



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**OPTIMIZACIÓN DE CAPEX - OPEX EN SOSTENIMIENTO DE
LABORES MINERAS MEDIANTE PERNOS HYDRABOLT Y
MALLA ELECTROSOLDADA EN LA EMPRESA MINERA ARAPA
S.A.C. – AREQUIPA – 2019.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. KELVIN RAUL GUILLERMO CCORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERÚ

2020



DEDICATORIA

A mis distinguidos padres, por su valioso apoyo para culminar mis estudios superiores y obtener mí título profesional como Ingeniero de Minas.

A mis hermanos y hermanas quienes me orientaron y alentaron en todo el trayecto de mi vida estudiantil hasta concluir mis estudios universitarios y lograr mi título profesional.



AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios por darme la vida y salud para realizar mis estudios en las diferentes fases de mi formación académica.

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por haber culminado mis estudios en las aulas universitarias y lograr mi profesión como Ingeniero de Minas.

A la Facultad de Ingeniería de Minas a la plana docente por inculcar los conocimientos académicos relacionados para mi formación profesional.

Mi sincero agradecimiento a la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa, por haber facilitado la realización del presente estudio de investigación.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 13

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 14

 1.2.1. Pregunta general 14

 1.2.2. Preguntas específicas..... 14

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS..... 14

 1.3.1. Hipótesis general 14

 1.3.2. Hipótesis específicas 14

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 15

 1.4.1. Objetivo general 15

 1.4.2. Objetivos específicos..... 15

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 15

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN 17

2.2. BASES TEÓRICAS..... 19

 2.2.1. Teoría de costos 19

 2.2.2. Costos y gastos. 22

 2.2.3. Sostenimiento en minería subterránea..... 27

 2.2.4. Sostenimiento de labores horizontales 32

 2.2.5. Diseño de sostenimiento..... 34

 2.2.6. Características del sostenimiento a instalar..... 35



2.2.7. Características de la roca	38
2.2.8. Masa Rocosa.....	39
2.2.9. Condiciones de la masa rocosa.....	40
2.2.10. Criterios según las características del fracturamiento	40
2.2.11. Mecánica de rocas	40
2.2.12. Mapeo geomecánico.....	41
2.2.13. Sostenimiento por método geomecánico.....	42
2.2.14. Pernos de roca.....	43
2.2.15. Hydrabolt.....	43
2.2.16. Malla electro soldada.....	46
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	48

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO	50
3.2. POBLACIÓN	51
3.3. MUESTRA.....	51
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	51
3.4.1. Variable independiente.....	51
3.4.2. Variable dependiente	51
3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	52
3.5.1. Técnicas para el procesamiento de la información.....	52

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS	53
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS	53
4.3. COSTO DE MADERA INCLUIDO EL FLETE	53
4.4. CICLO DE MINADO CON EL SOSTENIMIENTO DE PERNO HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA.....	55
4.5. COSTO DE COMPRA DE PERNO HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA.....	56
4.6. COSTO DE INSTALACIÓN DE SOSTENIMIENTO, PERNO HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA.....	57
4.7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON TRAS FUENTES	58



V. CONCLUSIONES.....	59
VI. RECOMENDACIONES.....	60
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	63

Área: Ingeniería de Minas

Tema: Análisis de costos mineros.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de diciembre de 2020.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características físico-mecánicas de la malla fabricada en acero trefilado – laminado AT56-50H	46
Tabla 2. Características físicas de la malla electro soldada	46
Tabla 3. Operacionalización de variables	52
Tabla 4. Evolución de precios incluidos el transporte (en soles).....	54
Tabla 5. Costo de instalación de un cuadro	55
Tabla 6. Costo por m ² de un cuadro.....	55
Tabla 7. Tiempo de minado con sostenimiento pernos Hydrabolt y malla electrosoldada	56
Tabla 8. Costo de mano de obra.....	57
Tabla 9. Costo de equipo de sostenimiento con perno Hydrabolt y malla.....	57
Tabla 10. Costo de materiales de sostenimiento	57
Tabla 11. Costo implementos de seguridad	58



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuadro Recto.....	31
Figura 2. Cuadro Cónico.....	32



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1 Ubicación del Centro Poblado Secocha: Minera Arapa S.A.C. - Arequipa	64
Anexo N° 2 Geología de la Quebrada de Posco: Minera Arapa S.A.C. – Arequipa... 65	



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

VPP	:	Velocidad Pico Partícula
DIN	:	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
SD	:	Distancia Escalada
W	:	Carga operante
K	:	Factor de Amplitud
α	:	Factor de Atenuación.
ms	:	Milisegundos
MPa	:	Megapascales
Kbar	:	Kilobares
MWH	:	Empresa de firma estadounidense
Flyrock:		Roca volante refiriéndose a proyección de rocas
Airblast:		Onda aérea de presión
m/s	:	Metros por segundo
ms/m	:	Milisegundos por metro
Kg/m ³	:	Kilogramos por metro cubico
dB	:	Decibeles
Buffer	:	Taladro de amortiguación
Vp	:	Velocidad de onda compresional
“R”	:	Iniciales de Regrind (remolienda)



RESUMEN

La Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa, se encuentra ubicada en la Quebrada Posco de la jurisdicción del Distrito de Mariano Nicolás Valcárcel, Provincia de Camaná y Departamento de Arequipa, actualmente está explotando minerales de oro mediante el método de Corte y Relleno Ascendente Convencional y para el sostenimiento de labores mineras, en este caso, la Rampa San Vicente de una sección de 3,00 m x 2,80 m. y una longitud proyectada de 345 m. ha utilizado cuadros de madera y puntales, según la evaluación realizada en el tramo inicial de 85 metros lineales, tiene problemas de elevados costos de sostenimiento, debido a una serie de factores que presenta la madera. El costo de sostenimiento al utilizar la madera ha sido de 45,76 US\$/m². El objetivo principal del estudio de investigación es optimizar el Capex - Opex de sostenimiento de labores mineras en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019. Mediante el presente estudio de investigación se pretende minimizar el Opex en un 12% y optimizar el Capex en el proceso de sostenimiento en un 13%. La metodología para desarrollar el estudio de investigación ha consistido en su primera etapa en evaluar todo el proceso del sistema de sostenimiento con madera considerando, los costos de madera, costos de transporte, costos de instalación y el tiempo de duración de la madera, dichos datos se han registrado en las fichas de control. Posteriormente en el estudio de investigación se ha analizado los costos de materiales, costos de instalación, el tiempo de duración del sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada. Finalmente mediante un análisis de costos de ambos sistemas de sostenimiento se ha determinado la optimización del Capex - Opex de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, llegando a las siguientes conclusiones, los costos de sostenimiento mediante el sistema de pernos Hydrabolt y malla electrosoldada se ha optimizado de 45,76 US\$/m² a 42,18 US\$/m², con una diferencia de 3,58 US\$/m² en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

Palabras claves: Optimización, Capex, Opex, sostenimiento, Hydrabolt, malla.



ABSTRACT

The mining company Arapa S.A.C. - Arequipa, is located in the Posco Creek in the jurisdiction of the District of Mariano Nicolás Valcárcel, Province of Camaná and Department of Arequipa, is currently exploiting gold minerals through the method of Conventional Ascendant Cut and Fill and for the maintenance of mining activities, in this case, the San Vicente Ramp of a section of 3.00 mx 2.80 m. and a projected length of 345 m. It has used wooden frames and props, according to the evaluation carried out in the initial section of 85 linear meters, it has problems of high maintenance costs, due to a series of factors that wood presents. The cost of sustaining when using wood has been 45.76 US \$ / m². The main objective of the research study is to optimize the Capex - Opex to sustain mining work in the San Vicente Ramp of Empresa Minera Arapa S.A.C. - Arequipa - 2019. Through this research study it is intended to minimize Opex by 12% and optimize Capex in the maintenance process by 13%. The methodology to develop the research study has consisted in its first stage in evaluating the entire process of the support system with wood, considering the costs of wood, transportation costs, installation costs and the duration of the wood, said data they have been recorded in the control sheets. Subsequently, the research study has analyzed the material costs, installation costs, the duration of the support system with Hydrabolt bolts and electrowelded mesh. Finally, through a cost analysis of both support systems, the optimization of the Capex - Opex of support with Hydrabolt bolts and electrowelded mesh has been determined, reaching the following conclusions, the maintenance costs through the Hydrabolt bolt system and electrowelded mesh has been Optimized from 45.76 US \$ / m² to 42.18 US \$ / m², with a difference of 3.58 US \$ / m² in the San Vicente Ramp of Empresa Minera Arapa SAC - Arequipa - 2019.

Keywords words: Optimization, Capex, Opex, sustainment, Hydrabolt, mesh.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa, ha utilizado el sistema de sostenimiento con madera en todas las labores de explotación subterránea que es fundamental para realizar las operaciones de minado en las labores subterráneas como tal constituye una de las etapas más importantes para su ejecución y es necesario analizar y evaluar todo el sistema de sostenimiento con madera.

La aplicación del sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, ha generado mejores beneficios económicos y mayor rentabilidad económica para la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa

El estudio de investigación se divide en cuatro capítulos, en el Capítulo I, se considera la introducción motivo de tesis, en el Capítulo II, se ha desarrollado la revisión de literatura analizando las bases teóricas fundamentales y definiciones conceptuales que son la base para realizar el estudio de investigación, en el Capítulo III, se describe los materiales y métodos utilizados en la investigación y la Operacionalización de variables, en el Capítulo IV, se ha planteado los resultados y discusión del sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en las labores subterráneas de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa, está utilizando el método de Corte y Relleno Ascendente Convencional para la explotación del yacimiento mineral y para el sostenimiento de las labores subterráneas ha utilizado el sistema de sostenimiento con cuadros de madera y puntales, según la evaluación realizada en el tramo inicial de 85 metros de la Rampa San Vicente, se tiene problemas de elevados costos en sostenimiento. El costo de sostenimiento al utilizar la madera ha sido de 45,76 US\$/m² y para superar este problema se ha planteado como alternativa reemplazar la madera con pernos Hydrabolt y Malla Electrosoldada el mismo que



tiene mayor tiempo de duración y rendimiento en la Empresa Minera Arapa S.A.C.
– Arequipa – 2019.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

¿Cómo optimizamos el Capex - Opex en sostenimiento de labores mineras en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019 ?

1.2.2. Preguntas específicas

- a) ¿Cuál es el Capex – Opex en el sostenimiento de labores mineras con madera en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019 ?
- b) ¿Cuál es el Capex – Opex en el sostenimiento de labores mineras con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019?
- c) ¿Cómo optimizamos el Capex - Opex en sostenimiento de labores mineras con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019?

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

Mediante los pernos Hydrabolt y malla electrosoldada se optimizará el Capex - Opex en sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

1.3.2. Hipótesis específicas

- a) Al utilizar la madera se determinará el Capex - Opex en sostenimiento en la Rampa



San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

- b) Al utilizar los pernos Hydrabolt y malla electrosoldada se determinará el Capex - Opex en sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.
- c) Mediante los pernos Hydrabolt y malla electrosoldada se optimizará el Capex – Opex en sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Optimizar el Capex - Opex en sostenimiento de labores mineras en la Rampa San Vicente en la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el Capex - Opex en sostenimiento de labores mineras con madera en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.
- b) Determinar el Capex - Opex en sostenimiento de labores mineras con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.
- c) Optimizar el Capex - Opex en el sostenimiento de labores mineras con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Empresa Arapa S.A.C. – Arequipa, actualmente viene explotando el yacimiento aurífero mediante el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente



Convencional y para el sostenimiento de labores mineras en la empresa minera, ha utilizado como elemento de sostenimiento los cuadros de madera y puntales, según la evaluación realizada en el tramo inicial de 85 metros de la Rampa San Vicente se tiene problemas de elevados costos en sostenimiento. El costo de sostenimiento al utilizar la madera ha sido de 45,76 US\$/m² y para superar este problema se ha planteado como alternativa reemplazar la madera con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada cuyo costo ha sido de 42,18 US\$/m², con una diferencia de 3,58 US\$/m² en la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

Para la explotación de las reservas de mineral serán necesarias diferentes labores subterráneas las mismas que requerirán sostenimiento para realizar las actividades mineras subterráneas de la empresa.

Por tanto el presente proyecto de investigación es de mucha importancia para la empresa, proporcionando mayor garantía en la seguridad de los trabajadores y mejores resultados económicos al minimizar el Opex y optimizar el Capex en sostenimiento de labores mineras según las características del macizo rocoso, lo que justifica la ejecución del estudio de investigación para la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

Antúñez, (2010), en su tesis Sostenimiento con pernos helicoidales, empleando Jumbos Electrohidráulicos de brazo retráctil en la Mina Palca - Cía. Minera Santa Luisa, Concluye que mediante la metodología de la evaluación de costos de sostenimiento ha llegado a los siguientes resultados: Con 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 en el tiempo de instalación de sostenimiento.

Flores, S. E. (2001), en su tesis Análisis y diseño de soportes en minería subterránea, perno de anclaje más resina en la Rampa 523 Mina San Rafael. Concluye que con la metodología de evaluación del sistema de sostenimiento con pernos de anclaje, su costo de instalación, tiempo de duración y eficiencia, ha llegado a los siguientes resultados: Costo de sostenimiento 21,50 US\$/Tm.

Sanca, M. (2009), en su tesis Ejecución y sostenimiento de labores de desarrollo en la Unidad Minera Paula SAC, concluye que para la estabilización de labores se emplean el sostenimiento con cuadros de madera y pernos de anclaje, previa evaluación geotécnica empleando el sistema GSI. La metodología para realizar el trabajo de investigación consistió en analizar el costo de madera, costo de instalación, tiempo de duración, ventajas y desventajas de la madera y posteriormente se ha analizado el sostenimiento con pernos de anclaje considerando los costos de los pernos, costos de instalación y tiempo de duración y finalmente se ha realizado el análisis comparativo de los costos de sostenimiento.

Soncco, C. G. (2005) , en su Informe de trabajo Profesional para optar el título Profesional de Ingeniero de minas , de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Cuyo Título es: “*Experiencias del Empleo de sostenimiento Práctico Minero en la Cia. Minera Huaron*” del distrito de Huayllay, Provincia y Departamento de Pasco, en el trabajo describe las experiencias adquiridas en el empleo de



sostenimiento práctico minero, en el método de explotación por corte y relleno Convencional y Mecanizado, para determinar el tipo de soporte y el tiempo en el que se debe colocar, para evitar la ocurrencia de desprendimiento de bloques de roca, los que causan serios accidentes humanos y pérdidas económicas muy perjudiciales en operaciones subterráneas, y describe el diseño de soporte y clasificación geomecánica según el GSI. (Geological Strength Index) modificado y el mapeo geomecánico y partes diarios de control.

Torres, C. (2011), en su tesis Análisis del sistema de sostenimiento con perno Split Set y malla electrosoldada aplicado en labores de explotación en la Unidad Minera El Cofre CIEMSA. Concluye que con la metodología de la evaluación de costos de los sistemas de sostenimiento y rendimiento ha llegado a los siguientes resultados que el sistema de sostenimiento con Perno Split Set y malla electrosoldada es más económico que el uso de puntales de madera en el sostenimiento de labores en la Unidad Minera El Cofre.

Quispe, (2018), en su tesis Optimización de costos en sostenimiento con pernos helicoidales en la Unidad de Producción Chalhuan de la Empresa Minera Soledad S.A.C. – Arequipa. Concluye que con la metodología de la evaluación de costos de los tipos de sostenimiento ha llegado a los siguientes resultados: Utilizando el sostenimiento de cuadros de madera y puntales en las labores de explotación ha requerido un costo total de 22,35 US\$/Tm y con el sistema de pernos helicoidales un costo total de 20,07 US\$/Tm de mineral con una diferencia de 2,28 US\$/Tm de mineral, y al reducir el costo de sostenimiento, se obtuvo un ahorro de 91 930 US\$ por año.

Narvaez, S. (2017), Optimización de costos en sostenimiento con Pernos helicoidales usando Jumbo Retráctil en el Pique Circular de la Unidad Minera Casapalca S.A. Concluye que mediante la evaluación de costos de sostenimiento y el equipo utilizado ha llegado a los siguientes resultados: al utilizar el Jumbo Axera J-15 retráctil como equipo principal de sostenimiento, los costos unitarios de sostenimiento se han optimizado de 23,60 US\$/perno a 19,28 US\$/perno, con una diferencia de 4,32 US\$/perno.



2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Teoría de costos

A) Estimación de los costos de operación

El costo de operación depende del sistema de explotación, tamaño de yacimiento, su forma, grado de irregularidad, resistencia del mineral, resistencia de las cajas, carga de los terrenos, método de acceso y de preparación, tamaño de la producción y también el nivel de salarios. El sistema de explotación influye mucho sobre los trabajos de tajeo y de preparación y parcialmente sobre el transporte del mineral. Se debe buscar un compromiso entre los siguientes valores: precio de costo, factor de recuperación, factor de dilución.

Los índices de consumo de mano de obra, materiales y energía dependen de las propiedades de las rocas, de la mecanización de los trabajos y de la escala de producción. El consumo de explosivo en tajeo y preparación aumenta en roca dura. La carga de los terrenos es un factor de inseguridad de mantenimiento elevado y rendimiento mediocre.

El valor del costo depende también de la amortización de las inversiones, cuya norma se fija en relación con el tamaño y vida de la mina y de los gastos generales, cuyo valor absoluto se determina sobre todo por el tamaño de la producción, su estructura y las condiciones naturales. (Jhony, B.E. 2013)

Esas dificultades se centran en la búsqueda de correlaciones aceptables entre costos y métodos de explotación. Debido a la gran variedad de componentes de los costos totales de operación y las características tan particulares de cada una de las operaciones mineras, los estimadores de costos se encuentran con grandes problemas para la determinación de los mismos. No obstante, se pueden utilizar los siguientes métodos:

- Método del proyecto similar
- Método de la relación costo – capacidad



- Método de los componentes del costo
- Método del costo detallado

a) Método del proyecto similar

Consiste en suponer que el proyecto, procesos u objeto de estudio es semejante a otro ya existente del cual se conocen los costos. Aunque se disponga de una información detallada existen circunstancias y condiciones como son la geología local, el equipo en operación y la estrategia de la empresa hacen que se aparten mucho del proyecto en estudio. Por ello se utiliza otro sistema que consiste en aprovechar parte de los datos disponibles, como son los costos del personal y estimar los costos totales a partir de las relaciones conocidas entre los diversos componentes.

b) Método de la relación costo – capacidad

Este método se basa en el empleo de gráficos o formulas en los que se han correlacionado los costos con las capacidades de producción de diferentes explotaciones. Esencialmente es el mismo método que se utiliza en la estimación de los costos de capital. La base estadística de la que se parte si no es homogénea amplia y puede dar lugar a la introducción de errores con este procedimiento de estimación. Los datos que han servido para la elaboración de tales relaciones deben estar referidos a un método de explotación específico, con condiciones geográficas y geológicas semejantes. La extrapolación de los costos a partir de los correspondientes a una capacidad de producción conocida se efectúa con fórmulas iguales a las del costo capital. Sin embargo la variación de los costos de operación es más compleja que la de los costos de capital y requiere una descomposición de los mismos. (Jhony, B.E. 2013)

c) Método de los componentes del costo

Cuando el proyecto ha progresado hasta el punto en que se conoce la plantilla de personal, las obras de infraestructura, los consumos de materiales, los equipos necesarios, es posible desarrollar un sistema de estimación de costos basado en los gastos unitarios o elementales tales como:

- Dólares/metro



- Dólares/tonelada

d) Método del costo detallado

Finalmente, los costos de operación deben deducirse a partir de los costos principales. Para ello es necesario conocer índices tales como consumo de combustible por hora de operación, vida de los útiles de perforación, consumos específicos de explosivo, accesorios de voladura y otros.

En primer lugar, se fijan los criterios básicos de organización relativos a días de trabajo año, relevos al día y horas de trabajo por relevo. Seguidamente para los niveles de producción previstos se establecen los coeficientes de disponibilidad y eficiencia con los cuales se determinan la capacidad de los equipos necesarios y el número de estos. Por ultimo para cada grupo de máquinas se elabora una tabla detallada indicando las distintas partidas que engloba el costo horario de funcionamiento: personal, materiales, consumos, desgastes, mantenimiento y servicios.

Conociendo el número de horas necesarias para una determinada producción el costo horario de la máquina que intervienen en dicho proceso se obtiene de manera inmediata el costo de operación. (Ozain, C.L. 2007).

Este procedimiento constituye el único método seguro para estimar los costos de operación de un proyecto. En la estimación de los costos horario de los equipos los conceptos que se deben tener en cuenta son:

1. Costos directos

- a. Consumos
 - Energía eléctrica
 - Combustibles
 - Lubricantes
- b. Reparaciones
- c. Neumáticos
- d. Elementos de desgaste
- e. Operador



2. Costos indirectos

- a. Amortización
- b. Intereses del capital
- c. Seguros
- d. Impuestos

El porcentaje de imprevistos se aplica sobre los costos de operación (directos, indirectos y generales) para tener en cuenta alguna eventualidad durante el periodo de trabajo.

Estos problemas son debidos a condiciones climatológicas adversas, colapsos de terrenos, inundaciones.

Las cifras que se utilizan varían entre el 10 a 25%, dependiendo del nivel de detalle de estimación de los costos. (Jhony, B. E. 2013)

2.2.2. Costos y gastos.

Costo es el esfuerzo económico que se debe realizar para obtener un producto o servicio, Los objetivos son aquellos de tipo operativos, como, por ejemplo: comprar materiales, producir un producto, venderlo, prestar un servicio, obtener fondos para financiarnos, administrar la contrata, etc. Si no se logra el objetivo deseado, decimos que tenemos una pérdida.

El costo constituye el fundamento para el costo del producto, la evaluación del desempeño y la toma de decisiones gerenciales. El costo se define como el valor sacrificado para adquirir bienes o servicio, que se mide en pesos mediante la reducción de activos o al incurrir en pasivos en el momento en que se obtienen los beneficios. En el momento de la adquisición, el costo en que se incurre es para lograr beneficios presentes o futuros. Cuando se utilizan estos beneficios, los costos se convierten en gastos.

Gasto se define como un costo que ha producido un beneficio y que ha expirado. Los costos no expirados que pueden dar beneficio futuro se clasifican como activos. Los gastos se confrontan con los ingresos para determinar la utilidad o la pérdida neta de un periodo. (Guzmán, F. S. 2000).



Los gastos expresan el monto total, en términos monetarios, de los recursos materiales, laborales y financieros utilizados durante un periodo cualquiera, en el conjunto de la actividad minera.

El concepto de gastos tiene un contenido amplio, incluyendo además de los recursos gastados durante un periodo en la producción, los gastos relacionados con el incremento de la producción en proceso, los gastos que se aplican al costo en periodos futuros (gastos diferidos), los gastos vinculados a la producción resarcidos por fuentes especiales de financiamiento y los gastos de las actividades ajenas a la producción. (Durant, B. J. 2014).

a) Importancia de la determinación de los costos.

Es de vital importancia la determinación y el conocimiento cabal de los costos de la empresa, ya que, entre los objetivos y funciones de la determinación de costos, se encuentran los siguientes.

- Facilitar la toma de decisiones.
- Permitir la evaluación de inventarios.
- Controlar las deficiencias de las operaciones.
- Contribuir a planeamiento, control y gestión de la empresa.

De igual forma la determinación de los costos también servirá, en general, para tres propósitos fundamentales.

- Proporcionar informes relativos a costos para medir la utilidad y evaluar el inventario (estado de resultados).
- Ofrecer información para el control administrativo de las operaciones y actividades de la empresa (informes de control).
- Proporcionar información a la administración para fundamentar la planeación y la toma de decisiones (análisis y estudios especiales).



b) Costos según su grado de variabilidad.

Esta clasificación es importante para la realización de estudios de planificación y control de operaciones, son de uso gerencial. Esta referido a la variación de los costos, según los niveles de producción.

1) Costos fijos.

Son aquellos en los que el costo permanece constante dentro de un rango relevante de producción, mientras el costo fijo por unidad varía con la producción. Más allá del rango relevante de producción, varían los costos fijos.

En otro sentido, es aquella erogación que es independiente del volumen de producción, esto es, referente a cuanto se produzca de tal o cual artículo, por tanto, si la producción sube o baja, los costos fijos permanecen indiferentes. Son costos que no guardan una relación de causalidad directa con las fluctuaciones de la producción. El costo fijo solo es aplicable en el corto plazo, debido a que en este periodo la empresa no puede alterar su capacidad productiva.

Son aquellos costos cuyo importe permanece constante, independiente al volumen de producción de la empresa. Se pueden identificar y llamar como costos de "mantener la empresa abierta", de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa. Por ejemplo:

- Ventilación de mina.
- Servicios de vigilancia.
- Alquileres de servicios para usos administrativos y mina.
- Amortizaciones y depreciaciones.

2) Costos variables.

Son todos los gastos organizacionales o también conocidos como gastos de operación que fluctúa o varía directamente, algunas veces en forma proporcional con las ventas o con el volumen de producción, los medios



empleados, la utilización u otra medida de actividad. En otras palabras, son los costos que cambian o fluctúan en relación directa a una determinada actividad o volumen de producción dado, dicha actividad puede ser referida a producción o ventas; ejemplo: la materia prima cambia de acuerdo con el volumen de producción y las comisiones de acuerdo con las ventas, además de los materiales consumidos la mano de obra directa, la fuerza motriz, los suministros; la depreciación; las comisiones sobre ventas. (Guzmán, F. S. 2000).

En consecuencia, son aquellas erogaciones considerados sensibles al volumen de producción de una unidad de producción fabricado. Los costos variables se caracterizan por su dependencia de cuánto se va producir de tal o cual producto durante un ciclo de operación normal. Podemos identificarla cuando el costo total cambia en proporción directa a los cambios en el volumen, o producción, dentro del rango relevante, en tanto que el costo unitario permanece constante.

- Mano de obra directo.
- Combustibles lubricantes.
- Aceite.
- Materiales e insumos directos (explosivos, llantas, aire comprimido, energía etc.).

c) Costos según su asignación

1) Costos directos

Son aquellos que se pueden identificar plenamente o asociar a los productos y servicios procesados o ejecutados, así como también puede decirse de aquellos sobre los que un área determinada tiene responsabilidad en su empleo o utilización; generalmente pueden considerarse como tales, los gastos originados por los consumos de materiales empleados y también aquellos servicios recibidos y otras obligaciones que puedan asociarse de manera específica a la actividad que se ejecuta.

Son aquellos costos que se asigna directamente a la actividad de producción. Por lo general se refieren a los costos variables.



2) Costos indirectos

Está constituido por los gastos que no son identificables con una producción o servicio dado, relacionándose con éstos en forma indirecta. Son aquellos que por regla general, se originan en otras áreas organizativas de apoyo a las acciones fundamentales de la entidad. Son ejemplos de costos indirectos los administrativos de toda índole, los de reparación y mantenimiento, los cuales se ejecutan con la finalidad de apoyar las acciones que realiza la misma.

Otra definición es que no son asignados directamente a la actividad de producción o servicio, pero que son necesarios para la producción. Se distribuyen entre las diversas unidades productivas mediante algún criterio de reparto. En la mayoría de los casos los costos indirectos son costos fijos. (Anda, H. L., 2007).

d) Costos según su comportamiento

1) Costos variables unitarios

Es el costo que se asigna directamente a cada unidad de producto. Comprende la unidad de cada materia prima o materiales utilizados para fabricar una unidad de producto terminado, así como el costo por tonelada de mineral producido, costo por (CFM) de aire producido, costo por metro de avance. (Ozain, C.L. 2007)

2) Costo variable total

Es el costo que resulta de multiplicar el costo variable unitario por la cantidad de productos fabricados o servicios vendidos en un periodo determinado; sea este mensual, anual o cualquier otra periodicidad.

3) Costo fijo total

En los costos fijos el proceso es inverso, es parte de los costos fijo totales para llegar a los costos fijos unitarios.

4) Costo fijo unitario

Es el costo fijo total dividido por la cantidad de producción o servicios brindados.



5) Costo total

Incluye el costo de producción más los gastos incurridos en su proceso de transporte y venta, es el resultado de la suma de los costos variables y fijos.

2.2.3. Sostenimiento en minería subterránea

En toda explotación minera, el sostenimiento de las labores es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance y/o producción pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes a personal y al equipo.

Selección entre refuerzo y soporte.

- Existe una confusión entre lo que es un soporte de roca y un refuerzo de roca.
- Refuerzo de roca generalmente consisten en sistemas de empernado o cables que proveen un refuerzo a la masa rocosa aumentando la resistencia friccional entre bloques que la componen.
- Soporte, consistente en cerchas de acero o concreto, shotcrete o cuadros de madera, son diseñados para estabilizar la masa rocosa mediante el control del colapso progresivo o deformación de la misma.
- En términos simples se dice que el refuerzo en un sistema “activo” mientras que el soporte es uno pasivo. (Torres, C. 2011).

A) Sostenimiento con madera

El sostenimiento con madera tiene por objeto mantener abiertas las labores mineras durante la explotación, compensando el equilibrio inestable de las masas de roca que soporta.

B) Resistencia de la madera

Un rollizo de madera, debido a su naturaleza celular puede ser considerado como un atado de tubos paralelos. Este resiste mucho mejor a la presión en contra de los extremos que la presión en contra de los lados.



Una elevada presión en contra de los extremos de un rollizo originará que este se parta longitudinalmente y luego falle. Una elevada presión en contra de los lados compactará las células, comprimiendo el rollizo. En caso de no tener soporte este rollizo se doblará y posteriormente fallará por ruptura. En las minas convencionales del Perú se usa más el eucalipto presentando características favorables para el sostenimiento. (Flores, S.E. 2001)

C) Clases de terreno

El conocimiento de las diversas clases de terrenos es fundamental para el enmaderador a fin de terminar la necesidad de sostenimiento de las labores.

Desde un punto de vista práctico podemos dividir los terrenos en cuatro clases.

1. Terreno compacto Es el formado por cristales o por partículas bien cementadas.
2. Terreno fracturado Muestra una serie de planos paralelos de discontinuidades como los planos de estratificación en la roca sedimentaria.
3. Terreno arcilloso: Constituido por rocas casi elásticas que se deforman bajo la presión.
4. Terreno suave: El cual está formado por fragmentos gruesos o finos o una mezcla de ambos tamaños.

D) Sostenimiento según la clase de terreno

- **Terreno compacto:** no requiere sostenimiento sino la formación de una buena bóveda auto sostenida.
- **Terreno fracturado:** exige solo un sostenimiento ligero, esta clase de terrenos es más resistente en dirección perpendicular a las rajaduras o planos de discontinuidad que en dirección paralela a los mismos.
- **Terreno suave:** requiere de tipo pesado. En esta clase de terrenos las presiones son mayores cuando más fino es el tamaño de los fragmentos.



- **Terreno arcilloso:** exige un sostenimiento extremadamente resistente o estructuras flexibles capaces de adaptarse a las presiones que se desarrollan.

E) Principios de sostenimiento con cuadros de madera

- La estructura debe ser colocada lo más cerca posible al frente para permitir solo el mínimo reajuste de terreno antes de dicha colocación.
- Ella debe ser rígida para que el reajuste que se produce después de la colocación sea reducido al mínimo.
- La estructura debe estar constituida por pieza fácil de construcción, manipuleo e instalación.
- Las partes de la estructura que han de recibir las presiones o choques más fuertes deben tener tales características y ubicación que trabajen con el menor efecto sobre la estructura principal misma.
- Ellas deben interferir lo menos posible a la ventilación y no estar sujetos a riesgos de incendio.
- Su costo debe de ser tan bajo como lo permita su rendimiento. (Ramirez, S. J. 2000)

F) Tiempo de vida de la madera

- La madera es el material más barato que puede utilizarse. En la mayoría de casos es satisfactorio; desde el punto de vista de su resistencia, pero su corta duración es la característica desfavorable.
- La duración de la madera en la mina es muy variable, pues depende de las condiciones en que trabaje, por ejemplo: La madera seca; dura más.
- La madera descortezada, dura más que aquella que conserve la corteza.
- La madera “curada” (tratada con productos químicos para evitar su descomposición) dura más que la que no ha sido tratada.
- La madera en una zona bien ventilada dura más que en una zona húmeda y caliente.
- Puede estimarse que la madera tiene una vida que fluctúa entre uno o tres años.



G) Fortificación con madera

Este tipo de sostenimiento es el más divulgado en nuestra minería y se aplica en todas las labores mineras como son: Galerías, cruceros, chimeneas, sub niveles, tolvas preparación de tajos y otros. (Flores, S. E., 2001).

La madera es el elemento de sostenimiento más antiguo que aun todavía se usa en el minado convencional, los cuadros de madera son instalados en zonas de roca fracturada a muy fracturada o en lugares donde existe altos esfuerzos y presiones.

H) Cuadros de madera

Son un tipo de estructura de sostenimiento de acuerdo al tipo de terreno y a condiciones especiales de cada Mina. Se utilizan en labores horizontales e inclinadas. Su dimensión está de acuerdo al diseño de la labor.

I) Tipos de cuadros

1. Cuadro recto

Son usados cuando la mayor presión procede del techo, están compuestos por tres piezas, un sombrero y dos postes, asegurados con bloques y cuñas, en donde los postes forman un ángulo de 90° con el sombrero.

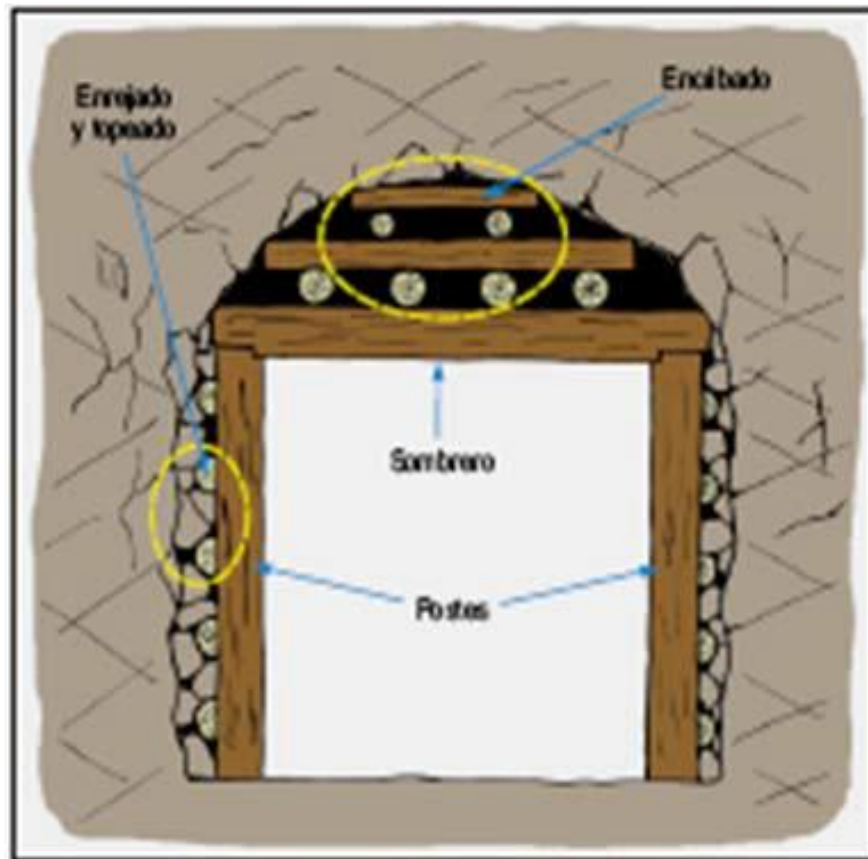


Figura 1. Cuadro Recto

Fuente: Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

2. Cuadros cónicos

Son usados cuando la mayor presión procede de los hastiales, la diferencia con los cuadros rectos, solo radica en el hecho de que los cuadros cónicos se reduce la longitud del sombrero, inclinando los postes, de tal manera de formar un Angulo de 78° a 82° , respecto al piso, quedando el cuadrado de forma trapezoidal.

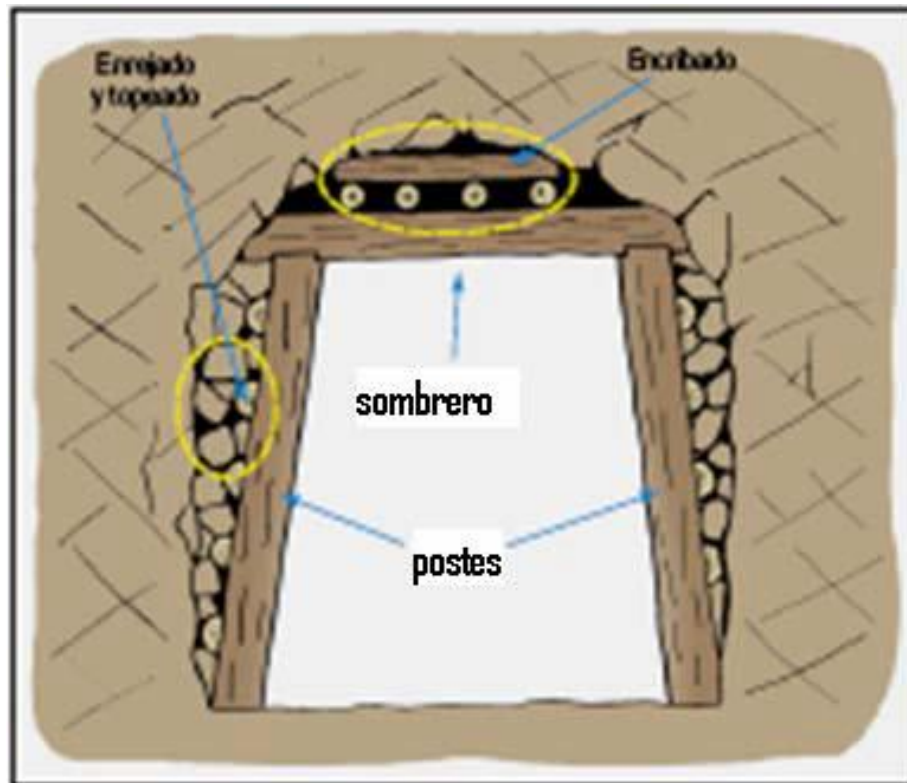


Figura 2. Cuadro Cónico

Fuente: Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

2.2.4. Sostenimiento de labores horizontales

En las labores horizontales se emplean principalmente, los siguientes tipos:

- Cuadros de madera
- Cuadros de madera reforzados

1) Elementos auxiliares de sostenimiento

Son algunas piezas de madera que, generalmente complementan el trabajo de la estructura de sostenimiento; ya sea transmitiendo las cargas, o fijando una pieza hasta que las presiones la sujetan definitivamente o evitando la caída de pequeños trozos de techo o las hastíales sobre la labor.

- Bloques o blocks.
- Cuñas.
- Encribados o “emparrillados”.
- Longarina.



2) Tipos de estructura de sostenimiento

Aunque la variedad de estructuras en esta clase de labores (chimenea y tajeos) no es tanto como en las labores horizontales.

Conviene establecer una clasificación según los elementos de sostenimiento empleados consideramos los siguientes tipos:

- Cuadros de madera.
- Puntales.

3) Puntales

- Son elementos más simples y de uso más frecuente en el sostenimiento de labores inclinadas.
- Generalmente se emplean puntales de madera. (cuartones de 5" x 6", 6" x 8", 8" x 9") o redondos de 8" a 9" de diámetro con longitud de 3 metros.

A. Procedimiento para colocar puntales

- Colocar y marcar el sitio
- Desatar el techo
- Desquinchar el piso
- Hacer la plantilla en la caja piso
- Cortar la plantilla
- Medir el largo del puntal
- Preparar el puntal
- Colocar el puntal

Cuando el puntal es muy largo o las cajas son muy paradas será necesario preparar previamente un andante apoyado sobre 2 puntales inferiores. (Espinoza, O. J. 2009).



2.2.5. Diseño de sostenimiento

El sostenimiento que se emplea en las diferentes labores son los cuadros de madera, puntales de seguridad y puntales de guardacabeza.

A) Armado de cuadros de tres elementos en galerías y cruceros

El sostenimiento más usado es el de cuadros de madera eucalipto de tres elementos y están conformados por dos postes inclinados y un sombrero que se coloca de manera horizontal dando una forma cónica.

Los postes de madera de eucalipto son de 2.40 m, 1.8 m, y 1.20 m de longitud por, 7" y 8" de diámetro con destajes en un extremo dependiendo de la sección de las labores mineras.

Los sombreros son 8", 9" de diámetro por 1.20 m, 1.50 m, 2.10 m de longitud y destajes en los extremos.

Los tirantes son de 6" de diámetro por 1.10 m de longitud.

Las rajadas son de 1.25 m de longitud y topes de 8" de diámetro por 40 cm de longitud, dependiendo de la distancia que hay entre el sombrero y el hastial.

B) Colocación de puntales de seguridad

El sostenimiento más confiable en las labores de producción, son poste de 6" y 7" a 8" de diámetro que se colocan perpendicularmente a la caja techo o a la caja más débil, previniendo así cualquier desplome de rocas y debe ser inspeccionado diariamente. (Ramirez, S.J., 2000)

C) Colocación de puntales en línea

Estos puntales se usan generalmente cuando existe amenaza de caída de rocas de la corona de una labor, generalmente en cruceros, galerías y chimeneas donde se



coloca dos puntales transversalmente a la dirección de la labor y pegado al tope de la corona.

D) Colocación de puntales de avance

Son usados en el armado de camino y buzón de una chimenea, se coloca puntales a lo ancho de la sección de la chimenea a 1 m de distancia de las anteriores, encima de los puntales se colocan tablas en forma de plataformas para perforar y armar el siguiente puntal de avance y para continuar con los cuadros de la chimenea.

2.2.6. Características del sostenimiento a instalar

En la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa, se tiene definido el tipo de sostenimiento a aplicar en las labores de explotación pero para una mejor comprensión, se describe los índices de clasificación de rocas, entonces decimos que, para el éxito de un sistema de sostenimiento aplicado a cualquier tipo de labores depende principalmente de dos conceptos: una buena definición del soporte a instalar y una buena instalación del soporte definido. Partiendo de este punto el sistema de sostenimiento que vamos a utilizar. (Ramírez, S. J., 2000).

- Uso que se le dará a la excavación.
- Características geométricas de la excavación
- Características Físico-mecánica de la roca intacta.
- Caracterización del macizo rocoso.
- Esfuerzos a lo que está sujeta la excavación.

A) Uso que se le dará a la excavación

En minería subterránea, existen dos tipos de excavaciones, dependiendo del tiempo de uso que se le dará a la labor minera.

- **Permanentes:** Son aquellos que van a perdurar en la vida de la mina.

Ejemplos: Niveles, rampas, chimeneas de ventilación principal.

- **Temporales:** Son aquellos que están abiertas por un lapso de tiempo.

Ejemplos: Tajeos, ventanas hacia el tajeo, chimeneas que son cara libre en tajeos.



B) Características geométricas de la excavación

En base a las dimensiones y forma del yacimiento se define las características geométricas de las excavaciones que incluyen en el diseño del de sostenimiento, las cuales son:

Forma. Depende del diseño que se da en el planeamiento de explotación de la mina que puede ser: circular, rectangular y otros.

Tamaño. Depende del tamaño de las reservas de mineral y cantidad de mineral a extraer y el equipo a utilizar en la extracción.

Orientación. Depende de la forma, rumbo y buzamiento del yacimiento mineral.

C) Caracterización físico –mecánica de la roca intacta

Las principales características físicas a tener en cuenta son los siguientes:

- Densidad
- Peso específico
- Porosidad y permeabilidad.

Sobre la base teórica definida por Hooke y el criterio de ruptura de Mohr Coulomb, la geomecánica establece parámetros intrínsecos para calificar las propiedades de resistencia y deformación de las rocas:

- Resistencia a la compresión (R_c)
- Resistencia a la tracción (R_t)
- Módulo de deformación (E)

D) Caracterización del macizo rocoso

Debido a la variación de las características del macizo rocoso, se requiere de un buen detalle de la información geológica, para ello se deben de confeccionar modelos geológicos y posteriormente modelos geomecánicos que requiere contar con la información de campo, lo cual consiste en:



- **Orientación.** Es la posición de la discontinuidad en el espacio y comúnmente se registra por un rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación o aproximadamente paralelas, se dice que estas forman un sistema o una familia de discontinuidades.
- **Espaciado.** Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Esto determina el tamaño de los bloques de la roca intacta.
- **Persistencia.** Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea esta, será menor estable.
- **Rugosidad.** Es la áspera o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanto menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea esta, la masa rocosa será más competente.
- **Apertura.** Es la separación de las paredes rocosas de una discontinuidad, a menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores y a mayor apertura las condiciones serán más desfavorables.
- **Relleno.** Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando estos son más duros entonces es más competente.
- **Resistencia de la roca.** Considerando la resistencia de la roca a romperse con golpes de la picota la guía práctica de la roca es la siguiente:
 - **Resistencia muy alta,** solo se astilla con varios golpes de la picota, mayor 250Mpa.
 - **Resistencia alta,** se rompe con trows golpes de la picota, 100- 250 Mpa.
 - **Resistencia media** se rompe con uno o tres golpes de la picota, 50- 100 Mpa.



- **Resistencia baja**, se indenta superficialmente con la punta de la picota, 25-50 Mpa.
- **Resistencia muy baja**, se indenta profundamente con la punta de la picota, 5-25 Mpa.
- **Agua subterránea**. Filtraciones en la pared rocosa de una galería subterránea, baja la calidad de la roca. (Espinoza, O. J. 2009).

E) Esfuerzos a los que están sujetas la excavación.

Son los esfuerzos que se ubican alrededor de las excavaciones y afectan su estabilidad en mayor o menor grado. Estos son de dos tipos:

- **Esfuerzo insitu**, depende de las condiciones de carga de la masa rocosa, la densidad de la roca y la profundidad de la labor.

$$\sigma = \delta \times Z$$

Donde:

σ = Esfuerzo in-situ

δ = Densidad de roca

Z = Profundidad

- **Esfuerzos inducidos**, son aquellos esfuerzos provocados debido a la presencia de la excavación.

Cuando más grande es la excavación, mayor son estos esfuerzos. La influencia de estos esfuerzos es de 2 a 3 veces el ancho de la excavación. (Maldonado, Z. L. 2008).

2.2.7. Características de la roca

La roca es un conjunto de sustancias minerales que formando masas, constituye gran parte de la corteza terrestre.



Según su origen, las rocas pueden ser ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Rocas ígneas, son aquellas que han sido formadas por la consolidación del magma.

Rocas sedimentarias, formadas por la deposición de sedimentos.

Rocas metamórficas, formadas por procesos de altas presiones y temperaturas.

Roca intacta, es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio.(Espinoza, O. J., 2009).

2.2.8. Masa Rocosa

Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales.

Que comúnmente forman, por ejemplo, la caja techo y caja piso de una veta.

Para conocer la masa rocosa, hay necesidad de observar en el techo y las paredes de las labores mineras, las diferentes propiedades de las discontinuidades, para lo cual se debe primero lavar el techo y las paredes. A partir de estas observaciones se podrán sacar conclusiones sobre las condiciones geomecánicas de la masa rocosa.

Debido a la variación de las características de la masa rocosa, el supervisor deberá realizar en forma permanente una evaluación de las condiciones geomecánicas, conforme avanzan las labores, tanto en desarrollo como en explotación, utilizando el presente manual como una herramienta de clasificación de la masa rocosa.

En situaciones especiales, el supervisor deberá realizar un mapeo sistemático de las discontinuidades, denominado mapeo geomecánico, utilizando métodos como el “registro lineal”, para lo cual debe extender una cinta métrica en la pared rocosa e ir registrando todos los datos referidos a las propiedades de las discontinuidades, teniendo cuidado de no incluir en ellos las fracturas producidas por la voladura.

Los datos se irán registrando en formatos elaborados para este fin, luego serán procesados y presentados en los planos de las labores mineras.(Espinoza, O. J.,2009).



2.2.9. Condiciones de la masa rocosa

De acuerdo a cómo se presenten las características de la masa rocosa, ésta tendrá un determinado comportamiento al ser excavada.

Si la roca intacta es dura o resistente y las discontinuidades tienen propiedades favorables, la masa rocosa será competente y presentará condiciones favorables cuando sea excavada.

Si la roca intacta es débil o de baja resistencia y las discontinuidades presentan propiedades desfavorables, la masa rocosa será incompetente y presentará condiciones desfavorables cuando sea excavada.

Habrán situaciones intermedias entre los extremos antes mencionados donde la roca tendrá condiciones regulares cuando sea excavada. (Ramírez. J., 2000)

2.2.10. Criterios según las características del fracturamiento

Para clasificar la masa rocosa tomando en cuenta las características del fracturamiento (o grado de presencia de las discontinuidades), se mide a lo largo de un metro lineal cuantas fracturas se presentan, según esto, la guía práctica es la siguiente:

- **Masiva o levemente fracturada:** 2 a 6 fracturas /metro.
- **Moderadamente fracturada:** 6 a 12 fracturas/metro.
- **Muy fracturada:** 12 a 20 fracturas/metro.
- **Intensamente fracturada:** Más de 20 fracturas/metro.
- **Triturada o brechada:** Fragmentada, disgregada, zona de falla.

2.2.11. Mecánica de rocas

Es la ciencia teórica y aplicada que trata del comportamiento mecánico de las rocas, estudia el comportamiento mecánico de las masas rocosas que se encuentran



bajo la acción de fuerzas producidas por fenómenos naturales o impuestos por el hombre búsqueda cualitativa y cuantitativa de los fenómenos naturales y su relación con el comportamiento de los materiales. La problemática de la ingeniería mecánica en todos los diseños estructurales es la predicción del comportamiento de la estructura bajo las cargas actuantes o durante su vida útil. La temática de la ingeniería de mecánica de rocas, como una práctica aplicada a la ingeniería de minas, es concerniente a las aplicaciones de los principios de la ingeniería mecánica al diseño de las estructuras de roca generadas por la actividad minera. Determinar el estado de tensiones en el interior del macizo rocoso significa conocer la intensidad, dirección y el sentido de las tensiones, donde se ha de realizar la excavación. Por esta razón, las direcciones de las tensiones principales, y sus intensidades, deben ser, por regla general determinadas a través de ensayos in situ. (Espinoza, O.J. 2009)

Los esfuerzos que existen en un macizo rocoso inalterado están relacionados con el peso de las capas suprayacentes y con la historia geológica del macizo. Este campo de esfuerzos se altera cuando se realiza una excavación subterránea y, en muchos casos, esta alteración introduce esfuerzos suficientemente grandes que pueden sobrepasar la resistencia de la roca. En esos casos, el debilitamiento de la roca adyacente a los límites de la excavación puede llevar a la inestabilidad de ésta, manifestándose por el cierre gradual de la excavación, desprendimiento del techo y de las paredes o explosiones de rocas.

2.2.12. Mapeo geomecánico

Nos sirve para conocer la calidad de la masa de roca del área de estudio mediante el uso de criterios de clasificación geomecánica basado en el sistema de Bienawnski RMR.

Los parámetros que se consideran son:

Tipo de estructura

Dirección de buzamiento

Buzamiento

Espaciamiento.



Persistencia calidad de relleno
Tipo de relleno.
Espesor del relleno
Compresión uniaxial
RQD (Índice de calidad de roca)
Presencia de agua.

A) Diseño de sostenimiento

Para poder diseñar el tipo de sostenimiento tener muy en cuenta.
El comportamiento mecánico del terreno.
Tipo de labor (Permanente o temporal)
Identificación de las diferentes cuñas que se pueden producir en la excavación.
Dimensión de los tajeos según la calidad de roca.
Tiempo de auto sostenimiento después de la voladura.

B) Sostenimiento

Desde el punto de vista de la función de un sistema de sostenimiento; se establece la clasificación de los elementos de soporte tales como: Sostenimiento activo y pasivo. (Ramirez, S. J. 2000)
Sistema de sostenimiento activo. Elementos de refuerzo.
Split set.
Swellex.
Hydrabolt
Pernos cementados.
Pernos helicoidales.

2.2.13. Sostenimiento por método geomecánico

En la actualidad en la mayoría de las empresas mineras y de obras civiles se hace uso de este tipo de sostenimiento esta aplicación se consolida con las investigaciones permanentes sobre la evaluación de la calidad del macizo rocoso



y por otro lado por la disponibilidad en el mercado de los equipos y herramientas para este tipo de soporte activo y pasivo. (Maldonado, Z. L. 2008)

2.2.14. Pernos de roca

Los sistemas de reforzamiento con pernos de roca minimizan las deformaciones inducidas por el peso muerto de la roca aflojada, así como también aquellas inducidas por la redistribución de los esfuerzos en la roca circundante a la excavación. En general, el principio de su funcionamiento es estabilizar los bloques rocosos y/o las deformaciones de la superficie de la excavación, restringiendo los desplazamientos relativos de los bloques de roca adyacentes

2.2.15. Hydrabolt

Es un estabilizador de roca por fricción para fortificación de techos y paredes. Al ser introducido el perno a presión dentro de un taladro de menor diámetro, se genera una presión radial a lo largo de toda su longitud contra las paredes del taladro, cerrando parcialmente la ranura durante este proceso. La fricción en el contacto con la superficie del taladro y la superficie externa del tubo ranurado constituye el anclaje, el cual se opondrá al movimiento o separación de la roca circundante al perno, logrando así indirectamente una tensión de carga. (Torres, C. 2011)

a) Parámetros:

Diámetro : 39 milímetros.

Longitud : 5 pies (1,50 metros).

Resistencia: De 1 a 1,5 toneladas métricas/ pie de longitud, dependiendo principalmente del diámetro del taladro y del tipo de la roca.

Tipo de roca: Regular , en roca intensamente fracturada y débil no es recomendable su uso.

Instalación: Requiere una máquina Jack-leg o un jumbo, una presión de aire de 60 a 80 psi.



Diámetro de perforación del taladro: Es crucial para su eficacia. es recomendable para los Split set de 39 mm un diámetro de perforación de 37 a 38 mm son susceptibles a la corrosión en presencia de agua, a menos que sean galvanizados.

Los pernos tipo Split-set corresponden a una marca registrada por Ingersoll Rand Comp. (EE.UU.) y están constituidos por un tubo, de 2,3 mm. de espesor, que tiene una ranura longitudinal y un diámetro superior al del taladro en el que va a ser anclado el proceso de colocación de un Split-set, es sumamente sencillo, ya que basta con introducir a presión el Split-set en el taladro donde debe ser anclado.

Los split-set consiguen un cierto efecto de puesta en carga inmediato y permiten un deslizamiento muy importante antes de la rotura como aspectos negativos hay que señalar su escasa capacidad de anclaje, que en el mejor de los casos no sobrepasan los 11 TM/perno, la gran sensibilidad de anclaje al diámetro de perforación y los problemas que plantea su durabilidad.

De acuerdo a los tipos de anclaje los pernos se clasifican en:

- a) Pernos de anclaje puntual
- b) Pernos de anclaje repartido
- c) Pernos de anclaje combinado

Los bulones tipo Split set corresponden a una marca registrada por Ingersoll Rand Comp (EE.UU.) y están constituidos por un tubo de 2,3 mm de espesor, que tiene una ranura longitudinal y un diámetro superior al del taladro en el que va ser anclado.

Los estabilizadores de fricción Split set están constituidos por un tubo de acero seccionado en su longitud. En el taladro el Split set ejerce una presión radial contra la roca, su contacto es longitudinal y provee un refuerzo al macizo rocoso previniendo el movimiento de los bloques a soportar.

La estabilización se produce por fricción y la resistencia mínima aproximada es de 1.0 Tm/pie.

Pero la resistencia de estabilización de este tipo de pernos es influenciada por lo



siguiente:

- Diámetro del taladro perforado.
- La presencia de agua.
- Presencia de fallas y fracturas.
- Oxidación presente por la presencia del perno.
- Tipo y calidad de roca.

Los pernos Split set de 5 pies, tienen una capacidad aproximada de anclaje lineal repartido de 0,81 TM/pie.

A) Ventajas

- Los Split set consiguen un efecto de puesta en carga inmediato y permiten un deslizamiento muy importante antes de la rotura.
- Permiten la resistencia inmediata debido a su función como anclaje de la resina rápida y la reducción de costo de la lechada para estos elementos de sostenimiento de roca.
- El proceso de instalación es sencillo y consiste en colocar el split set en el taladro a presión. (Industria de fortificación Minera S.A.C. 2010)

B) Desventajas

- Como aspecto negativo es su escasa capacidad de anclaje, que en el mejor de los casos no sobrepasa 11 TM/perno.
- Gran sensibilidad de anclaje al diámetro de perforación.
- Su uso es temporal.
- Se requiere protección contra la corrosión.

2.2.16. Malla electro soldada

Son estructuras de acero formadas por barras dispuestas en forma ortogonal y electro-soldadas por fisión, es decir sin aporte de material en todos los puntos del encuentro, estos productos son fabricados bajo la norma IRAM-IAS U 500-06, el acero utilizado es de calidad T-500 (1), es decir laminado en frío y con una tensión de fluencia característica de 500 MPa, se presentan en una amplia variedad de secciones, cuadrículas y diámetros de alambres según su aplicación final.

La soldadura por fisión eléctrica permite lograr uniones más sólidas y terminaciones de alta calidad. Los cruces soldados a lo largo de las barras proporcionan un anclaje efectivo del concreto, el acero AT56 – 50H, permite reducir la sección debido a su alta resistencia, lo que hace que la malla electro soldada sean fáciles y rápidas de instalar. (Ver Tabla 1 y Tabla 2)

Las características de este elemento de sostenimiento son las siguientes:

Tabla 1.

Características físico-mecánicas de la malla fabricada en acero trefilado – laminado AT56-50H

Límite de fluencia	5 000 kg/cm ²
Límite de ruptura	5 600 kg/cm ²

Fuente: Tubos y perfiles CL. Accesorios

Tabla 2.

Características físicas de la malla electro soldada

Tipo malla	de Barra	Distancia Barra	Diámetro Barra	Sección de acero	Peso Malla
		Longitud mm	Transversal mm	Transversal cm ² /m	kg
C-139		100	4,20	1,39	28,34
C-188		150	6,00	1,88	39,03
C-196		100	5,00	1,96	40,04
C-257		150	7,00	2,57	53,10

Fuente: Tubos y perfiles CL. Accesorios- Malla electrosoldada.



Ventajas geomecánicas y operacionales.

- La soldadura por fisión eléctrica permite lograr uniones más sólidas y terminaciones de alta calidad.
- Los cruces soldados a lo largo de las barras proporcionan un anclaje efectivo del concreto.
- El acero AT56 – 50H, permite reducir la sección debido a su alta resistencia, lo que hace que la malla electro soldada sean fáciles y rápidas de instalar.

En la actualidad por las necesidades y la búsqueda de la mecanización de las minas, se está investigando nuevos productos para poner en prueba en el sostenimiento de labores de la minería subterránea, por esta razones el Western Australian School of Mines (WASM) y la Federal Research Institute (WSL), han realizado pruebas de versatilidad de la malla romboidal de simple torsión y alta resistencia, puede trabajar en terrenos donde existe la presencia de estallido de rocas, como indican en su publicación: Los sismos y daños por rockburst (estallido y desplome de rocas) en minería subterránea de profundidad.

La mayoría de los sistemas de sostenimiento estándares no cumplen o son limitados en su capacidad frente a cargas dinámicas causadas por estas amenazas.

Las mallas de acero de alta resistencia han probado su alto rendimiento y su idoneidad para su aplicación en el sostenimiento contra la voladura de rocas o en su caso de estratos altamente deformables en pruebas estáticas y dinámicas realizadas por la Western Australian School of Mines (WASM).

Debido a la elevada resistencia del alambre de acero (1770 MPa) y su característica de alta deformación de la malla, este sistema de sostenimiento subterráneo es aplicable en ambientes de grandes sollicitaciones de esfuerzos, aumentando la seguridad del personal minero y el rendimiento de producción mina.

La malla de alta resistencia TECCO G80/4, fue capaz de resistir cargas de 100 a



110 kN antes de fallar en la esquina de la placa de carga. En comparación con la malla electrosoldada falló a 40 kN aproximadamente. (Tubos y perfiles C.L. accesorios, 2003)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

1. Sostenimiento

Son los procedimientos para soporte de rocas, para mejorar la estabilidad y mantener la capacidad de resistir las cargas que producen las rocas cerca al perímetro de la excavación subterránea.

2. Labor

Nombre general para todos los trabajos mineros subterráneos, tales como: túnel, socavón, galería, chimenea, sub nivel, rampa etc.

3. Geomecánica

Es la ciencia aplicada al comportamiento mecánico del macizo rocoso al campo de fuerzas de su entorno físico.

4. Perforación

Es una operación mecánica que consiste en realizar taladros en el macizo rocoso o mineral.

5. Perno split set

Son pernos de anclaje que se utiliza en el sostenimiento de labores mineras subterráneas para mantener la estabilidad del macizo rocoso.



6. Malla electro soldada

Son estructuras de acero, planas formadas por barras de acero dispuestas en forma cuadrada y electrosoldadas por fisión es decir sin aporte de material en todos los puntos del encuentro, estos productos son fabricados bajo la norma IRAM-IAS U 500-06, es decir laminado en frio con una tensión de fluencia característica de 500 MPa.

7. Falla

Resquebrajadura en la corteza terrestre por fuerzas tectónicas que afecta al macizo rocoso ocasionando desplazamiento a lo largo de la falla.

8. Fisura

Es la grieta, rotura o fractura que se presenta en la superficie del macizo rocoso.

9. Macizo rocoso

Es el conjunto de bloques de la matriz rocosa y de las discontinuidades que se presenta en la naturaleza.

10. Costos

Son los recursos económicos que se utilizan para la producción de bienes o servicios.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

De acuerdo a la naturaleza del estudio de investigación es de tipo descriptivo, se refiere a la Optimización de Capex– Opex en sostenimiento de labores mineras mediante pernos Hydrabolt y Malla electrosoldada en la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

Para determinar el Capex - Opex en sostenimiento de labores mineras con madera en la Rampa San Vicente, se ha considerado los materiales para cuadros de madera requeridos para el sostenimiento, puntales de 6 pies, 7 pies, y 8 pies de diámetro, cuñas, longarinas, enrejado, y herramientas necesarias para armado de cuadros.

Para determinar el Capex - Opex en sostenimiento de labores mineras con pernos hydrabolt y malla electrosoldada en la Rampa San Vicente, se ha considerado los pernos hydrabolt de 6 pies, malla electrosoldada, barrenos de 6 pies, herramientas y equipos para el colocado de pernos y malla electrosoldada.

La metodología para desarrollar el estudio de investigación ha consistido en su primera etapa en evaluar el Capex- Opex del sistema de sostenimiento con cuadros de madera y puntales, considerando las ventajas y desventajas que presenta, analizando el Capex - Opex de materiales, el Capex – Opex de instalación, el tiempo de duración y la seguridad que ofrece el sistema, los datos se han recolectado en las fichas de control. Posteriormente en el estudio de investigación se ha analizado el Capex - Opex de materiales, el Capex - Opex de instalación, el tiempo de duración y la seguridad que ofrece el sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada según las características geomecánicas del macizo rocoso Finalmente para determinar el tipo de sostenimiento a utilizar se ha realizado el análisis del Capex - Opex de sostenimiento con Perno Hydrabolt y malla electrosoldada vs el sistema de sostenimiento con madera en la Empresa Minera



Arapa S.A.C. – Arequipa.

3.2. POBLACIÓN

La población considerada para el presente estudio de investigación está constituido por la Rampa San Vicente y la Rampa San Gerónimo ambos de una sección 3,00m x 2,80 m, desarrollados en roca semidura de una densidad promedio de 2,65 Tm/m³ en la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

3.3. MUESTRA

Para la muestra se ha considerado la Rampa San Vicente de una sección de 3,00 m x 2.80 m y de una longitud de 345 metros en roca semidura de una densidad promedio de 2,65 Tm/m³, en la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1. Variable independiente

El sostenimiento con pernos Hydrabolt de 6 pies de longitud y malla electrosoldada de 2,50 m x 20 m y la geometría de la Rampa San Vicente de una sección de 3,00 m x 2,80 m de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa

3.4.2. Variable dependiente

Optimización de Capex - Opex de sostenimiento en la Rampa San Vicente de una sección de 3,00 m x 2,80 m en la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

Tabla 3.

Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente:		
El sistema de sostenimiento de pernos Hydrabolt y malla electrosoldada y la geometría de la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa	- Eficiencia	- Tm/m ²
	- Rendimiento	- Tm/m ²
	- Sección	- m ² .
Variable dependiente.		
Optimización de Opex de sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.	- Capex de sostenimiento	- US\$
	- Opex de pernos	- US\$/m ²
	- Opex de malla	- US\$/m ²
	- Opex de instalación	- US\$/m ²

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Es muy importante que técnicas se aplicarán, así como el análisis estadístico y porcentual, la observación del comportamiento del sostenimiento, reporte del control operacional mensual y diario de la mina.

3.5.1. Técnicas para el procesamiento de la información

Se aplicarán instrumentos y procedimientos de acuerdo a lo siguiente:

- Mapeo geológico de labores, con estos datos se ha realizado el diseño de sostenimiento de labores subterráneas.
- Inspección y observación del lugar de trabajo
- Revisión documental.
- Diseño del nuevo sistema de sostenimiento
- Costos de inversión requeridos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

El estudio se ha realizado en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

En el estudio de investigación se discute la utilización de dos tipos de sostenimiento es decir el uso de cuadros de madera y el sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada utilizados en la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

Al utilizar el sistema de sostenimiento con madera y puntales se ha requerido el Capex - Opex de 47,63 US\$/m², y mediante el uso de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, se requiere el Capex – Opex de 42,92 US\$/ m², con una diferencia de 3,58 US\$/m² en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS

HIPÓTESIS I

Al utilizar la madera se determinará el Capex - Opex en sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

4.3. COSTO DE MADERA INCLUIDO EL FLETE

El Costo de transporte encarece el precio de compra del puntal de eucalipto y de acuerdo a los estándares que maneja la mina se tiene que un puntal de madera de 6 a 7 pulgadas de diámetro y 8 metros de longitud, pesa un promedio de 52,48 kg y el transporte de un puntal de madera, tiene un costo promedio de S/.29,50 nuevos soles respectivamente.

Los costos son elevados en comparación con el perno Hydrabolt y malla electro-soldada, los cuales tienen un peso de 0,45 kg por juego, y 108 kg por rollo de 25 m x 2 m.

Al incluir estos costos de elementos de sostenimientos en los cálculos de costos de producción, se tiene una diferencia en el costo de sostenimiento al utilizar cuadros de madera y puntales resultando elevados costos de explotación.

En la Tabla 4, se muestra los costos de puntales de madera de 4 a 5 pulgadas de diámetro; 6 a 7 y 8 a 9 pulgadas de diámetro utilizados en el sostenimiento.

Tabla 4.

Evolución de precios incluidos el transporte (en soles)

Año \ Descripción	2017	2018	2019	Promedio
	Soles	Soles	Soles	Soles
Puntal de 4" – 5" de diámetro y flete	24,50	27,50	30,50	28,00
Puntal de 6" – 7" de diámetro y flete	25,55	28,60	33,40	29,18
Puntal de 8" – 9" de diámetro y flete	27,25	29,75	35,60	30,86

Fuente: Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

En la Tabla 4, se ilustra en forma detallada como varían los costos de los elementos de sostenimiento incluyendo el transporte. Este precio más el transporte en los puntales de eucalipto es muy alto en comparación con solo el precio de puntal.

Con respecto a la eficiencia y productividad de las labores de explotación, se realizó un estudio de tiempo a las labores donde se realizaron el reemplazo de tipo de sostenimiento de convencional a mecanizado, estos, donde dio buenos resultados y se incrementó el tonelaje de explotación en un 10 %, y se aceleró la velocidad del ciclo de minado.

Tabla 5.*Costo de instalación de un cuadro*

ITEM	Elemento Madera	Unidad/ Medida	Cantidad	Precio Unitario \$	Total US \$
1	Cuadro	C/U	1	88,40	88,40
2	Bolillos (1,50)m.	Pza	2	3,00	6
3	Rajados (1,50)m.	Pza	8	3,30	26,40
4	Soleras	Pza	2	11,05	22,10
TOTAL \$					142,90

Tabla 6.*Costo por m² de un cuadro*

Costo por cuadro	Número de cuadros por Fila	Costo de cuadros/Fil a US \$	Ancho de Sostenimi ento (m.)	Longitud de Sostenimient o (m.)	Área total de Sostenimiento/ m ²	Costo de Sostenimiento /m ² US \$
142,90	3	428,70	6	1,50	9	47,63

4.4. CICLO DE MINADO CON EL SOSTENIMIENTO DE PERNO

HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA

El ciclo de minado del sistema de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, primero se realiza la perforación en realce a toda el Ala, es necesario indicar que esta perforación en realce para ambos casos se realiza con arranque o aprovechando las chimeneas de relleno como cara libre, después de la voladura, como en el caso anterior se comienza con la limpieza, sostenimiento, perforación y voladura, estas últimas se realiza horizontalmente (breasting).

En la Tabla 8, se observa los tiempos promedio de ciclo de minado en las labores de explotación de la Empresa Arapa S.A.C. – Arequipa.



Tabla 7.

Tiempo de minado con sostenimiento pernos Hydrabolt y malla electrosoldada

Descripción	Tiempo (minuto)	Tiempo (hora)
Ventilación	37	0,62
Desatado	09	0,15
Traslado de malla	32	0,53
Sostenimiento	128	2,17
Perforación	125	2,00
Limpieza	100	1,58
Voladura	40	0,75
Tiempo total	471	7,85

Fuente: Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

Se debe recalcar que en la actualidad es mayor el uso de perno Hydrabolt de 7 pies de longitud y 39 mm. de diámetro, por ese motivo se observa que es más alto el consumo de pernos Hydrabolt de 7 pies esto principalmente por la sección de las labores y porque generalmente la longitud del barreno utilizado es de 8 pies.

HIPÓTESIS II

Al utilizar los pernos Hydrabolt y malla electrosoldada se determinará el Capex - Opex de sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

4.5. COSTO DE COMPRA DE PERNO HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA.

El costo de flete es de S/. 0,30, por kilogramo de carga, y siendo que el peso de un juego de perno Hydrabolt de 6 pies y arandela es 2,33 kg y la malla electrosoldada viene en rollos de 25 metros de longitud por 2,00 m de ancho, cuyo peso es de 108 kilogramos.

El costo de perno Hydrabolt de 6 pies es 10,12 US\$/unidad y el costo de la malla electrosoldada de un rollo de 25 metros de longitud por 2 metros de ancho es de 249,18 US\$.

4.6. COSTO DE INSTALACIÓN DE SOSTENIMIENTO, PERNO HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA

Tabla 8.

Costo de mano de obra

Tipo de cambio 1\$US = 3.35

Mano de obra directa	N° de personal	Jornal en soles	Costo US \$/guardia
Supervisor	1	70	20.89
Operador de Perforadora	1	70	20.89
Ayudante perforista	1	60	17.91
Maestro de sostenimiento	1	70	20,89
Ayudante de sostenimiento	1	60	17,91
Sub total			98,49
Leyes sociales	60 %		59,09
TOTAL			157,58

Fuente: Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

Tabla 9.

Costo de equipo de sostenimiento con perno Hydrabolt y malla

Equipo	Costo US \$	Vida útil Pies/perf.	US \$/pie	Pies perforados	US \$/guardia
Máquina perforadora	5 150	120 000	0,04	207	8,28
TOTAL					8,28

Fuente: Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa

Tabla 10.

Costo de materiales de sostenimiento

Descripción	Cantidad	Costo US \$/unidad	Vida útil pp	Pies perforados	US \$/pie perforados	US \$/guardia
Barra	1	37	1000	207	0.04	7,04
Broca	1	55	500	207	0,11	22,77
INSUMOS						
Manguera 1 Pulg	75 m	0,45	360	207	0,09	18.63
Malla electrosoldada	12 m ²	4,94				59,28
Perno Hydrabolt	21	10,12				212,52
Alambre N° 16	2 kilo	0,60				1,19
Planchas	3 unid	3,83				11,50
TOTAL						335,98

Fuente: Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa

Tabla 11.*Costo implementos de seguridad*

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$/	Vida Útil	Costo US \$/guardia
Protector	Pza	5	13.75	300	0,25
Guantes de cuero	Pza	5	5,25	25	1,05
Correas porta lámpara	Pza	5	4.76	300	0,10
Botas de jebe	Pza	5	22.65	180	0,65
Mamelucos	Pza	5	24.53	180	0,70
Respiradores	Pza	5	23.60	180	0,65
Filtro de respiradores	Pza	5	5.95	15	2,00
Tapón de oídos	Pza	5	2.50	120	0,10
Ropa de jebe	Pza	5	33.65	120	1,40
Lentes de seguridad	Pza	5	12.42	120	0,50
Lámpara de batería	Pza	5	116.20	120	4,85
COSTO TOTAL					13,25

Fuente: Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

COSTO TOTAL DE INSTALACIÓN: 157,58 + 8,28 + 335,98 +13,25 = 515,09US\$**COSTO TOTAL DE INSTALACIÓN EN US\$/m² = 42,92 US\$/m²**

4.7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON TRAS FUENTES

Torres, C. (2011), en su tesis, Análisis del sistema de sostenimiento con perno Split Set y malla electrosoldada aplicado en labores de explotación de la Unidad Minera El COFRE - CIEMSA. Concluye que con la metodología de la evaluación de costos de los sistemas de sostenimiento y rendimiento ha llegado a los siguientes resultados: utilizando el sistema de sostenimiento con madera el costo ha sido de 16,33 US\$/Tm y el costo mediante el sistema de sostenimiento con Perno Split Set y malla electrosoldada ha sido de 15,09 US\$/Tm, con una diferencia de 1,23 S\$/Tm en las labores de la Unidad Minera El COFRE. En el presente trabajo, los costos de sostenimiento mediante el sistema de perno Hydrabolt y malla electrosoldada se han optimizado de 47,63 US\$/m² a 42,92 US\$/m², con una diferencia de 4,71 US\$/m² en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.



V. CONCLUSIONES

Utilizando el sistema de sostenimiento con madera se ha requerido el Capex – Opex en sostenimiento de $47,63 \text{ US\$/m}^2$ en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

Utilizando el sistema de sostenimiento con perno Hydrabolt y malla electrosoldada se requiere el Capex - Opex en sostenimiento de $42,92 \text{ US\$/m}^2$, en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

Los costos de sostenimiento mediante el sistema de perno Hydrabolt y malla electrosoldada se han optimizado de $47,63 \text{ US\$/m}^2$ a $42,92 \text{ US\$/m}^2$, con una diferencia de $4,71 \text{ US\$/m}^2$, en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.



VI. RECOMENDACIONES

El sostenimiento de perno Hydrabolt y malla electrosoldada es el más recomendable en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.

Se recomienda realizar el estudio geomecánico detallado de otras labores subterráneas para determinar el tipo de sostenimiento más adecuado, según las características del macizo rocoso en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa – 2019.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, I. A. (2009). *Estudio de optimización de costos de operación de una flota de scooptrams en una mina subterránea*. LIMA, PERU: UNI.
- Antunez, (2010), *en su tesis Sostenimiento con pernos helicoidales, empleando Jumbos Electrohidráulicos de brazo retráctil en la Mina Palca - Cia Minera Santa Luisa*.
- Capacitación y servicio técnico minero E.I.R.L. (2010), *Estabilizador de fricción Split set cementado*.
- Durant, B. J.(2005). *Manual de ingeniería de costos* . Puno: FIM UNA.
- Espinoza, O. J. (2009), *Tipos de roca y sostenimiento a aplicarse en la U.E.A. Paula*.
- Flores, S. E. (2001), *Análisis y diseño de soporte en minería subterránea, Pernos de anclaje más resina en la rampa 623, Mina San Rafael*.
- Guzmán, F. S. (2000), *Costos de producción en operaciones mineras subterráneas*.
- Industria de fortificación minera S.A.C. (2010), *Split set en línea*.
- Jhony, B. E. (2013). *Costos de producción y la teoría de costos de operación en una mina subterránea*. PERU.
- Maldonado, Z. L. (2008), *Aplicaciones geomecánicas en Mina Chungar*.
- Mining Rock, (2011), *Empresa productora de elementos metálicos para fortificación. Tipo Split set- Chile*.
- Narvaez, S. (2017), *Optimización de costos en sostenimiento con Pernos helicoidales usando Jumbo Retractil en el Pique Circular de la Unidad Minera Casapalca S.A*.
- Ozain, C. L. (2007). *Manejo de Costos y Producción*. PERU.



- Promec Fortificaciones S.A.,(2010), *Catálogo de productos, proveedora de mecanizados San Bernardo- Chile.*
- Quilca, A. M. (2005), *Sostenimiento en minería subterránea COSUDE- proyecto GAMA.*
- Quispe, R. (2018), *en su tesis Optimización de costos en sostenimiento con pernos helicoidales en la Unidad de Producción Chalhuane de la Empresa Minera Soledad S.A.C. – Arequipa.*
- Ramirez, H. J. (2005), *Sostenimiento, módulo de capacitación técnico, Empresas Minera MACDESA.*
- Ramirez, S. J. (2000), *Parámetros geomecánicos para sostenimiento en minería subterránea, Área de planeamiento, Mina Catalina Huanca.*
- Ros, E. A. (2006), *Proyecto, manual de anclaje para sostenimiento en minería y obra civil, Universidad Politécnica de Cartagena.*
- Sanca, M. (2009), *en su tesis Ejecución y sostenimiento de labores de desarrollo en la Unidad Minera Paula S.A.C.*
- Schwiser, P. y Alza, A. (2009), *Sostenimiento en minas subterráneas mediante mallas romboidales de alambre de acero de alta resistencia.*
- Soncco, C. G. (2005), *Informe de trabajo profesional, Experiencias del empleo de sostenimiento práctico minero en la Cia Minera Huarón.*
- Técnica, N. (2015). *Elementos para la determinacion de costo horario de los equipos y maquinarias . Ministerio de construccion .*
- Torres, C. C. (2011), *Análisis del sistema de sostenimiento con perno Split set y malla electrosoldada aplicado en labores de explotación en la Unidad Minera EL COFRE- CIEMSA.*
- Tubos y Perfiles CL., *Accesorios- Malla electrosoldada, Empresa de fabricación y distribución de productos para fortificación minera.*



ANEXOS



Anexo N° 1
Ubicación del Centro Poblado Secocha: Minera Arapa S.A.C. - Arequipa





Anexo N° 2

Geología de la Quebrada de Posco: Minera Arapa S.A.C. – Arequipa.

