

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN SOSTENIMIENTO CON
PERNOS HELICOIDALES USANDO JUMBO RETRÁCTIL
EN EL PIQUE CIRCULAR DE LA UNIDAD MINERA
CASAPALCA S. A.”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MICHAEL SEVERO NARVAEZ SARCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
**“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN SOSTENIMIENTO CON PERNOS
HELICOIDALES USANDON JUMBO RETRACTIL EN EL PIQUE CIRCULAR
DE LA UNIDAD MINERA CASAPALCA S. A.”**

TESIS PRESENTADA POR:

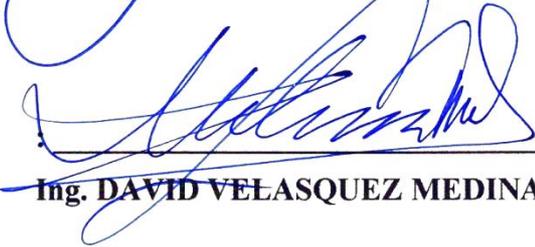
Bach. MICHAEL SEVERO NARVAEZ SARCO

INGENIERO DE MINAS

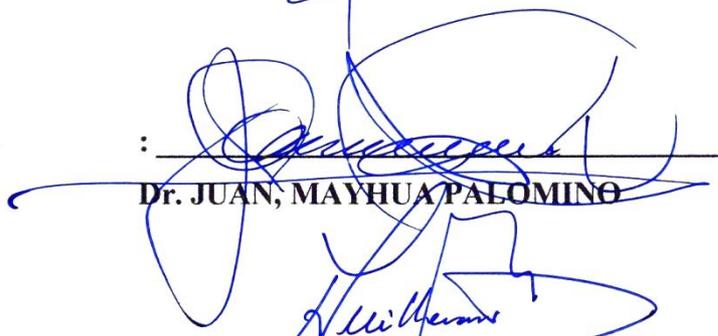
FECHA DE SUSTENTACION: 07 DE JULIO 2017

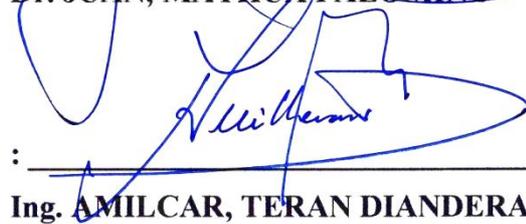
APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO : 
MSc. HENRY TAPIA VALENCIA

PRIMER MIEMBRO : 
Ing. DAVID VELASQUEZ MEDINA

SEGUNDO MIEMBRO : 
Dr. FERNANDO SALAS URVIOLA

DIRECTOR DE TESIS : 
Dr. JUAN, MAYHUA PALOMINO

ASESOR DE TESIS : 
Ing. AMILCAR, TERAN DIANDERAS

Área: Ingeniería de Minas

Tema: Análisis de Costos Mineros y Comercialización de Minerales



DEDICATORIA

Mi profunda gratitud y cariño a mis padres, por haberme guiado por la senda del bien, por ellos soy alguien en la vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso por sus grandes bendiciones en mi vida diaria.

Mi especial agradecimiento La Unidad Minera Casapalca S.A., Ing. Jose Luis Pinto Arroyo, por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de Investigación en la Unidad Económica Administrativa Americana de la Compañía Minera Casapalca, a mi familia y amigos que permitieron ampliar mis conocimientos teóricos-prácticos adquiridos en mi formación universitaria.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad del problema	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Objetivos de la investigación.....	13
1.3.1. Objetivo general.....	13
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Justificación	14
1.5. Limitaciones del estudio	15
1.6. Viabilidad del estudio	15

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco legal	16
2.2. Antecedentes de la investigación.....	16
2.3. Bases teóricas.....	18
2.3.1. Clasificaciones geomecánicas	18
2.3.2. Antecedentes sobre clasificaciones de la masa rocosa	18
2.3.3. Clasificación de Bieniawski	19

2.3.4.	Clasificación de masa rocosa RMR	23
2.3.5.	Índice de calidad de la roca, Q.....	24
2.4.	Definiciones conceptuales	28
2.5.	Formulación de hipótesis	34
2.5.1.	Hipótesis general	34
2.5.2.	Hipótesis específicos	34

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1.	Diseño metodológico	35
3.1.1.	Revisión y recopilación de informaciones preliminares.....	36
3.1.2.	Selección y caracterización del sitio de estudio.	36
3.2.	Población	36
3.3.	Muestra	36
3.4.	Operacionalización de variables	36
3.4.1.	Variable independiente	36
3.4.2.	Variable dependiente	37
3.5.	Técnicas de recolección de datos.....	38
3.6.	Instrumentos de recolección de datos	38

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.	Generalidades	39
4.1.1.	Ubicación y accesibilidad	39
4.1.2.	Historia	40
4.1.3.	Misión, visión, y valores.....	41
4.1.4.	Geología.....	41

4.1.5.	Fisiografía y clima	43
4.1.6.	Flora	43
4.1.7.	Fauna.....	44
4.1.8.	Ambiente socio - económico y cultural	44
4.1.9.	Organización de la Compañía Minera Casapalca S.A.	46

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1.	Sostenimiento mecanizado anterior	48
5.2.	Sostenimiento mecanizado actual	49
5.3.	Cálculo de costos por mes del año 2016.....	51
5.4.	Contrastación de hipótesis	54
CONCLUSIONES		56
RECOMENDACIONES		57
BIBLIOGRAFÍA		58
ANEXOS		61

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado, optimización de costos en sostenimiento con pernos helicoidales usando jumbo retráctil en el pique circular de la Unidad Minera Casapalca S.A., tiene como objetivo principal, optimizar los costos en sostenimiento con pernos helicoidales usando jumbo Axera J-15 retráctil en el Pique Circular del Nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A. para realizar el presente trabajo de investigación se ha considerado las bases teóricas y prácticas, siguiendo una metodología de la investigación. En su etapa inicial se ha analizado los costos en sostenimiento usando jumbo Bolter J-14 en el pique circular utilizada en operaciones anteriores y posteriormente en base a costos comparativos de Jumbo Bolter J-14 y jumbo Axera J-15 retractil se ha seleccionado el jumbo Axera J-15 como equipo principal en el empernado del pique circular del nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A. Para alcanzar los resultados requeridos se realizó los cálculos de los costos comparativos, llegando a las siguientes conclusiones, antes de la optimización utilizando el jumbo Bolter J-14 se ha requerido un costo mensual de US\$ 20 083.60 y después en la optimización utilizando el jumbo Axera J-15 con un costo mensual de US\$ 16 889.28, logrando un ahorro de US\$ 3 784.32/mes. Utilizando el jumbo Axera J-15 retráctil, como equipo principal de sostenimiento se ha optimizado los costos unitarios de US\$ 23.60/perno a US\$ 19.28/perno, resultando una diferencia de costos de US\$ 4.32/perno.

Palabras clave: Sostenimiento, optimización de costos, pique circular, jumbos Bolter, jumbo Axera, pernos helicoidales y disponibilidad de equipos.

ABSTRACT

The present research, titled, optimization of costs in support with helical bolts using retractable jumbo in the circular pike of the Mine Casapalca SA Unit, has as main objective, to optimize the costs in support with helical bolts using jumbo Axera J-15 retractable in The Circular Pique of Level 4200 of the Mine Casapalca SA Unit To carry out the present work of investigation has been considered the theoretical and practical bases, following a methodology of the investigation. In the initial stage, we have analyzed the costs in support using jumbo Bolter J-14 in the circular pike used in previous operations and later based on comparative costs of Jumbo Bolter J-14 and jumbo Axera J-15 retractil jumbo has been selected Axera J-15 as main equipment in the bolt of circular pique of level 4200 of the Unit Mine Casapalca SA In order to achieve the required results, the calculations of the comparative costs were carried out, arriving at the following conclusions, before the optimization using the jumbo Bolter J-14 a monthly cost of US \$ 20 083.60 was required and then in the optimization using the jumbo Axera J-15 with a monthly cost of US \$ 16 889.28, achieving a savings of US \$ 3 784.32 / month. Using the jib Axera J-15 rectiltile, as main support equipment has optimized unit costs from US \$ 23.60 / bolt to US \$ 19.28 / bolt, resulting in a cost difference of US \$ 4.32 / bolt.

Key words: Sustainability, cost optimization, circular pique, jumbo Bolter, jumbo Axera, helical bolts, injected bolts and equipment availability.

INTRODUCCIÓN

En la Unidad Minera Casapalca S.A., las actividades de sostenimiento, constituyen como una de las etapas más importantes para la seguridad y producción y es necesario tener mucha atención en el rendimiento de sus equipos que brindan servicio dentro de la cadena de producción y lograr mayor rentabilidad para la empresa minera y alcanzar los mejores resultados en el desarrollo del pique circular del nivel 4 200 m.s.n.m. y considerando estos fundamentos se desarrolla la presente tesis titulado optimización de costos en sostenimiento con pernos helicoidales usando jumbo retráctil en el pique circular de la Unidad Minera Casapalca S.A.

En la actualidad para el desarrollo del pique circular del nivel 4 200 m.s.n.m. de la Unidad Minera Casapalca S.A., se tiene problemas en los costos de sostenimiento por lo que se ha planteado como objetivo principal optimizar los costos en sostenimiento con pernos helicoidales usando jumbo Axera J-15 retráctil en el pique circular del nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.

El trabajo de investigación se divide en cinco capítulos, en el Capítulo I, se considera el planteamiento del problema motivo de tesis, en el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico analizando las bases teóricas fundamentales y definiciones conceptuales que serán la base para realizar el trabajo de investigación, en el Capítulo III, se describe el proceso de la metodología de la investigación y la operacionalización de variables, en el Capítulo IV, se desarrolla la caracterización del área de estudio y en el Capítulo V se plantea las discusiones y análisis de resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad del problema

La Unidad Económica Administrativa Americana de la Compañía Minera Casapalca S.A., durante la ejecución del proyecto actual pique circular de la unidad minera, Durante la ejecución del proyecto de preparación del pique circular en el nivel 4200, se ha realizado las evaluaciones de las operaciones unitarias de sostenimiento encontrando deficiencias en el tiempo de perforación é instalación de los pernos helicoidales como resultado da un costo elevado en el sostenimiento de pernos helicoidales con un jumbo Bolter, lo cual tiene costos elevados, en la mano de obra, desgaste de brocas y horas máquina. Por tal razón dificulta en el avance y el cumplimiento del mes que ha sido 64.9%, así mismo se analiza que el precio unitario (PU) es elevado, debido a que no presenta un trabajo óptimo para para la instalación de un perno helicoidal.

Por consiguiente, es muy conveniente realizar el sostenimiento con jumbo Axera15 (retráctil) que es más eficiente en la percusión que un jumbo Bolter;

dando así una mejora en tiempos y avance para el inyectado de pernos y esto refleja con el cumplimiento del mes que se llegó a un 89.2%; entonces podremos decir que el rango de penetración, perforación e instalación de pernos sea eficiente y optima en costos.

Así minimizando los costos operacionales dar más utilidad y una mayor rentabilidad a la empresa usando equipos de perforación óptima. En la ejecución de las operaciones unitarias del minado subterráneo es de mucha importancia el tipo de sostenimiento y mecanizar es reducir costos en el tiempo es hacer una operación más segura sostenible a largo plazo.

1.2. Formulación del problema

- ¿Cómo reducimos los costos de sostenimiento mecanizado con un jumbo Bolter J 14 vs jumbo Axera J-15 retráctil con pernos helicoidales en el pique circular del nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.?
- ¿Cómo reducimos los costos unitarios de cada perno instalado usando jumbo Axera J-15 retráctil en el pique circular nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.?
- ¿Cómo determinamos la eficiencia del jumbo Axera J-15 retráctil vs jumbo Bolter J-14 en la instalación de pernos helicoidales en el pique circular nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Optimizar los costos en sostenimiento con pernos helicoidales usando jumbo Axera J-15 retráctil en el pique circular del nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.

1.3.2. Objetivos específicos

- Reducir los costos en sostenimiento mecanizado con jumbo Bolter J-14 vs. jumbo Axera J-15 Retráctil con pernos helicoidales en el pique circular nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.
- Reducir los costos unitarios de sostenimiento con pernos helicoidales usando jumbo Axera J-15 retráctil en el pique circular nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.
- Determinar la eficiencia del Jumbo Axera J-15 retráctil vs jumbo Bolter J 14 en la instalación de pernos helicoidales en el pique circular Nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.

1.4. Justificación

La minería es una actividad que requiere de gran inversión inicial por ello la optimización de los precios mineros brindará un aprovechamiento total del recurso mineral sin pérdidas en las operaciones mineras y con costos mínimos. El comportamiento del macizo rocoso en una mina no es constante, este cambia debido a como aumenta la profundidad, pudiendo variar sus propiedades geomecánicas como sus características geológicas – estructurales. La zona en estudio posee gran potencial de reservas de mineral como tal es necesario profundizar las labores de desarrollo y explotación del yacimiento y obtener mayor rentabilidad para la empresa minera a bajos costos de operación, determinando los costos de sostenimiento, acorde a las características de la roca encajonante y cumplir los objetivos planteados. Además beneficiará en el rendimiento de la Unidad Minera Casapalca S.A.

El presente proyecto de investigación se justifica plenamente en su ejecución y por ser de mucha importancia para la unidad minera Casapalca S.A.

1.5. Limitaciones del estudio

El presente trabajo de investigación no tiene limitaciones en el proceso de su ejecución, se tiene el apoyo de la empresa minera para realizar las actividades de sostenimiento y pruebas en las labores mineras.

1.6. Viabilidad del estudio

El trabajo de investigación está directamente relacionado con la actividad minera subterránea, considerando que la minería es una fuente de desarrollo del país, en lo económico, social y conociendo su grado de importancia es viable para su desarrollo según los avances de la tecnología minera, para su ejecución se cuenta con recursos económicos y recursos humanos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco legal

- Constitución de la República del Perú.
- Ley de Minería (Suplemento del Registro Oficial N° 517 Año III).
- Reglamento de la Ley de Minería.
- Decreto Supremo 024 (Aprueban Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería).
- Ley general N° 13270, productos cemento y resina.

2.2. Antecedentes de la investigación

- **Llanos (2010)**, en su tesis: “Reducción de tiempos operativos en la instalación de sostenimiento en la Mina Milpo Unidad Atacocha, con la aplicación del sistema mecanizado para incrementar la producción del mineral, concluye que con la aplicación de la tecnología de la productividad en el proceso de minado

se incrementa con bastante facilidad, obteniéndose como resultado final, el incremento de tonelajes de fino para programar de mes a mes en la minas subterráneas.”

- **Antunez (2010)**, en su tesis: “Sostenimiento con pernos empleando Jumbos electrohidráulicos de brazo retráctil en la mina Palca - Cía. Minera Santa Luisa, concluye que el uso de este tipo de sostenimiento, ha contribuido a la reducción de costos en cuanto al uso de materiales para sostenimiento y sobre todo una reducción en el tiempo que se demora en sostener una determinada área a comparación con el uso de la perforadoras manuales, lo cual trae como consecuencia que el avance de la excavación subterránea sea más fluida, mejorando de esta manera el ciclo de minado.”
- **Flores (2001)**, en su tesis: “Análisis y diseño de soportes en minería subterránea, perno de anclaje más resina en la rampa 4523 de la U.M. San Rafael, Universidad Nacional del Altiplano-Puno, concluye que para determinar el tipo de sostenimiento adecuado, el mejor aliado para el ingeniero es la práctica y la observación diaria de la roca, en la que está realizando la excavación subterránea. A pesar del alto costo de la resina, el costo total del sistema instalado se puede comparar ventajosamente con otros sistemas de anclaje, por el factor reducido de mano der obra.”
- **Flores (2009)**, en su tesis: Diseño de sistemas de reforzamiento mediante empernado de roca en mina subterránea, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, concluye que la parte más importante de un buen sostenimiento es definirlo adecuadamente e instalarlo a tiempo. El control debe realizarse en forma diaria, debiendo ser una rutina der los supervisores del departamento de geomecánica.”

- La instalación de un adecuado sostenimiento depende de las condiciones que se les brinda al trabajador, tales como: capacitación, equipos (perforadora, adaptador, material y otros.) en buen estado, aire comprimido con la presión correcta.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Clasificaciones geomecánicas

Para definir las condiciones de la masa rocosa de una manera sistemática, existen criterios de clasificación geomecánica ampliamente difundidos en todo el mundo, como los resultados de Barton y colaboradores (1974), Laubscher (1977), Bieniawski (1989), Hoek y Marinos (2000), los mismos que se determinan utilizando datos de los mapeos geomecánicos efectuados en las paredes de las labores mineras o en los techos.

2.3.2. Antecedentes sobre clasificaciones de la masa rocosa

Ritter (1879), Primer intento de formalizar un enfoque empírico para el diseño de túneles, en particular para determinar los requerimientos de sostenimiento.

Terzaghi, (1956), Primera referencia sobre el uso de una la clasificación de la masa rocosa para el diseño de sostenimiento de túneles con cimbras.

Lauffer, (1958), Clasificación que involucra el tiempo de auto sostenimiento para túneles.

Deere et. Al. (1964), Índice RQD, para proveer un estimado cuantitativo de la calidad de la masa rocosa, a partir de testigos de la perforación diamantina.

Wickham et. Al. (1972), Método cuantitativo para describir la calidad de una masa rocosa y para seleccionar el sostenimiento en base a la valoración de la estructura rocosa (RSR). Primer sistema que hace referencia al shot crete.

Barton et. Al. (1974), Índice calidad tunelera (Q) para la determinación de las características de la masa rocosa y de los requerimientos de sostenimiento de túneles.

Bieniawski (1973), Clasificación geomecánica o valoración de la masa rocosa RMR (Rock Mass Rating), referido sucesivamente en varias oportunidades, aplicable a la estimación del sostenimiento, al tiempo de auto sostenimiento y los parámetros de resistencia de la masa rocosa.

Laubscher, et. Al. (1977), RMR de Bieniawski modificada para la minería MRMR (Mining Rock Mass Rating), aplicable a la estimación de del sostenimiento y los parámetros de los métodos de minado por hundimiento principalmente.

Hoek et. Al. (1994), Índice de resistencia geológica GSI, para clasificar a la masa rocosa, estimar la resistencia de la masa rocosa y el sostenimiento.

Palmstron, (1995), Índice del macizo rocoso RMI (Rock Mass Index), sistema para caracterizar la masa rocosa y para aplicaciones en el sostenimiento, excavación, voladura y fragmentación de las rocas.

2.3.3. Clasificación de Bieniawski

El sistema de clasificación Rock Mass Rating o sistema RMR fue desarrollado por Z. T. Bieniawski durante los años 1972 – 73, y ha sido modificado en 1976 y

1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición de 1989, que coincide sustancialmente con la de 1979.

Para determinar el índice RMR de calidad de la roca se hace uso de los seis parámetros del terreno siguientes:

- La resistencia a compresión simple del material.
- El RQD (Rock Quality Designation).
- El espaciamiento de las discontinuidades.
- El estado de las discontinuidades.
- La presencia de agua.
- La orientación de las discontinuidades.

El RMR se obtiene como resultado de unas puntuaciones que corresponden a valores de cada uno de los seis parámetros enumerados. El valor del RMR oscila entre 0 y 100, y es mayor cuando mejor es la calidad de la roca. Bieniawski distingue cinco tipos o clase de roca según el valor de RMR:

- CLASE I : $RMR > 80$; Roca muy buena
- CLASE II : $80 < RMR < 60$ Roca buena
- CLASE III : $60 < RMR < 40$ Roca media
- CLASE IV : $40 < RMR < 20$ Roca mala
- CLASE V : $RMR < 20$ Roca muy mala

Se describen 10 parámetros seleccionados para definir sus características:

- **Orientación.-** posición de la discontinuidad en el espacio definida por la dirección del buzamiento y el buzamiento de la línea máxima pendiente en el plano de la discontinuidad.
- **Espaciamiento.-** distancia perpendicular entre dos discontinuidades adyacentes; normalmente se refiere al espaciamiento medio de una familia de discontinuidades.
- **Continuidad.-** extensión superficial de una determinada discontinuidad en un plano inclinado que la contenga
- **Rugosidad.-** conjunto de irregularidades de diferentes órdenes de magnitud (aspereza), que componen a superficie de las paredes de la discontinuidad.
- **Resistencia de la discontinuidad.-** resistencia a la compresión de la superficie de discontinuidad. Puede ser más baja que la resistencia de la roca matriz a causa de la meteorización
- **Apertura.-** distancia perpendicular entre las paredes de las discontinuidades. Relleno material que reposa en las paredes de las discontinuidades, normalmente más débil que la roca matriz.
- **Filtraciones:** flujo de agua y humedad visible en las discontinuidades de la totalidad de la roca.
- **Número de familias.-** que comprende el sistema de discontinuidades del medio rocoso.
- **Tamaño del bloque.-** dimensiones del bloque de roca resultante de la mutua orientación y espaciado de las familias de las discontinuidades.

Hay que hacer las siguientes consideraciones:

- a. **Resistencia de la roca.-** Tiene una validación máxima de 15 puntos, y puede utilizarse como criterio el resultado del ensayo de resistencia a compresión simple o bien el ensayo de carga puntual (Point Load).
- b. **Índice de calidad de la roca - RQD.-** Tiene una valoración máxima de 20 puntos. Se denomina RQD de un cierto tramo de un sondeo a la relación en tanto por ciento entre la suma de las longitudes de los trozos de testigo mayores de 10 cm. y la longitud total del sondeo.

El geólogo americano Dr. Deer que desarrollaba su trabajo profesional en el ámbito de la mecánica de rocas, postula que la cantidad estructural de un macizo rocoso puede ser estimada a partir de la información dada por la recuperación de trozos intactos de sondajes efectuados con perforación diamantes, sobre esta base propone el índice cuantitativo RQD.

$$RQD = \frac{\sum \text{longitud de los trozos de testigo} > 10\text{cm}}{\text{Longitud total}} \times 100$$

Basándose en rangos de valores de RQD, el medio rocoso es caracterizado según su calidad de acuerdo en el siguiente: ver Cuadro 1.1:

Cuadro 1.1 Calidad de la roca de acuerdo con el RQD

RQD (%)	Calidad de roca
90 – 100	Muy buena
75 – 90	Buena
50 – 75	Mediana
25 – 50	Mala
0 – 25	Muy mala

Fuente: Deere et. Al. RQD

La aplicación de este concepto de designación de calidad de roca, dada su simpleza, fue ampliamente aceptada y de gran divulgación hasta hoy.

Evidentemente la simplicidad del método involucra una serie de limitaciones puesto que no considera factores tan importantes como la orientación del sondaje en relación a los planos de debilidad, presencia de agua, relleno de fracturas, etc., los cuales sin lugar a duda tiene influencia en la correcta clasificación del terreno, se debe hacer presente que es recomendable determinar el RQD en base a testigos de diámetro igual o mayor a 50 mm.

2.3.4. Clasificación de masa rocosa RMR

Biewniawsky (1989) Valoración de la Masa Rocosa RMR (Rock Mass Rating).

“El sistema de clasificación RMR fue desarrollado para la caracterización de la masa rocosa y utilizada como una herramienta para el diseño de túneles. Este sistema ha evolucionado para su mejor entendimiento de los parámetros.”

“La mayor ventaja del sistema RMR, es que este sistema es fácil para usar. Las críticas comunes son que el sistema es relativamente insensible a las menores variaciones de la calidad de roca”

“Este método de clasificación permite caracterizar y estimar la calidad de un macizo rocoso de manera rápida, sencilla y de bajo costo en el trabajo de campo.”

Los 6 parámetros que son usados para clasificar una masa rocosa son los siguientes:

1. Resistencia compresiva uniaxial del material rocoso.
2. Designación de la calidad de la roca (R.Q.D.).
3. Espaciamiento de las discontinuidades.

4. Condición de las discontinuidades.
5. Condiciones del agua subterránea.
6. Orientación de las discontinuidades.

“En la aplicación de este sistema de clasificación, la masa rocosa es dividida en un número de regiones estructurales y cada región es clasificada separadamente. Lo bordes de las regiones estructurales generalmente coinciden con algún rasgo estructural principal tal como una falla o con un cambio en el tipo de roca.”

La clasificación RMR de Biewniawsky califica a la roca en 5 clases las cuales se muestran a continuación: ver Cuadro 1.2

Cuadro 1.2: Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR
I	Muy buena	100 – 81
II	Buena	80 – 61
III	Media	60 – 41
IV	Mala	40 – 21
V	Muy mala	20 - 0

Fuente: Biewniawsky RMR (Rock Mass Rating)

2.3.5. Índice de Calidad de la Roca, Q .

Esta clasificación geomecánica se basa en el índice de calidad “ Q ”, denominado también Índice de calidad tunelera, que de una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Dónde:

RQD : Rock Quality Designation

J_n : Número de familias de diaclasas

J_r : Rugosidad de las caras de las diaclasas

J_a : Meteorización de las diaclasas.

J_w : Agua en las diaclasas

S.R.F. : Factor de reducción (Stress Reduction Factor)

Los tres grupos formados con estos parámetros son:

$\frac{RQD}{J_n}$ = Representa el tamaño de los bloques.

$\frac{J_r}{J_a}$ = Representa la resistencia al corte entre los bloques.

$\frac{J_w}{SRF}$ = Representa la influencia del estado tensional.

El rango de variación de los parámetros es el siguiente:

RQD : Entre 0 y 100.

J_n : Entre 0,5 y 20.

J_r : Entre 0,5 y 4.

J_a : Entre 0,75 y 20.

J_w : Entre 0,05 y 1.

SRF : Entre 0,5 y 20.

El índice Q varía entre 0,001 y 1000. Este intervalo se ha dividido en 9 tramos que dan lugar a la siguiente clasificación cualitativa:

Entre 0,001 y 0,01 : Roca excepcionalmente mala.

Entre 0,01 y 0,1 : Roca extremadamente mala.

Entre 0,1 y 1 : Roca muy mala.

Entre 1 y 4 : Roca mala.

Entre 4 y 10 : Roca media.

Entre 10 y 40 : Roca buena.

Entre 40 y 100 : Roca muy buena.

Entre 100 y 400 : Roca extremadamente buena.

Entre 400 y 1000 : Roca excepcionalmente buena.

(Mayhua, J. – “Guía del curso Geotecnia aplicada a minería y construcciones civiles”).

Correlaciones entre las clasificaciones geomecánicas RMR Y Q

Se han propuesto distintas correlaciones empíricas para RMR y Q, algunas de las más características son las siguientes:

$RMR = 9LnQ + 44$: Bieniawski 1979, Sudáfrica.

$RMR = 5.9LnQ + 43$: Ruftledge y Preston, 1980, Nueva Zelanda.

$RMR = 5.4LnQ + 55.2$: Moreno, E. 1981, Austria.

$RMR = 10.5LnQ + 41.8$: Abad, J. et al 1983, Austrias.

$RMR = 5LnQ + 60.8$: Cameron Clark y Budavari 1981, Sudáfrica.

(Hurlimann, M. (2010) – “Clasificaciones geomecánicas de macizo rocoso”)

Fuente: Índice RQD, para proveer un estimado cuantitativo de la calidad de la masa rocosa, a partir de testigos de la perforación diamantina.

- **Estructura de la masa rocosa**

La influencia de los rasgos estructurales geológicos sobre las condiciones de estabilidad de la masa rocosa de las excavaciones, es de particular interés en términos de las operaciones mineras día a día.

La influencia de la estructura de la masa rocosa puede ser simplificada considerando los siguientes tipos generales de excavaciones:

- **Excavaciones en roca masiva**

Las rocas masivas se caracterizan por presentar pocas discontinuidades, con baja persistencia y ampliamente espaciadas, generalmente son rocas de buena calidad que están asociadas a cuerpos mineralizados polimetálicos en rocas volcánicas, solo requieren de un buen desatado o sostenimiento localizado.

- **Separación entre discontinuidades**

Tiene una validación máxima de 20 puntos. El parámetro considerado es la separación en metros entre juntas de la familia principal de diaclasas de la roca.

- **Estado de las discontinuidades**

Es el parámetro que más influye, con una valoración máxima de 30 puntos. Pueden aplicarse los criterios generales, en la que el estado de las diaclasas se componen de otros cinco parámetros: persistencia, apertura, rugosidad, relleno y alteración de juntas.

- **Presencia de agua subterránea.**-La valoración máxima es de 15 puntos, ofrece tres posibles criterios de valoración, estado general, caudal cada 10 metros de túnel, y relación entre presión del agua y la tensión principal mayor de la roca.

- **Orientación en las discontinuidades**

Este parámetro tiene una valoración negativa, y oscila para túneles entre cero y 12 puntos, en función del buzamiento de las diaclasas y de su rumbo, en relación con el eje del túnel o rampa (paralelo o perpendicular), se establece una clasificación de la discontinuidad en cinco tipos desde Muy Favorable hasta Muy Desfavorable, según el tipo, se aplica la puntuación especificada en la tabla, de acuerdo a la valoración.

2.4. Definiciones conceptuales

- **Geomecánica:** Rama de la ciencia encargada de estudiar las condiciones del macizo rocoso, para así poder determinar adecuadamente el sostenimiento oportuno que requiere al realizarse las operaciones mineras.(Rodríguez, 2015).
- **Perforación:** Actividad minera consistente en hacer una abertura en la roca intacta para poder introducir material explosivo.(Lozano, 2012)
- **Macizo rocoso.-** Un macizo rocoso constituye un medio discontinuo que esencialmente se compone de bloques sólidos separados por discontinuidades. El comportamiento de un macizo rocoso generalmente depende de las características de las discontinuidades que presenta, así como de la litología de la roca matriz y su historia evolutiva.(R. Huanca, 1996)
- **Esfuerzo o tensión.-** Es la fuerza interna por unidad de área , cuando dicha área tiende a cero.(R Mayhua, 2009)

- **Esfuerzo normal.**- Es la componente normal del esfuerzo es decir la componente perpendicular al plano sobre el cual actúa el esfuerzo.(Mayhua, 2006)
- **Esfuerzo tangencial.**- Es la componente tangencial de esfuerzo es decir la componente paralela al plano sobre el que actúa el esfuerzo.(Frederick , 2016)
- **Deformación.**- Es el movimiento absoluto o relativo de un punto en un cuerpo, o bien la variación de una dimensión lineal.(Frederick, 2016)
- **Deformación unitaria normal.**- Es la deformación unitaria en la dirección de la deformación.(Frederick, 2016)
- **Caracterización.**- Es el proceso de designar la calidad del macizo rocoso basado en números y técnicas descriptivas de los rasgos que se presentan en cada macizo rocoso.(Tarbuck, 2016)
- **Sostenimiento.**- Empleando los principales métodos de sostenimiento de mina como son. Pernos, Split set, enmallado y cuadros de madera. Tiene como objeto mantener la estabilidad de la roca en todas las labores, siendo de suma importancia de trabajo ya que garantiza el desarrollo de todo tipo de actividades de la operación minera y la finalidad principal del sostenimiento es evitar la caída de rocas, bancos y planchones del techo o laterales de la caja.(L. Zaa, 2015)
- **Exploración.**- La exploración minera es el primer paso para iniciar un negocio minero, se buscan yacimientos totalmente cubiertos, utilizando los recursos de la cartografía, mapeo geológico, geoquímica. geofísica, finalmente la comprobación por medio de sondajes diamantinos, Las exploraciones son labores subterráneas como galerías, cruceros, rampas y diagonales con el objeto

de determinar si una zona presenta posibilidades de que exista mineralización económica.(Hartman, 1987)

- **Explotación.-** La explotación se realiza un yacimiento donde exista concentración de mineral, elemento o roca con suficiente valor económico para sustentar el costo de operación, la explotación es un beneficio industrial para la empresa.(Hartman, 1987)
- **Dureza.-** La dureza de las rocas es el principal tipo de resistencia a superar durante la perforación, cuando se logra la penetración inicial el resto de las acciones se desarrollan más fácilmente.(Hartman, 1987)
- **Resistencia.-** Se llama resistencia de una roca a la porosidad de oponerse a su destrucción bajo una carga exterior, estática o dinámica. Las rocas oponen una resistencia máxima a la compresión, La resistencia a la atracción no pasa de un 10% a 15% de la resistencia a la compresión esto se debe a la fragilidad de las rocas a la gran cantidad de defectos locales e irregularidades que presentan, depende fundamentalmente de su composición mineralógica.(Hartman, 1987)
- **Estructura.-** Las propiedades estructurales de los macizos rocosos tales como: esquistosidad, planos de estratificación, juntas, diaclasas y fallas, así el rumbo y buzamiento de estas, afectan a la linealidad de los barrenos, a los rendimientos de perforación y la estabilidad de las paredes de los taladros.(Frederick , 2016)
- **Textura.-** La textura de una roca se refiere a la estructura de los granos minerales constituyentes de la roca. Se manifiesta a través del tamaño de los granos, forma y porosidad. Todos estos aspectos tienen una influencia significativa al rendimiento de la perforación, también influye de forma significativa el tipo de material que constituye la matriz de una roca o mineral.(Frederick , 2016)

- **Elasticidad.-** La mayoría de los minerales constituyentes de las rocas tienen un comportamiento elástico frágil, que obedece a la ley de Hooke, se destruyen cuando las tensiones superan el límite de elasticidad.(Schumann, 1986)
- **Plasticidad.-** En algunas rocas la destrucción le precede la deformación plástica. La plasticidad depende de la composición mineral de las rocas y disminuye con el aumento del contenido del cuarzo, feldespato y otros minerales duros. (Schumann, 1986)
- **Abrasividad.-** Es la capacidad de las rocas para desgastar la superficie de contacto de otro cuerpo más duro en el proceso de rozamiento durante el movimiento. (Schumann, 1986)
- **Costos.-** Valor de los recursos cedidos a cambio de bienes y servicios, con la expectativa de recibir un provecho o beneficio futuro. Precio de adquisición de un bien o servicio que ha sido diferido o que todavía no ha contribuido con la realización de un ingreso y deben presentarse contablemente como un activo. (Sinisterra, 1997)
- **Costos directos.-** Son los costos de adquisición de los materiales que son transformados o se convierten en parte del objeto de costo, y pueden ser económicamente factible de cuantificar o identificar en dicho objeto se relacionan con el objeto de costos en particular y pueden atribuirse a dicho objeto desde un punto de vista económico (eficiente en cuanto a costos). (García Colín, 1997)
- **Costo de mano de obra directa.-** Son las compensaciones recibidas por la mano de obra que labora en la producción, y que pueden ser económicamente factible de cuantificar o identificar en el objeto de costos. (García Colín, 1997)

- **Costos directos.**- son todos los costos de producción que se consideran como parte del objeto de costos, pero que no pueden ser medidos i identificados de forma económicamente factible sobre dicho objeto. Son costos inventariables. Costos materiales indirectos. Costos mano de obra indirecta. Otros propios de la fábrica como energía eléctrica, alquileres, servicios de mantenimiento, suministros de fábrica. Se relacionan con el objeto de costos particular; sin embargo, no pueden atribuirse a dicho objeto desde un punto de vista económico. (Horngren, 2007)
- **Costo variable.**- cambia totalmente en proporción con los cambios relacionados con el nivel de actividad o volumen total. “son aquellos cuyos valores totales demuestran un comportamiento sensible a los cambios en el nivel de actividad.”(Horngren, 2007)
- **Costo fijo.**- se mantiene estable en su totalidad durante cierto periodo de tiempo, a pesar de los amplios cambios en el nivel de actividad o volumen total. “son aquellos cuyos valores totales permanecen constantes ante cambios en el nivel de actividad.” (Horngren, 2007) ver Figura 1.1 y 1.2.

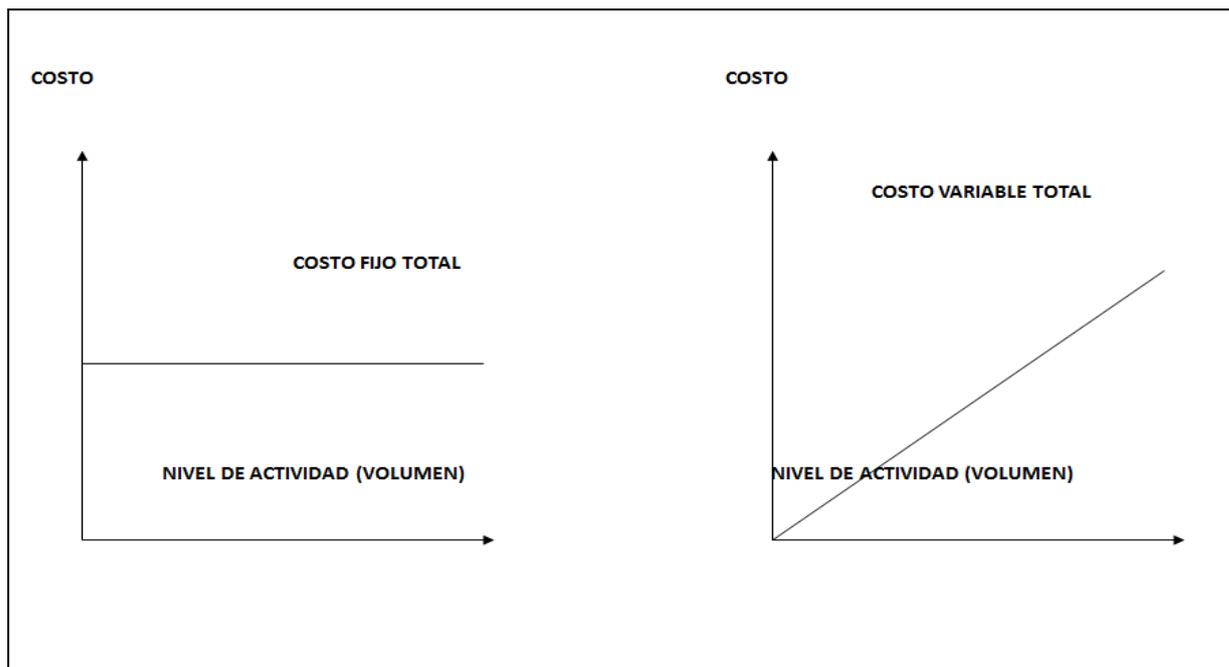


Figura 1.1: totales (fijos y variables)

Fuente: Horngren, 2007

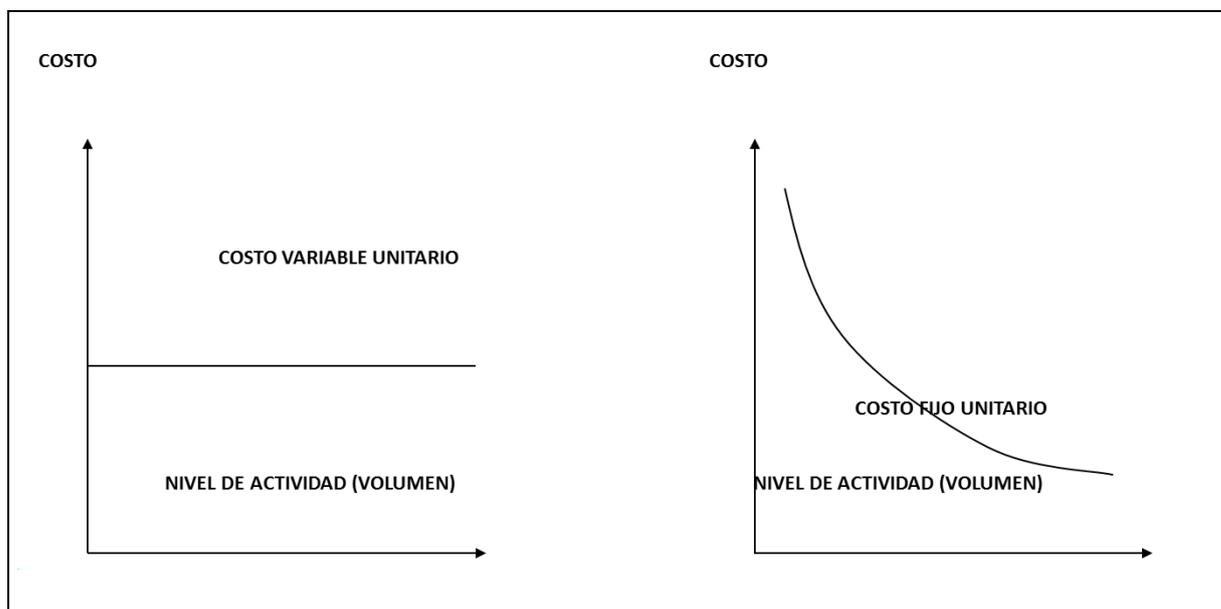


Gráfico 1.2: Costos unitarios (fijos y variables)

Fuente: Horngren, 2007

2.5. Formulación de hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Al utilizar el jumbo Axera J-15 retráctil como equipo principal, se optimizará los costos en sostenimiento con pernos helicoidales en el pique circular del Nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.

2.5.2. Hipótesis específicos

- Reduciendo los costos en sostenimiento mecanizado con un jumbo Bolter vs jumbo Axera 15 retráctil con pernos helicoidales en el pique circular nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.
- Determinando la eficiencia del jumbo retráctil minimizando los costos y el tiempo en el pique circular nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.
- Optimizando los costos unitarios de cada perno instalado en el pique circular nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

De acuerdo a la naturaleza del trabajo de investigación y por las características de estudio es de tipo descriptivo y experimental, ya que se refiere a la optimización de costos en sostenimiento con pernos helicoidales usando jumbo retráctil en el pique circular de la Unidad Minera Casapalca S.A.

La metodología consiste en desarrollar todos los procesos de instalación de pernos helicoidales usando jumbo retráctil analizando y evaluando todos los factores que influyen en los costos de instalación, orientando a mejorar y reducir los costos de sostenimiento, así mismo el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación básica, en razón que se utilizaron los conocimientos de las ciencias geológicas y mineras, a fin de garantizar su viabilidad de un análisis adecuado de los costos de las operaciones unitarias y para lograr los objetivos trazados se aplicó en su procedimiento el tipo de

investigación descriptivo y experimental, teniendo en cuenta las condiciones del macizo rocoso y las características del yacimiento minero.

3.1.1. Revisión y recopilación de informaciones preliminares.

Acorde al procedimiento de una investigación se hizo la revisión y recopilación de información preliminar con la finalidad de tener base teórica sobre los fenómenos tratados, teniendo énfasis en el estudio geotécnico y procedimientos adecuados para la elaboración de estudios de este tipo.

3.1.2. Selección y caracterización del sitio de estudio.

Acorde al planteamiento del problema se tenía definido el sitio de estudio, por ser de relevancia para el éxito de la actividad minera dentro del distrito de Casapalca del Departamento de Lima.

En la primera etapa de la investigación definimos el esquema de los estudios necesarios para un control de costos en el pique circular; la cual se mostrara en los capítulos siguientes.

3.2. Población

La población para este trabajo de investigación está constituida por las labores de la unidad minera Casapalca S.A.

3.3. Muestra

La muestra está constituida por el pique circular de la unidad minera Casapalca S.A.

3.4. Operacionalización de variables

3.4.1. Variable independiente

Instalación de pernos helicoidales usando jumbo retráctil en el pique circular de la unidad minera Casapalca S.A.

3.4.2. Variable dependiente

Optimización de los costos de sostenimiento en el pique circular de la unidad minera Casapalca S.A. Ver Cuadro 3.1

Cuadro 3.1: Operacionalización de Variables

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Variable Independiente:</p> <p>Instalación de pernos helicoidales usando Jumbo Retractil en el pique circular de la unidad minera Casapalca S.A.</p>	<p>Tiempo de instalación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Minutos/perno
<p>Variable Dependiente:</p> <p>Optimización de los costos de sostenimiento en el pique circular de la unidad minera Casapalca S.A.</p>	<p>Costos de sostenimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • US\$/TM

Fuente: Elaboración propia

3.5. Técnicas de recolección de datos.

Es muy importante determinar que técnicas se aplicarán, como el análisis estadístico y porcentual, control de tiempos de instalación del sostenimiento y las labores subterráneas que requieren sostenimiento.

3.6. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados para el estudio son la liquidación mensual para verificar el resumen de los costos de sostenimiento, el reporte diario de operación, reporte operacional mensual y la toma de fotografías para evaluar los costos operativos.

Reporte operacional mensual

- Labor instalada
- Número de horas operadas del equipo jumbo
- Número de horas empleadas en sostenimiento.
- Cantidad de pernos utilizados en sostenimiento.
- Tipo de sostenimiento

Reporte diario de operación.

- Número de horas operadas del jumbo
- Número de horas empleadas en sostenimiento.
- Cantidad de pernos utilizados en sostenimiento.

Técnicas para el procesamiento de la información.

Se aplicaron instrumentos y procedimientos de acuerdo a lo siguiente.

- Revisión de los datos.
- Información de reporte diario de operación mina.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Generalidades

4.1.1. Ubicación y accesibilidad

El área de localización de la Unidad Económica Administrativa “Americana” de la Compañía Minera Casapalca S.A., se encuentra en 3 micro cuencas: Micro cuenca de la quebrada Huaricancha que está limitada por los cerros Yanañau, Yurocshalla y Lauracocha, microcuenca de la quebrada Magdalena limitada por los cerros Lauracocha, Putca, Chuquiccuco y Paracte y la Microcuenca de la quebrada Pumatarea limitada por los cerros Huaricancha, Lichicocha, Yanañac y Jabonnioc.

Comprendida en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí y departamento de Lima, a una altitud comprendida entre los 4,450 msnm y 5,350 m.s.n.m.

Geográficamente, se localiza en la zona central flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los andes, entre las coordenadas UTM: 8 712 000N; 366 000E a 8

704 000N; 366 000E a 8712 000N; 374 000E a 8 704 000N; 374 000E, en el sistema WGS84. El acceso a la Unidad Económica Administrativa “Americana”, se realiza desde la ciudad de Lima a través de la carretera central, siguiendo las localidades de: Lima–Chosica Surco–Matucana–San Mateo – Chicla–Casapalca hasta el km. 115 donde están situadas las instalaciones de la Empresa Minera Los Quenuales S.A., desde este punto existe una carretera afirmada de 8 km., que sube por la quebrada El Carmen hacia el Sureste, y que conduce a las instalaciones de Compañía Minera Casapalca S.A. El tiempo de viaje en estas vías es de 3 horas y 20 minutos, según se muestra a continuación en el siguiente Cuadro:

Cuadro 4.1: Ruta y Ubicación de Compañía Minera Casapalca S.A.

De	A	Tipo de Vía	km.	Tiempo (h)
Lima	Casapalca	Asfaltado	115	3,00
Los Quenuales	CMC (mina)	Afirmado	08	0,20

Fuente: Compañía Minera Casapalca S.A.

4.1.2. Historia

En sus orígenes, Minera Casapalca formó parte de la Empresa Backus y Johnston. Fue constituida en 1889; posteriormente, en 1919, fue adquirida por la compañía Cerro de Pasco Corporation, entonces de capitales norteamericanos; luego, a raíz de la nacionalización de esta empresa, pasa a formar parte de la Empresa Minera del Centro del Perú - CENTROMIN PERÚ.

El 13 de octubre de 1986 se concreta la constitución legal de Compañía Minera Casapalca S.A., iniciando sus actividades el primero de enero de 1987. En 1987 se logra obtener las principales concesiones de CENTROMIN PERÚ, además de los yacimientos de pequeños mineros circundantes, lo cual marca el

primer paso para un desarrollo sostenido.

La filosofía de la Compañía Minera Casapalca S.A., desde sus inicios siempre ha sido la de tener un crecimiento sostenido, superando las adversidades y creyendo firmemente en las capacidades del ser humano como impulsor del desarrollo y de la empresa como generador de riqueza y al mismo tiempo como gestor del progreso del país.

4.1.3. Misión, visión, y valores

Visión

Posicionar a la Compañía Minera Casapalca S.A., como el referente de la mediana minería en el Perú.

Misión

Desarrollar nuestras actividades mineras guiados por los más altos principios y valores, protegiendo la salud, la integridad y el medio ambiente.

Valores

- Orientación hacia la eficiencia, la calidad y el mejoramiento continuo.
- Trabajo en equipo con alta dedicación y rendimiento.
- Desarrollo de recursos humanos fomentando los valores éticos y la iniciativa.

4.1.4. Geología

La Compañía Minera Casapalca S.A. geológicamente se encuentra sobre depósitos cuaternarios, los cuales están supra yaciendo a rocas sedimentarias e intrusivas del Cretáceo Superior y Terciario Inferior.

La estructura de mayor prominencia es el anticlinal de Casapalca que se encuentra en la parte central de la mina, este es un pliegue con 80 grados de inclinación del eje axial, que presenta plegamientos menores (anticlinales y sinclinales) en sus flancos NE y SW. En subsuelo se ha reconocido fallas pre-minerales que desplazan a las vetas, como la “Gran falla” que tiene rumbo N55W. Plegamientos, las unidades estratigráficas en el distrito están plegadas, teniendo sus ejes con rumbo general de N20W, lo que hace que sean aproximadamente paralelos al lineamiento general de los Andes.

La estructura de mayor importancia es el anticlinorium Casapalca que presenta plegamientos (anticlinales y sinclinales) menores en sus flancos. En el flanco suroeste del anticlinorium Casapalca se tiene el sinclinal Río Blanco constituido por el pórfido Carlos Francisco, tufos Yauliyacu, volcánicos Río Blanco y calizas Bellavista.

El sinclinal americana en el cual todas las unidades volcánicas terciarias son expuestas, tiene como núcleo a las calizas Bellavista, se ubica bordeando el flanco noreste del anticlinorium Casapalca.

Fallamientos, en el área de Casapalca, se encuentran tres grandes fallas inversas, conservando cierto paralelismo entre sí, estas fallas son: infernillo con rumbo N38 grados W y buzamiento 70 grados al SW, Rosaura de rumbo N43 grados W y buzamiento 80 al SW (presenta mineralización), Americana con rumbo N38 grados W y buzamiento 70 grados al NE. La falla Rio Blanco en la parte SW del distrito tiene rumbo cerca de N35 grados E, paralelo al sistema de vetas M y C. Ver ANEXO 4

4.1.5. Fisiografía y clima

El área de estudio se encuentra típicamente dentro de un ambiente del tipo glaciar, cuyas altitudes llegan hasta los 5,000 m.s.n.m., con zonas de topografía abrupta y fuertes pendientes, con geoformas modeladas por antiguos glaciares, se encuentra comprendida a una altitud entre los 3780 y 5300 m.s.n.m.

Su clima es frío y seco, la temperatura promedio anual es entre 10° a 15° C, descendiendo por las noches a 4° C. Los meses de sequía son desde mayo a octubre, siendo el período de lluvias entre los meses de noviembre a abril y los períodos de helada los meses de mayo, junio y julio.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología– INMET

4.1.6. Flora

La flora que se observó en la zona de estudio estuvo compuesta mayormente por los ichus y las poaceas de porte bajo y alto en la mayor parte evaluada. Se observó pequeños parches de matorrales compuestos por Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa*) y tola (*Baccharis* sp. y *Parastrephia* sp.) alrededor de algunas lagunas como Lauracocha Chico. Otra formación predominante fue la de los bofedales presentando como planta característica a *Distichia muscoides* (*Juncaceae*), de forma almohadilla y convexa, que le confiere al paisaje de la tundra alpina una superficie ondulada. Las especies protegidas por la Legislación Nacional son: La huamanpinta y la yareta lo cual se encuentran en la categoría de Vulnerable en el D.S. 043-2006-AG.

4.1.7. Fauna

La fauna más representativa que se observó en la zona de evaluación estuvo comprendida por las aves acuáticas y terrestres. Se observó la presencia de 12 especies de aves acuáticas distribuidas en 5 órdenes, y 7 familias. La gaviota andina y los chorlos nevados fueron las especies más frecuentes.

Las especies protegidas por la legislación nacional, y que se encuentran cercanos al área de influencia del proyecto, son: Zambullidor plateado, El cóndor y la vicuña lo cual se encuentran en la lista del D.S. 034-2004-AG.

Fuente: Instituto de Investigación Biomédicas – IDIBAM

4.1.8. Ambiente socio - económico y cultural

- **Ambiente socio – económico**

La Unidad Económica Administrativa “Americana” de Compañía Minera Casapalca S.A., pertenece al distrito de Chicla, cuya población total es de 6,085 habitantes, con un tamaño familiar de 5 personas promedio. La comunidad de San Mateo de Huanchor, tiene una Población de 340 integrantes, de los cuales 250 comuneros se encuentran activo/hábiles que participan en faenas y asambleas.

La comunidad de San Antonio, tiene una población de 180 integrantes, de los cuales todos son activo/hábiles. Los pobladores de ambas comunidades (San Mateo y San Antonio) residen en el distrito de San Mateo, cuya población es de 4,754 habitantes. La población del distrito de San Mateo de Huanchor, se dedican principalmente a la ganadería, minería, agricultura, comercio, son obreros y otras actividades eventuales. En el distrito de Chicla la actividad minera es considerada como la principal actividad económica, debido a que el

56,86% de la población se dedica a ella a través de los servicios de contrata. En el Asentamiento 03 de Enero, que es el poblado más cercano a la unidad minera, se tiene una población que en un 52% tiene empleo permanente en minería, un 37% tiene empleo temporal también en minería y sólo un 11% tiene otro tipo de empleo como el comercio.

- **Ambiente cultural**

El distrito de San Mateo de Huanchor: cuenta con diversas ruinas arqueológicas, entre las que destacan Cacray, Marcash, Rumar o Masak, Carcata y Tupihuaje entre otros. Todavía no estudiadas a profundidad por el Instituto Nacional de Cultura, evidencia que la civilización del pueblo de San Mateo de Huanchor, procede de un conjunto de Ayllus, que en la época del Incanato se desarrollaron a ambos lados del río Rímac.

Asimismo tiene como atractivo turístico al cruce ferroviario más alto del mundo denominado puente “El Infiernillo” a 3,850 msnm, constituyéndose así como una llave natural del eje de comunicaciones terrestres entre los departamentos de la sierra central y la costa de nuestro país.

Además tiene la represa de Yuracmayo pasando Chocna. También como atractivo turístico natural tiene la Catarata Velo de la Novia en San José de Parac, el nevado de Chayanca.

Fiestas tradicionales costumbristas: tienen a la “Fiesta Tradicional de las Cruces” que comienza el 28 de abril hasta la primera quincena de mayo. Así se inicia con la Santísima Cruz de Huamantanga, en el lugar de Tamboraque, del 28 al 30 de abril, luego la Santísima Cruz de Salameda de Tapo del anexo de Cacray se inicia el 30 de abril al 02 de mayo; otra fiesta es

el de la Santísima Cruz de Matakaka y Cruz de dos de mayo, se inicia el 30 de abril al 04 de mayo, luego la Santísima Cruz de Quihuacara, del 05 al 07 de mayo, también las Santísimas Cruces de 9 de mayo y Cruz del Calvario, anexo de San José de Parac, del 06 al 10 de mayo; y finalmente Las Santísimas Cruces de Jochanca.

El aniversario del distrito es el 21 de setiembre y también se festeja al Patrón San Mateo.

Platos típicos, tienen la pachamanca en tierra, la patasca, picante de cuy, carapulcra chicharrón de cáscara de papa, mazamorra de calabaza y el cóctel de huacoro entre otros. El distrito de Chicla, tiene como zona turística a la Laguna de Rapacna, ubicada en el anexo de Río Blanco, el Nevado de Ticlio y sus hermosos paisajes altoandinos.

Fiestas tradicionales costumbristas, tienen el 23 de junio en honor a San Juan y Corpus Cristo, también el 13 de junio veneran a San Antonio. Otra importante festividad se celebra en el mes de mayo que es la Fiesta de las Cruces en honor a la Cruz de Jerusalén y el Divino Niño.

El aniversario, es el 04 de marzo, este año ha cumplido 55 años de su creación política.

Platos típicos, entre los principales potajes preparados en Chicla y Casapalca tienen el caldo de cordero, la pachamanca, el picante de cuy con maní y el olluco con charqui son sus principales platos.

4.1.9. Organización de la Compañía Minera Casapalca S.A.

Actualmente en la Unidad Económica Administrativa Americana de la Compañía Minera Casapalca S.A. se explotan 06 minas subterráneas, El

Carmen, Alex, Esperanza, Gubbins, Juanita, Cuerpos y Pique Circular mineralizados, en las que se emplean métodos de explotación de corte y relleno ascendente, el corte y relleno hidráulico, convencional y el Sub Level Stopping.

La recuperación metalúrgica se realiza utilizando los procedimientos de flotación selectiva.

El concentrado es filtrado y despachado para su comercialización y traslado. La planta concentradora cuenta con una capacidad de tratamiento de 2700 TMD beneficiando minerales polimetálicos de zinc, plata, plomo y cobre, finalmente el concentrado es trasladado hacia los almacenes de los concentrados del Callao o a la refinería de La Oroya y Cajamarquilla, en camiones cuya capacidad es de 35 TM por estar normado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Autopista Carretera Central). Ver Cuadro 4.2 y 4.3

Cuadro 4.2: Leyes de cabeza de producción

AÑO	TMS	Ag (Oz/TM)	Pb %	Cu %	Zn %
2005	520,630.508	4.44	1.45	0.34	3.42
2006	778,283.571	3.76	1.06	0.41	2.82
2007	788,431.527	2.56	0.77	0.41	2.76
2008	831,367.532	2.50	0.66	0.47	4.38
2009	901,963.657	2.49	0.61	0.49	4.65
Total	3 820,676.795	3.03	0.86	0.43	3.66

Fuente: Estadística Minera – MEM

Cuadro N° 4.3: Población de Trabajadores en la Compañía Minera Casapalca S.A.

AÑO	Personal de Compañía Casapalca y Contrata
2006	1510
2007	1779
2008	1754
2009	1764
2010	1921

Fuente: Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional - unidad minera Casapalca S.A.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Sostenimiento mecanizado anterior

La Unidad Minera Casapalca para extraer el mineral acumulado en Pockets ha desarrollado el pique circular de una sección de 5.0x5.0 m. Para el sostenimiento de la labor minera ha utilizado pernos helicoidales de 7 pies de longitud. En la etapa anterior ha utilizado como equipo de sostenimiento para el empernado el jumbo Bolter J-14, cuyo análisis de sostenimiento, precio unitario y costo en sostenimiento se muestra: ver ANEXO 1, 2, 3 y los Cuadros 5.1, 5.2, y 5.3 respectivamente.

Cuadro 5.1: Análisis de sostenimiento anterior en el pique circular

EQUIPO DE SOSTENIMIENTO	ZONA DE OPERACIÓN	PERNOS INSTALADOS (UNIDADES)	PERNOS INYECTAD (HORA)	METROS PERFORAD (m)	AVANCE EN METROS
Jumbo Bolter J-14	Pique circular	851	16	2 042.40	15.40

En el sostenimiento anterior del pique circular, utilizando el equipo jumbo Bolter J-14 durante el mes de julio del año 2016, se ha instalado 851 pernos helicoidales de 7 pies de longitud con un total de 2 042.40 metros perforados y un avance de sostenimiento de 15.40 metros y un rendimiento de 16 pernos inyectados por hora.

Cuadro 5.2: Precio unitario en sostenimiento con jumbo Bolter J-14 en el pique circular

TIPO DE PERNO	PRECIO UNITARIO \$/PERNO	SISTEMA	EQUIPO
Perno 7' helicoidal	23.60	Mecanizado	Jumbo Bolter J-14

Mediante la estructura de precios unitarios con jumbo Bolter J-14 y pernos helicoidales de 7 pies, considerando 30 días de trabajo con un rendimiento de 4,50 min/perno y una longitud de perforación de 8 pies, se ha calculado un precio unitario de US \$ 23.60/perno.

Cuadro 5.3: Costo en sostenimiento mecanizado anterior en el pique circular

EQUIPO DE SOSTENIMIENTO	ZONA DE OPERACIÓN	PRECIO UNITARIO (\$/PERNO)	PERNOS INSTALADOS (UNIDADES)	COSTO EN SOSTENIMIENTO (US \$/MES)
Jumbo Bolter J-14	Pique circular	23.60	851	20 083.60

El costo de sostenimiento anterior en el pique circular utilizando el equipo jumbo Bolter J-14 con 851 pernos instalados y un precio unitario de US\$ 23.60/perno es de US\$/Mes 20 083.60

5.2. Sostenimiento mecanizado actual

Actualmente la Unidad Minera Casapalca para extraer el mineral acumulado en los Pockets viene desarrollando el pique circular de una sección de 5.0x5.0 m. y

para el sostenimiento de la labor minera utiliza pernos helicoidales de 7 pies de longitud.

Como equipo principal de sostenimiento para el empernado se utiliza el jumbo Axera J-15, cuyo análisis de sostenimiento, precio unitario y costo en sostenimiento se muestra ver los Cuadros 5.4, 5.5, y 5.6 respectivamente.

Cuadro 5.4: Análisis de sostenimiento actual en el pique circular

EQUIPO DE SOSTENIMIENTO	ZONA DE OPERACIÓN	PERNOS INSTALADOS (UNIDADES)	PERNOS INYECTADOS (HORA)	METROS PERFORADOS (m)	AVANCE EN METROS
Jumbo Axera J-15	Pique circular	876	25	2 102.40	20.50

En el sostenimiento actual del pique circular, utilizando el equipo jumbo Axera J-15 durante el mes de setiembre del año 2 016, se ha instalado 876 pernos helicoidales de 7 pies de longitud con un total de 2 102.40 metros perforados y un avance de sostenimiento de 20.50 metros y un rendimiento de 25 pernos inyectados por hora.

Cuadro 5.5: Precio unitario en sostenimiento con jumbo Axera J-15 en el pique circular

TIPO DE PERNO	PRECIO UNITARIO \$/PERNO	SISTEMA	EQUIPO
Perno 7' helicoidal	19.28	Mecanizado	Jumbo Axera J-15

Mediante la estructura de precios unitarios con jumbo Axera J-15 y pernos helicoidales de 7 pies, considerando 30 días de trabajo con un rendimiento de 2,50 min/perno y una longitud de perforación de 8 pies, se ha calculado un precio unitario de US \$ 19.28/perno.

Cuadro 5.6: Costo en sostenimiento mecanizado actual en el pique circular

EQUIPO DE SOSTENIMIENTO	ZONA DE OPERACION	PRECIO UNITARIO (\$/PERNO)	PERNOS INSTALADOS (UNIDADES)	COSTO EN SOSTENIMIENTO (US \$/MES)
Jumbo Axera J-15	Pique circular	19.28	876	16 889.28

El costo de sostenimiento actual en el pique circular utilizando el equipo jumbo Axera J-15 con 876 pernos instalados y un precio unitario de US\$ 19.28/perno es de US\$/Mes 16 889.28

5.3. Cálculo de costos por mes del año 2016.

Ver los Cuadros 5.7, 5.8 y 5.9

Cuadro 5.7: Costo de mano de obra

PERSONAL	JORNAL	COSTO TOTAL
CARGO	US \$/día	US \$/MES
Capataz de turno	30.45	913.50
Operador Jumbo	30.45	913.50
Ayudante Jumbo	25.36	760.80
Ayudante empernador	25.36	760.80
COSTO TOTAL	111.62	3 348.60

Cuadro 5.8: Estructura de precios unitarios jumbo Bolter j-14 Pernos helicoidales de 7'

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS BOLTER J-14								
PERNOS HELICOIDALES DE 7'								
Rendimiento	6,000	Pieza.	Días trabajados	30				
	4,50	min/perno	Horas por día	10				
Longitud de Perforacion	8,00	Pies	Equipos de Perforación					
Longitud de Efectiva	7,20	Pies	Empernador					
			Consumo de Combustible	1,50	Gal/hr			
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo
Total			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	US\$/Pza
1,00 SOSTENIMIENTO							1.289,90	21,00
101	Mano de Obra						77,50	
	Operador empernador	Guardia	1,29	1,00	35,44		45,54	
	Ayudante empernador	Guardia	1,29	1,00	24,87		31,96	
102	Materiales e insumos						639,33	
	Perno Helicoidal de 7' (inc Placa + tuerca)	Pieza		60,00	9,01		540,60	
	Barra de Extensión	Unid		0,05	36,000		18,14	
	Broca R32 38 mm	Unid		0,32	80,11		25,24	
	Shank Adapter	Unid		0,03	255,00		7,14	
	Coopling	Und		0,05	75,00		3,78	
	Cembol	Kg		297,50	0,14		41,73	
	Manguera 1"	Pp		480,00	0,01		2,70	
103	Equipos						551,11	
	Empernador	H		4,50	115,80		521,10	
	Combustible	Gal		6,75	4,45		30,01	
104	Herramientas y EPP						21,95	
	Implementos de seguridad	Guardia	2,57		4,28		10,99	
	Herramientas	Guardia	1,00		8,44		8,44	
	Lámparas Mineras	Guardia	2,57		0,98		2,53	
TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/unidad)								21
Utilidad Costo Directo					10%			2,10
COSTO TOTAL (US\$/un)								23,60

Cuadro 5.9: Estructura de precios unitarios jumbo Axera j-15 Pernos helicoidales de 7'

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS JUMBO AXERA J-15								
PERNOS HELICOIDALES DE 7'								
Rendimiento	6,000	Pieza.	Días trabajados	30				
	2,50	min/perno	Horas por día	10				
Longitud de Perforación	8,00	Pies	Equipos de Perforacion					
Longitud de Efectiva	7,20	Pies	Empernador					
			Consumo de Combustible	1,50	Gal/hr			
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Cantidad	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$	US\$/Pza
1,00 SOSTENIMIENTO							1.053,67	17,28
101	Mano de Obra						109,46	
	Operador empernador	Guardia	1,29	1,00	35,44		45,54	
	Ayudante empernador	Guardia	1,29	1,00	24,87		31,96	
	Ayudante de Empernador	Guardia	1,29	1,00	24,87		31,96	
102	Materiales e insumos						639,33	
	Perno Helicoidal de 7' (inc Placa + tuerca)	Pieza		60,00	9,01		540,60	
	Barra de Extensión	Unid		0,05	360,00		18,14	
	Broca R32 38 mm	Unid		0,32	80,11		25,24	
	Shank Adapter	Unid		0,03	255,00		7,14	
	Coopling	Unid		0,05	75,00		3,78	
	Cembol	kg		297,50	0,14		41,73	
	Manguera 1"	pp		480,00	0,01		2,70	
103	Equipos						282,92	
	Jumbo Axera 15	h		2,50	106,50		266,25	
	Combustible	Gal		3,75	4,45		16,67	
104	Herramientas y EPP						21,95	
	Implementos de seguridad	Guardia	2,57		4,28		10,99	
	Herramientas	Guardia	1,00		8,44		8,44	
	Lámparas Mineras	Guardia	2,57		0,98		2,53	
TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/un)							17,28	
	Utilidad Costo Directo				10%			1,73
COSTO TOTAL (US\$/un)							19,28	

5.4. Contratación de Hipótesis

Hipótesis 1

- Utilizando como equipo principal de sostenimiento mecanizado el jumbo Axera J 15 retráctil y los pernos helicoidales de 7 pies, se optimizará los costos de sostenimiento en el pique circular nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.

Ver los Cuadros 5.10, 5.11 y 5.12

Cuadro 5.10: Costo mensual Jumbo Bolter vs. Jumbo Axera

EQUIPO	ZONA DE OPERACION	PRECIO UNITARIO (\$/PERNO)	PERNOS INSTALADO (UNIDADES)	COSTO EN SOSTENIMIENTO (US \$/MES)	COSTO COMPARATIVO (US \$/MES)
Jumbo Bolter J-14	Pique Circular	23.60	851	20 083.60	20 673.60
Jumbo Axera J-15	Pique Circular	19.28	876	16 889.28	16 889.28
AHORRO					3 784.32

Utilizando el jumbo Bolter J-15 en el sostenimiento anterior del pique circular se ha requerido un costo mensual de US\$ 20 083.60 y utilizando el jumbo Axera J-15, un costo de US\$ 16 889.28 y realizando un costo comparativo mensual se obtiene un ahorro de US\$ 3 784.32.

Con estos resultados se muestra claramente que hay diferencia de costos anterior y actual.

Hipótesis 2

- Empleando como equipo principal de sostenimiento el jumbo Axera J-15 se optimizará los costos unitarios de los pernos helicoidales en el pique circular nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.

5.5. Resumen de precio unitario comparativo en sostenimiento mecanizado

Cuadro 5.11: Precio unitario jumbo Bolter vs jumbo Axera

TIPO DE PERNO	EQUIPO DE SOSTENIMIENTO	PRECIO UNITARIO (\$/PERNO)	SISTEMA
Perno 7' helicoidal	Anterior: Jumbo Bolter J.14	23.60	Mecanizado
Perno 7' helicoidal	Actual: Jumbo Axera J-15	19.28	Mecanizado
Diferencia de costos	-	4.32	-

Utilizando el jumbo Axera J-15 retráctil, como equipo principal de sostenimiento se ha optimizado los costos unitarios de US\$ 23.60/perno a US\$ 19.28/perno, resultando una diferencia de costos de US\$ 4.32/perno.

Hipótesis 3

- Mediante la comparación de los equipos de sostenimiento jumbo Bolter J-14 y jumbo Axera J-15 se determinará la eficiencia del jumbo Axera retráctil en el pique circular nivel 4 200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.

Cuadro 5.12 Análisis de sostenimiento anterior en el pique circular

EQUIPO DE SOSTENIMIENTO	ZONA DE OPERACION	PERNOS INSTALADOS (UNIDADES)	PERNOS INYECTAD (HORA)	METROS PERFORAD (m)	AVANCE EN METROS
Jumbo Bolter J-14	Pique Circular	851	16	2 042.40	15.40
Jumbo Axera J-15	Pique Circular	876	25	2 102.40	20.50
DIFERENCIA		25	9	60.0	5.10

Utilizando el jumbo Axera J-15 retráctil resulta ser más eficiente que el jumbo Bolter J 14, en el cuadro 5.10 se muestra que hay una diferencia de 25 pernos instalados, 09 pernos inyectados/hora y 5.10 metros de avance en sostenimiento.

CONCLUSIONES

- Utilizando el jumbo Axera J-15 retráctil como equipo principal, se ha optimizado los costos en sostenimiento con pernos helicoidales en el pique circular del nivel 4200 de la Unidad Minera Casapalca S.A.
- Al utilizar el jumbo Bolter J-15 en el sostenimiento anterior del pique circular se ha requerido un costo mensual de US\$ 20 083.60 y utilizando el jumbo Axera J-15, un costo mensual de US\$ 16 889.28 y realizando un costo comparativo mensual se obtiene un ahorro de US\$ 3 784.32/mes.
- Utilizando el jumbo Axera J-15 retráctil, como equipo principal de sostenimiento se ha optimizado los costos unitarios de US\$ 23.60/perno a US\$ 19.28/perno, resultando una diferencia de costos de US\$ 4.32/perno.
- El jumbo Axera J-15 retráctil es más eficiente que el jumbo Bolter J-14, en la instalación de pernos hay una diferencia de 25 pernos instalados, el jumbo Bolter J-14 inyecta 16 pernos/hora, en cambio el jumbo Axera J-15 inyecta 25 pernos/hora haciendo una diferencia de 09 pernos inyectados/hora.

RECOMENDACIONES

- Elegir el jumbo Axera J-15 retráctil, para una óptima instalación de pernos y reducir los costos en sostenimiento en el tiempo en la Unidad Minera Casapalca S.A.
- Constante capacitación a los operadores de los jumbos retráctil de la Unidad Minera Casapalca S.A., para lograr el rendimiento de los equipos de sostenimiento.
- Se debe realizar el mantenimiento preventivo del jumbo Axera J-15 retráctil para mejorar la disponibilidad mecánica.
- Se debe adquirir equipos de alta tecnología para lograr mejores resultados en el rendimiento y los costos de sostenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Antunez Alvarado, Félix Manuel (2010), tesis Sostenimiento con pernos empleando Jumbos electrohidráulicos de brazo retráctil en la mina Palca- Cia Minera Santa Luisa.
- Barton et. Al. (1974), Índice calidad tunelera (Q) para la determinación de lkas características de la masa rocosa y de los requerimientos de sostenimiento de túneles.
- Bieniawski (1973), Clasificación geomecánica o valoración der la masa rocosa RMR (Rock Mass Rating), referido sucesivamente en varias oportunidades, aplicable a la estimación del sostenimiento, al tiempo de auto sostenimiento y los parámetros de resistencia de la masa rocosa.
- Charles T. Horngren, (2007) Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial decimocuarta edición.
- Deere et. Al. (1964), Indice RQD, para proveer un estimado cuantitativo de la calidad de la masa rocosa, a partir de testigos de la perforación diamantina.
- Estadística Minera – MEM
- Flores Mamani, Alan Marcial, (2009), tesis Diseño de sistemas de reforzamiento mediante empernado de roca en mina subterránea, Universidad Nacional del Altiplano –Puno.
- Flores Soncco, Edwar, (2001), tesis: “Análisis y diseño de soportes en minería subterránea, perno de anclaje más resina en la rampa 4523 de la U.M. San Rafael, Universidad Nacional del Altiplano-Puno.

- Hoek et. Al. (1994), Índice de resistencia geológica GSI, para clasificar a la masa rocosa, estimar la resistencia de la masa rocosa y el sostenimiento.
- Laubscher, et. Al. (1977), RMR de Bieniawski modificada para la minería MRMR (Mining Rock Mass Rating), aplicable a la estimación de del sostenimiento y los parámetros de los métodos de minado por hundimiento principalmente.
- Lauffer, (1958), Clasificación que involucra el tiempo de auto sostenimiento para túneles.
- Llanos Rojas, Rogelio (2010), tesis Reducción de tiempos operativos en la instalación de sostenimiento en la Mina Milpo Unidad Atacocha .
- Lopez Jimeno C., (1994) “Manual de Perforación y Voladura de Rocas”, Instituto Geológico y Minero España. Edición 1994.
- Lopez Jimeno, Carlos (1997) “Manuel de Tuneles y Obras Subterranas”, Madrid: Graficas Arias Montano.
- Ritter (1879), Primer intento de formalizar un enfoque empírico para el diseño de túneles, en particular para determinar los requerimientos de sostenimiento.
- Robles Espinoza, Nerio H. (1994), Excavación y sostenimiento de túneles en roca, Lima-Perú.
- Rodriguez C., Guillermo, (2010), Diseño de sostenimiento para túneles y/o excavaciones mineras, Centro de capacitación de Geomecánica y Geotecnia. Curso taller.
- Sanchez Salas, Sara Lizeth (2013), Elementos de sostenimiento, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela de Ingeniería de Minas, Lima-Perú.

- Schumann, libro mecánica de rocas 1986
- Terzaghi, (1956, Primera referencia sobre el uso de una la clasificación de la masa rocosa para el diseño de sostenimiento de túneles con cimbras.
- Vallejo, C. (2004), Curso de capacitación de sostenimiento aplicada a la minería en la Mina Huaron.
- Vargas Vargas Ernesto, 2009" Tesis: Voladura controlada en labores de desarrollo y preparación de la mina Animon Chungar S.A.C.

ANEXOS

ANEXO N° 1

- Colocado de cembol y resinas en el taladro



ANEXO N° 2

Empernado con jumbo Axera j-15



ANEXO N°3

- Carguío de taladros en frente de sección 5.0x5.0 m.



ANEXO N° 4

- Plano geológico

