

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creado por ley N°25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**“APLICACIÓN DEL MÉTODO DE HUNDIMIENTO DE BLOQUES
PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN VETAS OROYA
DE COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN
PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR:

Bach. PEREZ GABRIEL, Yuri Wilber

Bach. RIVERA GALVEZ, Damaris Fany

ASESOR:

Mg Sc. GUZMÁN IBAÑEZ, Cesar Salvador

LIRCAY - HUANCABELICA

2 018



ACTA DE SUSTENTACION DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



EN LA CIUDAD DE LIRCAY, EN EL PARANINFO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL - UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, A LOS 30. DIAS DEL MES DE setiembre DEL AÑO 2018 A HORAS 2:00pm SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR, CONFORMADO DE LA SIGUIENTE MANERA:

PRESIDENTE: Msc. Enriquez Donaires Amadeo

SECRETARIO: Ing. Canta Carlos Paul Percy

VOCAL: Msc. Quispealaya Armas Luis

RATIFICADOS LOS MIEMBROS DE JURADO CON RESOLUCION N°247 - 2018 - FIMCA - UNH PARA SUSTENTAR LA TESIS TITULADO:

Aplicación del método de hundimiento de bloques para la mejora de la producción en vetas Oroya de Compañía Minera Casapalca S.A

CUYO AUTORES ES (EL) (LOS) GRADUADOS (S):

BACHILLER (S): Rivera Galvez Damaris Fany

Perez Gabriel Yuri Wilber

A FIN DE PROCEDER CON LAS SUSTENTACION DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION ANTES CITADO.

FINALIZADO LA SUSTENTACION, SE INVITA A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL ABANDONAR EL RECINTO; Y LUEGO DE UNA AMPLIA DELIBERACION POR PARTE DE LOS JURADOS, SE LLEGO AL SIGUIENTE RESULTADO:

BACHILLER: Rivera Galvez Damaris Fany

PRESIDENTE:

SECRETARIO: APROBADO POR UNANIMIDAD

VOCAL:

BACHILLER: Perez Gabriel Yuri Wilber

PRESIDENTE:

SECRETARIO: APROBADO POR UNANIMIDAD

VOCAL:

SIENDO LAS 1:00pm SE DA POR CONCLUIDO EL ACTO DE SUSTENTACION DE LA TESIS, SE FIRMA AL PIE EN SEÑAL DE CONFORMIDAD.


MSc. Enriquez Donaires Amadeo
Presidente


MSc. Ing. Canta Carlos, Paul Percy
Secretario


MSc. Quispealaya Armas Luis
Vocal


Sustentante
Damaris Fany Rivera Galvez


Sustentante
Yuri Wilber Perez Gabriel

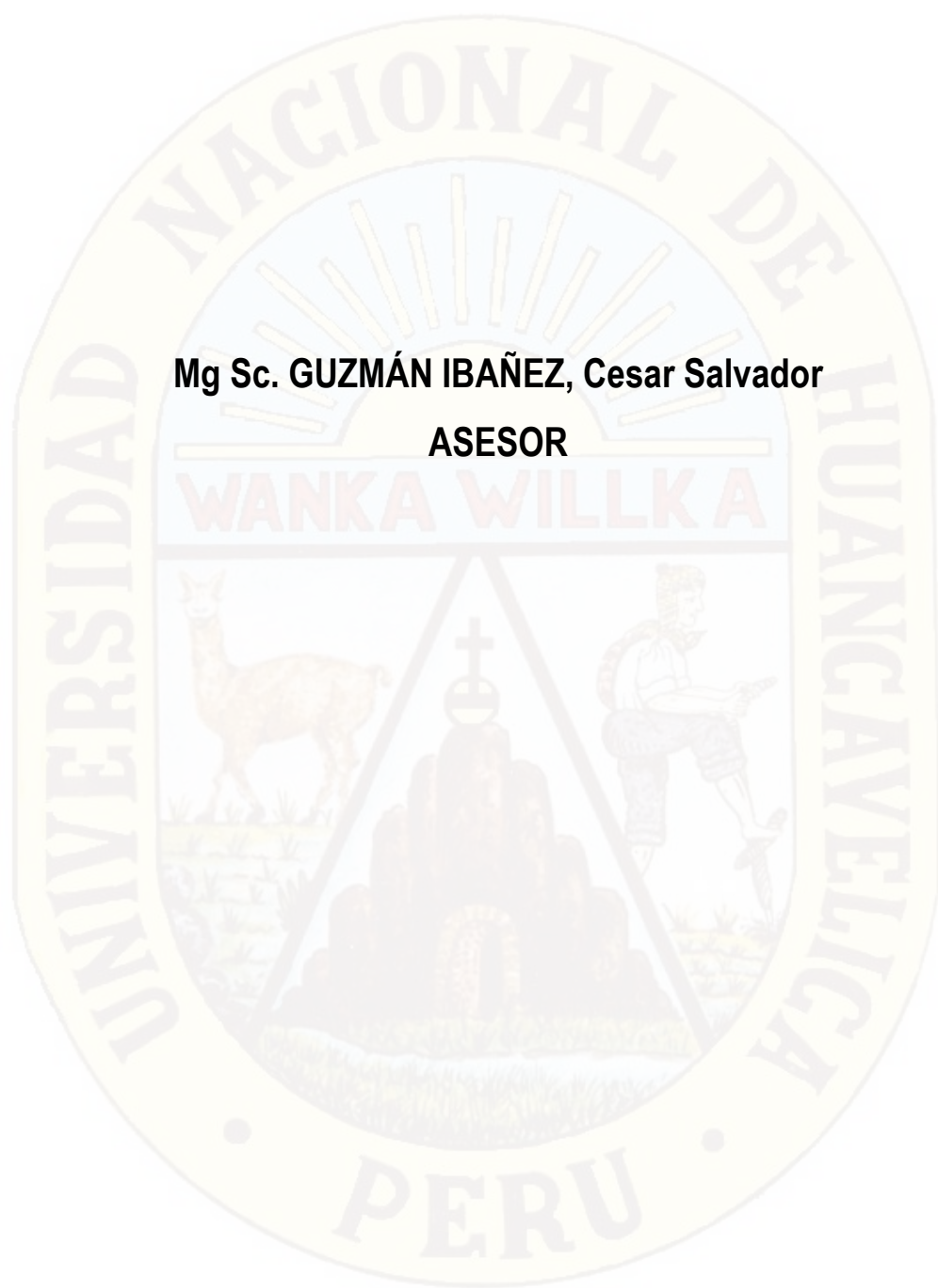
DEDICATORIA

A Dios por tener a nuestra familia unida, por habernos ayudado a llegar hasta este punto dentro de lo planeado, darnos fe, la fortaleza, la salud y la sabiduría que fueron totalmente indispensables para lograr nuestro objetivo, además por su infinita bondad y amor.

A nuestros padres que son el mejor ejemplo; gracias por la vida y por todo lo que nos han dado, por su apoyo incondicional y desinteresado, que en todo momento impartieron para poder lograr nuestros objetivos.

A nuestros docentes quienes nos apoyaron y encaminaron por las buenas sendas de la vida, quienes compartieron incondicionalmente sus saberes para poder llegar a ser un profesional de éxito.

Yuri Wilber y Damaris Fany.



Mg Sc. GUZMÁN IBAÑEZ, Cesar Salvador

ASESOR

RESÚMEN

El presente estudio involucra criterios técnicos y económicos orientados a la selección del método óptimo para la explotación del cuerpo mineralizado zona Oroya en profundización, como una alternativa de solución al planeamiento y desarrollo de la unidad minera.

La problemática investigada fue ¿En qué medida la aplicación del método de hundimiento de bloques mejora la producción en vetas Oroya de Compañía Minera Casapalca S.A, unidad Americana?; siendo el objetivo determinar la influencia del método de hundimiento de bloques que mejora la producción en vetas Oroya de la Compañía Minera Casapalca S.A. y la hipótesis fue: La aplicación del método de hundimiento de bloques busca la mejora significativa de la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A. La investigación es aplicada, con nivel explicativo, el método es tecnológico, científico; con población comprendida por los tajeos de la zona Oroya y la muestra fue el tajeo 300 del nivel 15 al este y oeste; con las consideraciones mencionadas la investigación encamina a dar alternativas de solución para la mejora de la producción de la empresa, en efecto al desarrollar la investigación se obtuvo los siguientes resultados.

Palabras claves: Aplicación geomecanica, perforación y costos.

ABSTRACT

The present study involves technical and economic criteria oriented to the selection of the optimal method for the exploitation of the ore body Oroya zone in deepening, as a solution alternative to the planning and development of the mining unit.

The problem investigated was: To what extent does the application of the block sinking method improve the Oroya vein production of Compañía Minera Casapalca SA, American unit? the objective being to determine the influence of the block sinking method that improves the Oroya vein production of Compañía Minera Casapalca S.A. and the hypothesis was: The application of the block sinking method seeks the significant improvement of the oroya vein production of Compañía Minera Casapalca S.A. The research is applied, with explanatory level, the method is technological, scientific; with population comprised by the cuttings of the zone Oroya and the sample was the tajeo 300 of level 15 to the east and the west; With the aforementioned considerations, the research aims to provide alternative solutions for the improvement of the company's production, in effect, when developing the research, the following results were obtained.

Keywords: Geomechanical application, drilling and costs.

INDICE GENERAL

Carátula
Dedicatoria
Asesor
Resumen
Abstract
Indicé
Introducción

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	11
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.3.	OBJETIVOS:	12
1.4.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA:.....	13

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	ANTECEDENTES:	14
2.2.	BASES TEORICAS:	17
2.3.	HIPOTESIS:	64
2.4.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:.....	65
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	70
2.6.	DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES	70

CAPITULO III

MTETODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	72
3.2.	METODO DE INVESTIGACION.....	73
3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACION.....	73
3.4.	POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO	73

3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	73
3.6.	TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	74

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1.	PRESENTACION DE DATOS	75
4.2.	ANALISIS DE DATOS	83
4.3.	CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS	84

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2:	Factores exógenos de productividad.....	19
FIGURA N° 5:	Método de corte y relleno ascendente.....	33
FIGURA N° 6:	Corte y relleno ascendente semimecanizado (Vista transversal).....	34
FIGURA N° 10:	Niveles de produccion.	38
FIGURA N° 13:	Ubicación de los puntos de extracción.	40
FIGURA N° 18:	Perforación de taladro con equipo simba.	51
FIGURA N° 19:	Espaciamiento y burden en diseños de malla.	52
FIGURA N° 21:	Equipo diésel realizando limpieza de mineral roto en los tajos.	57
FIGURA N° 23:	Niveles de producción.	63

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N° 1: Columna Estratificada de la cuenca de los Andes.....	22
GRAFICO N° 2: Clasificación de métodos de explotación.....	37
GRAFICO N°3: Principios básicos de la perforación	47
GRAFICO N°4: Tipo de malla aplicado al método corte y relleno ascendente.	49
GRAFICO N°5: Energía obtenida por cada unidad de porcentaje de diésel.....	55
GRAFICO N°6: Rendimiento óptimo energético del anfo.	56
GRAFICO N°7: velocidad máxima de detonación del anfo.....	56

INTRODUCCIÓN

El presente estudio sigue una metodología sistematizada en el cual se consideran criterios técnicos y económicos orientados hacia la selección de un método óptimo para la explotación de la mina. Se parte del análisis y valoración de las condiciones naturales como geología, geometría e hidrogeología y el estudio Geomecánico de la mina y su entorno físico para seleccionar técnicamente los métodos aplicables para la explotación de la veta; para lo cual, el trabajo está dividido en capítulos cuyo detalle es:

Capítulo I: Planteamiento del Problema, se trata de la fundamentación y formulación del problema, los objetivos, la justificación, alcances y limitaciones de la investigación.

Capítulo II: Marco Teórico aquí presentamos los antecedentes del estudio – problema, bases teóricas y definición de términos básicos.

Capítulo III: Hipótesis y metodología de la investigación, trata de la hipótesis, identificación y clasificación de variables y diseño de la investigación.

Capítulo IV: Presentación, análisis y discusión de resultados.

Culminamos la tesis, presentando conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Los Autores.

CAPITULO I

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

La minería subterránea constituye una actividad de extracción de minerales por debajo de la superficie terrestre, la misma muchas veces requiere alto costo de minado, ofreciendo baja productividad de los métodos de explotación, en concordancia a ello Hartman, refiere que: La regla principal para la explotación de una mina es seleccionar un método de minado que mejor se apegue a las características únicas (naturales, geológicas, ambientales) del depósito mineral a ser minado, dentro de los límites impuestos por la seguridad, la tecnología y la economía para alcanzar el menor costo y obtener la máxima ganancia. También refiriéndose al concepto de productividad total, Chase, Aquilano y Jacobs, expresan que se puede utilizar para describir la productividad de una organización en su totalidad, o incluso de una nación; en el campo de la minería, la particularidad del trabajo minero en el interior del túnel, exige además de las medidas preventivas del trabajador, también de las disposiciones para la confiabilidad de los procesos que conforman el sistema de producción. También Niebel B, pág. 257, dice la manera de cómo estos factores se relacionan entre sí, tiene un importante efecto sobre la productividad resultante, medida según cualquiera de los índices que le sean aplicables.

Por otro lado, en referencia a la Zona Oroya de la Unidad Económica Administrativa “Americana” de Compañía Minera Casapalca S.A., en el que se desarrolla actividades de explotación de minerales metálicos polimetálicos por el método subterráneo de Corte y Relleno Ascendente, a gran profundidad respecto a la superficie terrestre, se tiene el inconveniente de variación de las características geomecánicas, geológicas de la mina, haciendo ineficiente el método de explotación

mencionado, tornándose inseguro y carente de rentabilidad del proceso productivo, sin embargo, la Zona de Vetas Oroya presenta en profundidad un incremento en sus potencias minerales con un macizo rocoso de muy fracturada a muy mala, es decir el sólido se fractura y se rompe el mineral por sí sólo, por tensiones internas y gravedad, en esta particularidad, los métodos empíricos señalan la intervención del método de explotación de hundimiento por bloques; por lo mismo el presente problema ha ameritado realizar la presente investigación a fin de determinar alternativas viables de método de explotación compatibles a las características, como mina segura, rentable y ambientalmente adecuado y sirvan de aporte, basadas en las capacidades investigativas del ser humano.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General:

- ¿En qué medida la aplicación del método de hundimiento de bloques mejora la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.?

1.2.2. Problemas Específicos:

- ¿Cuáles son las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso en profundidad de vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.?
- ¿De qué manera la aplicación del método de hundimiento de bloques influirá en la seguridad de los trabajadores de vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.?
- ¿En qué medida la aplicación del método de hundimiento de bloques mejora la producción y productividad en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.?
- ¿Cuál es el impacto ambiental de la aplicación del método de hundimiento de bloques para la mejora de la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.?

1.3. OBJETIVOS:

1.3.1. Objetivo General:

- Determinar la influencia del método de hundimiento de bloques que mejora la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.

1.3.2. Objetivo Específicos:

- Determinar las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso en profundidad de vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.
- Determinar la influencia en la seguridad de los trabajadores producto de la aplicación del método de hundimiento de bloques de vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.
- Determinar la influencia de la aplicación del método de hundimiento de bloques que mejora la producción y productividad en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.
- Determinar el impacto ambiental producto de la aplicación del método de hundimiento de bloques para la mejora de la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA:

En el quehacer académico, se justifica por buscar la innovación de conocimientos en minas de ingeniería operacional subterránea, lo cual servirá como aporte intelectual y contribución encaminada a la posible solución de inconvenientes afines.

El Reglamento de Grados y Títulos exige para la obtención del título profesional el desarrollo de trabajos de investigación, por lo cual entendemos que la presente tesis en su contenido encierra cierta carencia de conocimientos inevitables en particular en la ingeniería de minas.

IMPORTANCIA

La variación de las características geomecánicas de la estructura rocosa a 1200 metros de profundidad respecto a la superficie terrestre, determinan un comportamiento incompetente en la Zona de Vetas Oroya, en estas condiciones técnicas, la aplicación del método de explotación de corte y relleno ascendente, deja de ser rentable y frente a un continuo estallido de rocas en profundidad, la estrategia que responde en esas condiciones es el método de explotación por Hundimiento de Bloques, por tanto la referida aplicación tecnológica supone importancia por ofrecer alternativas operacionales de establecer equilibrio del macizo rocoso.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES:

De los estudios previos se tienen los siguientes trabajos en los cuales se pudo ubicar la relación a las variables de estudio sobre la contaminación de río por efecto de la minera.

2.1.1. A Nivel Internacional:

- a. SALAMANCA CANDIA, Felipe A. (2007), en la tesis: Aplicación de la Redundancia activa en la Programación de Producción de Mina Subterránea, Santiago de Chile, en el que planteó como objetivo, el Análisis metodológico de la realización de un programa de producción de una mina subterránea con un método de explotación tipo Panel Caving, llegando a la conclusión, que: El Variante Hundimiento Previo se crea para disminuir la problemática del Panel Caving Convencional, en ella se cambia la secuencia operacional a una variante denominada Hundimiento Previo, cuya secuencia es la siguiente: Desarrollo y perforación del nivel de hundimiento, desarrollo y construcción de los niveles de traspaso y acarreo, además de los subniveles de ventilación, socavación del nivel de hundimiento, desarrollo y construcción de las galerías del nivel de producción, bajo el área socavada, excavación de las bateas colectoras, bajo el área socavada y finalmente la extracción del mineral; por lo tanto, todo el desarrollo y construcción de las galerías del nivel de producción se realiza bajo área previamente socavada, lo que significa una mejor condición de estabilidad para dichas galerías.
- b. CALDERÓN BECERRA, Jorge A. (2011), en la tesis "Desarrollo de una Herramienta para Planificación de largo plazo en Block/Panel Caving, Santiago de Chile; cuyo objetivo general fue: Establecer una metodología del proceso de planificación para Block/Panel Caving que incorpore los avances en el conocimiento de la mecánica del caving a partir de un modelo de flujo

- c. gravitacional para la estimación de reservas en función del secuenciamiento de extracción; del desarrollo de la tesis , llegó a la siguiente conclusión: En la actualidad, la base para la estimación corresponde a la utilización del modelo de Laubscher para generar un modelo diluido con el cual, dado un modelo económico, se estima la altura de columna para cada punto de extracción, el próximo paso corresponde a operativizar este volumen, esto se realiza con un suavizado del techo de las columnas considerando las alturas de columnas vecinas, con este último procedimiento realizado, de forma genérica, se determinan las reservas extraíbles para block o panel caving, menciona, también en la actualidad, con las herramientas existentes de flujo gravitacional, se puede hacer el proceso de estimación de reservas considerando variables que anteriormente no se podían considerar, como por ejemplo, la secuencia de extracción.
- d. DORADOR, Leonardo (2014), en la publicación “Alternativas de Predicción de Fragmentación Secundaria en Minería de Hundimiento masivo, Canadá; dice: La minería por hundimiento masiva está experimentando una mayor demanda día a día alrededor del mundo. Sólo considerando el caso de Chile, los proyectos PMCHS y el Nuevo nivel mina de Teniente son dos claros ejemplos de la importancia que está teniendo; la minería subterránea de Block Caving. Incluso Moss (2012) señala que la tendencia a futuro será que la minería subterránea masiva llegará a ser tan importante que la minería de cielo abierto desde el año 2020 en adelante.
- e. SÁNCHEZ LLANCÁN, Felipe Hernán (2013), en la tesis llamada “Proceso de Diseño del Método de Explotación por Hundimiento”, Santiago de Chile; dice: En este contexto, este estudio está orientado a la gestión del riesgo asociado a la etapa de ingeniería de procesos mina, específicamente, al proceso de diseño de un método de explotación por hundimiento (Block o Panel Caving), las incertidumbres propias de esta etapa pueden tener un impacto relevante en la correcta operación de la mina, el cumplimiento de las metas planteadas, y por lo tanto, en el valor económico del proyecto, de ahí, la importancia de estudiar las

fuentes de dichas incertidumbres, evaluar y cuantificar su impacto, y de ser posible, proponer medidas de control del riesgo económico asociado; a través de la aplicación de la metodología Mine Risk Project Management, MPRM, a la etapa de ingeniería de proceso mina, específicamente al proceso de diseño de un método por hundimiento, fue posible cuantificar de manera exitosa el riesgo económico asociado a los parámetros relevantes (en el caso de estudio, la fragmentación).

- f. MINADO BERCENA, Edward P., (2015), En minado masivo, Perú; indica que el Método de minado de alta productividad, es seguro, aplicable siempre que las características geomecánicas y geológicas lo permitan.

2.1.2. A Nivel Nacional:

- a. MARTELL ROSAS, Diana Stephanie (2014), en la tesis “Sensibilización del plan minero del Proyecto Mina Chuquicamata subterránea”, Lima; cuyo objetivo fue: Analizar un escenario alternativo para el plan minero actual, considerando su impacto en las inversiones de mina Chuquicamata, el cual será explotado por el método de hundimiento por bloques (Block Caving, producto del desarrollo de la investigación, llega a la conclusión siguiente: Dado que en Chile, en general existe una tendencia evolutiva de tajos abiertos hacia minas subterráneas, se concluye que esta tendencia se debe a los costos elevados que se generan por los aumentos de las distancias de transporte, el aumento de profundidad, la disminución de las leyes medias, la gran cantidad de lastre que debe removerse para extraer una tonelada de mineral y el creciente riesgo geotécnico.
- b. ARROYO AGUILAR, Abdel (2011), en la ponencia denominada: “Explotación de Minas”, expuesta en el Instituto de Ingeniero de Minas del Perú, referida al “Hundimiento Progresivo de Bloques”, Lima; manifiesta que se aplica a yacimientos muy grandes y masivos, de buzamiento mayor que el reposo de material, gran extensión vertical, estabilidad de mena pobre, con socavación inferior, hundimiento y fragmentación de roca perforación y tronadura mínima, socavación inferior, la mena se fractura y quiebra a si mismo por esfuerzos internos, gravedad y apropiado a la producción de grandes tonelajes.

- c. RAMOS, Víctor A. (2010), referido a La minería subterránea; dice: Si los cuerpos minerales son suficientemente grandes a ser explotados en forma subterránea, esto se justifica en pocos casos por ejemplo si hay una montaña y por encima del yacimiento hay mil o dos mil metros de roca estéril, se puede hacer una galería por la parte inferior de la montaña y extraer el mineral por block-caving. Este sistema produce el colapso controlado del yacimiento que es reemplazado por pilares artificiales o naturales, que soportan la roca estéril, un ejemplo mundial y bien conocido de este tipo de yacimiento es la Mina El Teniente, uno de los yacimientos más grande de cobre que tiene Chile.

2.2. BASES TEORICAS:

2.2.1. Métodos de explotación subterráneos:

La forma de extracción del mineral y tratamiento del hueco creado, son los factores que definen, de alguna manera, el método de explotación, pudiendo distinguirse tres grandes grupos.

- a. **Sostenimiento de los huecos con macizos.** Se deja sin explotar parte del mineral del yacimiento con unas dimensiones y disposición tales que soportan el conjunto de materiales que se encuentran sobre ellos.
- b. **Relleno o fortificación de los huecos.** Con el material adecuado se procede al relleno de los huecos para que estos no sufran alteración alguna, o sea en una zona muy próxima al mismo, dependiendo de las dimensiones y forma de los huecos, podrán utilizarse, ocasionalmente otros sistemas de sostenimiento o fortificación, cuadros metálicos o de madera, bulones o cables de anclaje, etc.
- c. **Hundimiento controlado de los huecos.** En algunos métodos, tras la extracción del mineral, se induce el colapso de los macizos suprayacentes de manera controlada. Las rocas sufrirán una rotura, un esponjamiento y descenso gradual, pudiendo llegar a afectar tales movimientos hasta la superficie. Esta alteración dependerá de muchas variables: geometría del hueco, propiedades del techo, profundidad, etc.

2.2.2. Factores que influyen en la selección del método de explotación

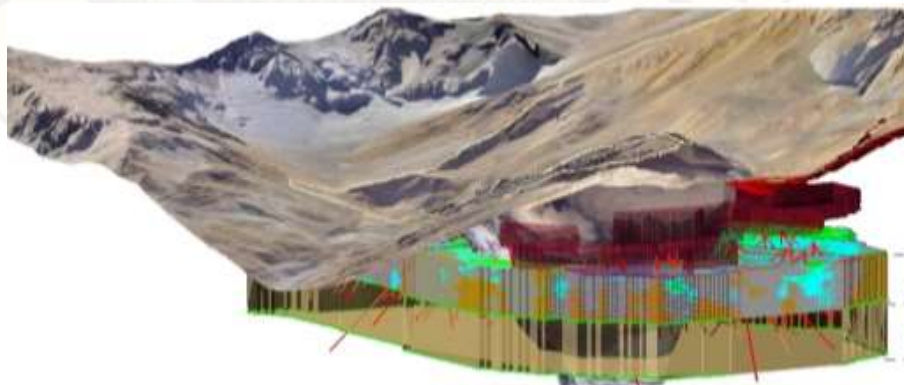
Los factores que tienen un mayor peso en la primera etapa de selección del método minero son los relativos a la geometría y distribución de leyes del depósito, propiedades geomecánicas del mineral y estériles adyacentes. Mediante el análisis de esos factores se obtendrá una primera clasificación y ordenación de los métodos de explotación que son más adecuados aplicar desde una perspectiva puramente técnica.

En la segunda etapa se procederá a la evaluación económica, basada sobre factores a considerar en la elección de un método de explotación minero (minería subterránea), respecto a factores influyentes en el método de explotación subterránea, indica factores endógenos y exógenos:

a. En referencia a los endógenos provenientes de factores internos; tal como:

- Geometría del yacimiento que comprende vetas, mantos y masivos.
- Geología Estructural comprendida por fallas, diques, estructuras.
- La Geomecánica que determina la competencia rocosa, estabilidad de labores y rellenos.
- Zonas mineralizadas y calidad de leyes.
- Geometría espacial.
- Cajas encajonantes del yacimiento.
- Factores Ambientales, como agua, polvo, gases y otros contaminantes.

FIGURA N° 1: Factores endógenos geomecánicos del yacimiento.



FUENTE: Geología estructural del yacimiento minero (Revuelta Alfaro, Jorge - CODELCO).

b. En referencia a los exógenos provenientes de factores externos; tal como:

- Flexibilidad operacional, en función a la tecnología disponible
- Costos de Operación.
- Rendimiento y Productividad.

FIGURA N° 2: Factores exógenos de productividad.



FUENTE: Sociedad Minera AUSTRIA DUVAZ S.A.C.

c. Otras consideraciones de factores influyentes en la selección del método explotación

- **Geología**

La investigación geológica llevada a cabo debe permitir, por un lado, la correcta evaluación de los recursos y reservas que alberga el depósito, pero, además, debe facilitar información relativa a los principales tipos de rocas, zonas de alteración, estructuras principales, accidentes tectónicos, etc., todo ello debe plasmarse sobre planos y secciones a la escala adecuada para que el yacimiento pueda ser visualizado e interpretado fácilmente.

La extensión del estudio en el sentido horizontal se recomienda que mantenga unas relaciones: Profundidad del yacimiento/ Límite del entorno de "1/2", si se va a explotar por métodos subterráneos, y de "1/3 a 1/4", si va a ser a cielo abierto. Aunque un área de esas dimensiones parece

excesiva, se precisa toda esta información para ubicar adecuadamente las escombreras, las presas de residuos, las instalaciones auxiliares y la infraestructura minera, así como para evaluar las posibles alteraciones a que pueden dar lugar las labores mineras.

- **Geología Regional:**

En la región del distrito Minero de Casapalca se encuentran presentes rocas sedimentarias y volcánicas desde el Cretáceo Inferior hasta el Terciario agrupadas en diferentes unidades litológicas.

- **Estratigrafía**

Las rocas emplazadas en la zona están conformadas por calizas, areniscas y lutitas, también completan la columna estratigráfica brechas y flujos volcánicos.

- a. **Formación Jumasha:**

Las rocas de esta formación no afloran en superficie dentro del área de Casapalca; sin embargo, una secuencia correlacionable con esta formación conformada por calizas de color gris con algunas intercalaciones de lutitas. La secuencia representativa de calizas Jumasha afloran prominentemente a lo largo de las montañas que conforman la divisoria continental, presentando un característico color gris claro en contraste con los colores oscuros que presentan las calizas de la formación Paria tambo, pertenecientes al grupo Machay (J. J. Wilson).

- b. **Formación Casapalca:**

Constituye la formación más antigua que aflora en el área, formando un amplio anticlinal denominado Casapalca que es cortado por el río Rímac; comprende una serie de rocas sedimentarias de ambiente continental.

Esta Formación ha sido dividida en los siguientes miembros:

- **Capas Rojas:** La conforman Inter estratificaciones de areniscas y lutitas calcáreas.

- Conglomerado Carmen: Sobreyace a las capas rojas, una serie de conglomerados y calizas, se intercalan con estratos de areniscas y lutitas calcáreas.

c. Formación Carlos Francisco:

Esta formación ha sido dividida en tres miembros.

- Volcánicos Tablachaca: Se encuentra sobreyaciendo al miembro Carmen y separado de este por lutitas de potencia variable, se encuentra una sucesión de rocas volcánicas constituidas por tufos, brechas, conglomerados, aglomerados y rocas Porfírica efusivas.
- Volcánicos Carlos Francisco: Sobre el Mismo Tablachaca que consiste de flujos andesíticos, de color gris oscuro a verde y brechas volcánicas.
- Tufos Yauliyacu: Los tufos sobreyacen a los volcánicos Carlos Francisco concordantemente, está constituido de tufos de grano fino.

d. Formación Bellavista:

La formación Bellavista está constituida por calizas, tufos y lutitas, esta formación también consiste de capas delgadas de calizas de color gris.

e. Formación Río Blanco:

Sobreyace a la formación Bellavista que consiste de volcánicos bien estratificadas constituidos por tufos de lapilli de color rojizo, con intercalaciones de brecha y riolitas. En el área afloran hacia el SE pero su mayor exposición se encuentra entre Chicla y Río Blanco a 12 Km. al SW de Casapalca.

- **Rocas Intrusivas**

Comprende cuerpos pequeños, de carácter hipabisales y sills de diorita, tonalita y andesita muy jóvenes, semejantes entre sí que instruyen al pórfido Carlos Francisco como el caso del Pórfido “Taruca” o las Capas Rojas como la “Andesita Veintiuno” el “Pórfido Victoria” y el “Pórfido Diorítico del Monte Meiggs”, afloran en el NE del campamento.

- **Depósitos Cuaternarios**

a. Depósitos Glaciares.

Comprende a los depósitos morrénicos antiguos y recientes que se encuentran en las cabeceras de los valles o cubriendo el fondo o márgenes de estos.

b. Depósitos Fluvio glaciares.

Corresponde al material acarreado por los ríos o quebradas, guardando relación con el proceso erosivo; como consecuencia se han formado terrazas de material aluvial en los márgenes de los ríos y los más recientes en el lecho.

c. Depósitos coluviales.

Se encuentran al pie de las escarpas de las laderas de los cerros como material de escombros constituido por gravas y bloques sub-angulosos, con matriz arenosa y limosa.

d. Depósitos Deslizamiento.

Corresponden a pequeños fenómenos geodinámicos reconocidos y producidas en las laderas de los valles y quebradas.

GRAFICO N° 1: Columna Estratificada de la cuenca de los Andes.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GRUPOS	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos aluviales			Arenas, gravas y limos.
		PLEISTOCENO	Depósitos glaciares			Morenes
	MIOGENO	PLIOCENO	Formación Uchaco	35		Capas lenticulares arenosas y limos poco consolidadas.
			Formación Tiquihual	180		Conglomerados fósiles.
			Formación Yanacancha	50		Tobas blancas calcáreas.
			Formación Huancabamba	250		Lavas, brechas, conglomerados andesíticos.
			Formación Militeño	400		Tobas volcánicas y riolíticas con intercalaciones de areniscas.
	PALEÓGENO	MIOCENO	Formación Castrovirreyta	400		Lava andesítica a dacítica, areniscas volcánicas.
			Formación Castrovirreyta	150		Volcánico - sedimentario con intercalaciones de tobas.
		OLIGOCENO	Grupo Sacsayhuasi	2015		Tobas volcánicas solidadas, lavas y areniscas volcánicas.
			Formación Tantar	180		Andesita / Riolita
		PALEOCENO	Formación Casapalca	4000		Derames andesíticos a riolíticos, gris verdoso.
			Formación Celendin	400		Desc. ang.
	MESOZOICA	CRETÁCEO	Formación Jurásica	400		Lutitas, areniscas, limonitas y conglomerados de color rojo.
			Formación Pucallpa	120		Dolomitas.
			Formación Chilón	220		Calizas pardo amarillentas con margas calcáreas, yeso.
			Formación Parícuta	240		Calizas compactas en estratos gruesos a delgados.
			Formación Parícuta	240		Calizas, lutitas de color negro ácido.
		JURÁSICO	Formación Fariña	700		Calizas gris pardo amarillentas y margas calcáreas.
			Formación Carhuaz	400		Calizas y margas calcáreas.
			Formación Santa	100		Calizas y margas calcáreas.
			Formación Chimo	400		Areniscas de grano medio blanco a gris rojo.
			Formación Chocoma	300		Areniscas con intercalaciones de lutitas violáceas.
PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Formación Chocoma	300		Calizas gris y arenitas oligomitas.
			Formación Chocoma	300		Casco gris con intercalaciones de material bituminoso.
	CARBONÍFERO	SUPERIOR	Formación Chocoma	300		Lutitas y limonitas calcáreas, calizas y dolomitas.
			Formación Chocoma	300		Areniscas de grano fino a grueso color blanco a gris.
	DEVONIANO	SUPERIOR	Formación Chocoma	300		Calizas gris azulado con presencia de venas de calizas.
			Formación Chocoma	300		Intercalaciones de caliza con nódulos calcáreos y limonitas.
	SILURIANO	SUPERIOR	Formación Chocoma	300		Calizas micáceas con nódulos de chert.
			Formación Chocoma	300		Secuencia rítmica molástica, conglomerados con clastos de volcánicos.
	ORDOVICIANO	SUPERIOR	Formación Chocoma	300		Intrusivos y brechas volcánicas.
			Formación Chocoma	300		Areniscas, calizas y lutitas de color bronceo.
	ORDOVICIANO	INFERIOR	Formación Chocoma	300		Lutitas y limonitas grises con intercalaciones de areniscas.

FUENTE: Luis G. Reyes Rivera.

Geología Local:

Las rocas que contienen las dos formas de mineralización están formadas por una secuencia plegada de sedimentos cretáceos continentales, en los extremos Este y Oeste de la mina, conocidos como Formación Casapalca, con dos miembros litológicos: el miembro inferior "Capas Rojas Casapalca", formado por areniscas, limonitas y lutitas rojizas, con algunos niveles de calizas blanquecinas y el miembro superior conocido como conglomerado Carmen formado por areniscas arcillosas silicificadas de color rojizo, blanqueadas por efecto de la alteración hidrotermal, con algunos horizontes lenticulares de conglomerados. Los rodados de estos conglomerados son muy

redondeados, de un tamaño bastante uniforme compuesto principalmente por cuarcitas de grano fino de la formación Goyllarizquisga, y en menor proporción por calizas de la formación Jumasha, areniscas arcillosas pertenecientes a las capas Rojas y aún en menor proporción por chert que se supone sean inclusiones de las calizas Jumasha; es en este Miembro donde se encuentra emplazada los cuerpos mineralizados. Es importante indicar que las vetas en las Capas rojas forman pequeños lazos sigmoide y fracturamientos con relleno de mineral y en el conglomerado Carmen forman cuerpos de mineral relleno la matriz de los conglomerados.

Ligeramente concordantes se presentan las rocas de la formación Carlos Francisco, compuestas al piso por el “Conglomerado Tablachaca” con clastos redondeados de cuarcita, volcánicos andesíticos y menor cantidad de clastos calcáreos; y al techo de la secuencia, se presenta un conjunto de derrames volcánicos andesíticos e intrusiones subvolcánicas que en conjunto afloran en la parte central y superior de Casapalca. Intrusiones hipabisales dioríticas porfíricas a granodioríticas, se presentan en el sector central y noreste de la zona de vetas, conocidos como Pórfidos Taruca y Victoria. En estos volcánicos de la formación Carlos Francisco e intrusivos se encuentra la mineralización de vetas, en la cual presentan ensanchamientos y ramales mineralizados.

Al Sur, en la parte alta y formando parte de un sinclinal, se presentan afloramientos de calizas grises de la Formación Bellavista. Estas rocas también se fracturan favorablemente para el emplazamiento de vetas con mineralización económica.

- **Geología Estructural**

El patrón estructural regional sigue el alineamiento general de los Andes peruanos (N 10° - 30° W). Localmente las rocas se presentan plegadas formando anticlinales y sinclinales. A este sistema corresponden la falla americana. Fallas transversales de los sistemas N 50° E a N 75° W cruzan la secuencia litológica y desplazan dextralmente a estas. Las principales vetas de Casapalca se han emplazado en el sistema Noreste. Estructuralmente, la gran estructura Esperanza – Mariana por el Norte; y, la gran estructura Oroya – Oroya Piso – Oroya 1 al Sur, forman un gran lazo sigmoide de unos 4 km de longitud, con abundantes lazos sigmoides menores y ramales que se presentan

con mineralización económicamente explotable. En las partes intermedias, al oeste se presenta la veta Escondida que aún no ha sido explorada y que puede corresponder a una tercera gran estructura mineralizada: Este gran sigmoide tiene su mejor expresión en las zonas tensionales, donde las vetas se acercan a la dirección Este – Oeste. En síntesis, la zona muestra plegamientos desarrollándose pliegues invertidos cuyos ejes se orientan paralelamente a la dirección general de los Andes. Una de las estructuras más resaltantes viene a constituir el “Anticlinorium Casapalca”, siendo un pliegue moderadamente abierto en la parte central de Casapalca, el cual se cierra hacia el Norte hasta constituir una falla inversa de empuje con buzamiento al Este.

- **Mineralización**

En el distrito minero de Casapalca se presentan varias clases de mineralizaciones siendo las principales las “vetiforme” con relleno de fracturas, las vetas son de carácter mesotermal que indica su gran profundidad de mineralización y las de reemplazamiento.

También existen mantos no reconocidos y brechas hidrotermales, todos ellos con diferentes características y grados de mineralización.

La mineralización de las vetas constituye esfalerita, galena, calcopirita, tetrahedrita, y en menor porcentaje proustita, pirargirita, polibasita y Electra. Las gangas son pirita, cuarzo, y carbonatos.

- **Vetas**

Este tipo de mineralización corta toda la secuencia litológica desde las Capas Rojas Casapalca, los conglomerados Carmen y Tablachaca, el volcánico Carlos Francisco y las calizas Bellavista.

Son cuerpos tabulares con potencia de veta y ensanchamientos locales; cuando cruzan los conglomerados forman cuerpos de relleno de intersticios de la brecha formando “cuerpos” mineralizados de mayor ancho. Dentro del distrito minero de Casapalca ocurren cuatro estructuras mayores (principales) acompañadas de otras estructuras menores, siendo estas: principalmente carbonatos mangániferos (calcita y rodocrosita). En algunas labores se observa mineralización en textura bandeada.

Yacimiento del tipo “Cordillerano” con minerales de Ag-Zn-Pb-Cu con mayores valores de plata en las zonas altas y aumento de contenido de Zn en profundidad. Debido al carácter mesothermal las vetas van a tener una gran extensión vertical que alcanzarían al menos 2 000 m. debajo de la altura referencial 4 400 m.s.n.m., esto por ser una altura promedio donde se inicia la mineralización económica hacia los niveles inferiores.

Se puede apreciar dos tipos de vetas, que son las más importantes:

Al Sur, se puede encontrar el más importante grupo de vetas es Oroya – Oroya Piso – Oroya techo, Oroya I; es el mejor desarrollado y se tiene cubiertos la mayor cantidad de las reservas de la mina, en lo que es vetas; tiene una longitud de 3.5 Km. Con una central de mineralización de 1200 m. de longitud.

Vetas del grupo Esperanza – Mariana – Mercedes de longitud similar, que sería parte integrante de un sistema sigmoidea distrital.

Se puede también mencionar que en el sobre derribo en la zona de Oroya es moderada debido a que la perforación realizada se realiza fuera del contorno y su posterior voladura, trae como consecuencia doble dilución: por sobre rotura y por desatado (producto de la voladura fuera del contorno).

2.2.3. Clasificaciones geomecánicas.

Las clasificaciones geomecánicas determinan la sistemática del diseño empírico en ingeniería de rocas y relacionan la experiencia práctica obtenida en distintos proyectos con las condiciones particulares de cada lugar. El propósito de las clasificaciones geomecánicas es proporcionar un índice numérico que nos indica la calidad del macizo rocoso. Existe una amplia gama de sistemas de clasificación geomecánica de macizos rocosos, sin embargo, los más utilizados y que tienen una relevancia histórica son: Terzaghi (1946), Laufer (1958), Deere (1967), Wickham (1972), Bieniawski (1973, 1989), Barton (1974), Laubscher (1977).

a. La Geomecánica en el Método Hundimiento por Bloques:

La geomecánica abarca el área de la mecánica de rocas por lo tanto se dice que la mecánica de rocas es ventajosa y ayuda para determinar la hundibilidad de la masa mineralizada. En algunas minas existe un departamento que se dedica a realizar estudios y pruebas para determinar la hundibilidad del

mineral; además hay varias organizaciones consultoras que pueden también dar asistencia técnica sobre este caso.

El objeto es encontrar un parámetro representativo de la intensidad de fracturamiento. Los sistemas de fracturas existentes en el cuerpo ayudan a promover el hundimiento.

Lo ideal es que existan dos sistemas verticales en un ángulo aproximadamente recto y un tercer sistema horizontal es requerido para asegurar un buen hundimiento del cuerpo mineralizado. Es así que por la acción de la gravedad los planos de debilitamiento ayudan al hundimiento del cuerpo, ya que sin los planos no sería posible, a menos que tengan una resistencia extremadamente baja. Las fracturas con espaciamiento más cerrado son más fáciles de ser hundidas.

Los patrones de fracturas en un cuerpo mineral pueden ser evaluados por dos métodos: por perforaciones diamantinas o por estudios en desarrollo de labores subterráneas en un cuerpo mineral, el intervalo de fracturas y la orientación pueden ser determinados por cualquiera de estos métodos. La realización de un solo método puede ser no tan preciso para el conocimiento visual y conteo físico de fracturas. Generalmente se usa el RQD.

b. Características de Aplicación Geomecánica:

Las características geomecánicas son muy generalizadas, dado que para el método de hundimiento por bloques, requiere de una masa rocosa regular hasta muy dura.

Con estas características entonces el desarrollo del método es muy favorable.

- **INDICE DE LA CALIDAD DE LAS ROCAS, “RQD”**

Para el método de hundimiento de bloques entonces el índice de la calidad de la roca estará en el rango desde 50-100, que incluye las calidades regular, buena y excelente. Entre dicho rango la aplicabilidad de dicho método tiene un rendimiento esperado.

- **CLASIFICACION DE, “RMR”**

En el método de hundimiento de bloques se aplica para macizos rocosos regulares, buenos y muy buenos. Que se encuentra entre los rangos del RMR de 41-100.

- **RESISTENCIA A LA COMPRESION, “RC”**

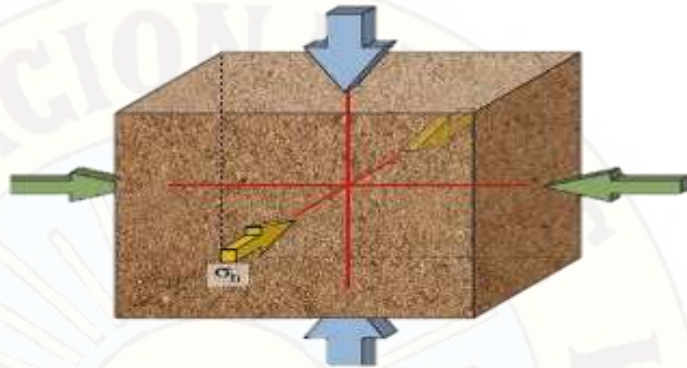
El método de hundimiento por bloques se encuentra con una resistencia a la compresión desde 500 Mpa, hasta > 2000 Mpa, que abarca los siguientes tipos de masa rocosa:

- Masa rocosa regular: RC = 500 - 1000 Mpa.
- Masa rocosa buena: RC = 1000 – 2000 Mpa.
- Masa rocosa muy buena: RC = > 2000 Mpa.

2.2.4. Método Block Caving es aplicable en el Perú

Antezano, Tulio (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú-2016), refiere: Durante la última década, los métodos de minado por hundimiento se han convertido en uno de los temas con estudios de investigación más intensos dentro del campo de la ingeniería de minas. Este fenómeno es impulsado por la necesidad de reducir el riesgo asociado con estos métodos, relacionados con una mejor comprensión del comportamiento de la masa de roca in situ, el estrés, el proceso natural de fragmentación, el flujo del material y el control de su extracción. Frente a estos éxitos iniciales, añadió que se está agregando el concurso de otras tecnologías, como el reconocimiento de la estructura rocosa a través de perforación con sensores con el fin de conocer y proyectar su futuro comportamiento en cuanto a su fragmentación natural por acción de la gravedad. “Por el lado de los equipos de extracción y transporte continuo, la automatización con control y supervisión a distancia van a aportar mucho en la optimización de la operación de estos sistemas, que se verán reforzados con la inclusión de la robótica para reemplazar personal en áreas de alto riesgo y mejorar la salud ocupacional en general”; finalmente, afirma que, sí existe potencial para el minado por Block Caving en el Perú.

FIGURA N° 3: Geomecánica aplicada al subsuelo.



FUENTE: Atkinson, 2007.

2.2.5. La Geomecánica Aplicada al Diseño Subterráneo.

La geomecánica constituye en la actualidad la base científica de la ingeniería minera, puesto que está a diferencia de la ingeniería civil, tiene sus propias peculiaridades, guiados por el concepto "vida económica", junto con el beneficio económico con márgenes ajustados de seguridad, lo cual crea problemas de diseño que son únicos a la explotación de minas. En este contexto la geomecánica involucra seguridad y economía.

a. Metodología de Aplicabilidad de la Geomecánica.

La metodología que intenta proveer una base para el diseño minero en un medio geológico comprende aspectos que involucran los modelos geológicos, geomecánico y numérico.

- **Modelo Geológico.** A través de este modelo se trata de conocer la estructura de la masa rocosa, es decir el medio en el cual se realizará el diseño minero.

Conceptuar el modelo geológico constituye la base de toda evaluación geomecánica. Pues este involucra litología, estructura, características geomecánicas de las discontinuidades, la hidrogeología y tectónica.

- **Modelo Geomecánico.** El modelo geomecánico es el que permite cuantificar los diferentes parámetros de la masa rocosa definidos en el modelo geológico.

Este modelo se apoya con la aplicación de técnicas de valoración de calidad de roca, así como la instrumentación adecuada para la determinación de las propiedades mecánicas del macizo (ensayos en campo y laboratorio).

Parámetros: propiedades mecánicas de los materiales, propiedades mecánicas de las discontinuidades estructurales, calidad del macizo rocoso (Q, RMR, GSI, etc.), propiedades resistentes del macizo rocoso, esfuerzos in-situ (debido al efecto gravitatorio, el efecto del agua, efectos dinámicos, esfuerzos de tectónica residual, etc.).

- **Modelo Matemático.** Este modelo integra los dos modelos anteriores considerando aspectos geométricos del diseño (condiciones de borde) según se trate de un determinado método de minado podremos dimensionar las estructuras y tener una visión de los modos posibles del comportamiento o respuesta de los macizos rocosos involucrados.

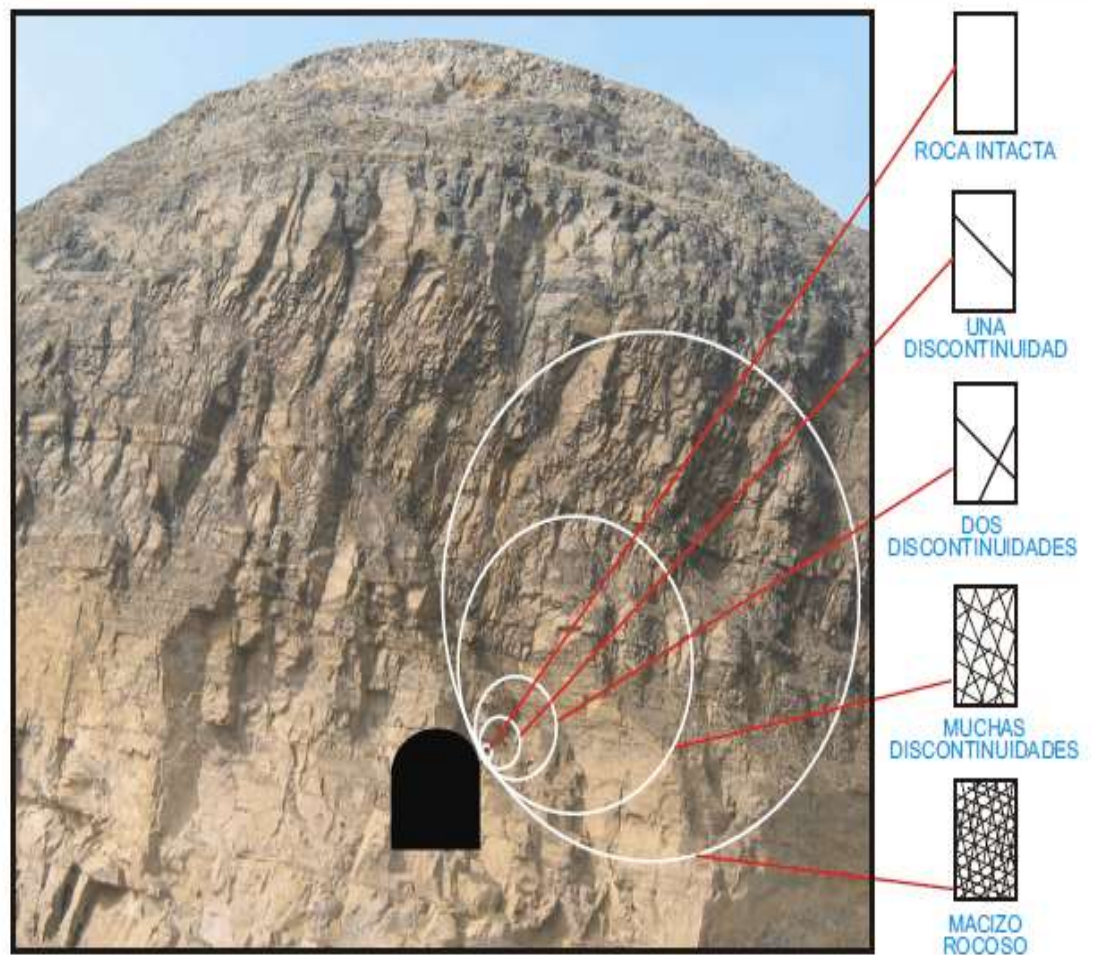
Las técnicas analíticas utilizadas en tales diseños están basados en la comparación de los esfuerzos actuantes y las resistencias disponibles. De esta información se pueden tomar decisiones importantes para establecer las mejores alternativas en cuanto a la forma y dimensión de las excavaciones, los requerimientos de soporte y/o refuerzo del macizo remante a las excavaciones. Las técnicas a utilizarse dependerá de la complejidad e importancia de cada caso en particular pero no necesariamente significan que estas sean altamente sofisticadas, existen hoy en día una amplia gama de técnicas disponibles para ser usadas adecuándolas a realidades particulares lo importante es aplicar los principios básicos de la mecánica de rocas los cuales postulan que: Al macizo rocoso pueden atribuírsele un conjunto de propiedades mecánicas que pueden ser cuantificados por métodos apropiados. Que la capacidad para predecir y controlar el rendimiento mecánico de la roca puede mejorar a asegurar el rendimiento económico de la mina. Estos aspectos pueden ser traducidos como el incremento de la

recuperación de las reservas geológicas, la productividad y la rentabilidad económica.

2.2.6. Caracterización Geomecánica de Macizos Rocosos.

La caracterización geomecánica del macizo rocoso constituye la fase inicial en todo estudio geológico - geomecánico e implica la descripción de las características particulares que intervienen en el comportamiento geomecánico frente a procesos de minado (parámetros de la roca intacta, parámetros de las discontinuidades estructurales, la hidrogeología). La caracterización de macizos rocosos se basa en las observaciones y descripciones tomadas en afloramientos y sondajes diamantinos.

FIGURA N° 4: Relación entre el RQD y el hundimiento de la roca.



FUENTE: Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, 2004.

TABLA N° 1: Designación de la calidad de la roca.

R.Q.D. (%)	Calidad de Roca	R.Q.D. (%)	Hundibilidad
0 – 25	Muy mala	75	Muy mala
25 -50	Mala	51 -74	Mala
50 – 75	Regular	27 – 50	Regular
75 – 90	Buena	6 – 26	Buena
90 - 100	Excelente	0 - 5	Excelente

FUENTE: Deere et al. (1964).

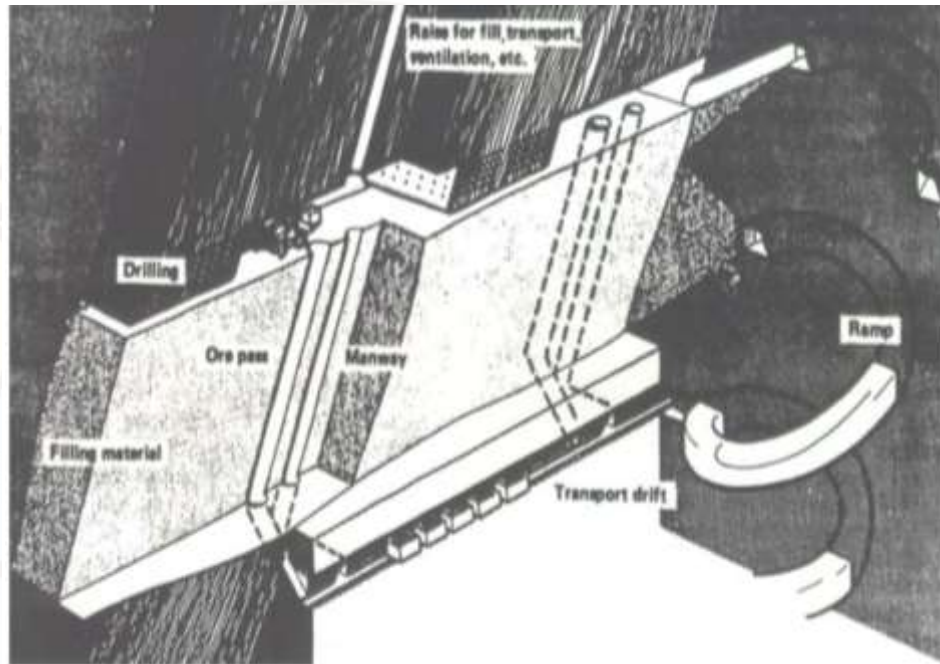
2.2.7. Características Del Método De Explotación Corte y Relleno Ascendente

Conocido como Cut and fill, método ascendente por realce, donde el mineral es arrancado por tajadas horizontales iniciando con la preparación de un subnivel en la parte inferior del tajo para luego avanzar en sentido vertical, donde una vez extraído una franja, se procede a rellenar previo embolsamiento artificial de los tajos aplicando relleno hidráulico, los cuales son suministrados desde planta de preparación de relleno, conducidas a través de sistemas de tuberías hasta los tajos.

Características específicas del método:

- Fuerte buzamiento por encima de los 50° de inclinación.
- Características físico-mecánicas del mineral y roca de caja medianamente competentes a competentes.
- Espesores de moderada a gran potencia.
- Límites regulares del yacimiento.

FIGURA N° 5: Método de corte y relleno ascendente.



FUENTE: Oscar Marcelo Medrano.

TABLA N° 2: Ventajas y desventajas del método de corte y relleno ascendente.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- La recuperación es favorable próximo al 100%. - Es eficiente, significa que puede trabajarse con secciones de alta ley, dejando zonas de baja ley sin ser explotados. - Es un método confiable. - Puede alcanzar elevados niveles de mecanización.	- Alto costo de explotación por la aplicación de madera y mano de obra. - Bajo rendimiento por interferencias incurridas en la producción debido al proceso de relleno. - Consumo elevado de materiales para el sistema de relleno.

FUENTE: Propia elaboración.

transversal).

CORTE Y RELLENO ASCENDENTE SEMIMECANIZADO

Diagrama de un corte y relleno ascendente semimecanizado. El diagrama muestra una sección transversal de una mina con un "Block de Mineral" en el centro. A la izquierda y derecha hay chimeneas (Chimenea 066 y Chimenea 068) con una altura de 50 mts. En la parte superior hay un nivel (Nv. 15) y en la inferior otro (Nv. 16). Hay una "Ventana de Ventilacion" con flechas indicando el flujo de aire. En la base hay un "Puente 34m" con una estructura rectangular. Hay una escala de 50 mts. en la parte inferior.

FUENTE: Propia elaboración.

FIGURA N° 7: Corte y relleno ascendente semimecanizado (Vista en plan)

FIGURA N° 7. Corte y relleno ascendente semimecanizado (vista en plan)

FUENTE: Propia elaboración.

2.2.8. Hundimiento de bloques (Block Caving)

a. Condiciones de aplicación

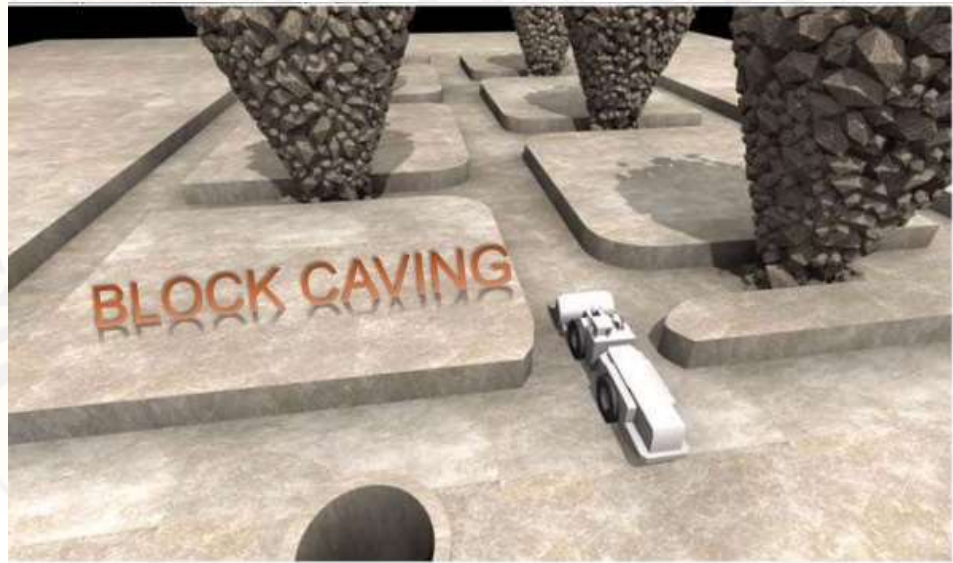
a. Condiciones de aplicación

masivos de grandes dimensiones con buzamiento mayor a los 60°, con

por ejemplo, los depósitos minerales diseminados conocidos con el nombre de cobres porfídicos, de gran ocurrencia e importancia económica en nuestro país, también es posible su aplicación en cuerpos de forma tabular de gran espesor, sus mejores condiciones de aplicación se dan en rocas mineralizadas relativamente incompetentes con un alto índice de fracturas, que se hunden con facilidad, quebrándose en fragmentos de tamaño reducido, sin embargo, la tecnología disponible hoy en día permite también su aplicación en macizos rocosos que presentan alta resistencia a fragmentarse.

Es muy deseable o casi imprescindible que los límites del depósito sean regulares y que la distribución de leyes sea uniforme, este método no permite la explotación selectiva o marginal de cuerpos pequeños, como a la inversa, tampoco es posible separar sectores de baja ley incluidos dentro del macizo mineralizado.

FIGURA N° 8: Método por hundimientos por bloques.



FUENTE: Bristol Bay Alaska.

b. Principios de aplicación

En lo esencial, este método consiste en inducir el hundimiento de una columna mineralizada, socavándola mediante la excavación de un corte basal, proceso que se realiza aplicando las técnicas convencionales de perforación y voladura.

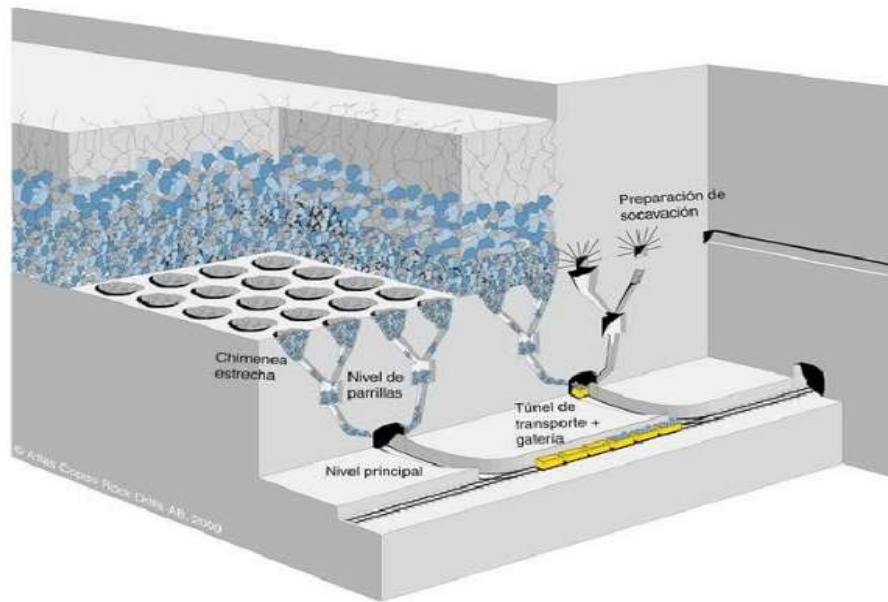
Los esfuerzos internos pre-existentes en el macizo rocoso (gravitacionales y tectónicos), más los inducidos por la modificación de sus condiciones de equilibrio debido al corte basal, generan una inestabilidad en la columna de roca o loza inmediatamente superior. Esta se desploma parcialmente rellenando el vacío creado y la situación de equilibrio tiende a reestablecerse. El mineral derrumbado se extrae por la base a través de un sistema de embudos o zanjas recolectoras excavados previamente, generando así nuevas condiciones de inestabilidad; el fenómeno continúa y el desplome o hundimiento de la columna se propaga así sucesivamente.

TABLA N° 3: Ventajas y desventajas del método hundimiento por bloques.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Bajo costo de producción. - Producción elevada luego del suceso del hundimiento. - Incremento de la seguridad y eficacia de trabajo al normalizarse el sistema de explotación. - El índice de accidentes es relativamente baja, siempre en cuando el factor humano y la actividad se realizan con procedimientos seguros.	- La inversión de capital es alta y la preparación con lleva a un largo tiempo. - Requiere vigilancia rigurosa del proceso de descarga del mineral a fin de evitar la alteración con materiales de baja ley. - La sobreroturas producen la contaminación excesiva al colapsar el hundimiento de bloques de baja ley.

FUENTE: Elaboración propia.

FIGURA N° 9: Imagen de hundimiento de bloques en mina subterránea.

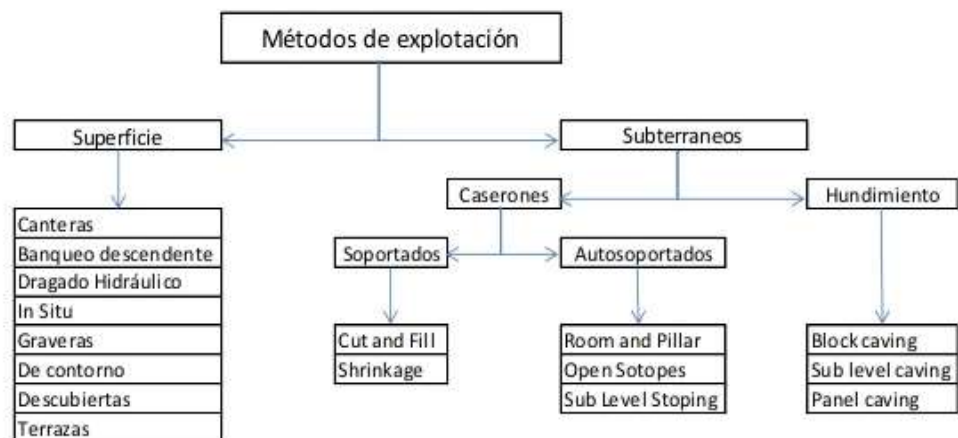


FUENTE: Hamrin, 1998

c. Métodos de hundimiento de bloques

La variedad generalmente utilizados en la minería extractiva son los métodos superficiales y subterráneos, en particular en los métodos subterráneos están las de hundimiento como puede verse en el siguiente esquema:

GRAFICO N° 2: Clasificación de métodos de explotación.



FUENTE: Elaboración propia.

En general se conocen tres métodos de hundimiento:

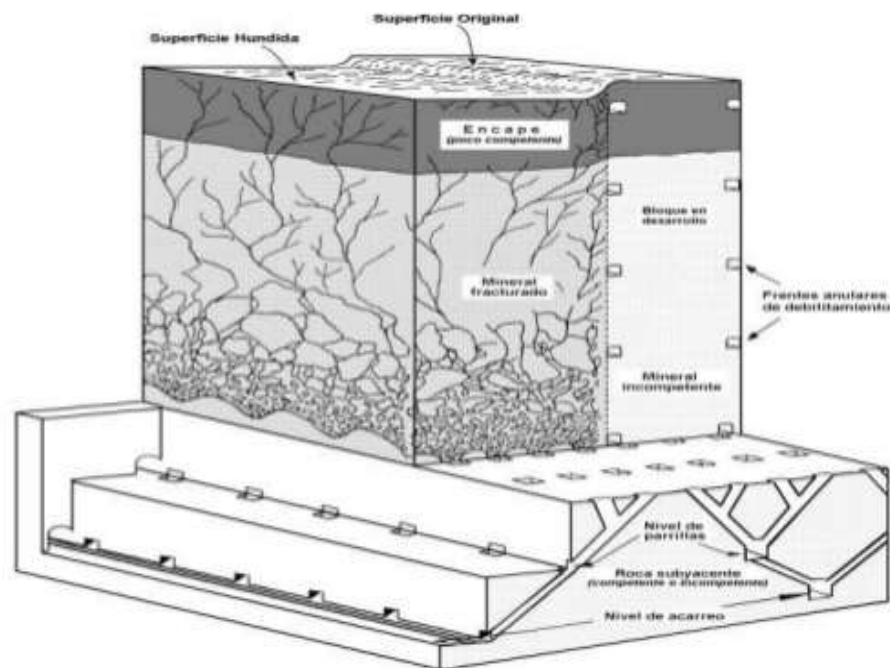
- Hundimiento por subniveles
- Hundimiento por bloques
- Rebanadas descendentes (soporte artificial por su alto consumo de madera)

En todos los casos los métodos son aplicables a depósitos de tipo masivo con grandes desarrollos horizontales:

- Mantos muy potentes
- Vetas masivas

Este tipo de material se debe fracturar o romper fácilmente, pero no debe tener tendencia a empacarse o a apretarse una vez que ha empezado el hundimiento, lo cual permite que la acción de fracturamiento de la roca por efecto del peso gravitacional sobre ella, se efectúe adecuadamente durante el ciclo.

FIGURA N° 10: Niveles de producción.

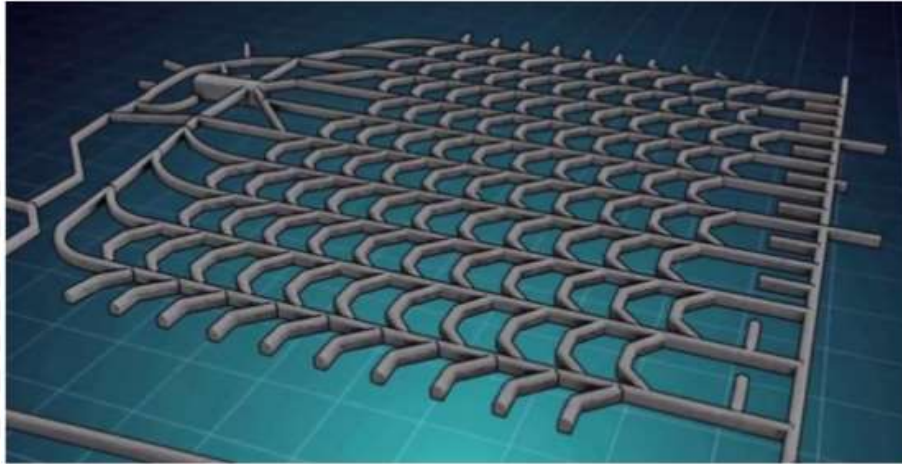


FUENTE: Página web. (Docslide).

d. Niveles de Producción

En este sistema se puede considerar que el nivel de producción es el nivel de parillas.

FIGURA N° 11: Diseño de accesos al yacimiento mineralizado.



FUENTE: Corporación Sandvik. (2004)

Las galerías de parillas también se deben reforzar con concreto lanzado o con vigas de acero, para poder sostener la carga en movimiento mientras la producción se estaba llevando a cabo.

FIGURA N° 12: Labores de acceso a los tajos.



FUENTE: Propio imagen.

e. Nivel de Hundimiento

El bloque inicial requiere de algún tipo de acción que le permita “despegarse” de la roca encajonante para que se inicie el proceso de hundimiento. Esta acción se logra mediante el debilitamiento de los contactos del bloque con la roca huésped y con los bloques adyacentes de mineral, mediante el cuele de obras horizontales y verticales en toda la periferia del bloque.

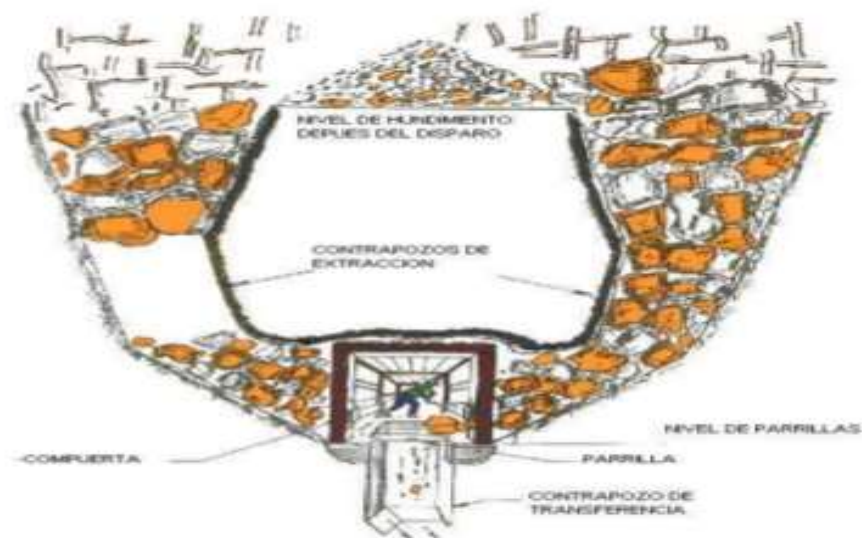
Nos permite hacer maniobras y técnicas para reducir de tamaño las rocas (“plasteo”, fragmentación con martillos picadores y otras).

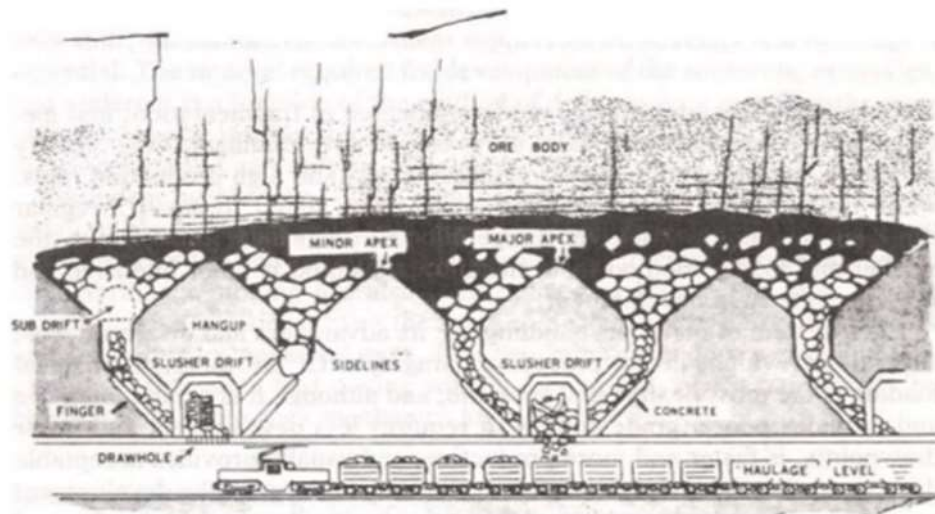
Consecuentemente, se hace indispensable la distribución de aire fresco en estas obras.

f. Conos de Captación

- Conectan al hundimiento con el nivel de parrillas, o nivel de producción.
- Se encuentran debajo del nivel de hundimiento.
- Las consideraciones para tener es la separación entre conos, la cual va a depender de la forma en que se haya diseñado el nivel de parrillas.

FIGURA N° 13: Ubicación de los puntos de extracción.





FUENTE: Fritzsche C. H. (Tratado de labores mineras).

g. Nivel de Acarreo

El nivel de carreo es colocado aproximadamente a 18 m (60 ft) por bajo del nivel de parrillas. Dado que este nivel es sometido a condiciones extremas de peso, debe de ser revestido con una fuerte capa de concreto, también se llega a utilizar vigas de acero y pernos de anclaje para reforzar la obra.

El tamaño de la sección de este nivel, debe ser determinado por las dimensiones del equipo de carreo por utilizar.

- **Contrapozos de transferencia**

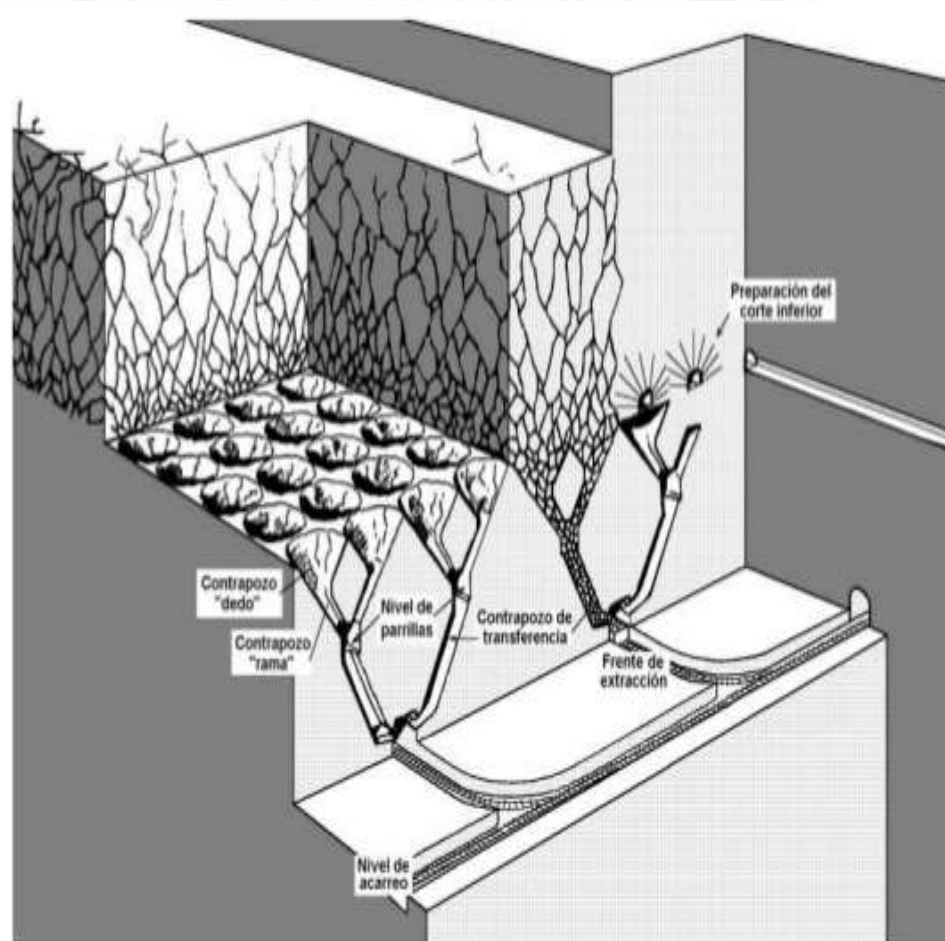
Estos contrapozos so colocados desde el nivel de acarreo hasta el nivel de parrillas. Estos también son cubiertos por concreto, que en esta obra, nos servirá fundamentalmente para dos aspectos:

- Mantener las dimensiones de la obra durante su vida de producción.
- Proporcionar una capa liza para que el mineral resbale apropiadamente, eliminando hasta donde sea posible la fricción entre el mineral y las paredes del contrapozo.

En la parte inferior del contrapozo se insalan chutes para el cargado de los carros y en la parte superior, se instalan parrillas que sirven para evitar el paso de los fragmentos de roca demasiados grandes.

La sección del contrapozo será determinada por la cantidad de carga que se requiera para el cargado de las unidades de acarreo. Los contrapozos de transferencia pueden ser tan largos como se necesite. Esto dependerá de la acumulación de carga que se desee almacenar. Se cuelan con una pendiente de $+60^\circ$ a $+70^\circ$ medidos desde la horizontal.

FIGURA N° 14: Producción según método de minado.



FUENTE: Silvio Paz Chino. (Block Caving).

Se compara la productividad de la explotación de tajeos usando tajeo por subniveles con taladros largos y corte y relleno. Como se observa, la productividad (ton/hombre-guardia) es mas baja en condiciones normales usando Corte y Relleno que usando tajeos por subniveles con taladros largos.

TABLA N° 4: Productividad según tipos de método de minado.

Dureza de la roca	Productividad (t/h-g)	
	Normal	Alta
Cámaras y Pilares	30 - 50	50 – 70
Hundimiento por Subniveles	20 - 40	40 – 50
Hundimiento por Bloques	15 – 40	40 – 50
Tajeo por Subniveles	15 – 30	30 – 40
Corte y Relleno	10 – 20	30 – 40
Almacenamiento Provisional	5 - 10	10 – 15
Estibación por Cuadros	1 - 3	-----
	Productividad TCS/(h-g)	
	Tajeo por Subniveles	Corte y Relleno
TCS/DIA	500	250
TAREAS/DIA	12.5	17.5
TCS/(h-g)	40.00	14.29

En la tabla N° 4 se nota la productividad que tendrá el tajeo 300 usado tajeos por subniveles con taladros largos y corte y relleno, por lo tanto, usaremos el método de tajeo por subniveles con taladros largos para explotar el tajeo 300.

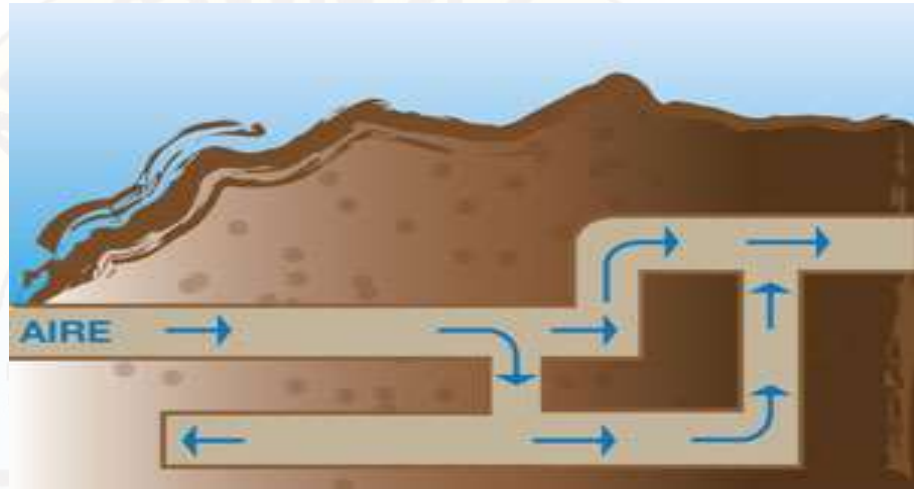
h. Ventilación

La ventilación como servicio auxiliar requiere un suministro continuo de aire para acondicionar el área de trabajo producto de las diversas operaciones donde intervienen trabajadores en las actividades de preparación, perforación, voladura, extracción, transporte, causando contaminación con polvos, gases viciados y aun deteriorando el ambiente subterráneo en casos de operación con equipos Diésel.

La práctica convencional es la implementación de diferentes ductos como chimeneas que son aberturas que ayudan a evacuar el aire viciado hacia la

superficie, los cuales son acompañados por la instalación de equipos extractores cuya función es de succionar el aire.

FIGURA N°15: Circuito de Ventilación en mina subterránea.



FUENTE: Diseño propio

FIGURA N° 16: Abastecimiento de aire a través de mangas de ventilación



FUENTE: Imagen propio.

2.2.9. Perforación

a. Principio de perforación

Para la rotura de la roca se realizan dos operaciones básicamente: la penetración (perforación) y la fragmentación de la roca (voladura). La primera se realiza a través de un orificio o corte, generalmente por medios mecanizados, hidráulicos

o térmicos, con la finalidad de introducir explosivos dentro de los mismos u otros propósitos, lograr la apertura de un túnel, galería o pozo, para extraer un mineral de tamaño y forma específicamente deseado, etc., la segunda busca aflojar y fragmentar grandes masas de material, convencionalmente mediante energía química, hidráulica, entre otras. Existen varios métodos de perforación de las rocas, los cuales pueden ser clasificados de diversas maneras en función de ciertas características. (Osorio, 2001)

Antes de entrar en el campo de los explosivos y del diseño de las voladuras en la explotación es necesario desarrollar los conceptos de perforación de las rocas para entender los mecanismos que se llevan a cabo.

Existen varios métodos de perforación de las rocas, los cuales pueden ser clasificados de diversas maneras en función de ciertas características. De acuerdo con los parámetros de los equipos de perforación, dimensión del barreno, método de montaje del equipo de perforación y fuente de energía.

Los sistemas de perforación más utilizados en la minería subterránea metálica se ubican dentro del ataque mecánico, el cual se basa en la utilización de energía mecánica a la roca por medio de dos esquemas básicos, acción percusiva (percusión) o acción rotativa (rotación). Combinando los dos métodos se tiene híbridos, tales como, la rotopercusión. Las que se describirán a continuación. (Artigas Z. María T., 2011).

2.2.10. Tipos de perforación

a. Perforación por rotación

La perforación por rotación realiza dos acciones básicas por medio de la broca a la roca: empuje axial y torque; la energía se transmite a la broca a través de un tubo de perforación que gira y presiona las brocas contra las rocas. Los elementos cortantes de las brocas generan una presión sobre la roca que llega a producir la rotura de la misma, tiene como misión hacer que la broca actúe sobre distintos puntos de la roca en el fondo del barreno.

b. Perforación por percusión

El componente fundamental de la perforadora es el pistón, el cual empujando hacia adelante golpea la culata de la barra, de modo que la energía cinética del pistón se transmite desde el martillo hasta el elemento de corte de la barra de perforación a través del varillaje, en forma de onda de choque. El desplazamiento de onda se realiza a alta velocidad y la forma depende de las características del diseño de pistón.

La onda de choque se desplaza hasta alcanzar la broca o elemento de corte de la barra de perforación, una parte de la energía se transforma en trabajo haciendo penetrar el útil y el resto se refleja y retrocede a través del varillaje, produciendo calor y desgaste de las roscas. La medición de la eficiencia en la transmisión de la energía es muy difícil y depende de varios factores, tales como: el tipo de roca, la forma y dimensiones del pistón, las características del varillaje, el diseño de la broca, etc.

Dependiendo del equipo de perforación utilizado se obtienen mejores transmisiones de energía. En estos sistemas de perforación la potencia de percusión es el parámetro que más influye en la velocidad de penetración. (Artigas Z., María T., 2011).

c. Perforación por rotopercusión

El principio de perforación de estos equipos se basa en el impacto de una pieza de acero (pistón) que golpea a un útil (barra) que a su vez transmite la energía al fondo del barreno por medio de un elemento final (broca). Los equipos rotopercutivos se clasifican en dos grandes grupos según donde se encuentre colocado el martillo: en cabeza o en fondo.

- **Martillo en cabeza:** En estas perforadoras dos de las acciones básicas, rotación y percusión, se producen fuera del barreno, transmitiéndose a través de una espiga y del varillaje hasta la broca de perforación. Los martillos pueden ser de accionamiento neumático o hidráulico.
- **Martillo en fondo:** La percusión se realiza directamente sobre la broca de perforación, mientras que la rotación se efectúa en el exterior del barreno.

La perforación por rotopercusión se basa en la combinación de las siguientes acciones: percusión y rotación. La percusión se basa en los impactos producidos por el golpeteo del pistón originan unas ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje (en el martillo en cabeza) o directamente sobre ella (en el martillo de fondo).

Mientras que la rotación consiste en hacer girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones.

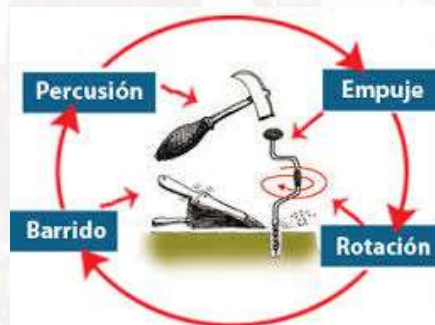
Las ventajas principales, que presentan la perforación rotopercutiva son:

- Es aplicable a todos los tipos de rocas, desde blandas a duras.
- La gama de diámetros de perforación es amplia.
- Los equipos son versátiles, pues se adaptan bien a diferentes trabajos.
- Necesitan un solo hombre para su manejo y operación.
- El mantenimiento es fácil y rápido.
- El precio de adquisición no es elevado.

En virtud de esas ventajas y características, los tipos de obras donde se utilizan son:

- En obras públicas subterráneas; túneles, cavernas de centrales hidráulicas, depósitos de residuos, etc., y de superficie; carreteras, autopistas, excavaciones industriales, etc.
- En minas subterráneas y en explotaciones a cielo abierto de tamaño medio y pequeño.

GRAFICO N°3: Principios básicos de la perforación



FUENTE: Elaboración propia

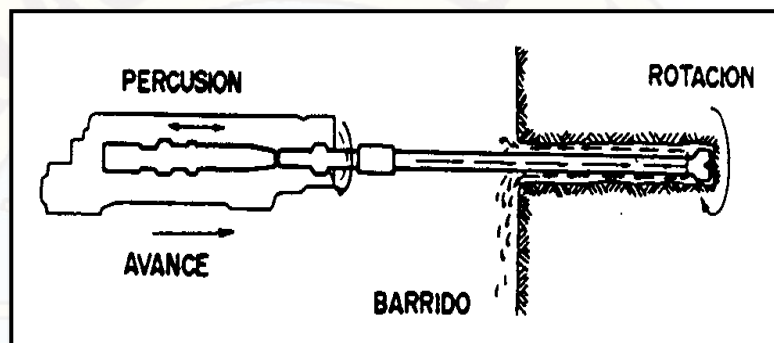
Percusión: Los impactos producidos por el golpeteo del pistón originan unas ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje (en el martillo en cabeza) o directamente sobre ella (en el martillo en fondo).

Rotación: Con este movimiento se hace girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones.

Empuje: Para mantener en contacto el útil de perforación con la roca se ejerce un empuje sobre la sarta de perforación.

Barrido: El fluido de barrido permite extraer el detritus del fondo del barreno.

FIGURA N° 17: Acciones básicas en la perforación rotopercutiva.



FUENTE: Manual de perforación y voladura - López Jimeno.

2.2.11. Condiciones de perforación.

Para conseguir una voladura eficiente la perforadora es tan importante como la selección del explosivo, por lo que éste trabajo debe efectuarse con buen criterio y cuidado, lamentablemente la supervisión de la correcta operación de perforación aun no es controlada adecuadamente en muchas minas, lo que permite que ocurran deficiencias en la calidad de trabajo como son los taladros desviados, mas espaciados, de longitud irregular etc., que determinan pérdidas de eficiencia de la energía explosiva disponible.

Normalmente la calidad de los taladros a ser perforados está determinada por cuatro condiciones, Diámetro, longitud, rectitud y estabilidad:

- **Diámetro:** Depende del tipo de aplicación en que el taladro será utilizado como regla general el de “menor diámetro factible” será más adecuado y económico de realizar.
- **Longitud:** Infiuye mucho en la selección de la capacidad del equipo perforador y naturalmente en el avance del disparo (profundidad del taladro).
- **Rectitud:** Varía con el tipo de roca método de perforación y características del equipo perforador. Deben tener la mayor rectitud y alineación para que

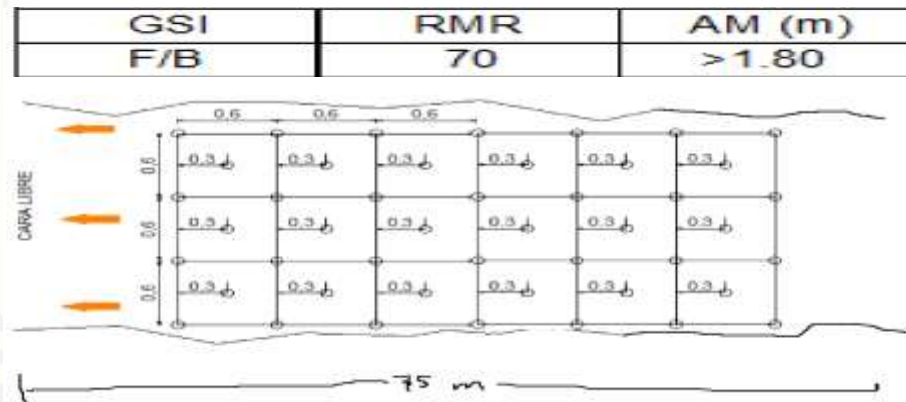
el explosivo sea apropiadamente distribuido en la mayoría de los arranques, de perforación el paralelismo entre taladros es de vital importancia para la interacción de las cargas explosivas en toda la voladura.

- **Estabilidad:** Los taladros deben mantenerse abiertos hasta el momento de su carguío. En terrenos sueltos tienden a llenarse de detritus durante el proceso de la perforación dificultando posteriormente el carguío.

- **Diseño de malla para subniveles:**

En el diseño de la malla del método que se aplica es filas que se acumulan a lo largo del tajo acumulando taladros promedio de 150 taladros/ guardia y completando a 300 taladros la contraguardia.

GRAFICO N°4: Tipo de malla aplicado al método corte y relleno ascendente.



FUENTE: Planeamiento de Cía. Minera Casapalca.

En el grafico N° 04: diseño de malla que se aplica con el corte del ala oeste del tajo 300.

Esto está acumulado en un ala respecto del tajo 300 ya que tiene dos alas este y oeste posteriormente se realiza el respectivo disparo que se pondrá en detalle a medida que se va avanzando el estudio.

Preparación: El acceso a los tajeos de explotación es por rampa y cortadas normalmente ubicados en la caja piso de los tajeos.

La galería de extracción (by pass) debe ser desarrollada en el nivel base (caja piso) del tajeo, paralela a la zona mineralizada y en estéril, el desarrollo de estocadas o “draw points” que unen la galería de extracción con la galería sobre veta, para la recuperación del mineral derribado.

Las galerías de perforación (subniveles) deben estar en la zona mineralizada.

Se ejecuta una Chimenea piloto que sirve como cara libre para iniciar la voladura.

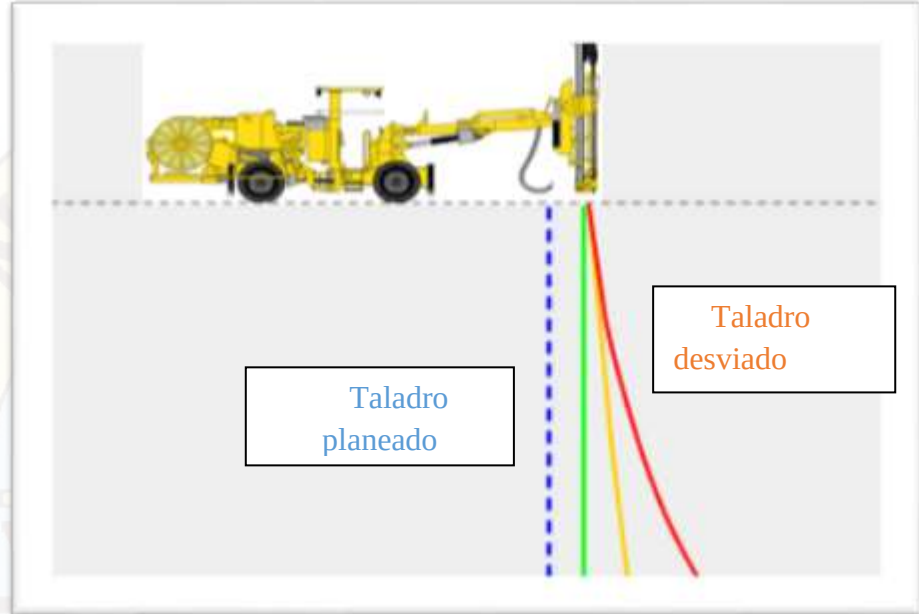
Perforación De Taladros Largos: La perforación de taladros largos es la principal actividad en el minado por subniveles, esta operación requiere de bastante control y precisión antes de iniciar la perforación, el control y precisión son un factor determinante para lograr una voladura óptima y eficiente.

El uso de diámetros menores y longitud de taladros mayores básicamente generan la desviación del taladro es un problema común pero controlable.

Factores que originan la desviación del taladro:

- Factores que originan desviación del taladro antes de la perforación:
- Error en el posicionamiento del equipo.
- Error en la selección y lectura de ángulos.
- Error en el emboquillado y en la fijación de la viga de avance.

FIGURA N° 18: Perforación de taladro con equipo simba.



FUENTE: Manual de perforación epiroc E7.

Diseño de la Malla Perforación y Voladura

Para el cálculo del burden se utiliza el modelo de Pearse

Donde:

$$B = (K \times D / 1000) \times \sqrt{(P / Std)}$$

B = Burden

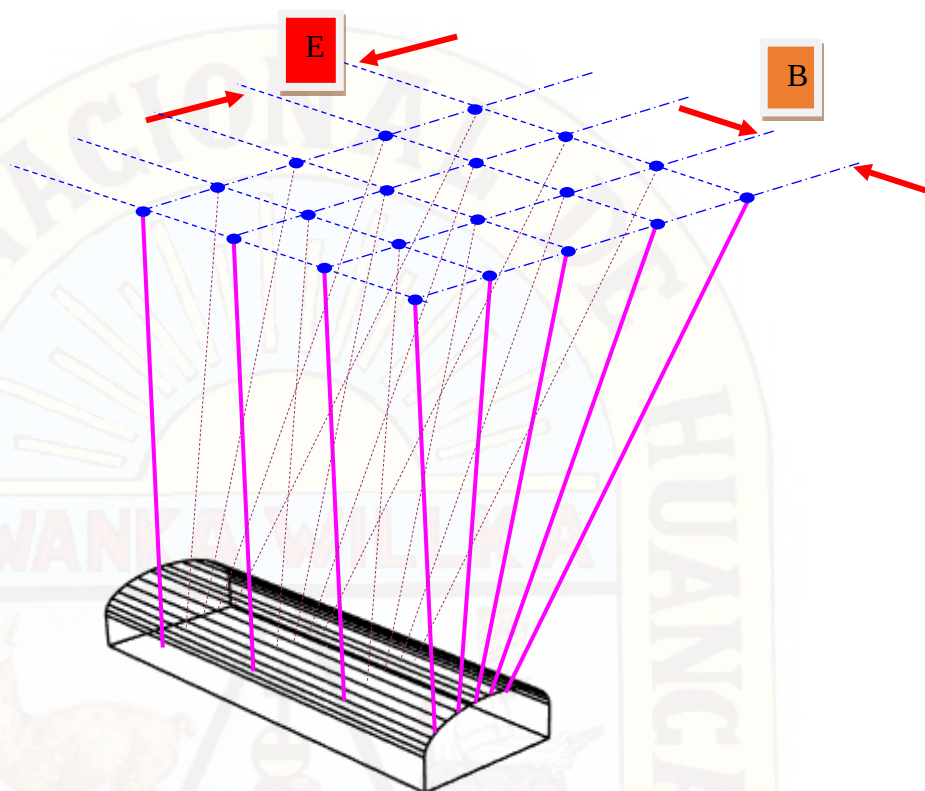
K = Constante que depende de la carga explosiva y de la roca (0.7 – 1.0)

D = Diámetro de taladro (mm)

P = Presión de detonación de la carga explosiva (kg/cm²)

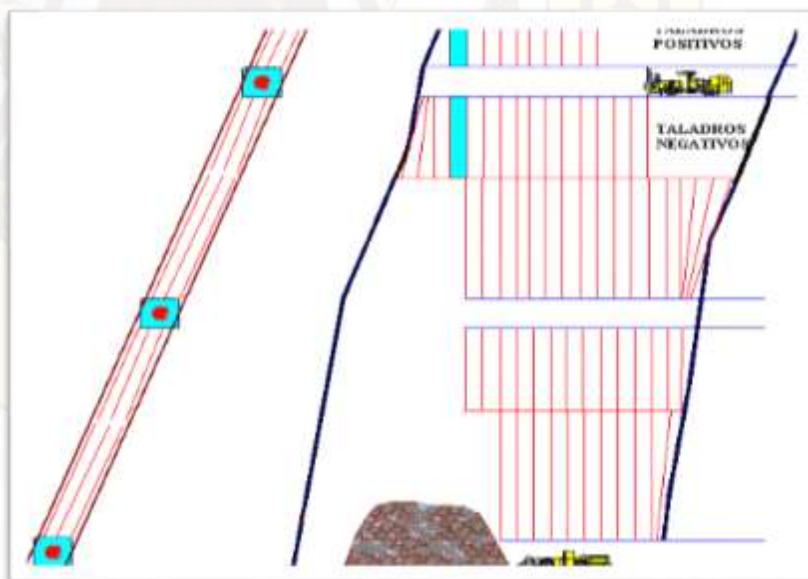
Std = Resistencia a la tensión dinámica de la roca (kg/cm²)

FIGURA N° 19: Espaciamiento y burden en diseños de malla.



FUENTE: Propia elaboración.

FIGURA N° 20: Diseño típico para el minado.



FUENTE: Propia elaboración.

- **Voladura**

Los materiales explosivos para las operaciones unitarias de voladura son dependientes a características especiales como:

- ❖ Características geológicas de la estructura mineralizada.
- ❖ Características geomecánicas del macizo rocoso.
- ❖ Burden y espaciamiento del diseño de la malla de perforación
- ❖ Diámetro de taladro de perforación
- ❖ Dirección, rumbo y Angulo de inclinación.

- **Explosivos y accesorios de voladura**

Anfo (Examon – P):

Nitrato de amonio sólido utilizado en explosivos simples se suministra en forma de prills. Estos prills deben ser porosos y de distribución de tamaño uniforme. El tamaño típico para el prill de nitrato de amonio grado explosivo es:

- ✓ 100% < 3 mm
- ✓ 90% < 2 mm
- ✓ 1% < 1 mm

El grueso debe tener un diámetro entre 1 y 2 mm.

Durante la formación de dichos prill, generalmente se añade una fina capa de arcilla en su exterior, con el fin de contrarrestar la naturaleza higroscópica del nitrato. El nitrato sin recubrimiento en contacto con el aire, que tenga un 60% de humedad, eventualmente se transforma en líquido la arcilla finamente adherida a la superficie del prill reduce este efecto, pero también reduce su sensibilidad y permeabilidad.

Este explosivo tiene sus limitaciones no es resistente al agua tener en cuenta la introducción del ANFO en un sistema de voladura en casos de taladros saturados en agua.

El producto ANFO de mayor uso, es una mezcla balanceada de oxígeno, de libre fluido, conteniendo aproximadamente el 94% de prills de

nitrate de amonio y 6% del combustible Diésel. Los vacíos en el prill de voladura poroso, menos denso, cumplen dos funciones:

- a. Permiten al prill absorber y retener el aceite combustible de manera uniforme y cercana.
- b. Mejoran la sensibilidad al actuar como “puntos calientes” de alta temperatura o puntos de iniciación.

Durante el almacenamiento del nitrato de amonio, el ciclo de temperatura puede producir un desmoronamiento de la estructura del prill. Cuando la temperatura del nitrato puro se eleva sobre los 32,1°C, ocurre un cambio espontáneo en la estructura del cristal. El cambio de la densidad y el volumen de la estructura del cristal dará como resultado un agrietamiento del cristal y, por lo tanto, del prill. Cuando se enfría bajo los -17 a -32°C los cristales tienden a aglutinarse y si hay alguna humedad presente. El producto empezará a formar terrones.

Propiedades de los prills de grado explosivo:

Los prills de nitrato de amonio se utilizan también como fertilizante. Durante períodos de escasez de explosivos, los responsables de voladuras con frecuencia han utilizado los prills de grado fertilizante. Existen diferencias entre los prills de grado fertilizante y los de grado explosivo, los prills de grado explosivo son porosos, esto distribuye el combustible mejor, lo que resulta en un mejor desempeño en la voladura.

TABLA N° 5: Propiedades de los prills de amonio.

ITEM	Grado Fertilizante	Grado Explosivo
Recubrimiento Inerte	3% - 5%	0.5% - 1%
Dureza	Muy Dura	Suave
Forma Física	Cristal sólido	Porosa
Distribución de combustible	Superficial	Integral
Diámetro mínimo para detonación sin confinar	228 mm	64 mm
Velocidad confinada en 100 mm de diámetro	1829 m/s	3353 m/s

FUENTE: Componentes de voladura Exsa soluciones.

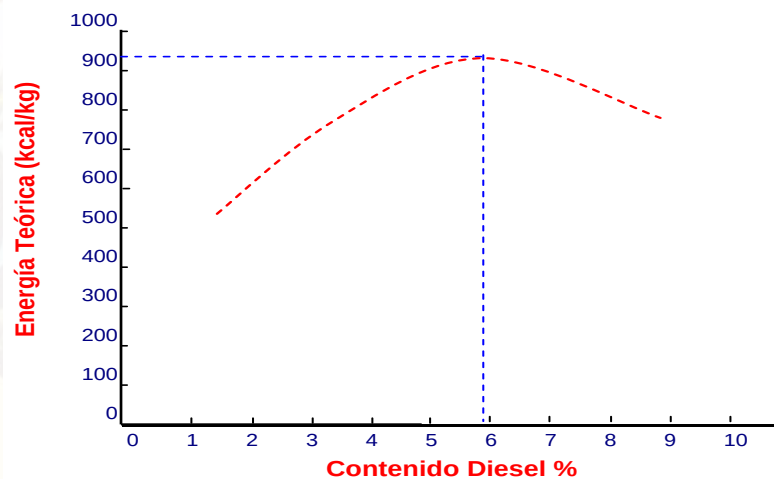
Producción de energía del anfo:

La cantidad de Diésel agregada al nitrato de amonio es extremadamente crítica desde el punto de vista de la eficiencia de la detonación, para obtener la liberación de la energía óptima, es deseable una mezcla que contenga 94% de nitrato de amonio y 6% de Diésel.

Si por alguna razón, en vez del contenido requerido de 6% en los prills, la mezcla contiene del 2 al 4% de combustible, una cantidad significativa de energía se desperdicia y el explosivo no se desempeña apropiadamente.

Por otro lado, al tener un exceso de combustible en la mezcla, la producción máxima de energía se ve también afectada. La pérdida de energía es menor al tener un porcentaje mayor de combustible que si se tiene un porcentaje menor al óptimo.

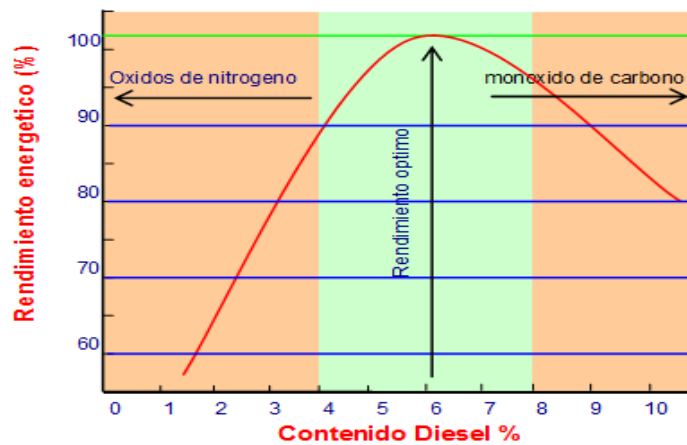
GRAFICO N°5: Energía obtenida por cada unidad de porcentaje de diésel.



FUENTE: Componentes de voladura Exsa soluciones.

La gráfica indica que el rendimiento energético es menor cuando la mezcla tiene menos combustible, produce más gases nitrosos y es más sensitivo cuando tiene menos combustible, cuando la mezcla tiene más combustible el rendimiento energético también se reduce, pero es más estable, produce mayor concentración de gas monóxido de carbono.

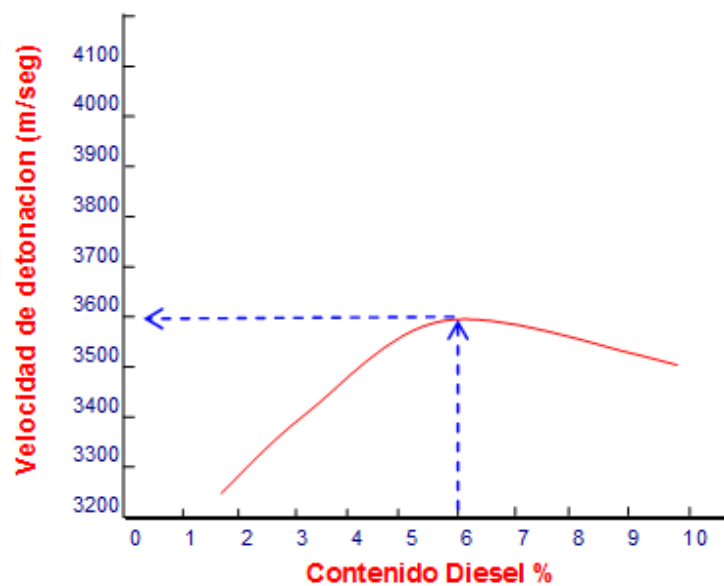
GRAFICO N°6: Rendimiento óptimo energético del anfo.



FUENTE: Componentes de voladura Exsa soluciones.

El comportamiento de la velocidad de detonación es variable también en función del porcentaje de oxígeno tal como se muestra en el gráfico.

GRAFICO N°7: velocidad máxima de detonación del anfo.



FUENTE: Componentes de voladura Exsa soluciones.

Limpieza y transporte en el proceso de explotación con hundimiento de bloques:

Mediante puntos de extracción se realiza el carguío con scooptram de 3 yd³ a los camiones de bajo perfil.

El transporte del mineral se realiza empleando camiones de bajo perfil cargándose desde las ventanas de producción hacia el echadero ubicado en la galería 400 del Nivel 15, lugar donde se ubica el echadero del Pique Principal 790, el ciclo de transporte de mineral en la labor es 16 minutos.

FIGURA N° 21: Equipo diésel realizando limpieza de mineral roto en los tajos.



FUENTE: Imagen propia.

FIGURA N° 22: Equipo de carguío scooptram al Dumper.



FUENTE: Imagen propia.

2.2.12. Comparación de ventajas y desventajas entre los Métodos de Explotación de corte y Relleno Ascendente y Hundimiento de Bloques.

En los siguientes cuadros se realizará la comparación de los métodos corte y relleno ascendente y hundimiento de bloques tanto en ventajas y desventajas respectivamente.

TABLA 5: Comparación de ventajas y desventajas entre los Métodos de Explotación de corte y Relleno Ascendente y Hundimiento de Bloques.

DESVENTAJAS DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DE CORTE Y RELLENO ASCENDENTE SEMI MECANIZADO	DESVENTAJAS DEL MÉTODO DE HUNDIMIENTO DE BLOQUES
- Alto costo de explotación en sostenimiento por la aplicación de madera y mano de obra. - Bajo rendimiento por interferencias incurridas en la producción debido al proceso de relleno. - Consumo elevado de materiales para el sistema de relleno. - Conllevan relativamente a generar riesgos de accidentes humanos por la exposición directa.	- La inversión inicial en infraestructura es alta para la aplicación del método. - Requiere vigilancia rigurosa del proceso de descarga del mineral a fin de evitar la alteración con materiales de baja ley. - La sobreroturas producen la contaminación excesiva al colapsar el hundimiento de bloques de baja ley.

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 6: Comparación de ventajas de los Métodos de Explotación de corte y Relleno Ascendente y Hundimiento de Bloques.

VENTAJAS DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DE CORTE Y RELLENO ASCENDENTE SEMI MECANIZADO	VENTAJAS DEL MÉTODO DE HUNDIMIENTO DE BLOQUES
- Implica costos significativos de producción de moderada a alta. - La inversión en infraestructura es moderada al inicio de la aplicación del método. - Los costos de explotación por tonelada extractiva son relativamente elevados. - Durante la producción se alcanza limitado volumen de extracción. - Al extraer el mineral no se genera excesiva dilución.	- Bajo costo de producción. - Los costos de explotación por tonelada extraída son bajos. - Durante la producción se alcanza grandes volúmenes de extracción. - La poca cantidad de personal y equipos aplicado a la actividad reduce la exposición de estos a riesgos de accidentes; optando mayor seguridad

FUENTE: Elaboracion propia. **Elección del método óptimo de explotación.**

a. Costos de operación de Corte y Relleno Ascendente según auditoría técnica de Cía. Minera Casapalca S.A - Unidad Americana (2017)

ITEM	DESCRIPCION	INCID	UNI	CANT	PRECIO UNIT		USB TOTAL US\$	TOTAL US\$/Tn
1. MANO DE OBRA								
	Maestro Perforista	1	Tarea	1	109.64	US\$/Tarea	109.64	
	Ayud. Perforista	1	Tarea	2	99.92	US\$/Tarea	199.84	
	Maestro Winchero	0.6	Tarea	1	72.16	US\$/Tarea	43.3	
	Ayud. Winchero	0.6	Tarea	1	67.27	US\$/Tarea	40.36	
							393.14	2.55
2. IMPLEMENTO DE SEGURIDAD								
	Personal Operativo	12	Tarea	1	2.97	US\$/Tarea	3.56	
	Personal Operativo	2	Tarea	1	3.26	US\$/Tarea	6.53	
							10.09	0.07
3. MATERIALES Y HERRAMIENTAS								

	Barreno integral de 4"	0.74	Uni	1	229.8	US\$/uni	170.05	
	Barreno integral de 6"	0.79	Uni	1	271.94	US\$/uni	214.83	
	Manguera de 1"	0.11	m	30	6.98	US\$/mt	23.04	
	Manguera de 1/2"	0.14	M	30	3.08	US\$/mt	12.93	
	Conexiones	0.01	Uni	4	25.02	US\$/uni	0.83	
	Aceite	0.28	gal	1	18.34	US\$/gal	5.11	
	Herramientas	1	tarea	1	0	US\$/Tarea	0	
							426.79	2.76
4. EQUIPOS DE CONTRATA								
	Perforadora Jack Leg	1	Pp	155.25	0.34	US\$/pp	52.78	
	Repuestos de Lampara	1	Tarea	3.2	0.74	US\$/Tarea	2.36	
							55.15	0.36
5. EXPLOSIVOS								
	Dinamita de 65%	1	Uni	140	0.78	US\$/uni	109.2	
	Fulminantes	1	Uni	28	0.64	US\$/uni	17.92	
	Mecha Ensamblada	1	M	61.57	1.72	US\$/mt	105.9	
	Conectores	1	Uni	28	0.58	US\$/uni	16.24	
	Igniter Cord	1	M	19	1.18	US\$/mt	22.42	
							271.68	1.76
6. COSTO UNITARIO LABORES DE PREPARACION								
	Sub nivel 4 x 6	1	50	Mts		US\$/tn		3.19
	Chimenea 4 x 4	1	50	Mts		US\$/tn		1.91
	Chimenea 4 x 8	1	50	Mts		US\$/tn		2.49
								7.59
7. COSTO UNITARIO SOSTENIMIENTO								
	Puntal con Plantilla	1	Unidad			US\$/tn		0.4
	Puntal con Jack pot	1	Unidad			US\$/tn		0.39
								0.79
8. COSTO UNITARIO DE RELLENO								
	Relleno	1	M3			US\$/tn		0.12
								0.12
9. INSTALACION DE TUBERIAS 4" Y 2"								
	Instalación de Tubería 4" y 2"	1		viaje		US\$/tn		0.03
								0.03

10. EXTRACCION CON LOCOMOTORA							
Costo/ ton de viaje U35	1		viaje		US\$/tn		0.98
							0.98
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS						885.16	17
COSTOS INDIRECTOS							
Gastos Generales		%	8%		US\$	44.26	0.458
Utilidad		%	15%		US\$	132.77	0.86
						177.03	1.32
COSTO TOTAL x TONELADA METRICA EN DOLARES US\$/Tn (Año 2017)							18.32

Costos de operación de Hundimiento de Bloques según auditoría técnica de
Cía. Minera Casapalca S.A - Unidad Americana (2017).

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - ZONA DE CUERPOS								
Explotación Simba - Scoop								
						FECHA:	Jul-18	
EQUIPOS:		SIMBA / SCOOP				N° TALADROS	30 u	
FACTOR DE DISPARO		3.50	Ton/m			L. PROMEDIO TALADRO	9.00 ml	
FACTOR DE CARGA:		2.69	m³ roto/m.			METROS PERFORADOS	270.00 ml	
F. ESPONJAMIENTO:		0.82	Kg/m3			TONELAJE ROTO	945 Ton.	
		40%				VOLUMEN ROTO	726.92 m³	
						VOLUMEN ESPONJADO	1,017.69 m³	
ITEM	DESCRIPCION	INCID.	UNL.	CANTID.	PRECIO UNITARIO	P.PARC. \$	SUBTO T. \$	TOTAL US\$/Ton
1.-	MANO DE OBRA							
	Operador Simba	1.000	h-h	16.20	2.94 \$/hr	47.63	0.05	
	Ayudante Simba	1.000	h-h	16.20	1.87 \$/hr	30.28	0.03	
	Capataz	1.000	h-h	6.00	2.36 \$/hr	14.19	0.02	
	Operador Scoop	1.000	h-h	23.21	2.06 \$/hr	47.77	0.05	
	Operador Dumper	1.000	h-h	23.21	2.24 \$/hr	52.08	0.06	
	Cargadores disparadores	2.000	h-h	8.00	1.77 \$/hr	14.20	0.02	
	Ayudante	1.000	h-h	8.00	1.62 \$/hr	12.94	0.01	
	Mecanico/Electricista	1.000	h-h	8.00	2.16 \$/hr	17.32	0.02	
	Tubero	1.000	h-h	0.00	1.53 \$/hr	0.00	0.00	
	Bodeguero	1.000	h-h	8.00	1.62 \$/hr	12.94	0.01	
	Alimentación					146.03	0.15	
	Leyes Sociales	104.92%				261.59	0.28	0.70
	Ing. Residente	1.000	h-h	1.00	9.80 \$/hr	9.80	0.01	
	Ing. Jefe de Guardia	1.000	h-h	3.00	7.35 \$/hr	22.05	0.02	
	Ing. Seguridad	1.000	h-h	3.00	8.98 \$/hr	26.95	0.03	
	Ing. Geomecanico	1.000	h-h	3.00	9.47 \$/hr	28.42	0.03	
	Ing. Mantenimiento	1.000	h-h	1.00	5.72 \$/hr	5.72	0.01	
	Inspector Seguridad	1.000	h-h	8.00	2.13 \$/hr	17.05	0.02	
	Alimentación					29.69	0.03	0.15
	Leyes Sociales	65.33%						
2.-	IMPLEMENTOS							
	Implementos personal auxiliar		h-h	135.82	0.25 \$/hr	33.64	0.04	0.04
3.-	MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	Herramientas		gdia	1.000	4.81 \$/gdia	4.81	0.01	
	Manga de Ventilacion de 36"						0.06	0.07
4.-	PERFORACION							
	Simba		h-m	16.20	145.91 \$/hr	2,363.75	2.50	
	Perforación paraAlcayatas con Jackleg		pp	0.00	0.13 \$/pp	0.00	0.00	
	Perforacion de cuneta con Jack leg		pp	0.00	0.00 \$/pp	0.00	0.00	
	Barras de perforación 5" (15 Unid.)		m.	270.00	1.10 \$/m.	297.64	0.31	
	Brocas Retractil T38 de 64 mm		m.	270.00	0.45 \$/m.	121.65	0.13	
	Shank adapter T38		m.	270.00	0.10 \$/m.	27.59	0.03	
	Copas de afilado		m.	270.00	0.01 \$/m.	2.39	0.00	
	Afiladora de brocas		m.	270.00	0.01 \$/m.	1.45	0.00	
	Barras Cónicas y Brocas descartables (Perf. Cuneta)		pp	0.00	0.00 \$/pp	0.00	0.00	2.98
5.-	EQUIPOS							
	Scooptrams 1600G		h-m	23.21	126.38 \$/hr	2,933.18	3.10	
	Dumper MT 2010		h-m	23.21	96.94 \$/hr	2,250.05	2.38	
	Camioneta de Supervisión		h-m	1.00	7.18 \$/hr	7.18	0.01	
	Camión Transporte de Materiales		h	1.00	11.39 \$/hr	11.39	0.01	
	Lampara Batería		h-h	135.82	0.02 \$/hr	3.32	0.00	
	Bomba Sumergible		h	0.00	0.65 \$/hr	0.00	0.00	
	Ventiladora 30.000c.f.m		h	8.00	1.16 \$/hr	9.26	0.01	5.52
6.-	EXPLOSIVOS							
	Emulsión Emulnor 3000 1.1/2 x 8"		Unid.	30.00	0.52 \$/uni	15.56	0.02	
	Anfo		kg	586.85	0.86 \$/kl	504.65	0.53	
	Panel Periodo Largo 18 m.		Unid	30.00	4.11 \$/uni	123.28	0.13	
	Cables 2.70 m.		Unid.	1.00	0.78 \$/uni	0.78	0.00	
	Mecha Rápida		m	1.00	0.44 \$/m	0.44	0.00	
	Cordón detonante		m	40.00	0.23 \$/m	9.25	0.01	0.69
	TOTAL COSTOS DIRECTOS							10.14
7.-	GASTOS INDIRECTOS							
	Gastos Generales y Administrativos		%	20	10.14 \$	2.03	2.03	
	Utilidad		%	10	10.14 \$	1.01	1.01	
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS							3.04
TOTAL COSTO DOLARES/TONELADA (US\$/TON.)								13.18

2.2.14. Características del método de explotación de hundimiento de bloques.

a. Características del Método

El método es aplicado a yacimientos de mediana a gran magnitud, tal como depósitos diseminados, cuerpos tabulares, en condiciones relativamente incompetentes con elevado índice de fracturas de fácil hundimiento que permite el quebrantamiento en fragmentos dimensión reducida; pero en la actualidad la tecnología permite aplicar este método a macizos rocosos competentes, permitiendo su fragmentación. Otra característica es que el yacimiento sea regular, con leyes uniformes, ya que la tecnología del método no permite la explotación selectiva en cuerpos pequeños.

b. Principios de aplicación del método

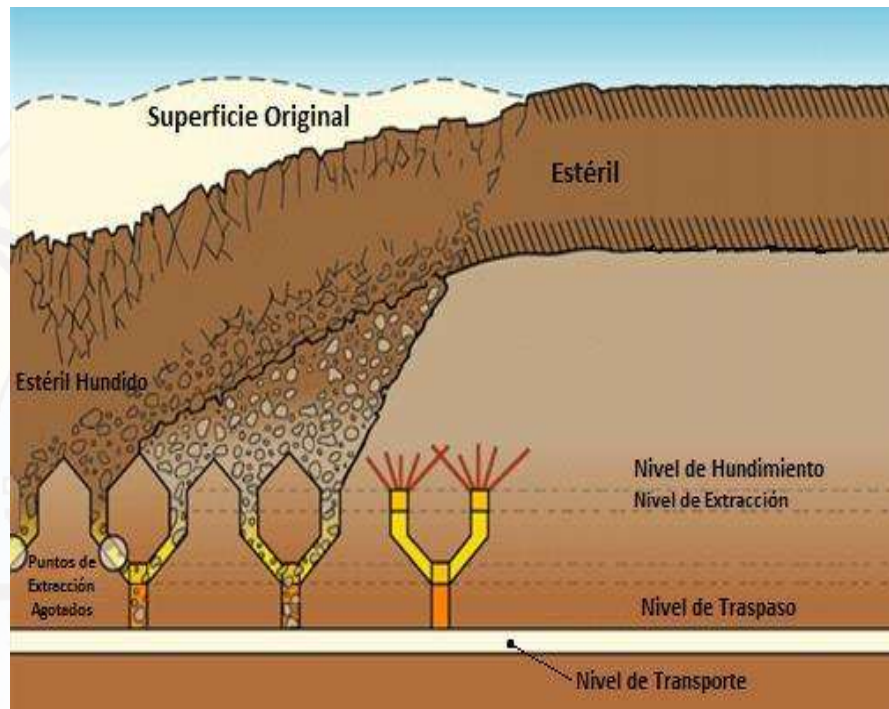
El método con lleva a la acción del hundimiento de bloques que constituye una columna mineralizada, socavándola, debilitándola mediante la excavación, lo que obtiene aplicando las técnicas convencionales de perforación y voladura. Los esfuerzos internos pre-existentes en el macizo, influidos por la fuerza gravitacional, tectónicos y el desequilibrio a causa del corte de la estructura dan como resultado inestabilidad en la columna de la roca inmediatamente superior; al desplomarse la estructura del macizo consigue su restablecimiento y equilibrio consiguiente.

En cuanto al proceso de explotación el mineral derrumbado se extrae iniciando por la base inferior a través de un sistema de embudos o zanjas recolectoras excavados previamente, generando así nuevas condiciones de inestabilidad; el proceso continúa y el desplome o hundimiento de la columna se propaga sucesivamente hasta la superficie; entonces el proceso culmina al extraer toda la columna mineralizada y el material estéril existente en la parte superior descendiende hacia el vacío dejado.

c. Labores de desarrollo en la aplicación del método

Desarrollo de niveles de producción. - Se denomina al conjunto de labores constituido por tajos que contienen las estructuras mineralizadas en la que se realiza las operaciones.

FIGURA N° 23: Niveles de producción.



FUENTE: Embudos de extracción y nivel de transporte (Ruiz González, Hans Patricio-2016, Procesos de reducción secundaria, departamento de ingeniería industrial de la Universidad de Chile, pag. 73-87)

- d. **Preparación de embudos colectores de mineral.** - Se trata de excavaciones de extracción que enlazan a los niveles de producción y hundimiento.
Preparación de piques de traspaso. - consiste en la ejecución de labores verticales o inclinadas que unen los niveles de producción y transporte.
- e. **Preparación de labores de ventilación.** - Está constituida por el conjunto de chimeneas paralelas espaciadas a 60 m, por donde se inyecta aire hacia las labores de explotación y se extrae por otra chimenea que comprende el circuito de extracción del aire viciado desde el nivel de producción hacia superficie.
- f. **Preparación de parrillas para el control y reducción de bancos.** - estas instalaciones sirven para controlar el tamaño de los materiales mineralizados, reteniendo a los bloques mineralizados de gran dimensión

para proceder al plasteo mediante pequeñas voladuras, obteniendo el tamaño adecuado para pasarlas por las parrillas.

2.2.15. Selección del método extractivo minero.

El problema de selección del método extractivo se convierte en el aspecto más importante de la explotación minera, ya que se debe seleccionar el método que mejor encaje con los criterios únicos de cada yacimiento tales como son las características espaciales, condiciones geológicas, hidrogeológicas, geotecnia y otras consideraciones tales como las económicas, factores tecnológicos y ambientales. Dichas consideraciones o también llamados criterios, usualmente se encuentran en conflicto y tienen múltiples interesados sobre uno o más de ellos; en el ámbito de la selección del método extractivo usualmente el decisor es el Ingeniero de Minas y como puede verse en la revisión de la literatura existente en los métodos desarrollados hasta el momento no toman gran parte del extenso número de criterios que pueden considerarse. Sin embargo, la literatura ha identificado cinco grandes áreas en las cuales pueden agruparse la mayoría de los criterios, según estas son: características espaciales del depósito, Condiciones geológicas e hidrogeológicas, Consideraciones económicas, Factores Tecnológicos y consideraciones ambientales.

2.3. HIPOTESIS:

2.3.1. Hipótesis General:

- La aplicación del método de hundimiento de bloques mejora significativamente la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.

2.3.2. Hipótesis Específicos:

- Las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso en profundidad de vetas oroya en Compañía Minera Casapalca S.A., es competente para aplicar el método.
- La aplicación del método de hundimiento de bloques influirá de manera significativa en la seguridad de los trabajadores de vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.

- La aplicación del método de hundimiento de bloques mejora la producción y productividad significativamente en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.
- El impacto ambiental producto de la aplicación del método de hundimiento de bloques para la mejora de la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A., es buena.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

2.4.1. Hundimiento por bloques (Block caving)

Sistema de explotación de minas subterráneas en que la extracción se realiza gracias a la fuerza de gravedad. Consiste en dividir el cuerpo mineralizado en bloques rectangulares y quebrar cada uno de estos en forma separada siguiendo una secuencia, mediante explosivos colocados en su base.

De esta forma el bloque se rompe en fragmentos que son retirados desde su parte inferior a través del nivel de producción y enviados a través de piques y/o galerías hasta llegar al nivel de transporte desde donde son llevadas al proceso de chancado.

2.4.2. Método de explotación por hundimiento de bloques.

Es un método de explotación que consiste en el derrumbamiento de bloques por corte inferior, es decir, el mineral se fractura y fragmenta gracias a las tensiones internas y efecto de la gravedad, la explotación por hundimiento se basa en que tanto la roca mineralizada como la roca encajante esté fracturada bajo condiciones más o menos controladas, en este método se distinguen dos variantes, la primera comprende aquellos en que el hundimiento final se produce en etapas controladas para atenuar las alteraciones superficiales, como el de Tajo Largo y Corto con derrumbe dirigido y la segunda agrupa aquellos métodos en que por el tamaño de las aberturas y las características del depósito, el hundimiento no es controlable.

2.4.3. Mina subterránea.

Es aquella explotación de recursos mineros que se desarrolla por debajo de la superficie del terreno.

2.4.4. Mina (Minería)

Una mina es el conjunto de labores o huecos necesarios para explotar un yacimiento y en algunos casos, las plantas anexas para el tratamiento del mineral extraído.

2.4.5. Arranque.

Se define como arranque de un mineral a la fragmentación del macizo rocoso hasta llevarlo a un tamaño que permita su manipulación para ser cargado y transportado, el arranque puede ser realizado con métodos mecánicos (forma continua y discontinua) y también por medio de la perforación.

2.4.6. Contaminación ambiental.

Acción que resulta de la introducción por el hombre, directa o indirectamente, en el medio ambiente, de contaminantes, que tanto por su concentración, al superar los niveles máximos permisibles establecidos, como por el tiempo de permanencia, hagan que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza, a la salud y a la propiedad.

2.4.7. Costo de operación

Es el total que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto del pago de salarios al personal y de todos los otros gastos relacionados con el desarrollo de la operación.

2.4.8. Costo ambiental

Son los gastos necesarios para la protección, la conservación, el mejoramiento y la rehabilitación del medio ambiente. Es el valor económico que se le asigna a los efectos negativos.

2.4.9. Desarrollo sostenible.

Es el desarrollo que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida, a la productividad de las personas y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades, es decir, fundado en medidas apropiadas para la preservación de la integridad de los ecosistemas, la protección del ambiente y el aprovechamiento de los elementos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras; es decir es el mejoramiento de la calidad de vida humana dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas; implican la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las futuras generaciones.

2.4.10. Geología.

Ciencia que estudia la composición y la disposición de los materiales que constituyen la litosfera terrestre, su naturaleza, su situación y las causas o fenómenos que originan esa disposición y de los efectos de los agentes que la alteran.

2.4.11. Geología estructural.

Rama de la geología que estudia las características estructurales de las rocas, el porqué de su distribución espacial y sus causas.

2.4.12. Impacto ambiental.

Alteración o cambio neto parcial, positivo o negativo (adverso o benéfico), en el medio ambiente o en alguno de sus componentes, resultante de actividades, productos o servicios de una organización.

2.4.13. Ingeniería de minas.

Es la planeación y el diseño de las minas, teniendo en cuenta factores económicos, técnicos y geológicos; también incluye la supervisión de la extracción y algunas veces el refinamiento preliminar del material que sale de la planta de beneficio.

2.4.14. Métodos de explotación.

Los métodos de explotación se definen como una forma geométrica usada para explotar un yacimiento determinado. Es el modo de dividir el cuerpo mineralizado en sectores aptos para el laboreo, los métodos de explotación adoptados dependen de varios factores, principalmente, calidad, cantidad, tamaño, forma y profundidad del depósito; accesibilidad y capital disponible.

2.4.15. Mina.

Excavación que tiene como propósito la explotación económica de un yacimiento mineral, la cual puede ser a cielo abierto, en superficie o subterránea, yacimiento mineral y conjunto de labores, instalaciones y equipos que permiten su explotación racional, "mina" es el yacimiento, formación o criadero de minerales o de materias fósiles, útil y aprovechable económicamente, se encuentre en el suelo o el subsuelo.

2.4.16. Rampa.

Un túnel o una galería inclinados que sirve de acceso a las labores mineras, desde la superficie, o como conexión entre niveles de una mina subterránea.

2.4.17. Sistemas de explotación minera.

Son aquellos métodos y procesos de explotación minera que se estructuran como un sistema y que permiten adelantar la extracción de un mineral; existen dos ambientes de explotación claramente definidos que dan lugar a dos sistemas: sistema de explotación a cielo abierto y sistema de explotación subterráneo, que condicionan los métodos y procesos de explotación.

2.4.18. Eficiencia productiva (también conocida como eficiencia técnica)

Se produce cuando la economía está utilizando todos sus recursos de manera eficiente, produciendo el máximo de producción con el mínimo de recursos.

2.4.19. Geomecánica (procedente del prefijo griego geo-sindicando tierra y mecánica).

Es el estudio geológico del comportamiento del suelo y rocas, ellos constituyen las disciplinas de la geomecánica de suelos y mecánica de rocas.

2.4.20. Seguridad en el trabajo.

La definición de seguridad en el trabajo describe a la especialidad como el conjunto de técnicas y procedimientos que tienen por objeto eliminar o disminuir el riesgo de que se produzcan los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales, según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

2.4.21. Seguridad.

Por seguridad se entiende hacer las cosas bien, o es la responsabilidad de todos, todos entendemos que el hombre se dignifica al trabajar duramente para dar lo mejor a su familia, ninguna empresa o persona tiene derecho a maltratar por acción u omisión a una persona que trabaja para ella.

En relación a la seguridad, Drucker en uno de sus libros de “management”, dice que los países no son subdesarrollados sino mal administrados, por lo tanto, en el libro clásico de control de pérdidas nos hacen la advertencia de que si no somos capaces de hacer un cambio positivo hacia la protección de nuestro personal, equipo, materiales y el medio ambiente, vamos a tener más leyes que restrinjan nuestro trabajo.

2.4.22. Gestión de la productividad total en minería subterránea

Según Sumanth (1999) creador del método “Administración para la productividad total” en materia de calidad de la gestión de la productividad, involucra a todos los colaboradores de una organización, por lo que a nivel mundial se le conoce como con el concepto de “Gestión Total”, lo que significa hacer posible que la organización movilice la totalidad de sus recursos estratégicamente, para mejorar la productividad completa (productividad total). Significa también hacer completamente conscientes a todos los empleados de la organización desde la alta administración hasta el nivel más bajo, sobre sus funciones y responsabilidades, a través de todos los departamentos.

2.4.23. Impacto ambiental.

Es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.5.1. Variable independiente:

X: Método de hundimiento de bloques.

2.5.2. Variable dependiente:

Y: Eficiencia de producción

2.6. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES

VARIABLE	DEFENICION CONCEPTUAL	DEFENICION OPERATIVA	DIMENSIONES	INDICADORES
X: Método de hundimiento de bloques.	Es un método de explotación subterránea que consiste en arrancar un bloque de mineral en un criadero de grandes dimensiones por hundimiento del mineral, que se va sacando por la base del bloque, donde en cada bloque se abre una gran cavidad horizontal con lo que se quita a la masa mineral su apoyo, actuando de esta manera el sistema de extracción por fuerzas gravitacionales.	La investigación se desarrollará mediante la evaluación de los parámetros de la ley del mineral, consideraciones geomecánicas, seguridad y ambiental, basadas en indicadores adecuados.	• Ley del mineral • Geomecánica • Seguridad • Producción • Ambiental	• Oz/TM; %/lb. • Competente, medianamente competente, Incompetente. • Buena, regular, mala. • Tn/Mes • -Impacto positivo, impacto negativo.

Y: Eficiencia de producción.	Eficiencia de producción es donde la economía utiliza todos sus recursos de manera eficiente, produciendo el máximo de producción con el mínimo de recursos.	Se analizará la producción, productividad y costos de explotación por el sistema de hundimiento de bloques aplicando técnicas mineras.	• Tn / H-Gdia • US.\$/ Tn • Productividad • Costos
---------------------------------	---	---	---

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

En la investigación aplicada, lo que interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas, se caracteriza, porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren.

Al respecto Sánchez y Reyes (2006) mencionan que la investigación aplicada por ser una puesta en práctica del saber científico constituye el primer esfuerzo para transformar los conocimientos científicos en tecnología.

Por consiguiente, el tipo de investigación es: Aplicada, o llamada también tecnológica.

3.1.2. Nivel de investigación

De acuerdo a Sánchez Carlessi H. y Reyes Meza C. (2006) manifiestan que siguiendo a Selltiz, Jahoda y otros (1965) podemos identificar tres niveles o esquemas básicos de investigación: Investigación exploratoria, descriptiva y explicativa, y en nuestro caso; es de nivel descriptivo, realizarse el estudio y utiliza la observación como método descriptivo, buscando especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones o componentes.

3.2. METODO DE INVESTIGACION

3.2.1. Método General:

Investigación

3.2.2. Método Específico:

Método lógico del pensamiento.

Esta tarea implica los métodos generales como la deducción, inducción análisis y síntesis.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACION

Diseño pre experimental.

GE X 01

GC 02

Donde:

GE: grupo experimental.

GC: grupo control.

01 y 02: Medición del post test.

X: Tratamiento de la variable.

3.4. POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO

3.4.1. La Población:

La población está compuesta por todos los Tajeos de Zona Oroya de Cía. Minera Casapalca S.A.

3.4.2. Muestra:

La muestra es el Tajeo 300 del Nivel 15, Veta XIMENA, Zona Oroya

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnica de recolección de datos:

Para la recolección de la información se utilizaron las siguientes técnicas:

Observación directa. Se realizó un monitoreo de las principales actividades ejecutadas para lograr detectar los factores geológicos y geomecánicas.

Entrevistas no estructuradas. Se realizaron una serie diálogos no estructurados con personal especializado, con el fin de obtener información detallada sobre las actividades ejecutadas y el proceso en sí mismo.

Revisión documentaria referencial. Estuvo orientada a la obtención de información general de la empresa. Además, se realizó el estudio de la bibliografía y los informes documentados a fin de aplicar lo más acertadamente a los requerimientos de extracción.

3.5.2. Instrumentos.

- Ficha de observación
- Análisis de documentos

3.6. TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

La técnica usada fue la observación.

3.6.1. Trabajo en campo.

Consistente en recoger la información y registro de datos y geomecánicas.

3.6.2. Trabajo de gabinete.

Consistente en la evaluación de datos, elaboración de planos y redacción de la tesis.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PRESENTACION DE DATOS

4.1.1. Características geológicas y geomecánicas

ITEM	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS	CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS	DESCRIPCION GEOLOGICA-GEOMECHANICAS DE VETAS OROYA
1	Formación del Yacimiento		Vetas
2	Potencia de la Veta		Ancho de Veta: 3.37 m Ancho de Minado: 3.49m
3	Estructura Rocosa		Fallas, diaclasas; el cuerpo mineralizado está delimitado por cajas techo y piso constituidos por rocas carbonatadas de origen sedimentario.
4	Leyes del Mineral		Ag: 6.03 Oz/Tn Pb: 2.28 % Cu: 0.28 % Zn: 2.54 %
5	Reserva		Estimados al 2068 con 10680000 TM
6		Apreciaciones Geomecánicas	RMR: (Calidad de la Roca) con 45-55 de Regular a Buena.

FUENTE: Elaboración Propia, con datos y referencias de geología – Geomecánica.

4.1.2. Cuadro estadístico de seguridad

CUADRO ESTADISTICO DE SEGURIDAD														
DESCRIPCION	AÑO 2017 – CORTE Y RELLENO ASCENDENTE							AÑO 2018 – HUNDIMIENTO DE BLOQUES						
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ACUM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ACUM
TRABAJADORES	1134	1070	1095	1164	1033	1065	Prom. 1093.5	1156	1168	1223	1259	1384	1384	Prom. 1262.3
RAS	735	753	811	522	1094	1037	4952	1082	791	785	835	820	1440	5753
INCIDENTES	0	0	0	0	2	2	4	1	1	0	2	2	1	7
INCIDENTES PELIGROSOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACCIDENTES CON DAÑO A LA PROPIEDAD	0	2	0	0	3	1	6	2	0	1	0	0	2	5
ACCIDENTES LEVES	2	2	2	0	0	1	7	0	2	1	0	1	2	6
ACCIDENTES INCAPACITANTES	0	1	1	2	0	0	4	0	1	0	2	0	0	3
ACCIDENTES MORTALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DÍAS PERDIDOS	0	23	39	70	99	23	254	0	12	30	65	60	62	229
HORAS HOMBRES TRABAJADOS	196670	226689	25795	256596	278217	284827	1268594	222,468	217,970	213676	209962	207368	209302	1280746
INDICES DE FRECUENCIA (IF)	0.00	4.59	4.68	9.53	0.00	0.00	3.13	0.00	4.41	0.00	7.79	0.00	0.00	2.03
INDICES DE SEVERIDAD (IS)	0.00	105.52	182.52	333.39	477.41	109.89	201.42	0.00	52.94	116.69	253.32	215.66	217.83	142.74
INDICES DE ACCIDENTABILIDAD (IA)	0.00	0.48	0.85	3.18	0.00	0.00	0.75	0.00	0.23	0.00	1.97	0.00	0.00	0.37

FUENTE: Elaboración Propia, con datos y referencias de mina.

CUADRO ESTADISTICO COMPARATIVO DE SEGURIDAD			
DESCRIPCION	AÑO 2017 (ENE-JUN) – CORTE Y RELLENO ASCENDENTE	AÑO 2018 (ENE-JUN) – HUNDIMIENTO DE BLOQUES	OBSERVACIONES
PROMEDIO DEL N° DE TRABAJADORES	1094	1262	Para el año 2018 se ha incrementado el promedio de trabajadores en 168.
PROMEDIO DE LAS HORAS HOMBRES TRABAJADOS	1268594	1280746	Las horas hombres trabajados ha aumentado en 12152 en el año 2018.
INDICDE DE FRECUENCIA (IF)	3.13	2.03	El resultado estadístico del año 2018, se encuentra por debajo del límite máximo permisible (2.5) según R.S.S.O – 2017. Se redujo en 35%
INDICE DE SEVERIDAD (IS)	201.42	142.74	Se encuentra debajo del límite máximo permisible (100) según R.S.S.O – 2017 Se redujo en 29.1%
INDICE DE ACCIDENTABILIDAD (IA)	0.75	0.37	Se encuentra debajo del límite máximo permisible (0.25) según R.S.S.O – 2017 Se redujo en 50.7%

FUENTE: Elaboración Propia, con datos y referencias de mina.

4.1.3. Resultados de producción y productividad 2017 y 2018.

RESULTADO DE LA PRODUCCION PROGRAMADA EN VETAS OROYA - JUNIO 2017													
ZON	FASE	NIV	LABOR	VETA	E.F	A.V	A.M	Ag Oz/Tc	%Pb	%Cu	%Zn	Oz Equi	TM
O R O Y A	Explotación	12	TJ 068	XIMENA	GMI	1.20	1.30	10.57	1.36	0.33	1.98	12.45	300
		12	TJ 016	CIMOIDE OROYA PISO	GMI	1.70	1.80	6.50	2.50	0.40	2.10	9.87	1,300
		13	TJ 010	XIMENA	GMI	2.40	2.50	5.91	2.30	0.30	2.44	9.28	500
		13	TJ 012	CIMOIDE OROYA PISO	GMI	0.90	1.00	4.78	2.70	0.20	2.70	8.49	300
		14	TJ 003	XIMENA PISO	GMI	2.00	2.10	5.75	2.01	0.14	2.40	8.52	400
		14	TJ 008	XIMENA	GMI	1.90	2.00	4.80	1.42	0.30	1.50	7.03	500
		15	TJ 300	XIMENA	GMI	5.00	5.20	5.50	2.50	0.20	2.52	8.84	1,300
		15	TJ 008	XIMENA	GMI	2.00	2.10	6.30	1.60	0.30	2.52	9.31	850
		15	TJ 010	XIMENA	GMI	3.00	3.10	6.25	2.08	0.30	2.40	9.42	750
		15	TJ 012	XIMENA	GMI	1.30	1.40	6.54	2.16	0.30	2.76	10.03	400
		15	TJ 920	XIMENA PISO	GMI	1.00	1.10	5.02	2.40	0.18	1.70	7.59	700
		16	TJ 066	XIMENA	GMI	3.00	3.10	5.10	2.07	0.35	2.49	8.65	200
		16	TJ 200	XIMENA	GMI	3.00	3.10	5.05	2.51	0.17	3.27	9.04	350
		16	TJ 095	XIMENA	GMI	3.30	3.40	5.23	2.30	0.30	3.60	9.73	350
		16	TJ 008	XIMENA	GMI	4.00	4.10	6.00	2.45	0.40	1.40	8.79	800
		16	TJ 010	XIMENA	GMI	3.00	3.10	5.90	2.24	0.30	2.30	9.12	1,300
		16	TJ 003	XIMENA PISO	GMI	5.20	5.40	5.92	2.70	0.19	3.67	10.30	1,300
		16	TJ 920	XIMENA PISO	GMI	2.50	2.60	4.88	2.10	0.20	2.28	7.88	650
		16	TJ 895	CIMOIDE XIMENA	GMI	1.60	1.70	6.56	2.40	0.40	3.18	10.82	850
		16	TJ 900	CIMOIDE XIMENA	GMI	2.50	3.00	6.36	2.30	0.40	4.30	11.59	450
		17	TJ 006	XIMENA	GMI	5.00	5.10	6.60	2.20	0.40	2.54	10.18	1,000
		17	TJ 003	XIMENA PISO	GMI	5.90	6.00	6.40	2.40	0.15	2.54	9.44	800
SUB TOTAL						3.12	3.25	6.00	2.27	0.29	2.54	9.40	15,350
TOTAL OROYA								6.00	2.27	0.29	2.54	9.40	15,350

 RESULTADO DE LA PRODUCCION PROGRAMADA EN VETAS OROYA - JUNIO 2018													
ZON	FAST	NIVEL	LABOR	VETA	E.F	A.V	A.M	Ag Oz/Tc	%Pb	%Cu	%Zn	Oz Equi	TM
O R O Y A	Explotación	12	TJ 068	XIMENA	GMI	1.20	1.30	10.57	1.36	0.33	1.98	12.45	300
		12	TJ 016	CIMOIDE OROYA PISO	GMI	1.70	1.80	6.50	2.50	0.40	2.10	9.87	1,300
		13	TJ 010	XIMENA	GMI	2.40	2.50	5.91	2.30	0.30	2.44	9.28	500
		13	TJ 012	CIMOIDE OROYA PISO	GMI	0.90	1.00	4.78	2.70	0.20	2.70	8.49	300
		14	TJ 003	XIMENA PISO	GMI	2.00	2.10	5.75	2.01	0.14	2.40	8.52	500
		14	TJ 008	XIMENA	GMI	1.90	2.00	4.80	1.42	0.30	1.50	7.03	500
		15	TJ 300	XIMENA	GMI	5.00	5.20	5.50	2.50	0.20	2.52	8.84	1,600
		15	TJ 008	XIMENA	GMI	2.00	2.10	6.30	1.60	0.30	2.52	9.31	850
		15	TJ 010	XIMENA	GMI	3.00	3.10	6.25	2.08	0.30	2.40	9.42	750
		15	TJ 012	XIMENA	GMI	1.30	1.40	6.54	2.16	0.30	2.76	10.03	400
		15	TJ 920	XIMENA PISO	GMI	1.00	1.10	5.02	2.40	0.18	1.70	7.59	800
		16	TJ 066	XIMENA	GMI	3.00	3.10	5.10	2.07	0.35	2.49	8.65	200
		16	TJ 200	XIMENA	GMI	3.00	3.10	5.05	2.51	0.17	3.27	9.04	350
		16	TJ 095	XIMENA	GMI	3.30	3.40	5.23	2.30	0.30	3.60	9.73	350
		16	TJ 008	XIMENA	GMI	4.00	4.10	6.00	2.45	0.40	1.40	8.79	850
		16	TJ 010	XIMENA	GMI	3.00	3.10	5.90	2.24	0.30	2.30	9.12	1,500
		16	TJ 003	XIMENA PISO	GMI	5.20	5.40	5.92	2.70	0.19	3.67	10.30	1,500
		16	TJ 920	XIMENA PISO	GMI	2.50	2.60	4.88	2.10	0.20	2.28	7.88	650
		16	TJ 895	CIMOIDE XIMENA	GMI	1.60	1.70	6.56	2.40	0.40	3.18	10.82	850
		16	TJ 900	CIMOIDE XIMENA	GMI	2.50	3.00	6.36	2.30	0.40	4.30	11.59	450
		17	TJ 006	XIMENA	GMI	5.00	5.10	6.60	2.20	0.40	2.54	10.18	1,600
		17	TJ 003	XIMENA PISO	GMI	5.90	6.00	6.40	2.40	0.15	2.54	9.44	1,700
		SUB TOTAL						3.37	3.49	6.03	2.28	0.28	2.54
TOTAL OROYA								6.03	2.28	0.28	2.54	9.41	17,800

COMPARACION DE RESULTADOS DE PRODUCCION VETAS OROYA			
DESCRIPCION	AÑO 2017 (JUNIO)	AÑO 2018 (JUNIO)	OBSERVACIONES
RESULTADOS DE PRODUCCION EJECUTADOS	15350 TM	17800 TM	Para el año 2018 producto de la aplicación del método de hundimiento de bloques, la producción se ha incrementado en 2450 TM en el mes de Junio; lo que indica el cambio de método de corte y relleno ascendente por hundimiento de bloques ha influido significativamente en el incremento de producción.

4.1.4. Resultados del impacto ambiental producidos en el método de corte y relleno ascendente (2017) y hundimiento de bloques (2018).

COMPARACION DE METODOS			
DESCRIPCION DE FACTORES FISICO - QUIMICOS	AÑO 2017 – CORTE Y RELLENO ASCENDENTE (JUNIO)	AÑO 2018 – HUNDIMIENTO DE BLOQUES (JUNIO)	OBSERVACIONES
RUIDO	Jornada de 8 horas (perforación) 85 dB	Jornada de 8 horas (perforación) 82 dB	Según RSSO Límite Máximo Permissible para 8 horas es de 85 dB. Para el año 2018 del mes de Junio de se redujo el impacto por ruido a 3 dB; lo que indica en referencia a la norma ha impactado favorablemente la aplicación del método de Hundimiento de Bloques.
POLVO	2.8 mg/m3	3.2 mg/m3	Según RSSO Límite Máximo Permissible es de 3 mg/m3. La concentración de polvos incremento en 0.4 mg/m3 al cambiar el método; donde a fin de evitar el impacto se implanto la obligación total del uso de los respiradores.
GASES	450 ppm (Monóxido de Carbono)	480 ppm (Monóxido de Carbono)	Límite Máximo Permissible ≤ 500 ppm. Se evidencia el incremento de contaminantes por gases en 30 ppm del Monóxido de Carbono; frente al impacto negativo se está optando por implementar ventiladoras auxiliares de 20000 cfm.

4.1.5. Prueba de hipótesis

Se realizó la prueba de las hipótesis siguiendo la teoría de Luis Alberto Pérez Legoas.

Hemos seguido los siguientes pasos para el contraste de la hipótesis son:

- Formulación de las hipótesis de trabajo,
- El nivel de significación o riesgo α ,
- Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado,
- Cálculo del estadístico de prueba Chi cuadrado.

- Toma de decisiones.

RESPECTO A LA HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis planteada.

La aplicación del método de hundimiento por bloques optimiza la producción de mineral, en la Mina casapalca de la Compañía Minera casapalca S.A.

1. Hipótesis de trabajo:

Hipótesis nula. Ho: La aplicación del método V.C.R. no optimiza la producción de mineral, en la Mina Melisa de la Compañía Minera Catalina Huanca S.A.C.

Hipótesis alterna. Ha: La aplicación del método V.C.R. optimiza la producción de mineral, en la Mina Melisa de la Compañía Minera Catalina Huanca S.A.C.

2. Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

3. Prueba estadística: Chi Cuadrado

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Sig.
Entre grupos	1,457	2	0,729	0,005
Dentro de grupos	0,900	11	0,082	
Total	2,357	13		

FUENTE: Propia del Autor.

4. Toma de decisión:

Entre las variables de método de explotación V.C.R. versus producción de mineral, existe una relación relevante porque el valor de significancia de Chi Cuadrado es 0.005, por lo tanto se puede concluir que la aplicación del método V.C.R. de hace posible la producción de mineral económicamente rentable; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Respecto a la hipótesis específica 1

Hipótesis planteada.

Con los factores geológicos y geomecánicos del yacimiento mineral se aplica el método de explotación V.C.R. en la Mina Melisa de la Compañía Minera Catalina Huanca S.A.C.

1. Hipótesis de trabajo:

Hipótesis nula. Ho: Con los factores geológicos y geomecánicos del yacimiento mineral no se aplica el método de explotación V.C.R. en la Mina Melisa de la Compañía Minera Catalina Huanca S.A.C.

Hipótesis alterna. Ha: Con los factores geológicos y geomecánicos del yacimiento mineral se aplica el método de explotación V.C.R. en la Mina Melisa de la Compañía Minera Catalina Huanca S.A.C.

2. Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

3. Prueba estadística: Chi Cuadrado

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Sig.
Entre grupos	5,853	1	5,853	0,000
Dentro de grupos	1,576	12	0,131	
Total	7,429	13		

FUENTE: Propia del Autor.

4. Toma de decisión:

Entre los variables factores geológicos y geomecánicos del yacimiento mineral versus aplicación del método de explotación V.C.R, existe una relación significativa, porque el valor de significancia de Chi Cuadrado es 0.000, por lo tanto se puede concluir que los factores geológicos y geomecánicos del yacimiento mineral son favorables para aplicación del método de explotación V.C.R., por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Respecto a la hipótesis específica 2

Hipótesis planteada.

Al aplicar el método de explotación V.C.R. se cumple con la producción programada bajo las mismas condiciones económicas; en la Mina Melisa de la Compañía Minera Catalina Huanca S.A.C.

1. Hipótesis de trabajo:

Hipótesis nula. Ho: Al aplicar el método de explotación V.C.R. no se cumple con la producción programada bajo las mismas condiciones económicas; en la Mina Melisa de la Compañía Minera Catalina Huanca S.A.C.

Hipótesis alterna. Ha: Al aplicar el método de explotación V.C.R. se cumple con la producción programada bajo las mismas condiciones económicas; en la Mina Melisa de la Compañía Minera Catalina Huanca S.A.C.

2. Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

3. Prueba estadística: Chi Cuadrado

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Sig.
Entre grupos	3,457	2	1,729	,001
Dentro de grupos	1,400	11	,127	
Total	4,857	13		

FUENTE: Propia del Autor.

4. Toma de decisión

Entre las variables del método de explotación V.C.R versus el cumplimiento de la producción programada bajo las mismas condiciones económicas, existe una relación significativa porque el valor de significancia de Chi Cuadrado es 0.001, por tanto se puede concluir que al aplicar el método de explotación V.C.R. se cumple con la producción programada bajo las mismas condiciones económicas, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.2. ANALISIS DE DATOS

El cuerpo mineralizado de vetas Oroya de la Unidad Americana, está constituido en profundidad por estructuras rocosas comprendida por fallas diaclasas, fracturas, con un cuerpo mineralizado medianamente competente; con ancho de vetas en promedio de 3.37 m y un ancho de minado de 3.49 m; con leyes de mineral que resalta la plata con 6.03 Oz/Tn; cuenta altas reservas de mineral estimadas en 10680000 TM proyectadas con vida útil al 2068. La característica Geomecánica respecto a la calidad de la roca evaluada según el RMR corresponde al indicador de 45 a 55, resultándonos como roca regular a buena.

Ahora; la referencia de Bristol Bay Alaska, indicada en el marco teórico, menciona, el método de block caving se aplica, en yacimientos de importancia económica, es posible su aplicación en cuerpos de forma tabular de gran espesor, se dan en rocas mineralizadas relativamente incompetentes con un alto índice de fracturas, que se hunden con facilidad, quebrándose en fragmentos de tamaño reducido, sin embargo, la tecnología disponible hoy en día permite también su aplicación en macizos rocosos que presentan alta resistencia a fragmentarse. Por otro lado Minado Bercena, Edward P., (2015), en minado masivo, Perú; indica que el método de minado de alta productividad, es seguro, aplicable siempre que las características geomecánicas y geológicas lo permitan.

En efecto, teniendo en cuenta que autores señalan referencias de características técnicas geológicas, geomecánicas, mineras como requisitos para aplicar el método de hundimiento de bloques en un yacimiento determinado; lo cual contrastando los resultados de nuestro estudio; el yacimiento vetas Oroya en profundidad; cumple condiciones adecuadas para reemplazar el método de corte y relleno ascendente por el método de hundimiento de bloques.

En la parte de seguridad se ha arribado al resultado siguiente:

Los indicadores de seguridad comprendidos por Índices de Frecuencia, Severidad y Accidentabilidad se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, disminuyéndose sus riesgos para el año 2018 en referencia al 2017, en 35%, 29.1 % y 50.7% respectivamente según el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional.

En consecuencia, se tiene que los índices de seguridad son reflejos que la aplicación del método de hundimiento de bloques, previo capacitaciones, motivaciones, incidieron positivamente en disminuir los riesgos de accidentes en las operaciones mineras.

En síntesis, se define que la producción obtenida en el mes de junio del año 2017 por el método de corte y relleno ascendente ha sido 15350 TM; mientras en Junio del año 2018 aplicando el método de hundimiento de bloques se obtuvo una producción de 17800 TM; en consecuencia el cambio de método nos condujo a la obtención de un incremento de producción de 2450 TM.

El cambio de método influyó notablemente en incrementar la producción en 16%, lo que conlleva a la aplicación positiva del nuevo método. Los impactos ambientales influenciados por el cambio de método en cuanto a ruido, gases se encuentran de los límites permisibles, según el RSSO; con la excepción de la concentración de polvo, se encuentra por encima de los límites máximos permisibles según el RSSO.

4.3. CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS

La hipótesis planteada fue:

La aplicación del método de hundimiento de bloques mejora significativamente la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.

Producto de la discusión de resultados se ha determinado que las características del yacimiento en profundidad cumple condiciones adecuadas para aplicar el método de hundimiento de bloques, así mismo los indicadores de seguridad aplicadas al nuevo método están por debajo de los indicadores según RSSO; por otro lado la producción se ha incrementado en 16%; consiguientemente el nuevo método ha influido favorablemente en el impacto ambiental hacia el elemento humano; por consiguiente: la hipótesis planteada es verdadera.

CONCLUSIONES

1. Se implementa y aplica el método Hundimiento De Bloques y se mejora la producción de mineral; por ser uno de los métodos más seguros, debido a que el talento humano labora fuera del tajeo, estando expuestos a menos riesgos y peligros de los gases y a caída de roca.
2. En función a los factores geológicos y geomecánicos del yacimiento mineral se aplica el método de explotación Hundimiento De Bloques.; ya que de los monitoreos realizados se determina la profundidad crítica aquella que produce menor daño por efecto de la voladura; teniendo una desviación aceptable del taladro dentro de ciertos rangos que no deben superar 5 veces el diámetro, esto indica claramente que a mayor diámetro se hace menos crítica la exactitud en la perforación.
3. Al aplicar el método de explotación Hundimiento De Bloques. el costo es menor en un 10 - 15% que cualquier otro método convencional. Se considera generalmente por cualquier método un avance de 1.5 m por guardia, pero con el método Hundimiento De Bloques se puede alcanzar hasta 3 m de avance por guardia. Teniendo un tiempo total de perforación de 46 horas y 230 min por voladura con un avance de 1.5m/disparo, realizando tres disparos por día, el panel de 4 m x 120 m x 60 m se concluye en 180 días.



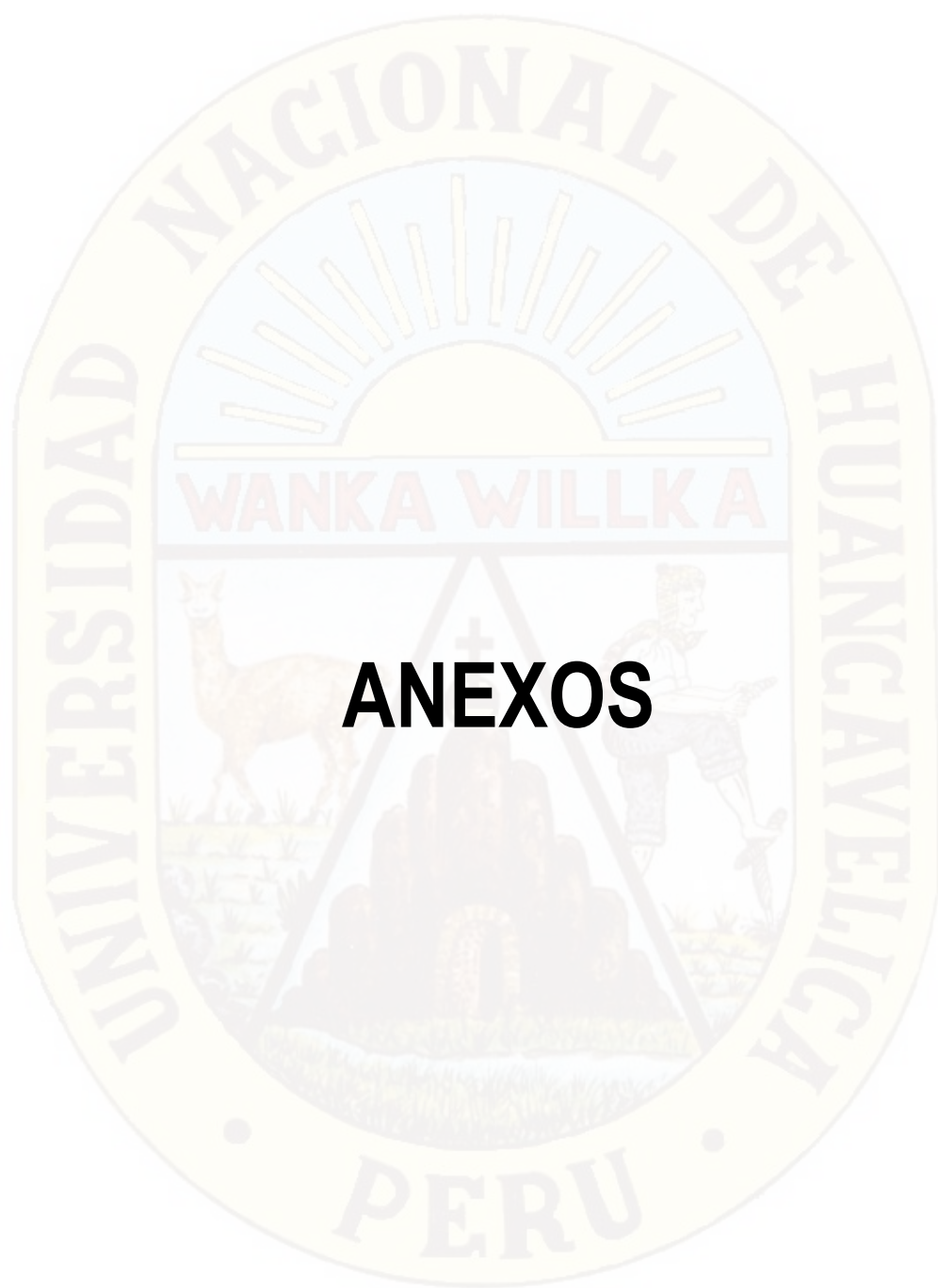
RECOMENDACIONES

1. Se debe tener herramientas y conocimientos necesarios para hacer el mapeo geomecánico porque de ello depende todo el estudio geomecánico y el éxito de la voladura.
2. Cuando se quiere cambiar el tipo de explosivos se debe hacer la comparación de las especificaciones técnicas entre los dos explosivos y si hay diferencias considerables se debe hacer un nuevo diseño de malla de perforación y voladura. Por la posibilidad que exista más de un dominio estructural se debe hacer un constante mapeo geomecánico.
3. Capacitar a los perforistas en temas de perforación y voladura para que tenga un criterio amplio, haciendo saber que el éxito de la voladura no depende de cantidad de carga ni de la cantidad de taladros sino depende de la distribución adecuada de carga explosiva y de los taladros y de una secuencia de salida correcto.

BIBLIOGRAFÍA

- Aliaga Vega, A. Explotación de Minerales. Lima, Perú: Ed. Amauta, 2 005.
- Arroyo Aguilar, Abdel. "Explotación de Minas", Perú , 2011.
- Assureira E., Estela. Transporte de Partículas Sólidas por Tuberías. Pontificia Universidad Católica Del Perú. 1 989.
- Bateman, Alan. Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Madrid, España: Ed. Omega, 1 959.
- Beltrán C., Wilfredo., Estudio Experimental de Relleno Hidráulico en La Mina Atacocha. Perú. 2 010.
- Bustillos, M & López J., C. "Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras", Entorno Gráfico S. L. Madrid, España, 1990. 705 pp.
- Calderón Becerra, Jorge A. "Desarrollo para una Herramienta de Planificación Bock Caving", Santiago, Chile 2011.
- Carras Pallette, C. "Geología de Minas". Ed. Omega. Madrid, España, 2002. 984 pp.
- Córdova Rojas, David. Técnicas Geomecánicas Básicas para Evaluación de la Estabilidad de Excavaciones Rocosas Subterráneas. Mina Uchucchacua, Perú. 2 011.
- Dave Landriault. Tecnología de Pasta para Aplicaciones de Relleno Subterráneo. Golder Paste Technology Ltd. Curso Internacional, Perú. 1 998.
- Del Río Thomas, F. "Comercialización de Minerales". Ed. Lirio. Lima, Perú, 2005. 436 pp.
- Delgado Peña, R. "Los Minerales y la Economía Peruana". Ed. Retama. Lima, Perú, 2006. 133 pp.
- Dorador Leonardo. "Alternativas de Predicción de Fragmentación Secundaria en Minería de Hundimiento Masivo", Canadá, 2014.
- Espinoza Zegarra, Carlos Ernesto, Mecanización del Sublevel Caving-Yauricocha, Perú, Arequipa, XXIX Convención Minera, 2009, p. 19.
- F. De Lucio. Teoría De Relleno Hidráulico". Perú, XII Convención de Ingenieros De Minas. 1 972.

- Hernández Sampieri Roberto, Fernández Carlos y Baptista Pilar. Metodología de la Investigación. México: Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición, 2006
- Herrera, Aura. "Criterios de validez de instrumentos en la investigación científica. Ed. Nuevo Perú. Lima, 1998.
- Huamán Montes L. Aplicación de relleno hidráulico cementado en la Mina Jimena en la Compañía Minera Poderosa S.A. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, UNMSM, Lima 2 007.
- Huáncar Delgado, Guillermo. Análisis de los Sistemas de Relleno Hidráulico en La Mina Carahuacra - Volcan Compañía Minera S.A.A. Lima, Perú. 1 998
- López Jimeno, C. "Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto". ITGE. Ministerio de Industria y Energía de España. Madrid. España, 1991. 862 pp.
- López Jimeno, C. "Manual de Perforación y Voladura". ITGE. Ministerio de Industria y Energía de España. Madrid. España, 1991. 791 pp.
- López Jimeno, C. Apuntes de proyectos de ingeniería. E.T.S.I. Ingeniería de Minas. España. 1990.
- López Jimeno, C. La modelización de los yacimientos y la clasificación de recursos. Canteras y Explotaciones, octubre. 1993.
- Martell Rosas, Diana S. "Sensibilización del Plan Minero del Proyecto Mina Chuquicamata". Lima, Perú 2014.
- Meza Pavés, Emilio Josué. Proyecto de Optimización y Ampliación del Sistema de Relleno Hidráulico en La Compañía Minera Huampar S.A.". Lima, Perú. 1 978.
- Minado Bercena, Edward. "Minado Masivo", Perú 2015.
- Ortuño, G. Cubicación de las reservas de minerales de un yacimiento en explotación. Jornadas Minero-metalúrgicas. Bilbao. 1995.
- Pérez Legoas Luis Alberto. Estadística básica para ciencias sociales y educación. Ed. San Marcos, Lima. 2006.
- Ramos Víctor. "Mina Subterránea". Lima, 2010.
- Salamanca Candia, Felipe. "Aplicación de la Redundancia activa en la Programación de Producción de Mina Subterránea" Chile, 2007.



ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: “APLICACIÓN DEL MÉTODO DE HUNDIMIENTO DE BLOQUES PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN VETAS OROYA DE
COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
PROBLEMA GENERAL: ¿En qué medida la aplicación del método de hundimiento de bloques mejora la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.? PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ¿Cuáles son las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso en profundidad de vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.? ¿De qué manera la aplicación del método de hundimiento de bloques influirá en la seguridad de los	OBJETIVO GENERAL: Determinar la influencia del método de hundimiento de bloques que mejora la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Determinar las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso en profundidad de la veta oroya de Compañía Minera Casapalca S.A. Determinar la influencia en la seguridad de los trabajadores producto de la aplicación del método de hundimiento de bloques de vetas	HIPÓTESIS GENERAL: La aplicación del método de hundimiento de bloques mejora significativamente la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS: Las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso en profundidad de vetas oroya en Compañía Minera Casapalca S.A., es competente para aplicar el método. La aplicación del método de hundimiento de bloques influirá de manera significativa en la seguridad de los trabajadores de vetas oroya	INDEPENDIENTE Método de hundimiento de bloques. DEPENDIENTE Eficiencia de Producción.	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Investigación exploratoria, descriptiva y explicativa. DISEÑO: Diseño preexperimental. GE X 01 GC 02 Donde: GE: grupo experimental. GC: grupo control 01 y 02: Medición del pos test

trabajadores de vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.? ¿En qué medida la aplicación del método de hundimiento de bloques mejora la producción y productividad en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.? ¿Cuál es el impacto ambiental de la aplicación del método de hundimiento de bloques para la mejora de la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.?	oroya de Compañía Minera Casapalca S.A. Determinar la influencia de la aplicación del método de hundimiento de bloques que mejora la producción y productividad en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A. Determinar el impacto ambiental producto de la aplicación del método de hundimiento de bloques para la mejora de la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.	de Compañía Minera Casapalca S.A. La aplicación del método de hundimiento de bloques mejora la producción y productividad significativamente en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A. El impacto ambiental producto de la aplicación del método de hundimiento de bloques para la mejora de la producción en vetas oroya de Compañía Minera Casapalca S.A., es buena.	X: Tratamiento de la variable. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN: MÉTODO GENERAL. - Investigación MÉTODO ESPECÍFICO. - Deducción, inducción, análisis y síntesis. POBLACIÓN Y MUESTRA: Población: Tajeos de Zona Oroya de Cía. Minera Casapalca S.A. Muestra: Tajeo 300 Nivel 15, Veta XIMENA, Zona Oroya.
--	---	--	--

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ITEMS	ACTIVIDADES	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
1	Elaboración del plan de tesis	X											
2	Presentación y aprobación	X	X										
3	Elaboración de instrumentos de investigación			X	X								
4	Recolección de datos				X								
5	Trabajo de campo					X							
6	Procesamiento y tabulación de datos					X	X						
7	Análisis e interpretación de datos						X						
8	Redacción del informe final						X	X					
9	Presentación y aprobación del informe							X	X				
10	Sustentación de la tesis									X	X	X	X

PRESUPUESTO

ITEMS	RUBROS	MONTO PARCIAL S/.	TOTAL S/.
a. Bienes	Material bibliográfico	600.00	S/. 1500.00
	Materiales de escritorio	300.00	
	Material cartográfico: Mapas, planos.	600.00	
b. Servicios	Equipos topográficos	600.00	S/. 1600.00
	Transporte	600.00	
	Alimentos	600.00	
	Alquiler de internet	200.00	
	Servicios de imprenta	600.00	
c. Servicios profesionales externos	Metodólogos	1 000	S/. 2000.00
	Estadistas	1 000	
TOTAL:			S/. 6100.00

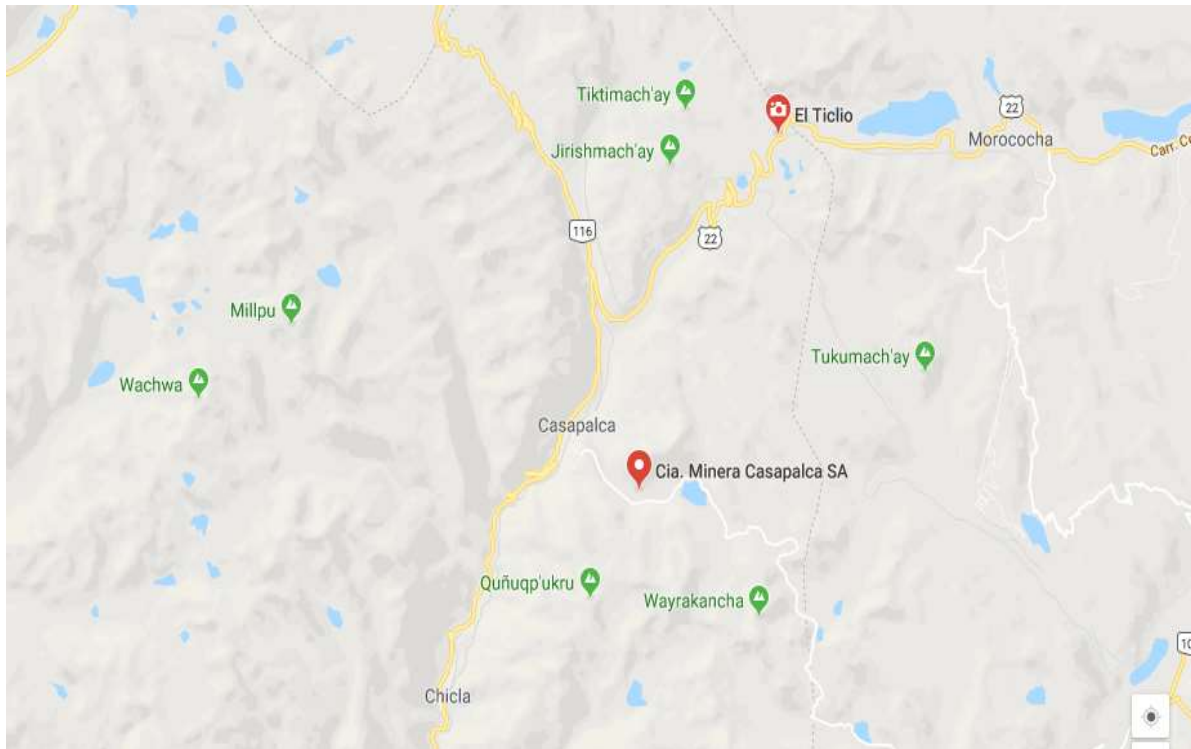


Figura N° 24 Ubicación UEA Americana mina Casapalca



Figura N° 25: Túnel Alex, ingreso a zonas vetas



Figura N° 25: Vista del mineral producto de la voladura– En vetas Oroya



Figura N° 26: Vista de un Scoop Tram– En vetas Oroya



Figura N° 27: Imagen de la coordinación de los trabajos realizados con el encargado.



Figura N° 28: Reparto de guardia y la realización de la charla de cinco minutos.