

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



**T E S I S**

**Aplicación del nuevo diseño de doble banco para mejorar la producción de explotación a tajo abierto en la Minera Apumayo**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de minas**

**Autor:**

**Bach. Saul Josue RAMON ESPINOZA**

**Asesor:**

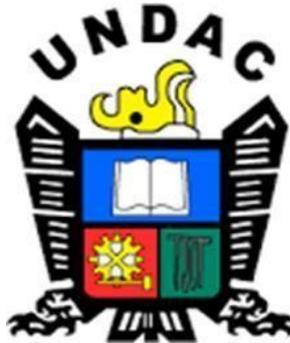
**Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA MINAS**



**T E S I S**

**Aplicación del nuevo diseño de doble banco para mejorar la producción de explotación a tajo abierto en la Minera Apumayo**

**Sustentada y aprobada antes los miembros del jurado:**

---

**Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Vicente César DAVILA CÓRDOVA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA**  
**MIEMBRO**



## **DEDICATORIA**

A Dios, por las bendiciones y éxitos que siempre me concede; a mis padres, por su apoyo permanente de mi formación profesional y a mis hermanos, ellos siempre me acompañan en mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Alma Mater Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de ingeniería de Minas, por sus experiencias y aportes compartidas.

A los Ingenieros de la Minera Apumayo, por su apoyo constante que permitieron cristalizar el presente proyecto y a todos mis colegas que participaron en forma directa o indirecta para la luz de mi trabajo.

## RESUMEN

El trabajo de investigación “Aplicación del Nuevo Diseño de Doble Banco para Mejorar la Producción de Explotación a Tajo Abierto en la Minera Apumayo”.

La investigación se ha desarrollado con el objetivo de incrementar la producción en la explotación a tajo abierto aplicando un nuevo diseño de doble banco; para lograr el objetivo primeramente se ha tomado información del proceso de explotación del diseño a banco simple y luego se ha tomado información de la aplicación del nuevo diseño para relacionar y comparar los resultados. La investigación propone aplicar un nuevo diseño de explotación generando taludes a doble banco con la finalidad de mejorar el tonelaje de producción y la estabilidad del perfil de talud.

Aplicando el diseño de doble banco en el tajo abierto, se vio reflejado en el resultado del incremento de la producción de mineral, el primer objetivo propuesto en cuanto a la línea base se tenía 87, 345.18 toneladas mensuales y con el cambio del diseño de doble banco se obtiene una producción de 114,163.92 toneladas mensuales; se tiene un mejor perfil en las paredes del talud final después de las voladuras siendo más estable y uniforme, de esta manera se evita tiempos perdidos en el desate de rocas sueltas y sostenimiento que retrasa la producción. Considerando estadísticamente podemos considerar que se tiene un incremento del 23.49 % mensualmente en la producción de mineral, que acumulados anualmente es bastante significativo.

También en la investigación podemos notar que en cuanto al tiempo de ciclo por cada corte varia de un diseño al otro siendo de siete días con el diseño a banco simple y de doce días con el diseño de doble banco.

**Palabras Clave:** Doble banco, producción, tajo abierto.

## **ABSTRACT**

The research work “Application of the New Double Bank Design to Improve Open Pit Exploitation Production at Apumayo Mining”.

The research has been developed with the objective of continuing to improve production in open pit exploitation by applying a new double bank design; To achieve the objective, information has first been taken from the exploitation process of the simple bench design and then information has been taken from the application of the new design to relate and compare the results. The research proposes to apply a new exploitation design generating double bank slopes in order to improve the production tonnage and the stability of the slope profile.

Applying the double bank design in the open pit, was reflected in the result of the increase in mineral production, the first proposed objective in terms of the baseline was 87, 345.18 tons per month and with the change of the double bench design bank a production of 114,163.92 tons per month is obtained; There is a better profile on the walls of the final slope after blasting, being more stable and uniform, in this way wasted time is avoided in the release of loose rocks and support that delays production. Considering statistically, we can consider that there is an increase of 23.49% monthly in mineral production, which accumulated annually is quite significant.

Also in the investigation we can notice that in terms of the cycle time for each cut it varies from one design to the other, being seven days with the single bench design and twelve days with the double bench design.

**Keywords:** Double bench, production, open pit.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo de investigación: “**Aplicación del Nuevo Diseño de Doble Banco para Mejorar la Producción de Explotación a Tajo Abierto en la Minera Apumayo**”, es de incrementar la producción de mineral en la explotación del tajo abierto de la minera Apumayo, asimismo demostrar que con la aplicación del diseño de doble banco se logra cumplir cada uno de los objetivos.

En el primer capítulo se considera, la identificación y determinación del problema, delimitación, formulación del problema, los objetivos, la justificación y limitación de la investigación.

En el segundo capítulo se considera, antecedentes de estudio, bases teóricas, la formulación de hipótesis, identificación de variables y la operacionalización, muy importante ya que profundiza el conocimiento para el proceso del trabajo de investigación.

En el tercer capítulo, se desarrolla las técnicas de investigación, Tipo, nivel, métodos y diseño.

En el cuarto capítulo se describe el trabajo de campo el trabajo de campo analizando los diseños de banco para la producción de mineral especificando los parámetros y características del banco simple y doble banco; seguidamente con los resultados se demuestra la hipótesis planteada; consecuentemente a un análisis e interpretación de la data base se realiza la discusión de resultados, relacionando los rendimientos e indicadores obtenidos en las muestras de campo.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	2
1.2.1.	Minera Apumayo.....	2
1.3.	Formulación del problema .....	11
1.3.1.	Problema general.....	11
1.3.2.	Problemas específicos .....	11
1.4.	Formulación de Objetivos.....	11
1.4.1.	Objetivo General .....	11
1.4.2.	Objetivos específicos.....	11
1.5.	Justificación de la Investigación.....	12
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	12

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	13
2.2.	Bases teóricas científicas .....	15
2.2.1.	Método de tajos a cielo abierto.....	15
2.2.2.	Parámetros para el diseño de perforación y voladura.....	24
2.2.3.	Perforación y voladura controlada.....	28
2.3.	Definición de términos básicos.....	35
2.4.	Formulación de Hipótesis .....	38
2.4.1.	Hipótesis general .....	38
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	38
2.5.	Identificación de variables.....	39
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores .....	40

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de Investigación .....	41
3.2.	Nivel de investigación .....	41
3.3.	Métodos de Investigación.....	41
3.4.	Diseño de Investigación .....	42
3.5.	Población y muestra .....	42
3.5.1.	Población .....	42
3.5.2.	Muestra .....	42
3.6.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	42
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	43
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	44

3.9.	Tratamiento Estadístico .....	44
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	44

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	45
4.1.1.	Datos de diseño del banco simple .....	45
4.1.2.	Datos de diseño de doble banco .....	49
4.1.3.	Producción a doble banco.....	62
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	65
4.2.1.	Presentación de data de banco simple .....	65
4.2.2.	Presentación de data a doble banco .....	68
4.2.3.	Análisis de los resultados .....	70
4.2.4.	Interpretación de resultados del diseño de simple banco y doble banco. .....	71
4.3.	Prueba de Hipótesis .....	74
4.3.1.	Hipótesis general .....	74
4.3.2.	Hipótesis específicas .....	74
4.4.	Discusión de resultados .....	75

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Política .....	3
Figura 2 Plano de Geología Regional.....	5
Figura 3: Plano de Geología Local .....	6
Figura 4 Plan de Descarga en el Pad de Lixiviación .....	7
Figura 5 Área de Perforación y Voladura de la Mina Apumayo.....	8
Figura 6 Método de Carguío de Taladros .....	9
Figura 7 Carguio y Acarreo.....	10
Figura 8 Zona de Descarga de Pad de Lixiviación.....	17
Figura 9 Zona de Descarga de Botadero de Desmonte .....	18
Figura 10 Diseño de Sistema Hidráulica .....	18
Figura 11 Se muestra la Perforación de Pre-Corte en Talud Final.....	22
Figura 12 Diseño de Carga de Taladros .....	23
Figura 13 Diseño de Talud Final .....	24
Figura 14 Esquema de la carga explosiva .....	33
Figura 15 Esquema de carga de voladura controlada.....	34
Figura 16 Esquema de ensamble del exsacorte .....	34
Figura 17 Malla de voladura controlada.....	34
Figura 18 Carga explosiva al fondo.....	35
Figura 19 Carguío de Mineral y Desmonte .....	47
Figura 20 Transporte de Mineral y Desmonte.....	48
Figura 21 Mantenimiento de Vías de Camino Minero .....	49
Figura 22 Perforación en el Tajo Apumayo S.A.C .....	51
Figura 23 Equipo de Medición de Resistencia de la Roca .....	52
Figura 24 Mapeo Geotécnica del Proyecto de Perforación .....	53

Figura 25 Carguío de Taladros con Camión Fabrica.....	55
Figura 26 Se Muestra el Radio de Influencia de Voladura, Inicio de la Voladura Primario .....	57
Figura 27 Pasos de la Iniciación de la Voladura .....	57
Figura 28 Producción en volumen.....	66
Figura 29 Producción en toneladas.....	66
Figura 30 Factor de potencia .....	67
Figura 31 Tiempo por ciclo .....	67
Figura 32 Producción en volumen – doble banco .....	68
Figura 33 Producción en toneladas – doble banco .....	69
Figura 34 Factor de carga con barreno de 8’ .....	69
Figura 35 Tiempo por ciclo .....	70
Figura 36 Relación de producción mensual en volumen.....	72
Figura 37 Relación de producción mensual en toneladas .....	72
Figura 38 Relación del tiempo por ciclo .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas UTM .....	3
Tabla 2 Ruta Apumayo.....	4
Tabla 3 Parámetros de Perforación.....	8
Tabla 4 Equipos de Operación .....	10
Tabla 5 Operacionalización de variables.....	40
Tabla 6 Equipos de Carguío .....	48
Tabla 7 Resultado del Macizo Rocosa de Taludes .....	52
Tabla 8 Diferenciación de Minerales en Campo .....	57
Tabla 9 Producción de talud a banco simple .....	58
Tabla 10 Producción de talud a doble banco.....	62
Tabla 11 Resultados de producción a banco simple.....	65
Tabla 12 Resultados de producción a doble banco .....	68
Tabla 13 Relación de Resultados del diseño de banco.....	75

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En el tiempo actual toda empresa minera tiene planes en cada operación de exploración, desarrollo y preparación de las zonas de su concesión, continuamente controla los ciclos de minado para obtener alta productividad; En todas las operaciones de la Minera Apumayo, desde que un inició se consolida en el mercado del ciclo de explotación y comercialización de mineral Ag y Au como producto final de oro en barras,

Apumayo declara 04 componentes para la explotación a tajo abierto que se realizaran trabajos de manera secuencial para poder identificar el mineral colocado en el pad de lixiviación, esto se debe a los diferentes tipos de materiales y sus leyes, la problemática en que uno de sus tajos en la explotación según el diseño inicial, conforme se va profundizando a bancos inferiores va quedando mineral en los contornos de los taludes finales; con el diseño a banco simple de 8 m de altura con un ángulo de reposo de  $55^\circ$  se deja de extraer cierta cantidad de reservas, y eso es por la falta de información geológica que inicialmente no se

tomó en consideración.

En la Minera, se toma en cuenta los precios de los metales a nivel internacional, el valor de los metales que produce la minera Apumayo, se nota una tendencia alcista a nivel internacional; considerando y teniendo en cuenta que los tajos adyacentes Huamanloma y Ayahuanca aún no están con la capacidad total de producción y la colocación del mineral en el PAD se observa ser afectado, esto implica la necesidad de ubicar reservas para alimentar de mineral en el PAD de lixiviación, a la vez no tener la reducción temporal del personal en actividad.

Considerando el problema de las reservas que van quedando en los taludes y que tienen un valor económico positivo, se hace muy importante realizar la evaluación, los estudios de leyes y los parámetros de estabilidad de talud para realizar los trabajos con el diseño a doble banco que tiene una nueva altura de 16 m. de altura y un ángulo de 65°, teniendo en cuenta el sistema hidráulico y a la vez de este resultado tener una ampliación para la colocación de mineral en el pad de lixiviación.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Minera Apumayo**

la empresa minera Apumayo S.A.C, es del grupo Aruntani dedicada a la explotación de minería a cielo abierto y denominado como mediana minería. En agosto del año 2010 (ANABI) presentó ante el ministerio de Energía y Minas (MINEM) la declaración de impacto Ambiental (DIA) la cual fue aprobada por Constancia de Aprobación Automática. Para la elaboración de estudios ambientales (EIA) ANABI S.A.C. (ANABI), ha contratado los servicios de Walsh Perú S.A Ingenieros y Científicos Consultores, empresa especialista en elaboración de estudio de impacto ambiental inscrito y autorizado por el

Ministerio de Energía y Minas, mediante R.D. N° 079-2009-MEM/AAM con fecha de 8 de abril del 2009 y la ampliación del registro de profesionales mediante la R.D N° 063-2010 MEM/AAM con fecha 24 de febrero del 2010.

### A. Ubicación y Acceso

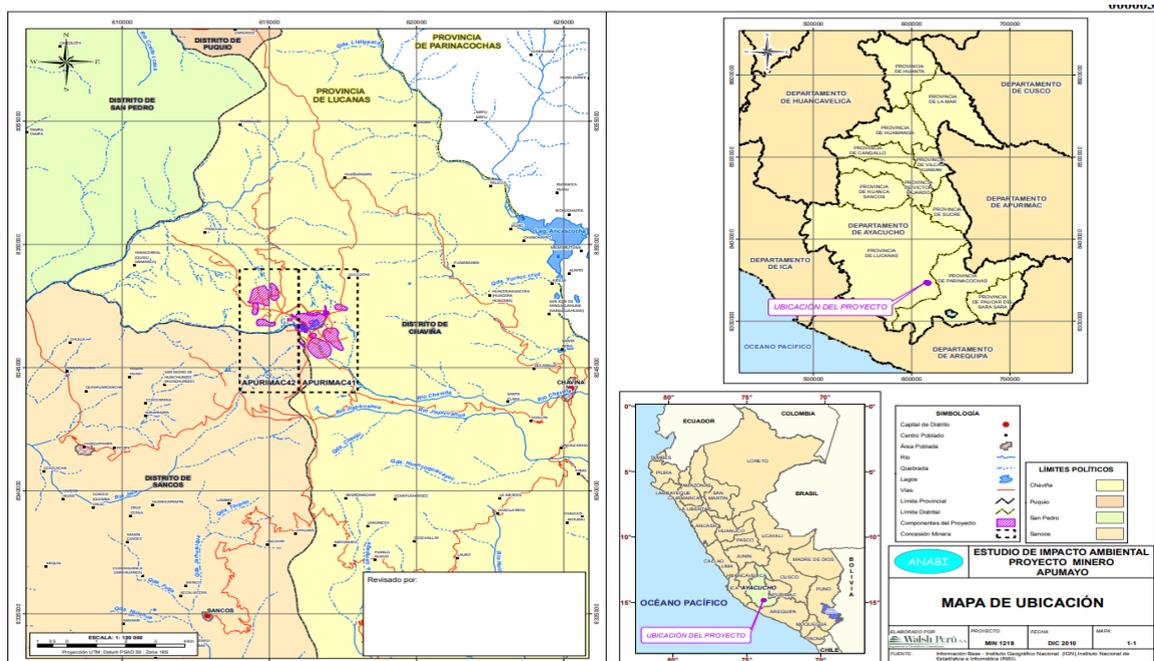
El proyecto minero Apumayo se ubica entre los distritos de Chaviña y Sancos, provincia de Lucanas departamento de Ayacucho, como indica en la figura 1, y se encuentra a una altura 4200 msnm como indica en la tabla 1 y la figura 1.

**Tabla 1 Coordenadas UTM**

Vértice	Norte	Este
1	8 349 000 m.	614 000 m.
2	8 344 000 m.	618 000 m.

Fuente: Compañía Minera Apumayo Área de Geología Mina

**Figura 1 Ubicación Política**



Fuente: departamento de geología de Apumayo S.A.C

Las vías de acceso al proyecto se realizan por la ruta: Lima-Nazca-Puquio-

Desvió-Proyecto Minero Apumayo, siendo este trayecto por vía asfáltica y trocha carrózales como indica en la tabla 2.

**Tabla 2 Ruta Apumayo**

Ruta	Km	Tipo de Vía	Tiempo y (horas)
Lima-Nazca	444	Asfaltado	06
Nazca-Puquio	157	Asfaltado	03
Puquio- Desvió	58	Afirmado	02
Desvió- Proyecto	13	Trocha Carrózales	0.3
<b>Total</b>	<b>672</b>		<b>11,3</b>

Fuente: Proporcionado por el área de planeamiento Apumayo.

## **B. Reseña histórica**

Apumayo S.A.C, es una empresa dedicada a la explotación minero-metalúrgica, la cual cuenta con un contrato de la Cesión Minera y Opción de Transferencia de las concesiones mineras: Apurímac 41 y Apurímac 42 Ubicados en el distrito de Chaviña y Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho.

## **C. Geología regional**

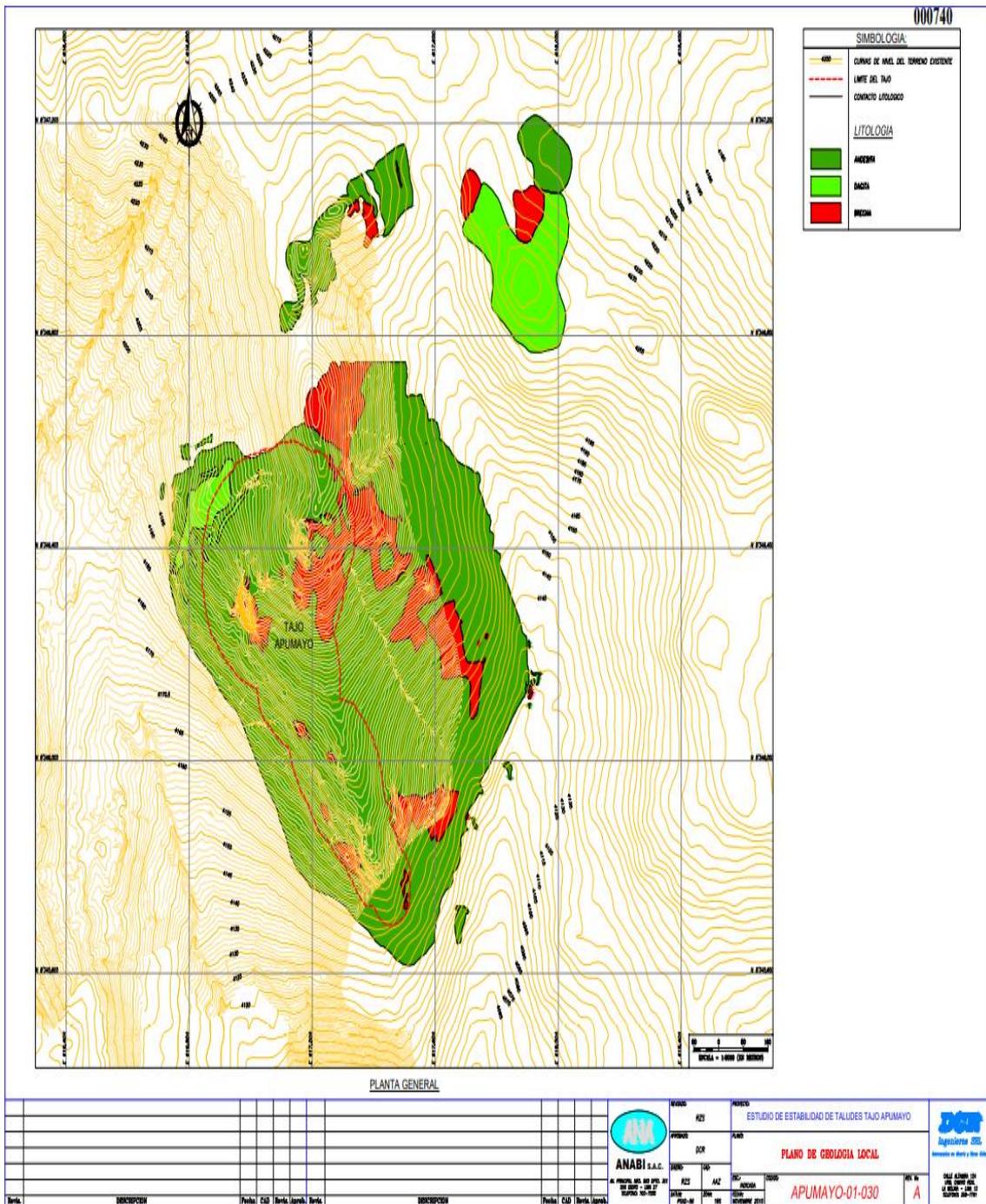
Geográficamente el área del proyecto se encuentra en la cordillera occidental, específicamente las cadenas volcánicas del sur del Perú, la estratigrafía regional comprende una secuencia de roca del grupo barroso y de grupo Tacaza constituido por rocas volcánicas mayormente por lavas andesíticas por material aluvial y coluvial.

La importancia del tema geológica radica principalmente en su influencia sobre las condiciones hidrogeológicas que ofrece al proyecto, teniendo en



volcánico piroclásticas como indica en la figura 3.

**Figura 3: Plano de Geología Local**



Fuente: Geología de exploraciones

## **E. Método de explotación**

En la etapa de operaciones minas, el proyecto Apumayo considera la extracción de mineral en los tajos de Apumayo, Huamanloma, Ayahuanca y Apumayo1, se realiza el tratamiento de mineral mediante lixiviación en pilas, y el procesamiento en una planta de MERRILL CROWE para la fundición y obtener el Dore como resultado final a si como indica en la figura 4.

**Figura 4** *Plan de Descarga en el Pad de Lixiviación*



*Fuente: Proporcionado por el área de Operaciones Mina*

## **F. Perforación**

En el proyecto Minero Apumayo, la perforación se realiza con 02 perforadoras rotativas DM-45E, el diámetro de perforación es de 7 7/8" y longitud de barra de 9 m, la perforación es de 8.5 m de altura en el primer y segundo banco la altura total equivale a 17 m incluidos la sobre perforación, ahí se forma el denominado DOBLE BANCO, la sobre perforación se realiza para tener un piso uniforme, la penetración de la broca en la roca se logra

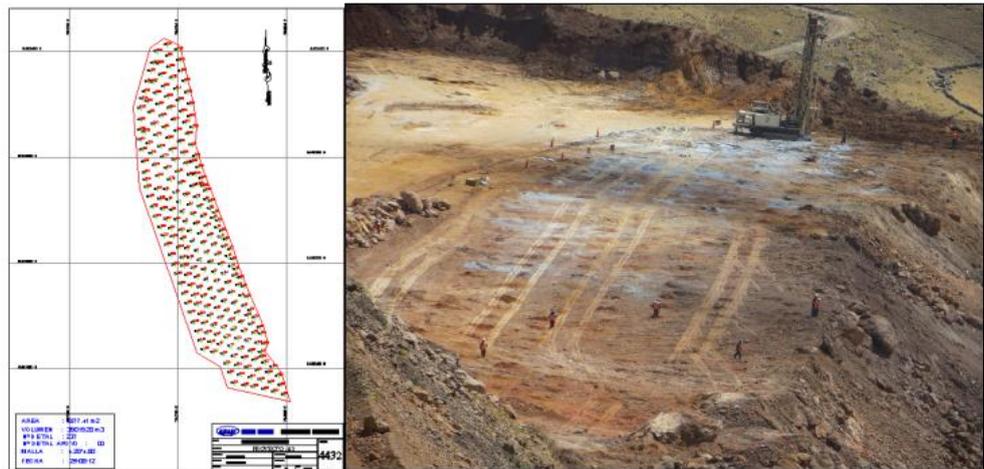
mediante presión de empuje de (pull down) y velocidad de rotación; el barrido de detritus se realiza mediante aire comprimido, la malla empleada depende de la densidad de la roca, densidad explosiva y la formación del macizo rocoso, el diseño de la malla de perforación es un factor sumamente muy importante, el resultado positivo de la voladura es la señal de una buena marcación de la malla y su adecuada perforación (en el Punto), durante la etapa de perforación se controla los rendimientos y las disponibilidades y la utilización de los equipos, también el tiempo de vida útil de los accesorios, las mallas a utilizar están en función de parámetros técnicos como muestra en la tabla 3 y figura 5.

**Tabla 3 Parámetros de Perforación**

Malla Triangular	N° 01	6,20 X 7,10 m	Roca in situ (roca media a suave)
Malla Triangular	N° 02	5,00 X 5,80 m	Roca in situ (dura)

*Fuente: Área de Perforación y Voladura*

**Figura 5 Área de Perforación y Voladura de la Mina Apumayo**



*Fuente: Oficina de Operaciones Mina Apumayo*

## G. Voladura

- para la iniciación de la carga explosiva se utiliza 01 booster, 01 línea descendentes no eléctricos, con tiempos medidos en milisegundos,

posteriormente se carga con el heavy Anfo y para el amarre troncal se utiliza cordón detonante

- el carguío de heavy Anfo de los taladros son mecanizados, se utiliza el camión fábrica de capacidad de 5.5 t que realizara la mezcla de Anfo y Heavy Anfo y que permite usar diferentes explosivos, según las consideraciones del material al fragmentar y el porcentaje de contenido de agua.
- Posteriormente se tapan los taladros utilizados tacos de 3,5 m, el chispeo se realiza convencionalmente utilizando mechas lenta de seguridad de 8 pies con fulminante de N.º 6.

**Figura 6 Método de Carguío de Taladros**



*Fuente: Área de perforación de operaciones minas Apumayo*

## **H. Carguío y transporte**

La actividad de carguío se realiza mediante el empleo de equipos pesados tales como: excavadora 374 C de capacidad de cucharón 5.5 m<sup>3</sup> y cargador frontal 992 C sobre neumáticos con la capacidad de 10.5 m<sup>3</sup>, respectivamente para realizar el carguío a los volquetes de capacidad de 22,3 m<sup>3</sup>, como se

muestra en la tabla 4 y la figura 7.

**Tabla 4 Equipos de Operación**

UND	Equipos	Capacidad Cucharón
01	Excavadoras 374 C	5,1 m <sup>3</sup>
02	Cargador Frontal 992 C	10,5 m <sup>3</sup>
03	Cargador Frontal 966 C	3.0 m <sup>3</sup>

*Fuente: Área de Oficina de Operaciones Mina*

**Figura 7 Carguio y Acarreo**



*Fuente: Área de Operaciones Mina*

## **I. Perfil de la empresa**

Apumayo S.A.C es una Empresa Peruana con sede en Lima

La empresa Apumayo S.A.C fue fundada el 24 de abril del 2012.

En agosto del año 2012 Anabí presentó ante el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) la declaración de impacto Ambiental (DIA) la cual fue aprobada por constancia de aprobación automática, donde se describe las actividades de exploración que actualmente viene desarrollando en el área de proyecto.

las actividades realizadas en la etapa de explotación tienen como objetivo el reconocimiento geológico en la zona de proyecto en desarrollo, mediante la ejecución de perforación de diamantinas orientadas a la determinación de la forma, volumen, tonelaje y contenido metálico de la zona mineralizada en el área de estudio en los sectores Apumayo y Huamanloma

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Si o no mejorara la producción de mineral del tajo abierto con la aplicación del nuevo diseño de doble banco en la minera Apumayo?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Es factible incrementar el tonelaje de producción del mineral en la explotación a tajo abierto con la aplicación del diseño de doble banco en la minera Apumayo?
- b) ¿Sera posible diseñar el talud final en la explotación a tajo abierto con la aplicación del diseño de doble banco en la minera Apumayo?

### **1.4. Formulación de Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Mejorar la producción de mineral del tajo abierto aplicando del nuevo diseño de doble banco en la minera Apumayo.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a) Incrementar el tonelaje de producción del mineral en la explotación a tajo abierto con la aplicación del diseño de doble banco en la minera Apumayo.
- b) Diseñar el talud final en la explotación a tajo abierto con la aplicación del diseño de doble banco en la minera Apumayo.

## **1.5. Justificación de la Investigación**

La aplicación de nuevos diseños en el ciclo de explotación a tajo abierto como parte de todo el conjunto de los procesos mineros, toda empresa minera se encuentra en una mejora continua para innovar en forma constante la recuperación de sus reservas, implementando nuevas técnicas y métodos tal que mejoren la producción de mineral en tonelaje, leyes y controles del macizo rocoso. Esto es posible gracias a la aplicación de nuevos diseños de bancos en el tajo abierto que hace posible mejorar la producción del mineral que también garantice una mejor ley del mineral, finalmente tener una eficiencia en la productividad del mineral.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar técnicamente la aplicación de un nuevo diseño de doble banco. Así tener una nueva opción que permita mejorar la producción, el control del talud del tajo abierto y la ley de mineral; ya que en la actualidad con el diseño del talud que se explota no se cumple con el tonelaje requerido a la capacidad del pad y no se recupera en su totalidad del mineral insitu. Así mismo el presente trabajo sirva como modelo y bibliografía de información para el análisis de otras empresas mineras y como de otras investigaciones.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

Para el proceso y desarrollo de la presente investigación los representantes del área de operaciones mina está facilitando la información pertinente, los requerimientos necesarios para cumplir los objetivos del trabajo. Una limitación es el tiempo de seguimiento a los procesos del nuevo diseño de doble banco, ya que por el contrato de la estadía en la mina es temporal esto no permite evaluar y optimizar el diseño.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **a) Antecedentes nacionales**

- **Bustamante, M. (2019)**, de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. En su tesis “Incremento de Producción a partir de la ubicación optima de la Plataformas y su número respectivo de Bahías de Cambio en Caliente en la mina Cerro Verde”. Considera en el problema de las operaciones la perdida de producción como consecuencia de la demora en el cambio de guardia por falta de Bahías para el cambio en caliente. Lo que se pretende es mejorar el sistema de relevo de los operadores de camiones mineros, La influencia importante es el factor de distancia, considera el tiempo para el cambio en caliente con el objetivo de incrementar la producción de la mina Cerro Verde. Pretende incrementar plataformas de estacionamiento denominado bahías para los camiones mineros, para realizar el trabajo de construcción es necesario evaluar cálculos de tiempos, rutas, cambio de operadores y el relevo de equipos

auxiliares. El orden de llegada al punto de estacionamiento es muy importante para el relevo presencial con el operador entrante comunicar respecto a las observaciones y comentarios respecto al equipo. El operador entrante utiliza su herramienta de gestión como el CHECK LIST y el IPERC. Se logra mejorar la producción incrementando la capacidad de las bahías para los camiones de mina son 25 que cubre todos los 125 camiones, los operadores implementan sus horas de trabajo de 13 horas por guardia, para ello el operador entrante debería estar en espera en el estacionamiento o la zona de relevo para optimizar tiempos.

- **Chipana, A. (2016)**, de la Universidad Nacional del Centro, presenta su tesis “Diseño de Perforación y Voladura para Reducción de Costos en el Frente de la Galería subterránea Progreso de la Contrata Minera Cavilquis minera Casapalca S.A.”. Demuestra que con un análisis de la perforación y voladura se determina que con una nueva malla de perforación y carga explosiva se reduce el número de taladros de 45 a 42 taladros perforados, por consiguiente, se reduce el costo de perforación de 94.38 US\$ a 86.15 US\$, asimismo se utiliza menor carga explosiva por lo que se reduce el costo de 176.32 US\$ a 158.39 US\$; como conclusión se tiene que con un nuevo diseño de perforación y voladura se mejoran los costos en la perforación y voladura.

**b) Antecedentes internacionales.**

- **Vera, M. (2018)**, Se refiere en su tesis “Optimización de la Selección de Reservas en la Planificación de Largo Plazo en Block Caving”, desarrollada en la Universidad de Chile; el problema de estudio es determinar una ley de corte de la etapa inicial. Por la falta de información

suficiente para estimar costos de operación y la inversión de mina, la recuperación metalúrgica y el precio de costo a extraer que permite determinar la ley de corte óptima. El estudio pretende lograr la optimización controlando la ley de corte marginal, poder determinar más reservas para atraer más inversionistas, considerado entre costo beneficio.

Los estudios encierran en un volumen compuesto de 5 columnas con 3 bloques por columnas cabe destacar que se usa el lenguaje tradicional de ley de corte, se tiene en consideración los precios crecientes de los mercados internacionales todo con el objetivo de optimizar la producción del mineral.

- **Salazar, R. (2015)**, de la Universidad Federal de Curitiba presenta su tesis “Remoción de rocas con explosivos, para la construcción de caminos”, sustenta que, por las actuales circunstancias de la velocidad de producción y rapidez de ejecución del proyecto versus costos, demuestra que los equipos de perforación hidráulicos tienen mayor eficiencia, mejor performance y resultados en los requerimientos de trabajo en comparación de los equipos de perforación neumáticos, en los parámetros de velocidad de perforación, mayor precisión en la perforación, traslados, alcance, seguridad y comodidad para el operador. Como conclusión se obtiene mejora en lo que respecta a la economía en los trabajos desarrollados.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Método de tajos a cielo abierto**

El método de tajos a cielo abierto se aplica en cuerpos de forma tabular

horizontal o sus verticales, de espesor variable desde unos pocos metros hasta 15 o 20 m, en algunos casos se prefiere a otras alternativas cuando la roca encajonante es de mala calidad. La roca mineralizada debe ser estable, especialmente si se trata de cuerpos de gran espesor. El mineral extraído debe ser suficientemente de buena ley de modo que el beneficio obtenido por su recuperación compense los mayores costos del método. (Flores, R. 2018)

**a) Operaciones mina**

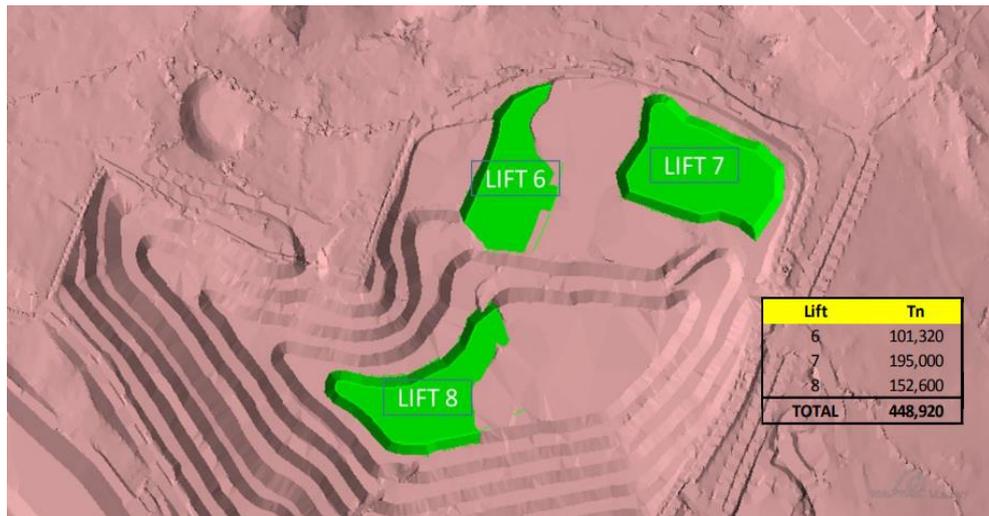
En la etapa de operaciones la minería es el factor fundamental, donde se inicia las actividades unitarias más importantes de las áreas, la perforación y voladura, carguío y acarreo de los minerales y desmonte utilizando los recursos mecanizados en base a su producción y diseño de la mina, el problema que se presenta en la mina es la baja producción de mineral, no se cumple el plan de de producción como volumen y leyes.

**b) Depósito de mineral en celdas**

El mineral se deposita manteniendo un retiro de 5 m como promedio con respecto a la berma perimetral interior del PAD y una altura máxima de 8 m, el diseño del PAD ha sido considerado con taludes con una inclinación media de 2.5H:1V las banquetas intermedias de 9.4 metros de ancho se tiene considerado en el EIA, el problema del componente es la falta de área de para recibir mineral de mina la construcción aún se encuentra con el 60% con próximo a seguir construyendo y por etapas, la secuencia de descarga es importante para definir las zonas de los tipos de mineral que se va regar a si ver los tiempos y las recuperaciones.

Como muestra en la figura 10.

**Figura 8 Zona de Descarga de Pad de Lixiviación**



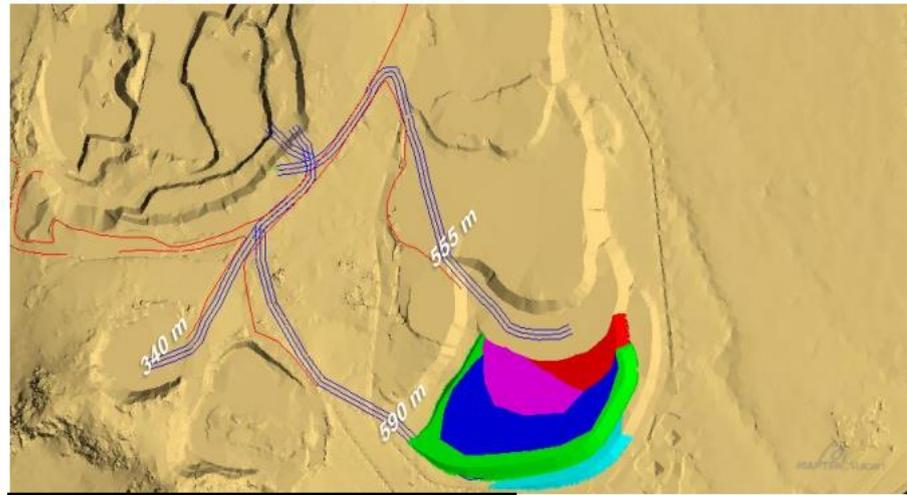
*Fuente: Proporcionado por el área de planeamiento*

**c) Depósito de desmonte**

También llamado desmontera depósito de material inerte extraído de las operaciones, el botadero tiene un diseño que cuenta con un Angulo de reposo de 45° y de altura de 8 m. en el procedimiento los materiales que contiene argílico son separados por ser un material ácido para posterior encapsular y los materiales óxidos son colocados en la superficie, el problema en el botadero es definir la ampliación para crecer a su diseño, así como muestra en la figura 11.

**Figura 9 Zona de Descarga de Botadero de Desmonte**

**DESCARGA EN BOTADERO**

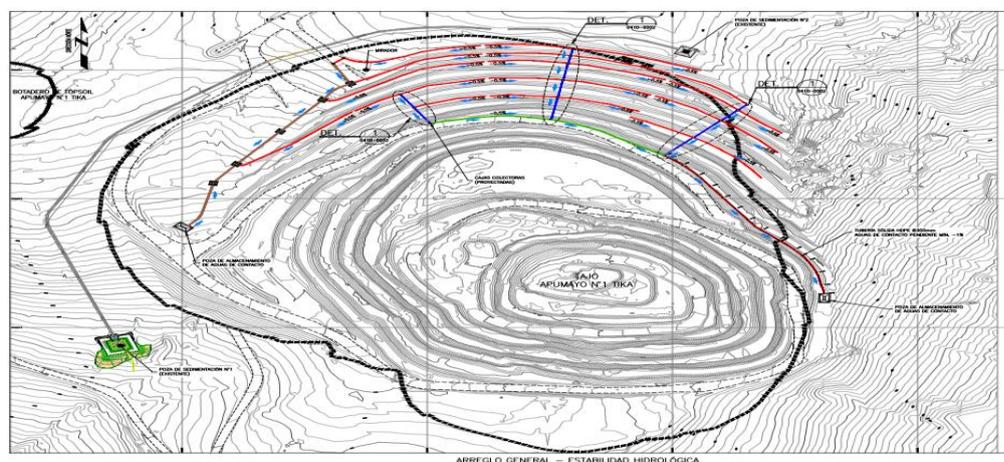


*Fuente: Proporcionado por el área de planeamiento*

**d) Sistema hidráulico**

El sistema hidráulico es un factor muy importante, se lleva el control desde la parte superior del tajo, de tal manera que no afecte las operaciones y no afectar al medio ambiente, el problema es el escurrimiento de las aguas que filtran de los taludes y no detectadas a su tiempo para encausarlas a su debido tiempo a si como se muestra en la figura 12.

**Figura 10 Diseño de Sistema Hidráulica**



*Fuente: proporcionado por el área de planeamiento*

**e) Evaluación de reservas**

Planeamiento es el área que evalúa las reservas que se encuentran en el yacimiento del proyecto mediante un soft ware (MINE SINGHT) que estima el volumen de extracción, y se define las secuencias de la explotación de corto y mediano plazo, teniendo en cuenta el diseño del minado de doble banco, la colocación de mineral y la fecha de riego en el pad de lixiviación,

**f) Proceso**

Es el área encargada de la extracción de los materiales rotos conforme indica el diseño cumpliendo las secuencias del minado, utilizando los recursos químicos y mecánicos, la operación está planeado para realizar los trabajos a doble turno en todas las áreas.

Para conformar el diseño a doble banco se realiza una secuencia de minado

- Se inicia con el armado de malla de perforación plasmado en campo
- Continúa la perforación y voladura, en el primer banco de 8.5 m de altura incluido la sobre perforación.
- Una vez volado, ingresa el equipo de limpieza para la extracción del material volado, ya sea mineral o desmonte.
- mientras que la perforación continua con otro proyecto, en el mismo banco
- una vez terminado con la limpieza en el primer proyecto la perforación retorna a perforar el siguiente banco de 8.5 m de altura que sumados los dos bancos serian de 17. m de altura donde se conforma el doble banco
- mientras que la limpieza pasa al siguiente proyecto
- una vez completado los 16 m altura de banco, se procede a dejar la banqueta de 6 m de ancho.

- Las inter-rampas para tránsito de vehículos de carga se construyen con un ancho de 12 m también llamados rampas operativas que lleva una pendiente de máximo 12%.

Es constante la evaluación y monitoreo de taludes por parte del área de geotecnia con el soporte de topografía, y el control de calidad que viene supervisado por el área geología mediante el ORE CONTROL en campo, sin descuidar la seguridad y el cuidado de medio ambiente.

**g) Carguío y transporte de material**

El material volado se encuentra con sus polígonos identificados como mineral y desmonte, el carguío se selecciona con excavadora 374 C y cargador frontal 992, y se cuenta con un equipo auxiliar excavadora 336 C, para el perfilado y estabilizar los taludes finales, el transporte se realiza con volquetes de 22.3 m<sup>3</sup>, el mineral para su proceso se deposita en el PAD DE LIXCIVIACION, mientras que el desmonte se traslada hacia un botadero asignado, todo el proceso de carguío es coordinado con el ore control

La distancia de Tajo a PAD 10 km.

La distancia de Tajo a Botadero es de 5 km.

**h) Accesos**

El acceso consta de terreno afirmado de todo el tramo (10 k), tiene un ancho de 12 m de calzada 1.m de cunetas en ambos extremos de la misma, cuenta con bermas de seguridad con una altura de  $\frac{3}{4}$  partes de equipo más grande que transita por ella (volquetes), el mantenimiento de la vía es permanente con equipos auxiliares como moto niveladora y rodillo compactador, cisterna de agua para riego de las vías mineras y nacionales a si evitar la polución generado por el tránsito de volquetes.

**i) Diseño de doble banco**

El estudio de un método explotación superficial y el propósito de optimización de reservas que se desarrolla a cielo abierto con diseño a doble banco, en la minería a cielo abierto se da la importancia de recuperar o incrementar la producción y a la vez poder ampliar el tiempo de vida de la mina con este nuevo diseño.

Las empresas mineras a cielo abierto se iniciaron con diseño de banco simple teniendo en consideración de los estudios geomecánicas quien evalúa las resistencias de las rocas y los ángulos de taludes de reposo.

**j) Control de taludes**

Los minerales que se encuentran en los yacimientos contienen una composición química y física definida, es la base para obtener datos de los tipos de rocas que tiene el yacimiento minero que facilita el minado con el talud estable.

Para el cuidado de los taludes finales en este nuevo proceso se realiza una evaluación en el área de perforación y voladura, adicionando un equipo especial en la perforación y el diseño de malla para llegar a su Angulo correspondiente, tenemos la ROCK DRILL, para realizar la perforación de PRE - CORTE y con el espaciamiento cortos de 0.80cm a 1.m, de esa manera se llega a controlar el talud, se minimiza la sobre rotura de los taludes finales y se llega a controlar el Angulo como se muestra en la figura 13

**Figura 11 Se muestra la Perforación de Pre-Corte en Talud Final**



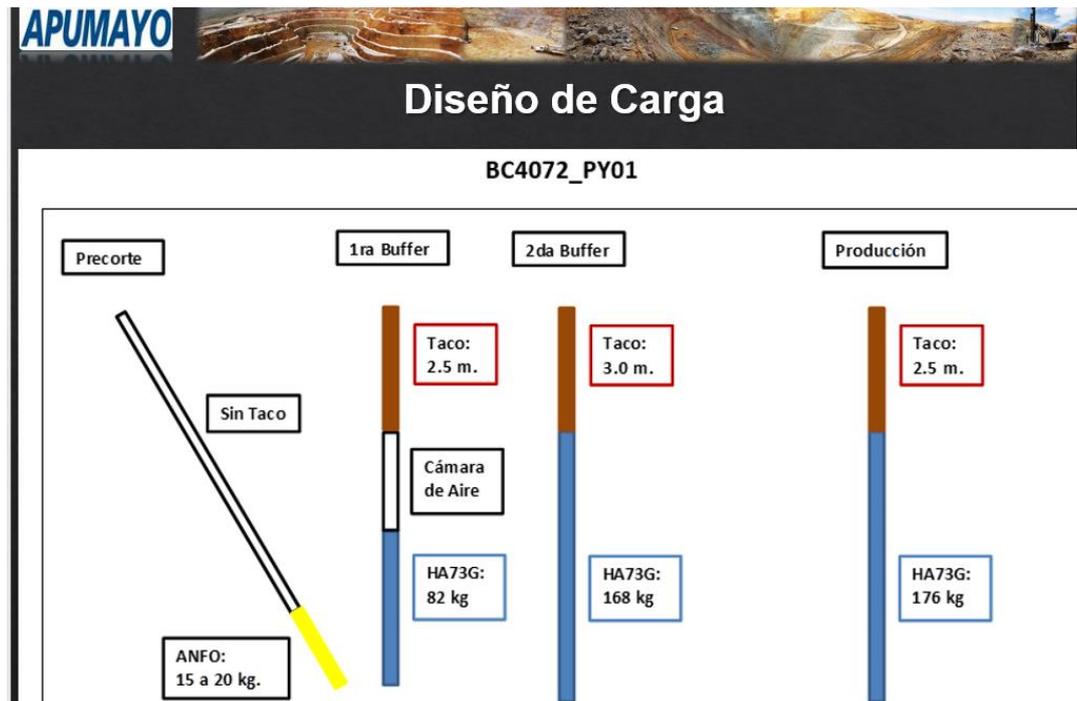
*Fuente: proporcionado por el Área de perforación y voladura*

en la perforación primaria con los equipos de perforación DM45 de longitud de barra 9m con el diámetro de 7 7/8 , con brocas tónicas y en algunos frentes de mayor dureza se aplican martillo de fondo, para ello el espaciamiento es de una malla 4.80 m a 5.40 m, la profundidad de 8.50m hasta 9.00m incluido la sobre perforación, en el diseño tenemos.

- Pre-Corte
- 1er línea buffer
- 2da línea buffer
- Producción

El diseño es para realizar un cuidado de taludes finales y para una buena fragmentación, así como se muestra en la figura 14.

Figura 12 *Diseño de Carga de Taladros*



*Fuente: proporcionado por el área de perforación y voladura*

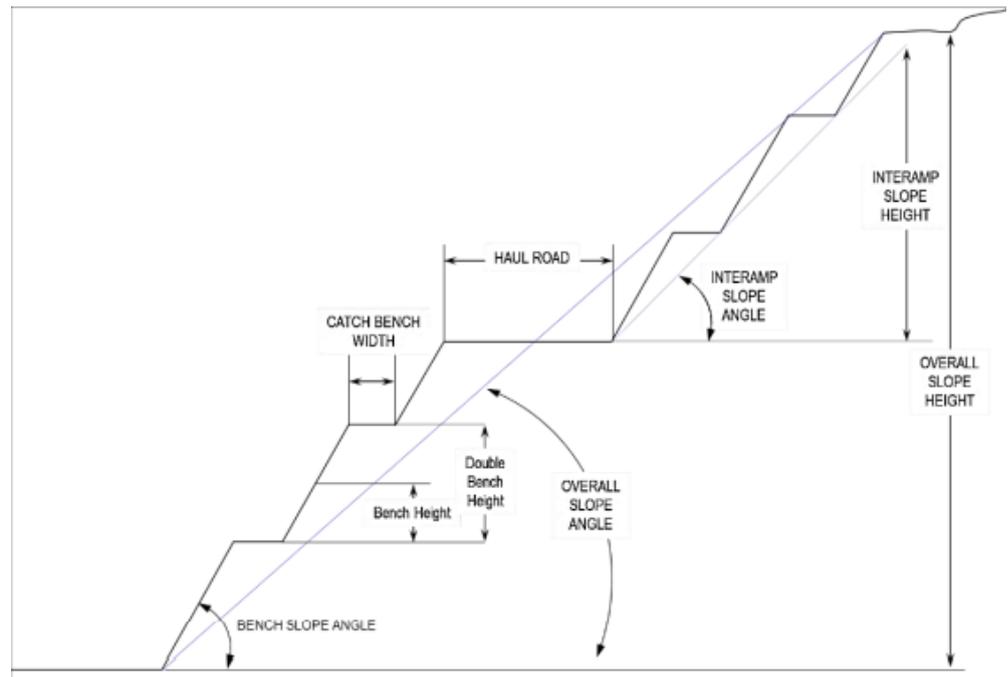
factores que pueden influir en el desarrollo son los agrietamientos espacios reducidos para la extracción de los materiales movidos por la voladura que puedes ser afectado en los procesos carguío, acarreo.

### k) **Diseño**

En el diseño del talud se considera 6 m de ancho de banqueta y la construcción de la Rampa Inter - Rampa con el ancho de 12 m de calzada y la cuneta de 1m de ancho y berma de seguridad de  $\frac{3}{4}$  partes del equipo más grande que circula en la unidad minera.

Como se muestra en la figura 15.

**Figura 13 Diseño de Talud Final**



*Fuente: Proporcionado por el área de planeamiento mina*

## 2.2.2. Parámetros para el diseño de perforación y voladura

### 1. Calidad de la roca

Para el diseño de malla de perforación y voladura se considera la calidad de roca, se considera:

- Propiedades físicas, como la porosidad, abrasividad, dureza, tenacidad, grado de alteración.
- Densidad, relación de la masa y el volumen de la roca, varían de 1.1 a 4.2.
- Tenacidad, resistencia que opone un mineral a ser triturado.
- Dureza, resistencia del material para resistir la penetración de otro cuerpo.
- Porosidad, pequeños espacios abiertos rellenos por soluciones acuosas de una roca más frágil.

- Abrasividad, roca granulada, actúa sobre otro material que logra su desgaste.
- Grado de alteración, la meteorización física produce la fracturación y disgregación de la roca de nuevas discontinuidades.
- Resistencia a la compresión simple o uniaxial de una roca (RCS), determina el criterio de rotura y el comportamiento geo mecánico de un macizo rocoso.
- El macizo rocoso puede ser discontinuo, anisótropo y heterogéneo a veces presentan discontinuidades que afectan al medio rocoso, mecánicamente el macizo rocoso se considera como una resistencia a la tracción nula en la estructura.

## **2. Parámetros del Explosivo**

- Es muy importante conocer la propiedad del explosivo son variables, se determinan mediante cálculos, las empresas fabricantes tienen la información técnica del explosivo.
- Estos parámetros son físicos y químicos como la velocidad de detonación (VOD), densidad, potencia relativa, transmisión, simpatía, resistencia al agua, energía del explosivo, volumen normal de gases, presión de taladro y control de humos.

## **3. Parámetros de Carga**

El parámetro de carga es variable controlable en el momento del diseño de lamella de perforación y voladura, se considera la abertura del taladro, extensión del taladro, factor de carga, confinamiento, acoplamiento, dimensión lineal de carga, calidad y espacio del cebo,

cantidad de energía, intervalos de detonación **de carga**.

#### **4. Numero de Taladros**

El número de taladros en una voladura se determina principalmente por el tipo de roca a triturar, grado de confinamiento, dimensión de la fragmentación del producto y la dimensión de las brocas; son parámetros que determinan la malla de perforación con mayor o menor cantidad de taladros, se utilizan modelos matemáticos o software. También determinan las propiedades de explosivo y la iniciación a emplear.

- Esencialmente la calidad de roca permite diseñar la cantidad de taladros en una malla de perforación, la roca puede ser de muy dura o muy frágil, es muy variable las condiciones de la malla, conociendo las propiedades de la roca se determina la cantidad de taladros.
- La dimensión de la fragmentación de la explotación del yacimiento, se determina por la capacidad del equipo, de la planta concentradora que van a variar el grado de la roca fragmentada; para explotaciones subterráneas el grado es más pequeña en comparación con la explotación superficial el grado de fragmentación es mayor. Como consecuencia, la malla de perforación va a variar con la cantidad de taladros.
- El confinamiento para el diseño de la malla de perforación se considera el grado de confinamiento de la roca representada por el número de caras libres, en una labor subterránea se cuenta con una sola cara libre la roca ofrece mayor resistencia para la

voladura y en labores superficiales la roca se encuentra menos confinada ofrece menor resistencia por tener más caras libres por lo tanto se diseña menor cantidad de taladros en la malla.

- El diámetro de perforación de la broca. Es altamente importante, a mayor diámetro de broca se va diseñar menor cantidad de taladros y a menor diámetro broca se determina mayor cantidad de taladros, este diámetro está en función a las características de la roca.

Se determina el número de taladros aproximado con el uso del siguiente modelo matemático.

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

Donde:

A: ancho de labor

H: altura **de labor**

**de manera más precisa con el siguiente modelo**

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

Donde:

P: perímetro de la labor (m).

dt: distancia de taladros (m).

C: constante de roca (m).

S: área de la labor (m<sup>2</sup>).

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

## 5. Cantidad de Carga

Se considera los kilogramos de explosivo que se determina por la tenacidad de la roca y la dimensión de la labor, la cantidad de carga

varia por el diámetro, cantidad y profundidad de los taladros, asimismo por las propiedades del explosivo e iniciadores, es menor la cantidad de explosivo por metro cúbico a fragmentar, cuando es mayor la sección del túnel, aumenta la cantidad de carga y cuanto más dura sea la roca.

Generalmente se considera un factor medido en kilogramos de explosivos por metro cúbico de roca fragmentada. En minería el consumo de explosivo varía entre 255 a 950 g/m<sup>3</sup>.

#### **6. Concentración de Carga Lineal del Explosivo**

Los taladros próximos al taladro de expansión se carga el explosivo con sumo cuidado, una concentración de poca carga no provoca la trituración en la roca. Asimismo, una carga excesiva produce un lanzamiento de alta energía en la roca triturada al lado opuesto del taladro de expansión con una velocidad que esta se compacta o congela y no se desplaza a través de la cavidad del taladro vacío.

#### **7. Distancia entre Taladros**

Se calcula por el resultado del modelo matemático considerando el área del frente a volar. Varía de 61 a 89 cm. y de 51 a 69 cm., esto mejora la perforación y menora la sobre rotura, en el perfil se perforan ligeramente divergentes del eje del túnel para que el contorno se mantenga con la misma dimensión de la sección.

#### **2.2.3. Perforación y voladura controlada**

La voladura controlada es una forma de diseñar los taladros y la carga

explosiva donde en los resultados se obtiene en los contornos de la labor corte homogéneo, el cual el método permite a mejorar la estabilidad de la roca circundante, es muy importante para prevenir la caída de rocas del techo y en superficie para la estabilidad de taludes.

El método consiste en disponer de cargas explosivas en forma lineal con baja energía con una perforación y cargados en taladros cercanos, la voladura de estos taladros es simultánea con el fin crear la generación un plano de rotura continua, se obtiene una superficie lineal de un corte.

➤ **Ventajas y Desventajas de la Voladura Controlada**

**a. Ventajas**

- El resultado de la voladura es un contorno homogéneo y estable.
- La vibración de la voladura y la sobre excavación es mínima, asimismo la proyección de la fragmentación como el resultado de agrietamiento en construcciones e instalaciones cercanas a la voladura; ello facilita el transporte del producto, por una dimensión controlada.
- Como resultado se tiene menor agrietamiento en la roca circundante. En relación con la voladura convencional, de acuerdo con la carga afectan a las cajas techo a profundidades de 1,20 y 2,10 m. que debilitan la estructura, comparando con la voladura controlada afecta de 0,20 y 0,45 m, controlando el auto sostenimiento de la excavación.
- Es una alternativa en proyectos de estructuras débiles e inestables.

**b. Desventajas**

- Por el tipo de trabajo su costo es mayor en relación con la voladura

convencional ya que se realiza más taladros de perforación y los explosivos son especiales o acondicionados.

- Es más lento la ejecución del proyecto, por realizar trabajo de perforación
- Hay que considerar que en algunos tipos de roca no se obtiene resultados proyectados, como en una roca incompetente o deleznable, se obtiene mejores resultados en rocas homogéneas y competentes.

### **c. Aplicación de la Voladura Controlada**

Se aplica en la ejecución de labores permanentes de túneles, cámaras y excavaciones para cimientos de máquinas. Hay que considerar ciertas condiciones en la perforación:

- El diámetro de los taladros de producción es la misma en el contorno.
- Considerar el paralelismo de los taladros del corte a realizar, el burden permanente en todo el avance. La precisión de la perforación es muy importante, en el alineamiento para formar el plano de corte. Una desviación del taladro resultará en sobre rotura, con desviaciones de 0,11 a 0,16 m. como resultado se tendrá un corte deformado presentando tacos quedados (Bootlegs).
- En relación con la voladura convencional el espaciamiento entre taladros es menor, el espacio/burden es menor,  $E = 1,2B$  a  $E = (0,4 \text{ ó } 0,9) B$ . En la práctica, para una voladura amortiguada, la distancia debe ser de 14 a 15 veces del diámetro del burden y de 1,1 a 1,6 veces el espaciamiento, cuando se considera un pre corte el espaciamiento es de 8 a 12 veces del diámetro, considerado un

burden infinito. En la práctica el espaciamiento es de 0,3 y 0,6 m.

#### **d. Condiciones de Carga**

**La carga explosiva debe ser de baja densidad, se considera:**

- Cartuchos con diámetro pequeño, explosivo especial con baja energía y velocidad; como el Exsacorte de 20 mm, que genera unos 1,000 bares de presión, con relación al convencional que llega a 30.000 bar.
- La carga del taladro es desacoplada, el diámetro del explosivo es sólo 0,5 veces del diámetro del taladro una relación 2:1, considerar un anillo de aire circundante al explosivo que amortigüe el efecto de impacto por que tiende a absorber la energía de la explosión y se distribuye a toda la longitud del taladro, los cartuchos largos de Exsacorte cuentan con plumas centradoras.
- La densidad de carga explosiva debe estar entre 0,17 y 0,36 kg/m, para el caso, por la calidad de roca varía entre 0,07 y 0,23 kg/m. Con el objetivo de amortiguar la onda y obtener el plano de corte, se intercalan taladros vacíos de guía y taladros cargados.

#### **e. Condiciones de la Carga de Fondo**

En cuanto a la carga de fondo considerar alta velocidad con un acoplamiento cerca al 100% , puede ser uno o dos cartuchos convencionales de dinamita, para asegurar la transmisión de la carga desacoplada y evitar la formación de tacos en el fondo. Se considera sellar las perforaciones con taco inerte (steming) para mantener los gases en el interior y evitar que el taladro desacoplado sea eyectado al detonar el cebo por descompresión subsiguiente a la voladura previa

del disparo principal.

**f. Condiciones Necesarias de Disparo**

El disparo es simultaneo en los taladros del corte periférico, o en dos o tres etapas de retardo mínimos, si el perímetro es grande para que el plano de corte resulte en forma completa. Esto se obtiene con la línea troncal de encendido independiente. Se debe considerar que la velocidad pico de partícula generada por la detonación puede causar excesivo daño a la roca circundante, que esto se puede reducir manteniendo la velocidad entre los 700 a 1.000 m/s. Esta velocidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$VPP = \sqrt{C_e \times d \times b}$$

Dónde:

**VPP: velocidad pico de partícula, m/s.**

**C<sub>e</sub>: carga explosiva kg.**

**d: distancia radial al punto de detonación, m.**

b: constante por las propiedades estructurales de la roca.

Los explosivos para carga controlada con pequeño diámetro son:

1. Por ejemplo, el Exsacorte de 21 mm de diámetro por 705 mm. de longitud que son tubos plásticos rígidos en el interior contiene dinamita de baja velocidad y presión, acoplables a la columna de longitud requerida, posee plumas centradoras para desacoplar la carga con menor diámetro.
2. Se utiliza la dinamita convencional se cargan espaciados entre sí con una distancia entre ellos de un cartucho más o menos de 20 cm., se inicia axialmente con cordón detonante con gramaje de 3 g/m.

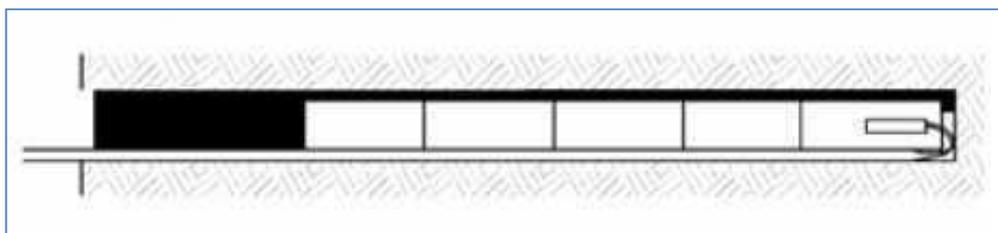
3. Agentes granulares reductores de voladura con baja densidad, energía como polietileno expandido, aserrín, ceniza y otros, el inconveniente es que generan gases tóxicos.
4. Para asegurar un buen resultado la roca debe ser compatible al método, requiere un buen control como una carga air deck, sólo carga de fondo y taco inerte.
5. También se utiliza el cordón detonante con alto gramaje de 60, 80, 120 g/m. Este material menora su densidad en la carga lineal es de alto costo.

**g. Confinamiento de Carga Explosiva**

**a. Taladro convencional**

La carga explosiva y el taladro son del mismo diámetro en todo el acoplamiento, ocupa los 2/3 de la longitud del taladro y 1/3 el taco.

**Figura 14 Esquema de la carga explosiva**



*Fuente: EXSA 2018*

**b. Taladro de voladura controlada**

La carga explosiva es de menor diámetro que del taladro en el acoplamiento de toda la longitud de carga y del taladro.

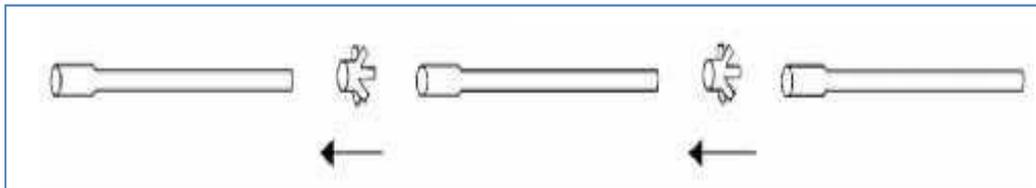
**Figura 15 Esquema de carga de voladura controlada**



Fuente: EXSA 2018

Presentación del acoplamiento de cartuchos especiales con plumas centradoras.

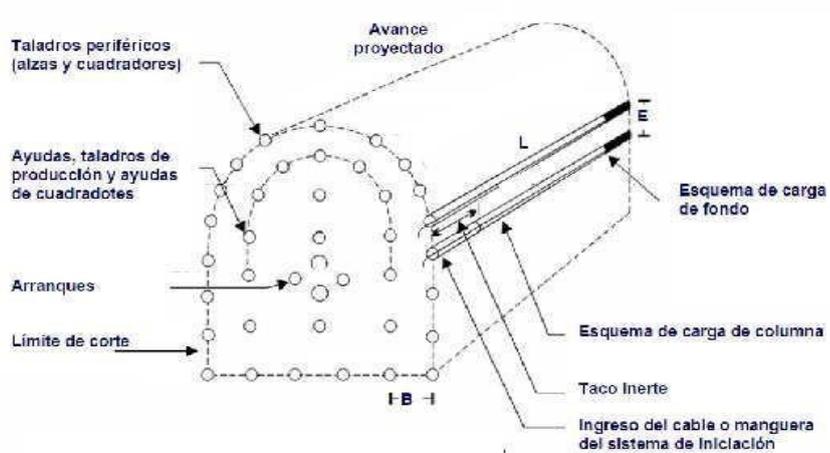
**Figura 16 Esquema de ensamble del exsacorte**



Fuente: EXSA 2018

**c. Esquema de voladura controlada (recorte)**

**Figura 17 Malla de voladura controlada**



Fuente: EXSA 2018

#### d. Confinamiento de la Carga Explosiva al fondo

En todo taladro se dispone de una carga de fondo que tenga alta velocidad con acoplamiento próximo al 100%, generalmente son uno o dos cartuchos de dinamita, para asegurar la detonación de la carga con poca densidad de la columna evitando la generación de tacos al fondo. Los taladros se deben sellar con tacos inertes (stemming) para mantener los gases dentro del taladro y evitar que la columna desacoplada sea lanzada del taladro hacia la superficie al detonar el cebo o a la voladura previa del disparo principal.

**Figura 18** *Carga explosiva al fondo*



Fuente: EXSA 2018

### 2.3. Definición de términos básicos

#### Buzamiento (DIP)

Es el Angulo de la veta, estrato o manto que forma con respecto a la horizontal y se mide en un plano vertical.

#### Caballo

Es la zona estéril de considerable tamaño que se presenta dentro de la veta

generalmente del mismo material de las rocas encajonantes.

### **Caja piso**

Es la roca que se encuentra debajo de la veta.

### **Caja techo**

Es la roca sobre el lado superior de una veta inclinada.

### **Cuerpo (ore body)**

Son depósitos de minerales, grandes e irregulares sin forma, ni tamaño definido.

### **Desmonte**

Es todo material estéril que no posee valor económico.

### **Diseminaciones**

Son yacimientos mineralizados donde los granos de mineral están dispersos dentro de la masa rocosa.

### **Explotación**

Es un proceso de minado para extraer el mineral económico utilizando los diversos métodos de explotación para posteriormente ser beneficiado en la planta concentradora.

### **Ganga**

Zona no valiosa del mineral que está asociada a la parte con buena ley. Este concepto es relativo puesto que varía de acuerdo con el tiempo, las cotizaciones y la ley del mineral.

### **Hilos**

Vetillas de mineral muy delgadas que se cruzan entre sí.

### **Lentes**

Es el yacimiento de forma lenticular cuya potencia disminuye hacia su

contorno. El largo de los lentes es de decenas de metros.

### **Mantos**

Cuerpo mineralizado en forma tabular, generalmente se encuentran en posición horizontal o ligeramente inclinado menor de 30°, relativamente de considerable potencia.

### **Mena**

Parte más valiosa del mineral a partir del cual se puede obtener económicamente uno o más metales.

### **Mineral**

Materia inorgánica de origen natural que compone la corteza terrestre, posee un valor económico y constituido por 2 elementos: La mena y la ganga. También es una materia inorgánica.

### **Minería**

Parte de la industria que se ocupa de la búsqueda, extracción, beneficio y venta de los minerales y rocas de rendimiento económico.

### **Potencia**

Espesor o ancho de un yacimiento mineralizado que se mide perpendicular a las cajas.

### **Rumbo (strike)**

Es la orientación de la veta, estrato o manto inclinado con relación al norte magnético y se mide en un plano horizontal.

### **Veta o filón**

Son pequeñas ranuras de la corteza terrestre rellena con mineral, generalmente inclinada mayor a 30° con desarrollo regular en longitud, ancho y profundidad

## **Yacimiento de mineral**

Compuesto de uno o más minerales que contiene sustancias metálicas aprovechables cualquiera que sea su tamaño o la forma que presenta el conjunto.

## **Iniciación**

Acto de detonar un explosivo por medio de un detonador o cualquier otro accesorio.

## **Diámetro crítico**

Diámetro mínimo mediante el cual puede detonar una carga explosiva. A veces se agregan finamente disperso para reducir el diámetro crítico de un explosivo.

## **Factor de carga**

Expresado en kilogramos de explosivo utilizado para fragmentar un metro cúbico de roca estéril. El factor de carga tiene como unidades de  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

## **Granulometría**

dimensión de la roca o mineral fragmentado, producto de una voladura diseñada con objetivos de transporte o tratamiento metalúrgico.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Si se aplica el nuevo diseño de doble banco entonces se incrementa la producción de mineral del tajo abierto en la minera Apumayo.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a. Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco se logra mejorar el tonelaje de producción en la explotación a tajo abierto en la minera Apumayo.
- b. Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco se logra mejorar

el control del talud final de la explotación a tajo abierto en la minera Apumayo.

## **2.5. Identificación de variables**

- **Variable Independiente**

X: Aplicación del nuevo diseño de doble banco en la minera Apumayo.

- **Variables Dependientes**

Y: Incrementar la producción de mineral del tajo abierto de la minera Apumayo

## 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

**Tabla 5 Operacionalización de variables**

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Aplicación del nuevo diseño de doble banco en la minera Apumayo	La aplicación de un nuevo diseño de doble banco permite mejorar la producción de mineral y un mejor control del talud final de la producción del tajo abierto de la minera Apumayo. Con un replanteo del diseño del banco simple a doble banco incrementándose la longitud del talud y controlando el ángulo de inclinación del talud se logra mejorar la producción.	Macizo rocoso	Calidad de roca	RMR
				Densidad de roca	gr./cm <sup>3</sup>
				Dureza de la roca	Escala de Mohs
				Característica de la roca	Origen
			Talud	Longitud	m.
				Berma	m.
				Angulo de inclinación	grados
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Mejorar la producción del tajo abierto de la minera Apumayo	Cuando se aplican nuevos diseños de parámetros del talud de un tajo a cielo abierto en los cortes de explotación de la producción de tajos a cielo abierto en un yacimiento de minerales muchas veces se logra mejorar la producción del tonelaje y tener un mejor control del talud.	Producción de mineral	Ley de mineral	%
				Toneladas	Tn.
			Control de talud	Longitud	m.
				Angulo de inclinación	grados

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

En la investigación se describe todos los resultados obtenidos después de los análisis realizados; por lo que el tipo de investigación por este proceso del trabajo es aplicada cuantitativa.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Por la presentación de los datos de campo, luego el análisis, la deducción, la síntesis y finalmente las conclusiones, el nivel de investigación por este procesamiento se considera un nivel de investigación correlativa y explicativa, también se definen todos los resultados mediante la observación que definen el objeto del estudio.

#### **3.3. Métodos de Investigación**

El método considerado para el procesamiento de la investigación es deductivo y descriptivo por la presentación de los datos de campo, el análisis, la deducción, la síntesis y conclusiones, también se definen resultados mediante la observación que afectan al objeto del estudio.

### **3.4. Diseño de Investigación**

En la investigación se toma una base de datos en un solo momento único que describe los resultados al implementar el nuevo diseño de doble banco. Se observan los fenómenos en un ambiente natural para luego realizar un análisis de comparación entre el nuevo diseño y el evento actual. Por lo que el diseño de la investigación corresponde al no experimental, de corte transversal,

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población del estudio está conformada por todas las zonas de explotación de bancos en producción del tajo a cielo abierto de la minera Apumayo.

#### **3.5.2. Muestra**

La aplicación del doble banco se realizó en la zona III del tajo a cielo abierto por ser el banco más representativo del tajo abierto en producción de la minera Apumayo.

### **3.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **➤ Técnicas empleadas**

##### **✓ Compilación de información**

Se clasifico informaciones antecesoras de proyectos de diseño de tajos que permitan mejorar la producción.

##### **✓ Observación de campo**

Se tuvo observaciones insitu en forma directa en los resultados del diseño de doble banco y resultados de los eventos anteriores es decir en ambos casos.

➤ **Información bibliográfica**

Se utilizó las bibliotecas para la técnica de lectura de textos en investigaciones anteriores para tener un mejor conocimiento acerca de los diseños de tajos con diferentes características y mejora de producción

✓ **Instrumentos de recolección de datos**

**Materiales**

- Plan anual de la minera Apumayo
- Proceso de control de calidad de producción
- Programa operativo mensual
- Resumen de producción de desmonte y mineral
- Informe técnico de la masa rocosa
- Registro de datos del diseño de banco simple
- Registro de datos del diseño de doble banco

**Equipos**

- Laptop
- Sensor de vibración
- Sensor de gases
- Equipo de medición
- Cámara fotográfica
- Kit de control cronómetro, cartillas.

**Software**

**Excel**

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

La base de datos de campo con los que se registró y elaboro la tesis se consideró los reportes tomados insitu durante el proceso de pruebas. Los

resultados del talud final, la producción y demás parámetros se validan a través de los reportes del nuevo diseño de banco presentados en la minera Apumayo, estos resultados fueron coordinados con el área respectiva.

Se garantiza la veracidad de los datos, porque la recolección de datos fue en el área de operación y en tiempo real. Todo resultado y conclusión de la tesis fue coordinado con el departamento de explotación de tajo.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Todo el proceso y el análisis de la base de datos se realiza con la aplicación del Microsoft Excel, agrupando las variables y resultados para luego presentar en tablas y gráficos estadísticos.

### **3.9. Tratamiento Estadístico**

El campo estadístico está representado por histogramas y otros gráficos estadísticos en Microsoft Excel y el software de SPSS.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

Todo el desarrollo de la tesis en toda su integridad de iniciativa original, inédita todo el proceso se encuentra bajo los principios de los valores, la ética profesional con conclusiones bajo el conocimiento científico y criterios profesionales que una investigación debe tener. Es necesario mencionar que el presente trabajo es el resultado de mi experiencia laboral en la minera Apumayo.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

En el proceso de las observaciones y toma de información de diseño de banco simple y el nuevo diseño de doble banco se ha llegado a consolidar los siguientes datos.

##### **4.1.1. Datos de diseño del banco simple**

en la explotación según diseño inicial, conforme se va descendiendo a bancos inferiores va quedando mineral en los contornos de los taludes finales, con el diseño a banco simple de 8 m de altura y el Angulo de reposo de  $55^\circ$  se deja de extraer reservas, y eso es por la falta de información geológica que inicialmente no se tomó en consideración. El proceso de operaciones del método se desarrolla de la siguiente manera.

##### **➤ Control de ingeniería**

Es la etapa inicial técnica en realizar un levantamiento de topografía con el equipo de ESTACIÓN TOTAL y GPS.

➤ **Perforación**

Es la actividad importante en la operación en la unidad minera Apumayo se cuenta con 02 perforadora DM 40E el diámetro de perforación es de 6" de 7 m de altura de banco la cual incluye 0.80 m. de sobre perforación, la malla de perforación es rectangular de 6.00 x 7.00 m. para roca media,

➤ **Geotecnia**

Analiza las características de la masa rocosa del área de perforación.

1. Se inicia una vez que la perforación a avanzado el 25% de taladros perforados el personal analiza e identifica mediante los detritos los tipos de rocas que contiene la malla de proyecto.
2. El personal de geotecnia realiza el mapeo en campo, estos datos se entregan inmediatamente para que se calcule la cantidad de explosivos que debe ingresar a diferentes taladros.

**3. Geología de mina**

El área de geología tiene la función de informar los tipos de rocas que existe en el yacimiento. La primera función es enviar las muestras en forma ordenada enumeradas hacia el laboratorio para sus respectivos análisis de leyes que luego se informa al área de voladura y topografía.

**4. Voladura**

El área de Voladura ingresa una vez que la perforación tenga un avance de 30% de taladros perforados, se delimita el proyecto con cinta roja de peligro y letreros donde indica área restringida.

➤ **Proceso de voladura**

El jefe de Voladura cumple el protocolo, comunica vía correo 24 hr. antes de realizar la voladura a todos los involucrados a la vez envía la hora y lugar

donde se realizará la reunión del line up 12 hr antes de la voladura.

➤ **Control topográfico**

El personal técnico de topografía son los primero en ingresar después de la voladura con los planos de polígonos entregados por el área de geología. Replantean la voladura, lo que indica el geólogo mediante un plano.

➤ **Carguío y acarreo de mineral y desmonte**

En este proceso ingresan los equipos auxiliares para su respectiva limpieza. Las excavadoras y el cargador frontal se posicionan para realizar el carguío ya sea de mineral y desmonte, el minado será controlado por el Ore Control que asume el control de calidad, para la distribución de volquetes se coordina, se forma tres frentes de carguío con 54 unidades de volquetes; el tiempo de carguío con las excavadoras es de 01 a 1.5 minutos y da 4.5 pasadas por volquete, mientras que el cargador frontal llena en 02 pasadas y en 55 segundos a 1.2 minutos Como se muestra el carguío en la figura 22

**Figura 19 Carguío de Mineral y Desmonte**



Fuente: Proporcionado por el área de operaciones mina

En el acarreo de mineral y desmonte las flotas de volquetes esta distribuidos

por equipos de carguío de la siguiente manera

01 frente de mineral con 26 unidades de volquetes modelo 374C

01 frente de desmonte con 12 unidades de volquetes modelo 374C

01 frente de desmonte con 16 unidades de volquetes modelo 992C

La distancia hacia la descarga de mineral es de 10.3 km y hacia el desmonte es de 5.6 km. las velocidades de volquetes cargados son de 40 km/h máximo y vacíos hasta 65 km/h estos estándares son evaluados por el área de seguridad en con conjunto con operaciones mina y el jefe de flota, como se muestra en la figura 23, el acarreo de mineral y desmonte.

**Figura 20 Transporte de Mineral y Desmonte**



Fuente: Área de operaciones mina

**Tabla 6 Equipos de Carguío**

EQUIPOS	CAPACIDAD EN M3
EXCAVADORA 374 C 1	5.1
EXCAVADORA 374 C 2	5.1
CARGADOR FRONTAL 992 C	11
EXCAVADORA 336 C	2.5
VOLQUETES	22.3

Fuente: Área de operaciones

➤ **Mantenimiento de vías**

La actividad de mantenimiento está conformado por una cuadrilla de un

supervisor, dos vigías, un puntero. En equipos una motoniveladora, un rodillo de 8 tn. un cisterna de agua de 5 000 galones, una retroexcavadora. El supervisor y el jefe de guardia de operaciones mina son los encargados de coordinar los tramos que se realizaran el mantenimiento.

Se planea el riego de la zona a realizar el mantenimiento, el personal delimita el tramo con conos y tranqueras en ambos extremos del acceso a trabajar con sus respectivas herramientas paletas de pare y siga y radio de comunicación, una vez puesto los controles de seguridad se inicia la actividad de mantenimiento, el Rodillo y la Motoniveladora realizan los trabajos en forma lineal uno tras otro manteniendo una distancia de 50 a 55 m. En zonas críticas por mal tiempo, accesos con curvas se programan el mantenimiento en la hora de refrigerio y por la mañana en horas de cambio de guardia donde no hay tránsito de volquetes, estos trabajos son esporádicos a si evitar congestionamiento, se muestra en la figura.

**Figura 21** *Mantenimiento de Vías de Camino Minero*



Fuente: Área de Operaciones Mina

#### **4.1.2. Datos de diseño de doble banco**

Con el nuevo diseño de doble banco durante las observaciones de trabajo

de banco se tomó un registro en cuanto al proceso que mejoro en cuanto a la calidad en relación al diseño anterior, que lo describimos a continuación el proceso.

➤ **Proceso uno: Control de ingeniería**

Es la etapa inicial de la técnica en realizar un levantamiento de topográfico con la ESTACIÓN TOTAL y GPS, en el área de operaciones, consta de una cuadrilla de 4 personas Un topógrafo, un oficial, 02 ayudantes,

La actividad es realiza la delimitación del área de perforación, replantean la malla de perforación el espaciamiento y borden con una tablilla que indica número de taladro, número de proyecto nivel del banco y la altura de perforación, delimita el talud final del tajo, pone como referencia los toes del talud de diseño

➤ **Proceso dos: Perforación**

la perforación es una de las actividades más importantes del ciclo de operación, para la actividad se cuenta con 02 perforadoras DM 50EF el diámetro de perforación es de 7 7/8” de 8 m de altura de banco la cual incluye 1.0 m de sobre perforación, la malla de perforación es triangular de 6.20 x 7.10 m para roca media a suave, en estos terrenos el tiempo de perforación por taladro es de 2 a 1.75 minutos una guardia se realiza 35 taladros con un rendimiento de las perforadoras de 95%. Para roca dura y muy dura la malla triangular es de 5.00 x 5.80 m., el tiempo de perforación por taladro es de 2.4 de minutos de promedio por taladro, con una utilización mecánica de 95%. Se dispone de un Rock Drill para realizar la perforación de los taludes finales, la perforación es longitudinal con espaciamiento de 1.0 m se le llama Pre-Corte. El diámetro de la barra es de 3” pulgadas longitud de barra es de 3.0

m, se acopla para llegar a la altura de los 8 m, el equipo posee la facilidad de perforar con ángulos de acuerdo a diseño del tajo en la perforación con el DM 45E, se cuenta con un perforista operador mano calificado, un ayudante de piso, un muestrero para la perforación con la Rock Drill; en el área de perforación se cuenta con el jefe de perforación y voladura, el asistente, supervisor, dos wincheros, cuatro ayudantes, 06 operadores de perforadoras DM45E, 03 perforistas de Rock Drill, 09 ayudantes de perforación, el personal está distribuido en tres guardias se trabaja día y noche y uno está de días libres para cubrir la operación de los equipos como se muestra en la figura.

**Figura 22 Perforación en el Tajo Apumayo S.A.C**



**Fuente: Área de Operaciones Mina**

➤ **Proceso Tres: Geotecnia**

El área de geomecánica controla las características de la masa rocosa de todo el área de perforación, el análisis se inicia cuando la perforación a avanzado el 25% de taladros perforados el personal de geotecnia ingresa para analizar e identificar mediante los detritos los tipos de rocas que contiene la malla de proyecto, este proceso sirve como dato para el área de voladura, en cuanto a

los taludes se verifica las resistencias de la roca con el rebote del martillo Smith como se muestra en la siguiente tabla, y en la figura.

**Tabla 7 Resultado del Macizo Rocosa de Taludes**

Rebote Martillo Schmidt						Observaciones
46	39	46	51	49	40	Macizo rocoso sin presencia de familias de fracturas.
41	51	50	49	42	42	
40	52	48	48	52	55	
***	***	***	***	***	***	

Fuente: Proporcionado por el Área de geotecnia

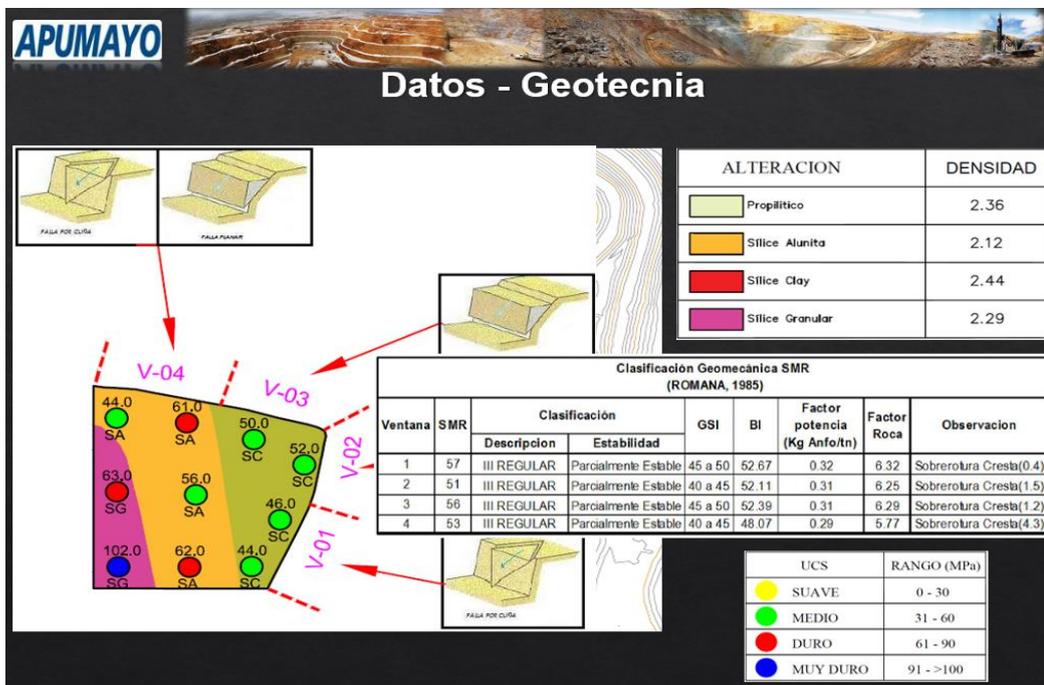
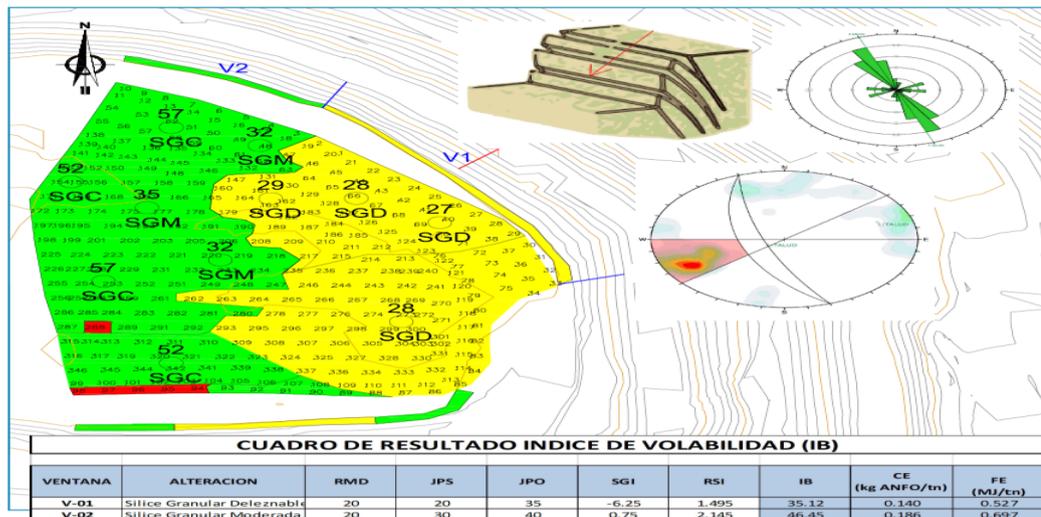
**Figura 23 Equipo de Medición de Resistencia de la Roca**



Fuente: Área de Geotecnia

El personal de geotecnia realiza el mapeo en campo y lo plasman en gabinete para dar información a mina (voladura) y puedan realizar el carguío de taladro, estos datos se entregan inmediatamente para que se calcule la cantidad de explosivos que debe ingresar a diferentes taladros, el mapeo es así como se muestra en la siguiente figura.

Figura 24 Mapeo Geotécnica del Proyecto de Perforación



Fuente: Área de Geotecnia

➤ **Proceso cuatro: Geología mina**

El área de geología mina es un soporte importante, tiene la función de informar los tipos de rocas que existe en el yacimiento. Se tiene un personal especializado que interactúa en la perforación, tiene la función de recoger las muestras de cada taladro en una bolsa la cantidad de 1kg. Llamados como nombre detritus que son generados por la perforación, lo envía las muestras en forma ordenada enumeradas hacia el laboratorio para sus respectivos

análisis de leyes; los resultados y toda la información se entrega 24 h antes de la voladura, una vez realizado la voladura el geólogo debe tener y entregar los resultados a topografía para su levantamiento de polígonos en campo. El personal geólogo ingresa a la malla de perforación para realizar los trabajos de mapeo reconocimiento y clasificación de rocas, esos datos obtenidos en campo se llevan a gabinete para procesar los tipos de rocas y enviar a operaciones (voladura). Para su respectivo carguío de taladros.

➤ **Proceso cinco: Voladura**

El área de Voladura ingresa una vez que la perforación tenga un avance de 30% de taladros perforados, se delimita el proyecto con cinta roja de peligro y letreros donde indica área restringida, el personal winchero inicia con las mediciones de taladros verificando que los taladros estén limpios y con su altura perforada, y si en algún caso encontrara un taladro tapado comunicaría al supervisor para la re perforación de dicho taladro; realiza el ingreso el personal que está encargada de primar los taladros. ingresa el camión fabrica con su puntero que da la guía para el carguío de taladro, el winchero muestra la tablilla al operador de camión fabrica donde indica la cantidad en kilos corresponde en el taladro, el operador programa los kilos y procede al carguío, al terminar de cargar se retira para recargarse de material , el carguío de taladros como muestra en la figura.

**Figura 25 Carguío de Taladros con Camión Fabrica**



Fuente: Área de Voladura

Se continua con el tapado de taladros con 02 personas y sucesivamente se inicia con la conexión de taladros, se prepara la mecha lenta con su fulminante para el disparo.

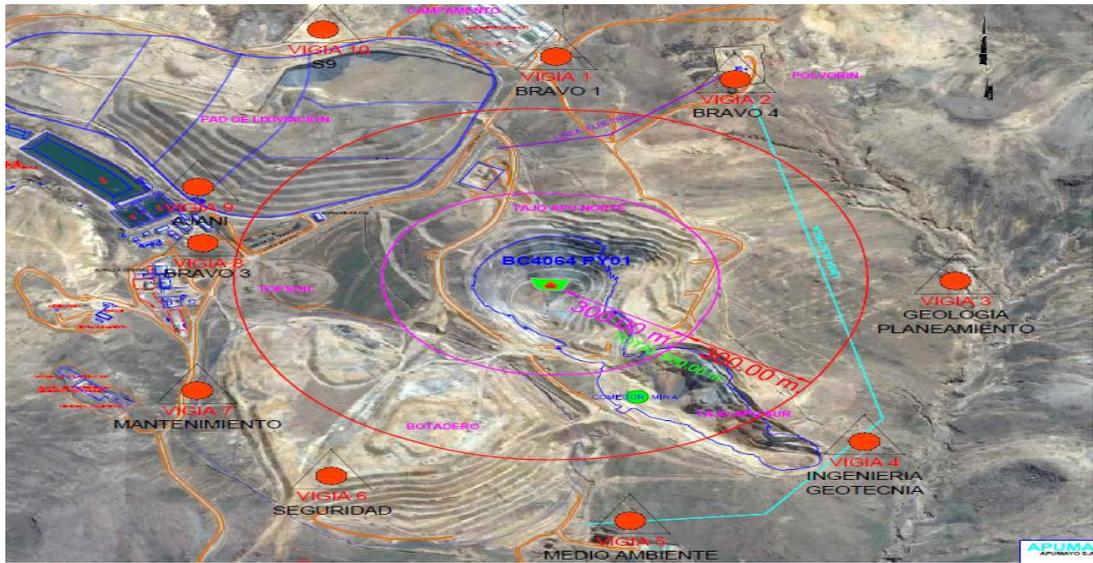
Para el proceso de voladura el jefe de cumple el protocolo, comunica vía correo 24 hr. antes de realizar la voladura a todos los involucrados a la vez envía la hora y lugar donde se realizará la reunión del line up 12 hr antes de la voladura. En la reunión de line – up se realiza la presentación de la voladura y se muestra el área de influencia por voladura y se asigna el personal del área que participa como vigía en el proceso de voladura, los jefes de cada área dan la liberación de sus áreas; el Área de seguridad se hace responsable de que los participantes del proceso de voladura como los vigías estén en sus puestos para ello realiza dos llamados, la primera lo realiza 30 minutos antes de la voladura y el segundo llamado lo realiza 15 minutos antes de la voladura, el llamado es con el fin de saber que están en sus lugares asignado.

El personal asignado como vigía en los puntos estratégicos estarán 30

minutos antes de la voladura para despejar el área de posible presencia de animales o personas por el lugar, y comunicarán en cada llamado de seguridad como se encuentra su área asignada, seguridad una vez que recepción los claros de los vigías comunica al jefe de guardia que los vigías están dando el claro que toda la zona de influencia por voladura esta despejado y libre de presencia de animales y personas, toda comunicación vía radial solo uso para el proceso de voladura. Mientras que en operaciones el jefe de Guardia recepción y da el claro a jefe de voladura para que proceda con el chispeo,

el jefe de voladura realiza el recuento de los vigías y pide autorización a jefe de guardia para que proceda con el proceso de voladura; para realizar el chispeo se cuenta con 02 camionetas, realiza el chispeo y precede a evacuar fuera de radio de influencia, una vez que haya salido el disparo se espera 5 minutos para poder ingresar a verificar la voladura, después de 5 minutos se ingresa y verifican la voladura y una vez revisado comunica al jefe de guardia para reiniciar operaciones, el jefe de guardia da el aviso a todas las áreas y comunica la liberación de los vigías, como indica en la figuras.

**Figura 26 Se Muestra el Radio de Influencia de Voladura, Inicio de la Voladura Primario**



**Figura 27 Pasos de la Iniciación de la Voladura**



**Tabla 9 Producción de talud a banco simple**

<b>Diseño:</b>	Malla rectangular
<b>Lugar:</b>	Banco V-01
<b>Ancho de voladura:</b>	56.00 m.
<b>Profundidad del talud:</b>	20.00 m.
<b>Alto del talud:</b>	7.00 m.
<b>Angulo de reposo del talud:</b>	55°
<b>DATOS DE CAMPO</b>	
<b>Parámetros de perforación</b>	
Equipo de Perforación	DM 45E
N.º de taladros de producción	
Diámetro del Taladro	35
Longitud del barreno	6”
Eficiencia de perforación	7 m.
	95 %
<b>PARAMETRO DE EXPLOSIVO</b>	
Densidad	0.90 gr/cm <sup>3</sup>
Velocidad de detonación	3900 m/s.
Dimensiones de explosivo	Granel
Tipo de explosivo	Anfo industrial
Peso del explosivo	Cisterna alimentadora
<b>PARÁMETRO DEL MINERAL</b>	
Densidad	3.0 ton/m <sup>3</sup>
Resistencia a la compresión	75.84 Mpa.

Fuente: elaboración propia }

### **Semana 1**

Metros cúbicos fragmentados: 7840 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 23, 520

Explosivo utilizado: 6560 kilogramos

Factor de Carga: 0.30 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 7 día.

Pared del Talud: Inestable, requiere sostenimiento

### **Semana 2**

Metros cúbicos fragmentados: 7850 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 23, 550

Explosivo utilizado: 6580 kilogramos

Factor de Carga: 0.28 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 7 días

Pared del Talud: Inestable, desate con equipo

### **Semana 3**

Metros cúbicos fragmentados: 7800 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 23, 400

Explosivo utilizado: 6560 kilogramos

Factor de Carga: 0.28 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 7 días

Pared del Talud: Perfil heterogéneo

#### **Semana 4**

Metros cúbicos fragmentados: 7760 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 23, 280

Explosivo utilizado: 6560 kilogramos

Factor de Carga: 0.28 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 7 días

Pared del Talud: Rocas inestables, se desata todo el perfil

#### **Semana 5**

Metros cúbicos fragmentados: 7700 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 23, 100

Explosivo utilizado: 6560 kilogramos

Factor de Carga: 0.283 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 7 días

Pared del Talud: Perfil con rocas desprendidas, se desata con equipo

#### **Semana 6**

Metros cúbicos fragmentados: 7900 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 23, 700

Explosivo utilizado: 6560 kilogramos

Factor de Carga: 0.27 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 7 días

Pared del Talud: Inestable, requiere sostenimiento

### **Semana 7**

Metros cúbicos fragmentados: 8050 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 24, 150

Explosivo utilizado: 6560 kilogramos

Factor de Carga: 0.27 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 7 días

Pared del Talud: Se desata todo el perfil

### **Semana 8**

Metros cúbicos fragmentados: 7810 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 23, 430

Explosivo utilizado: 6560 kilogramos

Factor de Carga: 0.27 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 7 **días**

Pared del Talud: inestable, se realiza el desate con equipo

### 4.1.3. Producción a doble banco

Tabla 10 *Producción de talud a doble banco*

<b>Diseño:</b>	Malla triangular
<b>Lugar:</b>	Banco V-04
<b>Ancho de voladura:</b>	60.00 m.
<b>Profundidad del talud</b>	20.00 m.
<b>Alto del talud:</b>	16.00 m.
<b>Angulo de reposo del talud:</b>	65°
<b>DATOS DE CAMPO</b>	
<b>Parámetros de perforación</b>	
Equipo de Perforación	DM 50 EF
N.º de taladros de producción	
Diámetro del Taladro Longitud del barreno	35 7 7/8"
Eficiencia de perforación	8 m.
Taladros de precorte	95 % 7 taladros de alivio
<b>PARAMETRO DE EXPLOSIVO</b>	
Densidad	0.90 gr/cm <sup>3</sup>
Velocidad de detonación	3400 m/s.
Dimensiones de explosivo	Granel
Tipo de explosivo	Anfo industrial
Peso del explosivo	Cisterna
<b>PARÁMETRO DEL MINERAL</b>	
Densidad	3.0 ton/m <sup>3</sup>
Resistencia a la compresión	75.84 Mpa.

Fuente: *Elaboración propia*

### **Ciclo uno**

Metros cúbicos fragmentados: 17, 920 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 53, 760

Explosivo utilizado: 15, 120 kilogramos

Factor de Carga: 0.281 Kg. / m<sup>3</sup>

Pared del Talud: Uniforme y estable

Ciclo de operaciones: 12 días

Pared del Talud: Perfil **h**

### **Ciclo dos**

Metros cúbicos fragmentados: 18, 000 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 54, 000

Explosivo utilizado: 15, 120 kilogramos

Factor de Carga: 0.28 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 12 días

Pared del Talud: Uniforme y estable

### **Ciclo tres**

Metros cúbicos fragmentados: 17, 100 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 51, 300

Explosivo utilizado: 15,120 kilogramos

Factor de Carga: 0.297 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 12 días

Pared del Talud: Uniforme y estable

#### **Ciclo cuatro**

Metros cúbicos fragmentados: 16, 990 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 50, 970

Explosivo utilizado: 15, 120 kilogramos

Factor de Carga: 0.30 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 12 días

Pared del Talud: Uniforme y estable

#### **Ciclo cinco**

Metros cúbicos fragmentados: 18, 200 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 54, 600

Explosivo utilizado: 15, 120 kilogramos

Factor de Carga: 0.277 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: **12 días**

#### **Ciclo seis**

Metros cúbicos fragmentados: 18, 030 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 54, 090

Explosivo utilizado: 15, 120 kilogramos

Factor de Carga: 0.279 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 12 días

Pared del Talud: Uniforme y estable

#### **Ciclo siete**

Metros cúbicos fragmentados: 17, 040 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 51, 120

Explosivo utilizado: 15, 120 kilogramos

Factor de Carga: 0.296 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 12 días

Pared del Talud: **Uniforme y estable**

### **Ciclo ocho**

Metros cúbicos fragmentados: 17, 230 m<sup>3</sup>

Densidad de mineral: 3.0 kg. / Tn.

Toneladas rotas: 51, 690

Explosivo utilizado: 15, 120 kilogramos

Factor de Carga: 0.293 Kg. / m<sup>3</sup>

Ciclo de operaciones: 12 días

Pared del Talud: Uniforme y estable

## **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

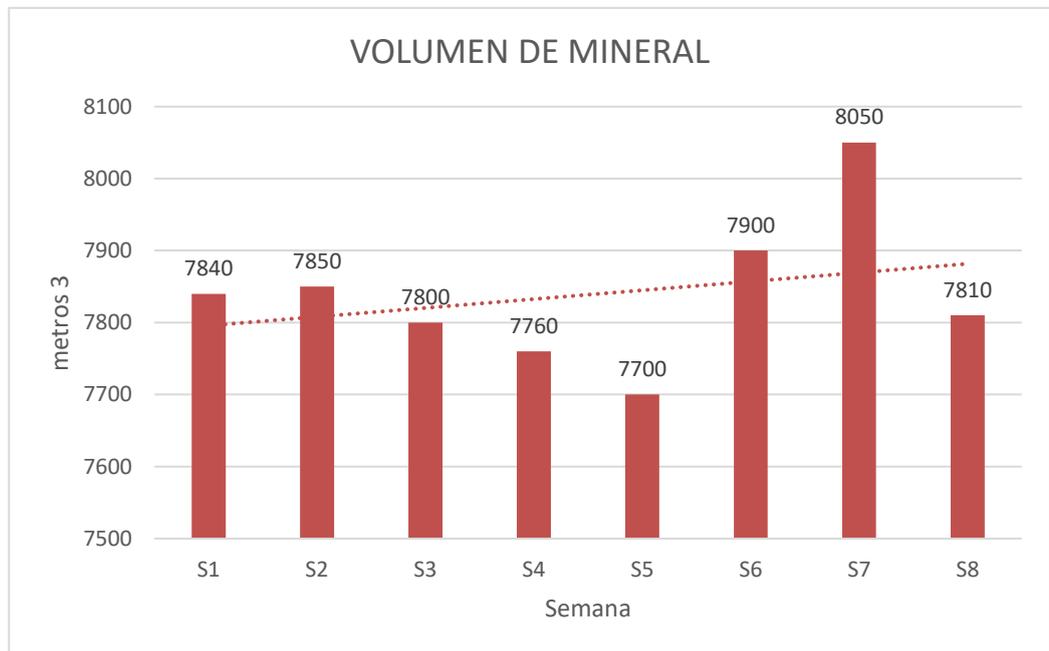
### **4.2.1. Presentación de data de banco simple**

**Tabla 11 Resultados de producción a banco simple**

<i>Semana</i>	<i>Metros cúbicos</i>	<i>Toneladas rotas</i>	<i>Factor de potencia</i>	<i>Ciclo Días</i>	<b>Resultado del talud</b>
1	7840	23520	0.30	7	Inestable, requiere sostenimiento
2	7850	23550	0.28	7	Inestable, desate con equipo
3	7800	23400	0.28	7	Perfil heterogéneo
4	7760	23280	0.28	7	Rocas inestables, se desata todo el perfil
5	7700	23100	0.283	7	Perfil con rocas desprendidas, se desata con equipo
6	7900	23700	0.27	7	Inestable, requiere sostenimiento
7	8050	24150	0.27	7	Se desata todo el perfil
8	7810	23430	0.27	7	inestable, se realiza el desate con equipo
<b>Promedio</b>	<b>7846</b>	<b>23516</b>	<b>0.28</b>	<b>7</b>	

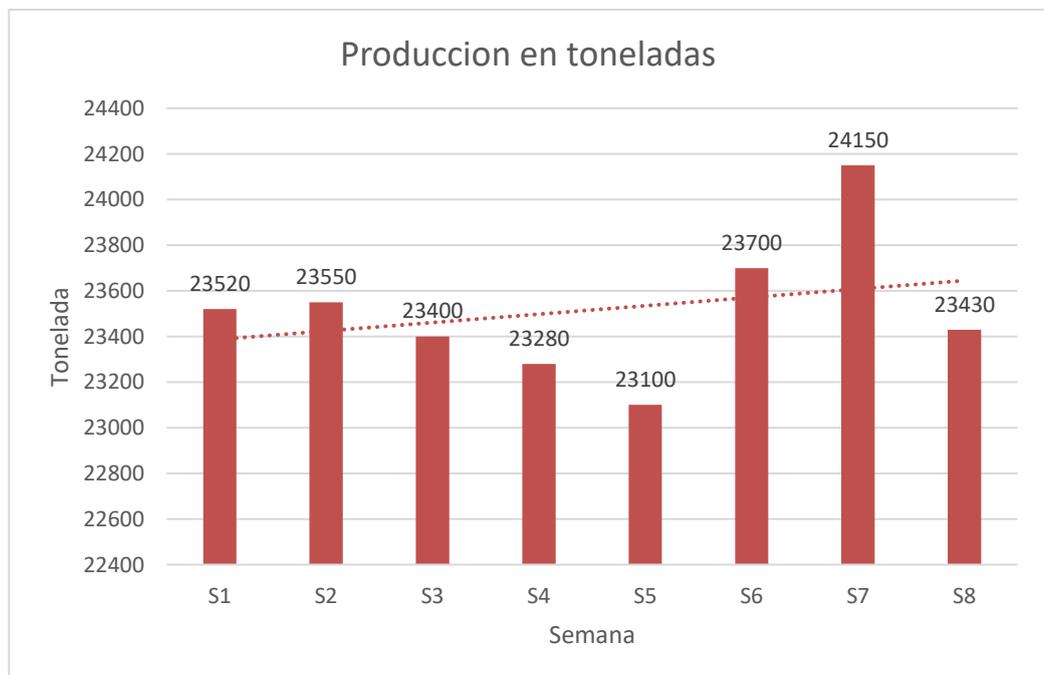
*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 28 Producción en volumen**



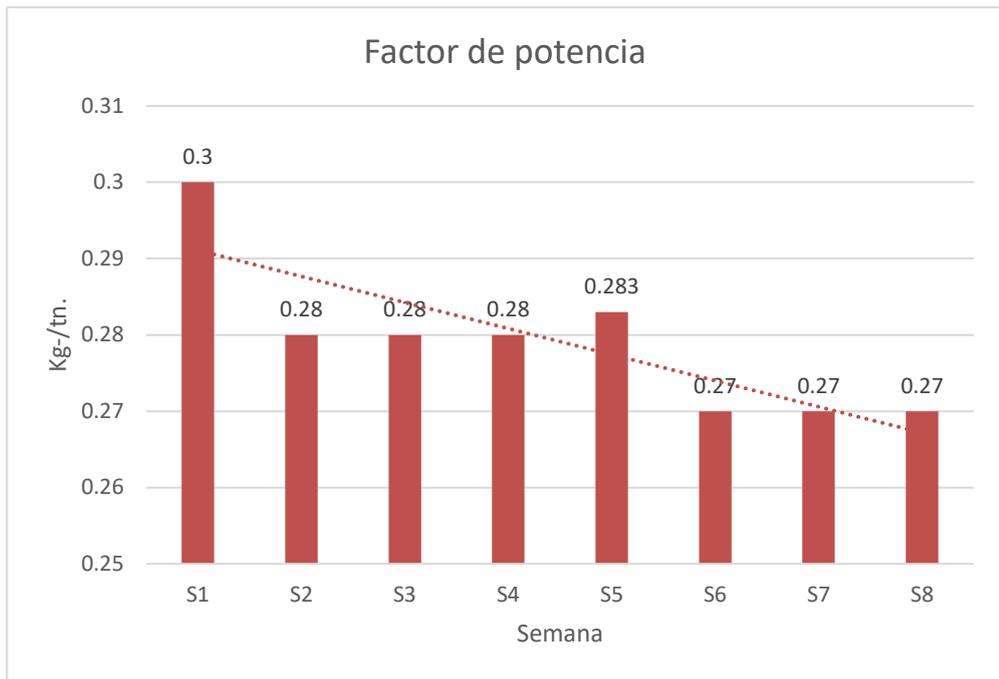
*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 29 Producción en toneladas**



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 30 Factor de potencia**



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 31 Tiempo por ciclo**



*Fuente: Elaboración propia*

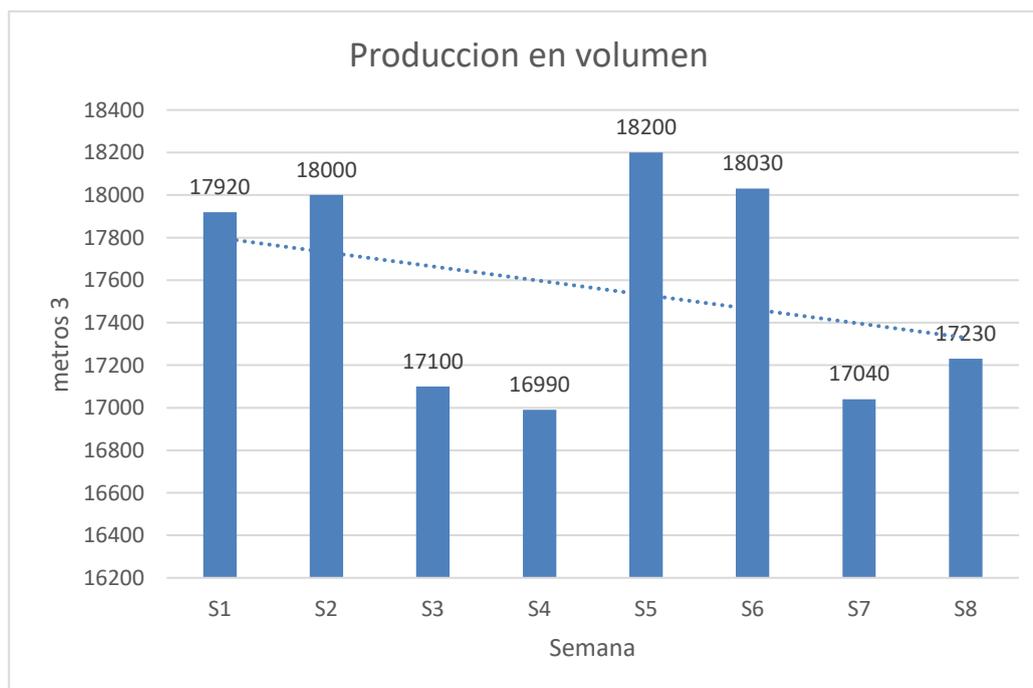
#### 4.2.2. Presentación de data a doble banco

**Tabla 12 Resultados de producción a doble banco**

Ciclo	Metros cúbicos	Toneladas rotas	Factor de potencia	Ciclo Días	Resultado del talud
1	17920	53760	0.281	12	Uniforme y estable
2	18000	54000	0.280	12	Uniforme y estable
3	17100	51300	.290	12	Uniforme y estable
4	16990	50970	0.300	12	Uniforme y estable
5	18200	54600	0.277	12	Uniforme y estable
6	18030	54090	0.279	12	Uniforme y estable
7	17040	51120	0.296	12	Uniforme y estable
8	17230	51690	0.293	12	Uniforme y estable
<b>Promedio</b>	<b>17564</b>	<b>52691</b>	<b>0.28</b>	<b>12</b>	Uniforme y estable

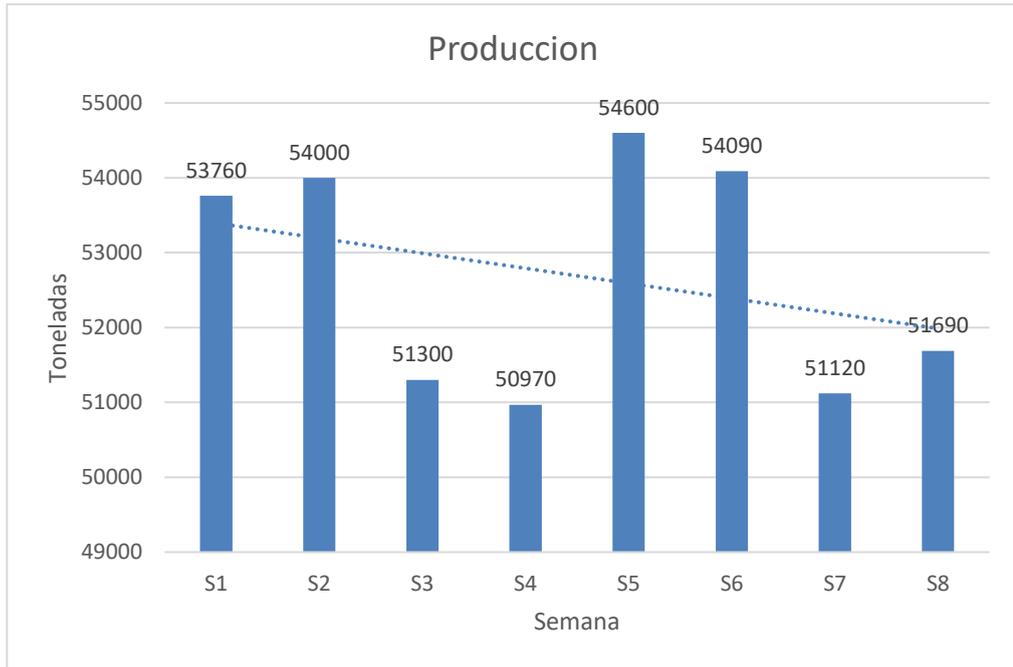
Fuente: Elaboración propia

**Figura 32 Producción en volumen – doble banco**



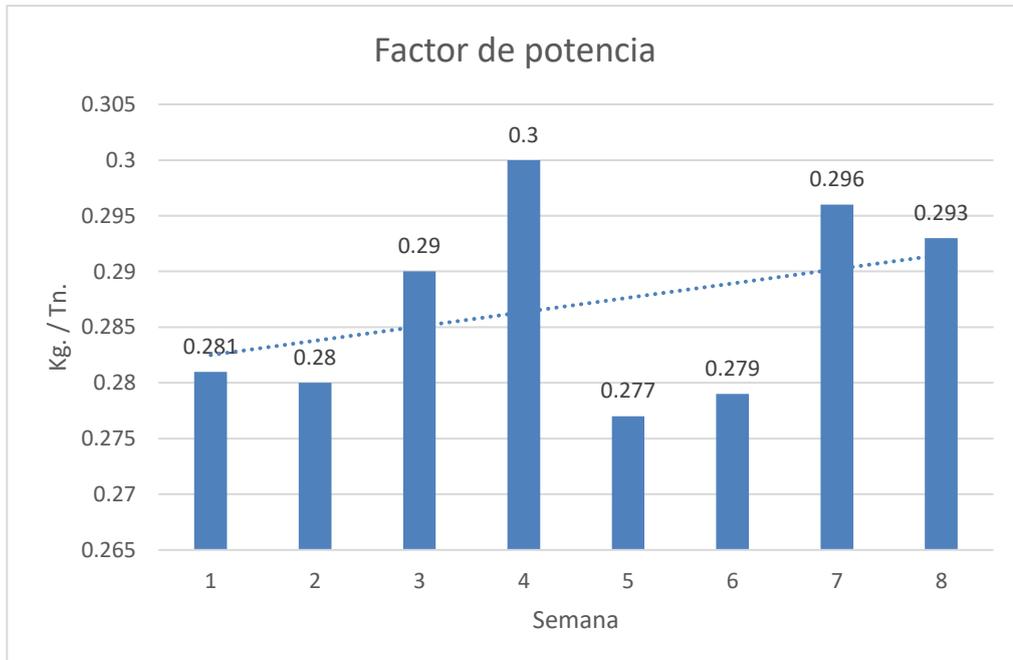
Fuente: Elaboración propia

**Figura 33 Producción en toneladas – doble banco**



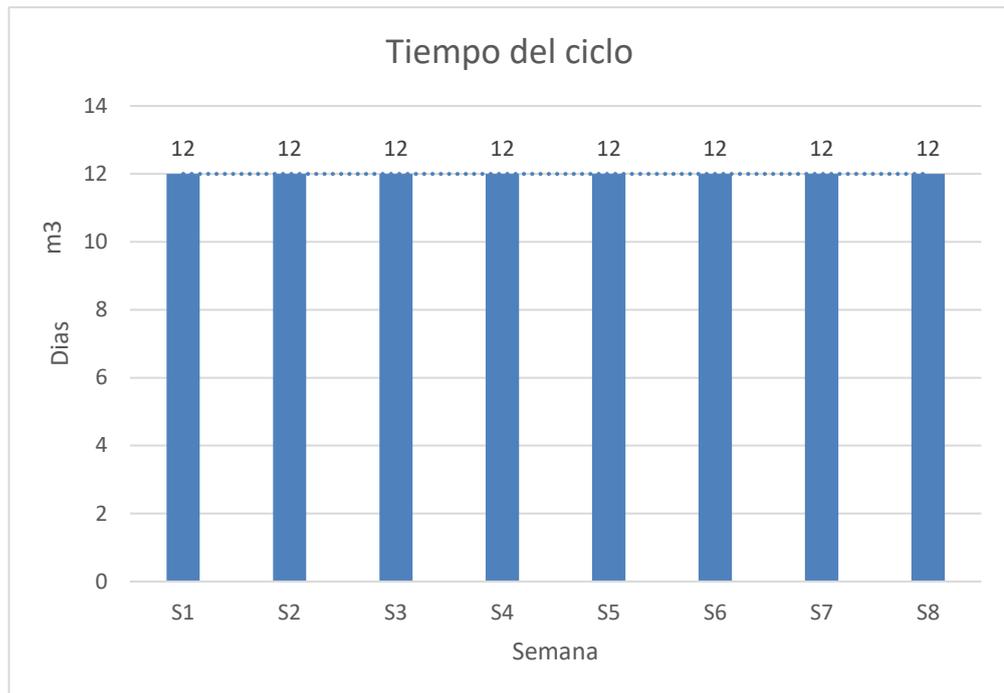
*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 34 Factor de carga con barreno de 8'**



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 35 Tiempo por ciclo**



*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.2.3. Análisis de los resultados**

En el análisis de los promedios de producción del diseño de banco simple se tiene:

- El número de taladros perforados con el diseño del banco simple por corte es de 35 taladros con un diámetro de 6 pulgadas,
- El promedio de producción en línea base se tiene en volumen de 7 846 m<sup>3</sup>.
- El promedio de producción en línea base se tiene 23 516 toneladas.
- Se tiene un promedio en factor de potencia 0.287 kg. / Tn. en línea base
- El ciclo de producción del diseño del banco simple es de siete días.
- En cuanto a la estabilidad del talud después de la voladura se tiene presencia de rocas sueltas que requieren un desate riguroso con equipo mecanizado y en algunos casos requiere sostenimiento.

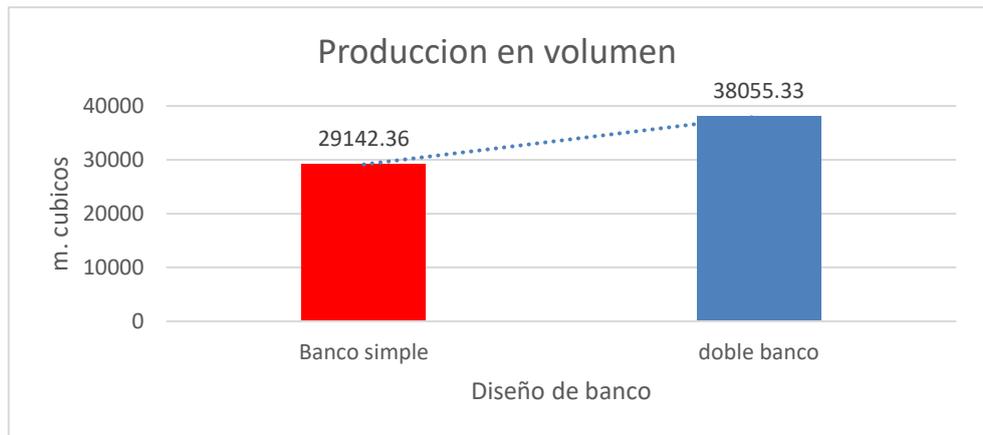
En el análisis de los promedios del nuevo diseño de doble banco se tiene:

- Con el diseño de doble banco el número de taladros perforados son 35 con un diámetro de 7 7/8 pulgadas y siete taladros adicionales de alivio por utilizar la voladura controlada.
- Con el nuevo diseño se obtiene la producción en volumen un promedio de 17 564 m<sup>3</sup>.
- Con el nuevo diseño de doble banco se obtiene 52 691 toneladas.
- Con el nuevo diseño se obtiene un promedio de 0.28 Kg. / Tn.
- Con el nuevo diseño el ciclo de producción es de doce días.
- En cuanto a la estabilidad del talud después de la voladura se tiene bastante estabilidad y un perfil uniforme.

#### **4.2.4. Interpretación de resultados del diseño de simple banco y doble banco.**

En la siguiente figura, se puede observar que el volumen de producción mensual con el diseño de banco simple es menor en relación con el volumen de producción del diseño de doble banco obteniendo 29, 142.36 m<sup>3</sup>/mes en el primer caso y de 38, 055.33 m<sup>3</sup>/mes para el segundo caso, por lo que deducimos que se obtiene 8, 912,97 m<sup>3</sup>. /mes. más con el nuevo diseño de doble banco, Considerando 26 días el mes.

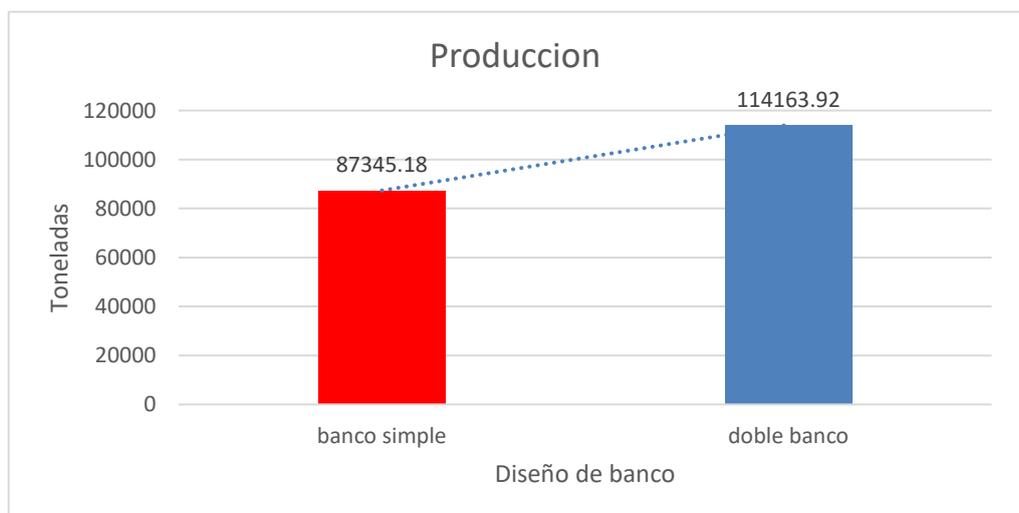
**Figura 36 Relación de producción mensual en volumen**



*Fuente: Elaboración propia*

En la figura 20, se puede observar que la producción mensual en toneladas es menor con el diseño de banco simple en relación con la producción mensual del diseño de doble banco obteniendo 87, 345.18 toneladas/mes en el primer caso y de 114, 163.92 toneladas/mes para el segundo caso, por lo que deducimos que se obtiene 26,818 toneladas/mes. más con el nuevo diseño de doble banco, Considerando 26 días el mes.

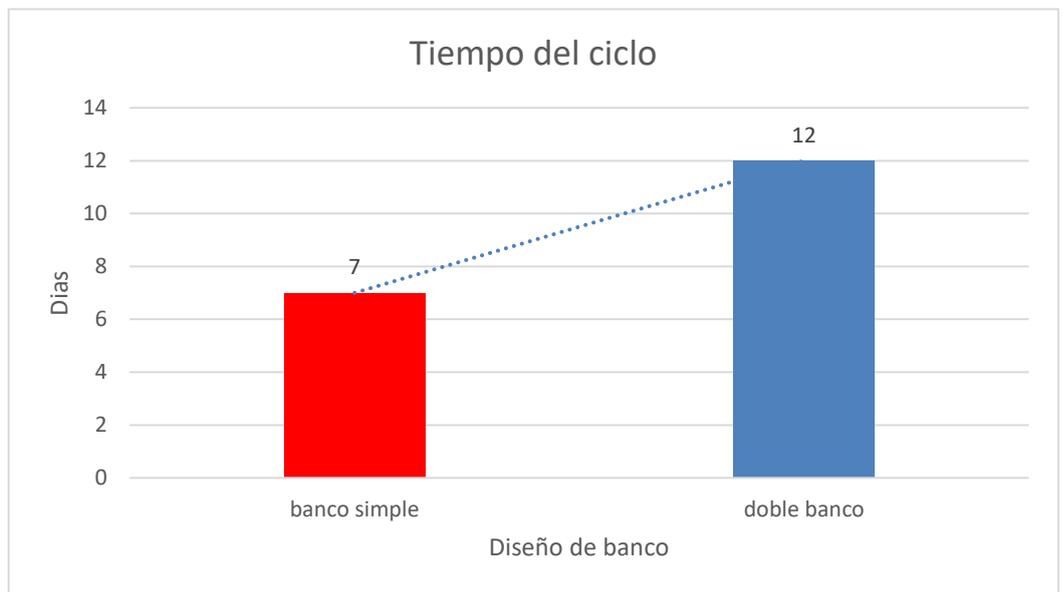
**Figura 37 Relación de producción mensual en toneladas**



*Fuente: Elaboración propia*

En la figura 21 se puede observar que el ciclo de voladura por cada corte en el diseño de banco simple es de siete días, en relación del ciclo de voladura por cada corte en el diseño de doble banco es de doce días; por lo que se puede deducir que para un corte de 8 metros se requiere un tiempo de siete días para todo el ciclo de las operaciones y para el nuevo diseño para un corte de 16 metros el ciclo demora doce días.

**Figura 38 Relación del tiempo por ciclo**



*Fuente: Elaboración propia*

Finalmente podemos concluir que, con el diseño de banco simple, en cuanto a la estabilidad del talud del banco después de cada voladura se tiene como resultado paredes que se presentan un tanto inestables, con presencia de rocas sueltas el cual requiere un desate con equipo mecanizado y algunas veces sostenimiento. En relación con el nuevo diseño de doble banco se utiliza la voladura controlada para evitar una pared inestable teniendo como resultado un

talud más estable y uniforme.

### **4.3. Prueba de Hipótesis**

#### **4.3.1. Hipótesis general**

Se planteo la siguiente hipótesis “Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco se mejora la producción del tajo abierto en la minera Apumayo”. Tal como se muestra en los cálculos realizados existe una mejora muy significativa en la producción del tonelaje de mineral, como también en el control del talud obteniéndose una pared más estable y uniforme; obteniendo una mejora significativa en estos parámetros tal como se muestran en la figura 19, 20 y 21 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 del nuevo diseño de doble banco se logra mejorar el tonelaje de producción en la explotación a tajo abierto en la minera Apumayo.”. De acuerdo con las muestras tomadas en línea base de producción con el diseño de banco simple y luego del diseño de doble banco y que luego de efectuar el proceso y análisis correspondiente se demuestra que, con el nuevo diseño de doble banco se tiene una producción mayor muy significativo en relación con la base de línea, se mejora de 87, 345.18 toneladas mensuales a 114, 163.92 toneladas mensuales; por lo que concluimos que se tiene una mejora en cuanto al tonelaje.

##### **b) Prueba de la segunda hipótesis específica**

La segunda hipótesis específica plantea: “Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco se logra mejorar el control del talud final de la

explotación a tajo abierto en la minera Apumayo”. De acuerdo con las muestras tomadas en línea base de los resultados y luego del nuevo diseño de doble banco y que luego de realizar el análisis e interpretación correspondiente se concluye que se mejora el control de talud en cuanto a la estabilidad y uniformidad de las paredes, quedando demostrada la hipótesis.

#### 4.4. Discusión de resultados

En relación con el título de la investigación “Aplicación del Nuevo Diseño de Doble Banco para Mejorar la Producción de Explotación a Tajo Abierto en la Minera Apumayo” existen resultados bastante significativos, desde el punto de vista al mejorar la producción de explotación a tajo abierto y mejorar la estabilidad del talud del tajo, estos resultados se pueden observar claramente en la tabla 9.

**Tabla 13 Relación de Resultados del diseño de banco**

<b>Parámetro</b>	<b>Banco simple</b>	<b>Doble banco</b>
Numero de taladros	35	35 Mas 7 taladros (voladura controlada)
Producción (metros <sup>3</sup> / mes)	29, 142.36	38,055.3 3
Producción (toneladas/ mes)	87, 345.18	114, 163.9 2
Tiempo del ciclo de explotación (días)	7	12
Condiciones del talud (cualidad)	Presencia de rocas sueltas, requiere desate con equipo mecanizado, Casos de sostenimiento.	Perfil del talud muy estable y uniforme

*Fuente: Elaboración propia*

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

Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco en la producción de la explotación de los tajos de la minera Apumayo, en cuanto a la producción en tonelaje de mineral se logra una mejora muy significativa de 8912.97 metros cúbicos más que con el diseño del banco simple por cada mes.

Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco en la producción de la explotación de los tajos de la minera Apumayo, en cuanto a la producción en tonelaje de mineral se logra una mejora muy significativa de 26. 818.74 toneladas más que con el diseño del banco simple por cada mes.

Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco en la producción de la explotación de los tajos de la minera Apumayo, se puede deducir que el ciclo de producción por cada corte es de doce días mientras que con el diseño del banco simple es de siete días.

Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco en la producción de la explotación de los tajos de la minera Apumayo, en cuanto al perfil del talud final después de la voladura se obtiene una pared más estable y uniforme debido a la implementación de la voladura controlada, en relación con el diseño del banco simple se obtiene un talud final después de la voladura una pared con presencia de rocas sueltas que requiere un desate con equipo mecanizado y en algunos casos un sostenimiento.

## CONCLUSIONES

1. La aplicación del nuevo diseño de doble banco se logra incrementar la producción de explotación de mineral a tajo abierto de la minera Apumayo, se concluye que con este cambio de diseño del banco simple se aumenta la producción en 26, 818.74 toneladas de mineral por mes.
2. Se concluye que, con la aplicación del nuevo diseño de doble banco, se mejora el diseño del perfil final del talud del banco lográndose una pared más uniforme y estable.
3. Al realizar el cambio del diseño del banco simple al diseño de doble banco, se concluye que el ciclo de producción por corte varía de doce días a siete días. El cual representa cinco días menos por cada corte por lo que se va a obtener un cambio significativo en la producción de mineral por cada mes.
4. Al aplicar el nuevo diseño de doble banco se logra mejorar la producción de explotación a tajo abierto de la minera Apumayo, se concluye que se incrementa la producción de mineral en 26 738.91 toneladas de mineral por cada mes.
5. El consumo de explosivo se minimiza con la aplicación del nuevo diseño de doble banco, se demuestra que con el cambio del diseño del banco simple se menora el factor de potencia de 0.29 Kg. / Tn. a 0.27 Kg. / Tn.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda considerar en la aplicación del doble banco, en cuanto a la voladura se debe utilizar la emulsión a granel cambio del anfo a granel, por ser de menor costo y genera menos gas nitroso.
2. Se recomienda que, en el proceso de carguío y transporte realizar un seguimiento para mejorar los rendimientos y eficiencia del proceso, ya que se ha notado equipos de carguío en mucho tiempo de espera.
3. Se recomienda considerar el estudio de un proyecto para el cambio de equipo de perforación, para mejorar la velocidad de perforación, de acuerdo con la bibliografía utilizada se tiene equipos de perforación con mayor velocidad de perforación.
4. Se recomienda capacitar al personal del equipo de perforación en la operación y manejo de la maquina perforadora para dar mayor velocidad en este proceso que indudablemente se va a optimizar la producción de mineral.
5. Se recomienda realizar una investigación de cálculos de beneficios y costos al aplicar el diseño de doble banco en relación con el diseño del banco simple.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Puchoc, D. (2021). *Plan de desarrollo y explotación*. Minera Apumayo.

### **Informe anual.**

Cabello, E. (2021). *Plan de Minado*. Minera Apumayo. Informe anual.

Mamani, C. (2016). *Tesis Diseño de Explotación de Tajos y su Incidencia en los Costos Unitarios de la Compañía Minera Ananea S.A.* Puno, Perú.

Chipana, M. (2015). *Tesis Diseño de Producción del Tajo Progreso de la Contrata Minera Cavilquis* Corporación Minera Ananea S.A. Puno, Perú: Universidad del Altiplano.

EACH CHUNGAR, E. (de 2014). *Cartilla de Proceso de explotación*. Lima, Perú.

Enaex S.A. (2011). *Curso de Manejo de Explosivos*. Santiago, Chile.

EXSA S.A. (2018). *Manual Práctico de Voladura*. Lima, Perú: Departamento Técnico de EXSA S.A.

Famesa Explosivos SAC. (2016). *Productos de voladura*. Obtenido de:

<http://www.famesa.com.pe/productos/altos-explosivos/emulnor/>

FAMESA, E. (2019). *Manual de Perforación y Voladura*. Lima, Perú: Editorial CASAS.

López, C. (2005). *Explotación de tajos*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.

López, C. (2012). *Manual de Proceso de explotación*. Madrid: Tercera Edición.

Tolentino, V. (2012). *Métodos de Excavación*. UNI-Perú.

## **ANEXOS**

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCION

### PLAN ANUAL MINERA APUMAYO

#### RESUMEN DE PRODUCCION MINA APUMAYO PLAN ANUAL

	MES	DESMONTE (Kt)			MINERAL (Kt)			LEY Au(g/t)			S.R		
		Plan	Real	%Cumpl	Plan	Real	%Cumpl	Plan	Real	%Cumpl	Plan	Real	%Cumpl
2014	Acum 2014	0	1,414		0	28							
2015	Acum 2015	11,416	10,564	92.5%	5,230	2,865	54.8%	0.429	0.428	99.6%	2.18	3.69	168.9%
2016	Acum 2016	6,707	7,530	112%	3,650	3,754	103%	0.38	0.31	82.4%	1.84	2.01	109%
2017	Acum 2017	4,679	2,765	59%	3,678	3,309	90%	0.32	0.34	106.9%	1.27	0.84	66%
2018	Acum 2018	1,424	1,224	86%	849	671	79%	0.34	0.29	85.4%	1.68	1.83	109%
	Ene-19	475	374	79%	263	230	88%	0.40	0.30	76%	1.81	1.63	90%
	Feb-19	619	480	78%	384	337	88%	0.37	0.30	82%	1.61	1.42	88%
	Mar-19	560	450	80%	364	313	86%	0.46	0.40	86%	1.54	1.44	94%
	Abr-19	625	630	101%	403	430	107%	0.45	0.40	89%	1.55	1.47	95%
	May-19	605	620	103%	390	410	105%	0.47	0.50	107%	1.55	1.51	98%
	Jun-19	630	650	103%	419	420	100%	0.43	0.60	139%	0.85	1.55	182%
	Jul-19	150	160	107%	405	430	106%	0.41	0.63	153%	0.37	0.37	100%
	Ago-19	78	100	129%	419	440	105%	0.37	0.55	151%	0.19	0.23	123%
	Set-19	62	70	113%	403	420	104%	0.38	0.48	128%	0.15	0.17	108%
	Oct-19	45	50	111%	390	430	110%	0.32	0.44	136%	0.12	0.12	101%
	Nov-19	47	40	86%	372	405	109%	0.32	0.55	170%	0.13	0.10	79%
	Dic-19	54	40	74%	360	450	125%	0.31	0.55	175%	0.15	0.09	59%
	Acum 2019	3,948	3,664	93%	4,571	4,715	103%	0.39	0.49	124.7%	0.86	0.78	90%
	Gran total	28,174	27,161	96%	17,978	15,342	85%	0.38	0.35	92%	1.57	1.77	113%

**PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD QUE GARANTICE UNA PRODUCCIÓN ÓPTIMA EN EL TRABAJO A DOBLE BANCO**

ETAPA DEL PROCESO	OPERACIÓN	CARACTERÍSTICA	RESPONSABLES	MUESTREO	FRECUENCIA	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	REGISTRO
EXPLORACIÓN A DOBLE BANCO	PERFORACIÓN Y VOLADURA, CARGUÍO Y ACARREO	PERFORACIÓN Y VOLADURA	<b>Ejecuta:</b> Área perforación y Voladura, <b>Verifica:</b> Jefe de Voladura	<b>Punto de muestreo:</b> Densidades de la carga explosiva <b>Toma de muestra:</b> Amarres para la voladura	Ante, Durante el carguío de los taladros.	1. En el método de doble banco, en el primer proyecto de perforación los taludes operativos y finales son perfilado. 2. Se utiliza equipos de menor dimensión especial para rotura de rocas usando rompe banco 3. Ante de perforar el banco inferior se cumplirá el protocolo de la secuencia de minado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se obtiene varios polígonos de mineral en mina que identifica mineral de ley baja, media y alta</li> <li>Los diferentes tipos de leyes de mineral son diferenciados con banderines de colores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se lleva un registro de control de viajes de mineral y desmonte por bancos y polígonos mediante ORE control y DisPatch.</li> <li>Se lleva el control de rendimientos y las utilizaciones de equipos en campo por guardia</li> </ul>
		CARGUÍO Y ACARREO	<b>Ejecuta:</b> Área de operaciones Mina <b>Verifica:</b> jefe de Guardia O1, O2 Ore Control	<b>Punto de muestreo:</b> Control de Polígonos <b>Toma de muestra:</b> Toma de densidades de mineral	Durante toda la guardia se verifica lo polígonos, y una vez por guardia se saca las densidades	1. Los controles de calidad de parte de geología mina. 2. Sacar pruebas de densidades del mineral en la descarga de mineral ( pad ) 3. Supervisión en el punto de carguío la calidad de carguío de mineral	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estándares de minado, es no se realiza el minado mientras no esté delimitado los polígonos de mineral y datos de leyes.</li> </ul>	
		RECUPERACION DE MINERAL EN EL PAD DE LIXIVIACION	<b>Ejecuta:</b> Pad de Lixiviación <b>Verifica:</b> supervisor jefe de planta	<b>Punto de muestreo:</b> Recepción de Mineral <b>Toma de muestra:</b> Muestreo de Mineral en la descarga	Una muestra cada 20 unidades	1. En la descarga de mineral, se implementa un puntero para ambos turnos 2. Se asigna un personal para la toma de muestras de mineral y enviar a laboratorio 3. Se cuenta con un equipo de empuje de material y dosificar la cal para regular el pH		<ul style="list-style-type: none"> <li>Se lleva el registro de ingreso de mineral de diferentes leyes y la descarga a diferentes niveles de descarga</li> </ul>

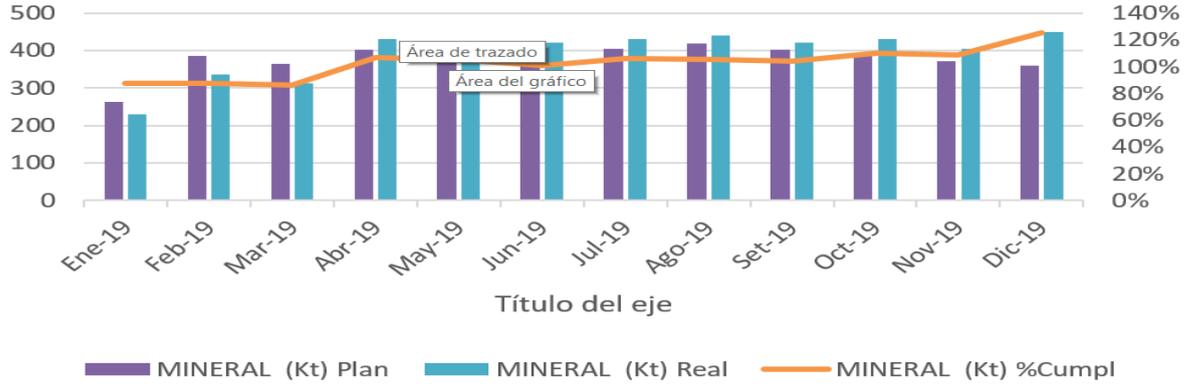
## Programa operativo mensual

PROGRAMA OPERATIVO				<b>APUMAYO</b>			
CeCo	PROGRAMA MENSUAL TOTAL ( )	Presupuesto Al .....	Ejecutado	Diferencia	(%)		
<b>MATERIAL</b>							
	MINERAL (TM)	364,000	312,510	51,490	86%		
	DESMONTE (TM)	560,000	509,569	50,431	91%		
	TOTAL MATERIAL (TM)	924,000	822,079	101,921	89%		
	STRIPPING RATIO (SR)	1.54	1.63	(0.09)	106%		
<b>FINOS</b>							
	Onzas_Recuperadas Au	4,874.48	3,685.51	1,188.97	76%		
	Onzas_Recuperadas Ag	18,207.08	30,183.74	(11,976.66)	166%		
	Onzas_Recuperadas Eq	5,131.48	4,116.08	1,015.39	80%		

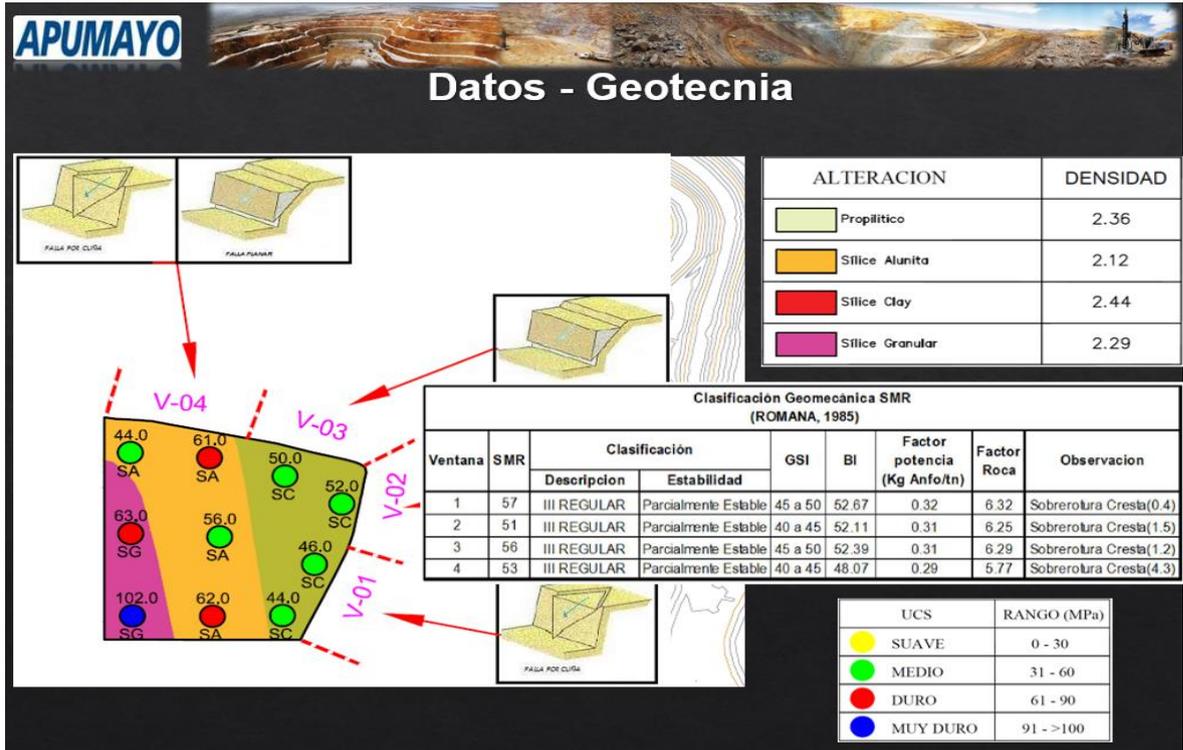
### Resumen De Producción De Desmonte con el Diseño a Doble Banco



## Resumen De Producción de Mineral con el Diseño a Doble Banco



## INFORME TECNICO DE LA MASA ROCOSA







## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### “Aplicación del Nuevo Diseño de Doble Banco para Mejorar la Producción de Explotación a Tajo Abierto en la Minera Apumayo”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
<p><b>General</b> ¿Es posible mejorar la producción del tajo abierto con la aplicación del nuevo diseño de doble banco en la minera Apumayo?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>a) ¿Es posible mejorar el tonelaje de producción en la explotación a tajo abierto con la aplicación del diseño de doble banco en la minera Apumayo?</p> <p>b.) ¿Es posible mejorar el control del talud final en la explotación a tajo abierto con la aplicación del diseño de doble banco en la minera Apumayo?</p>	<p><b>General</b> Mejorar la producción del tajo abierto con la aplicación del nuevo diseño de doble banco en la minera Apumayo</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a) Mejorar el tonelaje de producción en la explotación a tajo abierto con la aplicación del diseño de doble banco en la minera Apumayo</p> <p>b) Mejorar el control del talud final en la explotación a tajo abierto con la aplicación del diseño de doble banco en la minera Apumayo.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco se mejora la producción del tajo abierto en la minera Apumayo.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a) Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco se logra mejorar el tonelaje de producción en la explotación a tajo abierto en la minera Apumayo.</p> <p>b) Con la aplicación del nuevo diseño de doble banco se logra mejorar el control del talud final de la explotación a tajo abierto en la minera Apumayo.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>X: Aplicación del nuevo diseño de doble banco en la minera Apumayo</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Y: Mejorar la producción del tajo abierto de la minera Apumayo</p>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>El estudio que considerando los objetivos es un tipo de investigación de carácter experimental-aplicativo, esta investigación se zonifica en el nivel descriptivo, correlacional y explicativo.</p> <p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>La investigación se encuentra en el nivel cuantitativo y cualitativo, descriptivo y explicativo ya que se detalla el tonelaje de mineral producido asimismo las características del macizo rocoso.</p>	<p><b>Población</b></p> <p>La población del estudio está conformada por todas las zonas de explotación en producción del tajo a cielo abierto de la minera Apumayo</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>La aplicación del doble banco se realizó en la zona III del tajo a cielo abierto por ser la zona más representativa del tajo abierto en producción de la minera Apumayo.</p>