

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS



T E S I S

**Aplicación de la perforación y voladura en breasting para mejorar los
parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Michell Eleazar SANCHEZ HILARIO

Asesor:

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS



T E S I S

**Aplicación de la perforación y voladura en breasting para mejorar los
parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ
PRESIDENTE

Mg. Edgar ALCÁNTARA TRUJILLO
MIEMBRO

Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios, que me acompaña y siempre me levanta de mis tropiezos; a mis queridos padres, por su apoyo incondicional en mi formación profesional y a mis hijos Fernanda y Felipe, ellos han sido siempre mi motivación y luz en el transcurso de mi camino.

AGRADECIMIENTO

A mi esposa, por su apoyo y motivación en mis metas y proyectos. A los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas; por sus aportes y experiencias transmitidas.

A los Ingenieros de la Compañía Minera San Valentín – U.E.A. “Heraldos Negros”, por permitirme hacer este proyecto y a todas las personas que participaron y me apoyaron.

RESUMEN

El trabajo de investigación “**Aplicación de la Perforación y Voladura en Breasting para Mejorar los Parámetros de Producción en los Tajos de la U.E.A. Heraldos Negros**”. Se ha desarrollado con el objetivo de continuar con la optimización en el proceso de la producción de los tajos en rotura. El estudio se consolida gracias al apoyo del Área de Planeamiento de la Unidad Minera “Heraldos Negros”.

En los procesos de rotura del mineral en los tajos se utiliza la perforación en realce, las voladuras realizadas con este método han sido tomadas como datos de la línea base para efectuar la comparación de los resultados. El proyecto de investigación propone la aplicación de un método de perforación en breasting capaz de optimizar los parámetros de producción, como granulometría, factor de potencia y toneladas rotas por corte.

Aplicado en el Método de Corte y Relleno Ascendente con su alternativa de la perforación en Breasting, se vio reflejado en el resultado de la fragmentación que como línea base en promedio se tenía una granulometría 6.4 pulgadas y con el cambio del método de perforación se mejora la granulometría obteniendo un promedio de 4.2 pulgadas. Asimismo, en cuanto al factor de potencia como línea base se tenía un promedio de 0.33 kg. / tn. y con la aplicación del método breasting se mejoró a un promedio de 0.25 kg. / tn. del material volado. En cuanto a las toneladas rotas por corte como line base se tenía un promedio de 49.37 toneladas y con el cambio del método breasting se incrementa a un promedio de 60.48 toneladas. Resultando muy significativo la aplicación del método breasting.

PALABRAS CLAVE: perforación en breasting, producción, tajos de explotación.

ABSTRACT

The research work “Application of Drilling and Blasting in Breasting to Improve the Production Parameters in the Pits of the U.E.A. Black Heralds.” It has been developed with the aim of continuing to optimize the production process of broken pits. The study is consolidated thanks to the support of the Planning Area of the “Heraldos Negros” Mining Unit.

In the processes of breaking the ore in the pits, enhancement drilling is used, the blasting carried out with this method has been taken as baseline data to compare the results. The research project proposes the application of a breasting drilling method capable of optimizing production parameters, such as grain size, power factor and broken tons per cut.

Applied in the Ascending Cut and Fill Method with its alternative of drilling in Breasting, it was reflected in the result of the fragmentation that the average baseline had a grain size of 6.4 inches and with the change in the drilling method, the granulometry obtaining an average of 4.2 inches. Likewise, regarding the power factor as a baseline, an average of 0.33 kg was had. / tn. and with the application of the breasting method it was improved to an average of 0.25 kg. / tn. of the material flown. Regarding the broken tons per cut as a base line, there was an average of 49.37 tons and with the change of the breasting method it increases to an average of 60.48 tons. The application of the breasting method is very significant.

KEY WORDS: drilling in breasting, production, exploitation pits.

INTRODUCCIÓN

La finalidad del trabajo de investigación: “**Aplicación de la perforación y voladura en breasting para mejorar los parámetros de producción en tajos de la U.E.A. los Heraldos Negros**”, es optimizar la fragmentación, disminuir el factor de potencia e incrementar el tonelaje de producción en los tajos de la minera mencionada; y demostrar que con el cambio de método de perforación y voladura en breasting se logra los objetivos.

En el primer capítulo se hace mención del planteamiento del problema, delimitación de la investigación, objetivos de la investigación, justificación y limitaciones de investigación

En el segundo capítulo se detalla el marco teórico describiendo las características del método de perforación y voladura, este capítulo es vital para entender el desarrollo del trabajo de investigación.

En el tercer capítulo se detalla la metodología de investigación.

En el cuarto capítulo se describe las pruebas de campo aplicando la perforación y voladura en breasting detallando los parámetros y condiciones de la perforación y voladura; posterior a eso se realiza el análisis y discusión de resultados, comparando los rendimientos e indicadores obtenidos en las pruebas de campo con la línea base.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema.....	21
1.3.1.	Problema general.....	21
1.3.2.	Problemas específicos	21
1.4.	Formulación de objetivos	22
1.4.1.	Objetivo general	22
1.4.2.	Objetivos específicos	22
1.5.	Justificación de la investigación	23
1.6.	Limitaciones de la investigación	23

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	24
2.2.	Bases teóricas científicas	28

2.3.	Definición de términos básicos.....	50
2.4.	Formulación de hipótesis.....	52
2.4.1.	Hipótesis general	52
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	52
2.5.	Identificación de variables.....	52
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	53

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	54
3.2.	Nivel de investigación	54
3.3.	Métodos de investigación	54
3.4.	Diseño de investigación.....	54
3.5.	Población y muestra.....	55
3.6.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	55
3.7.	Selección, Validación Y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación ..	56
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	57
3.9.	Tratamiento estadístico	57
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	57

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	58
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	68
4.3.	Prueba de hipótesis	77
4.4.	Discusión de resultados.....	83

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS⁸⁵

ANEXOS

- INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
- PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD

ÍNDICE DE PLANOS

Planos N° 1: Ubicación de la U.E.A. Heraldos Negros.....	3
Planos N° 2: Acceso de la U.E.A. Heraldos Negros	4
Planos N° 3: Plano de la geología regional de la U.E.A. Heraldos Negros.....	6
Planos N° 4: Plano de la Geología local de la U.E.A. Heraldos Negros	8
Planos N° 5: Plano de geología estructural de la U.E.A. Heraldos Negros	16

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Columna estratigráfica de la U.E.A. Heraldos Negros	13
Figura N° 2: Microcuenca donde se ubica la unidad los Heraldos Negros	18
Figura N° 3: Unidades hidro estratigráficas de la cuenca Chilihuayco.....	19
Figura N° 4: Método de perforación en realce	28
Figura N° 5: Relleno de labores explotadas	29
Figura N° 6: Método de perforación en breasting	30
Figura N° 7: Acceso de la rampa al tajo.....	35
Figura N° 8: Malla de perforación y voladura.....	39
Figura N° 9: Estructura del Anfo Pesado	49
Figura N° 10: Malla de perforación para realce	62
Figura N° 11: Malla de perforación en breasting	67
Figura N° 12: Avances del método realce por corte.....	68
Figura N° 13: Dimensión de la fragmentación por corte	69
Figura N° 14: Factor de carga por corte	69
Figura N° 15: Toneladas rotas por corte	70
Figura N° 16: Avance del método breasting por corte	71
Figura N° 17: Dimensión de la fragmentación por corte	71
Figura N° 18: Factor de carga por corte	72
Figura N° 19: Toneladas rotas por corte	72
Figura N° 20: Avances de cada método por corte	74
Figura N° 21: Fragmentación por método de perforación	74

Figura N° 22: Factor de carga de ambos métodos.....	75
Figura N° 23: Toneladas rotas por corte	76
Figura N° 24: Cantidad de taladros por corte	76
Figura N° 25: Prueba de la 1era Hipótesis específica	78
Figura N° 26: Prueba de la 2da Hipótesis específica	80
Figura N° 27: Prueba de la 3ra Hipótesis específica	82
Figura 28: Wincha métrica.	89
Figura 29: Laptop para registrar datos.	89
Figura 30: Modelo de análisis en tajos – veta Bomboncito.....	93
Figura 31: Análisis de zona plastificada en tajos – veta Bomboncito	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Accesos a la minera Heraldos Negros.	3
Tabla N° 2: Densidades de diferentes tipos de explosivo	48
Tabla N° 3: Tamaño de partículas de los explosivos.	50
Tabla N° 4: Operacionalización de variables	53
Tabla N° 5: Información de la perforación y voladura en realce	58
Tabla N° 6: Información de la perforación y voladura en breasting	63
Tabla N° 7: Perforación y voladura en realce.....	68
Tabla N° 8: Perforación y voladura en breasting.....	70
Tabla N° 9: Comparación de Resultados del método	83

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Considerando que toda empresa minera tiene planteado en cada una de sus operaciones de explotación del yacimiento de minerales que tiene en concesión primeramente controla la productividad, también debe considerar que, en la actualidad se tiene una variación de los precios de los metales, asimismo teniendo en cuenta del libre mercado es cada vez más competitivo. Vemos que el cliente busca calidad a un menor costo. Así la industria minera relacionada a la explotación de sus minerales establece su meta de cumplir con estos parámetros y estándares de su producto.

La empresa cuenta con una planta de procesamiento de sus minerales que en su primera fase tiene una capacidad con respecto al tamaño del mineral de 5.0 pulgadas. La velocidad de excavación o producción debe ser de 150 ton/día. Este rendimiento en fragmentación y velocidad de producción no son posibles, sin un adecuado planeamiento y diseño de Ingeniería, pero tampoco con el método de perforación utilizada en la actualidad que lo realiza en forma vertical de manera ascendente.

Actualmente en la Compañía Minera San Valentín - U.E.A. Heraldos Negros, se utiliza el método de explotación del corte y relleno ascendente con perforación vertical hacia arriba. Este método de perforación hace lenta la velocidad de producción en cuanto al tiempo, el tamaño adecuado del mineral roto, se obtiene constantemente una granulometría mayor a lo requerido el cual requiere de una voladura secundaria y se tiene un elevado factor de potencia o consumo de explosivo. Aplicando el nuevo método de perforación en breasting u horizontal se tiene planeado reducir el tiempo de perforación, obtener una granulometría más estable y mejorar el factor de potencia.

1.2. Delimitación de la investigación

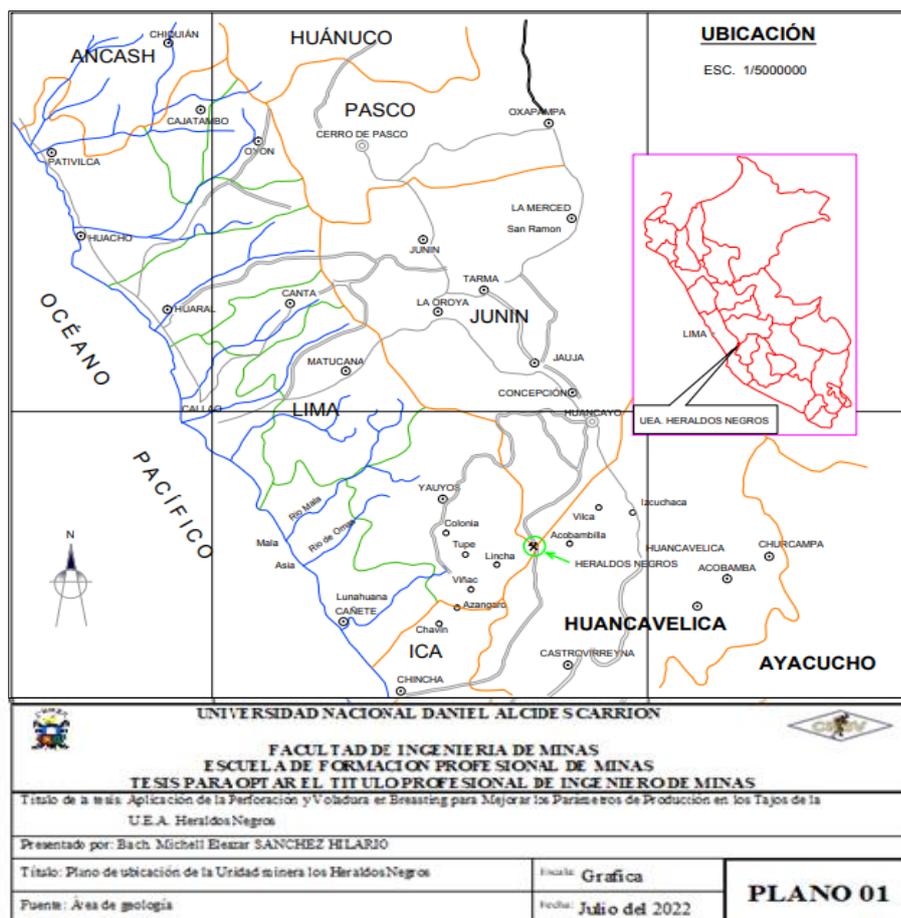
1.2.1. Unidad Económica Administrativa los Heraldos Negros

a. Ubicación Geográfica

La U.E.A. Heraldos Negros, propiedad de la Compañía Minera San Valentín S.A, se localiza en la comunidad de Acobambilla, distrito de Acobambilla en la provincia y departamento de Huancavelica.

Geográficamente, se ubica en el paraje del cerro Condoray, circundado por las lagunas Acchicocha, Esperanza, Condoray, Capillayoc y Angascocha. Presenta una altitud promedio de 4,850.0 m.s.n.m. (Puchoc, 2021).

Planos N° 1: Ubicación de la U.E.A. Heraldos Negros



Fuente: Área de geología de la unidad Heraldos Negros

b. Accesibilidad

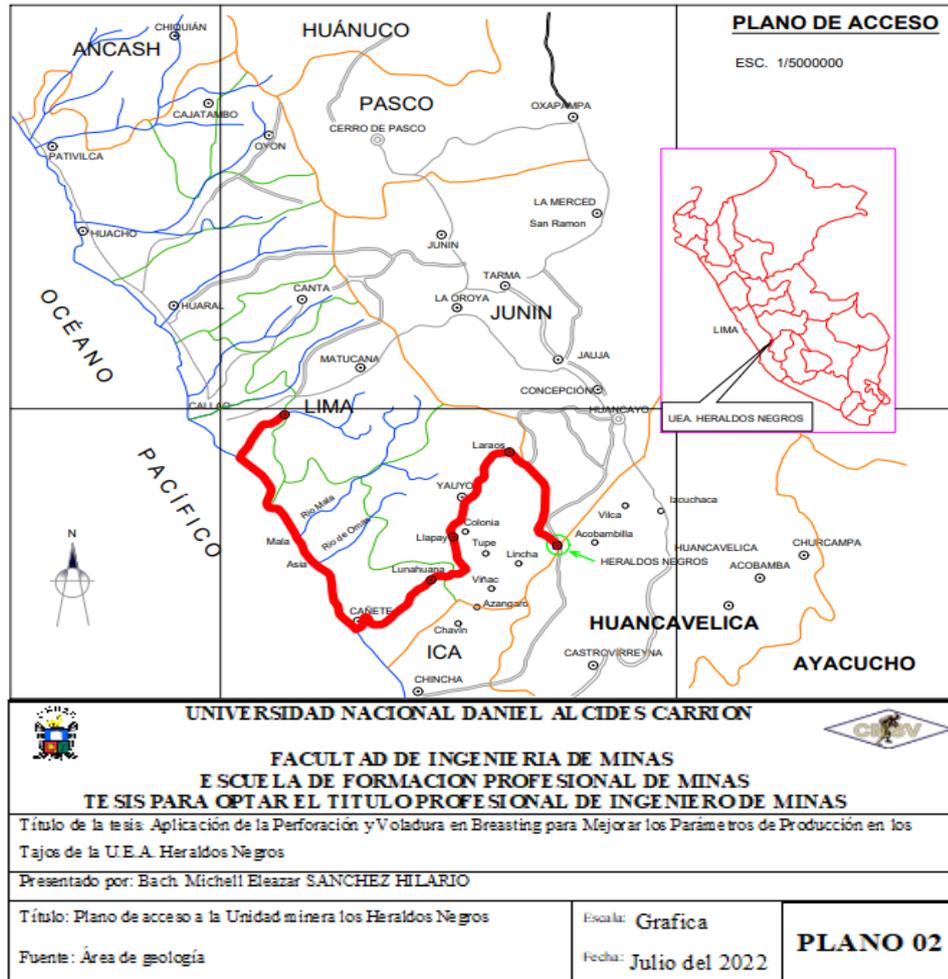
Las vías de acceso son por medio de Carretera asfaltada y afirmada, se detalla en la siguiente: tabla 1:

Tabla N° 1: Accesos a la minera Heraldos Negros.

Tramo	Distancia (Km)	Recorrido en camioneta (Horas)	Tipo de vía
Lima – Cañete	150	2.5	Asfaltada
Cañete – Lunahuana	40	0.7	Asfaltada
Lunahuana – Llapay	120	3.0	Asfaltada
Llapay – Laraos	12	0.4	Asfaltada
Laraos – San Valentín	19	0.7	Afirmada
San Valentín –Heraldos Negros	50	2.5	Afirmada
Total	391	9.8	

Fuente: Área de geología de la unidad Heraldos Negros.

Planos N° 2: Acceso de la U.E.A. Heraldos Negros



Fuente: Área de geología de la unidad Heraldos Negros

c. Geología Regional

De la correlación de imágenes satelitales Landsat III (MSS) y Landsat V(TM), planos geológicos regionales y planos de distribución, de los principales yacimientos o centros mineros en producción, se ha concluido que; en las altas cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Perú, existe un gran número de yacimientos polimetálicos, que están ubicados dentro de una zona de fallamiento longitudinal de alto ángulo.

Esta zona de falla, es el rasgo estructural regional lineal más importante y continuo, que controla no solamente la ubicación de

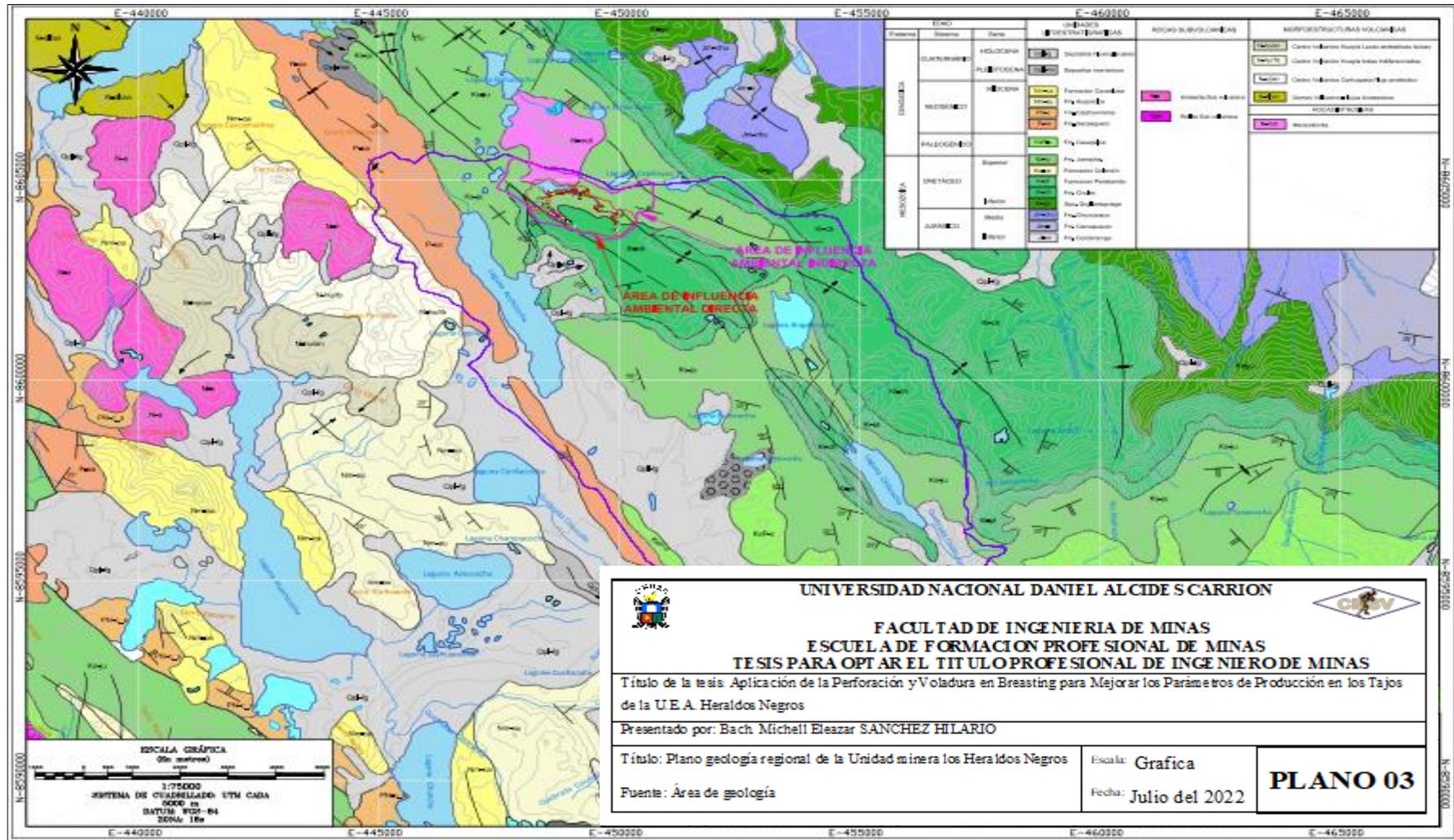
diversos yacimientos o distritos mineros, sino también la localización de stocks intrusivos, y centros volcánicos Neógenos.

Tomando como referencia al Prospecto Heraldos Negros. La zona de fallamiento incluye hacia el noreste a los yacimientos polimetálicos de San Valentín (antes Satanás), Yauricocha, San Cristóbal y Morococha y hacia el sureste a los distritos mineros de Castrovirreyna, Huachocolpa, Julcani y San Genaro, entre otros.

La zona de fallamiento longitudinal fue mapeada con el nombre de "Falla Chonta", de alto ángulo, en el área de San Genaro, pudiendo ser seguida mediante el uso de imágenes satelitales hasta su extremo noreste. La zona de "Falla Chonta" en Heraldos Negros, coincide con la traza de la veta, falla Esperanza (hoy veta Bomboncito).

En la Mina San Valentín, por la zona de la falla, hay cuerpos de brecha y mineralización que se están explotando subterráneamente. (Rodríguez, 2008).

Planos N° 3: Plano de la geología regional de la U.E.A. Heraldos Negros



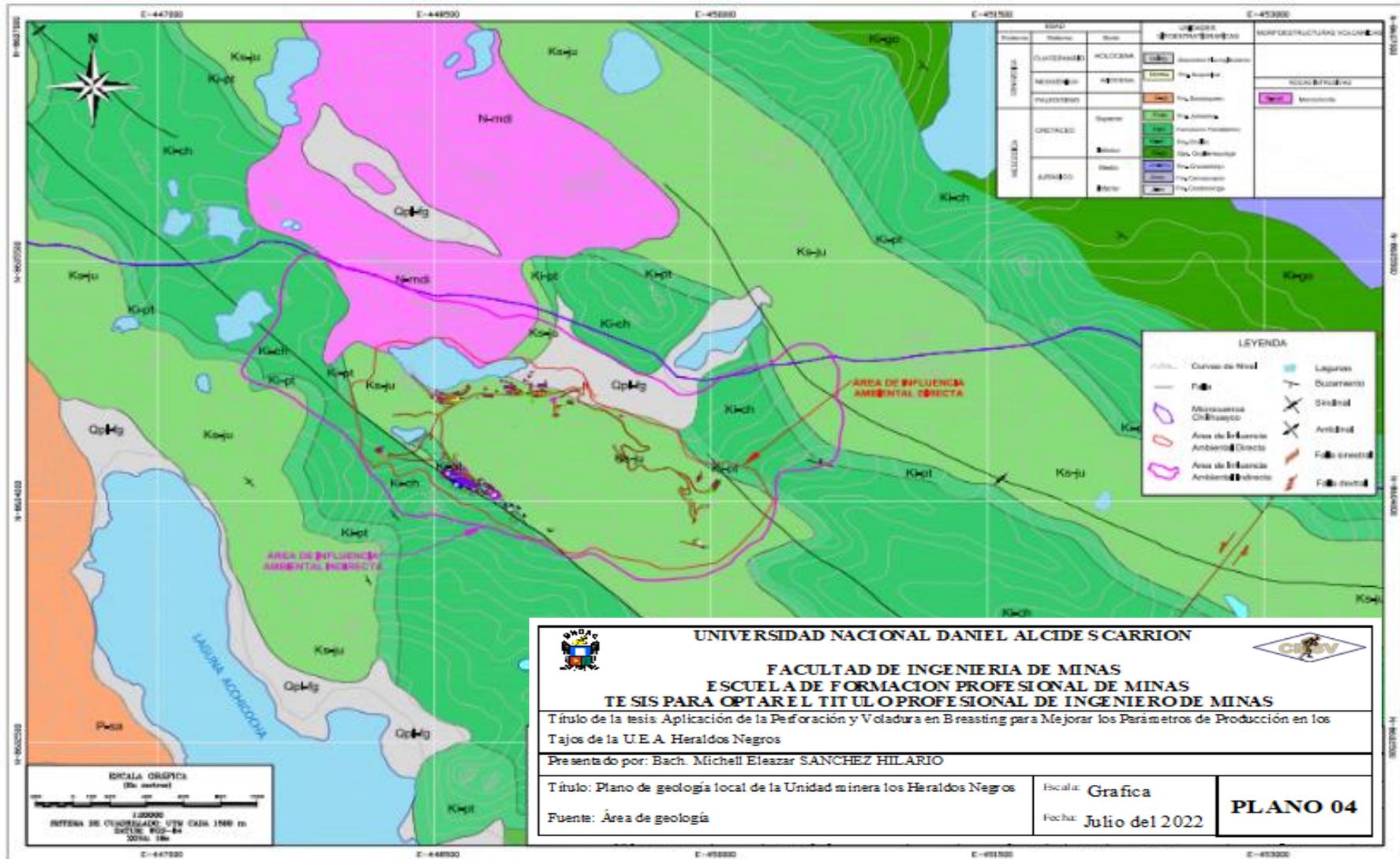
Fuente: Área de geología de la unidad Heraldos Negros

d. Geología local

En el área donde se ubica la unidad Heraldos Negros, afloran rocas sedimentarias, calizas grises y gris claro del mesozoico con rumbo $N24^{\circ}W$ y buzamiento $58^{\circ}SW$, y rocas volcánicas andesíticas piritizadas, estas rocas han sido atravesadas por pequeños intrusivos de composición monzonítica, las mismas que han originado la piritación de las rocas adyacentes, estando los depósitos minerales económicos relacionados a éstos intrusivos. Las formaciones Jumasha y Pariatambo sobreyacen concordantemente a otras más antiguas formando un anticlinal, abierto con lineamiento andino.

En el cerro Nevado Condoray, dentro de Heraldos Negros, el plano axial del anticlinal antedicho, fue roto y fallado formando esencialmente una brecha que aloja a los cuerpos mineralizados entre dos fisuras que son la veta Heraldos y la veta Bomboncito (antes veta Esperanza) y un sistema conjugado de fracturas transversales, que alojan vetillas de calcita con algunos sulfuros. En el flanco noreste del anticlinal, justamente en el lado noreste de la laguna Condoray, un Stock monzodiorítico instruye a las calizas de la Formación Jumasha, formando una aureola de calcita marmolizada, de igual modo, un pórfido cuarífero con intensa disseminación de pirita aflora al este de la laguna Condoray. (Rodríguez, 2008).

Planos N° 4: Plano de la Geología local de la U.E.A. Heraldos Negros



Fuente: Área de Geología U.E.A. Heraldos Negros

e. Estratigrafía

Se describe a continuación, la distribución estratigráfica que afloran en la región.

1. Formaciones Chúlec – Pariatambo (Ki-chp)

Esta unidad geológica se ubica en las laderas de los cerros en las altiplanicies y están compuestas por dos miembros, (Chúlec) en conformada por arcillas calcáreas, calizas con intercalaciones de margas calcáreas y lutitas arenosas; y al tope (Pariatambo), igualmente de calizas bituminosas, bancos de arcilla y yeso.

En la zona mineralizada, se presenta como un paquete de estratificación delgada negra sobre el flanco Noreste de la quebrada Heraldos Negros, que se observa en el Nv. 940. Esta formación bituminosa con nódulos de chert presenta una potencia de hasta 120 m. compuesta de estratos delgados de calizas con algunos horizontes de lutitas y limonitas calcáreas. Esta formación no continúa en el flanco opuesto del anticlinal debido a su desplazamiento normal por la veta falla Esperanza.

2. Formación Jumasha (ks-j)

La formación Jumasha descansa en concordancia sobre la formación Pariatambo en un anticlinal de lineamiento andino cuyo eje se inclina levemente hacia el NW. Aflora de manera circundante en toda el área del proyecto, tiene una potencia aproximada de 400 m y sobreyace concordante a las calizas y lutitas de la formación Pariatambo. Esta potencia consiste de intercalaciones de calizas de color gris a calizas dolomíticas de

color gris amarillento a blanco. Presentan a veces concreciones de chert e intercalaciones de margas.

3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Afloramientos se ubican al Proyecto y está constituido básicamente de areniscas cuarzosas con lutitas gris verdosas, calizas, mantos carbonosos y ocasionalmente “sills” de diabasa y derrames volcánicos. Por lo general, corresponde a las rocas clásticas que yacen sobre las “calizas Pucará” y debajo de las formaciones calcáreas del Albiano.

4. Formación Sacsaquero (Tim-s)

Esta es una secuencia volcánica-sedimentaria, constituida por andesíticas, tobas, areniscas y rocas limosas-argiláceas. En superficie se presenta con relieve muy accidentado y agreste, fracturada, moderadamente alterada y con escasa cobertura de suelo residual.

5. Formación Caudalosa (Ts-ca)

Esta es una secuencia volcánica, principalmente constituida por piroclastos, flujos andesíticos, riolacitas y areniscas tufáceas. Se puede apreciar en zonas de terreno suaves.

6. Depósitos Glaciares (Qr-g) y Fluvioglaciares (Qr-tg)

Se les conoce también como depósitos morrénicos (gravas angulosas, bloques, guijarros y arena) de forma subredondeado, dispuestas sin estratificación en una abundante matriz de limo y arcilla, se presentan en forma de colinas bajas y llanuras. Estos suelos generalmente se muestran compactos Este depósito se

encuentra dentro del área de actividades mineras. Los fluvioglaciares se ubican en sectores depresionados suaves en dirección de las corrientes de agua.

7. Rocas Intrusivas (t-mdi)

Esta unidad litológica terciaria está compuesta por andesitas, y stock Intrusivo de naturaleza mozodiorita de dimensiones 1 km x 2 km, la cual ha intruído a las rocas calcáreas de la Formación Jumasha, y que muy probablemente tenga relación con los fluidos mineralizantes del yacimiento Heraldos Negros. (Wiese & Noble, 2001).

f. Geología económica

El yacimiento; consiste de un relleno de fracturas, en los espacios abiertos favorables a lo largo de las fallas “Esperanza” y “Heraldos Negros”, en donde se forman cuerpos y/o lentes mineralizados, de formas alongadas algo discontinuas. Las estructuras formadas son:

- **Veta Heraldos Negros**

Está formado por una mineralización de sulfuros como Pirita, esfalerita, galena, galena-argentífera, calcopirita; formando estructuras tipo rosario, con potencias variables desde el 3.5 metros hasta estrangularse; Además en algunas zonas presenta calizas fuertemente fracturadas rellenas con calcita y con sulfuros de zinc y plomo. Los hastiales son calizas bituminosas de la formación Pariatambo. El rumbo promedio de la veta es de N40°W.

- **Veta Bomboncito**

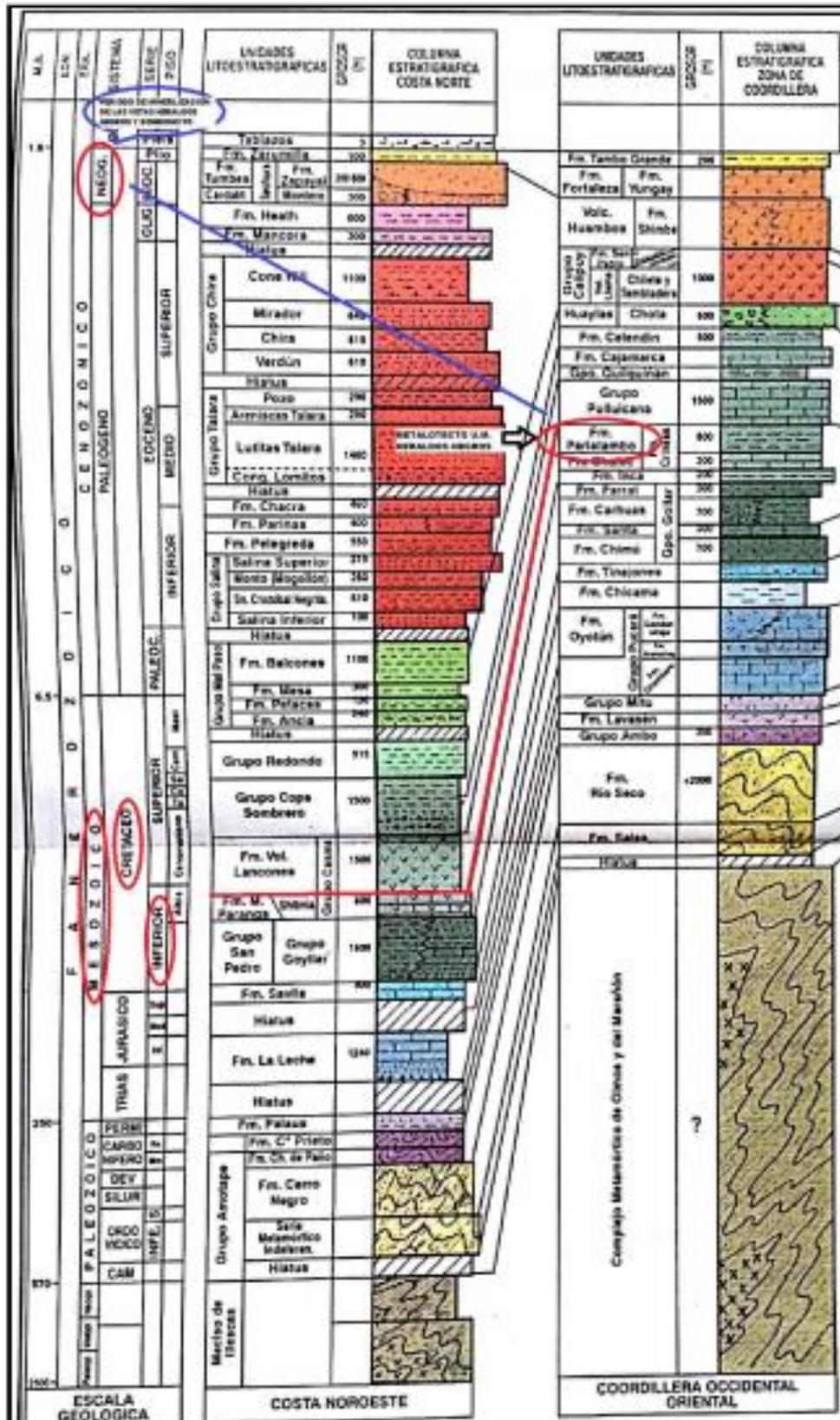
Estructura mineralizada emplazada en la falla “Esperanza”, cuyas longitudes más representativas es en el nivel 940 con 300 metros de exposición, presentándose como bolsonadas y lazos cimoides con potencias que llegan a los 8 metros, aparentemente con un plunge NW-SE. La mineralización se presenta con esfalerita rubia y galena en matriz brechoza y panizada, a veces como mineral deleznable, el rumbo promedio de la veta es de N38°W.

- **Stock Work**

En la zona de superficie existe una zona de vetilleo entre las fallas Heraldos Negros y Esperanza en un ancho de 60 metros, todo emplazado en la formación Jumasha, este vetilleo al pasar a la formación Pariatambo se comienzan a estrangular y empobrecer.

En superficie se observa fracturas con relleno de calcita estas además presentan venillas y diseminaciones de esfalerita y galena separados por brechas de calizas pobres. (Calderón, 2021).

Figura N° 1: Columna estratigráfica de la U.E.A. Heraldos Negros



Fuente: Área de geología de la U.E.A. Los Heraldos Negros

g. Geología estructural

Estructuralmente la veta Heraldos Negros forma parte de la falla regional “Chonta”; el cual es una falla regional de alto ángulo, cuya traza de la falla Esperanza coincide, con dicha falla cuyo rumbo vario de N58°W, N60°W, N45°W y N50°W. Estos tipos de fallas; no solo controlan el yacimiento de minerales sino también, el stock de intrusivos y centros volcánicos neógenos. Las formaciones Jumasha y Pariatambo sobreyacen concordante y forman un anticlinal, cuyo eje axial fue roto y fallado formando una zona de brecha, donde se alojan cuerpos mineralizados entre dos fisuras, veta heraldos negros y veta Esperanza, además existe un sistema transversal de fracturas con relleno de calcita. (Rodríguez, 2008).

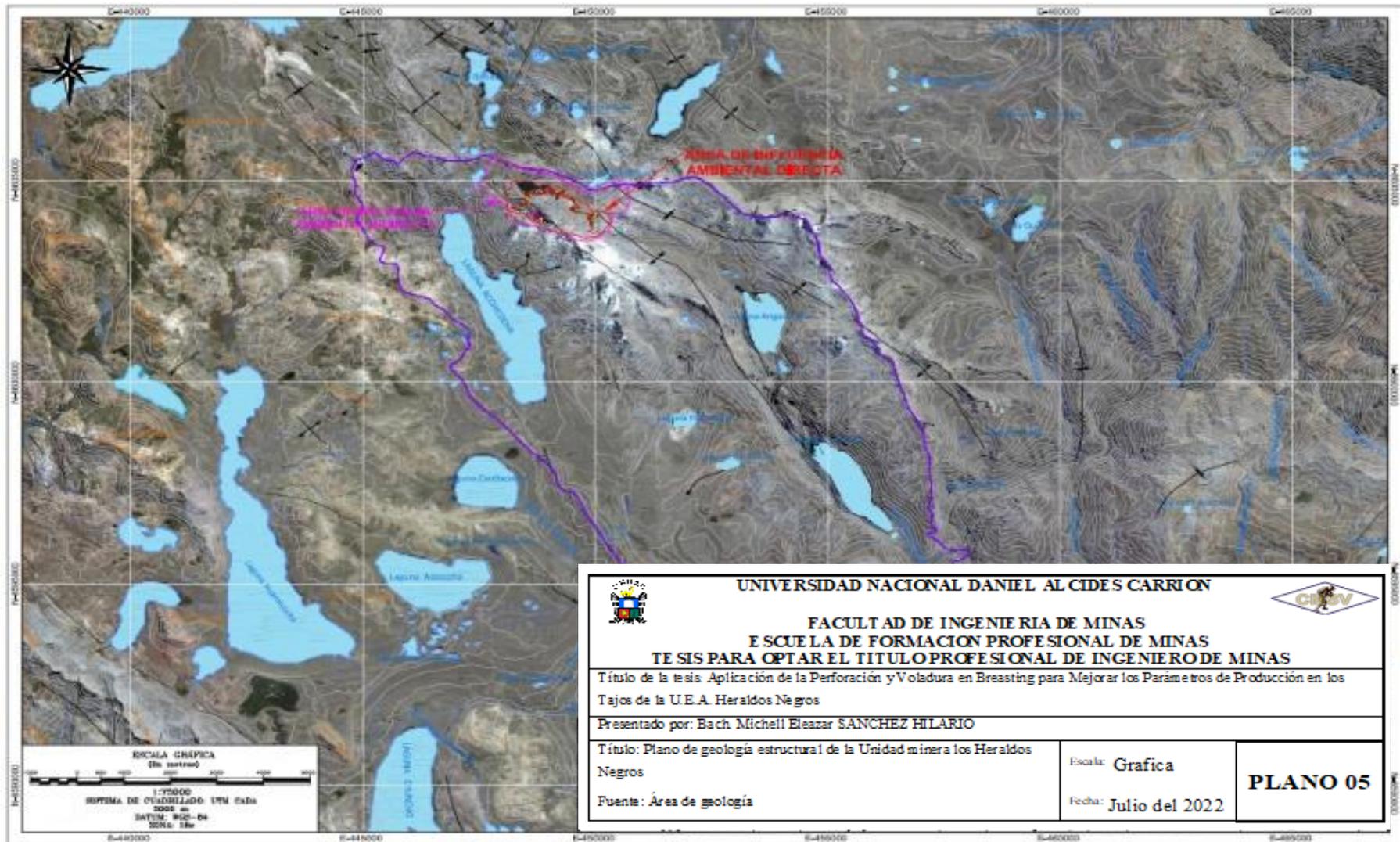
h. Geomorfología

En el área de estudio se encontraron diferentes geoformas desarrolladas por agentes de meteorización a través del tiempo, que han actuado sobre el cuerpo rocoso modelando el relieve que sostiene el presente. Se ha identificado las características geomorfológicas más relevantes del área de estudio, describiendo las formas dominantes de su relieve, considerando el origen, pendiente, litología y magnitud de las elevaciones topográficas. También se examinan los procesos erosivos que en la actualidad inciden en su morfología.

Topográficamente el área de estudio va desde los 4200m.s.n.m hasta 5000 msnm, con una pendiente moderada a fuerte y como

resultado el modelo resultante predominante es Montañas fuertemente empinadas y altiplanicies. (Rodríguez, 2008).

Planos N° 5: Plano de geología estructural de la U.E.A. Heraldos Negros



Fuente: Área de geología de la U.E.A. Los Heraldos Negros

i. Caracterización hidrológica

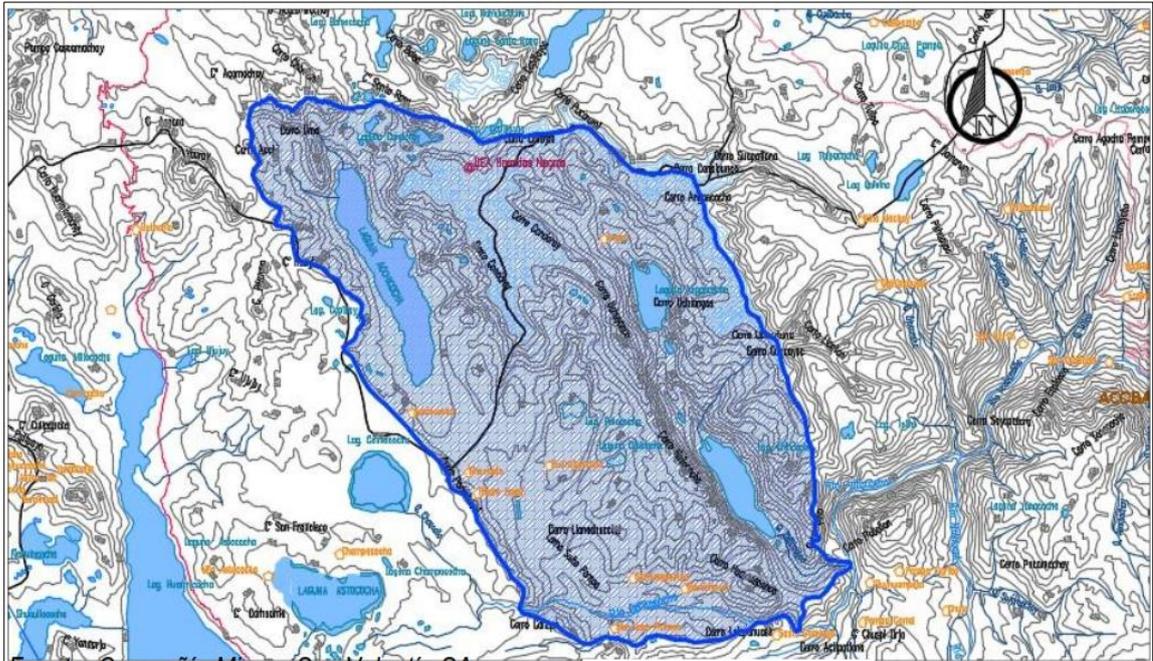
La cuenca del Mantaro dentro de sus principales fuentes de alimentación tiene manantiales, lagunas, quebradas, nevados y ríos, dichas fuentes se forman por la precipitación pluvial estacional que cae en la zona y del aporte de las filtraciones provenientes de los sectores superiores. Dentro del área de influencia correspondiente al presente estudio se ha reconocido a la quebrada Chilihuayco, las cuales se describe a continuación. Hidrográficamente, la quebrada Chilihuayco limita por el norte con las lagunas Yurajcocha y Angascocha, por el sur limita con las quebradas Chojepite y Picuy, por el oeste limita con las lagunas Canllacocha y Champacocha, en tanto que por el este colinda con el río Antacocha. La zona de estudio se encuentra en el rango de altitudes comprendida desde el nivel de 4200 msnm hasta los 4400 msnm (altura media: 4800msnm).

Esta quebrada tiene su nacimiento en los cerros Huamaspunco, Huilacocha, Uchuyanco y Cuncayoc, con una dirección de NE a SO, así mismo pertenece al sistema hidrográfico de la cuenca Mantaro, que a su vez pertenece a la cuenca hidrográfica del Amazonas.

Climatológicamente la microcuenca Chilihuayco es considerada de régimen permanente, con precipitaciones en todo el año, excepto en invierno, así mismo está considerado como una zona semifrígida y húmeda, con precipitaciones anuales promedio entre 700 a 1500 mm. La microcuenca de la quebrada Chilihuayco, tiene

un área de drenaje de 91.237 km², asimismo el cauce principal tiene una longitud de 12.134 km y una pendiente promedio de 9.506 %. (Wiese & Noble, 2001).

Figura N° 2: Microcuenca donde se ubica la unidad los Heraldos Negros



Fuente: Área de geología de la unidad los Heraldos Negros

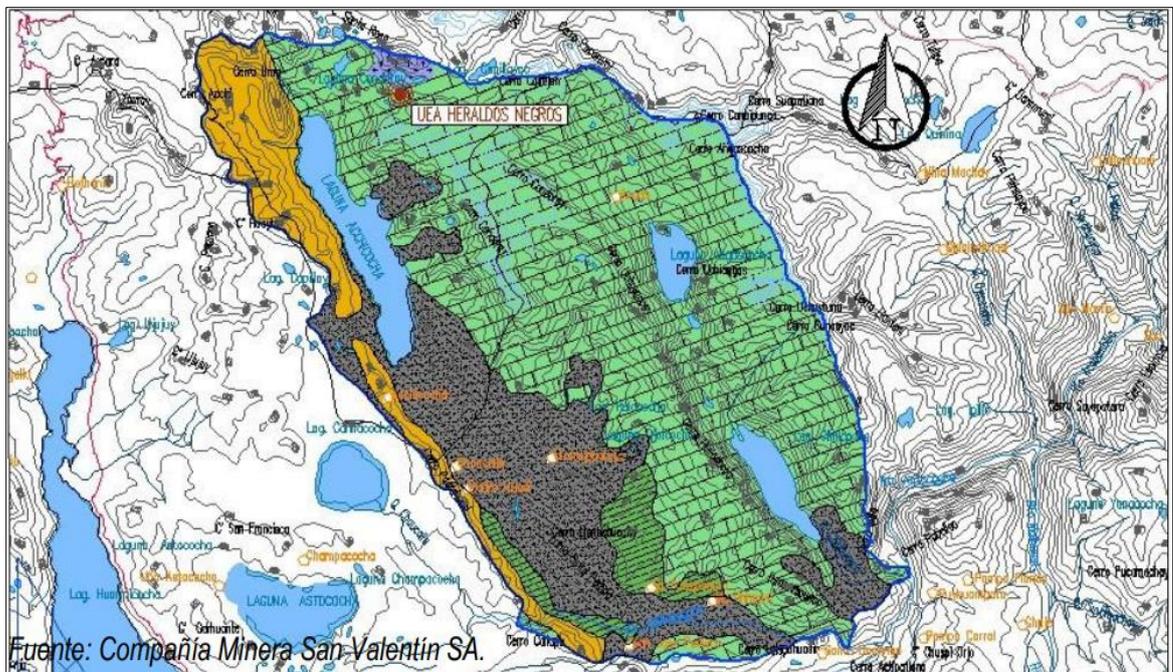
j. Caracterización hidrogeológica

La caracterización de las unidades litológicas desde un punto vista hidrogeológico comienza con lo siguiente; El estudio de la geología (ubicación, identificación, descripción de las rocas y propiedades hidrogeológicas inherentes), la litología, la posición estratigráfica y estructural; La geomorfología ligados a procesos de dinámica externa: erosión, transporte y sedimentación dan lugar a diversos depósitos: fluviales, glaciales, aluviales y otros que constituyen acuíferos; Medida de las frecuencias de fracturas y fallas en los afloramientos de rocas que conforman los sistemas

fisurados acuíferos. Una unidad hidroestratigráfica se caracteriza por el grado variable de almacenar y transmitir agua, desde este punto de vista las unidades hidroestratigráficas reconocidas dentro de la UEA Heraldos Negros es la siguiente:

- Unidad hidrogeológica semi consolidada.
- Unidad hidrogeológica volcánica – piroclástica fisurada.
- Unidad hidrogeológica fisurada sedimentario volcánico.
- Unidad hidrogeológica fisurada calcáreo.
- Unidad hidrogeológica acuífugo intrusivo. (Wiese & Noble, 2001).

Figura N° 3: *Unidades hidroestratigráficas de la cuenca Chilhuayco.*



Fuente: Área de geología de la unidad los Heraldos Negros.

k. Propiedades de la roca para la perforación en breasting

1. Densidad

Se tomaron muestras representativas de mineral de las zonas de trabajo, las cuales fueron remitidas al laboratorio metalúrgico de planta; obteniéndose los datos mostrados a continuación:

- Muestra Nivel-Zona gr/cm³
- Caliza NV 5010 2.62

2. Humedad

Se obtuvieron muestras representativas, para ser evaluadas en el laboratorio metalúrgico de CMSV S.A, en el cual se ejecutaron ensayos de humedad natural.

Muestra Nivel – Zona; Humedad (%): 7.87

3. Módulo de Deformación.

El módulo de Young (Módulo de Deformación) es un parámetro que caracteriza el comportamiento elástico de un material, para nuestro caso aplicaremos las correlaciones con respecto a I RMR (Serafín & Pereira, 1984).

- (Gap para RMR >50)
- (Gap para RMR <50)
- Varía de 37 a 45 en rebote.

4. Resistencia a la Compresión Simple

Uno de los principales parámetros geo mecánicos del macizo rocoso es la resistencia a la compresión simple de la roca intacta y con el objeto de determinar la resistencia a la

compresión y para determinar este parámetro se hizo uso del método indirecto.

De los ensayos con el martillo de schmithd, el promedio es de 81.3 MPa.

5. Dureza

La dureza del macizo rocoso presenta un promedio de RMR de 41 a 60, considerado un tipo de roca tipo III, regular. Por lo que con una perforación en breasting se tiene un techo más seguro y estable. (Piano, 2021).

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible mejorar los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica, con la aplicación de la perforación y voladura en breasting; 2021.

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar la granulometría del mineral en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica; 2021.
- b) ¿La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar el factor de potencia en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica;

2021.

- c) ¿La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar el tonelaje del mineral fragmentado en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica; 2021.

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Mejorar los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica, con la aplicación de la perforación y voladura en breasting; 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

Mejorar la granulometría del mineral con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica; 2021.

Mejorar el factor de potencia con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica; 2021.

- a) Mejorar el tonelaje del mineral fragmentado con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica; 2021.

1.5. Justificación de la Investigación

Los nuevos estándares que se debe cumplir en los procesos de explotación de minerales, exigen a las empresas mineras a mejorar, aplicar e implementar métodos de perforación y voladura que optimicen el proceso de producción de los minerales en términos de fragmentación, consumo de explosivo y el incremento del mineral fragmentado. Esto es posible gracias a las características técnicas de la aplicación de la perforación y voladura en breasting, su alta velocidad de perforación y el uso de la emulsión a granel o encartuchados de alta velocidad de detonación pueden garantizar el cumplimiento de estos parámetros de producción de los tajos.

La presente investigación tiene el fin de evaluar técnicamente los resultados de la perforación y voladura en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros con el objetivo de contar con una nueva opción que le permita mejorar el proceso de producción. Así mismo que sirva como base y modelo para la investigación de otras empresas mineras en cuanto a la producción de sus minerales.

1.6. Limitaciones de la investigación

Una de las limitaciones en la investigación, es el acceso limitado al historial de informaciones de los parámetros de fragmentación y velocidad de excavación que determinan la eficiencia técnica de la perforación y voladura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

A. Antecedentes nacionales

- Villalta, R. (2018). De la Universidad Nacional del Altiplano, presenta su tesis de investigación “Aplicación del método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la unidad San Cristóbal de la compañía minera Volcan S.A.A.” en el análisis de la investigación de problemas explotación y de sostenimiento, tiene como objetivo determinar métodos que bajen los altos costos de minado y mejore el nivel de productividad de las operaciones mineras. La investigación busca conocer la geometría del depósito mineral, las características geomecánicas del macizo rocoso, para la implementación del método de explotación de taladros largos.
- Vilca, C. (2018). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, en la investigación “Diseño e implementación del método de explotación

Bench and Fill Stoping en vetas angostas tipo rosario, para incrementar la producción – Minera Chaluane SAC” determina la influencia del método de explotación de las vetas y los costos por tonelada de producción en cada una de las operaciones por que, el método de minado Cut & Fill no ha dado resultados programados, en parte es por las vetas angostas de la unidad minera.

- Plantea una solución con la implementación del método Bench & Fill, lo que después de evaluar las condiciones mínimas requeridas, la propuesta es factible al implementar el método para reducir los costos de producción. Logrando un mejor nivel en la seguridad del personal de los tajos por no tener trabajos de fortificación en la estabilidad de las labores del método seleccionado.
- Coto, A. (2018). Universidad Nacional del Altiplano, en su tesis “Factores representativos en los métodos de explotación en la unidad minera San Rafael – Minsur S.A”, analiza los diferentes métodos de explotación para obtener un método que genere alta productividad y rentabilidad a la minera; la investigación analiza los métodos que se ejecutan. El estudio evalúa los métodos de explotación como Cut and Fill Stoping, Sub Level Stoping, Shrinkage Stoping, Bench and Fill Transversal y Longitudinal. En la recopilación, presentación, análisis e interpretación de resultados de la información selecciona el óptimo método de explotación que eleva la productividad; en conclusión, la investigación determina que el método de explotación de taladros largos bench and fill llega a un porcentaje significativo de 36% determinando

como la óptima alternativa.

- Garrido, J. (2015). En el estudio “Mejora y control de estándares en perforación y voladura para la reducción del costo en Mina Animón” analiza la factibilidad de la reducción de los costos del ciclo de minado, aplica para ello estándares mejoras de trabajo y control en las principales operaciones unitarias de minado como la perforación y voladura. El problema general de la investigación es: ¿Cómo mejorar y controlar los estándares de perforación y voladura para la reducción del costo en la Mina Animón? El objetivo es disminuir los costos de perforación y voladura mediante la mejora de los estándares de las labores mineras subterráneas. La hipótesis consiste que mediante la mejora y control de los estándares de perforación y voladura es posible disminuir los costos en labores mineras subterráneas. La conclusión de la investigación es que a través de la mejora de los estándares de las operaciones unitarias de Perforación y voladura en la Mina Animón, se logra una reducción del costo unitario total de mina en 4.18 US\$/TMS es decir una reducción del 18.49% en comparación con lo que se venía obteniendo. Representando una reducción en costos operativos de mina de 3'771,000.00 US\$ al año.

B. Antecedentes internacionales.

- Sánchez, V. 2014. La tesis “Optimización en los procesos de perforación y voladura para minimizar los costos de explotación en la mina Bethzabeth”. Concluye en su análisis efectuado en la malla de perforación que actualmente se aplica para la fragmentación del mineral

de las vetas Sucre y Tres Diablos de la concesión Bethzabeth, demostró falencias en el número de taladros, cantidad de carga, velocidad de detonación y el tiempo destinado a las labores de barrenación y cargado del explosivo, como consecuencia se obtiene un alto costo de explotación.

- Zapata, C. (2015). Universidad de Cuenca del Ecuador, en la investigación de “Análisis de los costos de explotación para el sector minero en el área de extracción de oro e implementación de un sistema de costos por procesos en la Asociación Comunitaria Minera La Maná”. Evalúa los costos de todos los procesos de producción con el objetivo de determinar el mejor costo de producción, logrando su objetivo de implementar los procesos aplicando nuevas condiciones más estables que permite mejorar los costos de producción.
- Salazar, R. (2015). en la tesis “Remoción de rocas con explosivos, para la construcción de caminos a menores costos”. Menciona que, dadas las actuales necesidades de producción y rapidez versus costos; con la aplicación de una nueva malla de perforación y un cambio de densidad del explosivo cumplen en mejor forma los requerimientos del consumo de explosivos, rotura de las rocas permitiendo un más eficiente trabajo de los equipos de carguío y transporte asimismo en lo que respecta a la perforación, traslados, alcance, seguridad y logrando mejorar los costos de producción.

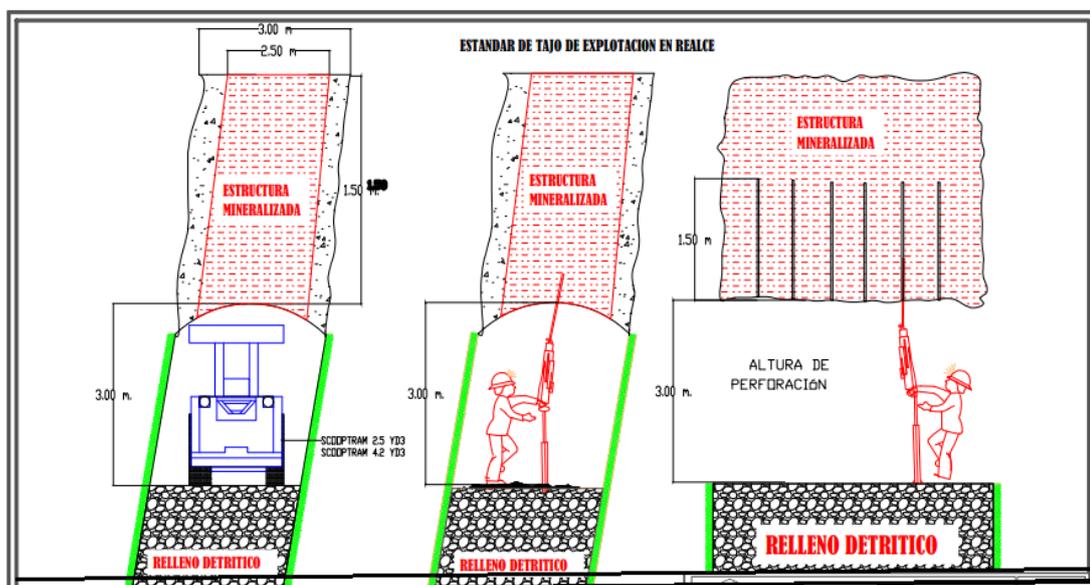
2.2. Bases teóricas - científicas

a. Método de perforación en realce

El método de perforación en realce utilizada en el método de explotación de corte y relleno ascendente, se perfora taladros verticales ascendentes o casi verticales formando un ángulo variable de 80° a 90°; este modelo de perforación se realiza con equipos llamados stop wagon o equipos manuales como la jackleg o stoper, la longitud de los barrenos es variable de acuerdo a la dimensión de los equipos se tiene taladros desde los 6 pies hasta los 14 pies, esta longitud se determina por el tipo de yacimiento y la dimensión de la empresa minera.

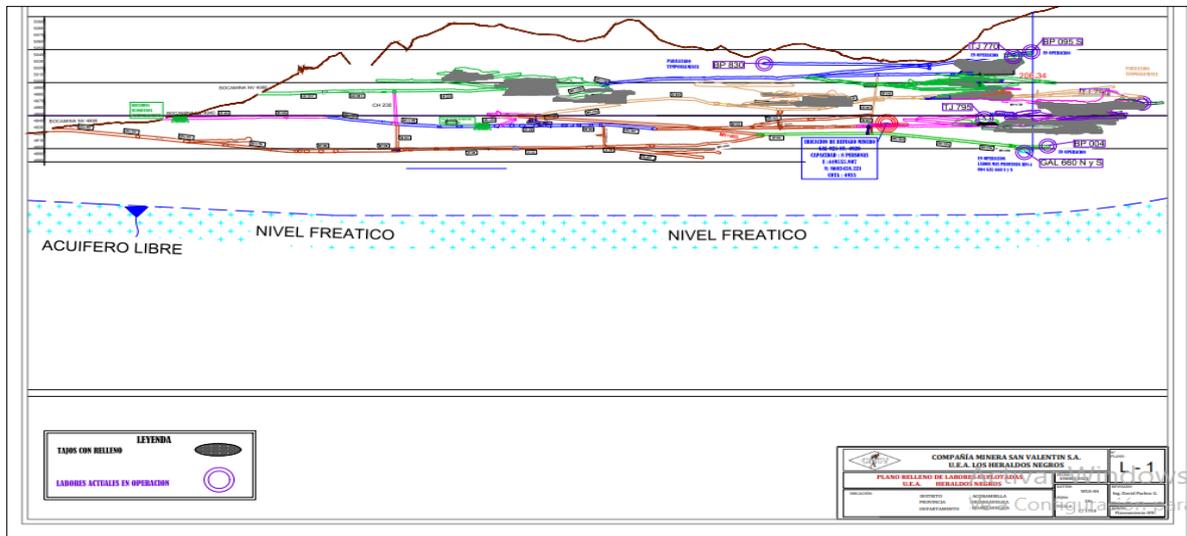
Este método de perforación es bastante riesgoso ya que se perfora hacia el techo, muchas veces se tiene accidentes por caída de bancos es muy difícil de controlar el techo por la altura, así mismo el producto de la voladura en su gran mayoría se obtienen bancos de gran dimensión requiriendo el uso de la voladura secundaria. En la figura siguiente se puede observar el método de perforación en realce. (Piano, 2021).

Figura N° 4: Método de perforación en realce



Fuente: Departamento de planeamiento mina

Figura N° 5: Relleno de labores explotadas



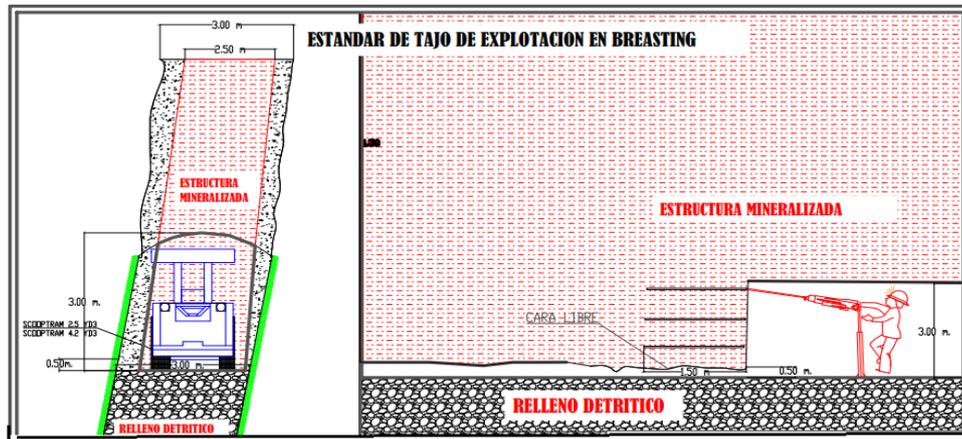
Fuente: Departamento de planeamiento mina

b. Método de perforación en Breasting

El método de perforación en breasting es utilizada en el método de explotación de corte y relleno ascendente, la perforación se realiza en forma horizontal, la sección del frente depende del tipo de yacimiento. El frente de perforación tiene una cara libre en la parte inferior de una abertura de más o menos medio metro el cual permite el diseño de la malla de perforación similar al del superficial, los equipos de perforación son variables desde las maquinas manuales tipo jackleg hasta jumbos de uno o dos brazos dependiendo de la dimensión del cuerpo mineralizado y de la empresa minera.

Este método de perforación es más segura ya que se trabaja sobre un techo de menor altura y más segura ya que no se debilita el techo durante la perforación; asimismo se obtiene mejores resultados en comparación al método de perforación en realce; la longitud de los barrenos varía desde los 6 pies hasta los 14 pies dependiendo del equipo de perforación que se está

utilizando, en cuanto al requerimiento de la voladura secundaria es mínima ya que se puede controlar los parámetros de perforación y voladura, en el siguiente grafico se puede observar el método de perforación. (Piano,



2021).

Figura N° 6: Método de perforación en breasting
Fuente: Departamento de planeamiento mina

2.2.1. Método de explotación corte y relleno ascendente

A. Principios Generales

Es un método de explotación ascendente, el mineral es arrancado por franjas horizontales con perforación en realce vertical o perforación en breasting empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente. Cuando se ha extraído la franja completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril con relleno detrítico proveniente de labores de avance o con relleno hidráulico, que sirve de piso de trabajo a los obreros y al mismo tiempo permite sostener las paredes del tajo, y en algunos casos especiales el techo. La explotación de corte y relleno puede utilizarse en yacimientos que presenten las siguientes características:

- Fuerte buzamiento, superior a los 50° de inclinación.
- Características físico-mecánicas del mineral y roca de caja relativamente mala (roca incompetente).
- Potencia moderada.
- Límites regulares del yacimiento. (Tolentino, 2012).

B. Evaluación del Planeamiento

Una vez decidido que el método de explotación corte y relleno ascendente es el más eficiente para el cuerpo mineralizado: Debemos evaluar la disponibilidad de relleno y la selección de un sistema de transporte eficiente. Aunque el relave es el producto más comúnmente usado, no siempre es lo más práctico por ubicación o calidad del relave. Por ende, el tipo de relleno y equipo usado determinarán el piso para evitar la dilución. El tamaño del equipo determinará la cantidad de preparaciones para el tajo y tamaño de la operación. La abertura será determinada por la resistencia de las paredes de la roca y la cantidad de pernos u otro tipo de sostenimiento que se coloque. Luego se determinará el tipo de equipo de perforación. Los accesos deben estar libres y se construirán chimeneas de ventilación para tener un mejor ambiente de trabajo. (Tolentino, 2012).

C. Planeamiento del Tajeo

Por flexibilidad del método y variabilidad de las zonas de mineral, el arreglo toma como base el tajo. Donde la continuidad es un problema, el tamaño del tajo es determinado por el límite del

mineral. Si hay continuidad, la longitud del tajo se determinará por tiempo de las etapas del ciclo (preparación, relleno, minado y extracción). La rampa debe dar un buen acceso al tajo y de gran utilidad para varios cortes. La gradiente de la rampa puede llegar hasta un 15%. Si la altura del tajo está entre los 1.5 y 3.0 m, pueden usarse Jack legs o jumbos pequeños (1 brazo). La Ubicación del echadero de mineral debe ser estratégica y controlada por un acceso en la parte inferior. Estos echaderos estarían contruidos con acero (parrilla), madera o concreto (berma). El factor de uso estaría en función a la granulometría y al tonelaje de mineral estimado que pasará por esta abertura. (Tolentino, 2012).

D. Exploración

Para la exploración se debe contar máquinas perforadoras diamantinas las cuales realizan perforación con diámetros BQ (50 mm Ø) y NQ (75 mm Ø), orientadas principalmente a la ampliación y confirmación de las estructuras mineralizadas.

E. Desarrollo de labores

- Desarrollo

By pass: Es una excavación subterránea horizontal que tiene una sección de 3.5 m. x 3.0 m., se construyen paralelas a las galerías con un pilar de 15 metros dependiendo de la calidad del macizo rocoso, que se utiliza principalmente para el acarreo y transporte de mineral, así mismo para llevar los servicios auxiliares de aire, agua y ventilación.

Rampas: Excavación subterránea puede ser negativa (-12%) y positiva (+12%) con secciones de 3.5 m. x 3.0 m. y 4.0 m x 4.0 m., las rampas con secciones de 3.5 m. x 3.0 m. se utilizan principalmente para acceso desde el nivel superior hasta el nivel inferior (nivel 4890) los cuales conectan los by passes que sirven de acceso hacia la estructura mineralizada, la rampa con sección de 4.0 m. x 4.0 m se utiliza principalmente para el transporte de mineral a superficie. (Silvestre, 2021).

Galerías: Es una excavación subterránea horizontal con sección de 3.0 m. x 3.0 m., que tiene por objetivo desarrollar las estructuras mineralizadas.

- **Preparación**

Ventanas: Labor horizontal con una sección de 3.0 m. x 3.0 m. que nos permite acceder directamente hacia las galerías desde los by passes permitiéndonos bloquear para posteriormente iniciar la explotación.

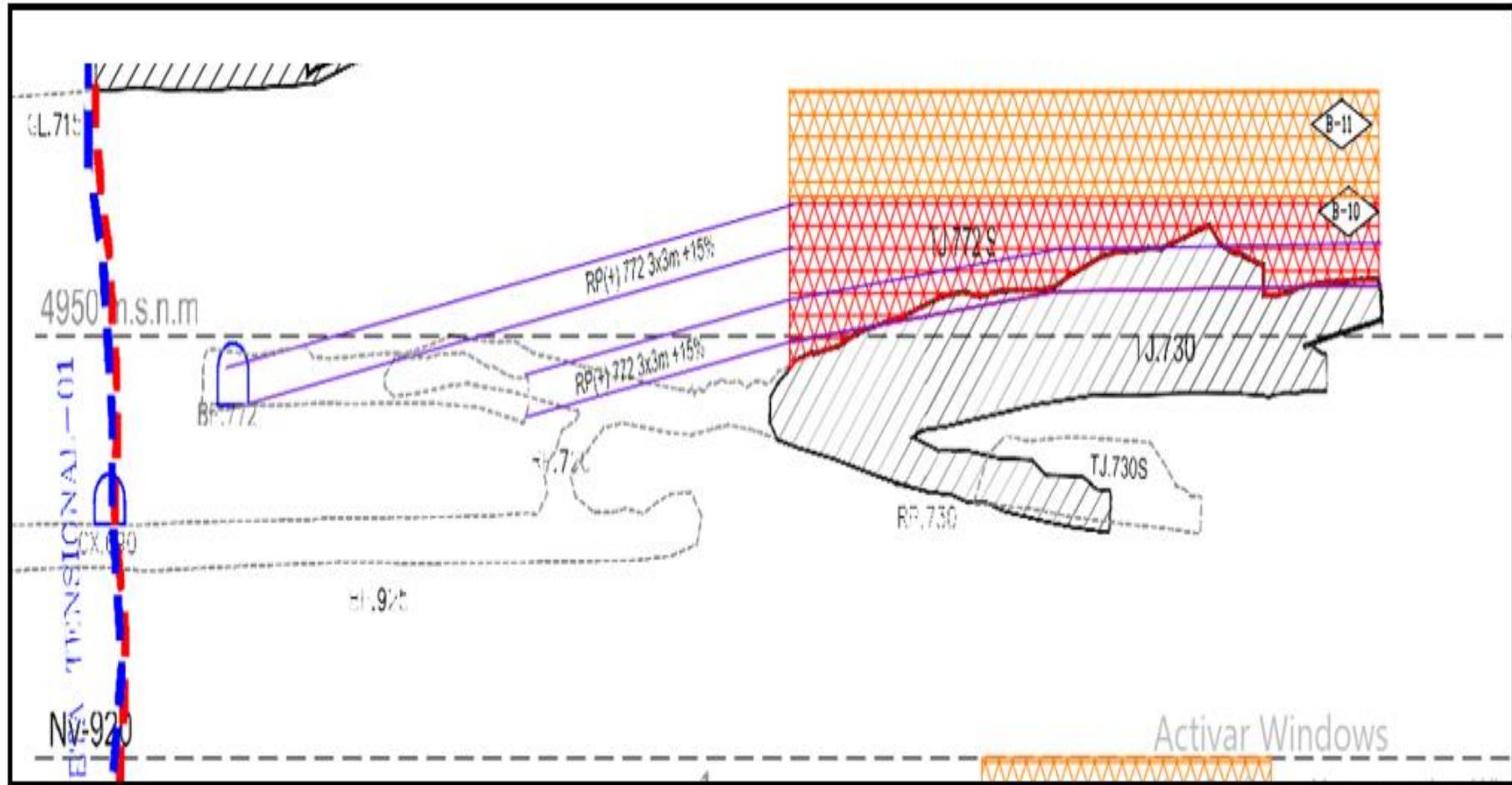
Rampas Basculantes: Es una excavación subterránea con sección de 3.0m. x 3.0m. las cuales se ejecutan con una gradiente de - 15% para acceso al tajo de explotación desde las rampas principales, y como su nombre lo indica conforme se va subiendo el tajo esta rampa también bascula o sube, hasta llegar a una gradiente de + 15%.

Chimeneas: Es una excavación subterránea vertical con sección de 1.5m x 1.5m que tiene como fin la ventilación, servicios

auxiliares y ore pass.

Ore pass: Excavación subterránea vertical con una sección de 1.5m x 1.5m. cuyo objetivo principal es el de servir de echadera de mineral en nuestro caso tenemos el ore pass 040 ubicada en el nivel 4920. (Tolentino, 2012).

Figura N° 7: Acceso de la rampa al tajo



Fuente: Departamento de planeamiento mina

F. Explotación

La explotación tiene un ciclo de minado:

- **Perforación**

Es una de las etapas principales para el avance y la explotación, tipo convencional y mecanizado, para la cual se disponen de perforadoras jackleg y jumbos electrohidráulicos de un brazo como se describe a continuación:

- **Máquinas Jackleg**

En desarrollo, preparación y exploración, son utilizadas para los avances de frentes de 3.0 x 3.0 m, 3.5 x 3.0 m y 1.5 x 1.5 m este último en el caso de chimeneas con barrenos de 4' y 6' y brocas de 41 mm y 38 mm respectivamente.

En Explotación, son usadas en perforaciones de tajos realce y breasting en el primer caso con una malla de perforación un burden de 0.7m y espaciamiento de 0.8 m que requiere una altura de perforación entre el piso y la corona del tajo de 2.5 a 3,0 m para realizar una perforación de 6 pies en forma vertical o inclinada de 70° a 75° (según buzamiento de veta), con un ancho de minado de 2.5 a 3.0 m, y en el segundo caso perforaciones horizontales en los tajos (breasting) con una malla de 0.8 x 0.8 m y una longitud de perforación hasta los 8'. (Silvestre, 2021).

- **Jumbo Rocket Bomer 281**

Equipo mecanizado de un brazo que utiliza barrenos de 14 pies de longitud y una broca de 45 mm de diámetro, logrando una perforación efectiva de 4.2 m. Se utiliza en el avance de labores horizontales con secciones de 3.0 x 3.0 m y 3.5 x 3.0 m y en explotación para realizar perforaciones horizontales (breasting) con una malla de 1.0 x1.0 m. (Piano, 2021).

- **Voladura**

Para la operación unitaria de la voladura se necesita accesorios de voladura, explosivos y agentes de voladura tal como se indica a continuación:

- **Carmex**
- **Mecha Rápida**
- **Fanel**
- **Dinamita**
- **Emulsión Encartuchada**
- **Pentacord**
- **Agente de Voladura** el ANFO

La elección del explosivo más adecuado se realiza de acuerdo a las condiciones que presenta el macizo rocoso.

G. Ventajas y desventajas del método

Ventajas

- Permite un buen control de leyes del mineral, porque el muestreo es continuo del block mineralizado en explotación ya

que las dimensiones de las secciones del frente mineralizado no son extensas, asimismo por cada voladura que se realiza se sostiene y luego se puede controlar las leyes del mineral.

- El desarrollo y preparación requeridos es mínimo; en la labor de desarrollo se va profundizando una rampa en forma elipsoidal y a partir de esta se prepara subniveles o ventanas para cortar el cuerpo mineralizado.
- La dilución se reduce con el minado selectivo, la dilución del mineral es mínimo ya que cada voladura se realiza sobre mineral no fragmentando las cajas del cuerpo mineralizado y si se presenta cajas débiles se realiza voladura controlada.
- Es un método versátil que hace posible minar eficientemente los cuerpos mineralizados. Cuando los cuerpos cambian de dirección, buzamiento o ancho de veta, se puede continuar con la nueva dirección fácilmente de la misma manera con el buzamiento y si varía el ancho de veta se utiliza una nueva malla de perforación.
- El sostenimiento es controlado; como se tiene secciones relativamente pequeñas o medianas se puede diagnosticar constantemente después de cada voladura las cajas y techo de la zona con el apoyo de un geomecánico, el tipo de sostenimiento que se requiere.
- Se tiene mejores opciones para poder cambiar a otro método de explotación. Si cambia el buzamiento fuertemente o el ancho de veta se puede cambiar el método de explotación.

- Relativamente, la inversión en equipos es pequeña (dependiendo del tamaño del yacimiento mineralizado a explotar). Para la perforación se requiere un jumbo de uno o dos brazos, para la limpieza se requiere de un scoop de 3.5 yardas cubicas, para el transporte los volquetes de bajo perfil y para el sostenimiento, puede ser manual o mecanizado (Equipo Scaler).

H. Desventajas

- La producción tiene que cumplir su ciclo de minado. Por cada metro o metros lineales de avance se realiza el levantamiento topográfico, la perforación, la voladura, la ventilación, saneo de cajas y techo, limpieza, transporte y sostenimiento.
- Uso intensivo de mano de obra y requiere técnicos en minería; para todo el ciclo de minado se requiere para cada una de las operaciones un personal técnico en minería, topógrafos, perforista, ayudante, un especialista para el carguío de explosivos, operadores de equipo de limpieza y transporte, personal para el sostenimiento, un supervisor de operación, seguridad y un geomecánico.
- Dependiendo del tamaño del yacimiento mineralizado, la mecanización es limitada y se tiene una baja productividad. Si los cuerpos mineralizados son de gran dimensión la apertura de ellos en un solo corte es limitado ya que se tiene una ventana que corta al cuerpo de 4 x 4 metros, esta sección limita el uso de equipos de mayor dimensión por lo tanto no permite una productividad eficiente.

- El personal está expuesto a techos disparados recientemente, se requiere un desatado con mayor intensidad. Debido a que la limpieza se realiza bajo un techo no sostenido el personal se encuentra en alto riesgo por la posible caída de rocas por lo que se requiere de un desatador que este constantemente controlando el techo para evitar una caída de rocas en forma inesperada.
- Se requiere un alto control del terreno, con sostenimiento. Por cada voladura que se realiza dentro del ciclo de minado se debe sostener el techo, cajas y frente, por norma legal metro avanzado metro sostenido.
- La ventilación es más difícil y costosa. Cada vez que se va profundizando el cuerpo mineralizado se va haciendo cada vez más difícil en ventilar el área de operaciones, por lo tanto, aumenta el costo de ventilación por la necesidad de contar con mayor cantidad de ventiladores para controlar los gases.
- Se requiere un alto valor de mineral (US\$/t) para que cubra los elevados costos del método. La ley de mineral debe ser de alta ley y los precios del concentrado en el mercado bursátil deben ser altas para que pueda cubrir los costos de minado, caso contrario se deja de explotar los cuerpos mineralizados con baja ley y bajo costo en el mercado. (Piano, 2021).

I. Parámetros para el Diseño de Malla de Perforación y Voladura

1. Calidad de la roca

Dentro de los parámetros para el diseño de malla de perforación y voladura se considera la calidad de roca, para el diseño de

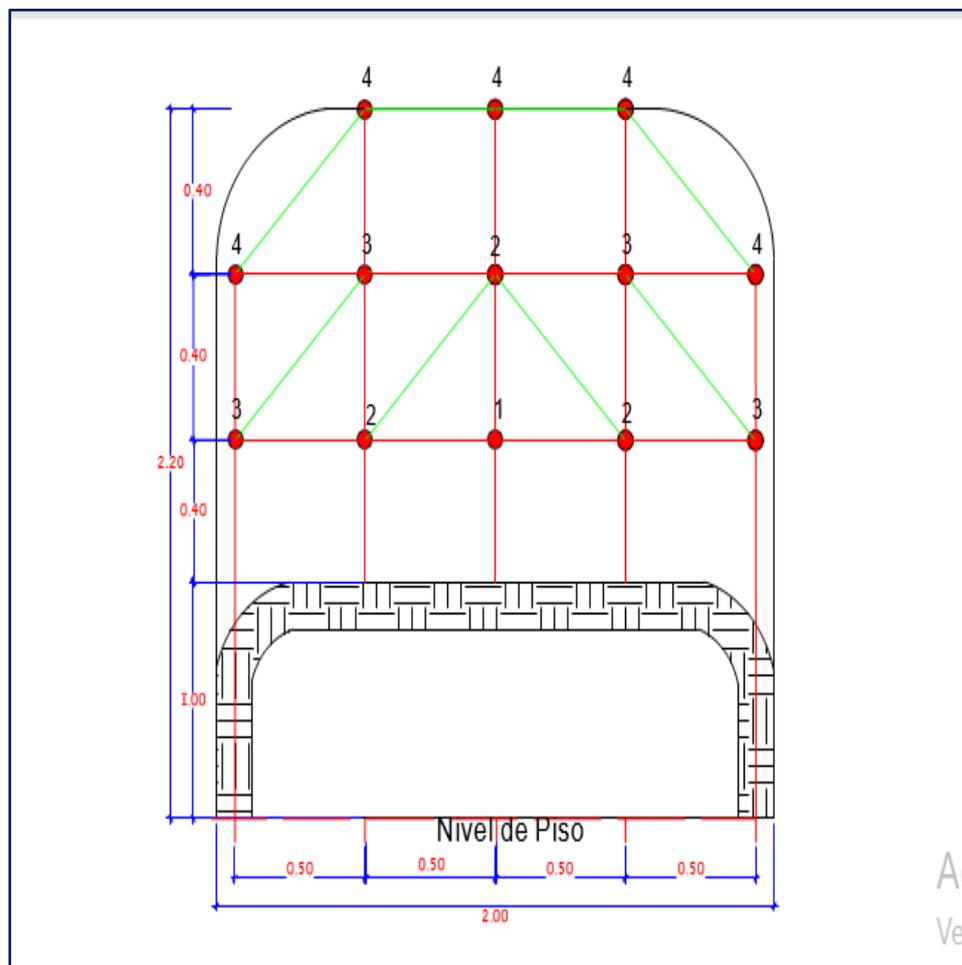
En la selección de una muestra se tiene en cuenta las siguientes propiedades físicas, (densidad, dureza, tenacidad, porosidad, abrasividad, grado de alteración).

- Densidad es la relación entre la masa y el volumen de la roca que varían de 1.2 a 4.3.
- Tenacidad es la resistencia que opone un mineral u otro material a ser roto, molido, doblado y desgarrado.
- Dureza. La dureza es la resistencia de los materiales para resistir la penetración de otro cuerpo. Para el caso de minerales, la dureza se ha considerado clásicamente como la resistencia que presenta un mineral a ser rayado por otro mineral o material
- Porosidad. Son pequeños espacios abiertos existentes en los materiales rellenos por soluciones acuosas y/o gaseosas de una roca. Por esta razón la roca es más frágil.
- Abrasividad. Es la roca por lo general granulada, que actúa sobre otros materiales aplicándole diferentes clases de fuerza mecánica para lograr su desgaste o pulimento.
- Grado de alteración de una roca. La meteorización física produce la fracturación y disgregación de la roca mediante la abertura de fracturas preexistentes o creación de nuevas discontinuidades.
- Resistencia. Se denomina resistencia a la compresión simple o uniaxial de una roca (RCS) al esfuerzo medido sobre la misma de una manera técnica. La resistencia a la compresión simple de las rocas es el parámetro más común para definir los criterios de

rotura y el comportamiento geomecánico de un macizo rocoso.

- La condición geológica. Un macizo rocoso es un medio discontinuo, anisótropo y heterogéneo conformado en conjunto tanto por bloques de matriz rocosa y distintos tipos de discontinuidades que afectan al medio rocoso, mecánicamente los macizos rocosos pueden considerarse que presentan resistencia a la tracción nula dentro de la estructura, en grado de fisuramiento o presencia de agua. (Tolentino, 2012).

Figura N° 8: Malla de perforación y voladura



Fuente: Departamento de planeamiento mina
Fotografía 1: Perforación del frente



Fuente: Propia

2. Parámetros del Explosivo

Es muy importante conocer las propiedades de los explosivos son variables que, si se pueden conocer con los cálculos modernos, como también las empresas fabricantes de explosivos brindan información técnica del explosivo, tanto físicas o químicas como la densidad, velocidad de detonación (VOD), transmisión, simpatía, resistencia al agua, energía del explosivo, sensibilidad a la iniciación, volumen normal de gases, presión de taladro y control de humos. (López, 2012).

3. Parámetros de Carga

Los parámetros de carga son también variables controlables en el momento del diseño de la malla de perforación y voladura,

diámetro del taladro, longitud del talado, confinamiento, acoplamiento, densidad de carga, longitud de carga, tipo y ubicación del cebo, distribución de energía, intervalos de iniciación de carga, variables de perforación. (EXSA S.A., 2015)

4. Número de Taladros

La cantidad de taladros requerido para una voladura depende del tipo de roca a volar, del grado de confinamiento, del grado de fragmentación que se desea obtener y del diámetro de las brocas de perforación disponibles; factores que reducen o amplían la malla de perforación y por consiguiente aumentan o disminuye el número de taladros calculados teóricamente. También determina la clase de explosivo y el método de iniciación a emplear.

- Tipo de roca. Para calcular el número de taladros en una malla de perforación es muy importante conocer la dureza de la roca, puede ser de muy dura a muy frágil, es muy variable las condiciones conociendo los parámetros del tipo de roca dura o frágil se determina el número de taladros.
- Grado de fragmentación. Dependiendo de la dimensión de la explotación del yacimiento, de la capacidad de los equipos, capacidad de la chancadora primaria de la planta metalúrgica va variar el tamaño de la roca fragmentada. Normalmente para labores subterráneas la dimensión es más pequeña en comparación con la explotación superficial que el grado de fragmentación es mayor dimensión. Por lo tanto, el diseño de la malla de perforación va variar en cuanto al número de taladros.

- Grado de confinamiento. Para el diseño de una malla de perforación se considera el grado de confinamiento de la roca, cuantas caras libres se tiene para diseñar una malla, en labores subterráneas se tiene una sola cara libre por lo que la roca se encuentra más confinada ofreciendo mayor resistencia para la voladura, sin embargo, en el diseño de la malla de perforación superficial la roca se encuentra menos confinada por presentar más caras libres por lo que se va requerir menor número de taladros en la perforación.
- Diámetro de perforación de las brocas. El diámetro de perforación de las brocas es muy importante ya que a mayor diámetro de la broca se va requerir menor número de taladros y a menor diámetro de las brocas se requiere mayor número de taladros, todo ello está en función a las propiedades de la roca que se va perforar.
- Se puede calcular el número de taladros en forma aproximada mediante la siguiente fórmula empírica. (EXSA S.A., 2015)

$$N^{\circ} \text{ tal} = 10 \times \sqrt{(A \times H)}$$

Donde:

A: ancho de sección

H: altura de sección

O de forma más precisa con la siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ tal} = (P/dt) + (C \times S)$$

Donde:

P: perímetro de la sección (m).

dt: distancia entre taladros (m).

C: constante de roca (m).

S: área de la sección (m²).

$$P= 4\sqrt{(A)}$$

Fotografía 2: Pintado de malla



Fuente: Propia

5. Cantidad de Carga

La cantidad de carga está en función a la tenacidad de la roca y de la dimensión del frente de voladura. Influyen: el número,

diámetro y profundidad de los taladros y el tipo de explosivo e iniciadores a emplear. Se debe tener en cuenta que la cantidad de explosivo por metro cuadrado a volar disminuye cuanto más grande sea la sección del túnel, y también que aumenta cuanto más dura sea la roca.

En términos generales puede considerarse los siguientes factores en kilogramo de explosivos por metro cúbico de roca. En minería los consumos de dinamita varían generalmente entre 300 a 800 g/m³. (López, 2012).

6. Concentración de Carga Lineal del Explosivo

Los taladros más próximos al taladro de expansión deben ser cargados con explosivos de manera cuidadosa, ya que una concentración de carga baja puede no llegar a provocar la rotura de la roca. Por el contrario, una carga excesiva puede dar lugar a un lanzamiento muy energético de la roca fragmentada hacia el lado opuesto del taladro de expansión a tal velocidad que esta se compacta y no se expulsa a través del hueco del taladro vacío. (López, 2012).

7. Distancia entre Taladros

Se determinan como consecuencia del número de taladros y del área del frente de voladura. Normalmente varían de 60 a 90 cm. y de 50 a 70 cm., esto facilita la perforación y evita la sobre rotura. Normalmente se perforan ligeramente divergentes del eje del túnel para que sus topes permitan mantener la misma amplitud de sección en la nueva cara libre a formar. (EXSA S.A.,

2015).

J. Explosivos

1. Características prácticas de los explosivos industriales

○ Potencia relativa

Es el contenido de energía del explosivo y trabajo que desarrolla para producir efectos mecánicos. No hay un criterio de medición que utilicen los fabricantes, existen muchos métodos como son: Prueba balística de mortero, prueba de trauzl.

Se expresa como potencia absoluta por volumen (ABS) y potencia absoluta por peso (AWS). También se puede expresar como una comparación de la energía de un explosivo referente al ANFO, el cual es tomado como el 100%, obteniéndose la potencia relativa por peso o la potencia relativa por volumen. Entonces, es un valor relativo cuyo propósito es comparar los explosivos entre ellos. (Manual de Voladura Exsa, 2012, p. 36).ç

Fotografía 3: Frente disparado



Fuente: Propia

- **Brisance o poder rompedor**

Es el efecto demoledor que aplica el explosivo sobre la roca para iniciar su fracturamiento. Como factor dinámico de trabajo es consecuencia de la onda de choque y está vinculado a la densidad y a la velocidad de detonación que muchas veces se utiliza como base comparativa. (Manual de Voladura Exsa, 2012, p. 38).

- **Velocidad de detonación**

Velocidad a la que la onda de detonación se propaga a través del explosivo, y por tanto es el parámetro que define el ritmo de liberación de energía. (Manual de Voladura Exsa. 2012, pág. 40).

- **Resistencia al agua**

Capacidad para resistir una prolongada exposición al agua

sin perder sus características, es decir su capacidad para rechazar la penetración del agua. La unidad empleada es la de “horas”. (Manual de Voladura Exsa, 2012, p. 44).

- **Categoría de humos**

Todo explosivo comercial produce polvo, vapor de agua (H_2O), óxidos de nitrógeno ($NO-NO_2$), óxidos de carbono ($CO-CO_2$) y eventualmente gases sulfurosos (H_2S , SO_3 y AlO_2) si contenía azufre o aluminio. Entre los gases inocuos generados hay siempre cierto porcentaje de productos irritantes tóxicos o letales llamados en conjunto “humos”, como el monóxido de carbono y el bióxido de nitrógeno. De acuerdo con la proporción contenida de estos gases tóxicos se ha establecido escalas de clasificación por grado de toxicidad para la exposición del personal trabajador después del disparo. (Manual de Voladura Exsa, 2012, pág. 45).

- **Densidad**

La densidad de la mayoría de los explosivos varía entre 0.8 y 1.6 g/cm^3 (Ver Tabla 1). Generalmente, cuanto más denso sea un explosivo, proporcionará mayor efecto brisance o impacto.

Tabla N° 2: Densidades de diferentes tipos de explosivo

Tipo de Explosivo	Densidad (g/cm³)
Emulsión a granel	1.10 - 1.60
Anfo cargado neumáticamente	0.80 - 1.00
Anfo vaciado	0.80 - 0.90
Anfo encartuchado	1.10 - 1.20
Anfo pesado	1.10 - 1.40
Dinamitas	1.05 - 1.50
Hidrogeles	1.15 - 1.30

Fuente: Konya & Albarrán, 1998

2. Agentes de voladura

Los agentes de voladura son aquellos explosivos no sensibles al fulminante N°8, por lo que necesitan un cebo reforzado o primer-booster para iniciar su detonación. (López Jimeno, 2005).

- **Anfo**

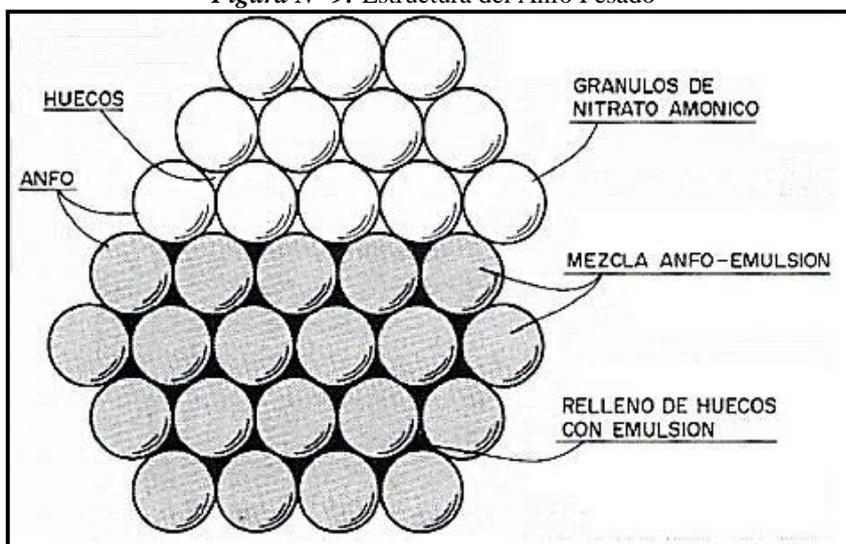
El Anfo es una mezcla explosiva industrial, su composición es de 94% de nitrato de amonio y 6% combustible. El nitrato de amonio es una sal inorgánica, no explosiva, se aplica en minería aquella que se fabrica como partículas esféricas o prills porosos. La principal desventaja del Anfo es su nula resistencia al agua. (López Jimeno, 2003)

- **Anfo pesado**

El Anfo Pesado es la mezcla de dos agentes de explosivos, el Anfo y la emulsión matriz en diferentes proporciones, donde la emulsión envuelve los prills de Anfo (Ver Figura 2), formando una matriz energética con propiedades específicas.

(López Jimeno, 2005).

Figura N° 9: Estructura del Anfo Pesado



Fuente: Du Pont, 1986.

- **Emulsión**

Las emulsiones explosivas son agentes de voladura del tipo denominado “agua en aceite” en las que la fase acuosa está compuesta por sales inorgánicas oxidantes disueltas en agua y la fase aceitosa por un combustible líquido inmiscible con el agua del tipo hidrocarbonado, comúnmente diésel 2. (López Jimeno, 2005).

El tamaño de los componentes de (esta mezcla oxidante y combustible) tiene influencia directa en la velocidad de detonación y en general en el performance del explosivo (Ver tabla 2).

La emulsión pura no es un explosivo que pueda detonar, debido a que no es sensible ni siquiera al booster porque su densidad es muy alta. Para sensibilizarla, se puede utilizar un mecanismo físico como la generación de burbujas de gas, las cuales al ser comprimidas adiabáticamente se comportan como puntos calientes o hot spots, favoreciendo tanto la iniciación como la propagación de la detonación. Estos agentes gasificantes pueden ser poliestireno expandido o microesferas de vidrio.

A la vez, se puede aplicar la sensibilización química a través de una solución gasificante como es el nitrito de sodio. (López Jimeno, 2005).

Tabla N° 3: Tamaño de partículas de los explosivos.

Explosivo	Tamaño (mm)	Estado	VOD (km/s)
Anfo	2	Sólido	3.2
Dinamita	0.2	Sólido	4.0
Hidrogel	0.2	Sólido/líquido	3.3
Emulsión	0.001	Líquido	5.0 - 6.0

Fuente: Bampfield & Morrey, 1984

2.3. Definición de términos básicos

- **Perforación:** Orificio cilíndrico creado por una maquinaria que tiene diferente diámetro y longitud, tiene como objetivo de alojar explosivo para fragmentar la roca.
- **Voladura:** Es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados, produce la fragmentación y el desplazamiento de la roca.

- **Breasting:** Perforación horizontal que se realiza mediante dos caras libres en un método de explotación con la finalidad de fragmentar el mineral de un cuerpo o veta.
- **Explotación:** Parte de un proceso de la extracción de los minerales de un yacimiento minero, cuando posee un valor económico.
- **Burden:** Es la distancia entre la primera fila de taladros y la cara libre y se mide perpendicular a la dirección de la línea de pozos que constituyen la dimensión lineal a la cara libre.
- **Espaciamiento:** Distancia entre taladros de una misma fila que se dispara con un mismo retardo o con retardos diferentes y mayores por cada fila. Se calcula en relación con la longitud al Burden.
- **Carga lineal:** La concentración de explosivo a lo largo de un taladro medido en kg/m. El término puede ser independiente del diámetro del pozo.
- **Diámetro crítico:** Es el diámetro mínimo mediante el cual puede detonar una carga explosiva. Agregando gas finamente disperso se reduce considerablemente el diámetro crítico de un explosivo.
- **Factor de carga:** Es la cantidad de explosivo usado para romper un volumen o peso unitario de roca. El factor de carga tiene como unidades de kg/m^3 .
- **Granulometría:** Tamaño de la roca o mineral fragmentado, que se obtiene después de una voladura prediseñada con objetivos de transporte o tratamiento metalúrgico.
- **Productividad:** Producción es la calidad de la extracción de mineral con estándares y procesos a un costo mínimo un tonelaje determinado.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica; 2021.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Mejora la granulometría del mineral con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica; 2021.
- b) Mejora el factor de potencia con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica; 2021.
- c) Mejora el tonelaje del mineral fragmentado con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros de Compañía Minera San Valentín S.A, ubicado en el distrito de Acobambilla, de la provincia y región de Huancavelica; 2021.

2.5. Identificación de variables

- **Variable Independiente**

X: Aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros.

- **VARIABLES DEPENDIENTES**

Y: Mejora los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla N° 4: Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros	La perforación y voladura en breasting es parte del método de explotación del corte y relleno ascendente que la perforación se realiza en forma horizontal o inclinada y que el frente tiene una cara libre en la parte inferior el cual hace que la resistencia de la roca disminuya y no requiere de taladros de arranque por tener dos caras libres. Asimismo, para la voladura se requiere menor cantidad de explosivo.	La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar los parámetros de producción de los tajos; se logra mejorar la granulometría de la fragmentación del mineral, el factor de potencia menora sus valores y en la producción de la cantidad de tonelaje se incrementa notablemente.	Malla de Perforación	Densidad del mineral	gr./cm ³
					Dirección	Vertical Horizontal
					Burden	m.
					Espaciamiento	m.
				Carga explosiva	Densidad del explosivo	gr./cm ³
					Velocidad de detonación	m/s
					Energía del explosivo	Joules
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Mejora los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros	Los parámetros de producción de los tajos son: la fragmentación de la voladura que es la dimensión requerida para la planta metalúrgica. El factor de potencia son los kilogramos de explosivo que se requiere para fragmentar una tonelada de mineral. La producción de los tajos es el tonelaje fragmentado por cada corte.	Cuando se realizan la perforación y voladura en realce en la explotación de los minerales de los tajos en operación; muchas veces la granulometría de la fragmentación del mineral es demasiado grande de acuerdo a los requerimientos, y la cantidad de mineral es limitado.	Parámetros de producción	Fragmentación	Pg.
					Factor de potencia	Kg. /Tn.
					Producción	Tn.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

El desarrollo de la investigación es de carácter aplicativo que es determinado por los objetivos, el trabajo de la investigación está centrado en el nivel correlacional y explicativo.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo, en el proceso se describe el método de la perforación y voladura en breasting con la finalidad de optimizar los parámetros operativos en la unidad minera los Heraldos Negros. Su finalidad es describir y estimar parámetros. Se describen frecuencias y promedios.

3.3. Métodos de Investigación

El método que se considera para el desarrollo de la investigación es cuantitativo, interpretativo, la información tomada es cuantificable, el proceso, el análisis, la deducción, la síntesis y las conclusiones, asimismo se obtiene resultados mediante la observación.

3.4. Diseño de Investigación

El desarrollo del diseño de investigación corresponde a la cuantitativa,

descriptiva y correlacional, se toma una base de datos que describe los resultados al utilizar la perforación y voladura en breasting. Luego de ejecutar las pruebas también se realiza un diseño descriptivo con los resultados obtenidos en el análisis de comparación entre la perforación en realce y el breasting.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Tajos del nivel 5010 de la U.E.A. Heraldos Negros; conformado por el nivel inferior 5010.

- La veta Rosario, los tajos 600N y 600S
- La veta Bomboncito, los tajos 700N y 700S
- La veta Heraldos Negros, los tajos 830N y 830S

3.5.2. Muestra

La muestra está representada por la veta Bomboncito, el tajo 700S, nivel 4920, de la U.E.A. Heraldos Negros.

3.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

- **Técnicas empleadas**

- **Recopilación de información**

Se buscó la información histórica de proyectos con perforación en breasting.

- **Observación directa**

Se tuvo observaciones directas en los resultados de la perforación y voladura en realce y en breasting directas en el campo de ambos métodos.

➤ **Información bibliográfica**

Se utilizó la técnica de lectura de textos para tener un mejor entendimiento acerca de la perforación y voladura en realce y breasting.

• **Instrumentos de recolección de datos**

➤ **Materiales**

- Plan de minado del 2021
- Informes del plan explotación de tajos
- Informe de reporte geo mecánico
- Registro de datos de perforación y voladura en realce
- Registro de datos de perforación y voladura en breasting.

➤ **Equipos**

- Laptop
- Equipo de captación de gases
- Picota
- Wincha
- Cámara fotográfica
- Cronómetro.

➤ **Software**

- Excel.

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

La selección de la data de campo con los que se trabajó para elaborar la presente tesis de investigación, se consideró los reportes tomados en campo durante el proceso de pruebas.

Los resultados de fragmentación, factor de potencia y demás parámetros

se validan a través de los reportes de voladura presentados al área de perforación y voladura de la minera los Heraldos Negros, estos resultados fueron coordinados con el departamento respectivo.

Se garantiza la veracidad de los datos, puesto que la recolección de datos in situ; estos datos son en tiempo real. Todos los resultados y conclusiones de la investigación fueron coordinados con el departamento de producción.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El proceso y análisis de datos se realizará en el Microsoft Excel, agrupando las variables y resultados en tablas y gráficos dinámicos.

3.9. Tratamiento Estadístico

Se realizarán histogramas y otros gráficos estadísticos en Microsoft Excel y el software de SPSS.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Todo el trabajo de investigación es totalmente original, inédita se desarrolla con los principios de la ética profesional, compartiendo los valores, principios y criterios, que una investigación debe tener. Puedo remarcar que el estudio es el resultado de la experiencia obtenida y que he realizado insitu en la U.E.A. Heraldos Negros.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Datos de la perforación y voladura del tajo 700S veta Bomboncito

Se ha tomado muestras de la perforación y voladura en realce de la veta Bomboncito para analizar la eficiencia, para luego relacionar con la voladura en breasting. Los resultados son:

Tabla N° 5: Información de la perforación y voladura en realce

Diseño:	Perforación y voladura en realce
Lugar:	Tajo 700S – veta Bomboncito
Ancho de la labor:	1:60 m.
Altura de la perforación:	3:00 m.
DATOS DE CAMPO	
Parámetros de perforación	
Equipo de Perforación	Jack Leg. S-250
Número de taladros	20
Diámetro del Taladro	38 mm.
Longitud del barreno	8 pies (2.40 m.)
Long. Efectiva de perforación	2.0 m.
Eficiencia de perforación	83.33 %
Eficiencia de voladura	83.0 %
PARAMETRO DE EXPLOSIVO	

Densidad	1.12 gr/cm ³
Velocidad de detonación	4200 m/sg.
Diámetro de explosivo	1 pulgada
Longitud de explosivo	7 pulgadas
N° de cartuchos por taladro	9 cartuchos (producción) y 7 cartuchos(contorno)
PARÁMETRO DEL MINERAL	
Densidad	3.0 ton/m ³
Resistencia a la compresión	90.84 Mpa.

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Resultados de la perforación y voladura en realce

Muestra 1

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 1.90 m.

Granulometría de la fragmentación: 7.5" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.32 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 50.16 ton.

Muestra 2

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 1.80 m.

Granulometría de la fragmentación: 7.0" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.34 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 47.52 ton.

Muestra 3

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 1.95 m.

Granulometría de la fragmentación: 7.0" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.31 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 51.48 ton.

Muestra 4

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 2.00 m.

Granulometría de la fragmentación: 7.5" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.30 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 52.80 ton.

Muestra 5

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 1.80 m.

Granulometría de la fragmentación: 6.5" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.34 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 47.52 ton.

Muestra 6

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 1.85 m.

Granulometría de la fragmentación: 6.0" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.33 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 48.84 ton.

Muestra 7

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 1.85 m.

Granulometría de la fragmentación: 6.5" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.33 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 48.84 ton.

Muestra 8

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 1.80 m.

Granulometría de la fragmentación: 5.5" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.34 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 47.52 ton.

Muestra 9

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 1.85 m.

Granulometría de la fragmentación: 5.0" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.33 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 48.84 ton.

Muestra 10

Número de taladros: 10 de producción y 10 de contorno

Altura de avance: 1.90 m.

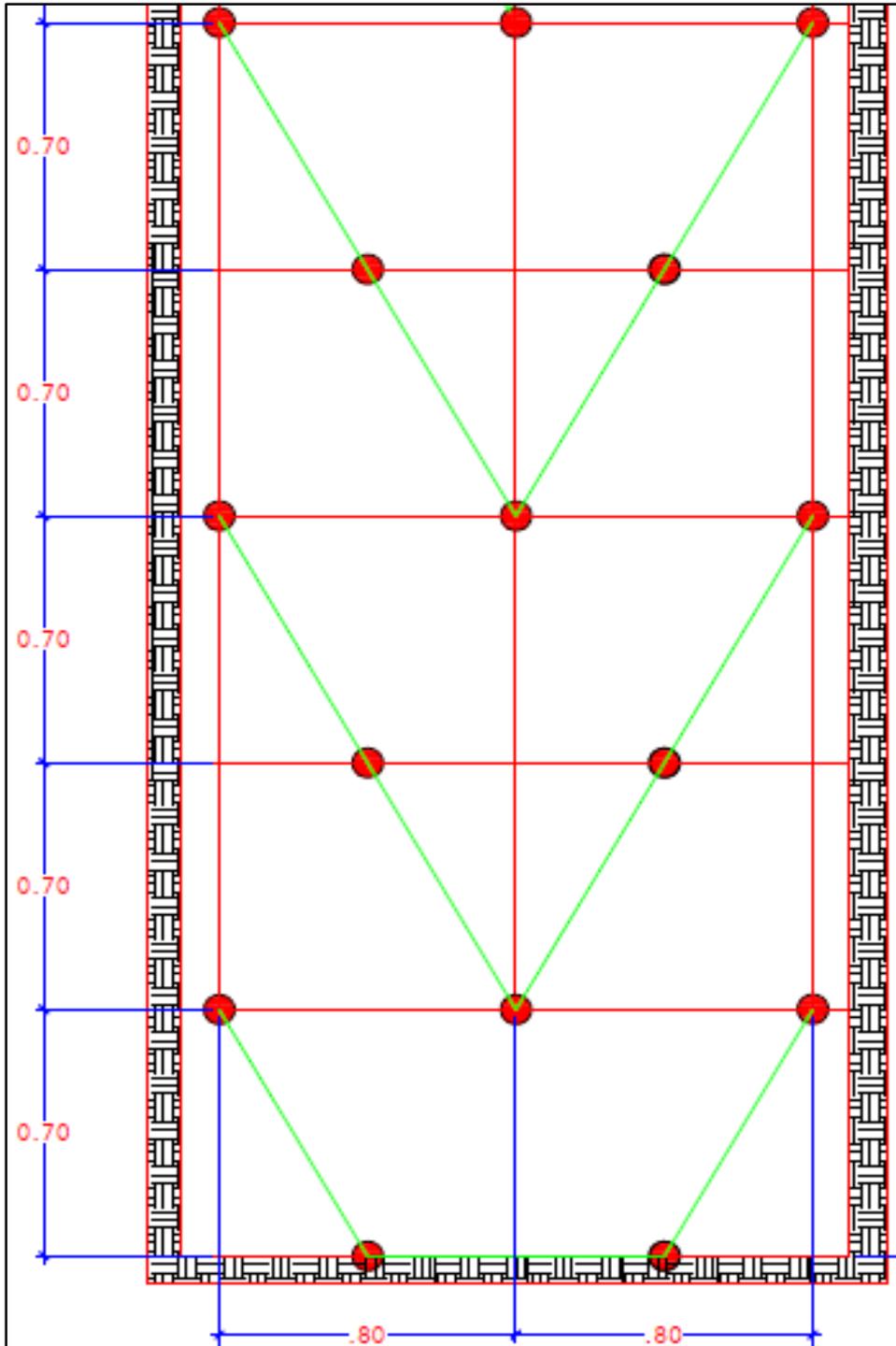
Granulometría de la fragmentación: 5.5" en promedio

Explosivo Utilizado: 16 kg

Factor de Carga: 0.32 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 50.16 ton.

Figura N° 10: Malla de perforación para realce



Fuente: Departamento de planeamiento mina

4.1.3. Resultados de la perforación y voladura en Breasting

Se obtuvo la siguiente información:

Tabla N° 6: Información de la perforación y voladura en breasting

Diseño:	Perforación y voladura en breasting
Lugar:	Tajo 700S – veta Bomboncito
Ancho de la labor:	3.00 m.
Alto de la labor:	3:00 m.
DATOS DE CAMPO	
Parámetros de perforación	
Equipo de Perforación	Jack Leg. S-250
Número de taladros	13
Diámetro del Taladro	38 mm.
Longitud del barreno	8 pies (2.40 m.)
Long. Efectiva de perforación	2.30 m.
Eficiencia de perforación	95.83 %
Eficiencia de voladura	95.65 %
PARAMETRO DE EXPLOSIVO	
Densidad	1.12 gr/cm ³
Velocidad de detonación	4200 m/sg.
Diámetro de explosivo	1 pulgada
Longitud de explosivo	7 pulgadas
N° de cartuchos por taladro	12 cartuchos (producción) y 11 cartuchos(contorno)
PARÁMETRO DEL MINERAL	
Densidad	3.0 ton/m ³
Resistencia a la compresión	90.84 Mpa.

Fuente: Elaboración propia

Muestra 1

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.25 m.

Granulometría de la fragmentación: 4.5” en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.25 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 60.75 ton.

Muestra 2

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.20 m.

Granulometría de la fragmentación: 4.0" en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.26 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 59.40 ton.

Muestra 3

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.30 m.

Granulometría de la fragmentación: 4.0" en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.23 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 62.10 ton.

Muestra 4

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.25 m.

Granulometría de la fragmentación: 4.0" en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.25 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 60.75 ton.

Muestra 5

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.20 m.

Granulometría de la fragmentación: 4.5" en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.26 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 59.40 ton.

Muestra 6

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.30 m.

Granulometría de la fragmentación: 4.5" en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.23 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 62.10 ton.

Muestra 7

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.15 m.

Granulometría de la fragmentación: 4.0" en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.27 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 58.05 ton.

Muestra 8

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.20 m.

Granulometría de la fragmentación: 4.5” en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.26 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 59.40 ton.

Muestra 9

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.30 m.

Granulometría de la fragmentación: 4.0” en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.23 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 62.10 ton.

Muestra 10

Número de taladros: 6 de producción y 7 de contorno

Avance efectivo por disparo: 2.25 m.

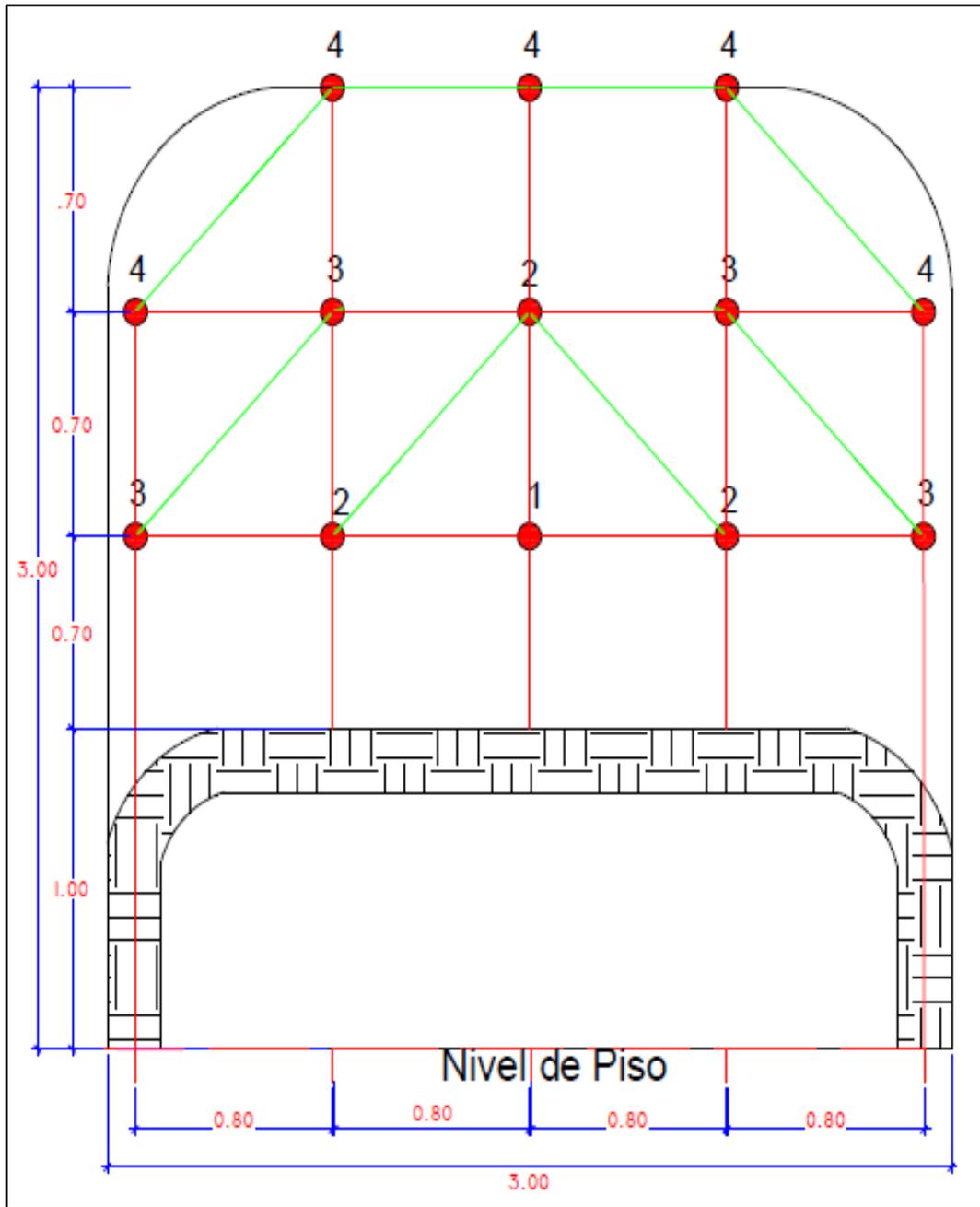
Granulometría de la fragmentación: 4.0” en promedio

Explosivo Utilizado: 14.90 kg

Factor de Carga: 0.25 Kg. / Tn.

Toneladas rotas de mineral: 60.75 ton.

Figura N° 11: Malla de perforación en breasting



Fuente: Departamento de planeamiento mina

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

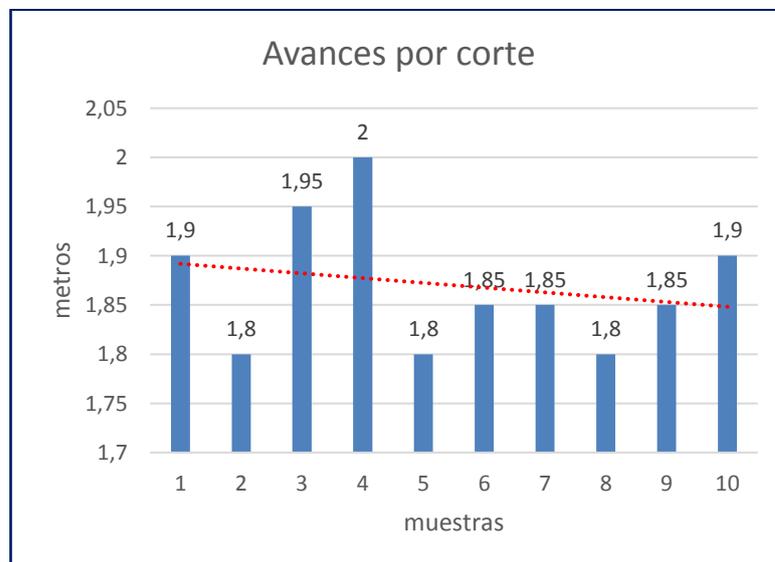
4.2.1. Presentación de datos de la perforación y voladura en realce

Tabla N° 7: Perforación y voladura en realce

Muestra	Avance Efectivo (m.)	Granulometría pulgadas	Factor de Potencia Kg. / Tn.	Toneladas Rotas
1	1.90	7.5	0.32	50.16
2	1.80	7.0	0.34	47.52
3	1.95	7.0	0.31	51.48
4	2.00	7.5	0.30	52.80
5	1.80	6.5	0.34	47.52
6	1.85	6.0	0.33	48.84
7	1.85	6.5	0.33	48.84
8	1.80	5.5	0.34	47.52
9	1.85	5.0	0.33	48.84
10	1.90	5.5	0.32	50.16
Promedio	1.87	6.4	0.33	49.37

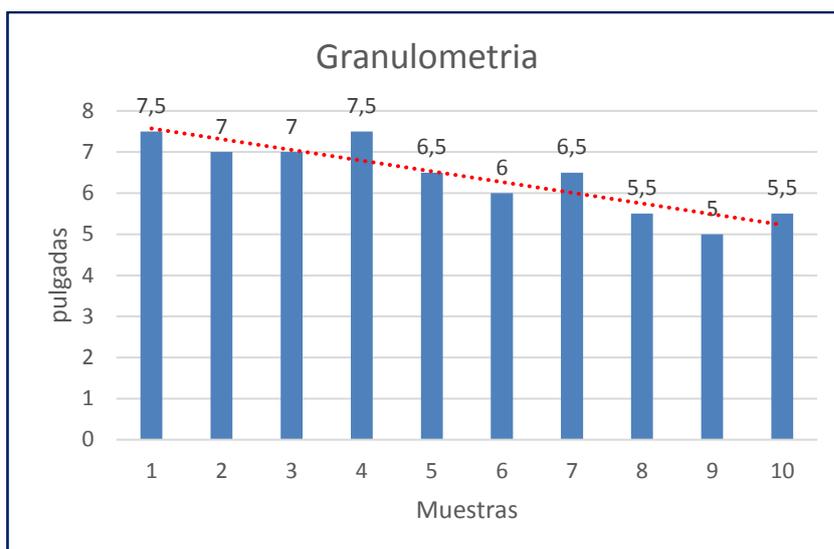
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 12: Avances del método realce por corte



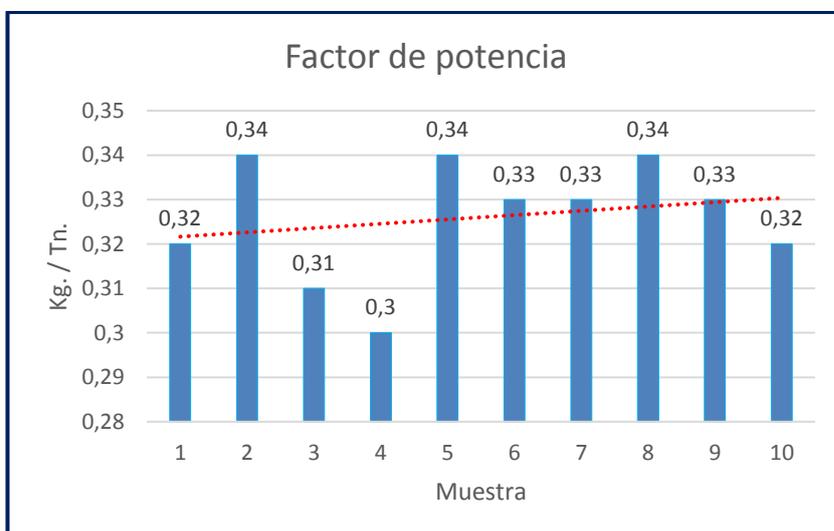
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 13: Dimensión de la fragmentación por corte



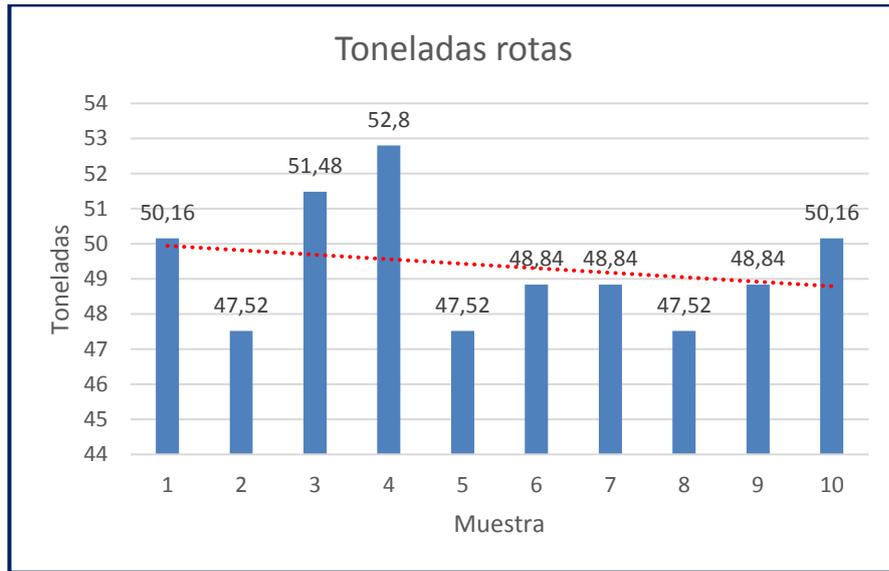
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 14: Factor de carga por corte



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 15: Toneladas rotas por corte



Fuente: Elaboración propia

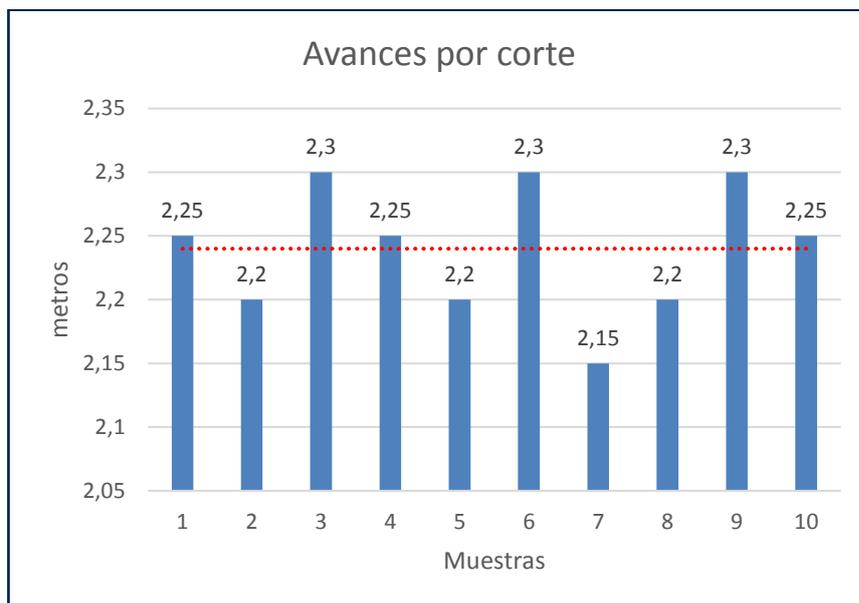
4.2.2. Presentación de datos de la perforación y voladura en breasting

Tabla N° 8: Perforación y voladura en breasting

<i>Muestra</i>	<i>Avance Efectivo (m.)</i>	<i>Granulometría pulgadas</i>	<i>Factor de Potencia Kg. / Tn.</i>	<i>Toneladas Rotas</i>
1	2.25	4.5	0.25	60.75
2	2.20	4.0	0.26	59.40
3	2.30	4.0	0.23	62.10
4	2.25	4.0	0.25	60.75
5	2.20	4.5	0.26	59.40
6	2.30	4.5	0.23	62.10
7	2.15	4.0	0.27	58.05
8	2.20	4.5	0.26	59.40
9	2.30	4.0	0.23	62.10
10	2.25	4.0	0.25	60.75
Promedio	2.24	4.2	0.25	60.48

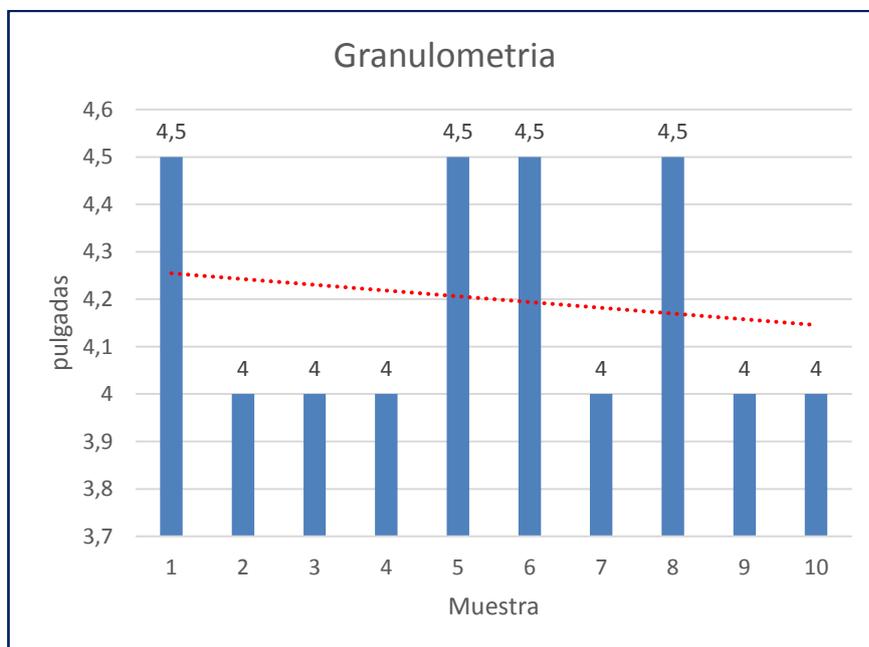
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 16: Avance del método breasting por corte



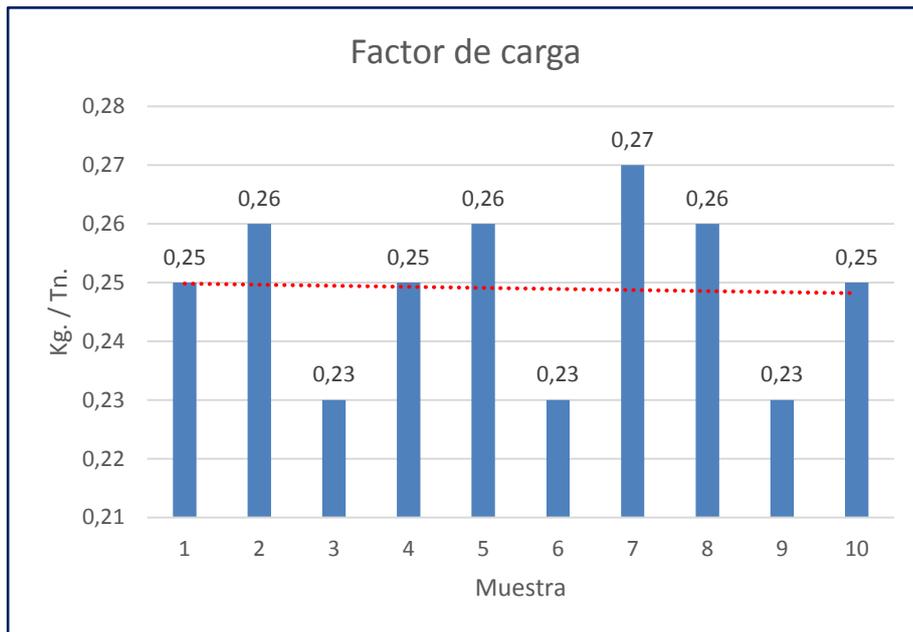
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 17: Dimensión de la fragmentación por corte



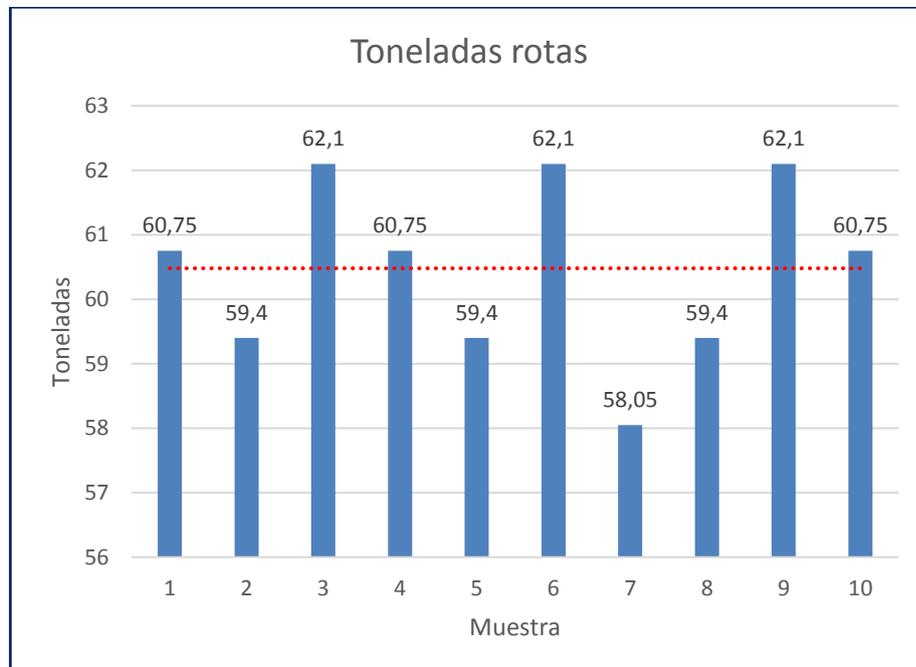
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 18: Factor de carga por corte



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 19: Toneladas rotas por corte



Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Análisis de datos de la perforación y voladura en realce y breasting

En el análisis de los promedios de la perforación y voladura en realce se tiene:

- El número de taladros perforados por corte es de 20 con barreno de 8 pies.
- El promedio de avance es de 1.87 metros.
- La granulometría de la fragmentación en promedio y como máximo es 6.4", representa un 20% del total del tonelaje roto por voladura.
- Se tiene un promedio de factor de potencia de 0.33 kilogramos / tonelada rota.
- Las toneladas rotas por corte son de 49.37.

En el análisis de los promedios de la perforación y voladura en breasting se tiene:

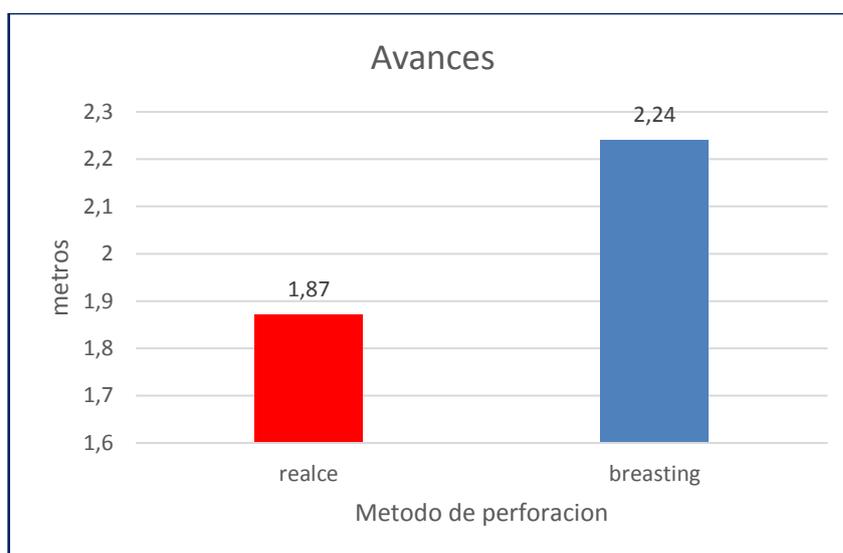
- El número de taladros perforados por corte es de 13 con barreno de 8 pies.
- El promedio de avance es de 2.24 metros.
- La granulometría de la fragmentación en promedio y como máximo es 4.2", representa un 95% del total del tonelaje roto por voladura.
- El factor de potencia promedio es de 0.25 kilogramos / tonelada rota.
- Las toneladas rotas por corte son de 60.48

4.2.4. Interpretación de datos en la perforación y voladura en realce y

breasting

En la figura 16, se puede observar que el avance con la perforación en realce es menor en comparación del avance en breasting, teniendo 0,37 m. de avance mayor por cada corte. Si se tiene dos cortes por día en 25 días se tendrá un avance de 18.50 metros más por mes.

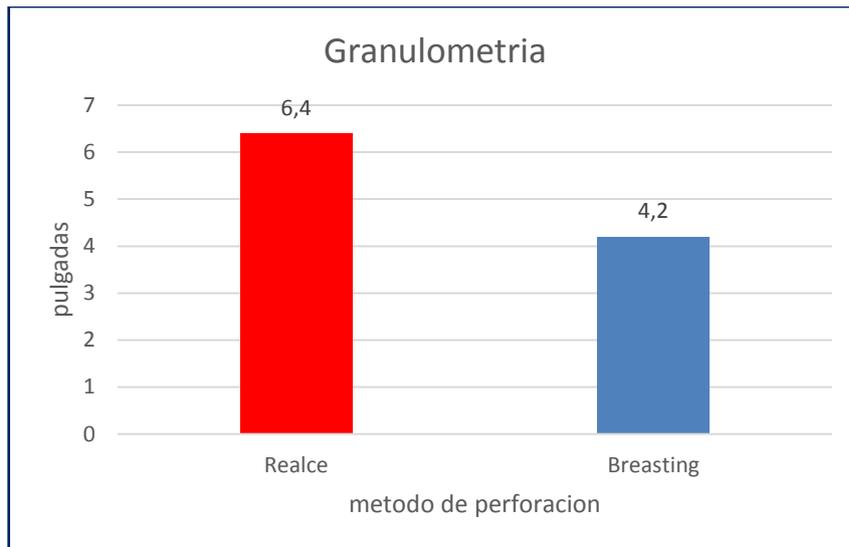
Figura N° 20: Avances de cada método por corte



Fuente: Elaboración propia

En la figura 17, se puede observar que la granulometría producto de la voladura con la perforación en realce es de 6.4”, en breasting es de 4.2 “y el requerido es de 5”. Como el 20% del producto de la voladura es de 6.4” va a ser necesario disminuir el tamaño para alcanzar al requerido, en cuanto al producto del breasting de 4.2” que representa el 95% de la voladura no se tiene problemas de acuerdo con el requerimiento.

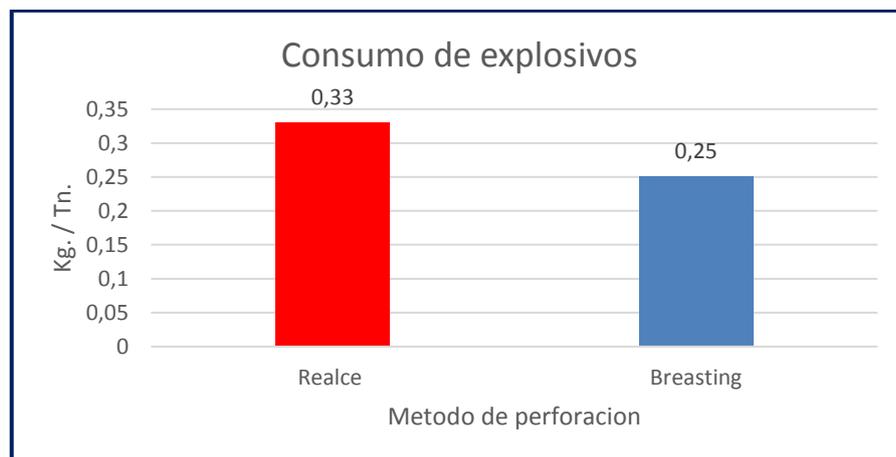
Figura N° 21: Fragmentación por método de perforación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 se puede observar que el factor de potencia con la perforación y voladura en realce es de 0.33 Kg. / Tn. y en breasting es de 0.25 Kg. / Tn. Por lo que en la perforación y voladura en breasting se consume 0.08 Kg. / Tn. Menos por cada corte; por lo que cada mes se consume 4 kg. Menos de explosivo.

Figura N° 22: Factor de carga de ambos métodos

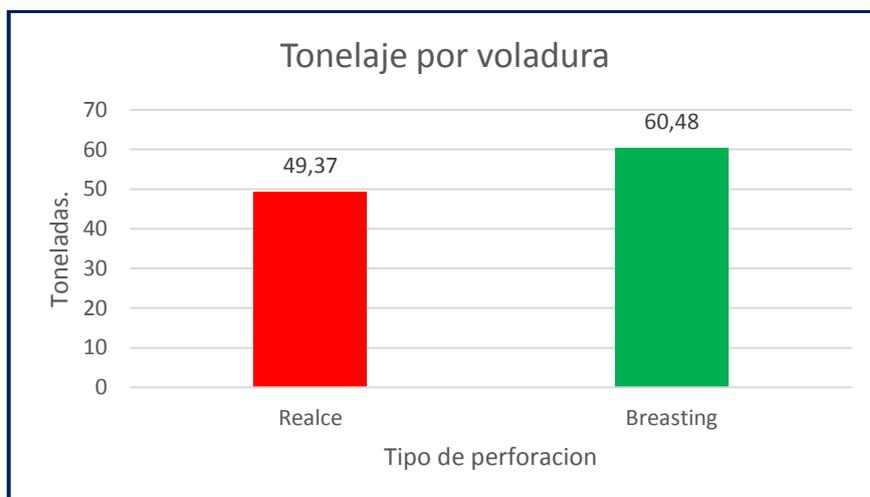


Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se puede observar que con la perforación y voladura en realce se obtiene por cada corte de 49.37 toneladas rotas, mientras que con el breasting se obtiene 60.48 toneladas rotas; se obtiene 11.11

toneladas más por corte acumulando 555.50 toneladas más por mes.

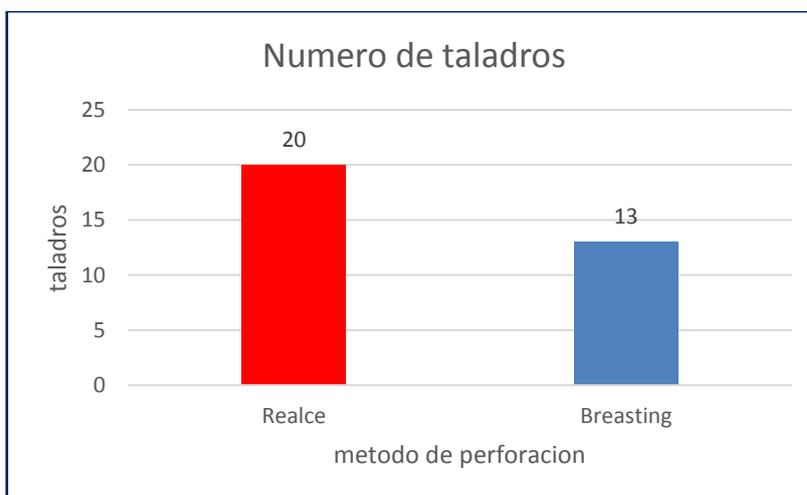
Figura N° 23: Toneladas rotas por corte



Fuente: Elaboración propia

También se puede resaltar en cuanto al número de taladros que se realiza en la perforación en realce es de 20 taladros por corte y en breasting es de 13 taladros por corte; por cada ciclo de la perforación se realiza siete taladros menos, acumulando al mes 350 taladros menos significando 2800 pies menos de perforación y representa 3 barrenos menos por mes considerando 900 pies de perforación de vida útil de cada barreno.

Figura N° 24: Cantidad de taladros por corte



Fuente: elaboración propia

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

Se planteó la siguiente hipótesis “La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros”. Tal como se muestra en los cálculos realizados existe una mejora en los parámetros de fragmentación, factor de potencia y tonelaje roto por corte; obteniendo una mejora significativa en estos parámetros de producción tal como se muestran en la figura 21, 22 y 23 respectivamente. Quedando demostrado la hipótesis planteada.

4.3.2. Hipótesis específicas

a) Prueba de la primera hipótesis específica

La primera hipótesis específica plantea: “Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting mejora la granulometría del mineral en la U.E.A. Heraldos Negros”. De acuerdo con las muestras tomadas en línea base de la perforación en realce y luego de las muestras tomadas de la perforación en breasting que luego de realizar los cálculos correspondientes se demuestra que, con el método en realce se tenía un promedio en la granulometría de 6.4” y con el método en breasting se obtiene un promedio de 4.2”; por lo que concluimos que se tiene una mejora en cuanto a la fragmentación del mineral.

○ Sostenibilidad Estadística mediante la aplicación del SPSS

Para demostrar esta hipótesis emplearemos la T de Student para datos independientes relacionados, aplicamos por tener muestras menores a 30, con un nivel de significancia de $p <$

0.05. El análisis se realiza con el SPSS de las muestras tomadas en la perforación en realce y en breasting de la fragmentación en cuanto a la granulometría.

Ho: Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting no mejora la granulometría del mineral.

H₁: Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting si mejora la granulometría del mineral; en la siguiente tabla se muestran los resultados:

Figura N° 25: Prueba de la 1era Hipótesis específica

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Fragmentacion	6,400	10	,8756	,2769
	Fragmentacion	4,200	10	,2582	,0816

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Fragmentacion & Fragmentacion	10	-,025	,946

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Fragmentacion - Fragmentacion	2,2000	,9189	,2906	1,5426	2,8574	7,571	9	,000

A partir de estos resultados se puede interpretar que la granulometría del mineral era significativamente mayor antes de la aplicación del método en breasting el cual se tiene ($M = 6.40$; $SE = 0.2769$) que después del cambio del método de perforación se tiene ($M = 4.20$; $SE = 0.0816$; $t(9) = 7.571$; $p = 0.000 < 0.05$).

M = Media

SE = Error de estándar

t = Prueba T

() = grados de libertad

P = Nivel de significación.

Por estos resultados podemos concluir que la hipótesis nula se descarta (H_0).

b) Prueba de la segunda hipótesis específica

La segunda hipótesis específica plantea: “Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting mejora el factor de potencia en la U.E.A. Heraldos Negros”. De acuerdo con las muestras tomadas en línea base de la perforación en realce y luego de las muestras tomadas de la perforación en breasting que luego se realizaron los cálculos correspondientes donde se demuestra que, con el método en realce se tenía un factor de potencia promedio de 0.33 Kg. / Tn. y con el método en breasting se obtiene un factor de potencia promedio de 0,25 Kg. / Tn. por lo que concluimos que se tiene una mejora en cuanto al parámetro del factor de potencia.

○ Sostenibilidad Estadística mediante la aplicación del SPSS

Para demostrar esta hipótesis emplearemos la T de Student para datos independientes relacionados, aplicamos por tener muestras menores a 30, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis se realiza con el SPSS de las muestras tomadas en la perforación en realce y en breasting de la fragmentación en cuanto al factor de potencia.

Ho: Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting no mejora el factor de potencia.

H₁: Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting si mejora la granulometría del mineral; en la siguiente tabla se muestran los resultados:

Figura N° 26: Prueba de la 2da Hipótesis específica

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Factor de potencia	,3260	10	,01350	,00427
	Factor de potencia	,2510	10	,01287	,00407

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Factor de potencia & Factor de potencia	10	,218	,546

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Factor de potencia - Factor de potencia	,07500	,01650	,00522	,06320	,08680	14,375	9	,000

A partir de estos resultados se puede interpretar que el factor de potencia es significativamente mayor antes de la aplicación del método en breasting el cual se tiene ($M = 0.3260$; $SE = 0.00427$), que después del cambio del método de perforación se tiene ($M = 0.2510$; $SE = 0.00407$; $t(9) = 14.375$; $p = 0.000 < 0.05$), donde:

M = Media

SE = Error de estándar

t = Prueba T

() = grados de libertad

P = Nivel de significación.

Por estos resultados podemos concluir que la hipótesis nula se rechaza (H_0).

c) **Prueba de la tercera hipótesis específica**

La tercera hipótesis específica plantea: “Mejora el tonelaje del mineral fragmentado con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros”. De acuerdo con las muestras tomadas en línea base de la perforación en realce y luego de las muestras tomadas de la perforación en breasting, que luego se realizaron los cálculos correspondientes donde se demuestra que, con el método en realce se tenía por cada corte un tonelaje de promedio de 49.37 tn. y con el método en breasting se obtiene por cada corte un tonelaje promedio de 60.48 tn. Por lo que concluimos que se tiene una mejora en cuanto al parámetro del tonelaje.

o **Sostenibilidad Estadística mediante la aplicación del SPSS**

Para demostrar esta hipótesis emplearemos la T de Student para datos independientes relacionados, aplicamos por tener muestras menores a 30, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis se realiza con el SPSS de las muestras tomadas en la perforación en realce y en breasting de la fragmentación en cuanto al factor de potencia.

H_0 : Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting no mejora la producción del tonelaje de mineral.

H_1 : Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting si mejora la producción del tonelaje de mineral; en la siguiente

tabla se muestran los resultados:

Figura N° 27: Prueba de la 3ra Hipótesis específica

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Toneladas rotas	49,3380	10	1,79422	,56738
	Toneladas rotas	60,4800	10	1,39427	,44091

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Toneladas rotas & Toneladas rotas	10	,437	,206

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Toneladas rotas - Toneladas rotas	-11,14200	1,72466	,54538	-12,37574	-9,90826	-20,430	9	,000

A partir de estos resultados se puede interpretar que el tonelaje de mineral fragmentado es significativamente mayor después de la aplicación del método en breasting el cual se tiene ($M = 49.3380$; $SE = 0.56738$), que después del cambio del método de perforación se tiene:

($M = 60.4800$; $SE = 0.44091$; $t(9) = -20.430$; $p = 0.000 < 0.05$),

donde:

M = Media

SE = Error de estándar

t = Prueba T

$()$ = grados de libertad

P = Nivel de significación.

Por estos resultados podemos concluir que la hipótesis nula se rechaza (H_0).

4.4. Discusión de resultados

En relación con el título de la investigación “Aplicación de la perforación y Voladura en Breasting para Mejorar los parámetros de producción en los Tajos de la U.E.A. Heraldos Negros”, existen resultados bastante favorables, desde el punto de vista de la optimización de la granulometría, factor de potencia y rotura del tonelaje de mineral, estos resultados se pueden observar claramente en la tabla 9.

Tabla N° 9: *Comparación de Resultados del método*

Parámetro	Método perforación en Realce	Método de perforación en Breasting
Numero de taladros (unidad)	20	13
Avance efectivo/voladura (metros)	1.87	2.24
Granulometría (pulgadas)	6.4	4.2
Factor de potencia (Kg. /Tn.)	0.33	0.25
Toneladas rotas por corte (toneladas)	49.37	60.48

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, de la tabla 9 podemos deducir:

Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. los Heraldos Negros, en el parámetro de la granulometría de la fragmentación de la voladura se logra una reducción muy significativa de 2.20” menos que el método de la perforación en realce, lo cual va a incidir en la mejora del carguío, transporte y tratamiento en la planta metalúrgica. También comparando con la investigación del marco teórico como antecedente a Sánchez, V. (2014). La tesis “Optimización en los procesos de perforación y voladura para minimizar los costos de explotación en la mina Bethzabeth”. Concluye en su análisis efectuado en la malla de perforación que actualmente se aplica para la fragmentación del mineral.

Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. los Heraldos Negros, en el parámetro del factor de potencia también se logra una significativa reducción del consumo de explosivos en 0.08 Kg. /Tn. por cada voladura en comparación de la perforación del método de perforación en realce, esto va a incidir en la reducción de costos de producción. Asimismo, en referencia al marco teórico de antecedentes, Salazar, R. (2015) en su tesis “Remoción de rocas con explosivos, para la construcción de caminos a menores costos”. Menciona que, dadas las actuales necesidades de producción y rapidez versus costos; con la aplicación de una nueva malla de perforación y un cambio de densidad del explosivo cumplen en mejor forma los requerimientos de explosivos, rotura de las rocas permitiendo un control mínimo del consumo de explosivos logrando mejorar los costos de producción.

Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. los Heraldos Negros, en el parámetro de toneladas rotas por voladura se logra incrementar significativamente en 11.11 toneladas rotas por corte con respecto a las toneladas rotas del método en realce, esta mejora desde ya repercute en los beneficios de la productividad. Podemos también comparar con el marco teórico de la investigación de Villalta, R. (2018). De la Universidad Nacional del Altiplano, presenta su tesis de investigación “Aplicación del método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la unidad San Cristóbal de la compañía minera Volcan S.A.A.” en el análisis de la investigación de problemas explotación y de sostenimiento, tiene como objetivo determinar métodos que bajen los altos costos de minado y mejore el nivel de productividad de las operaciones mineras.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. los Heraldos Negros por el cambio del método de perforación mejoró los rendimientos de la voladura en términos de la fragmentación respecto a la granulometría requerida para la planta metalúrgica, inicialmente como línea base se tenía un promedio de 6.4 pulgadas con la aplicación se tiene un promedio de 4.2 pulgadas
2. Con la aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. los Heraldos Negros se disminuye el número de taladros en la perforación por cada corte este cambio minora el consumo de kilogramos de explosivo por cada tonelada rota, de esta manera se pudo reducir el factor de potencia que en la línea base se tenía un promedio de 0.33 kg. / tn. con la aplicación del método en breasting se tiene un promedio de 0.25 kg. / tn.
3. La aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. los Heraldos Negros se perfora menor cantidad de taladros y se incrementa la sección mejorando la producción del tonelaje de mineral por cada corte. La producción de la línea base era de un promedio de 49.37 toneladas y con la aplicación de la perforación en breasting se llega a un promedio de 60.48 toneladas.
4. La aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. los Heraldos Negros se perfora menor cantidad de taladros, que como línea base se tenía 20 taladros por corte y con la aplicación del método en breasting se reduce a 13 taladros, mejorando los costos de perforación y voladura.
5. La aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. los Heraldos Negros se mejora el avance lineal de 1.87 m. a 2.24 m.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda considerar la implementación del uso de otro explosivo como la emulsión encartuchada y/o a granel ya que es de menor costo y genera menos gas nitroso.
2. Se recomienda considerar la implementación de un mini jumbo en el método de perforación y voladura en breasting para mejorar los rendimientos de la perforación.
3. Se recomienda considerar la implementación de la longitud de barras de 10 pies y/o 12 pies en el método de perforación y voladura en breasting para incrementar la producción del tonelaje por corte.
4. Se recomienda considerar el reemplazo del método de la perforación y voladura en breasting en todos los tajos de la minera ya que indudablemente mejora la productividad.
5. Se recomienda realizar una investigación de cálculos de beneficios y costos al reemplazar el método de perforación y voladura en breasting.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wiese J. & Noble D. (2001). El sistema de fallas Chonta del Perú Central, Sociedad Geológica del Perú. Boletín, Vol. 92, p. 29-41.
2. Rodríguez R. (2008). El sistema de fallas Chonta: morfología, cinemática y distribución de yacimientos minerales, Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
3. Calderón J. (2021). Control estructural para el emplazamiento de vetas y stock monzodiorítico en el distrito minero de Acobambilla, Perú.
4. Puchoc, D. (2021). Método de explotación corte y relleno ascendente. Unidad Minera los Heraldos Negros. Informe anual.
5. Piano, E. (2021). Plan de Minado. Unidad Minera los Heraldos Negros. Informe anual.
6. Mamani, C. (2016). Tesis Diseño de Perforación y Voladura y su Incidencia en los Costos Unitarios en el Balcón III de la Compañía Minera Ananea S.A. Puno, Perú.
7. Chipana, M. (2015). Tesis Diseño de Perforación y Voladura para Reducción de Costos en el Frente de la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis Corporación Minera Ananea S.A. Puno, Perú: Universidad del Altiplano.
8. EACH CHUNGAR, E. (de 2014). Cartilla de Perforación y Voladura. Lima, Perú.
9. Enaex S.A. (2001). Curso de Manejo de Explosivos. Santiago, Chile.
10. EXSA S.A. (2015). Manual Práctico de Voladura. Lima, Perú: Departamento Técnico de EXSA S.A.
11. Famesa Explosivos SAC. (2016). Obtenido de:
<http://www.famesa.com.pe/productos/altos-explosivos/emulnor/>
12. FAMESA, E. (2019). Manual de Perforación y Voladura. Lima, Perú: Editorial COSAS.

13. López, C. (2005). Ingeniería de Túneles. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
14. López, C. (2012). Manual de Perforación y Voladura de Rocas. Madrid: Tercera Edición.
15. Silvestre, G. (2018). Aplicación del Método de Explotación por Subniveles en la Unidad Minera Chungar. Junín, Peru: Universidad Continental.
16. Tolentino, V. (2012). Métodos de Excavación de Túneles Perforación y Voladura. UNI-Perú.

ANEXOS

- Instrumentos de recolección de datos.

PLAN DE MINADO 2021 U.E.A. LOS HERALDOS NEGROS

PLAN DE MINADO 2021

PRODUCCIÓN JULIO

PRODUCCIÓN JULIO 2021

NIVEL	LABOR	VETA	TMS
5010	TJ 220	HERALDOS	900
5010	TJ 770 N	BOMBONCITO	1080
5010	TJ 770 S	BOMBONCITO	2160
4890	TJ 145 N	HERALDOS	2025
4890	TJ 145 S	HERALDOS	2633
4890	TJ 340 N	BOMBONCITO	1080
4890	TJ 340 S	BOMBONCITO	540
4890	TJ 660 N	BOMBONCITO	1215
4890	TJ 660 S	BOMBONCITO	1215
4980	TJ 710	BOMBONCITO	3600
5010	TJ 990	BOMBONCITO	2552

PRODUCCIÓN AGOSTO

PRODUCCIÓN AGOSTO 2021

NIVEL	LABOR	VETA	TMS
5010	TJ 220	HERALDOS	2005
5010	TJ 770 N	BOMBONCITO	900
5010	TJ 770 S	BOMBONCITO	1800
4890	TJ 145 N	HERALDOS	2025
4890	TJ 145 S	HERALDOS	2025
4890	TJ 340 N	BOMBONCITO	1620
4890	TJ 340 S	BOMBONCITO	810
4890	TJ 660 N	BOMBONCITO	1215
4890	TJ 660 S	BOMBONCITO	1215
4980	TJ 710	BOMBONCITO	1800
4840	GAL 400 N	BOMBONCITO	743
4840	GAL 400 S	BOMBONCITO	743
5010	TJ 990	BOMBONCITO	2100

PLAN DE MINADO 2021

PRODUCCIÓN SETIEMBRE

PRODUCCIÓN SETIEMBRE 2021

NIVEL	LABOR	VETA	TMS
5010	TJ 220	HERALDOS	1080
4890	GAL 345 S	BOMBONCITO	1238
4890	TJ 145 N	HERALDOS	2025
4890	TJ 145 S	HERALDOS	2633
4890	TJ 340 N	BOMBONCITO	1782
4890	TJ 340 S	BOMBONCITO	891
4890	TJ 660 N	BOMBONCITO	2313
4890	TJ 660 S	BOMBONCITO	2430
4980	TJ 710	BOMBONCITO	2430
4840	GAL 400 N	BOMBONCITO	916
4840	GAL 400 S	BOMBONCITO	1114

PRODUCCIÓN OCTUBRE

PRODUCCIÓN OCTUBRE 2021

NIVEL	LABOR	VETA	TMS
5010	TJ 220	HERALDOS	1888.56
4890	TJ 145 N	HERALDOS	2025
4890	TJ 145 S	HERALDOS	2632.5
4890	TJ 340 N	BOMBONCITO	1620
4890	TJ 340 S	BOMBONCITO	810
4890	TJ 660 N	BOMBONCITO	2430
4890	TJ 660 S	BOMBONCITO	2430
4980	TJ 710	BOMBONCITO	4050
4840	GAL 400 S	BOMBONCITO	1113.75

TOTAL	18850
--------------	--------------

TOTAL	19000
--------------	--------------

**REGISTRO DE DATOS DE MUESTRAS DE LA PERFORACION Y
VOLADURA EN REALCE**

N° de tal. Unidad	Avance metros	Granulometría pulgadas	Explosivo kilogramos	Factor de carga Kg/tn.	Toneladas rotas
20	1.90	7.5	16	0.32	50.16
20	1.80	7.0	16	0.34	47.52
20	1.95	7.0	16	0.31	51.48
20	2.00	7.5	16	0.30	52.8
20	1.80	6.5	16	0.34	47.5
20	1.85	6.0	16	0.33	48.8
20	1.85	6.5	16	0.33	48.8
20	1.80	5.5	16	0.34	47.52
20	1.85	5.0	16	0.33	48.84
20	1.90	5.5	16	0.32	50.16

**REGISTRO DE DATOS DE MUESTRAS DE LA PERFORACION Y
VOLADURA EN BREASTING**

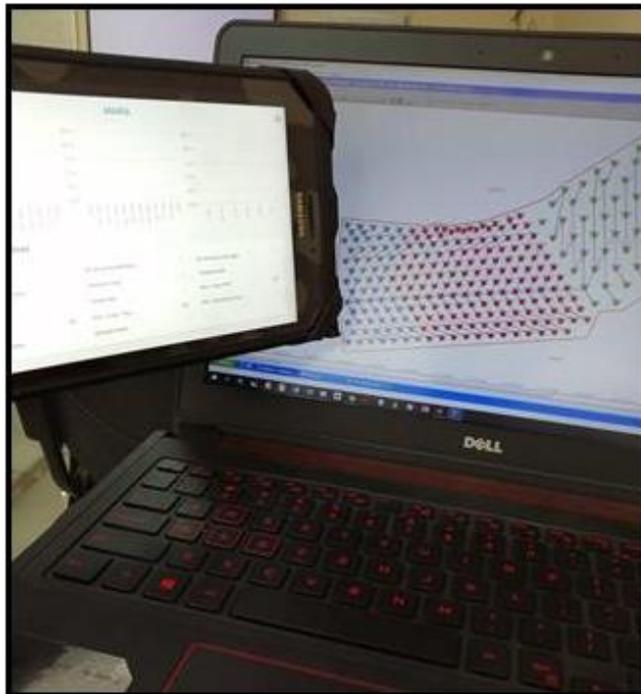
N° de tal. unidad	Avance metros	Granulometría pulgadas	Explosivo kilogramos	Factor de carga Kg/tn.	Toneladas rotas
13	2.25	4.5	14.90	0.25	60.75
13	2.20	4.0	14.90	0.26	59.40
13	2.30	4.0	14.90	0.23	62.10
13	2.25	4.0	14.90	0.25	62.75
13	2.20	4.5	14.90	0.26	59.40
13	2.30	4.5	14.90	0.23	62.10
13	2.15	4.0	14.90	0.27	58.05
13	2.20	4.5	14.90	0.26	59.40
13	2.30	4.0	14.90	0.23	62.10
13	2.25	4.0	14.90	0.25	60.75

Figura 28: Wincha métrica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Laptop para registrar datos.



Fuente: Elaboración propia

Procedimiento de validación y confiabilidad

Los resultados de fragmentación, factor de potencia y demás parámetros se validan a través de los reportes de voladura presentados al área de perforación y voladura de la minera los Heraldos Negros, estos resultados fueron coordinados con el departamento respectivo. Se garantiza la veracidad de los datos, puesto que la recolección de datos in situ; estos datos son en tiempo real. Todos los resultados y conclusiones de la investigación fueron coordinados con el departamento de producción.

Resultado de las 10 muestras de perforación y voladura en realce:

<i>Muestra</i>	<i>Avance Efectivo (m.)</i>	<i>Granulometría pulgadas</i>	<i>Factor de Potencia Kg. / Tn.</i>	<i>Toneladas Rotas</i>
1	1.90	7.5	0.32	50.16
2	1.80	7.0	0.34	47.52
3	1.95	7.0	0.31	51.48
4	2.00	7.5	0.30	52.80
5	1.80	6.5	0.34	47.52
6	1.85	6.0	0.33	48.84
7	1.85	6.5	0.33	48.84
8	1.80	5.5	0.34	47.52
9	1.85	5.0	0.33	48.84
10	1.90	5.5	0.32	50.16
Promedio	1.87	6.4	0.33	49.37

Resultado de las 10 muestras de perforación y voladura en breasting:

<i>Muestra</i>	<i>Avance Efectivo (m.)</i>	<i>Granulometría pulgadas</i>	<i>Factor de Potencia Kg. / Tn.</i>	<i>Toneladas Rotas</i>
1	2.25	4.5	0.25	60.75
2	2.20	4.0	0.26	59.40
3	2.30	4.0	0.23	62.10
4	2.25	4.0	0.25	60.75
5	2.20	4.5	0.26	59.40
6	2.30	4.5	0.23	62.10
7	2.15	4.0	0.27	58.05
8	2.20	4.5	0.26	59.40

9	2.30	4.0	0.23	62.10
10	2.25	4.0	0.25	60.75
Promedio	2.24	4.2	0.25	60.48

VETA BOMBONCITO

a) Caracterización geomecánica – veta Bomboncito

La caracterización geomecánica de los tajos programados ha sido obtenida de labores existentes, en niveles inferiores, y/o proyección de estas.

Cuadro N°01.- Caracterización geomecánica tajo 750, Nivel 4920

Ítem	Estructura	Valoración de la masa rocosa				Descripción
		RMR (1989)	Tipo	GSI	Índice Q	
01	Caja techo	48	III-B	43	0.736	Regular B
02	Caja piso	51	III-A	46	1.166	Regular A
03	Estructura	42	III-B	37	0.293	Regular B

Fuente: U.E.A. los Heraldos Negros

b) Estado de esfuerzos in-situ del macizo rocoso – veta Bomboncito

La caracterización geomecánica de los tajos programados ha sido obtenida de labores existentes, en niveles inferiores, y/o proyección de estas.

Cuadro N°02.- Estado de esfuerzos in-situ tajo 750, Nv.4920

Ítem	Característica	Medida	Unidades	
1	Profundidad	Mínima	95.6	m
		Máxima	135.2	m
2	Densidad de roca	2.6	t/m3	
3	Gravedad	9.8	m/s2	
4	Esfuerzo vertical	Mínima	2.44	MPa
		Máxima	3.44	MPa
5	Relación de poisson	0.3	-	
6	Módulo de elasticidad	11.9	GPa	
7	Esfuerzo horizontal	Mínima	1.04	MPa
		Máxima	1.48	MPa

Fuente: U.E.A. los Heraldos Negros

c) Máxima abertura de la excavación

Para la determinación de la máxima abertura de la excavación según la calidad del macizo rocoso se ha empleado el modelo matemático de Barton, en función a la estimación del Span es que se ha dimensionado las labores mineras, las cuales serán sostenidas o fortificadas.

d) Máxima abertura de la excavación– veta Bomboncito

Cuadro N°03.- tajo 750, Nivel 4920

Tipo de labor	Calidad de roca		Tipo de labor	ESR	Sección (m)	
	RMR	Índice Q			Máxima	Diseño
Rampa	52	2.36	Permanente	1.6	4	3.0 a 3.5
Crucero	48	1.74	Temporal	3	7	3.0 a 3.5
Galería	42	1.29	Temporal	3	6	3.0 a 3.5
Tajo	42	1.29	Temporal	3	6	3.5 a 6.0

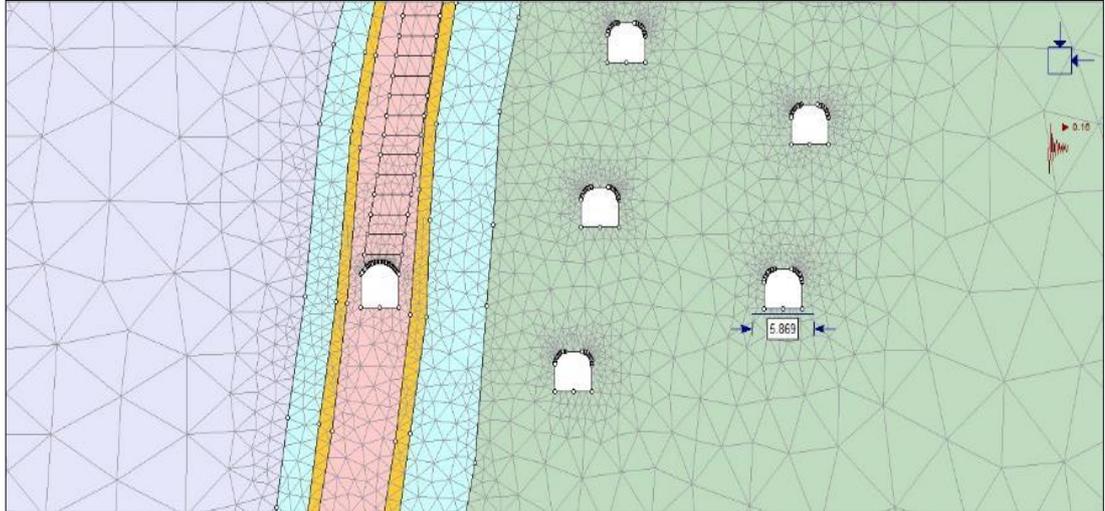
Fuente: U.E.A. los Heraldos Negros

Cuadro N°04.- Características geométricas de la veta Bomboncito

Parámetro	Características
Forma del yacimiento	Tabular
Orientación	N38°W
Potencia	3-8m
Inclinación	70° - 75°
Tipo de manto	vertical
Profundidad	>120 m
Densidad media	2.9 t/m ³

Fuente: U.E.A. los Heraldos Negros

Figura 30: Modelo de análisis en tajos – veta Bomboncito



Fuente: U.E.A. los Heraldos Negros

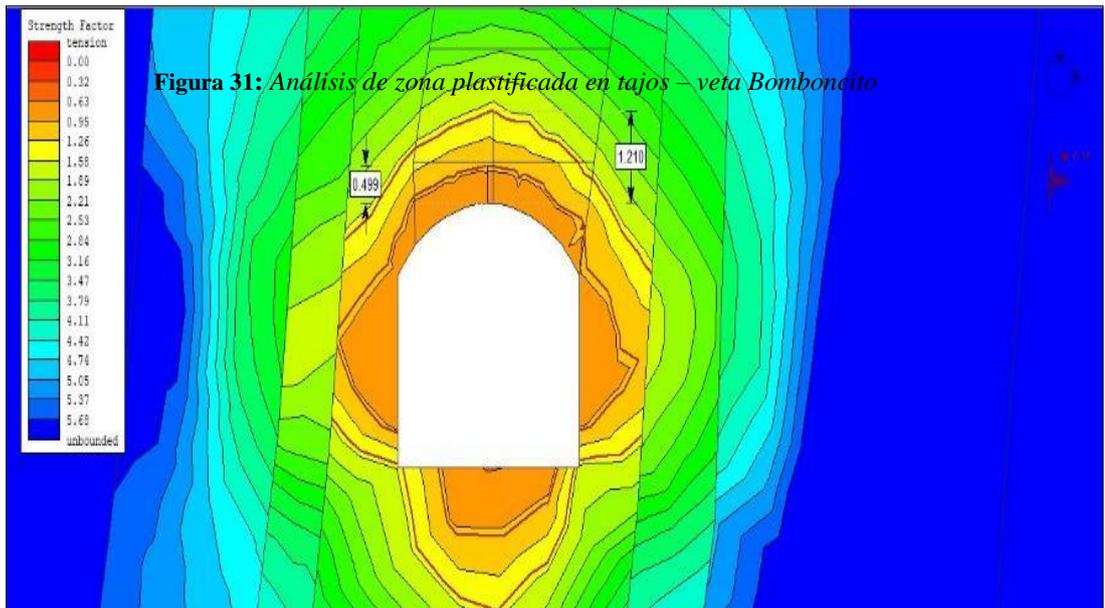


Figura 31: Análisis de zona plastificada en tajos – veta Bomboncito

Fuente: U.E.A. los Heraldos Negros

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Aplicación de la Perforación y Voladura en Breasting para Mejorar los Parámetros de Producción en los Tajos de la U.E.A. Heraldos Negros”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
<p>General ¿Es posible mejorar los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros con la aplicación de la perforación y voladura en breasting?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>a) ¿La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar la granulometría del mineral en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros?</p> <p>b) ¿La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar el factor de potencia en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros?</p> <p>c) ¿La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar el tonelaje del mineral fragmentado en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros?</p>	<p>General Mejorar los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros con la aplicación de la perforación y voladura en breasting.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a) Mejorar la granulometría del mineral con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros.</p> <p>b) Mejorar el factor de potencia con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros.</p> <p>c) Mejorar el tonelaje del mineral fragmentado con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La aplicación de la perforación y voladura en breasting permite mejorar los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>a) Mejora la granulometría del mineral con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros.</p> <p>b) Mejora el factor de potencia con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros.</p> <p>c) Mejora el tonelaje del mineral fragmentado con la aplicación de la perforación y voladura en breasting de la U.E.A. Heraldos Negros.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>X: Aplicación de la perforación y voladura en breasting en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Y: Mejora los parámetros de producción en los tajos de la U.E.A. Heraldos Negros</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>Es de carácter experimental-aplicativo que es determinado por los objetivos, el trabajo de la investigación está centrado en el nivel descriptivo, correlacional y explicativo.</p> <p>Métodos de Investigación</p> <p>Es lógico por la presentación de la información, el proceso, el análisis, la deducción, la síntesis y las conclusiones, asimismo se obtiene resultados mediante la observación que afectan al objeto del estudio.</p>	<p>Población</p> <p>Tajos del nivel 5010 de la U.E.A. Heraldos Negros; conformado por el nivel inferior 5010.</p> <p>-La veta Rosario, los tajos 600N y 600S</p> <p>-La veta Bomboncito, los tajos 700N y 700S</p> <p>-La veta Heraldos Negros, los tajos 830N y 830S</p> <p>Muestra</p> <p>El tajo 750S, veta Bomboncito del nivel 4920, de la U.E.A. Heraldos Negros</p>