

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Optimización del uso de madera en el sostenimiento de
los tajeos para la reducción de costos de minado en la
Unidad Minera Poderosa**

Juan Héctor Cerrón Rosales
Willy Nestor Inga Villazana
Yordan Ancelmo Lifonso Mercado

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme el conocimiento necesario para cumplir este objetivo profesional.

A mis padres, por su dedicación, enseñanzas y recomendaciones para formarme profesionalmente.

A la universidad Continental, por brindarme una formación integral y de calidad.

A los docentes de la EAP de Ingeniería de Minas por darme los conocimientos necesarios, para mi formación profesional.

DEDICATORIA

Le dedicamos este trabajo a nuestros padres por su apoyo incondicional, a nuestro asesor que con su conocimiento y experiencia ha aportado a nuestra investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
ASESOR.....	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	18
1.1 Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1 Planteamiento del problema	18
1.1.2 Formulación del problema	19
1.2 Objetivos.....	20
1.2.1 Objetivo general	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
1.3 Justificación e importancia	20
1.3.1 Justificación practica.....	20
1.3.2 Justificación teórica	20
1.3.3 Justificación metodológica	21
1.4 Hipótesis.....	21
1.4.1 Hipótesis general.....	21
1.4.2 Hipótesis específicas	21
1.5 Identificación de variables.....	22
1.5.1 Variable independiente	22
1.5.2 Variable dependiente.....	22
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 Antecedentes del problema	24
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	24

2.2 Descripción de la unidad minera Poderosa.....	29
2.2.1 Ubicación y accesibilidad.....	29
2.2.2 Geología regional	29
2.2.3 Geología estructural	34
2.3 Bases teóricas	36
2.3.1 Método de explotación en la unidad minera Poderosa.....	36
2.3.2. Operaciones unitarias en la explotación de un tajeo	46
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO.....	51
3.1 Método y alcances de la investigación.....	51
3.1.1 Métodos de la investigación.....	51
3.1.2 Alcances de la investigación.....	51
3.2 Diseño de la investigación	52
3.3 Población y muestra	52
3.3.1 Población.....	52
3.3.2 Muestra	52
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos	52
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos	52
3.4.3 Metodología de trabajo.....	53
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1 Evaluación en el uso de madera para el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la en la unidad minera Poderosa.....	54
4.1.1 Cuerpo mineralizado veta Lola del tajeo 2150.....	54
4.1.2 Evaluación geomecánica de veta Lola del tajeo 2150	55
4.1.3 Preparación veta Lola del Tajeo 2150 para el método de minado por <i>Open Stoping</i>	56
4.1.4 Ciclo de minado del método de minado por <i>Open Stoping</i> veta Lola del Tajeo 2150	57
4.2 Evaluación de las variables técnicas operacionales del uso de <i>Jackpot</i> para mejorar el encaje de puntales de seguridad en el sostenimiento de tajeos en la unidad minera Poderosa	60
4.2.1 Variables técnicas operativas del <i>Jack Pot</i>	60
4.2.2 Especificación técnica de la válvula de auto-audible	61
4.2.3 Ventajas del uso de <i>Jackpot</i>	62

4.3 Minimizar las variables del consumo de madera en el sostenimiento de los tajeos para el método de minado <i>Open Stopping</i> en la mina en la unidad minera Poderosa	62
4.4 Determinar la evaluación técnica económica del consumo de madera en el sostenimiento de tajeos para el método de minado <i>Openg Stopping</i> en la unidad minera Poderosa.....	77
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	23
Tabla 2. Accesibilidad unidad minera Poderosa	29
Tabla 3. Variables de aplicación del método de minado por Cut and Fill ascendente	37
Tabla 4. Variables del diseño para el método de minado por Open Stopping	43
Tabla 5. Evaluación de la caracterización geomecánica para la aplicación del método de minado por Open Stopping	55
Tabla 6. Evaluación de la caracterización geomecánica de los tajeos de explotación veta Lola Tajeo 2150	55
Tabla 7. Cálculo de la capacidad real de la rastra por condiciones de trabajo	70
Tabla 8. Costo comparativo uso de redondos de 7" para colocado de puntales de seguridad de 3 metros	72
Tabla 9. Costo comparativo uso de redondos de 7" para colocado de puntales de seguridad de 2.5 metros	74
Tabla 10. Optimización del uso de madera en los puntales de seguridad	76
Tabla 11. Costo de la mano de obra para el método de minado por Open Stopping	77
Tabla 12. Costo de los explosivos y accesorios para el método de minado por Open Stopping	77
Tabla 13. Costo horario del equipo de la perforación Jack Leg y accesorios de perforación para el método de minado por Open Stopping.....	78
Tabla 14. Costo de equipos de seguridad para el método de minado por Open Stopping	78
Tabla 15. Costo de las herramientas utilizadas para el método de minado por Open Stopping	79
Tabla 16. Costo de madera para los puntales de seguridad utilizados en el método de minado por Open Stopping	80
Tabla 17. Costo de energía eléctrica para el uso del winche rastillo en la limpieza para el método de minado por Open Stopping	80

Tabla 18. Costos de minado por Open Stoping para el año 2020 con puntales de seguridad de 3 metros	81
Tabla 19. Costos de minado por Open Stoping para el año 2021 con puntales de seguridad de 2.5 metros	82
Tabla 20. Optimización del costo total de minado en el uso de puntales de seguridad de 2.5 m de longitud en el método de minado Open Stoping	83
Tabla 21. Optimización del costo por tonelada en el uso de puntales de seguridad de 2.5 m de longitud en el método de minado Open Stoping	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales unidades litológica y asientos mineros y mapa geología de Pataz	30
Figura 2. Columna lito-estratigráfica de la región de Pataz (7)	34
Figura 3. Perforación convencional - Cut and Fill	39
Figura 4. Limpieza de minerales con cabrestante	40
Figura 5. Preparación de los tajeos y enmaderado de los chutes a rellenar – Cut and Fill	41
Figura 6. Ciclo de minado – Cut and Fill ascendente	41
Figura 7. Tipos de sostenimiento activo	47
Figura 8. Sostenimiento pasivo con madera	48
Figura 9. Sostenimiento perno y relleno detrítico.	49
Figura 10. Jerarquía de controles.....	50
Figura 11. Preparación del tajeo - método Open Stopping.....	56
Figura 12. Diseño de malla de perforación tajeo 2150.....	58
Figura 13. Perforación del método de minado - Open Stopping.....	58
Figura 14. Descripción del Jack pot.....	60
Figura 15. Adaptabilidad del Jackpot a la superficie de la roca tras el inflado Roll – Over	61
Figura 16. Especificación técnica de la válvula de auto-audible.....	62
Figura 17. Puntales de seguridad - método Open Stopping.....	63
Figura 18. Puntales para la galería de desarrollo de la veta Lola del tajeo 2150.....	64
Figura 19. Descripción de los puntales de seguridad con Jackpot en la veta Lola del tajeo 2150.....	65
Figura 20. Línea perpendicular para el colocado de los puntales de seguridad con Jack Pot en la veta Lola del tajeo 2150.....	66
Figura 21. Ángulos recomendados para la colocación de los puntales de seguridad con Jack Pot en la veta Lola del tajeo 2150.....	67
Figura 22. Colocación de puntales para resistir presiones laterales en la veta Lola del tajeo 2150.....	68

Figura 23. Diseño de la limpieza con winche y rastrillaje para el método Open Stoping	69
Figura 24. Equipo Winche para la limpieza para el método Open Stoping.....	70
Figura 25. Dimensionamiento de los puntales de seguridad con diámetro de 7 pulgadas con una longitud de 3 metros	73
Figura 26. Dimensionamiento de los puntales de seguridad con diámetro de 7 pulgadas con una longitud de 2.5 metros	75

RESUMEN

La unidad minera Poderosa viene explotando por el método de minado *Open Stopping*. En la actividad de relleno se envía el material detrítico por medio del *Scooptram* de 1.5 yd³ a la chimenea para el relleno al tajo de los cortes o niveles explotados. La preparación de los puntales de 3 metros permite realizar el enrejado del buzón de la chimenea, el cual ha sido bloqueado con puntales de 7 pulgadas de diámetro, este trabajo lleva a un elevado costo producto del consumo de madera, elevando así el costo de minado. Se aprecia también el desperdicio de sobrantes al dimensionar los redondos de 7 pulgadas de diámetro.

La estabilidad del macizo rocoso, tras las excavaciones como un tajeo, una galería, crucero, una rampa, etc., va depender del tipo de roca a sostener. Las masas rocosas intensamente fracturadas con zonas de falla o de corte, definitivamente necesitan que se plantee adecuadamente el tipo de sostenimiento, las condiciones de altos esfuerzos que provocan fallas del macizo rocoso en las excavaciones.

El consumo de puntales de madera para el año 2021 de redondos de 7" de diámetro y 2,5 metros de longitud debe considerar el costo por puntal de madera de 15.82 dólares. El consumo total es de 1374 unidades con un costo de 21 737 dólares, se tuvo una mejora al no contar con desechos significativos que generan pérdidas en la compra de madera para el sostenimiento con puntales de seguridad. De las tablas anteriores se muestra a continuación la reducción del costo de madera utilizada en el sostenimiento con puntales en el tajeo 2150 veta Lola, el consumo dentro de un año de los redondos de 7" de diámetro con una longitud de 3 metros en comparación de 2.5 metros y la reducción del costo de madera utiliza en los puntales de seguridad en el sostenimiento como se describe en lo siguiente:

En el año 2020 el costo actual con redondos de 7" de diámetro y longitud de 3 metros se tiene un costo de 27 177. 72 dólares. En el año 2021 el costo actual

con rondos de 7" de diámetro y longitud de 2.5 metros se tiene un costo 21 737 dólares.

La reducción del costo al comparar por medio del proveedor de madera con las características de rondos de 7 pulgadas y de longitud de 2,5 metros indican que se optimizó el costo del uso de madera para los puntales de seguridad en 5 441 dólares durante todo el año.

El costo total para el año 2020 con puntales de madera con rondos de 7" de diámetro con 3 metros de longitud es de 669.40 \$, el costo por tonelada es de 20.05 \$/t respectivamente, los costos de minado por *Open Stoping* para el año 2021 con puntales de seguridad de 2.5 metros

El costo total para el año 2021 de los puntales de madera con rondos de 7" de diámetro con 2.5 metros de longitud es de 653.56 \$, el costo por tonelada es de 19.57 \$/t respectivamente.

Tras la evaluación de los dos escenarios: el actual y el propuesto indican que ya se está teniendo buenos resultados en el año 2021; para eso se pasó a evaluar la optimización del costo total de minado y el costo por tonelada respectivamente, el cambio en el consumo de los puntales de seguridad rondos de 7" de diámetro y de 2.5 metros de longitud, se pudo reducir el costo de minado en 15.84 \$ respectivamente para el año 2021, el cambio en el consumo de puntales de seguridad rondos de 7" de diámetro y de 2.5 metros de longitud, se pudo reducir el costo por tonelada en 0.47 \$ respectivamente para el año 2021.

Palabras clave: Optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos.

ABSTRACT

The Powerful Mining Unit has been exploited by the Open Stopping mining method. In the filling activity, the detrital material is sent by means of the 1.5 yd³ Scooptram to the chimney for the filling to the pit, of the cuts or exploited levels. The preparation of the 3-meter struts to be able to make the grating of the fireplace mailbox, which have been blocked with 7-inch diameter struts, this work leads to a high cost due to the consumption of wood, thus increasing the cost of mined since the waste of leftovers is also appreciated when sizing the rounds of 7 inches in diameter.

The stability of the rock mass, after excavations such as a stope, a gallery, a crossing, a ramp, etc. It will depend on the type of rock to be supported, intensely fractured rock masses with fault or shear zones, definitively, in these cases the type of support is adequately considered, the high stress conditions that cause rock mass failures in the excavations.

The consumption of wooden props for the year 2021 the supplier of round 7" diameter and 2.5 meters long, the cost per wooden prop is 15.82 dollars, the total consumption is 1374 units with a cost of 21 737 dollars, there was an improvement by not having significant waste that generates losses in the purchase of wood for support with safety props. From the previous tables, the reduction in the cost of wood used in the support with props in the 2150 vein Lola is shown below, the consumption within a year of the 7" diameter rounds with a length of 3 meters compared to 2.5 meters and the reduction of the cost of wood used in the safety props in the support as described in the following:

In the year 2020, the current cost with rounds of 7" in diameter and length of 3 meters has a cost of 27,177.72 dollars. In the year 2021 the current cost with rounds of 7" in diameter and length of 2.5 meters has a cost of 21,737 dollars.

The reduction in cost when comparing through the supplier of wood with the characteristics of 7-inch rounds and lengths of 2.5 meters, the cost of using wood for the safety props was optimized at \$5,441 throughout the year.

The total cost for the year 2020 with wooden props with 7" diameter rounds and 3 meters in length is 669.40 US\$, The cost per ton is 20.05 \$/t respectively, the costs of mining by Open Stopping for the year 2021 with 2.5 meter safety props

The total cost for the year 2021 of the 7" diameter round wooden props with 2.5 meters in length is 653.56 US\$, the cost per ton is 19.57 US\$/ton respectively.

After the evaluation of the two scenarios, the current one and the one proposed, which is already having good results in the year 2021, the optimization of the total cost of mining and the cost per ton respectively, the change in the consumption of the props of 7" diameter and 2.5 meter long round security props, it was possible to reduce the mining cost by 15.84 US\$ respectively for the year 2021, the change in the consumption of 7" diameter and 2.5 meter round security props in length, the cost per ton could be reduced by 0.47 US\$ respectively for the year 2021.

Keywords: Optimization of the use of wood in the support of the stopes.

INTRODUCCIÓN

En la unidad minera Poderosa se viene explotando por el método de minado *Open Stoping*. En la actividad de relleno se envía el material detrítico por medio del *Scooptram* de 1.5 yd³ a la chimenea para el relleno al tajo de los cortes o niveles explotados. La preparación de puntales de 3 metros para los trabajos del enrejado del buzón de la chimenea, bloqueados con puntales de 7" de diámetro, lleva a un elevado costo, producto del consumo de madera; por lo cual sube el costo de minado; además se aprecia el desperdicio de sobrantes al dimensionar los redondos de 7 pulgadas de diámetro.

La estabilidad del macizo rocoso, tras las excavaciones como un tajeo, una galería, crucero, una rampa, etc., va depender del tipo de roca a sostener. Las masas rocosas intensamente fracturadas con zonas de falla o de corte, definitivamente necesitan que se plantee adecuadamente el tipo de sostenimiento, las condiciones de altos esfuerzos que provocan fallas del macizo rocoso en las excavaciones. Para los tajeos, el sostenimiento y el relleno se evalúa tanto la seguridad y dilución, en los tajeos en los compartimientos del ingreso del personal a la labor y el chut o compartimiento por donde se transporta el mineral, para el caso del método de minado por *Open Stoping*. Para tener el sostenimiento controlado de los tajeos de explotación se utiliza el *Jackpot* para el eficiente minado.

El costo total para el año 2020 con puntales de madera con redondos de 7" de diámetro y 3 metros de longitud es de 669.40 \$. El costo por tonelada es de 20.05 \$/t respectivamente, los costos de minado por *Open Stoping* para el año 2021 con puntales de seguridad de 2.5 metros. El costo total para el año 2021 con puntales de madera con redondos de 7 pulgadas de diámetro con 2.5 metros de longitud es de 653.56 \$. El costo por tonelada es de 19.57 \$/t respectivamente.

Tras la evaluación de los dos escenarios: el actual y el propuesto indican que ya se está teniendo buenos resultados en el año 2021; para eso se pasó a

evaluar la optimización del costo total de minado y el costo por tonelada respectivamente, el cambio en el consumo de los puntales de seguridad redondos de 7" de diámetro y de 2.5 metros de longitud, se pudo reducir el costo de minado en 15.84 \$ respectivamente para el año 2021, el cambio en el consumo de puntales de seguridad redondos de 7" de diámetro y de 2.5 metros de longitud, se pudo reducir el costo por tonelada en 0.47 \$ respectivamente para el año 2021.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Muchas compañías mineras en el Perú, como en otros países, vienen utilizando el método de explotación *Open Stopping* en la minería subterránea convencional, y en una de las actividades que lleva un análisis mayor como de complejidad, donde la intención principal es velar por la seguridad y la eficacia del método de explotación mencionado y utilizado por las empresas mineras.

En el Perú, existen categorías de la escala de actividad minera que van de la minería artesanal, pequeña, mediana y gran minería, de los cuales las empresas en categorías menores a mediana minería se evalúan la factibilidad y rentabilidad de sus métodos de explotación utilizados, por lo cual realizar mejoras en el ciclo de minado es de suma importancia, ya que son operaciones principales como secundarias fundamentales por ser realizadas diariamente en las empresas mineras.

En la unidad minera Poderosa se viene explotando por el método de minado *Open Stopping*. En la actividad de relleno se envía el material detrítico por medio del *Scooptram* de 1.5 yd³ a la chimenea para el relleno al tajo, de los cortes o niveles explotados.

La preparación de los puntales de 3 metros permite realizar el enrejado del buzón de la chimenea, el cual ha sido bloqueado con puntales de 7 pulgadas de diámetro, este trabajo lleva a un elevado costo producto del consumo de madera, elevando así el costo de minado. Se aprecia también el desperdicio de sobrantes al dimensionar los redondos de 7 pulgadas de diámetro.

La estabilidad del macizo rocoso, tras las excavaciones como un tajeo, una galería, crucero, una rampa, etc., va depender del tipo de roca a sostener. Las masas rocosas intensamente fracturadas con zonas de falla o de corte, definitivamente necesitan que se plantee adecuadamente el tipo de sostenimiento, las condiciones de altos esfuerzos que provocan fallas del macizo rocoso en las excavaciones.

Para los tajeos, el sostenimiento y el relleno se evalúa la seguridad de la operación y dilución, en los tajeos en los compartimientos del ingreso del personal a la labor y el *chut* o compartimiento por donde se transporta el mineral, para este método de minado por *Open Stopping*. Para tener el sostenimiento controlado de los tajeos de explotación se utiliza el *Jackpot* para el eficiente minado.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la unidad minera Poderosa?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye la minimización de las variables del consumo de madera en el sostenimiento de los tajeos para el método de minado *Open Stopping* de la unidad minera Poderosa?
- ¿Cómo influye la evaluación técnica económica del consumo de madera en el sostenimiento de tajeos para el método de minado *Open Stopping* de la unidad minera Poderosa?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la en la unidad minera Poderosa

1.2.2 Objetivos específicos

- Minimizar las variables del consumo de madera en el sostenimiento de los tajeos para el método de minado *Open Stopping* en la mina en la unidad minera Poderosa
- Determinar la evaluación técnica económica del consumo de madera en el sostenimiento de tajeos para el método de minado *Openg Stopping* en la unidad minera Poderosa

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación practica

En la unidad minera Poderosa la explotación es subterránea y se realiza por el método de minado convencional de corte y relleno *Open Stopping*. En el proceso de minado, este método utiliza más madera En el sostenimiento, el desmonte es recirculado hacia los tajeos y el excedente es transportado hacia los depósitos de material estéril en superficie. Uno de los procesos de minado de suma importancia es el sostenimiento con madera en la utilización de puntales, ya que dependerá para poder avanzar en la realización de la plataforma de perforación y en seguridad en la guarda cabezas para evitar desprendimientos de rocas proveniente del tajeo.

1.3.2 Justificación teórica

La preparación de los puntales de 3 metros permite realizar el enrejado del buzón de la chimenea, el cual ha sido bloqueado con puntales de 8" de diámetro y puntales de seguridad, este trabajo lleva a un elevado costo producto del consumo de madera, elevando así el costo de minado. Se aprecia también el desperdicio de sobrantes al dimensionar los redondos de 6, 7 y 8 pulgadas de

diámetro utilizados en el sostenimiento del tajeo y compartimientos del chut y para el tránsito del personal a laborar.

1.3.3 Justificación metodológica

La estabilidad del macizo rocoso tras las excavaciones como un tajeo, una galería, crucero, una rampa, etc. a va depender del tipo de roca a sostener Las masas rocosas intensamente fracturadas con zonas de falla o de corte, definitivamente necesitan que se plantee adecuadamente el tipo de sostenimiento, las condiciones de altos esfuerzos que provocan fallas del macizo rocoso en las excavaciones.

Para los tajeos, el sostenimiento y el relleno se evalúa la seguridad y dilución, en los tajeos en los compartimientos del ingreso del personal a la labor y el *chut* o compartimiento por donde se transporta el mineral, para el método de minado por corte y relleno. Para tener el sostenimiento controlado de los tajeos de explotación se utiliza el *Jackpot* para el eficiente minado.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos influye positivamente en la reducción de costos de minado en la unidad minera Poderosa.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La minimización de las variables del consumo de madera en el sostenimiento de los tajeos influye positivamente en el método de minado *Open Stopping* de la unidad minera Poderosa
- La evaluación técnica económica del consumo de madera en el sostenimiento de tajeos es factible y viable para el método de minado *Open Stopping* de la unidad minera Poderosa

1.5 Identificación de variables

1.5.1 Variable independiente

Optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos

1.5.2 Variable dependiente

Reducción de costos de minado.

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la unidad minera poderosa.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I.: Optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos	Es la reducción del consumo de madera para el sostenimiento de los tajeos, en el método de minado por corte y relleno, por medio de un buen dimensionamiento de madera para contar con las longitudes exactas para los trabajos respectivos y evitar desechos de madera por un mal dimensionamiento.	Evaluación de la caracterización del macizo rocoso. Evaluación del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos.	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación geomecánica de Bieniawsky, RMR. • Familias de discontinuidades • Parámetros de las discontinuidades • Numero de puntales de seguridad • Numero de puntales para sobre cuadro • Longitud del puntal de seguridad (m). • Diámetro del puntal (pulgadas)
V.D.: Reducción de costos de minado	Es la minimización del costo de las operaciones mineras para extraer el mineral por medio de estrategias en la mejora de la gestión de presupuestos y riesgos, planificación de la fuerza laboral y la optimización de las operaciones mineras.	Evaluación del costo de minado por Open Stopping.	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de la mano de obra (\$) • Costo de los explosivos (\$) • Costo del equipo de perforación (\$) • Costo de limpieza (\$) • Costo de los equipos de seguridad (\$) • Costo de las herramientas (\$) • Costo de madera (\$) • Costo de energía eléctrica (\$)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

a) Tesis titulada: “*Estudio comparativo de eficiencia de uso de puntales de seguridad simple y con el uso adecuado del Jackpot en los tajeos de explotación del Nivel 4430 de la Cía. Minera Caudalosa Chica S.A.A.*” El objetivo de la revisión es evaluar la efectividad de la utilización de puntales de seguridad y la utilización correcta del Jackpot en los tajos del Nivel 4430 de la Compañía Minera Caudalosa Chica S.A.A. (1)

Asimismo, la técnica tiene las siguientes cualidades: (1)

- Los puntales de seguridad funcionan mejor con la utilización de los *Jackpot*, donde el dimensionamiento del puntal garantiza la seguridad y la eficiencia de los métodos de minado utilizados por los trabajadores que realizan la extracción de minerales, el puntal cuando se aprisiona en la roca es más seguro y más resistente a la caída de bloques y sirve también para realizar el trabajo de forma activa sobre las cajas. (1)

- La anchura de los *Jackpot* se evalúa considerando la longitud de los puntales de seguridad para una actividad activa en las cajas. (1)

- La evaluación de la competencia de la utilización de puntales de seguridad y la utilización adecuada de los *Jackpot* en los tajeos de explotación del nivel 4430 de Caudalosa Minera Chica S.A.A. tuvo un impacto positivo. (1)
 - En los tajeos del nivel 4430 de Cía. Minera Caudalosa Chica S.A.A., en relación con los estudios relativos a la productividad de los puntales de seguridad utilizados en los tajos, los puntales experimentaron una curvatura debido a que las tensiones en las cajas eran mayores, por lo que se eligieron los puntales de seguridad incluido los *Jackpot* donde era factible controlar la curvatura de los puntales de seguridad adquiriendo una eficiencia significativa y dando seguridad a los trabajadores en los tajos mineros". (1)
- b) Tesis denominada "*Influencia del método de explotación en la optimización de la producción al reemplazar el open stoping por corte y relleno ascendente en la Veta Consuelo de Poderosa – La Libertad*". El objetivo de la investigación es dar controles a cada actividad en el método de minado por corte y relleno ascendente, donde el costo minero es menor que con la técnica de *Open Stopping*, logrando grandes resultados para incrementar la producción. (2)

Además, el enfoque tiene los siguientes atributos. (2)

- El costo por actividad minera aplicando el método de minado por corte y relleno ascendente en la mina Consuelo es de 13,91 \$/t frente a los 18,16 \$/t y para el método de minado por *Open Stopping* lo que supone una disminución del 20,78 % del coste unitario. (2)
- La eficiencia con el método de minado por *Open Stopping*, en contraste con el método de minado de *Cut and Fill* ascendente se maximizó de 3,34 a 5,45 (TM/Tarea), y eso implica un incremento de 2,11 TM/Tarea. (2)
- La producción de mineral con el método de minado de *Open Stopping*, en comparación con el método de minado de corte y relleno ascendente, pasó de 333,9 toneladas de medida al mes a 545,3 toneladas de media al mes, lo que supone un aumento de 211,4 toneladas al mes. (2)

- Los trabajadores contratados deben involucrar a la clasificación geomecánica en el diseño de malla de perforación y voladura, el factor de potencia indicado por el tipo de roca. (2)
 - La evaluación del límite de seguridad de los tipos de sostenimiento ayuda a estabilizar el macizo rocoso de la mina, para conocer realmente la capacidad de carga a soportar. (2)
- c) Tesis titulada: "*Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la aplicación del sostenimiento en la Mina Hércules – CIA Minera Lincuna S.A.*". El objetivo de la tesis es dar un enfoque de ensayo adecuado para describir geomecánicamente las áreas de explotación y los taludes para conocer el tipo de roca, los estados de presión y su resistencia durante el tiempo de sostenimiento. (3)

Además, el procedimiento tiene las cualidades adjuntas: (3)

- La clasificación geomecánica tiene dos aplicaciones, la primera es elegir el tipo de sostenimiento que debe aplicarse a una determinada labor subterránea y la segunda es un límite para planificar adecuadamente la malla perforación y voladura. (3)
- Los tipos de sostenimiento aplicados en la mina Hércules son: Hormigón proyectado, pernos helicoidales, malla electrosoldada, pernos de fricción, pernos de expansivos, cuadros de madera, pilares de madera y puntales. (3)
- Se ha visto que una elección insuficiente del sostenimiento puede ser muy costoso en el sostenimiento de la labor. (3)
- La clasificación geomecánica practicada en el nivel 4300 de la mina Hércules ha propiciado la información sobre tres tipos de rocas, lo que ha determinado el tipo de sostenimiento a utilizar por su solidez al igual que el costo unitario de excavación. (3)
- Teniendo en cuenta el ciclo de desarrollo y el RMR encontrada, las rocas se ordenan en los tipos de roca I, II, III y IV por separado. Como indica la clasificación geomecánica del GSI, las rocas existentes en el nivel 4300 de la Mina Hércules son competentes (RMR >70), competencia regular (RMR=51 a 70) y competencia baja (RMR=21-40). (3)

d) Tesis titulada "*Aumento de la productividad en el método Long Wall Mining sostenido por puntales con cabezal de Jackpot En La U.P. San Andrés - Minera Aurífera Retamas Marsa S.A.*". El objetivo de la investigación es dar un procedimiento para demostrar el funcionalmente técnico y económico de la factibilidad de incrementar la utilidad de la productividad de la veta Valeria-H y otras, con el método de minado de Long Wall Mining (LWM), aplicando soporte con puntales de cabeza Jackpot, considerando la caracterización del de la masa rocosa. (4)

Además, el enfoque tiene las siguientes cualidades de acompañamiento:(4)

- El sostenimiento con puntales de cabezal de Jackpot, es rápido y efectivo, no necesita mucha destreza del trabajador para el establecimiento del puntal de cabezal de *Jackpot*, cuando la madera se introduce en alrededor de 1 hora mientras que el puntal de cabeza *Jackpot* se introduce en aproximadamente 20 minutos. (4)
- Para el método de minado por *Long Wall Mining* la altura del minado, durante el proceso de tajeo, será controlada a causa de la utilización de explosivos de baja potencia, en el carguío de los taladros de la corona, por ejemplo, Exadit 45 y Exablock. (4)
- La utilización de la madera disminuirá en un 36 %, ya que la proporción normal de utilización en las técnicas TE y TL es de 24,78 kg de madera por tonelada, y la LWM es de 15,86 kg de madera por tonelada. - Con el método de minado por Long Wall Mining el debilitamiento disminuirá de 30,21% a 23,76%, esto se consigue con la disminución de la altura del minado, además de mantener la ley del mineral roto, eliminando algunos trabajos extras como la selectividad (recogedor desmonte). (4)
- La limpieza del mineral se hará completamente con *Winche*, desde la etapa inicial del arranque hasta la tolva de extracción de las chimeneas, en este sentido se eliminan los trabajos extra de limpieza, por ejemplo la limpieza manual, si hay una ocurrencia de la técnica TE, se necesita limpiar físicamente el canal de rastrillo, y después seguir limpiando con *Winche*. (4)

e) Tesis titulada "*Implementación del índice de resistencia geológica modificado en el sostenimiento activo y pasivo para el control de accidentes por caída de rocas en Mina Uchucchacua*". El objetivo de la tesis es aportar una

metodología experimental apropiada para Implementar el sistema del índice de resistencia geológica en el sostenimiento pasivo y activo para controlar los accidentes por caída de rocas en mina Uchucchacua. (5)

Además, la metodología tiene las siguientes características: (5)

- Se implementó el sistema de índice de resistencia geológica, capacitando a todos los trabajadores sobre el uso de la misma mejorando el sistema de sostenimiento y controlando la caída de rocas en las diferentes labores de la mina Uchucchacua. (5)
- Conocer la geología permite tomar decisiones correctas sobre diferentes aspectos relacionados con las labores mineras, entre otras, se podrá establecer la dirección en la cual se deben avanzar las excavaciones, el tamaño de las mismas, el tiempo de exposición abierta de la excavación, el tipo de sostenimiento a utilizar y el momento en que éste debe ser instalado. (5)
- Los agentes desestabilizadores de las rocas que afectan las excavaciones subterráneas son las condiciones estructurales adversas, las fallas de la orientación de los estratos, discontinuidades, rocas alteradas, meteorizadas, agua subterránea, etc. Estos factores influyen y condicionan la determinación del diseño de las labores mineras ya sea en las dimensiones, el tipo de sostenimiento, el método de excavación, etc. (5)
- Progresivamente se debe implementar el sostenimiento de pernos *Hydrabolt* y el empleo de los elementos *Jack Pack* en los *Wood Pack* simples para convertirlo en sostenimiento activo de acuerdo a las recomendaciones del área de geomecánica, a fin de estabilizar mejor el techo de la labor y brindar al personal una labor segura". (6)

2.2 Descripción de la unidad minera Poderosa

2.2.1 Ubicación y accesibilidad

Compañía Minera Poderosa S. A. está situada en la margen derecha del río Marañón en la Provincia de Pataz, Departamento de La Libertad - Perú, cuya elevación difiere entre 1467 m s. n. m. a 3180 m s. n. m. Cuenta con dos unidades de gestión financiera: Unidad minera de Marañón y Unidad minera Sta. María.

Este trabajo se centra explícitamente en un cuadrante de impacto situado en la UTM organiza (PSAD 56). Las marcas inferior izquierda y superior derecha del cuadrante son:

- Norte: 9139260 y este: 213710 en el flanco inferior izquierdo y hacia arriba
- Norte: 9141639 y Este: 217461 en la esquina superior derecha del cuadrante referencial.

En la siguiente tabla se adjunta la accesibilidad de la unidad minera Poderosa.

Tabla 2. Accesibilidad unidad minera Poderosa

Accesible desde Lima	Distancia (km)	Vía aérea	Tiempo aproximado
Lima – Aeropuerto de Chagual	860	asfaltada	1.50 h
Accesible desde Lima	Distancia (km)	Vía Terrestre	Tiempo aproximado
Lima a Trujillo	558	asfaltada	7 h
Trujillo a la Unidad Minera Poderosa	370	afirmada	15 h
Total	928	Asfaltada y afirmada	22 h

2.2.2 Geología regional

En el distrito de Pataz, las unidades estratigráficas han sido leídas desde hace bastante tiempo por varios escritores de los Geólogos de Compañía Minera Poderosa S.A. además, los exámenes de Wilson y Reyes (1964). (7)

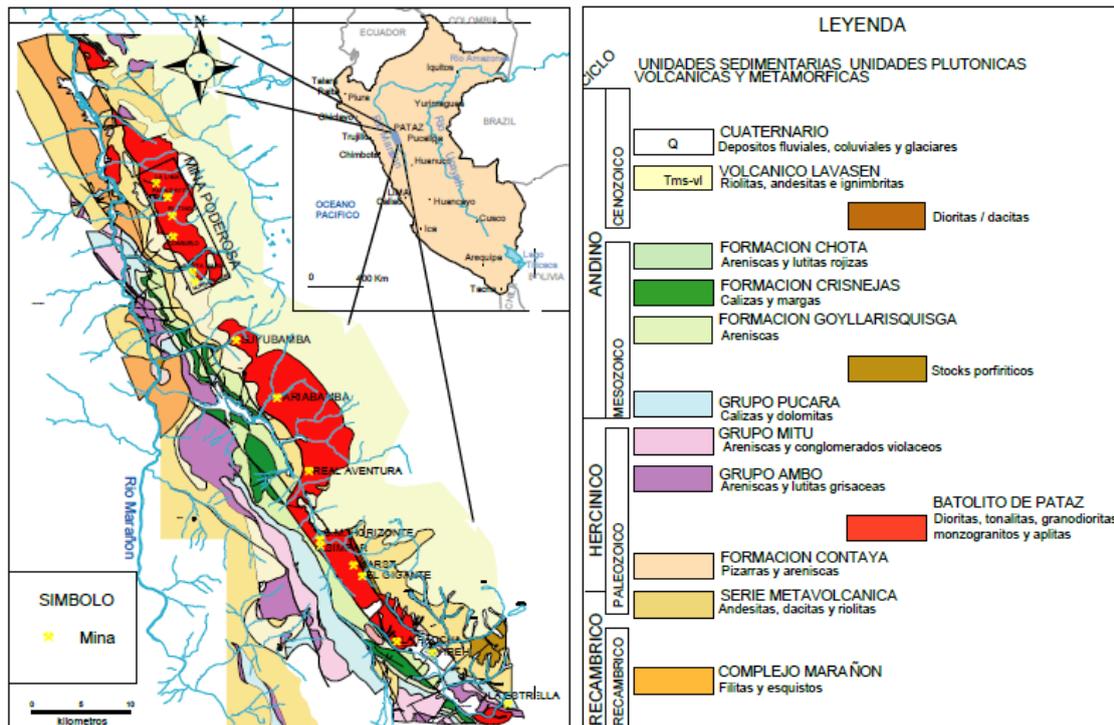


Figura 1. Principales unidades litológica y asentos mineros y mapa geología de Pataz Tomado del área de Geología unidad minera Poderosa

a) Precámbrico

- **El Complejo Marañón (Pe-cm).** Se encuentra disponible a lo largo del valle del río Marañón al igual que en la margen derecha del río Llacubamba - Parcoy. Se trata de una agrupación polimetamórfica que presenta estilos estructurales distintivos representados por polifases profundamente deformables, está compuesto por 3 unidades representadas en inmersión de edades. (7)
 - ✓ Esquistos de mica, que se encuentran en la parte inferior del complejo.
 - ✓ Meta volcánico.
 - ✓ Filitas de naturaleza turbidita (Wilson y Reyes 1964). (7).

Este paquete metamórfico local llega a 1 km de espesor considerando todas las cosas, la edad asignada a este complejo no está grabada en piedra con las rupturas creadas por K \ Ar en 600 Ma. Se le atribuye al Precámbrico por la deformidad realmente local; (Haerberlin Y., et al.2000, Late Almacén de oro orogénico paleozoico en los Andes centrales, América del Sur) relaciona el complejo Marañón con los arreglos transformadores en las sierras pampeanas

de Argentina donde las series basales fueron transformado durante la Orogenia Pampeana. (7)

Del mismo modo, rupturas cercanas únicas podrían descubrir que el complejo Marañón comprende un "cinturón de piedra verde" debido a las cualidades petrológicas y la transformación territorial con unidades inferiores de material ultramáfico a partir de las zonas de obducción durante la división de la masa terrestre de Pangea (Paredes J. 2000, la mineralización mesotérmica de oro en el cinturón de piedra verde de los Andes nororientales del Perú). (7)

b) Paleozoico inferior

- **Formación Contaya (O-c).** De edad ordovícica, reposa sobre el complejo Marañón en conflicto rakish (Wilson y Reyes 1964) en algún lugar en el rango de 200 y 600 m grueso y naturaleza sílice-clástica, era factible decidir una progresión de cuarcitas areniscas enormes y sin brillo, lutitas y, menos significativamente, piedra caliza, la presencia de graptolitos en el centro y sucesión superior de la Contaya demostraría una profunda sedimentación en la región de revisión, los desarrollos del Paleozoico Inferior están representados por un bajo nivel de transformación local, afloramientos en la margen derecha del arroyo de Castillas. (7)

No hay marcos de tiempo terrestres que no estén realmente grabados en piedra en el distrito para el Silúrico y Devónico. (7)

c) Paleozoico superior

- **Grupo Ambo (Ci-a).** De la edad del Misisipio (Carbonífero Inferior), este arreglo ocurrió durante un tiempo del último período de tectónica eohercínica creando defectos típicos con hundimientos que se rellenaron con material clástico en condiciones fluviales y deltaicas. (7)

Litológicamente está compuesto por areniscas, lutitas y combinaciones. teniendo un lugar con el Carbonífero Inferior, afloramientos en la parte sur de la mina Parcoy (región de Mishito) con la presencia de un "techo colgante" o "techo colgante" sobre mentir grano diorítico entrometido. (7)

Esta ocasión de distensión estructural produce importantes imperfecciones personales. La distensión y el hundimiento hacia el final del período produjo un vulcanismo desenfrenado que llega hasta el Pensylvanian. (7)

- **Volcánico (CsP-v).** Tiene un amplio transporte en las piezas superiores de la región de revisión, hacia el Este. del Batolito se pueden ver los afloramientos de piroclastos y derrames volcánicos con rocas riolítica a andesítica, Edad Carbonífero-Pérmica. (7)
- **Grupo Mitú (Ps-m).** En el Pérmico Superior hay una grave desintegración de los espacios criados durante la Fase Tardihercínica, entregando el relleno de regiones negativo con arreglos de molas rojas que se movieron por especialistas fluviales Esta reunión se presenta como restos volcánicos hecho principalmente de tobas y viejos aglomerados riolíticos. (7)
- **Pérmico superior.** Aflora en el espacio de Pílancones, Pampa Espino (Potacas), Este rompimiento y vulcanismo describe un sistema de tranquilidad en todo el planeta a finales del Paleozoico y Mesozoico temprano. (7)

d) Triásico - Jurásico

- **Grupo Pucará (TrJi-p).** Resultado de la sedimentación marina, se compone de agrupaciones de calizas tenues y carbonáceas con presencia de protuberancias de pedernal, calizas mezclado con lutitas, dolomitas, margas y areniscas calcáreas. (7)

Es compuesto por 2 desarrollos:

- ✓ Formación Chambará (Tr-ch).

Es el arreglo inferior del grupo Pucará, está compuesto por calizas de sombreado tenue a opaco salpicado con calizas bituminosas y piedra caliza dolomítica. (7).

- ✓ Formación Aramachay y Condorsinga (Ji - ar-c).

Estas agrupaciones están representadas por la presencia de niveles de Chert en el top de los desarrollos. En el espacio de Patáz estos desarrollos han sido objeto de investigaciones excepcionales en la búsqueda de pórfidos o órganos de sustitución obteniendo resultados aceptables en una primera etapa, particularmente en la región de Chilia. (7)

e) Cretácico

- **Grupo Goyllarisquizga (Ki-g).** El Cretácico en Perú está bien desarrollado, muestra secuencias completas en el norte y centro del territorio, sin embargo, en el área de estudio el afloramiento no es bien reconocido en todas sus formaciones, sus ejes de plegado se encaminan en un sistema común al sistema andino. Se consta de 4 formaciones diferentes en su litología y secuencia depositacional, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. (7)
- **Formación Crisnejas (Ki - cr).** Litológicamente consta de una secuencia de calizas, areniscas calcáreas y margas. El contacto inferior y superior están en discordancia erosiva en las areniscas del grupo Goyllarisquizga y sedimentos clásticos de la formación Chota respectivamente. Se le asigna una edad de Medio Albiano, sale a la luz ampliamente en la zona de Pampa Espino en el Cerro Piletas, NE y SO de la zona de estudio. (7)
- **Formación Chota (KsP - ch).** Está formado por una serie de coberturas de medio continental que afloran en el sector este del área de estudio, como capas rojas compuestas de conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas de color rojo intenso, se encuentra en Disconformidad erosional con la Formación Crisnejas. Se le asigna una edad de Medio Albiano, aflora ampliamente en la zona de Pampa Espino, en la colina Piscinas, NE y SO del área de estudio. (7)
- **Depósitos cuaternarios (Qr - al).** Los depósitos acumulados en el Cuaternario son principalmente eluvial-fluvial y aluvial. Los depósitos eluviales y coluviales que son presentes en la zona, son productos de la

descomposición de las rocas insitu (principalmente las rocas de la Formación Chota). (7)

Los depósitos aluviales están localizados en las quebradas y faldas de los cerros. (7)

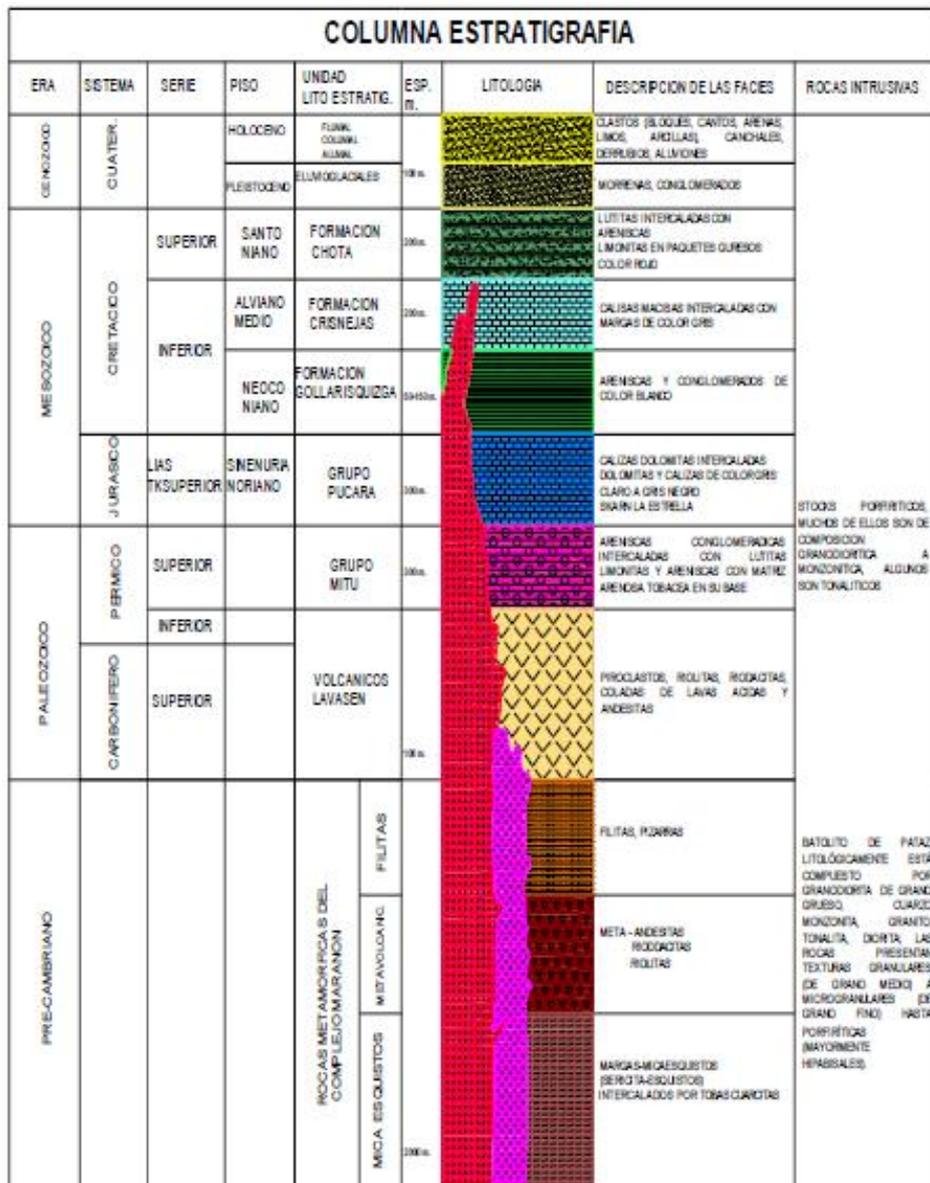


Figura 2. Columna lito-estratigráfica de la región de Pataz (7)
Tomado del área de Geología unidad minera Poderosa

2.2.3 Geología estructural

Geología de la mineralización y batolito de Pataz como roca, en esta sección presentará una encuesta, en igualdad de condiciones, con respecto a las venas auríferas conectadas o insertadas en cuerpos, en consecuencia, como el tema

particular en la región de revisión: los objetivos de la topográfico provincial y mineralización percibida hasta el inicio del trabajo. (7)

2.2.3.1. Generalidades

La tienda Poderosa tiene un sólido control subyacente a nivel territorial, área y vecindario, con marcos de deficiencias y grietas que se repiten en varias escalas y controló el sitio del batolito Pataz y más tarde el mineralización y área espacial de brotes metálicos (7).

Provincialmente, las venas poseen estructuras de segunda y tercera solicitud hacia la caja en la azotea de un lineamiento de rumbo NNW significativo, a lo largo del borde al oeste del batolito de Pataz. Esta importante regla se acepta tal vez del Proterozoico y se relaciona con una puntada que se reactivó ocasionalmente durante ocasiones estructurales resultantes, que durante fases de mineralización deberían haber funcionado como canal principal para la mineralización de líquidos acuosos. (7)

Los defectos principales son subverticales y tienen un rumbo de N a NW, sin perjuicio de un montón de deficiencias cruzadas situadas cerca de la E-W, que son secante a estructuras mineralizadas. A nivel regional y cercano, observe los diseños mayores y menores. (7)

- **Cambio hidrotermal**

Para lograr una comprensión mundial del sitio mineral en las estructuras predefinidas es crucial para conocer los cambios acuosos que conducen al área del centro de mineralización y que no solo se llena como un complemento central de la comprensión hereditaria, pero más bien sumado al control primario, configura un importante aparato de investigación. (7)

- **Ajuste del tipo de silificación**

Comprende el metasomatismo y el relleno de microfracturas de sílice o cuarzo. (SiO₂) de una roca huésped y se entrega a una temperatura entre 300 °

- 500 ° C se ve en las cajas y dentro de la vena, se describe por la destrucción total de la primera mineralogía. (7)

2.2.3.2. Geología de la mineralización

La mineralización de oro considera dos factores vitales, por ejemplo, el clima estructural y la profundidad de la corteza. En consecuencia, se caracteriza que la mineralización se forma en entornos de expansión combinado de acumulación de segmentos circulares que son reunidos bajo el nombre de "orogénico". (7)

Si bien estos límites permiten una caracterización hereditaria de los tipos de mineralización, esto se encuentra como una clase regular que se puede percibir en los dos tipos extraordinarios de condiciones y en todas las profundidades de la cubierta, Serán estos almacenes de venas instalados en intrusivos. (7)

Sea como fuere, uno de los se centra todavía en bromas en la actualidad; el trabajo de los intrusivos en la preparación de "vetas de oro facilitadas en intrusivas", es que la interrupción es por así decirlo un repositorio ideal. por otro lado, si la mineralización es el resultado de líquidos magmático identificado con interrupción. (7)

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Método de explotación en la unidad minera Poderosa

La unidad minera Poderosa utiliza dos tipos de métodos de minado: el corte y relleno ascendente como el método de minado *Open Stopping*,

2.3.1.1. Descripción del método de minado por corte y relleno

El mineral se extrae mediante franjas horizontales o vertical comenzando en la parte inferior de un tajeo y avanzando hacia arriba.

En el momento en que se realiza la extracción toda la franja completa, el volumen a rellenar correspondiente con el material estéril (relleno), que sirve

como piso de trabajo para los trabajadores y al mismo tiempo permite soportar los divisores de las cajas y, en algunos casos, el techo. (8)

En este método existe la posibilidad de aplicación muy amplias, se sugiere particularmente en aquellos yacimientos donde las cajas no son confiables y la caracterización geomecánica de rocas no es buena. La altura máxima de trabajo entre dos tajadas es de (2.5 – 3 m) es factible de controlar las cajas con el empernado de pernos de anclaje o acuñando cualquier indicio de derrumbe. (8)

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de aplicación del método de minado por *Cut and Fill* ascendente.

Tabla 3. Variables de aplicación del método de minado por *Cut and Fill* ascendente

Geometría del yacimiento	Aceptable	Optimo
Forma	Cualquiera	Tabular
Potencia de veta	Cualquiera	>3m
Buzamiento	> 30°	> 60°
Tamaño	Cualquiera	Cualquiera
Regularidad	Cualquiera	Irregular
Aspectos Geomecánicos	Aceptable	Optimo
Resistencia (techo)	> 30 Mpa	> 50 Mpa
Resistencia (mena)	S/Profundidad	> 50 Mpa
Fracturación (techo)	Alta - Media	Media - Baja
Fracturación (mena)	Media - Baja	Baja
RMR	> 40 Mpa	> 60 Mpa
Campo Tensional in - situ (Profundidad)	Cualquiera	< 1000 m
Comportamiento tenso - deformacional	Elástico	Elástico
Aspectos Económicos	Aceptable	Optimo
Valor Unitario de la mena	Media – Alto	Alto
Productividad y ritmo de explotación	Media – Baja	NA

Tomado de Influencia del método de explotación en la optimización de la producción al reemplazar el Open Stopping por corte y relleno ascendente en la veta Consuelo de Poderosa – La Libertad, pag.14 (2)

Este método tiene perspectivas de aplicación muy amplias, se sugiere particularmente en aquellos yacimientos donde las cajas no son confiables y la caracterización geomecánica de la roca no es buena. (8) Este método es más eficaz para trabajar con la mayor altura. comparable a la altura de dos cortes (2,5

- 3 m) es factible de controlar disparando o acuñar cualquier indicio de derrumbe.
(8).

- **Parámetros**

- ✓ Se debe considerar un buzamiento considerable.
- ✓ Potencia moderada aceptable.
- ✓ Mineral y roca de empaque de moderada a desvalida
- ✓ Cajas con irregular y macizo rocoso no competentes aceptable.
- ✓ Ley de mineral alto.

- **Ventajas y desventajas**

- a) Ventajas:**

- ✓ Recuperación está cerca del 100 %.
- ✓ Es excepcionalmente específico, lo que implica que los segmentos de alto grado y dejar esas regiones de segunda categoría sin explotar.
- ✓ Es una estrategia protegida.
- ✓ Puede llegar a un nivel grave de motorización.
- ✓ Es razonable para repositorios con propiedades mecánicas reales ineptas.

- b) Desventajas:**

- ✓ Mayor costo de operación en la explotación.
- ✓ Mínimo rendimiento de la producción debido a la actividad del relleno.
- ✓ Alta adquisición de materiales para el sostenimiento.

- **Ciclo minero:**

- a) Perforación**

Para este método de minado se puede realizar la perforación de taladros horizontales, verticales e inclinadas:

- Para la situación de taladros horizontales y verticales se utiliza en general material suave para tener un buen control al techo de la labor.

- Para la perforación de los taladros verticales, se aplica en rocas duras y con barrenos de perforación de 4 y 6', la ventaja que tiene que dejar suficiente área de trabajo para que la perforación se realice en el menor tiempo.
- Para la perforación inclinada es más rentable y más ventajosa la perforación vertical, ya que se realiza de manera efectiva.

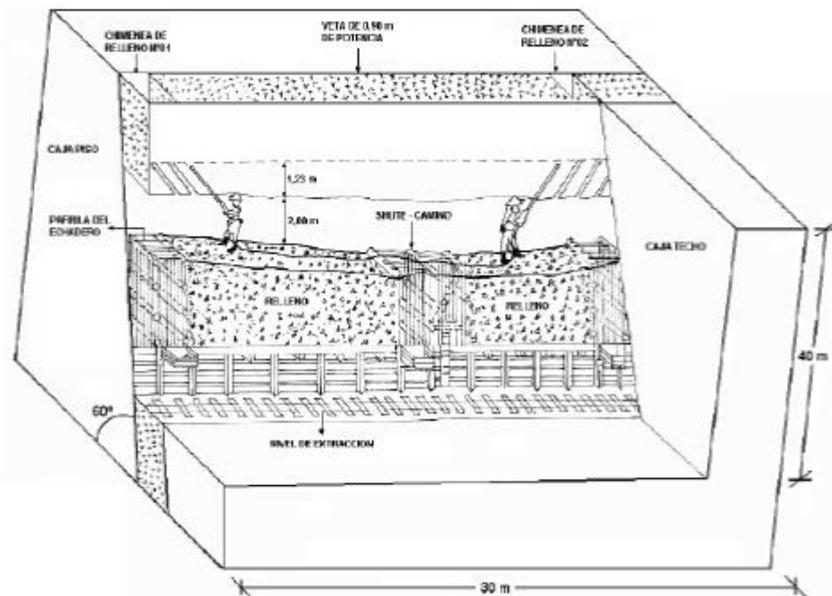


Figura 3. Perforación convencional - Cut and Fill
 Tomado de Explotación subterránea métodos y casos prácticos (9)

b) Limpieza de minerales

El mineral despojado debe separarse completa y rutinariamente del pozo.

- Con pala de mano: ya sea lanzando directamente el mineral a los echaderos de evacuación o el llenado de camiones de la UE se vacían en dicho Ore Pass. (10)
- Con Winche: consiste en jalar el mineral a través del winche los Ore Pass. (10)
- Con LHD: en el método mecanizada y cuando el corte del tajeo es de potencia amplia los equipos LHD acarrear el mineral a los Ore Pass. (10)

c) Extracción y transporte – Cut and Fill

Extracción desde el *Ore Pass* de mineral a la tolva del mineral mediante:

- Equipo sobre raíles.
- *Scoptrams* de capacidad mayor

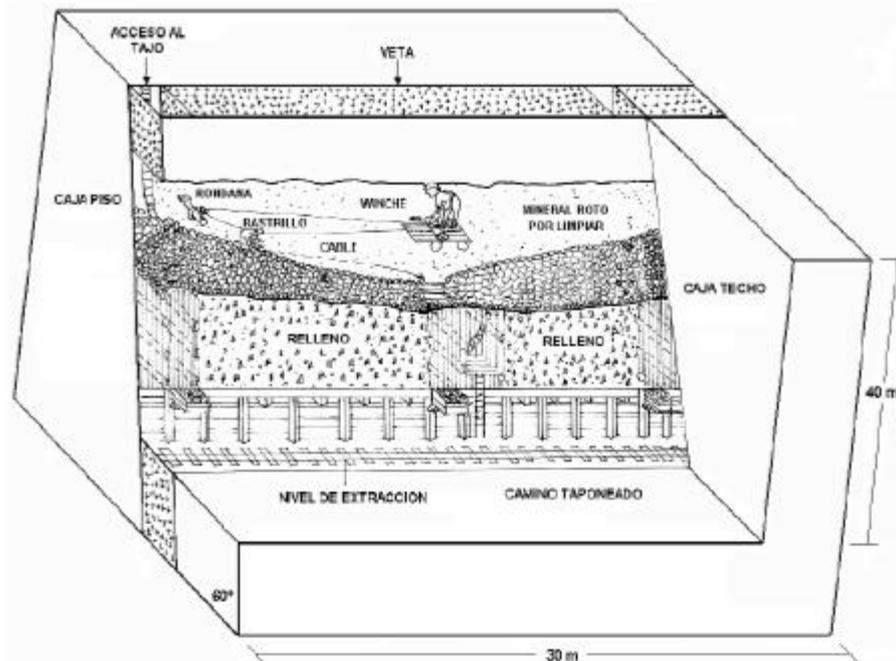


Figura 4. Limpieza de minerales con cabrestante
Tomado de Explotación subterránea métodos y casos prácticos (9)

d) Relleno – *Cut and Fill*

Para el relleno, el material está compuesto por roca estéril, que procede de las operaciones disponibles de las labores de mina, los que se encuentran diseminados en la capa exterior del pozo (relleno detrítico), además también puede ser con materiales de arena y relave con agua lo cual tiene una consistencia ideal, esto se traslada a mina (relleno hidráulico), al que de vez en cuando se le añade hormigón para conseguir una superficie de trabajo difícil.

Este relleno debe ser tan modesto como se podría esperar, tanto en su obtención como en su abastecimiento y son los siguientes:

- Llenado hidráulico: consiste en mover un relleno de material granulado fina, suspendida en un puré a base de agua, que se permite para acomodar el tajeo. (9)
- Relleno detrítico: material estéril, extraído del trabajo de planificación y mejora. (9)

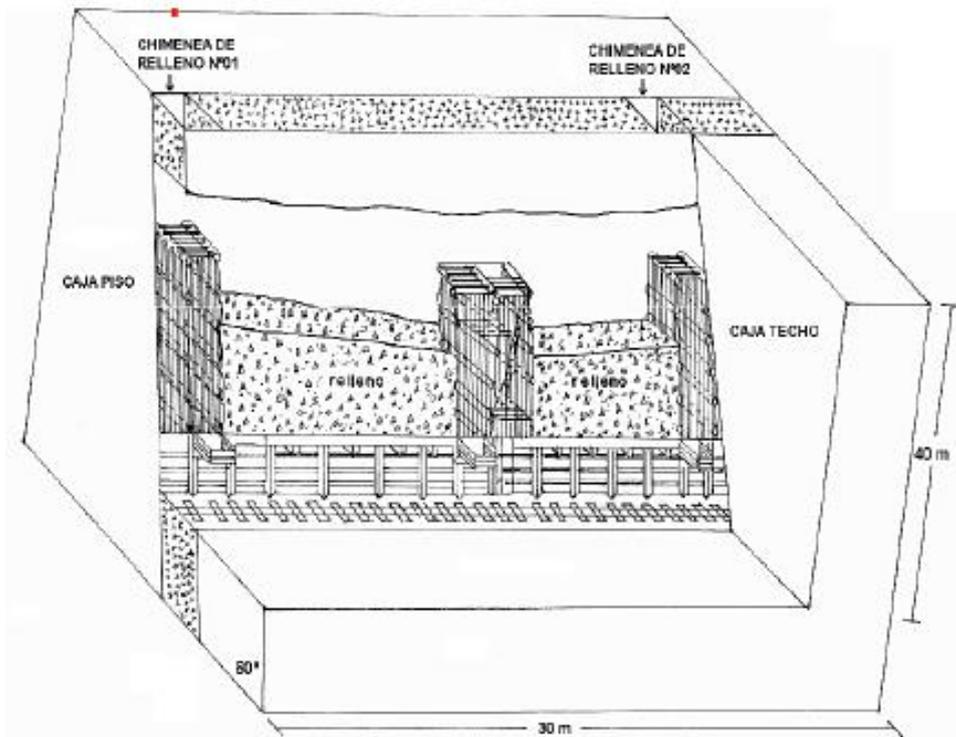


Figura 5. Preparación de los tajos y enmaderado de los chutes a rellenar – Cut and Fill
 Tomado de Explotación subterránea métodos y casos prácticos (9)

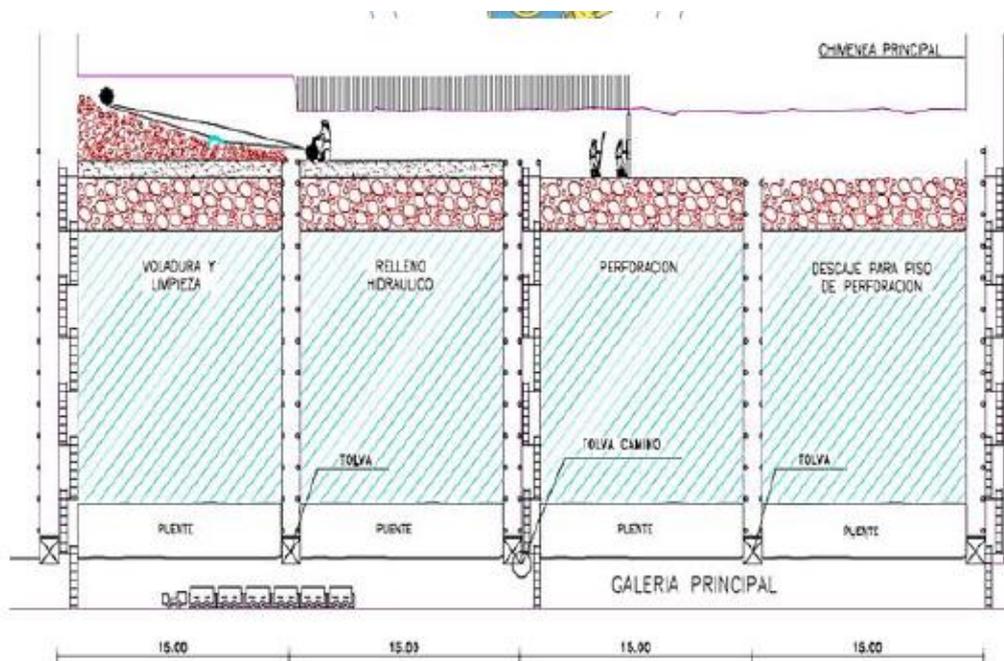


Figura 6. Ciclo de minado – Cut and Fill ascendente
 Tomado de Explotación subterránea métodos y casos prácticos (9)

- Método de minado Open Stopping

Para esta investigación utilizaremos este tipo de método de minado. Las técnicas de doble trato se caracterizan como una forma matemática utilizada para aprovechar una tienda en particular. Es el mejor enfoque para dividir el cuerpo mineralizado en áreas apropiadas. para cultivar. El abuso de una mina se caracteriza por la ordenación de actividades que permiten al minería, apilamiento y extracción de mineral, fundamental para la actividad típica que todas las administraciones adjuntas, por ejemplo: ventilación, fortaleza, drenaje, suministro de energía, aire, agua.

- **Factores de selección del método de explotación:**

- ✓ Profundidad, forma y tamaño del cuerpo.
- ✓ Ubicación (Recursos)
- ✓ Naturaleza geomecánica de la roca mineralizada y la roca de caja.
- ✓ Distribución y leyes
- ✓ Económico
- ✓ Regulación (Medio Ambiente).

- **Estándares de selección**

- ✓ Rendimiento
- ✓ Productividad
- ✓ Seguridad al personal, equipos e infraestructura
- ✓ Recuperación
- ✓ $N (\%) = \text{Reservas extraídas}$
- ✓ Reservas In situ.
- ✓ Recuperación
- ✓ Dilución
- ✓ Simplicidad
- ✓ Costos: inversión, operación

- **Método de explotación Open Stopping**

Tabla 4. Variables del diseño para el método de minado por Open Stopping

Geometría del yacimiento	Aceptable	Optimo
Forma	Cualquiera	Tabular
Potencia de veta	Angostas	1.20 m
Buzamiento	> 40°	> 60°
Tamaño	Cualquiera	Cualquiera
Regularidad	Cualquiera	Irregular
Aspectos Geomecánicos	Aceptable	Optimo
Resistencia (techo)	> 30 Mpa	> 50 Mpa
Resistencia (mena)	S/Profundidad	> 50 Mpa
Fracturación (techo)	Alta - Media	Media - Baja
Fracturación (mena)	Media - Baja	Baja
RMR	> 40 Mpa	> 60 Mpa
Campo Tensional in - situ (Profundidad)	Cualquiera	< 1000 m
Comportamiento tenso - deformacional	Elástico	Elástico
Aspectos Económicos	Aceptable	Optimo
Valor Unitario de la mena	Media – Alto	Alto
Productividad y ritmo de explotación	Media – Baja	NA

Tomado de Influencia del método de explotación en la optimización de la producción al reemplazar el Open Stopping por corte y relleno ascendente en la veta Consuelo de Poderosa – La Libertad, pag.10 (2)

El método aplicado es, en su mayor parte, el método de *Open Stopping* con sostenimiento de los puntales de seguridad y *Jackpot*, a veces, con un relleno detrítico. Esta estrategia es de manera convencional, ya que se utiliza equipos manuales, es particular y útil. Esta estrategia facilita el acceso a los tajeos a través de chimeneas que partiendo de la galería principal de acceso de forma positiva continuando y siguiendo el buzamiento de la veta determinada y avanzan en subniveles (alas), con dirección al rumbo de la veta superior hasta llegar a una determinada distancia satisfactoria de minado, que consiguiente será cortado en forma semi-vertical, con ello hacer un corte uniforme del tajeo y dar la firmeza esencial en el cual se sostendrá por grandes puntales de seguridad con *Jackpot*. (12)

- **Objetivos del método de explotación por Open Stopping**

- ✓ Dar velocidad a la minería, consiguiendo una rotura mineral más destacable.
- ✓ Obtener hasta 4 cortes secuenciales
- ✓ Tener mineral rápido con la piratería

- **Parámetros**

Aplicado en los tajeos deben cumplir las siguientes características:

- ✓ Cajas competentes en el mineral y roca
- ✓ Aprovechamiento de la gravedad con un buzamiento mayor de 45 °
- ✓ Clasificación geomecánica de macizo rocoso: regular de calidad RMR > 40
- ✓ No se generan aberturas circundantes al tajeo
- ✓ Aplicación en potencia correspondiente de 0,5 m a 1,5 m

- **Las variantes del método de explotación Open Stopping**

- ✓ Over Hand Open Stopes (tajeos abiertos ascendentes)

Se hace una pequeña chimenea y un recipiente en el punto focal del pozo, en el nivel inferior, los subniveles a las pilas.

- ✓ Over Underhand Open Stopes (tajeos abiertos descendentes)

- **Ventajas y desventajas:**

- a) Ventajas**

- ✓ Bajo costo de minado
- ✓ Labores de preparación mínimos y sencillos
- ✓ Preparación simple y rápida
- ✓ Mínimo costo de operación

- b) Desventajas**

- ✓ Tipo de yacimientos poco común para aplicar este método de minado.
- ✓ Mínimas condiciones de seguridad.
- ✓ Recuperación del mineral mínima.
- ✓ Desfavorable para mecanizar la explotación.
- ✓ Productividad mínima.

- **Descripción del método de minado Open Stopping**

- a) Etapa de preparación**

Una vez el tajeo sea determinado, se pasa a dejar un puente de seguridad de entre 2 metros a 5 metros desde la galería principal, se realiza los trabajos del subnivel y chimeneas, también que serán usados como accesos y después se realizaran el armado de las tolvas que se utilizan para vaciar el mineral, ya sea en convoy o en equipo mecanizado. (13)

- b) Etapa de explotación Open Stopping**

En el subnivel de 1,20 m x 1,80 m, ya completado actualmente, la mejora se realiza hasta adquirir una altura de 2,40 m a 2,50 m, se realizan 6 cortes, consiguiendo una altura total de 10 m, los excesos de carga se vacían a través de las tolvas, hasta llegar a una altura de perforación de 2,40 m del piso hasta la corona, luego, en ese punto, comienza con los cortes en *Breasting* de pecho de toda la cámara agujero recién listo hasta que se haya arreglado todo el cuadrado. (13)

- c) Enmaderado del método de explotación Open Stopping**

Es el sostenimiento más fácil y a menudo es utilizada para los tajeos se utilizan puntales de madera redondos de 7 a 8 pulgadas de ancho son en general utilizados y cuarterones de 8 "x 8", de longitudes fluctuantes de 3 a 10 pies de largo. (13)

- **Partes de un puntal:**

- ✓ Cabeza: es el extremo superior que va hacia la caja del techo. (13)
- ✓ Cuerpo: es la longitud total o puntal. (13)
- ✓ Pie: es el extremo inferior que se fija en la plantilla de la caja piso. (13)

Además, se realiza con dos componentes auxiliares:

- ✓ Plantilla: es una tabla de madera de 2 o 3 pulgadas de grosor con una longitud fluctuante de 18 a 22 pulgadas, según el diámetro del puntal que se coloca en la cabeza del puntal, que ejerce presión en el techo. (13)

✓ Patilla: es una pequeña excavación que se realiza en una caja nivelada de 2" a 8" pulgadas de profundidad dependiendo, de la dureza de la roca para evitar que el puntal se resbale. (13)

- **Control del método de explotación Open Stopping**

Entre cortes acumulados se controlan la tacho y piso, dejando pilares según, estándares de la compañía, a fin de evitar el pandeo. (13)

Para el enmaderado se coloca puntales según los estándares de la compañía, a fin de evitar el pandeo. (13)

La perforación debe ser paralela al buzamiento de la veta y preservar la potencia, tratando de no picar la caja, lo que provoca inestabilidad y debilitamiento como dilución al tajeo. (13)

2.3.2. Operaciones unitarias en la explotación de un tajeo

2.3.2.1. Perforación

La perforación es la actividad principal antes de realizar la voladura, su propósito es abrirse en la roca abrir huecos cilíndricos llamados taladros que son realizados para albergar el explosivo y sus accesorios. (13)

La regla de la perforación se basa en el efecto mecánico de percusión y rotación, en el cual la acción del golpe y fricción produce el estallamiento y la trituración de la masa rocosa, para una buena voladura eficiente, en función a la perforación es importante con la selección del explosivo. (13)

Se debe terminar con capacidad de decisión y cuidado, la calidad de los taladros que se perforan, son controlado por cuatro condiciones: diámetro, rectitud, longitud y estabilidad. (13)

2.3.2.2. Voladura

Actividad de romper o dividir el macizo rocoso utilizando explosivos y accesorios en las aberturas realizadas por la perforación estas son (Dinamita

Semexsa 45%, Emulnor 3000, Carmex 1,5 m, Carmex 2,4 my Mecha Rápida)".
(13)..

2.3.2.3. Limpieza (carga y transporte)

Actividad de apilamiento y envío del material dividido por la voladura a un lugar dependiendo del tipo de material, en caso de que sea mineral para plantar y en caso de que sea desmonte para un botadero, dentro de la mina, La limpieza en este método se realiza con Winche hacia la tolva, para luego ser sacado a fuero con un convoy de carros metaleros esto producto del tajeo. (13)

2.3.2.4. Sostenimiento

En todas las actividades mineras, el sostenimiento de las labores es un trabajo adicional y necesario de alto costo que disminuye la velocidad de avance y producción sin embargo que simultáneamente es una interacción fundamental para proteger al personal y al equipo, tenemos dos tipos: (13)

a) Soporte activo

Es el refuerzo de la roca donde los componentes de sostenimiento son una parte integral de la masa de rocosa, estos se muestran en la figura adjunta. (13)



*Figura 7. Tipos de sostenimiento activo
Tomado de Sostenimiento en minería subterránea*

b) Sostenimiento pasivo

Son los elementos de sostenimiento, son externos a la roca y dependen del movimiento interno de la roca que está en contacto con el perímetro excavado, tales como: malla, cimbras, cintas metálicas, shoøet, sostenimiento con madera

(cuadros rectos, cuadros cojos, cuadros cónicos, criben con puntales y Jack Pot).

(13)

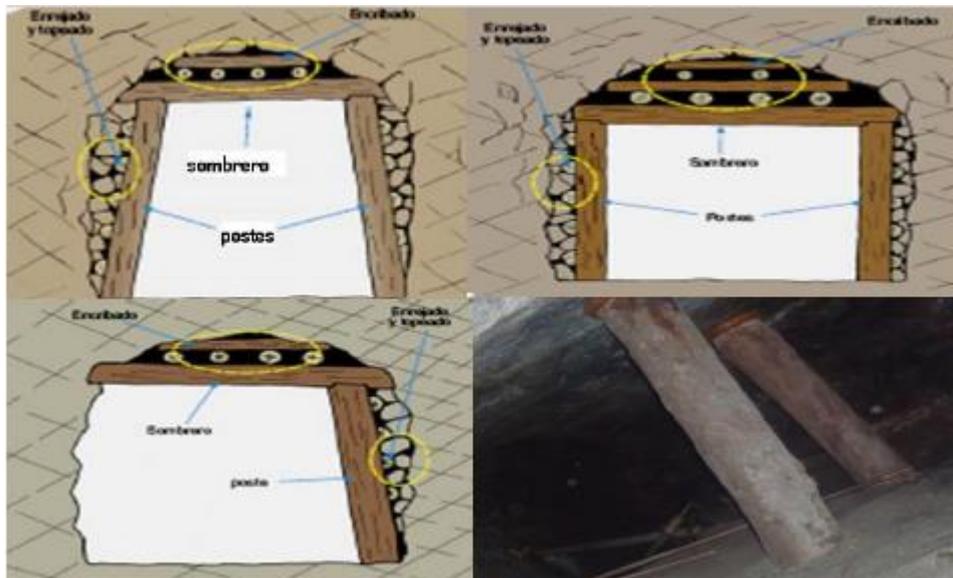
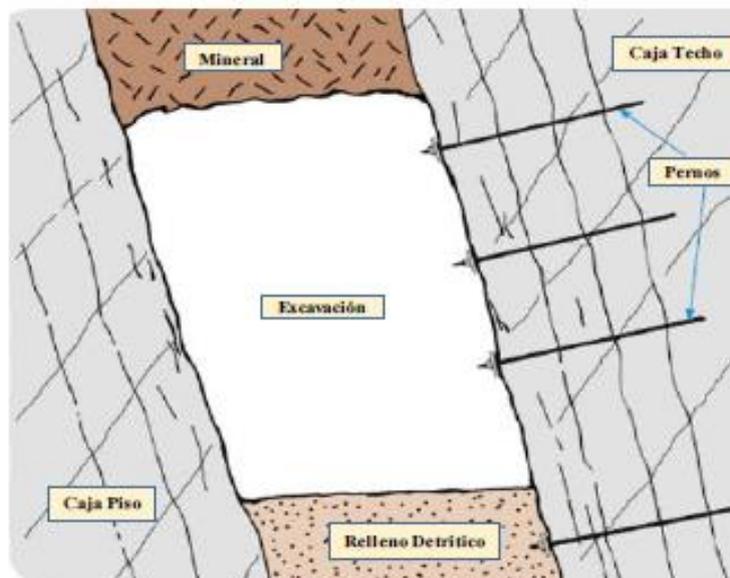


Figura 8. Sostenimiento pasivo con madera
Tomado de Sostenimiento en minería subterránea

2.3.2.5. Relleno detrítico

Es la actividad realizada con el objetivo de rellenar los tajos con material estéril, sacado de las labores de preparación y desarrollo. (13)

Este proceso está enfocado al área de producción en la actividad de relleno para que esta actividad tenga éxito, es necesario difundir a todo el personal que labora en los tajeos. (13)



**Figura 9. Sostenimiento perno y relleno detrítico.
Tomado de Sostenimiento en minería subterránea**

El objetivo es garantizar un llenado uniforme y bien hermetizado, asegurando una extracción más productiva de mineral roto y dar condiciones ideales a la perforación, que tiene una altura de 2,10 m a 2,50 m. En el relleno se debe considerar: (13)

- ✓ Disponibilidad inicial del tajo.
- ✓ Sostenimiento preventivo
- ✓ Control y estabilidad del tajeo
- ✓ Material para el relleno.
- ✓ Diseño y desarrollo de equipos

2.3.2.6. Patilla: agujero construido en la caja piso para albergar parte del puntal o postes de los cuadros. (13)

2.3.2.7. Ranfla: es el entablado realizado en las chimeneas con una inclinación, con el objetivo de bloquear la sección de material o puntos no deseados. (13)

2.3.2.8. Dilución: es la reducción de la ley en la medida de material por debajo, al menos elimine el grado o la mezcla de materia estéril con un mineral modesto. (13)

2.3.2.9. Herramientas de gestión

Son generalmente aquellas herramientas que nos permiten realizar trabajos, libre de incidencias. Por ejemplo, ATS, IPERC, PETS, PETAR, etc. (13)

a) Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS). Documento que contiene la representación explícita de cómo completar o realizar una el trabajo o desarrollar una tarea de manera correcta de inicio a fin. (13)

b) Permiso Escrito de Alto Riesgo (PETAR). Documento firmado por cada turno por el ingeniero supervisor y el jefe de área, donde se realiza el trabajo

mediante el cual se autoriza a realizar trabajos en zonas o ubicaciones más peligrosas y se considera de alto riesgo. (13)

Algunos trabajos que son considerados como de alto riesgo como trabajos en altura, trabajos en espacios, trabajos en caliente, etc. (13)

c) Medidas de identificación de peligros, evaluación de riesgos y control (IPERC). Es una herramienta de gestión en seguridad que se realiza para trabajos que tiene PEST. (13)

Para disminuir el riesgo tenemos los controles que lo acompañan:



*Figura 10. Jerarquía de controles
Tomado de Seguridad Cía. Poderosa*

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Métodos de la investigación

a) Método general

En forma general se empleará el método científico, porque se construye a base de datos empíricos *in situ* del método de minado por *Open Stopping* en los trabajos de sostenimiento de los tajeos en la unidad minera Poderosa.

b) Método específico

El método específico a emplear es el método experimental inductivo – deductivo. Se deduce la optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos a fin minimizar los costos excesivos por el uso de madera en el sostenimiento de los tajeos del método de minado por *Open Stopping* en la unidad minera Poderosa.

El método analítico porque tras la mejora de consumo de madera para el sostenimiento de los tajeos utilizados en el método de minado por *Open Stopping* se podrá reducir el costo de minado en la unidad minera Poderosa.

3.1.2 Alcances de la investigación

a) Tipo de investigación

La investigación es aplicada, porque el objetivo de la investigación es optimizar

del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la unidad minera Poderosa.

b) Nivel de investigación

Descriptivo, porque trata de explicar la optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para reducir el costo de minado por *Open Stopping* en la unidad minera Poderosa.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Todos los tajeos de sostenimiento con puntales de madera del método de minado por *Open Stopping* ascendente de la unidad minera Poderosa.

3.3.2 Muestra

Tajeo de sostenimiento con puntales de madera del método de minado por *Open Stopping* de la veta Lola del Tajeo 2150 de la unidad minera Poderosa.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

En la presente investigación se realizará la recolección de datos en campo *in situ* mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales en los trabajos de sostenimiento con madera de los tajeos por el método de minado de *Cut and Fill* ascendente.

Para la recolección de datos de sostenimiento con madera de los tajeos, informes diarios, informes mensuales y anuales se usó tesis, libros, catálogos del equipo de perforación y laptop para el procesamiento de los datos.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, reporte de trabajos de sostenimiento con madera de los tajeos, de

la unidad minera Poderosa.

3.4.3 Metodología de trabajo

Para lograr los objetivos planteados se propone la siguiente metodología de trabajo para la factibilidad del sostenimiento con madera utilizado para los tajeos del método de minado por *Open Stopping* en la unidad minera Poderosa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación en el uso de madera para el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la en la unidad minera Poderosa.

La veta Lola está constituida por dos niveles: uno bajo con cota de 2 100 y la cota alta con 2800, por ello se tiene una altura de sobrecarga de 300 metros, de ello podemos ver que la carga litostática va aplicando una fuerza vertical, la cual va directo a las labores mineras, ejerciendo fuerzas mayormente en las cajas de la labor, al tomarse las disposiciones fundamentales sobre la estabilidad, las tensiones que ocurren a una profundidad específica son los esfuerzos vertical y horizontal.

4.1.1Cuerpo mineralizado veta Lola del tajeo 2150

El cuerpo mineralizado de la veta Lola del tajeo 2150 tiene una potencia de 1.12 metros, lo cual hace su explotación factible. La estructura de las vetas hace referencia al modelo estructural del batolito de Patas, lo cual es viable continuar con las exploraciones de mineral de oro, en profundización.

En la siguiente figura se muestra el modelo estructural de la veta Lola

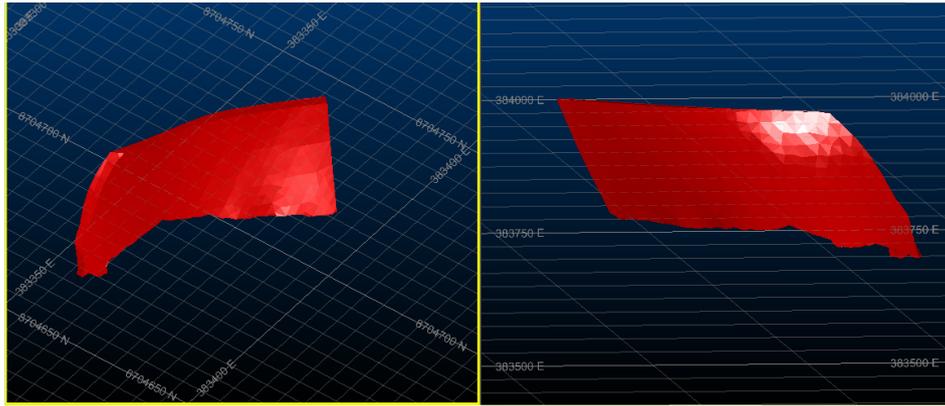


Figura 12. Modelo estructural de la veta Lola
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Evaluación geomecánica de veta Lola del tajeo 2150

La evaluación geomecánica para el método de minado por *Open Stopping* en la veta Lola del Tajeo 2150 de la unidad minera Poderosa se muestra en la siguiente tabla

Tabla 5. Evaluación de la caracterización geomecánica para la aplicación del método de minado por *Open Stopping*

TAJEO	POTENCIA (m)	BUZAMIENTO (grados)	TIPO DE ROCA	TONELAJE (tms)	LEY Gr Au/TMS
2150	1.12	56	III – A regular	42.435	12.77

Tomado del área Geomecánica Poderosa (13)

El estudio geomecánico para la veta Lola para el método de minado por *Open Stopping* es lo ideal.

En la siguiente tabla se muestra la caracterización geomecánica de los tajeos de minado en la veta Lola del Tajeo 2150 respectivamente.

Tabla 6. Evaluación de la caracterización geomecánica de los tajeos de explotación veta Lola Tajeo 2150

TAJEO	EVALUACION DEL GSI			EVALUACION DE BIENIAWSKI			TIPO DE SOSTENIMIENTO
	MINERAL	CAJA TECHO	CALIDAD	RMR	CALIDAD	TIEMPO	
2150	F/R	F/B	Regular	55	Regular	Inmediato	Uso de puntales de madera
2150	F/R	F/B	Regular	50	Regular	Inmediato	Uso de puntal con Jack pot

Tomado del área Geomecánica Poderosa (14)

4.1.3 Preparación veta Lola del Tajeo 2150 para el método de minado por *Open Stopping*

a) Método de minado por *Open Stopping* - Preparación de las chimeneas

La preparación de un tajeo comienza con el desarrollo de las chimeneas de compartimentos dobles (Buzón - Camino), las cuales son enmaderadas con cuadros de avance establecidos en 2 partes; el primero se realizó el camino y en ese punto se trabaja con la realización del buzón, una vez avanzado 10 metros, ya se empieza con el armado de tolva considerando una gradiente de caída en 45° para la caída del mineral sin problemas, la segunda es la realización de la chimenea se encuentra normalmente a lo largo del lado del tajeo, las chimeneas deben tener una parte de 2,40 m x 1,50 m después de su tendencia, al igual que para la veta y dirigidas con la caja piso y caja de techo.

b) Preparación de los subniveles

El subnivel comienza desde la chimenea al costado respectivamente, el puente debe estar del techo de la galería hacia el piso del nivel a una altura de 5 metros, la sección del sub nivel es de 1.20 x 1.80 metros.

Este trabajo de preparación se realiza siempre al lado de la caja piso siguiendo la veta, para adquirir altura se realiza un corte de 2,40 a 2,50 metros, tras el material roto se cantonea a mano un par de metros para realizar la limpieza, una vez realizado esto aquí se introducen los Winches para una producción efectiva en la limpieza del tajeo.

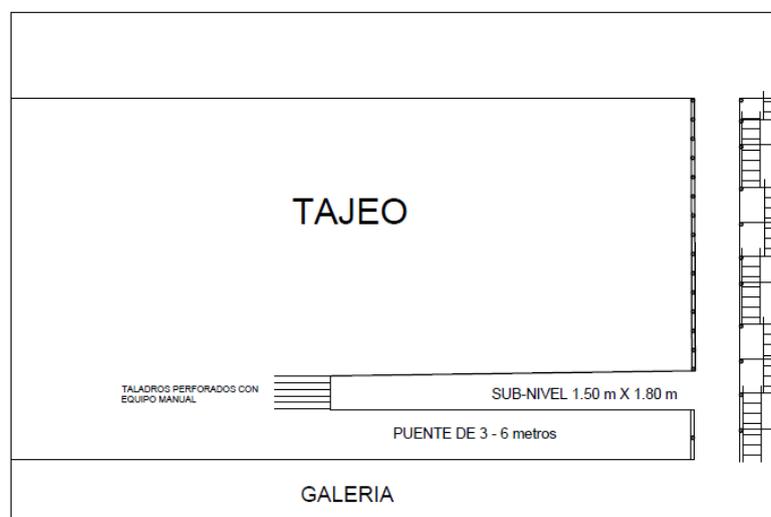


Figura 11. Preparación del tajeo - método *Open Stopping*

Fuente: Elaboración propia

c) Preparación de la cámara del Winche

El equipo se coloca a un lado de la chimenea, la cámara del equipo tiene una sección de 2.0 x 2.0 metros y una profundidad de 2.5 metros, se realiza una plataforma en el cual se posicionan dos puntales encima se clavan tablonces realizando una plataforma para que se posicione el equipo el mismo que fue trasladado de una labor terminada, el winche de arrastre utilizado es de 30 hp, con una rastra de 24 "o 36" pulgadas.

d) Preparación de tajeros de la cámara de Winche

Para la limpieza para el siguiente sub nivel se deja una altura de 2 a 3 metros en la chimenea más cercana y esta cámara debe tener un área de 3 x 1.2 x 10 metros, se realiza la perforación de la cara libre en la cámara, esto siempre en cuando la potencia de la veta se acorta o se reduce, la cámara y se empieza a realizar el tajeo (para la altura de la cámara va dependerá de las condiciones geomecánicas del macizo rocoso, fluctuando en lo indicado por un informe anterior y podría estar por debajo de los 10 m).

4.1.4Ciclo de minado del método de minado por *Open Stopping* veta Lola del Tajeo 2150

a) Perforación del tajeo 2150

Una vez realizada la preparación y sostenido toda la cámara en el tajeo, se realizan la colocación de las tablas sobre los puntales, para tener el piso, al tajar se tiene una cara libre lo cual la perforación se realiza en *Breasting* y forma manual con equipos *Jack leg* RNP, con un juego de barrenos de 4 y 6 pies con una broca cónica de 36 mm de diámetro, se tajea en rebanadas verticales, la perforación se inicia con barreno de 4 pies y luego se re perfora con los barrenos de 6 pies en todos los taladros perforados.

• Diseño de la malla de perforación para el método de minado por *Open Stopping*

- ✓ Malla triangular con 3 orificios
- ✓ Distancia entre las cajas = 0,15 m
- ✓ Dispersión o espaciamiento = 0,90 m

✓ Burden = 0.45 m

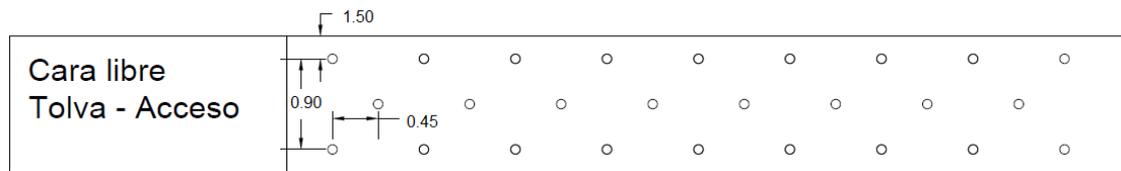


Figura 12. Diseño de malla de perforación tajeo 2150
Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo del número de filas**

✓ $NF = \text{Longitud de la perforación} / (2 * \text{Carga})$

✓ $NF = \frac{6}{2 \times 0.45} = 6.67 = 7 \text{ filas}$

- **Cálculo del número de taladros del corte.**

✓ $NT = (N^\circ \text{ de las filas}) * (N^\circ \text{ de aberturas en la malla triangular})$

✓ $NF = 7 \times 3 = 21 \text{ taladros}$

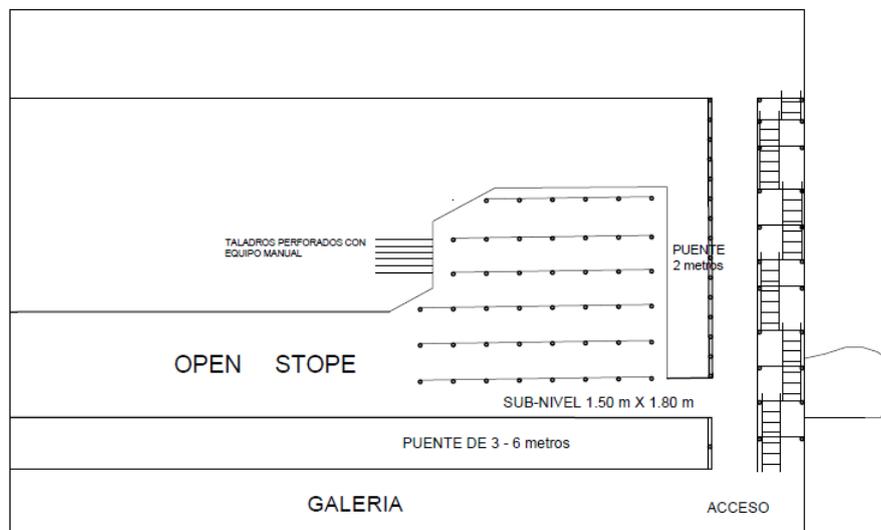


Figura 13. Perforación del método de minado - Open Stopping
Fuente: Elaboración propia

b) Voladura del tajeo 2150

Para realizar el carguío; en primer lugar, se realiza la limpieza de los taladros perforación, realizando el soplado respectivo con la manguera de aire, después se realizan los cebos con el cartucho Emulnor 45 % y Carmex de 2.40 metros, con el atacador de madera hasta introducirlo al final del taladro, para luego seguir cargando con 6 cartuchos en cada uno de los taladros sentados en

parejas, con su respectivo atacado hasta el final con mecha rápida, los Carmex son amarrados de forma sucesiva.

- **Cálculo del consumo de kilogramos de explosivo por cada taladro.**

- ✓ $Kg / Tal. = (N^{\circ} \text{ cartuchos} / Tal.) * Kg \text{ un cartucho}$

- ✓ $\frac{Kg}{Tal.} = 7 \times 0.0951 = 0.67 \text{ kilogramos}$

- **Cálculo de los kilogramos de explosivo de total de taladros.**

- ✓ $Kg T = (NT) * (Kg / Tal.)$

- ✓ $Kg T = 21 \times 0.67 = 14.07 \text{ Kg de explosivo}$

- **Volumen y peso del mineral quebrado por corte**

- ✓ $V = A * H * L * F. (15)$

- ✓ $TM = A * H * L * PE * F. (15)$

Dónde:

- ✓ A: ancho de minado. (15)

- ✓ H: altura de corte (longitud de perforación de cada taladro). (15)

- ✓ L: longitud del tajo. (15)

- ✓ PE: gravedad específica del mineral. (15)

- ✓ Fe: factor de esponjamiento. (15)

- ✓ $V = 1,20 \times 1,58 \times 6 \times 1,03 = 11,72 \text{ m}^3.$

- ✓ $TM = 1,20 \times 1,58 \times 6 \times 2,85 \times 1,03 = 33,39 \text{ TM}.$

- **Cálculo del Factor de potencia**

- ✓ $FP = Kg E / TM$

- ✓ $FP = \frac{14.07}{33.39} = 0.421 \text{ Kg/TM}$

La cantidad de mineral tras el impacto es insignificante, lo que infiere una baja producción de mineral.

4.2 Evaluación de las variables técnicas operacionales del uso de *Jackpot* para mejorar el encaje de puntales de seguridad en el sostenimiento de tajeos en la unidad minera Poderosa

4.2.1 Variables técnicas operativas del *Jack Pot*

El *Jackpot* es un dispositivo de pretensado accionado por agua para puntales de madera usado en el sostenimiento del tajeo 2150 veta Lola. Fue diseñado por New Concept Mining en la última parte de la década de 1990 y se ha consolidado como un elemento principal en la minería mundial

El *Jackpot* aplica un pretensado a los puntales de seguridad de madera a la hora de su establecimiento, ofreciendo una ayuda dinámica rápida a la caja techo, creando un entorno de trabajo mucho más seguro para los trabajos de sostenimiento en tajeos.

En la siguiente figura se muestra el diseño y características de un *Jackpot* utilizada para el sostenimiento con puntales de seguridad utilizada en el tajeo 2150 de la veta Lola.



***Figura 14. Descripción del Jack pot
Tomado de New Concept Mining Jackpot (16)***

Los *Jackpot* se accionan bajo factores de presión de 120 a 140 bar y los puntales de seguridad soportan en promedio entre 20 toneladas métricas y 50 toneladas métricas y manteniéndolos firmemente establecidos aplicando presión contra la caja techo y la caja piso, haciendo más seguro el sostenimiento de los tajeos.

Los *Jackpot* tienen la característica peculiar en el mecanismo de inflado patentado “*roll-over*” que se adapta a la superficie de las cajas y dan resistencia al sostenimiento.

En la siguiente figura se muestra la adaptabilidad del *Jackpot* a la superficie de la roca tras el inflado “*roll – over*”

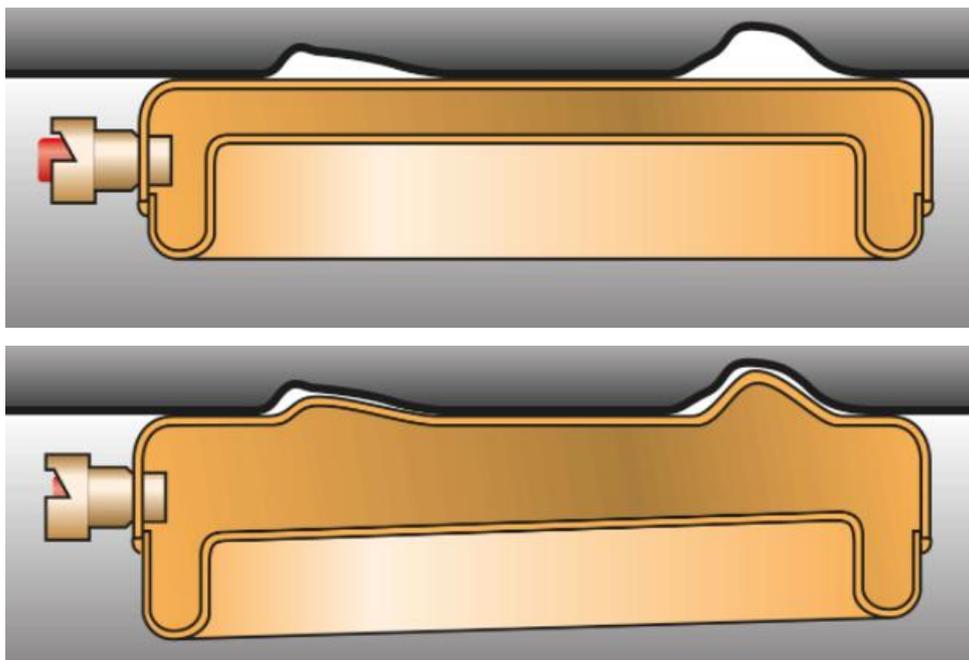


Figura 15. Adaptabilidad del *Jackpot* a la superficie de la roca tras el inflado *Roll – Over*
Tomado de New Concept Mining. Jackpot (16)

4.2.2 Especificación técnica de la válvula de auto-audible

Los dispositivos de pretensado *Jackpot* ahora podrían acompañar a un indicador de carga que proporciona al trabajador encargado del sostenimiento una afirmación visual de que se ha introducido con el factor de presión correcta. Este sistema es viable con el nuevo perno de anclaje Hydrabolt Tri-flap.



**Figura 16. Especificación técnica de la Válvula de auto-audible
Tomado de New Concept Mining. Jackpot (16)**

4.2.3 Ventajas del uso de *Jackpot*

- ✓ Rápido y sencillo de instalar
- ✓ Pretensado rápido de las cajas
- ✓ Sostenimiento activo e inmediato reduce el daño a los puntales de seguridad de madera por la voladura.
- ✓ Su diseño Roll Over aumenta la capacidad de carga soportante
- ✓ Válvula interior a prueba de las voladuras

4.3 Minimizar las variables del consumo de madera en el sostenimiento de los tajeos para el método de minado *Open Stopping* en la mina en la unidad minera Poderosa

Una vez realizada el desatado de rocas sueltas, se realiza el colocado de los puntales de seguridad, con una separación de 1,20 metros de forma perpendicular a la caja techo y caja piso, de eje a eje, las dimensiones de los

puntales 7" a 8" de diámetro con 10 pies de largo los cuales son redondos de madera. Para más seguridad se colocan también los *Jackpot* en uno de los extremos del puntal, se debe colocar estos puntales una vez realizado la voladura en el corte realizado que se sitúa a 0.50 metros del corte respectivo, una vez realizado aquello se realiza la plataforma con tablas de dimensiones de 3 metros de longitud con 0.30 metros de ancho con el simple hecho para la seguridad de los trabajos y puedan desplazarse con seguridad en la plataforma.

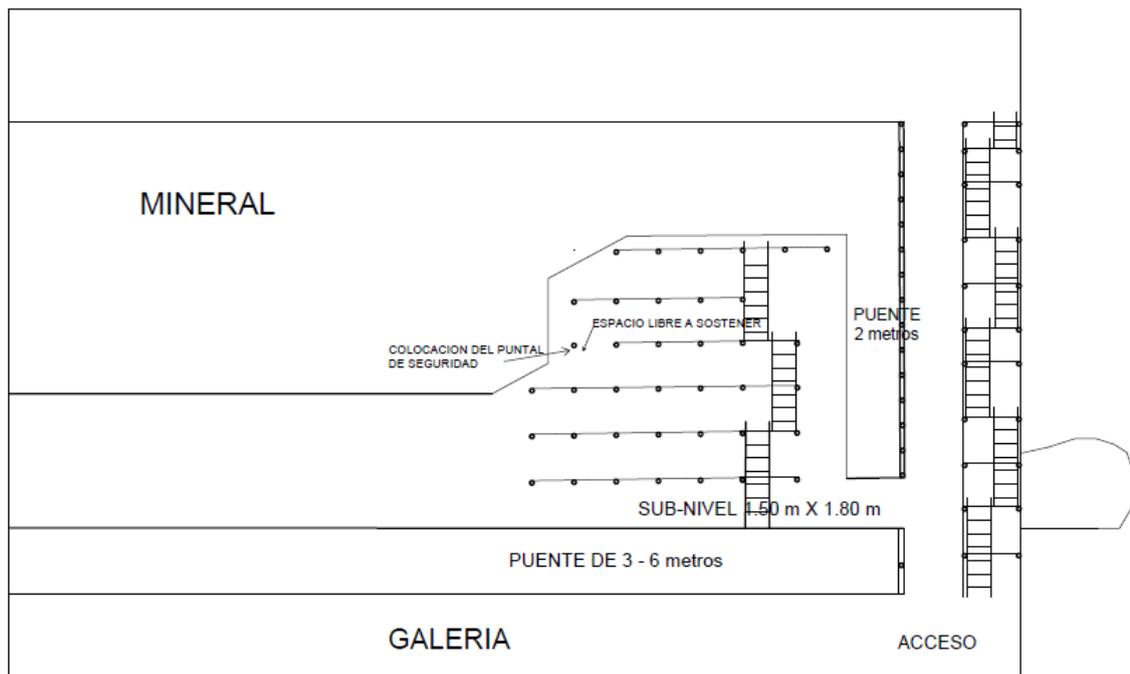
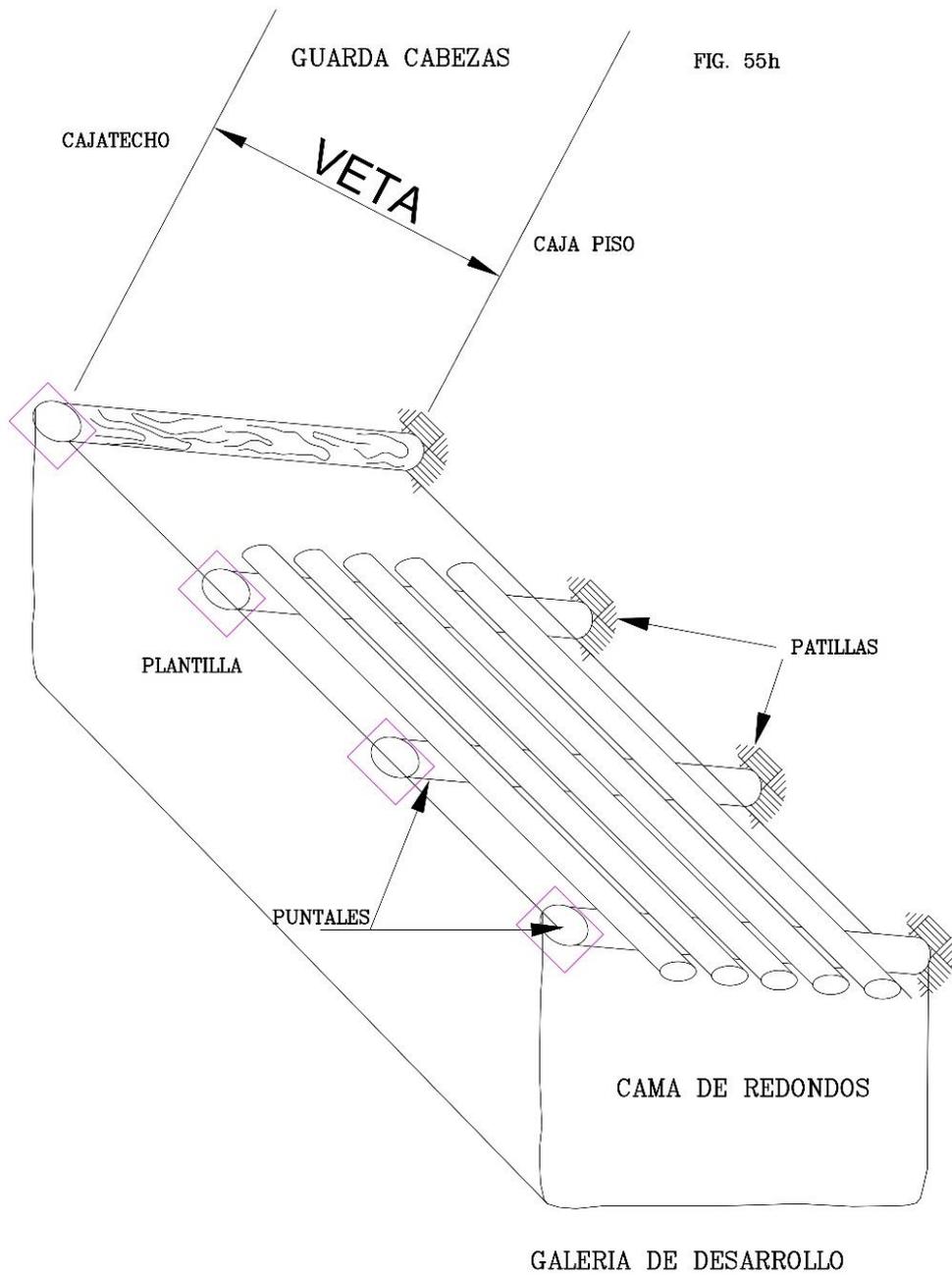


Figura 17. Puntales de seguridad - método Open Stopping
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra la distribución de los puntales de seguridad en el sostenimiento del tajeo 2150 de la veta Lola



**Figura 18. Puntales para la galería de desarrollo de la veta Lola del tajeo 2150
Tomado del área Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)**

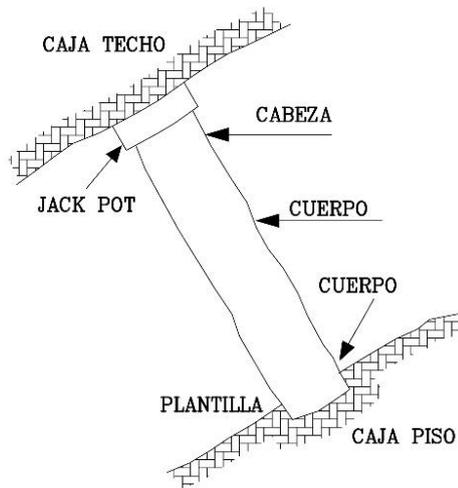


FIG. 55a

MOVIMIENTO DE LA CAJA

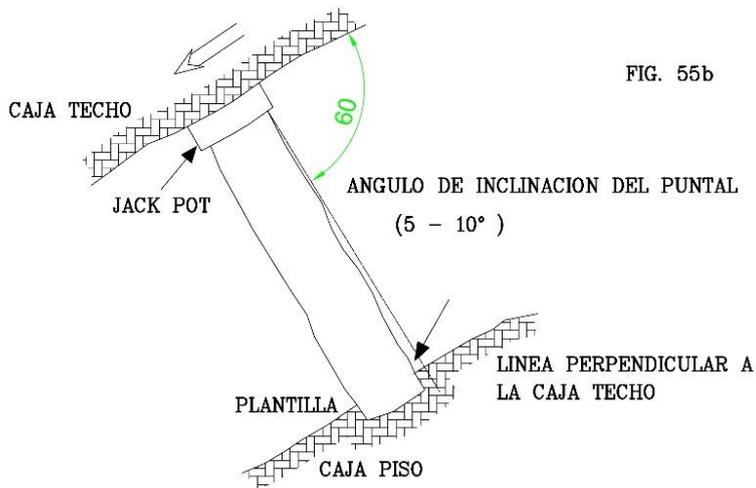


FIG. 55b

Figura 19. Descripción de los puntales de seguridad con Jackpot en la veta Lola del tajeo 2150 Tomado del área Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

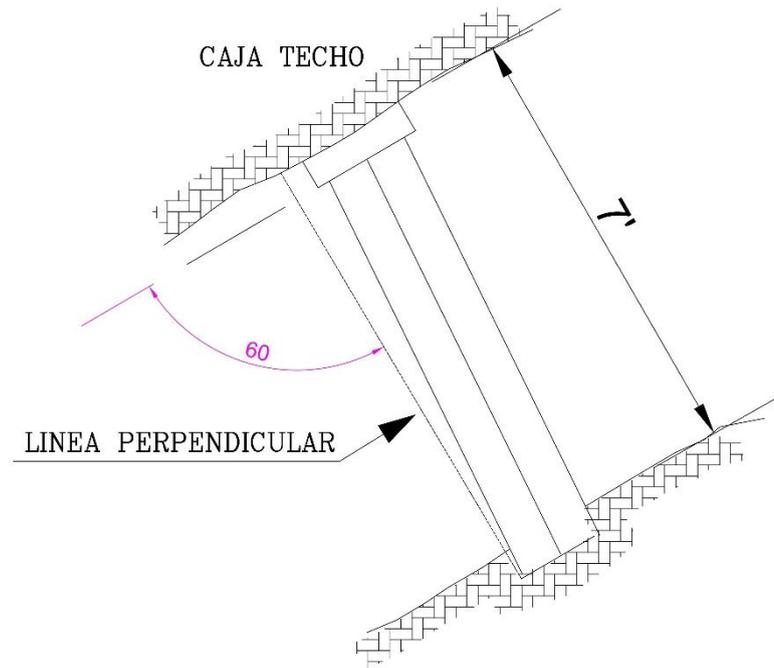
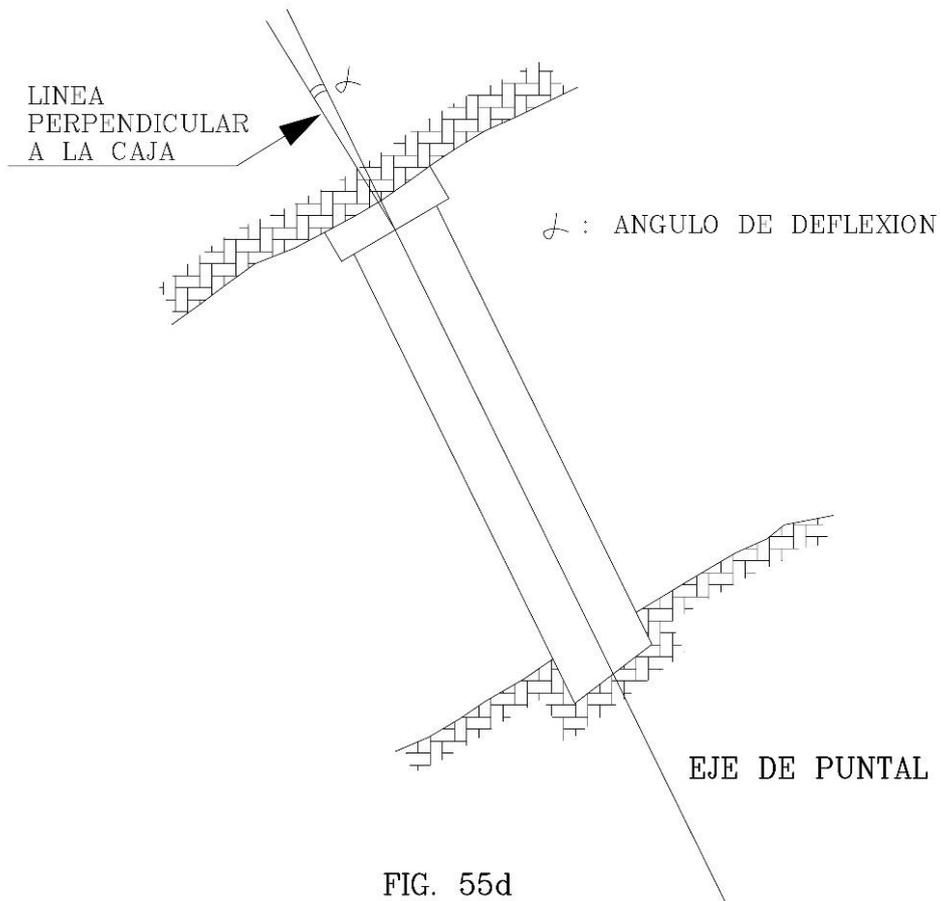
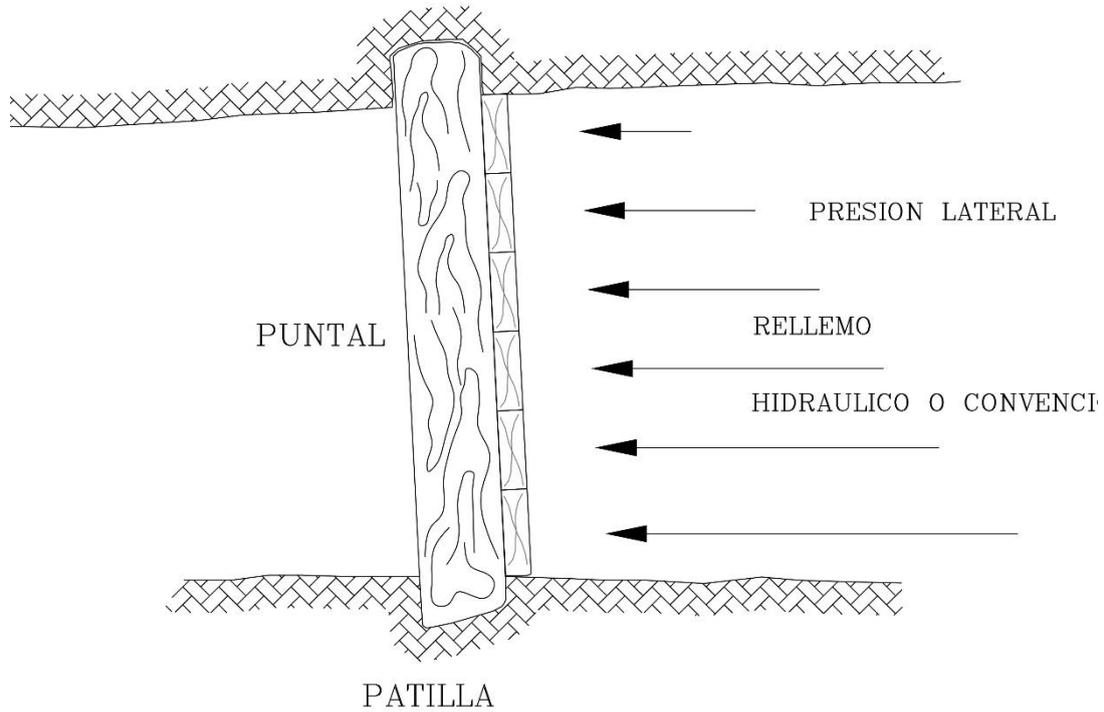


Figura 20. Línea perpendicular para el colocado de los puntales de seguridad con Jack Pot en la veta Lola del tajeo 2150 Tomado del área Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)



ANGULOS DE REFLEXION RECOMENDADOS PARA PUNTALES	
BUZAMIENTO DE LA VETA	ANGULO DE DEFLEXION
10	2.5
20	5.0
30	7.5
40	10.0
50	12.5
60	15.0

**Figura 21. Ángulos recomendados para la colocación de los puntales de seguridad con Jack Pot en la veta Lola del tajeo 2150
Tomado del área Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)**



DISPOSICION DE LA PLANTILLA

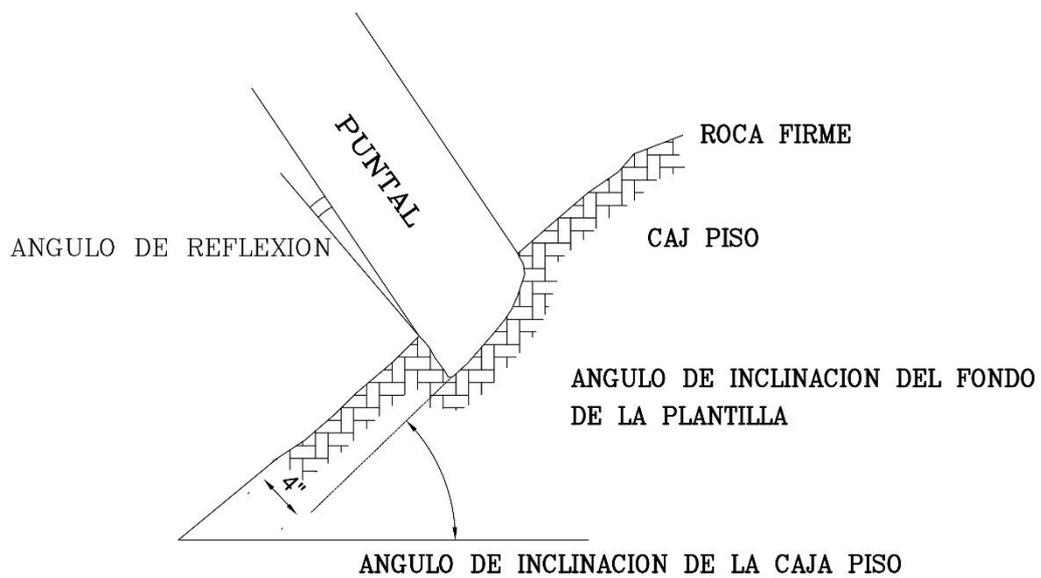


Figura 22. Colocación de puntales para resistir presiones laterales en la veta Lola del tajeo 2150
Tomado del área Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

4.3.1 Limpieza del tajeo 2150 veta Lola

Para poder limpiar el tajeo una vez realizado la voladura, se cuenta con rastrillo y Winche, en el que se aprovecha la dirección de buzamiento del tajeo, el mineral roto es transportado por el rastrillo a la chimenea más próxima al Winche, es el que acciona 30 HP de potencia, por medio de dos cables de acero y poleas, el mismo trabajador que realizo la perforación y voladura, de los tajeos de los cuales han sido capacitados para realizar esta actividad.

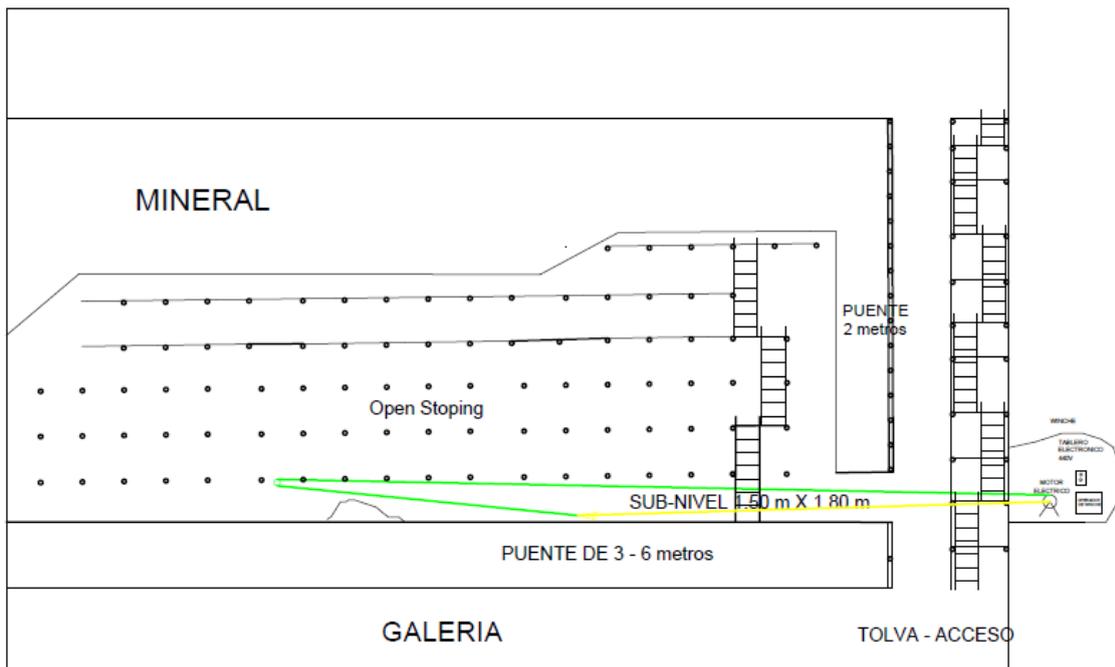


Figura 23. Diseño de la limpieza con winche y rastrillaje para el método Open Stopping
Fuente: Elaboración propia



**Figura 24. Equipo Winche para la limpieza para el método Open Stopping
Tomado del área Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)**

- **Cálculo de la eficiencia del rastrillo**

La eficiencia del rastrillo en operaciones es de 60% en condiciones de trabajo en el tajeo 2150, veta Lola

Datos:

Tabla 7. Cálculo de la capacidad real de la rastra por Condiciones de trabajo

WINCHE		WINCHE DIMENSIONES(m)	
Nº	114	ALTO (H)	0,55
RASTRA	40	ANCHO (A)	1.15
HP	30	LARGO (L)	1,35
Volumen de la rastra (V)	$V = 1/3 (L \times A) \times H$		
	$V = 1/3 (1.35 \times 1.15) \times 0.55 = 0.28 \text{ m}^3$		
Volumen Real (VR)	$VR = V \times \text{Ef.}$		
	$VR = 0.28 \times 0.60 = 0,19 \text{ m}^3$		
Capacidad de la rastra: (CR)	$CR = VR \times \text{p.e.}$		
	$CR = 0.19 \times 2.85 = 0,53 \text{ TM}$		

Tomado del área Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

- **Cálculo de la limpieza en la veta Lola del tajeo 2150**

- ✓ **Número de viajes por hora (NVH)**

Donde el tiempo promedio del ciclo de viaje es 36 segundos y el número de viajes es de 25.

Entonces se tiene la siguiente expresión:

$$NVH = \frac{3600 \text{seg} \times 1 \text{ viaje}}{1 \text{h } 36 \text{ seg}} = 100 \text{ viajes/hora}$$

- **Cálculo de las toneladas de mineral transportadas por viaje (TMTV)**

$$TMTV = 0.53 \text{ TM/viaje}$$

- **Cálculo del número total de toneladas transportadas en la operación (TT)**

$$TT = N^{\text{a}} \text{ Viajes} * TMTV$$

$$TT = 25 \text{ viajes} \times 0.53 \frac{\text{TM}}{\text{Viaje}} = 13.25 \text{ TM}$$

- **Cálculo del rendimiento (R)**

$$R = TMTV * NVH$$

$$R = \frac{0.53 \text{ TM}}{\text{VIAJES}} \times 100 \frac{\text{viajes}}{\text{hora}} = 53 \frac{\text{TM}}{\text{hors}}$$

La producción en el tajeo 2150 veta Lola

- **Cálculo de la producción del mineral por cada mes.**

$$\text{TM/Mes} = (H * L * A * PE * Fe) * NC / \text{Mes. (15)}$$

$$\frac{\text{TM Promedio}}{\text{Mes}} = 1.58 \times 6 \times 1.20 \times 2.85 \times 1.03 \times 10 = 333.9 \text{ TM/Mes}$$

- **Cálculo de la productividad**

$$\text{Productividad} = \text{TM} / N^{\circ} \text{ Tareas. (15)}$$

11: tareas

$$\text{Rendimiento} = 33.39/11 = 3.04 \text{ TM/Tarea}$$

En función a costos la tabora del Winche solo es una por ello el consumo de corriente eléctrica es de 12.50 \$/Kw – h.

El costo de equipo en función al Winche es de 22.50 \$/h.

4.3.2 Evaluación del consumo de madera en el sostenimiento de los tajeos para el método de minado Open Stoping

El proveedor del año 2020 el uso de madera de los redondos de 7" de diámetro y de 3 metros de longitud, tras realizar el dimensionamiento del puntal de seguridad se tiene:

- ✓ Una longitud de 3 metros
- ✓ Cada puntal tiene una longitud de 1.2 metros
- ✓ El desecho el trozo de madera sobrante tiene una longitud de 0.6 metros

Para el año 2020 se tiene un consumo de madera como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Costo comparativo uso de redondos de 7" para colocados de puntales de seguridad de 3 metros

Año 2020	Costo (\$ 3/m)	Consumo/mes (unidades)	Desecho de trozos en (m)	Costo total con 3 (m)
Enero	19.78	150	90	2967
Febrero	19.78	250	150	4945
Marzo	19.78	250	150	4945
Junio	19.78	91	54.6	1800
Septiembre	19.78	130	78	2571
Octubre	19.78	240	144	4747
Noviembre	19.78	50	30	989
Diciembre	19.78	213	127.8	4213
	Total	1374	824	27178

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la tabla se muestra el consumo de puntales de madera para el año 2020 el proveedor de redondos de 7" de diámetro y de 3 metros de longitud, el costo por puntal de madera es de 19.78 dólares, el consumo total es de 1374

unidades con un costo de 27 178 dólares, de los cuales se tuvo un desecho de 824 metros de madera con un costo de 16 307 dólares en desperdicios sobrantes de madera.

En la siguiente Figura se muestra el dimensionamiento de los puntales de madera con diámetro de 7 pulgadas con una longitud de 3 metros dimensionado cada 1.2 metros respectivamente.

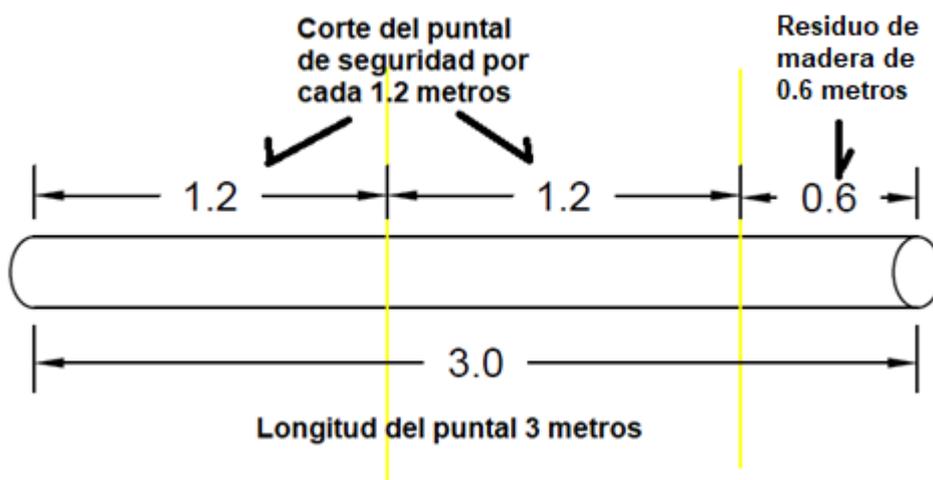


Figura 25. Dimensionamiento de los puntales de seguridad con diámetro de 7 pulgadas con una longitud de 3 metros
Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La adquisición actual del proveedor de madera según estas especificaciones no es factible, al adquirir un puntal de 7 pulgadas de diámetro con una longitud de 3 metros, al realizar el corte por cada 1.2 metros se tiene un residuo de madera de 0.6 metros equivalente a 60 centímetros, generando un aumento en el consumo de madera y por último un alto costo de minado *Open Stopping*.

Para el año 2021 se tiene un consumo de madera como se muestra en la siguiente tabla.

Se solicitó al proveedor del año 2021 el uso de madera de redondos de 7 pulgadas de diámetro y de 2.5 metros de longitud, tras realizar el dimensionamiento del puntal de seguridad se tiene:

- ✓ Una longitud de 2.5 metros
- ✓ Cada puntal tiene una longitud de 1.2 metros
- ✓ No se tiene desechos de trozos de madera sobrante.

Para el año 2021 se tiene un consumo de madera como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Costo comparativo uso de redondos de 7" para colocado de puntales de seguridad de 2.5 metros

Año 2021	Costo (\$) 2.5 m	Consumo/mes	Costo propuesto con 2.5 m
Enero	15.82	149	2357
Febrero	15.82	251	3971
Marzo	15.82	250	3955
Junio	15.82	92	1455
Septiembre	15.82	132	2088
Octubre	15.82	239	3781
Noviembre	15.82	56	886
Diciembre	15.82	205	3243
	TOTAL	1374	21737

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

De la tabla se muestra el consumo de puntales de madera para el año 2021 el proveedor de redondos de 7" de diámetro con 2,5 metros de longitud, el costo por puntal de madera es de 15.82 dólares, el consumo total es de 1374 unidades con un costo de 21 737 dólares, se tuvo una mejora al no contar con desechos significativos que generan pérdidas en la compra de madera para el sostenimiento con puntales de seguridad.

En la siguiente Figura se muestra el dimensionamiento de los puntales de madera con diámetro de 7 pulgadas con una longitud de 2.5 metros dimensionado cada 1.2 metros respectivamente.

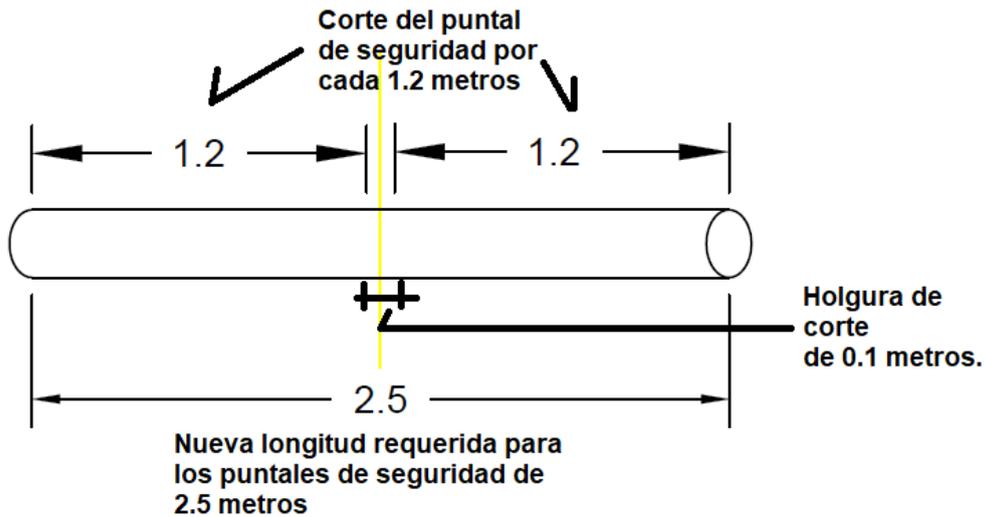


Figura 26. Dimensionamiento de los puntales de seguridad con diámetro de 7 pulgadas con una longitud de 2.5 metros
 Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Con la adquisición procedente del proveedor de madera según estas especificaciones es factible, al adquirir un puntal de 7 pulgadas de diámetro con una longitud de 2.5 metros, al realizar el corte por cada 1.2 metros se tiene una holgura de 0.1 metros equivalente a 10 centímetros, lo cual es prudencial para realizar el corte del dimensionamiento, como para realizar el corte del emparejamiento en la parte de la cabeza o en la parte final del cuerpo del puntal de seguridad.

De las tablas anteriores se muestra a continuación la reducción del costo de madera utilizada en el sostenimiento con puntales de seguridad en la veta Lola del tajeo 2150

En la siguiente tabla se muestra la optimización del uso de madera empleada en los puntales de seguridad para la veta Lola del tajeo 2150

Tabla 10. Optimización del uso de madera en los puntales de seguridad

Meses	Año 2020 Costo actual (\$) con 3 m	Año 2021 Costo propuesto (\$) con 2.5 m	Optimización del costo (\$) con 2.5 m
Enero	2967	2373	594
Febrero	4945	3955	990
Marzo	4945	3955	990
Junio	1799.98	1440	360
Septiembre	2571.4	2057	515
Octubre	4747.2	3797	950
Noviembre	989	791	198
Diciembre	4213.14	3370	843
Total	27177.72	21737	5441

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

De la tabla se muestra el consumo dentro de un año de los redondos de 7" de diámetro con una longitud de 3 metros en comparación de 2.5 metros y la reducción del costo de madera utilizada en los puntales de seguridad en el sostenimiento como se describe en lo siguiente:

- ✓ En el año 2020 el costo actual con redondos de 7" de diámetro con una longitud de 3 metros se tiene un costo de 27 177. 72 dólares.
- ✓ En el año 2021 el costo actual con redondos de 7" de diámetro con una longitud de 2.5 metros se tiene un costo 21 737 dólares.
- ✓ La reducción del costo al comparar por medio del proveedor de madera con las características de redondos de 7 pulgadas y de longitud de 2,5 metros se optimizó el costo del uso de madera para los puntales de seguridad en 5 441 dólares durante todo el año.

4.4 Determinar la evaluación técnica económica del consumo de madera en el sostenimiento de tajeos para el método de minado *Open Stopping* en la unidad minera Poderosa

4.4.1. Evaluación de los precios unitarios para el minado por *Open Stopping*

En las siguientes tablas se muestra los precios unitarios para el método de minado por *Open Stopping*.

Tabla 11. Costo de la mano de obra para el método de minado por *Open Stopping*

Mano de obra		
Supervisor	20.84	\$/guardia
Maestro perforista	18.34	\$/guardia
Ayudante perforista	16.87	\$/guardia
Bodeguero	15.43	\$/guardia
Electricista mina	10.34	\$/guardia
Maestro enmaderador	18.06	\$/guardia
Ayudante enmaderador	16.76	\$/guardia

Tomado del área de Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

Tabla 12. Costo de los explosivos y accesorios para el método de minado por *Open Stopping*

Explosivos y mechas		
Emulnor 45%	0.85	\$/cart.
Carmex	2.58	\$/pza
Mecha rápida	1.21	\$/m

Tomado del área de Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

Tabla 13. Costo horario del equipo de la perforación Jack Leg y accesorios de perforación para el método de minado por Open Stopping

Equipos de perforación		
Perforadora Jack Leg	0.36	\$/pie perf.
Barreno de 4"	0.04	\$/pie perf.
Barreno de 6"	0.05	\$/pie perf.
Broca de 36 mm	0.11	\$/pie perf.
Equipos de limpieza		
Rastrillo N 13 HP 30	22.5	\$/h

Tomado del área de Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

Tabla 14. Costo de equipos de seguridad para el método de minado por Open Stopping

Equipos de seguridad		
Casco minero	0.08.	\$/guardia
Anteojos de malla SPRO	0.06	\$/guardia
Tapón auditivo tipo copa	0.02	\$/guardia
Respirador confort + cartucho	1.52	\$/guardia
Saco y pantalón de jebe	0.22	\$/guardia
Botas de jebe con punta de acero	0.23	\$/guardia
Guantes de neopreno	0.85	\$/guardia
Pantalón drill c/cinta reflexiva	0.17	\$/guardia
Polo de algodón c/cinta reflexiva	0.1	\$/guardia
Correa de cuero portalámpara	0.04	\$/guardia
Arnés	0.59	\$/guardia
Línea de vida	0.17	\$/guardia
Costo total de EPPs	4.05	\$/guardia

Tomado del área de Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

Tabla 15. Costo de las herramientas utilizadas para el método de minado por Open Stopping

Herramientas		
Lámpara minera	0.16	\$/guardia
Pico de punta y pala	0.12	\$/guardia
Barretilla hexagonal de 4"	0.77	\$/guardia
Barretilla hexagonal de 6"	0.93	\$/guardia
Barretilla hexagonal de 8"	1.1	\$/guardia
Barretilla hexagonal de 10"	1.27	\$/guardia
Llave francesa de 12"	0.09	\$/guardia
Flexómetro de 5 m	0.04	\$/guardia
Llave de stilson de 14"	0.07	\$/guardia
Pintura	0.57	\$/guardia
Atacador	1.6	\$/guardia
Cucharilla	0.04	\$/guardia
Soplete	0.07	\$/guardia
Sacabarreno	0.17	\$/guardia
Mochila de explosivos	0.08	\$/guardia
Corvina	0.31	\$/guardia
Punzón encebador	0.01	\$/guardia
Soga de 1 "	1.54	\$/guardia
Soga de ½"	1.25	\$/guardia
Total	10.19	\$/guardia

Tomado del área de Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

Tabla 16. Costo de madera para los puntales de seguridad utilizados en el método de minado por Open Stopping

Madera		
Redondos de 7"x7"x10' 3 m	19.78	US\$/unidad
Redondos de 7"x7"x10' 2.5 m	15.82	US\$/unidad
Tablas de 6"x2"x10'	13.46	US\$/unidad
Escaleras	21.98	US\$/unidad

Tomado del área de Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

Tabla 17. Costo de energía eléctrica para el uso del winche rastillo en la limpieza para el método de minado por Open Stopping

Energía eléctrica		
Energía eléctrica	12.5	\$/kw - h

Tomado del área de Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

4.4.2. Evaluación del costo de minado por Open Stopping

Una vez obtenido los precios unitarios se evaluó el costo de minado para el año 2020 y el año 2021 tras la optimización del uso de madera para los puntales de seguridad redondos de 7" de diámetro con 2.5 metros de longitud.

Los precios unitarios, se consideran al calcular los costos de actividad en cualquier operación en el método de minado por *Open Stopping*, respectivamente en la Veta Lola del Tajeo 2150

En la siguiente tabla se muestra los costos de minado por *Open Stopping* para el año 2020 con puntales de seguridad de 3 metros

Tabla 18. Costos de minado por Open Stoping para el año 2020 con puntales de seguridad de 3 metros

ITEM	Unidad	Cantidad	Incidencia	Precio	Parcial	Total
				US\$	US\$	US\$
MANO DE OBRA						
Supervisor	guardia	1	80%	20.34	12.20	
Maestro perforista	guardia	1	100%	18.34	18.34	
Ayudante perforista	guardia	1	100%	18.87	18.87	
Bodeguero	guardia	1	50%	15.43	7.72	
Electricista Mina	guardia	1	50%	10.34	5.17	
Maestro						
Enmaderador	guardia	1	140%	18.08	25.28	
Ayudante						
Enmaderador	guardia	1	140%	18.78	23.48	109.04
EXPLOSIVOS Y MECHAS						
Emulnor 45%	cart.	168	100%	0.85	142.8	
Carmex	ozn	24	100%	2.58	61.92	
Mecha rápida	m	6	100%	1.21	7.26	211.98
EQUIPOS DE PERFORACION						
Perforadora Jack Leg	pies perf.	129.03	100%	0.36	46.45	
Barreno de 4'	pies perf.	43.01	100%	0.04	1.72	
Barreno de 6'	pies perf.	21.5	100%	0.05	1.08	
Broca 36 mm	pies perf.	129.03	100%	0.11	14.19	63.44
EQUIPOS DE LIMPIEZA						
RASTRILLO N 13 HP						
30	H					22.50
EQUIPOS DE SEGURIDAD						
EPPs					4.05	4.05
HERRAMIENTAS						
Herramientas dispersas					10.19	10.19
MADERA						
Redondos de 7"x7"x10'	Pies	4		19.78	79.12	
Tablas de 6"x2"x10'	Pies	10		13.46	134.6	
Escaleras	m	1		21.98	21.98	235.7
ENERGIA ELECTRICA						
Energía eléctrica	Kw - h	25		0.5	12.5	12.5
COSTO TOTAL						669.40
COSTO POR TONELADA						20.05

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

De la tabla se aprecia lo siguiente

- ✓ El costo total para el año 2020 con puntales de seguridad con redondos de 7" de diámetro con 3 metros de longitud es de 669.40 \$

✓ El costo por tonelada es de 20.05 \$/t respectivamente

En la siguiente tabla se muestra los costos de minado por *Open Stopping* para el año 2021 con puntales de seguridad de 2.5 metros

Tabla 19. Costos de minado por *Open Stopping* para el año 2021 con puntales de seguridad de 2.5 metros

DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	INCIDENCIA	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
				US\$	US\$	US\$
MANO DE OBRA						
Supervisor	guardia	1	60%	20.34	12.20	
Maestro perforista	guardia	1	100%	18.34	18.34	
Ayudante perforista	guardia	1	100%	16.87	16.87	
Bodeguero	guardia	1	50%	15.43	7.72	
Electricista Mina	guardia	1	50%	10.34	5.17	
Maestro Enmaderador	guardia	1	140%	18.06	25.28	
Ayudante Enmaderador	guardia	1	140%	16.76	23.46	109.04
EXPLOSIVOS Y MECHAS						
Emulnor 45%	cart.	168	100%	0.85	142.8	
Carmex	ozs	24	100%	2.58	61.92	
Mecha rápida	m	6	100%	1.21	7.26	211.98
EQUIPOS DE PERFORACION						
Perforadora Jack						
Leg	pies perf.	129.03	100%	0.36	46.45	
Barreno de 4'	pies perf.	43.01	100%	0.04	1.72	
Barreno de 6'	pies perf.	21.5	100%	0.05	1.08	
Broca 38 mm	pies perf.	129.03	100%	0.11	14.19	63.44
EQUIPOS DE LIMPIEZA						
RASTRILLO N 13						
HP 30						22.50
EQUIPOS DE SEGURIDAD						
EPPs					4.05	4.05
HERRAMIENTAS						
Herramientas dispersas					10.19	10.19
MADERA						
Redondos de 7"x7"x10'	Pies	4		15.82	63.28	
Tablas de 6"x2"x10'	Pies	10		13.46	134.6	
Escaleras	m	1		21.98	21.98	219.86
ENERGIA ELECTRICA						
Energía eléctrica	Kw - h	25		0.5	12.5	12.5
					COSTO TOTAL	653.56
					TM / CORTE	33.39
					COSTO POR TONELADA	19.57

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

De la tabla se aprecia lo siguiente

✓ El costo total para el año 2021 con puntales de madera con redondos de 7 pulgadas de diámetro con 2.5 metros de longitud es de 653.56 \$

✓ El costo por tonelada es de 19.57 \$/t respectivamente

Tras la evaluación de los dos escenarios el actual y el propuesto que ya se está teniendo buenos resultados en el año 2021 se pasó a evaluar la optimización del costo total de minado y el costo por tonelada respectivamente.

En la siguiente tabla se muestra la optimización del uso de madera para el método de minado por *Open Stopping*.

Tabla 20. Optimización del costo total de minado en el uso de puntales de seguridad de 2.5 m de longitud en el método de minado *Open Stopping*

Comparación de contrato de compra de puntales de seguridad de 3 m a 2.5 m		
Costo total de minado con puntales de seguridad de 3 m	669.40	\$
Costo total de minado con puntales de seguridad de 2.5 m	653.56	\$
Reducción del costo total del minado	15.84	\$

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Tras el cambio en el consumo de puntales de seguridad redondos de 7" de diámetro con 2.5 metros de longitud, se pudo reducir el costo de minado en 15.84 \$ respectivamente para el año 2021.

Tabla 21. Optimización del costo por tonelada en el uso de puntales de seguridad de 2.5 m de longitud en el método de minado *Open Stopping*

Comparación del costo por tonelada tras la compra de puntales de seguridad de 3 m a 2.5 m		
Costo por tonelada del minado con puntales de seguridad de 3 m	20.05	\$
Costo por tonelada del minado con puntales de seguridad de 2.5 m	19.57	\$
Reducción del costo total del minado	0.47	\$

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Tras el cambio en el consumo de puntales de seguridad redondos de 7" de diámetro con 2.5 metros de longitud, se pudo reducir el costo por tonelada en 0.47 \$ respectivamente para el año 2021.

CONCLUSIONES

1. El consumo de puntales de madera para el año 2020 es de 1374 unidades de redondos de 7" de diámetro con 3 metros de longitud, el costo por puntal de madera es de 19.78 dólares, de los cuales se tuvo un desecho de 824 metros de madera con un costo de 16 307 dólares en desperdicios sobrantes de madera.
2. Tras la mejora del dimensionamiento del uso de puntales de madera para el año 2021 se tiene un consumo de 1374 unidades de redondos de 7" de diámetro con 2.5 metros de longitud, el costo por puntal de madera es de 15.82 dólares, se tuvo una optimización en el consumo de madera en el tajeo 2150 veta Lola significativos para la rentabilidad del proyecto.
3. Para el año 2020, el uso de puntales de seguridad con redondos de 7" de diámetro con 3 metros de longitud es de 27 177. 72 dólares. Tras la mejora en el dimensionamiento en el año 2021, el costo de los redondos de 7 pulgadas de diámetro con longitud de 2.5 metros optimizada se tiene un costo 21 737 dólares. Optimizando en costos del uso de madera para los puntales de seguridad en 5 441 dólares durante todo el año.
4. En el escenario actual, el costo de minado por *Open Stoping* para el año 2020 con puntales de seguridad de 7" de diámetro con 3 metros de longitud es de 20.05 \$/t y en el escenario propuesto, el costo de minado por *Open Stoping* para el año 2021 con puntales de seguridad de 7" de diámetro con 2.5 metros de longitud es de 19.57 \$/t, teniendo una optimización del costo por tonelada con puntales de seguridad de 2.5 metros de longitud de 0.47 dólares.

RECOMENDACIONES

- 1 Las tablas de la clasificación geomecánica deben actualizarse según se va profundizando y debe estar alcance de los trabajadores a fin de que puedan estar enterados del tipo de roca al que están trabajando, es recomendable realizar capacitaciones sobre estos temas para que el trabajador esté preparado y enterado respectivamente.
- 2 Es beneficioso, de forma obligatoria exigir a las empresas contratistas, el constante monitoreo de la clasificación geomecánica del macizo rocoso en todos los diseños de mallas de perforación y voladura, para así tener un mejor control del factor de potencia según el macizo rocoso.
- 3 Es recomendable ir evaluando la capacidad de resistencia de todos los tipos de sostenimiento en otro tipo de macizo rocoso presente en la unidad minera para detener una certeza ideal de la capacidad de carga soportante.
- 4 Se recomienda implementar el método de minado por *Open Stopping* si el tipo de macizo rocoso es roca dura competente.
- 5 En el tipo de roca, donde se encuentran las vetas respectivamente, se encuentran perturbaciones y esfuerzos presentados en épocas pasadas, y presencia de rupturas y fallas que influyen en las labores subterráneas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHAMPI, J. y LOPEZ, S. Estudio comparativo de eficiencia de uso de puntales de seguridad simple y con el uso adecuado del Jackpot en los tajeos de explotación del Nivel 4430 de la Cía. Minera Caudalosa Chica S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2015, 63 pp.
2. CONTRERAS, H. Influencia del método de explotación en la optimización de la producción al reemplazar el open stoping por corte y relleno ascendente en la Veta Consuelo de Poderosa – La Libertad. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2019, 89 pp.
3. TACURI, A. Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la aplicación del sostenimiento en la Mina Hércules – Cia. Minera Lincuna S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Ayacucho : Univdersidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, 2017, 122 pp.
4. BRAVO, D. Aumento de la productividad en el método Long Wall Mining sostenido por puntales con cabezal de Jackpot En La U.P. San Andres - Minera Aurifera Retamas Marsa S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, 2017, 153 pp.
5. MAMANI, Hugo. Implementación del índice de resistencia geológica modificado en el sostenimiento activo y pasivo para el control de accidentes por caída de rocas en Mina Uchucchacua. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Arequipa : Univdersidad Nacional de San Agustin de Arequipa, 2015, 190 pp.

6. GAOMA, A. Optimización de la voladura, Mina la Virgen - de la Compañía Minera San Simón S.A. - Huamachuco Trujillo. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Piura : Universidad Nacional de Piura, 2015, 157 pp.
7. MINERA PODEROSA - ÁREA DE GEOLOGÍA. *Estudios de las principales unidades litológicas y asientos mineros y mapa geología de Pataz*. Trujillo : Undad Minera Poderosa, 2019.
8. ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS. *Diseño de explotaciones e infraestructuras mineras subterráneas*. [En línea] Madrid : Universidad Politecnica de Madrid , 2007. [Citado: 11 de noviembre de 2021]. https://oa.upm.es/21841/1/071101_L3_labores_subterraneas_2.pdf
9. INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERÚ . *Explotación subterránea métodos y casos prácticos*. Puno : Facultad de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, 1999.
10. UNDAC, Introduccion a la mineria -. Métodos con sostenimiento artificial o métodos con relleno. [En línea] 11 de 03 de 2015. [Citado el: 12 de 05 de 2021.] <https://es.slideshare.net/skill93/introduccion-a-la-mineria>.
11. D.S. N°024-EM-2016 con su modificatoria D.S.023-EM-2017. Decreto Supremo que Aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 28 de julio, 2017.
12. CACERES, L. Optimización de la perforación y voladura con nuevo diseño de malla en el crucero 10014 de la Empresa Minera Marsa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017, 100 pp.
13. CONTRERAS, H. Influencia del método de explotación en la optimización de la producción al reemplazar el open stoping por corte y relleno ascendente en la Veta Consuelo de Poderosa – La Libertad. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo : Universidad Naciaonal de Trujillo, 2019, 89 pp.

14. MINERA PODEROSA - ÁREA GEOMECÁNICA. *Caracterización del macizo rocoso para el método de minado por Open Stopping*. Trujillo : Unidad Minera Poderosa, 2019.

15. MINERA PODEROSA - ÁREA DE PLANEAMIENTO . *Método de minado Open Stopping* . Trujillo : Undad Minera Poderosa,, 2019.

16. NEW CONCEPT MINING. Jackpot. [En línea] Powered by Epiroc, 12 de 02 de 2012. [Citado el: 12 de 06 de 2021.] https://newconceptmining.com/jackpot_SPA.html

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la unidad minera Poderosa

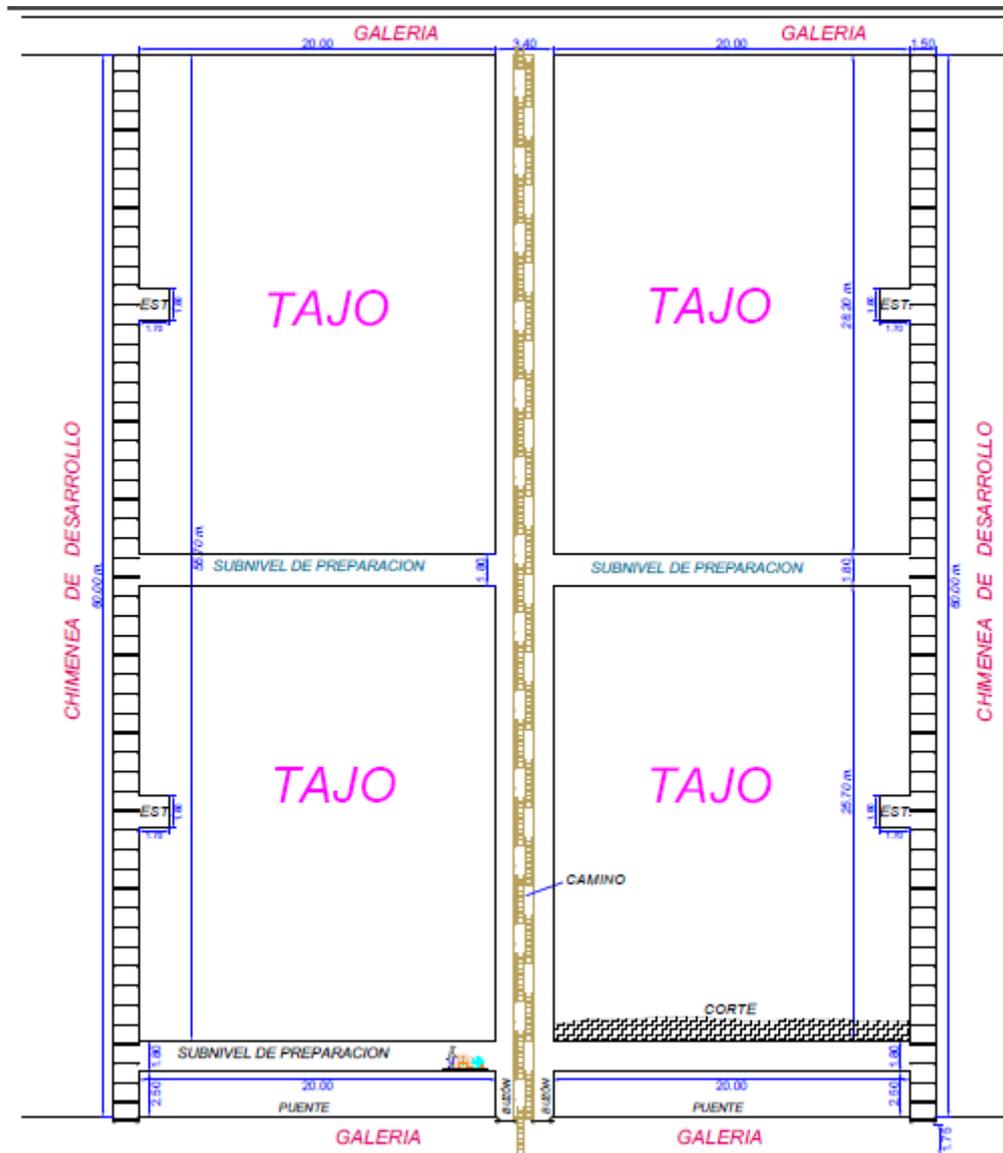
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cómo influye la optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la unidad minera Poderosa?	Determinar la optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la unidad minera Poderosa.	La optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos influye positivamente en la reducción de costos de minado en la unidad minera Poderosa.

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿Cómo influye la minimización de las variables del consumo de madera en el sostenimiento de los tajeos para el método de minado Open Stopping de la unidad minera Poderosa?	Determinar la minimización de las variables del consumo de madera en el sostenimiento de los tajeos para el método de minado Open Stopping de la unidad minera Poderosa.	La minimización de las variables del consumo de madera en el sostenimiento de los tajeos influye positivamente en el método de minado Open Stopping de la unidad minera Poderosa.

¿Cómo influye la evaluación técnica económica del consumo de madera en el sostenimiento de tajeos para el método de minado Open Stopping de la unidad minera Poderosa?	Determinar la evaluación técnica económica del consumo de madera en el sostenimiento de tajeos para el método de minado Open Stopping de la unidad minera Poderosa.	La evaluación técnica económica del consumo de madera en el sostenimiento de tajeos es factible y viable para el método de minado Open Stopping de la unidad minera Poderosa
--	---	--

Anexo 2

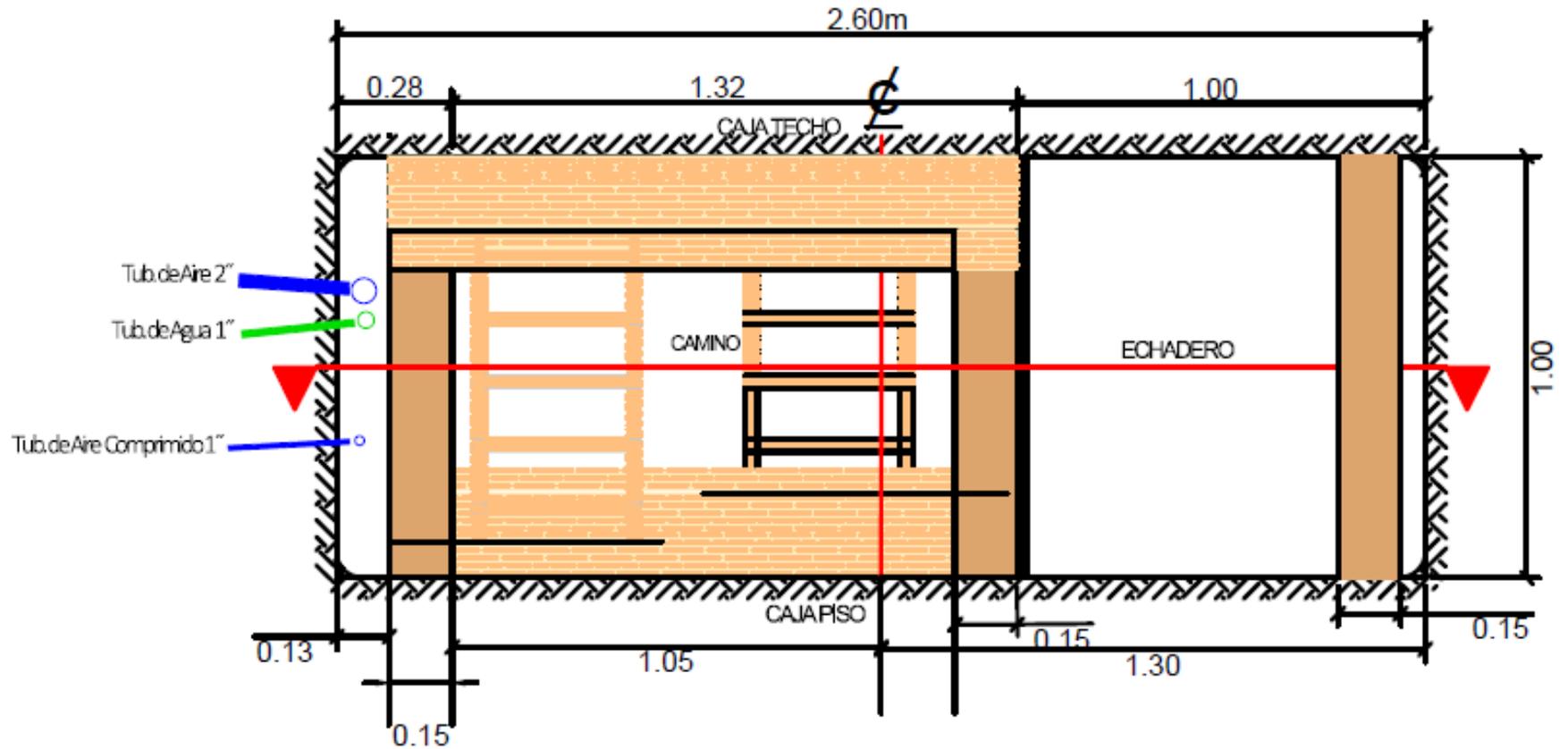
Diseño del Método de explotación Open Stopping



Tomado del área de Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)

Anexo 3

Compartimiento doble de una chimenea para el Tajeo



Tomado del área de Planeamiento - empresa minera Poderosa (15)