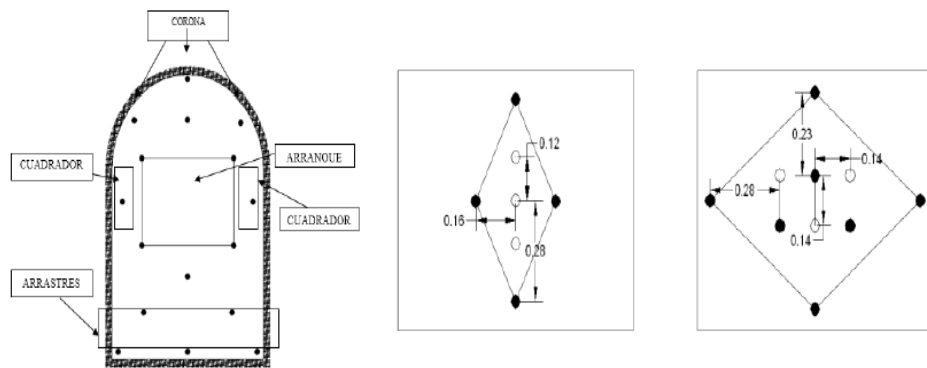


Figura 27. Malla de Perforación para Subniveles de 4 pies x 6 pies.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

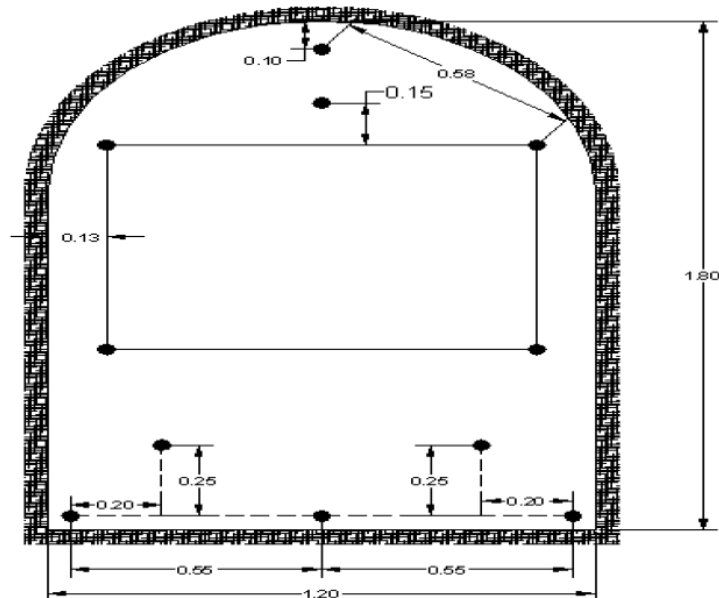


Figura 28. Malla de Perforación para Subniveles de 4 pies x 6 pies.
Fuente: Minera Aurífera Retamas S.A.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

En las siguientes tablas se muestran los resultados del trabajo.

Tabla 7. Costo/metro lineal y Costo/tonelada en Tajo 568 con barreno de 6 pies

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN DE TAJO 568 DE 10' x 8' (6 PIES)

METODO:	CAMARAS Y PILARES		N° Taladros:	41	uni			
EQUIPOS:	PERFORADORA JACK LEG - WINCHE ELECTRICO		N° Tal.	38	uni			
SECCION:	3.00m x 2.40m		AVANCE:	1.60	ml			
INCLUYE:	EXPLOSIVOS			31.0392	Tn/disparo			
ITEM	DESCRIPCION	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL US\$	TOTAL US\$/ML	TOTAL US\$/TN
1. MANO DE OBRA								
	Maestro Perforista	0.62	Tarea	1	84.1098	US\$/Tarea	52.15	
	Winchero	0.52	Tarea	1	84.1098	US\$/Tarea	43.74	
	Maestro Maderero	0.62	Tarea	1	76.4363	US\$/Tarea	47.39	
	Ayudante Perforista	0.52	Tarea	1	70.1327	US\$/Tarea	36.47	
	Peón	0.80	Tarea	1	63.9939	US\$/Tarea	51.20	
	Ayudante Maderero	0.52	Tarea	1	70.5035	US\$/Tarea	36.66	
		3.60					267.60	167.25
								8.62
2. IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD								
	Personal Operativo normal	2.23	Tarea	1	3.087	US\$/Tarea	6.88	
	Personal Operativo en Agua	1.27	Tarea	1	3.486	US\$/Tarea	4.43	
							11.31	7.07
								0.36
3. MATERIALES Y HERRAMIENTAS								
	Barreno cónica de 4'	0.1718	uni	1	157.6326	US\$/uni	27.08	
	Barreno cónica de 6'	0.0973	uni	1	218.625	US\$/uni	21.27	
	Manguera de 1"	0.0083	m	30	7.9818	US\$/m	1.99	
	Manguera de 1/2"	0.0083	m	30	3.2012	US\$/m	0.80	

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN DE TAJO 568 DE 10' x 8' (6 PIES)

METODO:	CAMARAS Y PILARES	N° Taladros:	41	uni
EQUIPOS:	PERFORADORA JACK LEG - WINCHE ELECTRICO	N° Tal.	38	uni
SECCION:	3.00m x 2.40m	AVANCE:	1.60	ml
INCLUYE:	EXPLOSIVOS		31.0392	Tn/disparo

ITEM	DESCRIPCION	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL US\$	TOTAL US\$/ML	TOTAL US\$/TN
	Conexiones	0.0083	uni	4	26.076	US\$/uni	0.87		
	Aceite	0.4175	gl	1	18.3168	US\$/gl	7.65		
	Herramientas	1	Tarea	1	2.5758	US\$/Tarea	2.58		
							62.23	38.89	2.00
4. EQUIPOS DE CONTRATA									
	Perforadora Jack Leg	1	pp	232.87	0.2205	US\$/pp	51.35		
	Repuestos de lampara	1	Tarea	4.26	0.777	US\$/Tarea	3.31		
							54.66	34.16	1.76
5. SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS							395.80	247.37	12.75
6. COSTOS INDIRECTOS									
	Contingencias		%	5%		US\$	19.79	12.37	0.64
	Vivienda		%	2.20%		US\$	8.71	5.44	0.28
	Medicinas		%	1.50%		US\$	5.94	3.71	0.19
	Gastos Generales		%	0%		US\$	0.00	0.00	0.00
	Utilidad		%	15%		US\$	59.37	37.11	1.91
							93.80	58.63	3.02
TOTAL COSTO								306.00	15.77
								US\$/ML	US\$/TN

Fuente: Minera Aurífera Retamas.

Tabla 8. Costo/metro lineal y Costo/tonelada en TAJO 565 con barreno de 8 pies

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN DE TAJO 565 DE 10' x 8' (8 PIES)

METODO:	CAMARAS Y PILARES		N° Taladros:	44	uni			
EQUIPOS:	PERFORADORA JACK LEG - WINCHE ELECTRICO		N° Tal. Carg.:	41	uni			
SECCION:	3.00m x 2.40m		AVANCE:	2.12	ml			
INCLUYE:	EXPLOSIVOS			41.12694	Tn/disparo			
ITEM	DESCRIPCION	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL US\$	TOTAL US\$/ML	TOTAL US\$/TN
1. MANO DE OBRA								
	Maestro Perforista	0.72	Tarea	1	84.1098	US\$/Tarea	60.56	
	Winchero	0.62	Tarea	1	84.1098	US\$/Tarea	52.15	
	Maestro Maderero	0.72	Tarea	1	76.4363	US\$/Tarea	55.03	
	Ayudante Perforista	0.62	Tarea	1	70.1327	US\$/Tarea	43.48	
	Peón	0.90	Tarea	1	63.9939	US\$/Tarea	57.59	
	Ayudante Maderero	0.62	Tarea	1	70.5035	US\$/Tarea	43.71	
		4.20					312.53	147.42
								7.60
2. IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD								
	Personal Operativo normal	2.58	Tarea	1	3.087	US\$/Tarea	7.96	
	Personal Operativo en Agua	1.52	Tarea	1	3.486	US\$/Tarea	5.30	
							13.26	6.26
								0.32
3. MATERIALES Y HERRAMIENTAS								
	Barreno cónica de 4'	0.1600	uni	1	157.6326	US\$/uni	25.22	
	Barreno cónica de 6'	0.0900	uni	1	218.625	US\$/uni	19.68	
	Barreno cónica de 8'	0.0900	uni	1	329.4586	US\$/uni	29.65	
	Manguera de 1"	0.0100	m	30	7.9818	US\$/m	2.39	
	Manguera de 1/2"	0.0100	m	30	3.2012	US\$/m	0.96	
	Conexiones	0.0100	uni	4	26.076	US\$/uni	1.04	
	Aceite	0.5400	gl	1	18.3168	US\$/gl	9.89	

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN DE TAJO 565 DE 10' x 8' (8 PIES)

METODO:	CAMARAS Y PILARES	N° Taladros:	44	uni				
EQUIPOS:	PERFORADORA JACK LEG - WINCHE ELECTRICO	N° Tal. Carg.:	41	uni				
SECCION:	3.00m x 2.40m	AVANCE:	2.12	ml				
INCLUYE:	EXPLOSIVOS		41.12694	Tn/disparo				
ITEM	DESCRIPCION	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL US\$	TOTAL US\$/ML	TOTAL US\$/TN
	Herramientas	1.0000	Tarea	1	2.5758 US\$/Tarea	2.58		
						91.41	43.12	2.22
4. EQUIPOS DE CONTRATA								
	Perforadora Jack Leg	1	pp	301.84	0.2205 US\$/pp	66.56		
	Repuestos de lampara	1	Tarea	4.93	0.777 US\$/Tarea	3.83		
						70.39	33.20	1.71
5. SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS						487.59	230.00	11.86
6. COSTOS INDIRECTOS								
	Contingencias		%	5%	US\$	24.38	11.50	0.59
	Vivienda		%	2.20%	US\$	10.73	5.06	0.26
	Medicinas		%	1.50%	US\$	7.31	3.45	0.18
	Gastos Generales		%	0%	US\$	0.00	0.00	0.00
	Utilidad		%	15%	US\$	73.14	34.50	1.78
						115.56	54.51	2.81
TOTAL COSTO							284.51	14.67
							US\$/ML	US\$/TN

Fuente: Minera Aurífera Retamas.

Tabla 9. “Indicadores de rendimiento en voladura programada y real

DISEÑO DE OPERACIONES PROGRAMADAS EN VOLADURA					
OPERACIÓN	PROGRAMADO Y REAL		VARIACION		
LABOR	TAJO 565 (8 pies)	TAJO 568 (6 pies)	Δ	unidad	Δ%
SECCION	3.00m x 2.40m	3.00m x 2.40m			%
VOLADURA					
Semexsa 65%	20.33	14.40	5.93	Kg	29.17
Gelatina Especial 75%	5.87	4.89	0.98	Kg	16.70
Exadit 45%	2.53	1.69	0.84	Kg	33.20
Carmex	41.00	39.00	2.00	Unidad	4.88
Cordon detonante (Pentacord)	13.33	12.00	1.33	m	9.98
Mecha Rápida	20.00	20.00	0.00	m	0.00
Factor de potencia	1.88	1.83	0.05	Kg/m ³	2.66
Factor de carga/metro lineal	13.56	13.14	0.42	Kg/m	3.10
Factor de carga/taladro	0.70	0.55	0.15	Kg/Taladro	21.43

Fuente”: Minera Aurífera Retamas.

Tabla 10. “Costo de accesorios de explosivos

TIPO DE ACCESORIO	PRECIO S/	UNIDAD
Semexsa 65%	5.3340	Kg
Gelatina Especial 75%	8.4716	Kg
Exadit 45%	4.9736	Kg
Fulminante N°6	0.3045	Unidad
Conector para mecha rápida	0.7350	m
Cordon detonante (Pentacord)	0.3885	m
Mecha de seguridad	0.8400	m
Mecha rápida	1.1340	m

Fuente”: Minera Aurífera Retamas.

Tabla 11. “Indicadores de Costos de voladura programado y real

COSTOS UNITARIOS DE VOLADURA				
OPERACIÓN	PROGRAMADO Y REAL		VARIACION	
LABOR	TAJO 565 (8 pies)	TAJO 568 (6 pies)	Δ	Δ%
SECCION	3.00m x 2.40m	3.00m x 2.40m		%
VOLADURA				
Semexsa 65%	108.44	76.810	31.63062	29.17
Gelatina Especial 75%	49.73	41.43	8.3021778	16.70
Exadit 45%	12.58	8.41	4.18	33.20
Fulminante N° 6	12.48	11.876	0.61	4.88
Conector para mecha rápida	18.91	17.88	1.03	5.45
Cordón detonante (Pentacord)	5.18	4.662	0.52	9.98
Mecha de seguridad	35.76	27.06	8.70	24.33
Mecha rápida	22.68	22.68	0.00	0.00
Total S/. x disparo	265.77	210.80	54.97	20.68
Total US\$/ x disparo	75.93	60.23	15.70	20.68

Fuente”: Minera Aurífera Retamas.

Tabla 12. “Comparación de la estructura de costos en labores de explotación con barreno de 6 pies y 8 pies (US\$/ML)

Item	Descripción	TAJO 568 (6 pies)	TAJO 565 (8 pies)	Diferencia	Variación
		US\$/ML	US\$/ML	US\$/ML	%
1	Mano de obra	167.25	147.42	19.83	11.86
2	Implementos de seguridad	7.07	6.26	0.81	11.50
3	Materiales y herramientas	38.89	43.12	-4.23	-10.87
4	Equipos	34.16	33.20	0.96	2.81
5	Explosivos	37.64	35.82	1.83	4.85
6	Subtotal Costos Directos	285.02	265.81	19.20	6.74
7	Costos Indirectos	58.63	54.51	4.12	7.02
8	Total Costo/Metro lineal	343.64	320.32	23.32	6.79

Fuente”: Minera Aurífera Retamas.

Tabla 13. “Comparación de la Estructura de costos en labores de explotación con barreno de 6 pies y 8 pies (US\$/TN)

Item	Descripción	TAJO 568 (6 pies)	TAJO 565 (8 pies)	Diferencia	Variación
		US\$/TN	US\$/TN	US\$/TN	%
1	Mano de obra	8.62	7.60	1.02	11.86
2	Implementos de seguridad	0.36	0.32	0.04	11.50
3	Materiales y herramientas	2.00	2.22	-0.22	-10.70
4	Equipos	1.76	1.71	0.05	2.81
5	Explosivos	1.94	1.84	0.10	5.00
6	Subtotal Costos Directos	14.69	13.70	0.99	6.76
7	Costos Indirectos	3.02	2.81	0.21	7.02
8	Total Costo/Tonelada	17.71	16.51	1.21	6.80

Fuente”: Minera Aurífera Retamas.

Tabla 14. “Cuadro de comparación de Tajo 565 y Tajo 568

Indicador	Tajo 565 (8 pies)	Tajo 568 (6 pies)	Variación		
			Δ	unidad	$\Delta\%$
Producción	13.71	10.35	3.36	Tn/h-g	24.53
Recuperación	73.22	73.22	0.00	%	0.00
Dilución	13.33	13.33	0.00	%	0.00
Seguridad	1.50	1.50	0.00	u	0.00
Toneladas rotas por disparo	41.13	31.04	10.09	Tn/disparo	24.53
Diámetro	38.36	38.36	0.00	mm	0.00
Burden	0.16	0.17	-0.01	m	-6.25
Espaciamiento	0.32	0.34	-0.02	m	-6.25

Fuente”: Minera Aurífera Retamas.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Prueba de Hipótesis General

Sea:

H₀: La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas NO reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

Ha: La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas sí reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

Para la prueba de hipótesis se tienen los datos del rendimiento de producción en toneladas por hombre guardia (Tn/hg) en el tajo 568 y tajo 565 en el mes de abril y los costos unitarios de producción. Se toma en cuenta el rendimiento ya que está directamente relacionado al costo unitario de producción.

Tabla 15. “Rendimiento de producción Tn/Hg en el tajo 568 en el mes de abril

Días	Planeada	Min	Max	Real
1	10.00	9.20	10.80	9.80
2	10.00	9.20	10.80	10.30
3	10.00	9.20	10.80	10.45
4	10.00	9.20	10.80	10.30
5	10.00	9.20	10.80	10.40
6	10.00	9.20	10.80	10.30
7	10.00	9.20	10.80	10.45
8	10.00	9.20	10.80	10.30
9	10.00	9.20	10.80	10.45
10	10.00	9.20	10.80	10.30
11	10.00	9.20	10.80	10.10
12	10.00	9.20	10.80	10.40
13	10.00	9.20	10.80	10.40
14	10.00	9.20	10.80	10.40
15	10.00	9.20	10.80	10.40
16	10.00	9.20	10.80	10.50
17	10.00	9.20	10.80	10.40
18	10.00	9.20	10.80	10.30
19	10.00	9.20	10.80	10.45
20	10.00	9.20	10.80	10.35
21	10.00	9.20	10.80	10.45
22	10.00	9.20	10.80	10.40
23	10.00	9.20	10.80	10.25
24	10.00	9.20	10.80	10.35
25	10.00	9.20	10.80	10.20
26	10.00	9.20	10.80	10.40
27	10.00	9.20	10.80	10.35
28	10.00	9.20	10.80	10.60
29	10.00	9.20	10.80	10.50
30	10.00	9.20	10.80	10.34
PROMEDIO				10.35

Fuente”: Elaboración propia

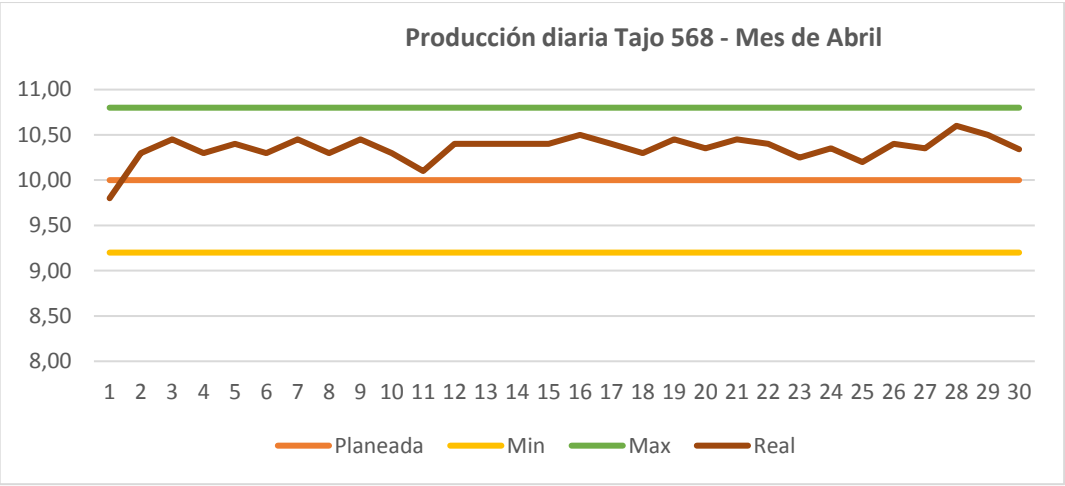


Figura 29. Rendimiento de producción diario en el tajo 568 en el mes de abril.
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. “Rendimiento de producción Tn/Hg en el tajo 565 en el mes de abril

Días	Planeada	Min	Max	Real
1	13.50	12.50	14.50	13.10
2	13.50	12.50	14.50	13.65
3	13.50	12.50	14.50	13.80
4	13.50	12.50	14.50	13.65
5	13.50	12.50	14.50	13.75
6	13.50	12.50	14.50	13.65
7	13.50	12.50	14.50	13.65
8	13.50	12.50	14.50	13.80
9	13.50	12.50	14.50	13.70
10	13.50	12.50	14.50	13.77
11	13.50	12.50	14.50	13.60
12	13.50	12.50	14.50	13.80
13	13.50	12.50	14.50	13.90
14	13.50	12.50	14.50	13.80
15	13.50	12.50	14.50	13.50
16	13.50	12.50	14.50	13.85
17	13.50	12.50	14.50	13.87
18	13.50	12.50	14.50	13.70
19	13.50	12.50	14.50	13.85
20	13.50	12.50	14.50	13.70
21	13.50	12.50	14.50	13.50
22	13.50	12.50	14.50	13.75
23	13.50	12.50	14.50	13.80
24	13.50	12.50	14.50	13.74
25	13.50	12.50	14.50	13.75
26	13.50	12.50	14.50	13.70
27	13.50	12.50	14.50	13.85
28	13.50	12.50	14.50	13.70
29	13.50	12.50	14.50	13.85
30	13.50	12.50	14.50	13.71
PROMEDIO				13.71

Fuente”: Elaboración propia

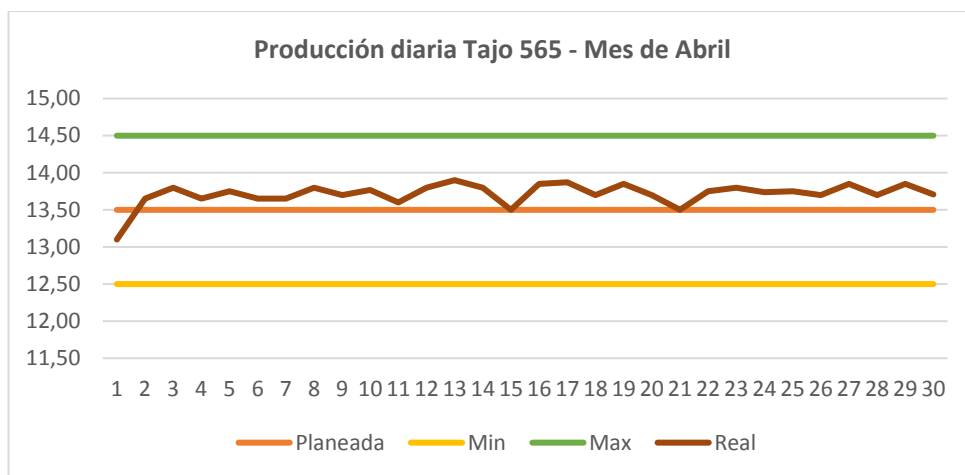


Figura 30. Rendimiento de producción diario en el tajo 565 en el mes de abril
Fuente: Elaboración propia

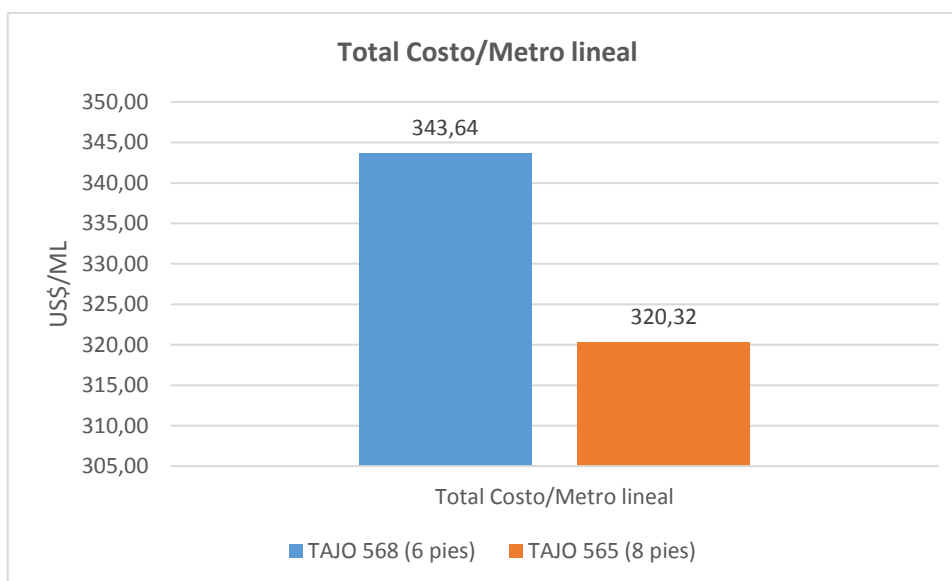


Figura 31. Costo total de producción en labor de 8 pies y 6 pies (US\$/ml)
Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior, el costo total de producción por metro lineal es más rentable en labor de 8 pies, es decir, a mayor alcance de laboreo será menor el costo.

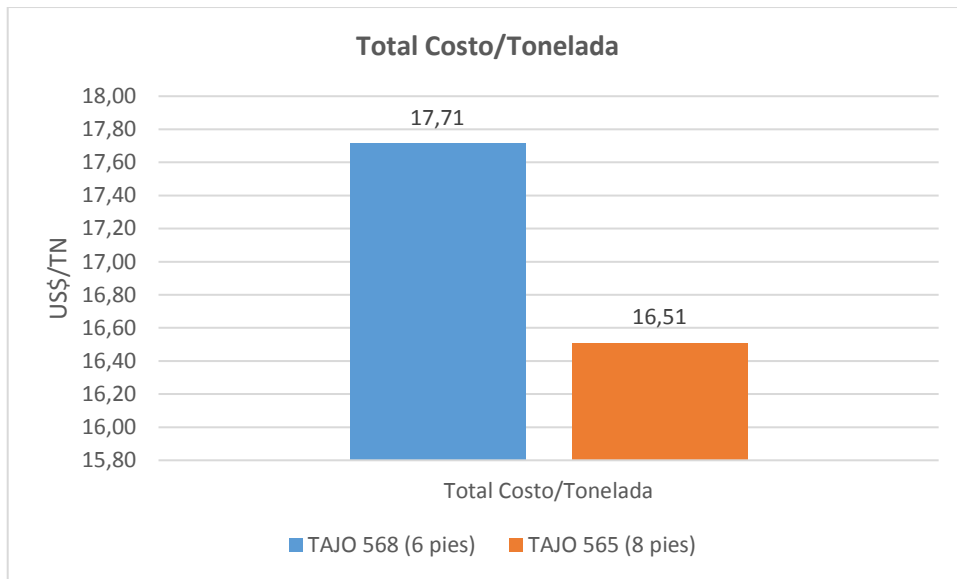


Figura 32. Costo total de producción en labor de 8 pies y 6 pies (US\$/Tn)

Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior, el costo total de producción por tonelada es más rentable en labor de 8 pies. A mayor alcance de laboreo será menor el costo total de producción por tonelada.

4.3.2. Decisión estadística

El costo unitario de operación en perforación y voladura es menor en laboreos de mayor alcance, debido a que se optimiza, principalmente, el rendimiento de la mano de obra. Entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

4.3.3. Conclusión estadística

La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas permite reducir los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

4.3.4. Formulación de la hipótesis específica 1

Sea:

H₀: La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas NO reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

H_a: La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

Para la prueba de hipótesis se tienen las capacitaciones sobre trabajos deficientes en el proceso de minado, así como el reporte de trabajos deficientes.

Tabla 17. “Capacitaciones sobre trabajos deficientes

Capacitaciones	Ene	Feb	Mar	Abr
Tiro Soplado	3	3	2	2
Tiro Cortado	2	2	2	2
Disparo deficiente	3	2	3	3
Desquinces	3	3	2	2
Otros	3	2	2	2
TOTAL	14	12	11	11

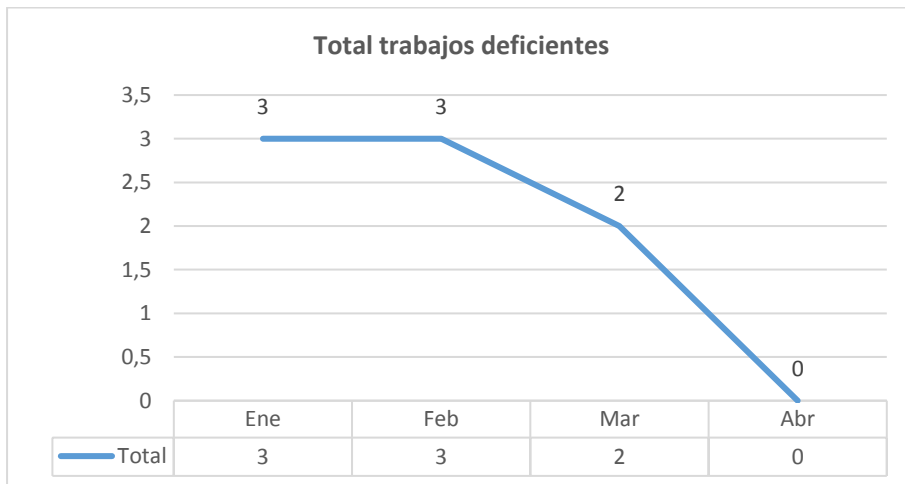
Fuente”: Elaboración propia

Tabla 18. “Reporte de trabajos deficientes en los tajos 568 y 565

Labor	Trabajos deficientes	Ene	Feb	Mar	Abr
TAJO 568 (6 pies)	Tiro Soplado	1			
	Tiro Cortado				
	Disparo deficiente		1	1	
	Desquinces		1		
	Otros				
	TOTAL		1	2	1
TAJO 565 (8 pies)	Tiro Soplado	1			
	Tiro Cortado		1		
	Disparo deficiente			1	
	Desquinces	1			
	Otros				
	TOTAL		2	1	1
TOTAL		3	3	2	0

Fuente”: Elaboración propia

Figura 33. Trabajos deficientes en el proceso de minado



Fuente: Elaboración propia

4.3.4.1. Decisión estadística

La gestión del talento humano mediante capacitaciones sobre trabajos en el proceso de perforación y voladura ha reducido los trabajos deficientes, por lo tanto, redujo los costos de operación. Se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

4.3.4.2. Conclusión estadística

La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

4.3.5. Formulación de la hipótesis específica 2

Sea:

H_0 : La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas NO reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

Ha: La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

Para la prueba de hipótesis se tienen los costos unitarios de explosivo en la producción en los tajos 568 y 565, así como un gráfico comparativo de los costos de voladura programado y real.

Tabla 19. “Rendimiento de producción Tajos 568 y 565

INDICADOR	LABOR	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR
Total Explosivo US\$/Tn	Tajo 568	US\$/Tn - programado	2.00	2.00	2.00	2.00
	(6 pies)	US\$/Tn - real	2.03	2.00	1.98	1.94
		Cumplimiento %	101.50%	100.00%	99.00%	97.05%
	Tajo 565	US\$/Tn - programado	2.00	2.00	2.00	2.00
	(8 pies)	US\$/Tn - real	2.02	2.00	1.90	1.84
		Cumplimiento %	101.00%	100.00%	95.00%	92.20%

Fuente²: Elaboración propia

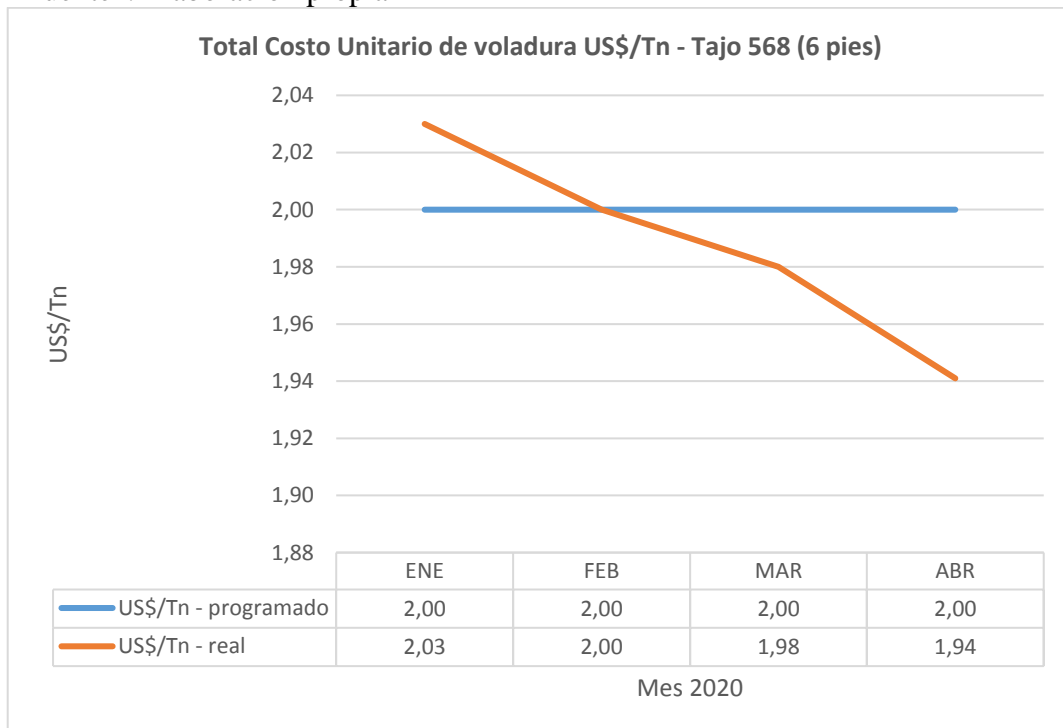


Figura 34. Comparación de costos de voladura programado y real en el Tajo 568 (6 pies)

Fuente: Elaboración propia

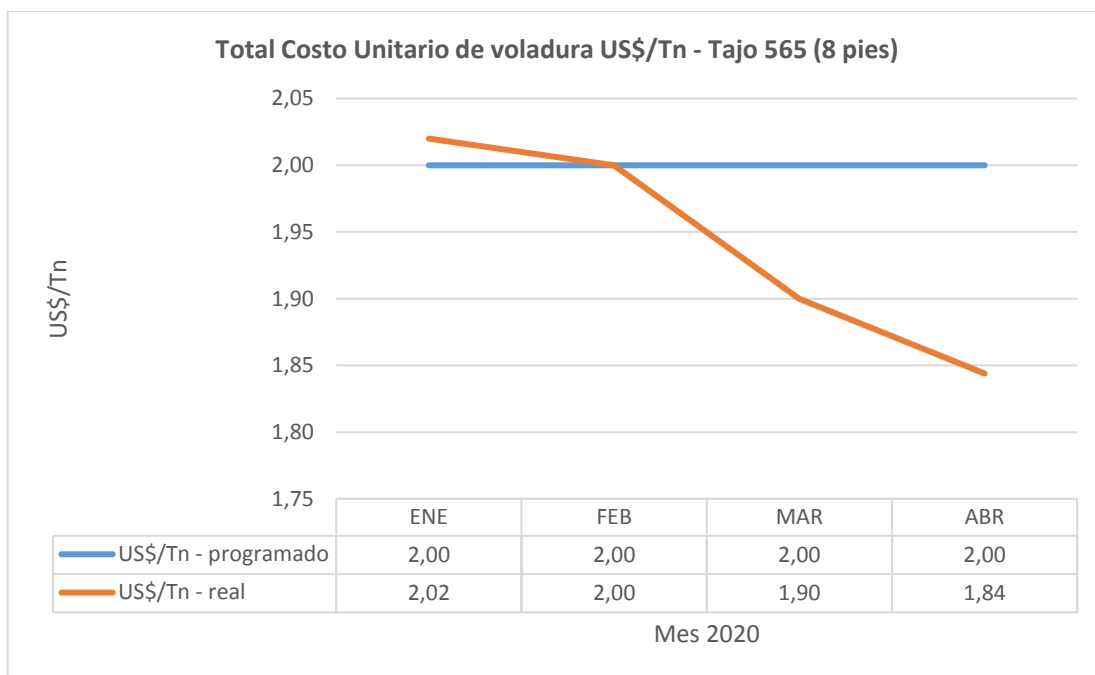


Figura 35. Comparación de costos de voladura programado y real en el Tajo 565 (8 pies)

Fuente: Elaboración propia

4.3.5.1. Decisión estadística

Se observa que los costos de voladura se redujeron con el empleo de sistema de minado de Cámaras y Pilares y, las capacitaciones al personal de trabajo durante los meses indicados. Se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

4.3.5.2. Conclusión estadística

La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reduciría los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Indicadores de producción y avance en labores de exploración, desarrollo y preparación

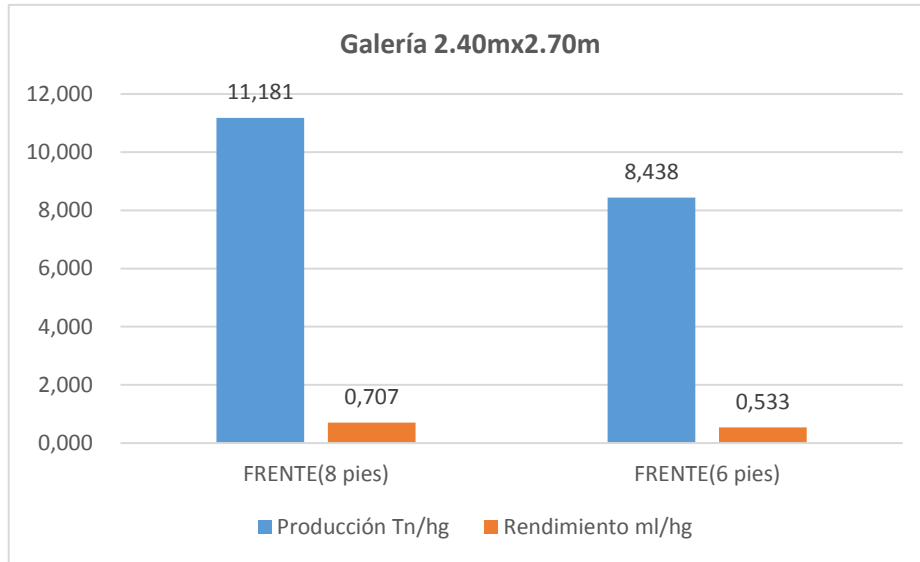


Figura 36. Producción y rendimiento en galería de 2.40x2.70m
Fuente: Elaboración propia

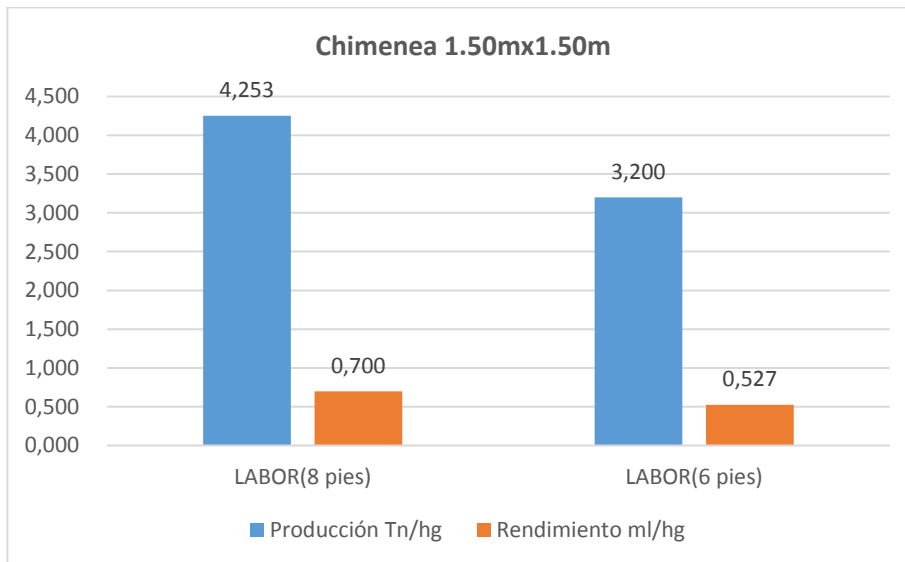


Figura 37. Producción y rendimiento en chimenea de 1.50x1.50m.
Fuente: Elaboración propia

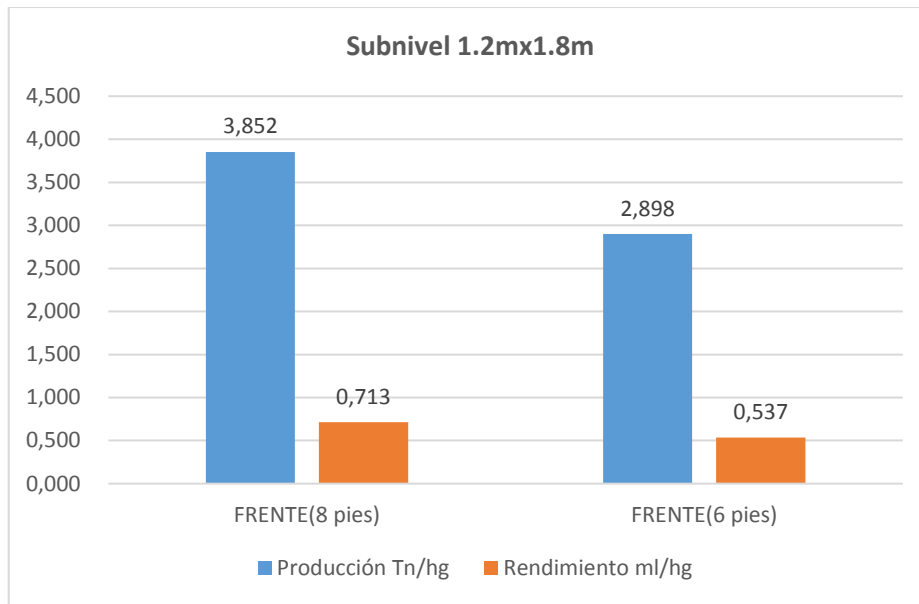


Figura 38. Producción y rendimiento en subnivel de 1.20x1.80m
Fuente: Elaboración propia

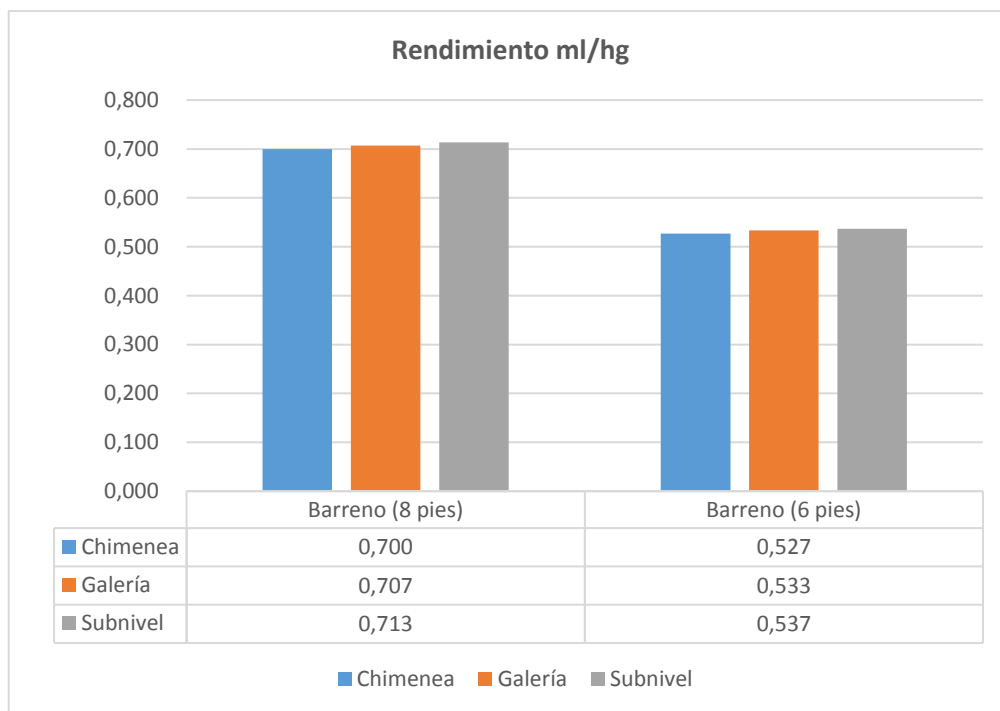


Figura 39. Rendimiento de operaciones con barreno de 8 pies y 6 pies (ml/hg)
Fuente: Elaboración propia

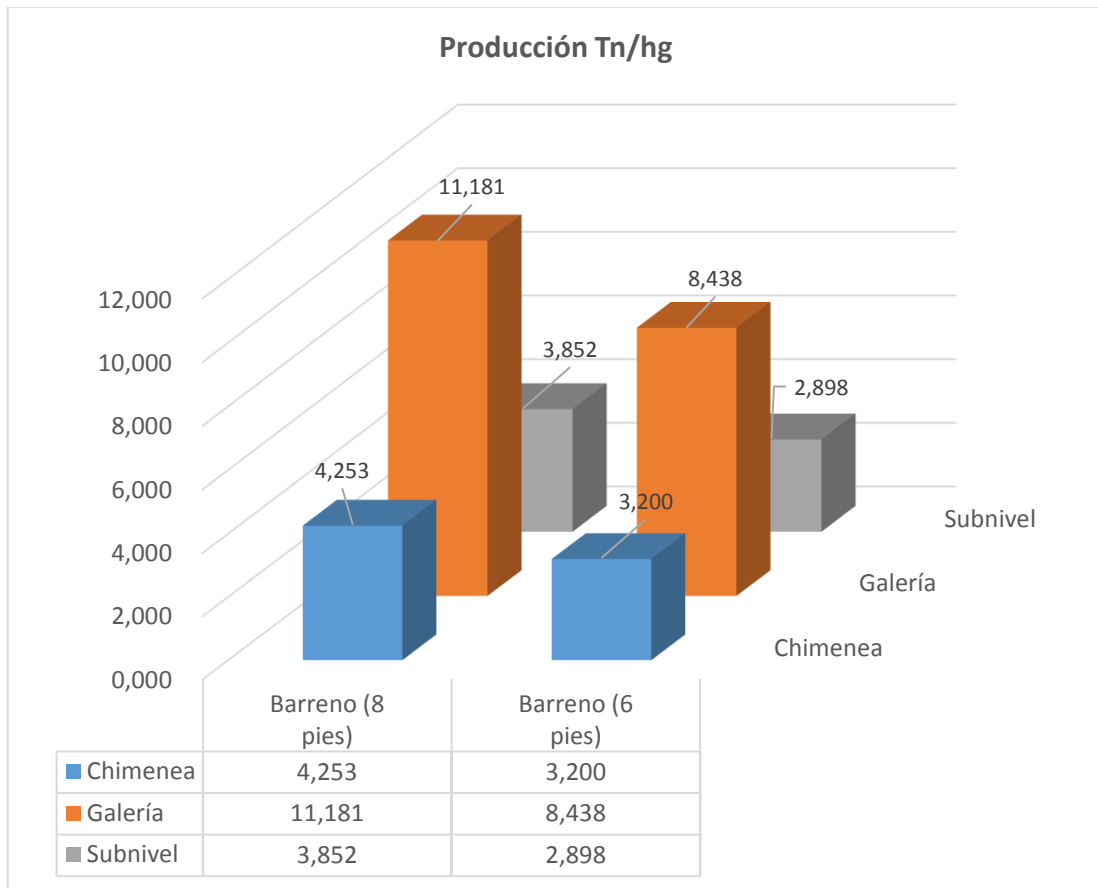


Figura 40. Producción de operaciones con barreno de 8 pies y 6 pies (Tn/hg)
Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que el rendimiento en labores de exploración, desarrollo y preparación, es mayor si se utiliza el barreno de perforación de 8 pies a diferencia del barreno de 6 pies. El rendimiento aumenta a medida que el barreno de perforación sea de mayor longitud.

4.4.2. Indicadores de producción en tajo

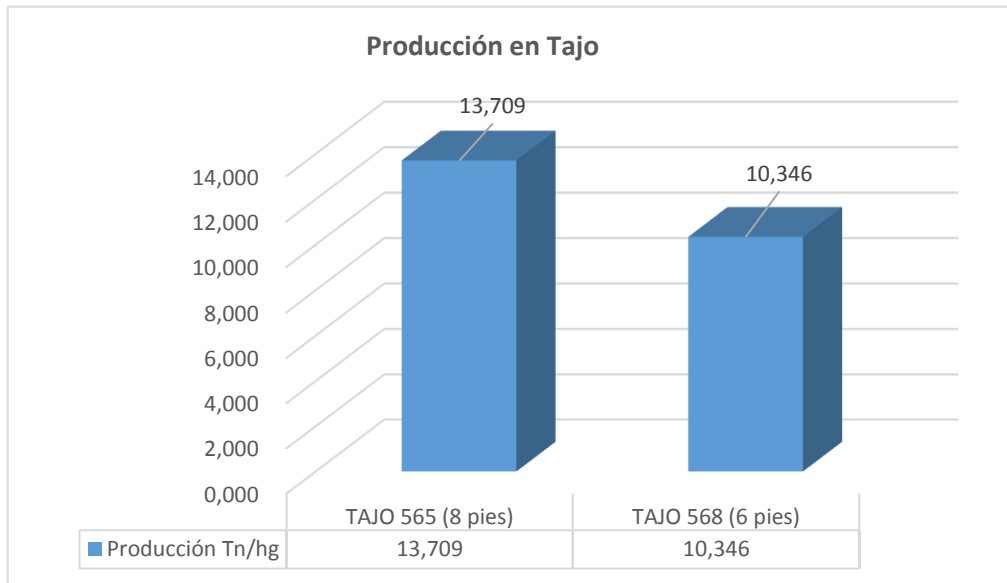


Figura 41. Producción en tajo con barreno de 8 pies y 6 pies (Tn/hg)

Fuente: Elaboración propia

Se observa que, a mayor longitud del barreno de perforación, mayor es la producción en toneladas por hombre guardia.

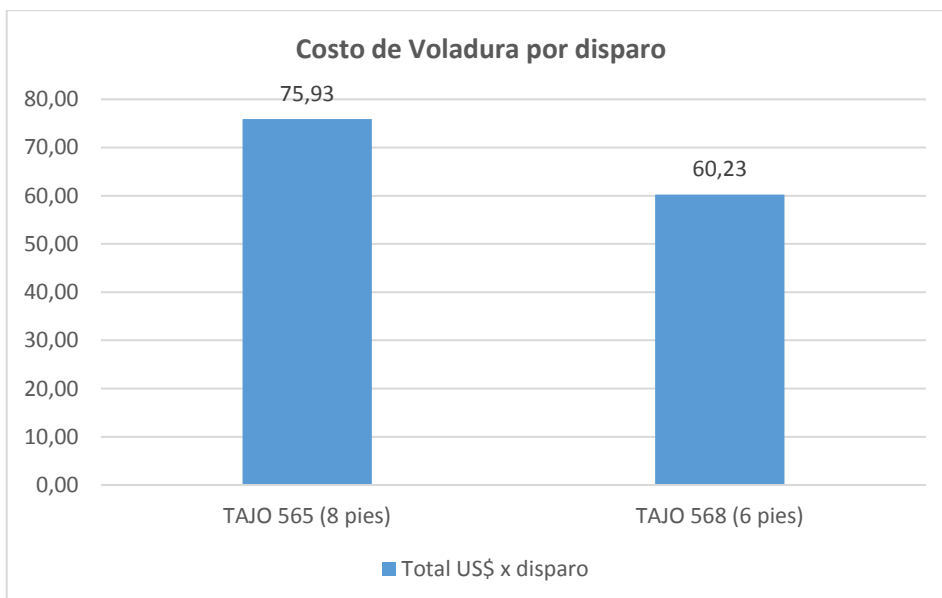


Figura 42. Costo de voladura por disparo (US\$ x disparo)

Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior, el costo unitario de voladura por disparo es mayor en labores de mayor tamaño.

Tabla 20. Rendimiento de producción del tajo 568 (Tn/hg)

INDICADOR	ZONA	UNIDAD		ENE	FEB	MAR	ABR
Rendimiento por Disparo 6 pies TAJO 568	TAJO 568	Tn/Hg.	Prog.	10.00	10.00	10.00	10.00
		Tn/Hg.	Real.	10.34	10.32	10.35	10.35
	Cumplimiento		%	103.40	103.20	103.50	103.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Rendimiento de producción del tajo 565 (Tn/hg)

Indicador	Zona	Unidad		Ene	Feb	Mar	Abr
Rendimiento por Disparo 8 pies TAJO 565	TAJO 565	Tn/Hg.	Prog.	13.50	13.50	13.50	13.50
		Tn/Hg.	Real.	13.74	13.70	13.76	13.71
	Cumplimiento		%	101.78	101.48	101.93	101.55

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la tesis, se tienen las siguientes conclusiones:

1. El diagnóstico del proceso de voladura en el método de Cámaras y pilares en la Minera Aurífera Retamas S.A. nos permitió determinar las variaciones en productividad y eficiencia.
2. La optimización de perforación y voladura en el minado de Cámaras y pilares reduce los costos de operación en la Minera Aurífera Retamas S.A.
3. Aplicando el método de Cámaras y pilares con perforadora Jack Leg, winche eléctrico y explosivos, el costo de explotación es de 17.71 US\$/Tn y la producción es de 10.346 Tn/hg para el tajo 568 con barreno de 6 pies; mientras que para el tajo 565 con barreno de 8 pies, el costo de explotación es de 16.51 US\$/Tn y la producción es de 13.709 Tn/hg. Como consecuencia, el costo de minado en el tajo 565 disminuye en 6.80% respecto al tajo 568.
4. La determinación del alcance de las labores de perforación y voladura en el planeamiento de minado permite reducir costos unitarios, principalmente en mano de obra. Se puede obtener una reducción de 19.83US\$/ml en mano de obra si se opta por una labor de 8 pies sobre uno de 6 pies, el cual representa el 11.86% del costo total de mano de obra.
5. El diagnóstico y capacitaciones al personal, permite reducir los trabajos deficientes como tiro soplado, tiro cortado, disparo deficiente, desquinces, entre otros.
6. La gestión del talento humano en los procesos de perforación y voladura permitió reducir los costos de producción hasta un 7.8% en el mes de abril en el tajo 568 en la Minera Aurífera Retamas S.A.

7. La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura en el método de Cámaras y pilares en la Minera Aurífera Retamas S.A. permitió reducir los costos de producción.
8. Las características geomecánicas del yacimiento a explotar son determinantes para evaluar el método de minado que más convenga, a fin de generar el mayor rendimiento, una explotación eficiente y en consecuencia, un menor costo respecto a otros métodos.

RECOMENDACIONES

Se consideran las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda el uso de equipos y maquinarias como el winche eléctrico para la limpieza horizontal a fin de obtener mejores tasas de rendimiento.
2. A pesar de que el método de cámaras y pilares tiene como ventaja la flexibilidad y capacidad de implementarlo en múltiples niveles, se recomienda realizar previamente una evaluación geomecánica.
3. A fin de reducir costos y evitar accidentes en las operaciones de minado, es necesario realizar capacitaciones constantes, ya sean teóricas y prácticas al personal de trabajo y mostrar la importancia de cada proceso en la perforación y voladura.
4. Se recomienda determinar el explosivo adecuado para cada tipo de roca, realizar el carguío de taladro con la cantidad correcta y, en general, realizar un buen diseño de voladura de rocas, ya que es determinante para el éxito o fracaso del proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adesida, P. A. (2022). Powder factor prediction in blasting operation using rock geomechanical properties and geometric parameters. *International Journal of Mining and Geo-Engineering*, 56(1), 25–32.
- Baca, G. (2009). *Evaluacion de proyectos. 5 edicion*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Barzola Domínguez, R. J. (2022). *Shotcrete para garantizar la estabilidad de la rampa Patrick 3 unidad minera San Andres de minera Aurifera Retamas SA-año 2021*.
- Blanchard, O. (2012). *Macroeconomía* (S. A. Perason Educación (ed.)).
- Brown, H. Y. (2012). *Clasificaciones Geomecánicas de los Macizos Rocosos según Bieniawski. Barton*. Universidad de los Andes.
- Caceres, L. (2017). *Optimización de la Perforación y Voladura con Nuevo Diseño de Malla en el Crucero 10014 de la Empresa Minera MARSА*. 100.
- Calderon Navarro, M. A. (2015). *Optimización de las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción de la minería de mediana escala (Unidad Minera Macdesa)*.
- Callupe Paredes, J. D. (2019). *Voladura controlada y amortiguada en la Compañía Minera Retamas SA*.
- De la Cruz Graus, O. (2018). *Optimización de costos en perforación y voladura estandarizando malla para sección 2.40 mx 2.40 m en la empresa cancer eirl-marsa*.
- Deere, D. U., & Deere, D. W. (1989). *Rock Quality Designation (RQD) after Twenty Years*. DEERE (DON U) CONSULTANT GAINESVILLE FL.
- Dey, K., & Sen, P. (2003). *Concept of blastability-an update*.
- Giron, M. (2015). *Planeamiento Estratégico De Minado Subterráneo Para Vetas*

Angostas En La Mina "Kazán."

- Gokhale, B. V. (2010). *Rotary drilling and blasting in large surface mines*. CRC Press.
- Gonzales Fernández, C. W. (2016). *Evaluación de la voladura en el método de cámaras y pilares en la Compañía Minera Marsa*.
- Hermansson, L. (1973). Trackless mining at LKAB, Sweden. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 74(1), 11–17.
- Hernández-Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación* (Mc Graw Hill (ed.); Quinta edi).
- Huamaní Bustinza, F., & Soto Mamani, R. H. (2019). *Aplicación de voladura controlada para reducir el porcentaje de dilución y costos en tajos convencionales (Corte y Relleno ascendente y Tajos Largos) utilizando explosivo Exablock y Cojin de agua, Minera Aurífera Retamas SA Marsa 2017*.
- Isheyskiy, V., & Sanchidrián, J. A. (2020). Prospects of applying MWD technology for quality management of drilling and blasting operations at mining enterprises. *Minerals*, 10(10), 1–17. <https://doi.org/10.3390/min10100925>
- Laguna Sanjuanelo, S., Caballero-Uribe, C. V, Lewis, V., Mazuera, S., Salamanca, J. F., Daza, W., & Fourzali, A. (2007). Consideraciones técnicas en la publicación de investigaciones científicas. *Revista Salud Uninorte*, 23(1), 64–78.
- Lind, D. A., Marchal, W. G., Wathen, S. A., Obón León, M. del P., & León Cárdenas, J. (2015). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Loza Carazas, R. A. (2013). *Aplicación del método de Holmberg para el mejoramiento de la malla de voladura en la Empresa Minera Aurífera Retamas SA*.
- Lucian, C., & Wangwe, E. M. (2013). The usefulness of rock quality designation (RQD) in determining strength of the rock. *International Refereed Journal of Engineering*

and Science, 2(9), 36–40.

Magallanes Chavesta, C. A. (2011). *Aplicación del método de explotación Longwall en minera Aurífera Retamas SA*.

Mestas, R. W. O. (2007). Diseño de mallas de perforación y voladura subterránea aplicando un modelo matemático de áreas de influencia. *Estudio Realizado Utilizando El Software y Expuesto En La Mina de Ananea, Mina Bateas.-Perú*.

More, G. (2021). Evaluación económica financiera del proyecto minero cruceo 690w corredor sur (nivel 1515) en la Unidad Minera San Vicente de la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. *Elseiver*.
http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2484/T033_4552265_5_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Muriel Quispe, J. B. (2019). *Aplicación del método de explotación Long Wall en la veta Cabana 3H, nivel 2770, Minera Aurífera Retamas SA Pataz La Libertad-2016*.

Palli Ponce, G. E. (2018). *Evaluación del nuevo circuito de chancado, molienda y clasificación en la planta de beneficio San Andrés de la Minera Aurífera Retamas SA*.

Palomino, E. F. (2018). *Implementación Del Sistema De Gestión De Seguridad y Salud Ocupacional Para La Prevención y Control De Incidentes y Accidentes En La Voladura, Mina Julcani, Compañía De Minas Buenaventura S.A.A., Año 2018*. 131.
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3357>

Paz-Artica, R. F. (2018). *Optimización de la perforación y voladura en la veta Maria Rosa en Chungar s.a.c. Pasco*. 113.
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/521>

Pino, R. (2018). *Metodología de la investigación: Elaboración de diseños para contrastar hipótesis*. San Marcos.

Sapag, N. C. (2011). *Proyectos de inversión. Formulación y evaluación* (P. Educación (ed.); Segunda ed).

Serin Alvites, R. G. (2017). *Reducir El Porcentaje De Dilución, Mediante Voladura Controlada En Los Tajos De Produccion En La Mina Marsa-Retamas.*

Van, J. (2018). *Analysis of Excavation Damage, Rock Mass Characterisation and Rock Support Design using Drilling Monitoring.* Luleå tekniska universitet.

ANEXOS

Matriz de Consistencia.

Rendimiento de las excavaciones subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General ¿Cómo la optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reducirá los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.?</p>	<p>General Reducir los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A. mediante la optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas.</p>	<p>General La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reducirá los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	<p>Variable Independiente (X) X = La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A. Variable Dependiente (Y) Y = La reducción de los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	<p>Nivel: Descriptivo.</p> <p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Método: Hipotético deductivo.</p> <p>Diseño: No experimental.</p>
<p>Específico 1 ¿La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reducirá los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.?</p>	<p>Específico 1 Reducir los costos de operación en Minera Aurífera Retamas mediante la gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas.</p>	<p>Específico 1 La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reducirá los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	<p>Variable Independiente (X) X = La optimización de la perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A. <u>INDICADORES:</u> X₁ = La gestión del talento humano en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A. X₂ = La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	
<p>Específico 2 ¿La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reducirá los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.?</p>	<p>Específico 2 Reducir los costos de operación en Minera Aurífera Retamas mediante la tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas.</p>	<p>Específico 2 La tecnología empleada en las operaciones de perforación y voladura de las excavaciones mineras subterráneas reducirá los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A.</p>	<p>Variable Dependiente (Y) Y = La reducción de los costos de operación en Minera Aurífera Retamas S.A. <u>INDICADORES:</u> Y₁ = Costo unitario de operación con el sistema convencional (\$/ton) Y₂ = Costo unitario de operación con el sistema optimizado (\$/ton)</p>	

Fuente: Elaboración propia.

. Instrumentos de recolección de datos.

Tabla 22. Propiedades de la Roca Intacta (Rango de Valores)

Propiedades de la roca intacta (rango de valores)				
Litología	Densidad MN/m ²	Resistencia compresiva (MPa)	Módulo de deformación (GPa)	Relación de Poisson
Intrusivo				
Mineral				
Pizarra				

Fuente: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Tabla 23. Dureza de las Rocas.

CLASIFICACIÓN	DUREZA MOHS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)
Muy dura		
Dura		
Medio dura		
Medio blanda		
Blanda		
Muy blanda		

Fuente: Manual de Perforación y Voladura, Lopez Jimeno.

Tabla 24. Plan operativo mina MARSÁ período 2020

PLAN OPERATIVO PROGRAMADO DE PRODUCCIÓN						
Labor	Long perf.	unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Indicadores de Productividad.

DISEÑO DE OPERACIONES PROGRAMADAS					
OPERACIÓN	PROGRAMADO Y REAL		VARIACIÓN		
LABOR	FRENTE (8 pies)	FRENTE (6 pies)	Δ	Unidad	$\Delta\%$
SECCIÓN	2.40mx2.70m	2.40mx2.70m			%
PERFORACIÓN					
Tipo de roca					
Longitud de barra					
Longitud efectiva de perforación					
Eficiencia de perforación					
Densidad del material					
Volumen a romper por disparo					
Tonelaje obtenido por disparo					
Área del frente					
PARÁMETROS DE PERFORACIÓN					
Diámetro de brocas					
Espaciamiento					
Burden					
Número de taladros					
RENDIMIENTOS					
Avance por disparo					
Rendimiento ml/hg					
Rendimiento en avances					
Factor de perforación					
Taladros perforados por hora					
Toneladas rotas por taladro					
Tiempo de posicionamiento/empate					
Tiempo efectivo de perforación					
Tiempo de retiro					
Tiempos muertos					
Tiempo total de perforación					
Producción Tn/hg					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Indicadores de rendimiento en voladura programada y real

DISEÑO DE OPERACIONES PROGRAMADAS EN VOLADURA					
OPERACIÓN	PROGRAMADO Y REAL		VARIACION		
LABOR	TAJO 565 (8 pies)	TAJO 568 (6 pies)	Δ	unidad	Δ%
SECCION	3.00m x 2.40m	3.00m x 2.40m			%
VOLADURA					
Semexsa 65%					
Gelatina Especial 75%					
Exadit 45%					
Carmex					
Cordon detonante (Pentacord)					
Mecha Rápida					
Factor de potencia					
Factor de carga/metro lineal					
Factor de carga/taladro					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Costo de accesorios de explosivos

TIPO DE ACCESORIO	PRECIO S/	UNIDAD
Semexsa 65%		
Gelatina Especial 75%		
Exadit 45%		
Fulminante N°6		
Conector para mecha rápida		
Cordon detonante (Pentacord)		
Mecha de seguridad		
Mecha rápida		

Elaboración propia

Tabla 28. Indicadores de Costos de voladura programado y real

COSTOS UNITARIOS DE VOLADURA				
OPERACIÓN	PROGRAMADO Y REAL		VARIACION	
LABOR	TAJO 565 (8 pies)	TAJO 568 (6 pies)	Δ	Δ%
SECCION	3.00m x 2.40m	3.00m x 2.40m		%
VOLADURA				
Semexsa 65%				
Gelatina Especial 75%				
Exadit 45%				
Fulminante N° 6				
Conector para mecha rápida				
Cordón detonante (Pentacord)				
Mecha de seguridad				
Mecha rápida				
Total S/. x disparo				
Total US\$/ x disparo				

Fuente: Elaboración propia

FICHAS DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN ESCUELA INGENIERIA DE MINAS FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO CUESTIONARIO A TRABAJADORES

Señor Experto, por favor marque en el casillero correspondiente si el ítem esta formulado en forma adecuada o inadecuada teniendo en consideración su pertinencia, relevancia y corrección gramatical. En el caso de que el ítem sea inadecuado anote en el casillero sus observaciones y las razones del caso.

I. REFERENCIA

a) NOMBRE Y APELLIDOS DEL EXPERTO:

Juan Carlos Figueroa Jiménez

b) PROFESIÓN:

Ingeniero MINAS

Ingeniero de SISTEMAS Y COMPUTACION

c) GRADOS ACADÉMICOS:

Magister en SISTEMAS Y COMPUTACION

d) ESPECIALIZACIÓN O EXPERIENCIA:

Diplomado en SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

ESTRATO DE LA POBLACIÓN OBJETIVO:

Es adecuado la Evaluación de las herramientas de control de riesgos en la innovación de SSOMAC.

e) Rendimiento de las excavaciones subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.

II. TABLA DE VALORACIÓN POR CADA ÍTEM

ITEMS	ESCALA DE APRECIACION		OBSERVACIONES	SUGERENCIAS
	ADECUADO	INADECUADO		
1	X			
2	X			
3	X			
4	X			
5	X			
6	X			
7	X			
8	X			
9	X			
10	X			
11	X			
12	X			
13	X			
14	X			
15	X			
16	X			
17	X			
18	X			
19	X			
20	X			

$$\text{Coeficiente de Validez } V = \frac{\Sigma(\text{adecuados})}{\Sigma(\text{adecuados, inadecuados})} = 20/20 = 1$$

III. RESOLUCIÓN

Válido ($V \geq 0,80$)

IV. COMENTARIOS FINALES

Aplicar el instrumento a la muestra


Firma del experto
DNI N° 20099720

FICHAS DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
ESCUELA DE INGENIERIA DE MINAS
FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
CUESTIONARIO A TRABAJADORES

Señor Experto, por favor marque en el casillero correspondiente si el ítem está formulado en forma adecuada o inadecuada teniendo en consideración su pertinencia, relevancia y corrección gramatical. En el caso de que el ítem sea inadecuado anote en el casillero sus observaciones y las razones del caso.

I. REFERENCIA

- a) NOMBRE Y APELLIDOS DEL EXPERTO:
Carlos Edwin, Rojas Victorio
- b) PROFESIÓN:
Ingeniero de MINAS
- c) GRADOS ACADÉMICOS:
Magister en INGENIERIA DE MINAS
- d) ESPECIALIZACIÓN O EXPERIENCIA:
Diplomado en SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL
INSTITUCIÓN DONDE LABORA: UNDAC TELEFONO Y E-MAIL:
927525654 cervictol@hotmail.com
- e) Rendimiento de las excavaciones subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.

II. TABLA DE VALORACIÓN POR CADA ÍTEM

ITEMS	ESCALA DE APRECIACION		OBSERVACIONES	SUGERENCIAS
	ADECUADO	INADECUADO		
1	X			
2	X			
3	X			
4	X			
5	X			
6	X			
7	X			
8	X			
9	X			
10	X			
11	X			
12	X			
13	X			
14	X			
15	X			
16	X			
17	X			
18	X			
19	X			
20	X			

$$\text{Coeficiente de Validez } V = \frac{\Sigma(\text{adecuados})}{\Sigma(\text{adecuados, inadecuados})} = \frac{20}{20} = 1$$

III. RESOLUCIÓN

Válido ($V \geq 0,80$)

IV. COMENTARIOS FINALES

Aplicar el instrumento a la muestra



FIRMA DEL EXPERTO

DNI N°04067250

FICHAS DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
ESCUELA DE INGENIERIA DE MINAS
FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
CUESTIONARIO A TRABAJADORES

Señor Experto, por favor marque en el casillero correspondiente si el ítem esta formulado en forma adecuada o inadecuada teniendo en consideración su pertinencia, relevancia y corrección gramatical. En el caso de que el ítem sea inadecuado anote en el casillero sus observaciones y las razones del caso.

I. REFERENCIA

- a) NOMBRE Y APELLIDOS DEL EXPERTO:
Nelson MONTALVO CARHUARICRA
- b) PROFESIÓN:
Ingeniero DE MINAS
- c) GRADOS ACADÉMICOS:
Magister en SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE
- d) ESPECIALIZACIÓN O EXPERIENCIA:
Diplomado en RIESGOS EN TUNELERIA
INSTITUCIÓN DONDE LABORA: UNDAC TELEFONO Y E-MAIL:
Cel. 955872129 nmontalvoc@undac.edu.pe
ESTRATO DE LA POBLACIÓN OBJETIVO:
- e) Rendimiento de las excavaciones subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A.

II. TABLA DE VALORACIÓN POR CADA ÍTEM

ITEMS	ESCALA DE APRECIACION		OBSERVACIONES	SUGERENCIAS
	ADECUADO	INADECUADO		
1	X			
2	X			
3	X			
4	X			
5	X			
6	X			
7	X			
8	X			
9	X			
10	X			
11	X			
12	X			
13	X			
14	X			
15	X			
16	X			
17	X			
18	X			
19	X			
20	X			

III. RESOLUCIÓN

Válido ($V \geq 0,80$)

IV. COMENTARIOS FINALES

Aplicar el instrumento a la muestra


FIRMA DE EXPERTO
DNI N° 04080998