

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**Análisis técnico para la optimización del sostenimiento
en los frentes de la compañía Minera Casapalca S.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Percy Jesús SUASNABAR ORTEGA

Asesor: Ing. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

Cerro de Pasco - Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**Análisis técnico para la optimización del sostenimiento
en los frentes de la compañía Minera Casapalca S.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Wenceslao Julio LEDESMA VELITA
PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS
MIEMBRO

Dr. Ricardo CABEZAS LIZANO
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por iluminar todos los días al guiar mi vida, a mis padres, esposa e hija por apoyarme a cristalizar mi profesión y enseñarme a respetar al prójimo.

Percy Jesus Suasnabar Ortega

RECONOCIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a mi Alma Mater la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, asimismo a los docentes por haber compartido sus conocimientos y experiencias en el proceso de mi formación profesional.

Agradezco a los ingenieros de la Compañía Minera Casapalca S.A. por el apoyo y la información brindada, en el trabajo de investigación.

Percy Jesus Suasnabar Ortega

RESUMEN

El presente Proyecto de Investigación Titulado “**Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la compañía minera Casapalca s.a.**” considera los criterios técnicos, económicos y eficientes para la aplicación del método de Sostenimiento Mecanizado con los objetivos de reducir los riesgos laborales, reducir tiempos de ejecución y minimizar los costos del sostenimiento.

Para el desarrollo se establece un marco teórico – práctico tratando temas de Sostenimiento Mecanizado que optimicen las actividades del sostenimiento en las labores de desarrollo, preparación y explotación. Posteriormente se identifican y establecen los parámetros que permitan optimizar el sistema, para lo cual se determinó que el método más apropiado para la investigación en la ejecución y desarrollo del sostenimiento actual de las diferentes labores, porque los elementos y parámetros de selección pertenecen a labores definidas, el procedimiento se llevó a cabo con fichas, encuestas, cuestionarios; obteniéndose un tamaño de muestra representativa de labores diferentes.

Con el análisis del sostenimiento actual obtenemos cual es la realidad de este método de trabajo, representa un bajo rendimiento del 65%.

Con la implementación y Aplicación del Sostenimiento Mecanizado, se identifica que los parámetros analizados ayudan a mejorar y elevar el sistema de sostenimiento; por lo que es necesario establecer las estrategias para Aplicar el Sostenimiento Mecanizado.

Palabras clave: Parametros de sostenimiento; Optimización Sostenimiento mecanizado.

ABSTRACT

The Cía Minig Casapalca SA, dedicated to the exploitation of polymetallic minerals, requires the application of a "Mechanized Maintenance System" with the objectives of improving the productivity level of the company, minimizing the safety index and the high risk of occupational health of the company. employee. Thus, in this way reduce costs, time losses in production stops, interruption of work.

For the development a theoretical - practical framework is established dealing with topics of Mechanized Maintenance that optimize the activities of production, development, preparation and other work that are done for the exploitation of its minerals where it has a low productivity. The main objective is to maximize the production of the daily tonnage based on an evaluation and measurement of the current support, which is reinforced by the identification and the establishment of parameters that allow to optimize the system, for which it was determined that the most appropriate method for The investigation is the sampling of the different tasks, because the elements and parameters of selection belong to defined tasks, the procedure was carried out with surveys, questionnaires; Obtaining a sample size representative of tasks of the different levels.

With the analysis of the current support we obtain what is the reality of this method of work, represents a low performance of 65%.

With the implementation and application of mechanized support, it is identified that the analyzed factors and parameters help to improve and raise productivity; so it is necessary to establish the strategies for Applying Mechanized Support how to complement, train and follow up on the current system.

Keyword: Sustainability optimization; Optimization mechanized maintenace.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación analiza de manera integral el método de sostenimiento convencional que se ejecuta en la Compañía Minera Casapalca S.A. El cual se verifica los riesgos que enfrentan los trabajadores al utilizar el método, los avances del sostenimiento son muy lentos, asimismo los costos del sostenimiento son elevados, en todas sus labores desarrollo y preparación. Por ello es muy conveniente y necesario cambiar el método actual utilizado con el objetivo de mejorar todo el procedimiento de trabajo mediante la aplicación del Sostenimiento Mecanizado. Para Así minimizar los riesgos al trabajador durante la ejecución del sostenimiento, minimizar los tiempos de sostenimiento y minimizar los costos del método actual del sostenimiento convencional.

La empresa al no implantar un sistema actual, tiene la necesidad de controlar y actuar sobre todos aquellos procesos que retrasan la producción y representan un alto riesgo en la seguridad. Por ello incorporar tecnologías de automatización de procesos, reducen la exposición de los trabajadores a riesgos laborales, tiempos y costos del sistema. La Hipótesis de la Investigación es de qué al Aplicar el Sostenimiento Mecanizado, se va reducir los riesgos al trabajador, reducir los tiempos de ejecución y costos del sostenimiento. La Metodología de la Investigación es descriptiva, experimental y aplicada. La empresa minera es consciente de los profundos cambios que se están produciendo; el desafío es implementar las mejores políticas de seguridad y cumplir con las exigencias sociales y gubernamentales.

El autor.

INDICE**DEDICATORIA****RECONOCIMIENTO****RESUMEN****ABSTRACT****INTRODUCCIÓN****INDICE**

CAPITULO I.....	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	1
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general	2
1.3.2. Problemas específicos	2
1.4. Formulación de objetivos	2
1.4.1. Objetivo general.	2
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación.....	3
1.5.1. Justificación teórica	3
1.5.2. Justificación metodológica	4

1.5.3. Justificación de la investigación.....	4
1.5.4. Importancia y alcances de la investigación	11
1.6. Limitaciones de la investigación	11
CAPITULO II.....	13
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes de estudio	13
2.1.1. Antecedentes internacionales	13
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	15
2.2. Bases teóricas - científicas	17
2.2.1. Antecedentes históricos.....	17
2.2.2. Conceptualización de la variable independiente.....	19
2.2.3. Conceptualización de la variable dependiente	23
2.2.4. Uso del concreto lanzado	43
2.3. Definición de términos básicos	61
2.4. Formulación de hipótesis.....	70
2.4.1. Hipótesis general	70
2.4.2. Hipótesis específica.....	70
2.5. Identificación de variables.....	71
2.5.1. Variable independiente.....	71
2.5.2. Variable dependiente.....	71
2.5.3. Variable interviniente	72

2.6. Definición operacional de variables e indicadores	72
2.6.1. Matriz de operacionalización de variables	72
2.6.2. Matriz de consistencia.....	73
CAPITULO III	74
3. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	74
3.1. Tipo de investigación	74
3.1.1. Tipo y nivel de la investigación.....	74
3.1.2. Nivel de la investigación	74
3.2. Métodos de investigación	74
3.3. Diseño de la investigación.....	75
3.4. Población y muestra	76
3.4.1. Población	76
3.4.2. Muestra.....	77
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	77
3.5.1. Instrumentos para la recolección de datos.....	78
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	79
3.7. Tratamiento estadístico.....	79
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	79
3.8.1. Procedimienton de validación:	80
3.8.2. Medicion de la valides.....	80

3.9. Orientación ética.....	81
3.9.1. Ética de la investigación.....	81
CAPÍTULO IV	82
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	82
4.1. Descripción del trabajo de campo	82
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	82
4.2.1. Sostenimientos utilizados en los frentes.....	82
4.3. Prueba de hipótesis	95
4.3.1. Sostenimiento mecanizado	95
4.3.2. Comparación de eficiencia y productividad con sostenimiento madera vs split set	100
4.3.3. Stenimiento convencional	101
4.3.4. Sostenimiento mecanizado	101
4.4. Discusión de resultados	102
4.4.1. Parámetros de optimización	102

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Compañía Minera Casapalca S.A., en sus labores de desarrollo y preparación utiliza el sostenimiento convencional y manuales mediante los Split sets, pernos helicoidales, cimbras de acero, shotcrete, enmallado, así como también cuadros de madera que en el capítulo correspondiente se describe y analiza cada uno de ellos, para el cual se realiza los estudios geo mecánicos del macizo rocoso y una evaluación económica del mismo.

1.2. Delimitación de la investigación

En la actualidad, el desatado y sostenimiento manual es una de las operaciones mineras de alto riesgo en la unidad, demasiado lento el avance del sostenimiento y alto costo de este método convencional. Por esta razón, se decidió realizar el presente estudio usando tecnología para mecanizar estas actividades esenciales en el ciclo de minado, con la finalidad de minimizar las condiciones de riesgo, ejecutar un determinado sostenimiento en menor tiempo y minimizar los costos de sostenimiento.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles son los factores técnicos que se deben considerar para optimizar el sostenimiento de los frentes de las labores subterráneas de la Compañía Minera Casapalca S.A.?

1.3.2. Problemas específicos

A. ¿Qué características técnicas se consideran para la selección del tipo de sostenimiento de los frentes de la Compañía Minera Casapalca S.A.?

B. ¿Qué factores influyen en el diseño y aplicación del sostenimiento mecanizado, en las labores de desarrollo y preparación de la Compañía Minera Casapalca S.A.?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Optimizar las condiciones del sostenimiento de las labores mineras subterráneas utilizando equipos mecanizados en la Compañía Minera Casapalca S.A.

1.4.2. Objetivos específicos.

➤ Utilizar el sostenimiento mecanizado en las diferentes labores subterráneas en la Compañía Minera Casapalca S.A.

➤ Mejorar las condiciones de trabajo y minimizar los riesgos en seguridad en la Compañía Minera Casapalca S.A.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

Se considera como no experimental según Narváez, Rosa (1997), este tipo de investigación sugiere la formulación de objetivos y/o preguntas cabe destacar que los conceptos teóricos corresponden a ser explicativas, descriptivas, evaluativa, de acción, de diseño y relacionando con los estudios de campos entre otras. Es por esto que se dice que el presente estudio es de campo, ya que permitirá en forma directa, la observación y recolección de datos para el mejoramiento del sostenimiento.

1.5.2. Justificación metodológica

Es muy importante la investigación en tanto al aplicarse el método de observación y descriptiva para determinar el tipo de sostenimiento mecanizado que garantiza una mayor eficiencia, menores costos y mayor productividad asimismo la seguridad de los trabajadores y equipos utilizados en las diferentes operaciones de la mina subterránea garantizan un mayor rendimiento y un bajo riesgo. Asimismo, también va ser modelo para que otras empresas mineras tomen como base para mejorar sus operaciones.

1.5.3. Justificación de la investigación

La presente tesis se desarrolla en la Compañía Minera Casapalca S.A., durante ocho meses, se inició en el mes de noviembre del año 2017, se concluye el mes de junio del año 2018, la mina está ubicada en el lugar denominado Piedra Parada, corazón de la sierra limeña en el Distrito de Chicla, Provincia de Huarochiri y Departamento de Lima a limeña en la provincia de Huarochirí, a una altitud de 4200 metros sobre el nivel del mar. Es vecina de los distritos 3 de enero, San Mateo, San Antonio y Pomacocha.

A. Antecedentes de la compañía

La Compañía Minera Casapalca S.A., básicamente desarrolla las actividades de exploración, explotación, beneficio de minerales metálicos de Zinc, Plata, Plomo y Cobre; proceso que realiza en la Unidad Económica Administrativa “americana”.

B. 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.

Por los peligros y riesgos existentes durante la operación minera que podría ocasionar los incidentes y accidentes, la empresa toma la decisión de minimizar los problemas y/o accidentes como: caída de roca, falta de ventilación, manipulación de materiales inadecuados, caída de personas, falta de implementos de seguridad, disparo fuera de horario, EPPs en malestado entre otros.

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.

C. Visión misión y valores

Visión

Ser un grupo minero referente en la región, reconocido por su excelencia operativa y gestión responsable.

Misión

Somos una empresa minera que busca maximizar el valor para sus accionistas, colaboradores, comunidades y clientes de forma eficiente y con altos estándares de seguridad, medio ambientales y de responsabilidad social

Valores

Día a día ponemos en práctica los valores de nuestra compañía: Respeto Mutuo, Esfuerzo, Convicción y Desarrollo. Vamos más allá de las palabras, nuestro

accionar está comprometido con generar un clima de paz y progreso para nuestros trabajadores y sus familias, para nuestras comunidades vecinas y sus proyectos, para la protección y cuidado del medioambiente, siempre respondiendo a políticas empresariales responsables, que garanticen la sostenibilidad de todo nuestro entorno.

Nuestros valores:

- **Respeto Mutuo**

- **Esfuerzo**

- **Convicción**

- **Desarrollo**

D. Ubicación y accesibilidad

El área de localización de la Unidad Económica Administrativa “Americana” de la Compañía Minera Casapalca S.A., se encuentra en 3 microcuencas: Microcuencas 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. Ver Plano N° 01: Ubicación. 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

8 712 000N; 374 000E a 8 704 000N; 374 000E, en el sistema PSAD56.

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 2: Ruta y Ubicación de Compañía Minera Casapalca S.A.

		TIPO		
LIMA	CASAPALCA	Asfaltad	115	3:00 H.
QUENUALE	CMC(mina)	Afirmad	8	0:20 H.

Fuente: Compañía Minera Casapalca S.A.

E. Geología

La Compañía Minera Casapalca S.A. geológicamente se encuentra sobre depósitos cuaternarios, los cuales están suprayaciendo 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 Rio Blanco constituido por

el pórfido Carlos Francisco, tufos Yauliyacu, volcánicos Rio Blanco y calizas Bellavista.

El sinclinal americano 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: infiernillo 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.

En subsuelo la gran falla de rumbo N55 grados W, desplaza a las vetas siendo dicho desplazamiento ligeramente mayor en profundidad.

F. 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 geformas 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.

1.5.4. Importancia y alcances de la investigación

Esta investigación es necesaria y conveniente de realizar ya que al demostrarse la viabilidad de la hipótesis se va a beneficiar principalmente la Compañía Minera Casapalca S.A.; por lo que su productividad de las operaciones de minado va ser más eficiente, como también el personal va trabajar con mayor seguridad con el resultado del proyecto de investigación.

Reducir el costo de sostenimiento, transporte, mitigar el riesgo a la exposición de paralizaciones intempestivas de las operaciones por causas en caída de rocas en las diferentes labores subterráneas. Así mismo hay una viabilidad de resultados que se pueden tener en cuenta para determinar la optimización del sostenimiento en otras empresas mineras.

1.6. Limitaciones de la investigación

Se tuvo la limitación en cuanto a:

- **Financiamiento para la elaboración del presente estudio.**

- **Apoyo de personal especializado.**
- **Información de la data actual en cuanto a la operatividad de la investigación.**
- **Limitaciones de laboratorio en cuanto la empresa no cuenta con ellos.**

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Saul Pizarro Apráez, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Instituto de Ciencias Mineras, Ingeniería en sostenimiento y Control Geo mecánico, en la investigación “Diseño de un Sistema de sostenimiento activo y pasivo, para una empresa que produce y comercializa concentrados polimetálicos ubicada en el cantón Pascuales” el proyecto de investigación consiste en implementar de sostenimiento que ayude principalmente en la organización a garantizar la seguridad y rentabilidad económica a largo plazo además de facilitar la producción, y disminuir costos de la misma.

Arribando a la conclusión de perseguir en diseñar procedimientos y registros apoyados por las técnicas de sostenimiento con la finalidad de garantizar un trabajo más eficaz y eficiente.

Noel González González (2009), Universidad Javeriana Bogota, Colombia, en la investigación “Diseño del Sistema de sostenimiento mecanizado para la Empresa Wilcos Minera S.A”.

La investigación está basada en el diseño de un sistema de sostenimiento mecanizado en la empresa WILCOS Minera S.A., utilizando procedimientos estandarizados, con el fin de minimizar los riesgos a los que se exponen día a día los

trabajadores, contribuir con el bienestar de ellos y aumentar la productividad en la empresa. Lo primero que se realizó fue un mapa de procesos con el fin de saber el direccionamiento estratégico de la empresa, y alinear el trabajo con los objetivos de la misma. Posteriormente se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa frente a los requisitos exigidos por las normas de seguridad, y otro diagnóstico para saber el cumplimiento de las normas legales Colombianas Vigentes.

Se establecieron los planes de acción correctivos y preventivos para ajustar la situación de la empresa frente a los requisitos exigidos por la normatividad colombiana vigente, se realizó el panorama de riesgos, el análisis de vulnerabilidad, se diseñó un plan de implementación del del sistema para que la empresa lo utilice. Finalmente se realizó el análisis financiero con el fin de establecer si la implementación del sistema es viable para la empresa.

Erling Sigfredo Bonilla Vásquez, Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Minería, Escuela de Ingeniería Minera “Diseño de un Sistema de sostenimiento”. El estudio propuesto es de gran importancia, ya que existe la necesidad de estandarizar unos criterios a nivel internacional en Sostenimiento Mecanizado lo cual motiva a los ingenieros a apegarse a Normas y técnicas de última generación para un Sistema de Sostenimiento Mecanizado, que permite a estos el poder controlar la caída de rocas en las labores de producción y desarrollo.

Rodrigo Andres Salgado Quiroga, Universidad Austral, Valdivia- Chile “Sistema de Sostenimiento para la Construcción De Obras Civiles, Aplicado a la Construcción de túneles”. Esta tesis muestra un modelo de Sistema Sostenimiento para la Construcción de Obras Civiles, aplicado a la construcción de túneles, se

presenta un Manual el cual hace referencia a todos los Procedimientos Documentados establecidos para el Sistema Sostenimiento y una descripción de la interacción entre los procesos. Se mencionan: los puntos normativos, Sistema de sostenimiento.

Se ilustra el Plan Integrado orientado a la construcción de túneles, en él se identifican los procesos del sistema, los recursos y controles aplicados a las diferentes partidas de la obra, emanados de este Plan se desglosan los procedimientos constructivos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Bach. Percy Gaspar Flores Quispe, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas Implementación de un Sistema de Sostenimiento Activo y Pasivo en Minería Subterránea el trabajo trata explica de manera integrada las condiciones de trabajo en que la gran mayoría de los trabajadores mineros cumplen con sus labores, así como también los principales problemas de seguridad, y las medidas que son necesarias poner en práctica para controlar y mitigar todo lo que ocurre en la minería subterránea que es la que origina mayores riesgos. Quién llega a una conclusión final de utilizar el sostenimiento Activo. Para lo cual la presente tesis mostrará una metodología para implementar un Sistema de Sostenimiento Activo y en donde se muestran los tipos de indicadores de sostenimiento que pueden utilizarse para realizar la evaluación del desempeño y

verificar el cumplimiento de la mejora continua del sostenimiento. El enfoque a usar consta en detallar cada paso en la implementación del sostenimiento.

José Luis Pérez, Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Geológica Minera Y Metalúrgica Sección de Posgrado, Lima – Perú 2007. Sistema de Sostenimiento Mecanizado aplicado a Empresas Contratistas en el Sector Económico Minero Metalúrgico el trabajo trata acerca de los últimos años buena parte de las actividades mineras que han pasado a realizarse con el apoyo de empresas contratistas y aunque la Ley señala que los trabajadores de una contratista no pueden ser asignados para la actividad principal de la misma; esta norma es frecuentemente vulnerada y manipulada a beneficio de la Empresa Minera. Muestra del grado de desprotección del trabajador que labora en una Empresa Contratista; son los frecuentes accidentes de trabajo, según estadísticas publicadas por el Ministerio de Energía y Minas en los últimos siete años (2009 – 2015) se han producido 437 accidentes fatales de los cuales 293 pertenecen a personal Contratista, es decir un 67% de estas ocurrencias son del personal que no tiene vínculo laboral alguno con la Empresa Minera lo que indica que la Administración por parte de las Empresas Mineras no es suficiente o no está acorde con la realidad de las necesidades de sus socios estratégicos. El trabajo en una primera instancia se hace un análisis de los accidentes ocurridos en el sector minero basados en las estadísticas del Ministerio de Energía y Minas; seguido de una revisión de la evolución del sostenimiento con respecto al tiempo, luego se revisan técnicas para la Evaluación y Análisis del sostenimiento indicando los elementos mínimos con los que debe contar dicho Sistema y la interrelación entre éstos resumidos en una matriz de sistema de sostenimiento actualizados y un

Cronograma de Actividades mensual lo que da como resultado un CPI (Indicador Crítico de Performance o Desempeño) que no es más que la relación entre los Factores Proactivos y Reactivos de desempeño del Sistema de Sostenimiento.

Claudio De la Cruz Álamo, Universidad de Ingeniería, Facultad Ingeniería Minera “Mejora del Programa de Sostenimiento basada en el Comportamiento del macizo rocoso”. El estudio tiene como fin dar a conocer las bases teóricas, conceptuales y técnicas del sostenimiento Basada en el Comportamiento del macizo rocoso orientada a cambiar los comportamientos inseguros de los trabajadores por comportamientos seguros logrando mantenerlos en el tiempo.

Además, busca contribuir al Sistema Sostenimiento mediante el comportamiento del macizo rocoso.

Esto implica comprender la estructura y metodología de implementación de un programa geo mecánico, se rescatarán los puntos importantes y ventajosos realizando un análisis; una vez obtenido dichos puntos, se identifican las falencias y faltas del programa de sostenimiento, logrando así un mejoramiento al programa basada en el comportamiento del macizo rocoso, y finalmente se propondrá el procedimiento de implementación y ejecución de un sostenimiento mecanizado.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Antecedentes históricos

En Babilonia, Código Hammurabi: (1700) rescribía castigo a los capataces por las lesiones que sufrieran por caída de rocas a los trabajadores.

En Egipto (1720) a través de diversos papiros se menciona que Ramsés otorgó mejores condiciones de trabajo a los esclavos.

En Grecia utilizaban sistemas rudimentarios para evitar la caída de rocas en las galerías mineras.

Siglo IV a.c. Hipócrates mencionaba accidentes que tenían los trabajadores mineros de las labores mineras.

Siglo II Galeno: Describe los accidentes ocupacionales entre trabajadores del mediterráneo.

1700 Bernardino Ramazzini, Señala la relación entre riesgo y control de caída de rocas, basado en la observación y en respuesta a una pregunta simple que recomienda no olvidar. ¿Cuál es tu ocupación?

En el Perú, durante la conquista de los españoles, en la colonia el sistema de trabajo era a través de la mita (muchos indios se murieron).

En 1824 Se suprime el trabajo forzado de los indios en las minas y en 1900 se promulga el primer código de minería.

En 1911. Ley de Accidentes de Trabajo. No.1378 (José Matías Manzanilla). Duró 60 años.

En 1936 se crea el Seguro Social Obrero, establece cobertura por enfermedad, maternidad e invalidez vejez y muerte, no considera los accidentes y enfermedades ocupacionales.

En 1940 se crea el Departamento de Higiene Industrial dentro del Ministerio de Salud Pública y Previsión Social. Por ley 10833 se crea los fondos para el

Departamento con el aporte del 1.8 % de la planilla de salarios de los trabajadores mineros.

Actualmente las empresas optan por un sistema de gestión integrada (Calidad, Seguridad, Medio Ambiente, Salud Ocupacional, Responsabilidad Social).

2.2.2. Conceptualización de la variable independiente

a. Desarrollo de la información geo mecánica básica

a.1 Caracterización geo mecánica de la masa rocosa

Se caracteriza la masa rocosa desde el punto de vista litológico y estructural. En la información estructural, se considera a las estructuras mayores, fallas y contactos; a las estructuras menores, diaclasas y planos de estratificación. Las características geo mecánicas de estas discontinuidades se establecen mediante el mapeo geo mecánicos de las labores subterráneas; para ello, se han utilizado las normas de la ISRM (International Society for Rock Mechanics).

El análisis de la distribución de discontinuidades, se realiza procesando los datos de orientación de las discontinuidades con técnicas estereográficas y las características estructurales de los sistemas de discontinuidades se establecieron mediante tratamiento estadístico convencional de la data del mapeo geomecánico.

a.2 Clasificación geomecánica de la masa rocosa

Se clasifica a la masa rocosa del área de estudio mediante la utilización del Sistema RMR (Rock Mass Rating – Valoración de la masa rocosa) de Bieniawski (1989), también se utiliza el índice de caracterización GSI (Geological Strength Index – Índice de Resistencia Geológico) de Hoek et al. (1994– 2002).

Estas clasificaciones se aplican usando la data de la caracterización Geomecánica de la masa rocosa.

a.3 Zonificación geo mecánica

Se realiza la zonificación de acuerdo a la agrupación espacial de la clasificación geo mecánica producto del mapeo geo mecánico en los diferentes afloramientos de las excavaciones subterráneas. Mediante esta actividad se han determinan los dominios estructurales (zonas de similar características geomecánicas), los cuales son delimitados tomando en cuenta los aspectos litológicos, estructurales y de calidad de la masa rocosa. Esta información, es muy importante para los análisis de diseño.

a.4 Propiedades y comportamiento del macizo rocoso

Se evalúan las propiedades mecánicas de la roca intacta, las discontinuidades y la masa rocosa, utilizando para ello procedimientos alternativos, según las normas de la ISRM. Las alternativas para determinar las propiedades mecánicas de la roca fueron: la ejecución de ensayos con el martillo de geólogo (picota) y la ejecución de ensayos de impacto con el martillo Schmidt. Finalmente, la utilización del criterio generalizado de Hoek & Brown (2002-2006) para estimar los parámetros de resistencia de la roca intacta y de la masa rocosa. Para las discontinuidades se utiliza el criterio de Barton Bandis.

Estas propiedades se determinan para cada tipo de roca determinados dentro del dominio estructural correspondiente. Otros Factores de Influencia Se evalúan factores como el agua subterránea y los esfuerzos, que podrían influir en las condiciones de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado.

b. Análisis de estabilidad

Análisis de Estabilidad de las excavaciones asociadas al minado. Se analizan las condiciones de estabilidad de las excavaciones abiertos máximos, tiempos de auto-soporte, y la influencia de las discontinuidades estructurales y de los esfuerzos en las condiciones de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado.

c. Control de estabilidad

Se evalúan si el sistema de sostenimiento que actualmente se utiliza es el adecuado para los diferentes dominios estructurales. En base a los resultados de la evaluación, implementación de la cartilla geo mecánica de acuerdo a los recursos de sostenimiento actuales.

d. Actividades a considerar

El estudio combina observaciones y acopio de información de campo y trabajos de gabinete, utilizando técnicas adecuadas de acuerdo a las alternativas y recursos disponibles.

Las actividades relacionadas con el desarrollo de las investigaciones de campo que se debe considerar:

- Revisión de la información disponible.
- Reconocimiento geológico de la zona de estudio.
- Mapeo geo mecánico de la masa rocosa de las labores subterráneas.
□
- Ejecución de pruebas de campo (uso del martillo).
- En una primera etapa de trabajos de gabinete se desarrolla la información

Geo mecánica básica, comprendiendo las siguientes actividades:

- Procesamiento y análisis de la data desarrollada en campo.
- • Caracterización Geo mecánica de la masa rocosa.

- Clasificación Geo mecánica de la masa rocosa.
- Zonificación Geo mecánica.
- Estimación de las propiedades mecánicas de la roca, macizo rocoso y descuntinuidades.
- Evaluación empírica de los factores de influencia (Agua y Esfuerzos).
- En una segunda etapa de trabajos de gabinete se realizan los análisis de estabilidad, comprendiendo las siguientes actividades:
 - Aberturas máximas y tiempos de auto soporte.
 - Análisis de estabilidad de excavaciones asociadas al minado (Estabilidad estructuralmente controlada y por esfuerzos).
 - Evaluación del sistema actual de sostenimiento.
 - Finalmente se elabora el informe técnico, donde se presenta el desarrollo y los resultados del estudio Geo mecánico llevado a cabo.

2.2.3. Conceptualización de la variable dependiente

A. Tipo de sostenimiento

El sostenimiento tiene por objeto mantener abierto ciertos espacios de la mina y crear ambientes de condiciones seguras que protejan a los mineros en sus diferentes actividades.

Toda fortificación está relacionada con el tipo de terreno dentro del cual se realizan los trabajos. Por esta razón antes de hacer el estudio de los diferentes métodos de fortificación veremos a grosso modo las clases de terrenos que más resaltan por sus características estructurales.

a. Clases de terrenos

1. Terrenos masivos

Son aquellos que presentan una estructura uniforme, es decir que no tiene fracturas o partes descompuestas y que además tiene una dureza uniforme.

2. Terrenos fracturados

Se llama así a los terrenos a los terrenos que presentan una serie de planos discontinuos, como en el caso de una estratificación de las rocas sedimentarias ejemplo; areniscas, Calizas, y Pizarras.

3. Terrenos empanizados

Son terrenos que presentan zonas de panizo entre dos capas de terrenos consistentes.

4. Terrenos sueltos

Son los tipos de terrenos que no presentan consistencia alguna, teniéndose que enmaderar las labores inmediatamente que se abren, para impedir derrumbes, también se les llama terrenos molidos, pues no se encuentran con frecuencia piezas grandes.

5. Terrenos arcillosos

Constituidos por rocas casi plásticas que se deforman bajo una fuerte presión la mayor o menor plasticidad depende del contenido de agua y la proporción de arcilla, es una variedad también de los comúnmente conocidos como terrenos empanizados ejemplo; arcillas, o panizos, pizarras arcillosas.

b. Principios fundamentales

Los principios fundamentales que deben seguirse en el diseño o empleo de estructuras de sostenimiento por fuertes presiones constantes son:

1. La estructura debe ser colocada lo más cerca posible al frente para permitir la mínima resistencia del terreno antes de dicha colocación.

2. La estructura debe ser rígida para que el reajuste que se produce sea reducido al mínimo después de la colocación.

3. La estructura debe estar constituido por piezas de fácil construcción manipuleo e instalaciones.

4. 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.

5. Los costos deben ser tan baratos como le permite su rendimiento.

c. Materiales utilizados en el sostenimiento

Los materiales usados pueden ser:

- **Madera.**
- **Pernos de anclaje**
- **Shocrete**

- **Mallas electro soldadas**
- **Cimbras.**

Estos materiales pueden emplearse solos o combinados, el criterio que debe primar en la elección del material debe ser la observación de sus propiedades mecánicas pero es necesario tener en cuenta el costo y la duración.

La madera es el material más barato que puede utilizarse en la mayoría de los casos es satisfactorio desde el punto de vista de resistencia. Pero su corta duración es la característica desfavorable la duración de las maderas que en las minas y tunales de irrigación, vías ferrosas o carreteras es muy variable pues depende en las condiciones en que trabajen, por ejemplo:

1. La madera debe ser seca dura más que la verde.
2. La madera descortezada dura más que aquella que conserva su corteza.
3. La madera curada (Tratamiento con petróleo o productos químicos para evitar su descomposición).
4. La madera en una zona bien ventilada dura más que la húmeda y caliente puede estimarse que la madera tiene una vida media entre 2 a 3 años, sin embargo, en algunas minas y túneles se encuentran sostenimiento hasta con 20 años de duración y todavía en buenas condiciones, pese a estar en zonas abandonadas.

Desde el punto de vista mecánico el acero es el material más resistente y además tiene una ventaja de ocupar menos espacios y de no entorpecer la ventilación, ni estar sujeta a riesgos de incendios en cambio tiene como desventaja su costo es caro las mayores dificultades que ofrece su empleo se emplea sobre ambientes humeados y por esos deben ser pintados para protegerlos Si la duración es el factor importante como en el caso de los túneles de ferrocarriles, carreteras, etc. se deben preferir el concreto armado poner ladrillo compactado . Estos materiales son más duros que la madera, pero tienen una duración prácticamente indefinida.

d. Tipos de cuadros

El tipo más simple adecuado es aquel que consta de un sombrero soportado por dos postes verticales que sirven para resistir las presiones laterales de las cajas este tipo de cuadros recibe el nombre de cuadro recto. Cuando las presiones del techo. Son importantes se acorta la longitud del sombrero y se acorta la longitud del sombrero y se inclinan los postes recibiendo el nombre de cuadros cónicos que es el tipo más aceptado en la minería metálica. Así mismo cuando las presiones son demasiado fuertes se coloca una pieza adicional que se llama solera.

1. El Cuadro cojo

Es aquel que consta de un sombrero apoyado en uno de sus extremos de un poste y el otro en una patilla que se ha hecho en una cara de la galería.

Recibe el nombre de pata de gallo una pieza que se coloca linealmente en los cuadros cojos una cuyo extremo se pone en un destajo hecho en un sombrero más o menos en el centro del mismo y el otro en el extremo se apoya una patilla que se hace en la mitad de la caja generalmente.

Cuando los terrenos son muy arcillosos se utilizan los cuadros longitudinales En el que el sombrero es el más grande que comúnmente recibe el nombre de Longarina ya que va de caja en caja y a este también además de los postes esta soportado por frontales.

e. Sostenimiento con cuadro de madera

En los trabajos de minería Subterránea existen dos tipos de sostenimiento con madera Empleada para frentes de avance y la otra empleada para topes o Tajeos de Producción.

1. Sostenimiento en frentes de avance

Está comprendido por el sostenimiento en galerías, cruceros y piques

2. Sostenimiento para cruceros y/o galerías

El sostenimiento es igual para ambas labores y están constituidos por cuadros de madera ya sea en forma rectangular o trapezoidal, en ambos casos dichos cuadros están constituidos por elementos principales y elementos secundarios (o auxiliares)

3. Elementos principales de un cuadro de avance en galería

Entre los elementos principales tenemos:

El Sombrero, Postes, Tirantes, y Solera

4. Sombrero

Elemento que tiene por función soportar las cargas laterales y del techo. Los sombreros normalmente soportan esfuerzos de compresión paralelas a sus fibras y esfuerzos de flexión perpendiculares a esta.

Para evitar que los sombreros trabajen siempre a flexión cuando la presión es fuerte, generalmente se colocan puentes.

5. Postes

Son los elementos del cuadro que tienen por objeto soportar los esfuerzos de compresión paralelo a las fibras de madera. Esto se debe a que los postes soportan en las cargas del techo y las fuerzas de reacción del piso. Los postes pueden ser colocados en forma perpendicular o inclinados con respecto al piso. Se colocan inclinados con la finalidad de formar cuadros trapezoides.

6. Tirante

Es un elemento en minería a que generalmente no soporta esfuerzos de gran magnitud

7. Solera

Elemento que se utiliza cuando los terrenos son suaves soportan esfuerzos provenientes del poste y la reacción del piso directamente

8. Elementos Auxiliares de un cuadro de avance

Tenemos los siguientes Elementos:

8.1 Block

Son accesorios que tienen por objeto asegurar las estructuras, de sostenimiento hasta que sean fijadas por la presión del terreno para colocar los Stokes se deberá tener en cuenta lo siguiente

- Tratar que las fuerzas de transmisión sean paralelas a las fibras porque la madera tiene la generalidad de mayor resistencia en la compresión paralela a sus fibras que estén perpendicularmente a ellas.
- Tratar que el contacto y la transmisión de esfuerzos en las cargas con presiones y los cuadros sigan una misma dirección.
- Evitar el Bloqueo en las partes intermedias de los elementos porque de ser así se sometería a los elementos de los elementos de la estructura a los esfuerzos de flexión.

9. *Cuñas*

Al igual que los bloques tienen por objeto asegurar a los elementos de sostenimiento hasta que las presiones del terreno los sujeten definitivamente. Generalmente son empleados cuando hay espacios irregulares entre los elementos del cuadro y del terreno para colocar las cuñas se debe tener en cuenta lo siguiente

- Que el límite práctico del ángulo sea de 15 a 20 grados
- Que su sección sea de forma triangular

10. Enrejados y entablados

Son elementos auxiliares de sostenimiento que tienen por objeto soportar el material de las partes laterales de una galería o cruceros se llaman enrejados cuando están constituidos por redondos de 4 pg. - 6 pg. de diámetro, colocados uno tras otro con separación un de 3 a 4 pg. También se usan Semi redondos o sea redondos aserrados longitudinalmente en 2 partes iguales.

11. Entablados

Se llama Cuando están formados por tablas de 2 a 4 pg. de espesor y de 6 a 10 pg. de ancho.

Tanto los redondos como las tablas se colocan longitudinalmente sobre los postes para colocar ya sea uno u otro elemento se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones

- Se emplean los enrejados en terrenos fracturados y quebrados
- Se emplean entablados en terrenos molidos o arcillosos
- cuando los terrenos molidos o arcillosos tienen presiones constantes conviene emplear el sistema casillero.

12. Encamado

Es otro elemento auxiliar de sostenimiento cuyo objeto es similar al enrejado, con la única diferencia que se coloca longitudinalmente apoyados sobre sombreros.

13. Encribado (emparrillados)

Elemento auxiliar de sostenimiento cuya estructura tiene por objeto fundamental sostener el techo alzado a una unidad estructural se le conoce con el nombre de CRIBING, los CRIBING están constituidos por redondos de 4 a 8 Pg. de diámetro, aunque también puede usarse madera escuadrada.

14. Longarina

Son largueros de 10 x 10 pg. de sección y de 15 pg. a 18 de Longitud. Se emplean solo en casos especiales.

- Cuando va a comunicarse una chimenea se coloca longitudinalmente a la galería debajo de la solera
- Cuando los cuadros no tienen solera se colocan longitudinalmente a la galería una a cada lado de las Hileras para colocar sobre ellas postes provisionales.

- Cuando la distancia entre las cajas es grande en este caso las longarinas se colocan transversalmente en la dirección de la caja.

15. Sostenimiento para piques

Los piques a igual que otra vía cualquiera de acceso principal debe ser construido de tal manera que puedan garantizar una duración tan igual como la existencia de la mina misma los piques si son rectangulares sea cual fuera el tipo de sostenimiento utilizado tiene unos mismos elementos esenciales comunes, como cuello o collar, las soleras, los Postes, los Tirantes de suspensión, cuñas guiaderas y anclajes.

- Cuellos o Collar

Se llama así a una estructura ubicada en la boca del pique se caracteriza fundamentalmente porque descansa sobre traviesas bastantes consistentes las mismas que son colocadas en los extremos y de cada división transversalmente del pique.

- Solera central

Elemento que horizontalmente determina el número de cuadros

- Postes

Elementos de sostenimiento que soporta a todo el cuadro rectangular superior su función principal es acodalar los cuadros y transmitir su peso a los anclajes

- Anclaje

Se denomina así a un sistema de longarinas que se encuentran ancladas en las cajas del pique y que sirve para sostener a un conjunto de cuadros superiores, estas longarinas se colocan debajo de las soleras extremas y centrales a distancia de 15 a 75 metros o mas

- Destaje

Se llama así al corte realizado en el extremo de una pieza de sostenimiento, exclusivamente con fines de apoya

- Espiga

Se denomina así al extremo de una pieza de sostenimiento cuyo espesor se ha disminuido con fines de penetración entere dos o más piezas.

16. Sostenimiento con pernos de anclaje

Son infraestructura de sostenimiento que tiene por objeto aumentar la competencia de la roca alrededor de una excavación se caracteriza fundamentalmente porque amarra entre sí estratos Incompetentes para formar una viga monolítica , evitan el deslizamiento de planchones o bancos que se encuentran fracturados en el techo de un Tajeo y suspenden a las capas débiles de las más resistentes que se hallan encima, en Minería metálica Subterráneas empleado para el sostenimiento de galerías de cortadas y de caja techo , anclaje de elementos auxiliares (Líneas eléctricas, monorrieles, soportes de encofrados, y andamios, fijación de maquinarias, fijación de estructura metálica etc.)

- Elementos de un Perno de Anclaje

a. Dispositivo de Anclaje

Es aquel que permite la adherencia del sistema de empernado con las paredes del taladro.

Según su naturaleza pueden estar dados por:

Horquillas de extensión, Cuñas en Vástago bifurcados, resinas, morteros de arena, y cemento u otros medios químicos de adherencia.

b. Vástago o varilla

Es la parte del perno que soporta las cargas tensiones y que de acuerdo a su naturaleza pueden estar dados por varillas de fierro corrugado o no corrugado, cable de fibra de vidrio, cable de acero o espigas de madera u otros materiales.

c. Arandela

Es la plancha de sujeción sobre el cual se ajusta la tuerca puede estar dado por planchas de acero madera u otro material

d. Tuerca

Elemento de amarre tensional, Existen varios tipos de pernos entre los cuales podemos citar: Pernos de roca mecánicos, pernos de roca anclado con explosivos, pernos de roca con resina, pernos sementados, pernos con resina bombeada, pernos de roca de madera etc.

17. Tipos de pernos de anclaje

En la actualidad existen varios tipos de pernos de anclaje en lo que respecta al perno sementado este perno es de fierro corrugado de $\frac{3}{4}$ " (por 6 pies de largo con placas y tuerca exterior del mismo material)

- Etapas para la colocación de un perno de anclaje

- . Desquinche de la zona donde se va a colocar el perno
- . Ubicación y marca de los puntos a perforar
- . Perforación de los taladros con barrenos nuevos, que generalmente son hechos con máquinas Jackles montada sobre plataforma de andamio
- Sopleteado de los Taladros.
- Preparación y colocación del mortero
- Colocación del perno con ayuda del equipo hidráulico.
- Ensamblaje del perno
- protección de la cabeza contra la corrosión
- Ventajas y desventajas

Ventajas

- Colocación y manejo sencillo
- Capacidad de carga inmediata
- Son especiales cuando se trata de roca dura

Desventajas

Peligro de oxidación prematura cuando se trata de zonas con alto contenido de humedad (aguas sulfuradas)

Peligro de desprendimiento de roca cuando no está bien compactado.

- Alto costo por consumo de barrenos.
- Pérdida de tiempo en el ciclo productivo

18. Sostenimiento de excavaciones subterráneas

Se Entiende por sostenimiento al conjunto de Procedimientos que permiten mantener las cavidades que se forman como resultado de la explotación de los recursos Minerales y mantener seguro durante el tiempo que se desee.

Mediante el sostenimiento vamos a restablecer el equilibrio del macizo rocoso con la finalidad de garantizar la estabilidad del mismo mediante

-. Refuerzo (Empernado)

-. Revestimiento (Shokcrete)

-. Soporte (Madera)

-. Relleno (Relleno).

19. Funciones de los pernos para roca

- Resistencia a la tracción

La función principal de todos los pernos para roca es de resistir el movimiento o el disloque del terreno. En general, en la roca dura, este disloque es el resultado de rajaduras por las fallas y fracturas. Estas Fracturas y estratos se abren con el tiempo debido a la presión vertical o Horizontal in Situ, por el efecto de la gravedad en los bloques y el efecto de las variaciones de temperatura y humedad de la roca masiva. Perno Perforación Fractura

20. Selección e instalación de los pernos de roca

La Selección y el método de instalación de un perno para roca dependen de lo siguiente:

El tipo de la roca.

El tamaño y la dirección del movimiento principal

La Duración Planeada para la Abertura.

Desde el punto de vista de la función de un perno para rocas, se establece la clasificación de los elementos de soporte, tales como la " Fortificación Activa " y la "Fortificación Pasiva".

Fortificación de Corto Tiempo. se instalan inmediatamente después del disparo (Detonación) del frente, sostenimiento de aberturas del corto tiempo, pernos de anclaje s estabilizadores de fricción.

Fortificación definitiva. Los cables de acero y las barras corrugadas con resina o cementado deben instalarse para asegurar la estabilidad del diseño minero y sus singularidades para toda la vida útil del proyecto. Además, debe permitir extraer la tasa de producción programada.

21. Consideraciones en la selección de un perno de roca

- a. El Peso máximo de los bloques del lugar
- b. Proximidad de las fallas, dislocación o desplazamiento total anticipado
- d. Velocidad del desplazamiento anticipado
- e. Tamaño y dirección de las fuerzas (presiones) in situ.

2.2.4. Uso del concreto lanzado

Las principales características que indican al concreto lanzado como un elemento efectivo de sostenimiento son:

- El concreto lanzado previene la caída de pequeños trozos de roca de la periferia de la excavación, evitando el futuro deterioro de la roca.
- Mantiene el entrabe de las posibles cuñas o bloques sellando las discontinuidades o grietas producidas por la voladura.
- La acción conjunta del concreto lanzado y la roca produce una fuerza tangencial en la interfase, que impide que la roca y el concreto lanzado se deformen independientemente.

Descripción

El Shotcrete (mortero o gunita) comenzó a utilizarse hace casi 90 años. Los primeros trabajos con shotcrete fueron realizados en los Estados Unidos por la Compañía Cement – Gun (Allentown, Pensilvania) en 1907. Un empleado de la empresa, Carl Ethan Akeley, necesitaba una máquina que le permitiera proyectar material sobre mallas para construir modelos de dinosaurios, e inventó para construcciones nuevas. Cement – Gun patentó el nombre “gunita” para su mortero proyectado, un mortero que contenía agregados finos y un alto porcentaje de cemento.

Donde utilizar

Se aplica shotcrete para resolver problemas de estabilidad entúneles, en galerías, piques, estaciones eléctricas, etc. Y en otras construcciones subterráneas además hoy en día esta técnica es un factor clave para el shotcrete de rocas en aplicaciones como:

- Construcciones de túneles

- Operaciones mineras

- Hidroeléctricas

- Estabilización de túneles

El shotcrete es el método de construcción del futuro debido a sus características de flexibilidad, rapidez y economía. El único límite para su uso es la imaginación del hombre.

Diferencia entre los métodos de proyección

Hay dos métodos de shotcrete; seco (donde se añade agua para la hidratación en la boquilla de proyección), y húmedo (donde las mezclas transportadas contienen agua necesaria para la hidratación). Ambos métodos tienen sus ventajas y desventajas, y la selección de uno u otro dependerá de los requisitos del proyecto y de la experiencia del personal encargado de ejecutarlo. Ambos serán empleados en la industria de la construcción y minera.

Diferencia entre los métodos de proyección

- Factores mezcla seca mezcla húmeda

- Equipo

- Bajos costos de inversión

- Mantenimiento simple y poco frecuente
- Difícil de limpiar.

- Equipo compacto y adaptable en túneles con espacios limitados

- Mayor costo de inversión.

- Rinde mayor producción.

- Más fácil de limpiar.

- Consume 60% menos de aire comprimido Mezcla

- Se hace frecuentemente en el sitio de trabajo o se lleva la mezcla seca

Preparada.

- No hay buen control de la relación agua-cemento.

- La mezcla puede ser transportada a grandes distancias.

- La dosificación de la mezcla es más precisa dado que el agua forma parte de ésta.

- Mejor control de la relación agua-cemento.

- En largas distancias la mezcla puede fraguar.

- Rendimiento promedio 5m³/hora.

- En promedio de 2 a 10 m³/hora, con manipulador mecánico puede alcanzar 20 m³/hora. Rebote

- Puede ser entre 15-40% en paredes verticales y entre 20- 40% en la bóveda.
- El rebote forma vacíos en los hastiales.
- Alta pérdida de agregados y cemento.
- Generalmente es 10% en promedio, o menos.
- Poca pérdida de materiales.

Factores mezcla seca mezcla húmeda

Calidad

- Alta resistencia debido al ratio bajo entre agua-cemento.
- La mezcla depende de la adición del agua que es regulada por el operador manualmente.
- Ratio agua-cemento, es alto.

- Mezcla homogénea. Velocidad de impacto

- Alta, buena adhesión y fácil de aplicar en bóvedas.

- Adecuado para el trabajo en minería. Aditivos

- En polvo para agregar a la mezcla seca.

- Generalmente líquido, se mezcla con el agua Polvo

- Alta producción de polvo, puede ser reducida teniendo el agregado con una humedad promedio de 5 a 6%.

- Da buenos resultados en zonas con poca agua.

- Muy poco polvo y mejor visibilidad.

- En zonas con agua no pega la mezcla.

Via semi húmeda

Composición de una mezcla seca, contenido de cemento, en la fabricación de la mezcla seca se utiliza usualmente una proporción de cemento que varía entre 250 y

450 kilogramos por 100 litros de agregado (arena fina o arena gruesa o confitillo)
Entre 320 y 460 kilogramos por metro cúbico de concreto para estimar el contenido real del cemento del shotcrete aplicado. Es necesario considerar el rebote que es la pérdida del agregado de mayor tamaño lo cual conduce a un aumento del contenido de cemento si se compara con la mezcla inicial. En una mezcla regular 350 kilogramos de cemento por metro cúbico, un rebote de 20% se traduce aproximadamente en 400 kilogramos de cemento por metro cúbico.

Relación agua / cemento

La relación agua/cemento, tiene una influencia fundamental en la calidad del shotcrete. El agua total utilizada en la mezcla seca añadida se compone del agua de mezcla añadida en la boquilla y la humedad ya presente en el agregado. A diferencia de la proyección por vía húmeda, en la proyección de la vía seca no hay un valor definido para la relación agua/cemento debido a que el operario de la boquilla es quien controla y regula la cantidad del agua de la mezcla, si se agrega muy poca agua se crea inmediatamente un exceso de polvo; si se agrega demasiada agua el shotcrete no se adherirá a la superficie.

Contenido de Humedad Natural.

Otro aspecto importante de la mezcla seca, es el contenido de humedad natural. Cuando la mezcla está demasiada seca, la proyección produce una cantidad excesiva

de polvo; por otra parte, si el contenido de humedad es demasiado alto el rendimiento del shotcrete disminuye drásticamente, y las maquinarias y mangueras transportadoras se taponan. El contenido de humedad natural óptimo debe oscilar entre 3 - 6%. Estos valores son determinados en la planta de tratamiento de agregados.

Aditivos

Existen varios aditivos cuya función es controlar las propiedades del shotcrete entre las más importantes figuran los acelerantes del fraguado, estos aditivos reducen el tiempo del fraguado. El shotcrete exhibe un fraguado más rápido y una resistencia inicial mayor, lo cual permite aplicar capas subsecuentes del shotcrete con mayor rapidez y espesores mayores.

Tal como es conocido en la tecnología de construcción acelerar la hidratación del cemento lleva a una reducción de la resistencia a los 28 días, por tanto para obtener resultados de alta calidad en el shotcrete es crítico añadir la menor cantidad posible del acelerante y hacerlo de manera uniforme. En cada caso debe determinarse la proporción del acelerante según la cantidad de cemento utilizado.

Método Por vía húmeda

Características

Tolva de vía húmeda

Economía

La capacidad de proyección ha aumentado considerablemente desde que aparecen las Maquinarias/robots de mezclado en seco, hasta los robots de vía húmeda modernas. En un turno de 8 horas, la capacidad promedio de proyección del método por vía húmeda es usualmente 4 a 5 veces mayor que la del método por vía seca.

- Boquilla de una maquina robot en vía seca

- □Ambiente de Trabajo

- Los operarios por vía humeda estaban acostumbrados a trabajar en medio de una cantidad de polvo, se emitía polvo no sólo desde la boquilla. Si no también desde la máquina de proyección como norma general. Los resultados de mediciones de polvo en el ambiente de trabajo eran más de tres veces la cantidad permisible.

- El método por vía húmeda mejoró significativamente las condiciones de ambiente de trabajo, trayendo consigo mayor seguridad para los trabajadores de los túneles.

Calidad

Todavía se piensa equivocadamente que el método por vía húmeda no ofrece resultado de alta calidad. Lo cierto es que si se utilizan aditivos reductores de agua (baja relación agua/cemento) y microsílíce, se pueden obtener resistencias a la compresión de hasta a 100 Mpa. 14,600 Lbs/pulg.2 o 66,138Kg/cm2 aplicando shotcrete por vía húmeda.

Control de hidratación en shotcrete fabricado por vía húmeda

Aplicación

- Con el método húmedo es más fácil de producir una calidad constante a lo largo del proceso de proyección. La mezcla ya lista se descarga en una bomba y se transporta a presión a través de manguera. A principio se usaban bombas helicoidales; hoy en día predominan las bombas de pistón. En la boquilla del extremo de la manguera se agrega aire al concreto a razón de 7 a 15 metros cúbicos por minuto, y a una presión de 7 bars según el tipo de aplicación (manual o robot).

- El aire tiene la función de aumentar la velocidad de concreto a fin de lograr una buena compactación y adherencia a la superficie. Un error común que se comete con el método de vía húmeda es utilizar cantidades insuficientes de aire.

- Generalmente se agregan entre 4 y 8 m³/minuto de aire, la cual disminuye la resistencia a la compresión y la adherencia y rebote son deficientes. Para la proyección robotizada se requiere hasta 15 m³/ minuto de aire. Método por proyección en vía húmeda

Diseño de Mezcla

Los diseños de las mezclas de hormigón proyectado deberán adaptarse siempre a las especificaciones y granulometrías de los áridos, y a los tipos de cementos existentes en cada obra, con el fin de poder obtener las resistencias iniciales y la manejabilidad requeridas. Los ensayos preliminares en el laboratorio, facilitarán el tener un hormigón proyectado de calidad en la obra. El tipo de cemento tendrá una gran influencia en el desarrollo de las resistencias iniciales y finales, y en las propiedades del hormigón endurecido. Las adiciones a base de humo de sílice o se utilizan para conseguir una baja permeabilidad, una mayor durabilidad y para reducir el rebote de proyección. Los productos, o son aditivos super plastificantes que aseguran una buena manejabilidad del hormigón proyectado con bajas relaciones a/c. Las fibras metálicas incrementan la capacidad de carga y las propiedades de ductilidad del hormigón proyectado. Las fibras de polipropileno se emplean para mejorar las propiedades frente a las contracciones iniciales del hormigón, así como para obtener una mayor resistencia frente al fuego del hormigón proyectado. El contenido de aire en el hormigón proyectado fresco se aumenta con el fin de elevar igualmente su manejabilidad. El tamaño máximo del

árido dependerá del espesor de capa a proyectar, así como del grado de acabado que se requiera en el hormigón proyectado. Aproximadamente el 95% de la superficie del árido corresponde a la fracción de arena de 0/4 mm. Las variaciones en la calidad de la arena tienen una gran influencia en las propiedades del hormigón fresco, en la relación a/c y por consiguiente en las propiedades del hormigón endurecido. La granulometría de la arena deberá estudiarse meticulosamente durante el proceso de control de calidad. Existen también diferencias en el hormigón proyectado dependiendo de si los áridos son lavados o procedentes de machaqueo. Es preferible igualmente que la forma de las partículas de los áridos sea cúbica ó esférica, ya que ello afectará en gran medida a la manejabilidad. Los áridos deberán estar limpios, duros y no desgastados por la intemperie.

Ejemplos de diseños de mezclas de hormigón proyectado

- Hormigón proyectado vía seca 0/12 mm

- Cemento SikaFume S92 / Sikacrete P (opcional) 400 kg

- 16 kg Estabilizador Sikacrete PPX (opcional) 1 - 2%

- 65% de Arena 0/5 mm

- 35% de Árido 5/12 mm.

- Acelerante en polvo Sigunita 49 AF 3 - 4%

- Acelerante líquido Sigunita L-52 AFS 3 - 4% Mezcla m³ *

Debe comprobarse mediante ensayos en obra

- Aprox. 2.000 kg. Hormigón Proyectado por Vía Húmeda 0/12 mm.
Cemento 400 kg.

- Sika Fume S92 D / Sikacrete P (opcional) 16 kg. Estabilizador Sikatard
930 (opcional) 0,5-2% Superplastificante SikaViscocrete SC-305 1%

- 80% de Arena 0/5 mm 1.400 kg.

- 20% de Árido 5/12 mm. 350 kg. Agua (a/c = 0,42) 168 lt.

- Fibras de acero 40 kg.

- Acelerante líquido Sigunita L-53 AFS 4 - 5%

- Mezcla m³ * Aprox. 2.350 kg.

Debe comprobarse mediante ensayos en obra. Es importante que exista un porcentaje mínimo de finos que pasen por el tamiz 0,125 mm. para que exista una correcta bombeabilidad

Aplicaciones

Uso Requerimientos típicos Soporte temporal en túneles Alta resistencia inicial.
Buena adherencia.

- Alto rendimiento.
- Bajo rebote.
- Soporte permanente en túneles
- Alta resistencia inicial.
- Alta resistencia final.
- Baja permeabilidad.
- Alta durabilidad en Minería.

- Alta resistencia inicial.
- Sello de superficies de excavación.
- Baja a media resistencia final.
- Resistencia al fuego Capa protectora (sin función de soporte de carga).
- Alta adherencia.
- Resistencia a temperaturas de hasta 1200° C.
- Estabilización de taludes.
- Estabilización de excavación Rápido desarrollo de resistencias.
- Uso flexible.
- Volúmenes bajos de Concreto Proyectado.
- Reparación de túneles.
- Resistencia a largo plazo.

- Buena adherencia. Resistencia química.
- Reparación de presas de concreto
- Alta durabilidad en capas delgadas.
- Bajo módulo de elasticidad. Bajo rebote.
- Reparación de muelles
- Alta resistencia mecánica.
- Alta resistencia a ataques químicos.
- Bajo módulo de elasticidad.
- Reparación de puentes
- Concreto joven no susceptible a vibración por el tráfico.
- Resistencia a las heladas y al congelamiento/descongelamiento.
- Bajo módulo de elasticidad.

Equipos

Equipos de hormigón proyectado

1. Sika PM 500 / Sika PM 400

Equipos de proyección de hormigón altamente sofisticados para túneles de sección grande y pequeña

- Alta flexibilidad por su diseño modular
- Ideales para trabajos en taludes de gran altura

Máquinas de hormigón proyectado

- Aliva 246 / Aliva 252

- Aliva 263 / Aliva 285

Máquinas de proyección de hormigón por vía semi húmeda y vía húmeda

- Para rendimientos entre bajos y medios.

- Maquinas móviles y multifuncionales
- Para la proyección de hormigones y morteros
- Robots para la proyección en trabajos de TMB

- Aliva 303 L1 / Aliva 303 L2

Robots para la proyección de hormigón en trabajos de sostenimiento y revestimiento de túneles excavados mediante tuneladoras TBM para rendimientos entre medios y altos.

Brazos telescópicos para la proyección de hormigón / bombas dosificadoras

Aliva 302 / Aliva 307

2. Brazo telescópico para hormigón proyectado

- Amplio rango de operaciones
- Máxima movilidad

3. Aliva 403.5 bomba dosificadora de aditivo acelerante líquido

- Alta eficiencia
- Control de dosificación sincronizado con el rendimiento del equipo de proyección (SikaSprinter Equipo autónomo de proyección de hormigón Sistema autónomo para la proyección de hormigón)

2.3. Definición de términos básicos

Accidente de trabajo

Se llama así a todo suceso que resulta en lesión o daño no intencional.

Accidente trivial o leve

Es aquel que, luego de la evaluación, el accidentado debe volver máximo al día siguiente a sus labores habituales.

Accidente incapacitante

Es aquel que, luego de la evaluación, el médico diagnostica y define que el accidente no es trivial o leve y determina que continúe el tratamiento al día siguiente de ocurrido el accidente. El día de la ocurrencia de la lesión no se tomará en cuenta, para fines de información estadística.

Accidente fatal

Es aquel en el que el trabajador fallece como consecuencia de una lesión de trabajo; sin tomar en cuenta el tiempo transcurrido entre la fecha del accidente y la de la muerte. Para efecto de la estadística se debe considerar la fecha en que fallece.

Auditoria

Es el proceso de evaluación del Sistema de Gestión de la Seguridad y salud en el trabajo.

Autoridad minera

Es la ejercida por el Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Minería.

Enfermedad profesional ocupacional.

Es el conjunto de síntomas y signos, ocasionados por un agente de riesgo con motivo de trabajar bajo una relación laboral dependiente, pueden ser crónicos o agudos de carácter reversible dependiendo del tipo de daño, tiene un tiempo de latencia identificable.

Epidemiología laboral

Estudia las exposiciones ocurridas en los lugares de trabajo y su relación con la frecuencia y distribución de los accidentes y enfermedades en la población trabajadora.

Ergonomía

Es la ciencia multidisciplinaria que tiene por objeto adaptar el trabajo a las condiciones psicológicas y fisiológicas del hombre a través de la investigación y adecuación del puesto de trabajo.

Estadística de accidentes

Es un sistema de control de la información de los incidentes y accidentes.

Estándares de trabajo

El estándar es definido como patrones que contienen los parámetros y los requisitos mínimos aceptables establecidos por estudios experimentales, investigación, con los cuales es posible comparar las actividades de trabajo, desempeño y comportamiento industrial.

Fiscalización

Proceso de control sistemático y objetivo que permite la identificación y evaluación de los sistemas de gestión, para luego recomendar acciones correctivas, a efectos de minimizar la ocurrencia de incidentes y accidentes.

Higiene ocupacional

Ciencia y arte que se dedica a prevenir, reconocer, evaluar y controlar los agentes ambientales o tensiones que se originan en el trabajo y que pueden producir enfermedad o desmedro de la salud.

Incidente

Se llama así a todo suceso, que, bajo circunstancias ligeramente diferentes, resulta en lesión o daño no intencional. En el sentido más amplio incidente involucra también los accidentes.

Incapacidad total temporal

Es aquella que, luego de un accidente, genera la imposibilidad de utilizar una determinada parte del organismo humano, hasta finalizar el tratamiento médico y volver a las labores habituales, totalmente recuperado.

Incapacidad parcial permanente

Es aquella que, luego de un accidente genera la pérdida parcial de un miembro o simplemente es la pérdida parcial de las funciones de un miembro.

Incapacidad total permanente

Es aquella que, luego de un accidente, genera la pérdida anatómica total de un miembro, aunque sea a partir del dedo meñique del organismo humano.

Inspección

Es un proceso de observación metódica para examinar situaciones críticas de prácticas, condiciones, equipos, materiales y estructuras. Son realizadas por personas capacitadas y conocedoras en la identificación de peligros y evaluación de riesgos.

Peligro

Todo aquello que tiene potencial de causar daño a las personas, equipo, procesos y ambiente.

Psicología ocupacional

Es una ciencia que estudia, trata y previene los fenómenos individuales, subjetivos propios de un trabajador. Se encarga del estudio de la conducta humana en el ambiente laboral y el comportamiento de las personas frente a las necesidades de seguridad.

Riesgo laboral

Contingencia o proximidad de un daño derivado de la actividad laboral. Es la magnitud del daño provocado por los factores de riesgo laboral en la salud del trabajador. Probabilidad de un evento no deseado que puede provocar enfermedad o accidente.

Toxicología

Es la parte de la medicina que estudia los efectos nocivos de los agentes químicos sobre los organismos vivos, su mecanismo de acción y su tratamiento.

Fibra

El concreto reforzado con fibras es un material novedoso que está siendo desarrollado de forma acelerada gracias al mejoramiento de las nuevas fibras,

tecnología y técnicas de aplicación del concreto. Las fibras que son específicamente diseñadas para el concreto, se fabrican a partir de materiales sintéticos y de acero que pueden resistir al medio alcalino del concreto lanzado a largo plazo, las fibras se añaden al concreto antes o durante la operación de mezclado, el uso de las fibras en proporciones típicas no requiere de ningún cambio en el diseño de la mezcla del concreto.

Aditivos

Existen varios aditivos cuya función es controlar las propiedades del shotcrete entre las más importantes figuran los acelerantes del fraguado, estos aditivos reducen el tiempo del fraguado. El shotcrete exhibe un fraguado más rápido y una resistencia inicial mayor, lo cual permite aplicar capas subsecuentes del shotcrete con mayor rapidez y espesores mayores.

Fisuras

Son fracturamientos del concreto lanzado que se producen debido a la retracción del material en el tiempo, por las dilataciones y contracciones de origen hídrico y técnico, también por los movimientos verticales y horizontales producidos por las cargas.

Comportamiento de las fibras metálicas

La función principal de las fibras metálicas en el shotcrete es aumentar la ductilidad del material. Si bien es posible obtener una elevada resistencia a la flexión sin necesidad de fibras, la ductilidad está relacionada con el tipo y la cantidad de las fibras metálicas.

Fisuración del concreto lanzado

La fisuración del concreto es un fenómeno indeseable cuyas causas van desde variaciones en la composición del material, hasta efectos de cambios térmicos. Una fisura delata realmente la “competencia perdida” entre la capacidad del material de resistir un esfuerzo frente al efecto de un esfuerzo actuante.

Concreto lanzado

El concreto lanzado previene la caída de pequeños trozos de roca de la periferia de la excavación, evitando el futuro deterioro de la roca. Mantiene el entrabe de las posibles cuñas o bloques sellando las discontinuidades o grietas producidas por la voladura. La acción conjunta del concreto lanzado y la roca produce una fuerza

tangencial en la interfase, que impide que la roca y el concreto lanzado se deformen independientemente.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Un análisis técnico del sostenimiento de los frentes de avance, contribuirá en su optimización en la Compañía Minera Casapalca S.A.

2.4.2. Hipótesis específica

- Con un sostenimiento mecanizado lograremos mejorar las condiciones de trabajo y minimizar los riesgos en seguridad.
- Con un sostenimiento mecanizado lograremos ejecutar el sostenimiento en menor tiempo en las diferentes labores subterráneas.
- Con un sostenimiento mecanizado lograremos minimizar los costos de sostenimiento.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Análisis técnico de los frentes (RMR, RQD, GSI, Q)

INDICADORES

- X1 Rocas tipo I

- X2 Rocas tipo II

- X3 Rocas tipo III

- X4 Rocas tipo IV

2.5.2. Variable dependiente

Optimización de los frentes en la Cía. Minera Casapalca S.A.

INDICADORES

- Y1 Informes de tipos de sostenimiento anteriores

- Y2 Cumplimiento del procedimiento de sostenimiento

- Y3 Evaluación del programa anual de sostenimiento.

2.5.3. Variable interviniente

Política de la Compañía Minera Casapalca S.A.

INDICADORES

- Z1 Visión y Misión de la Compañía Minera Casapalca S.A.

- Z2 Aplicación del sostenimiento convencional.

- Z3 Programa anual de sostenimiento

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

2.6.1. Matriz de operacionalización de variables

Variable independiente	Variable independiente	Variable interviniente	Objetivo general
<ul style="list-style-type: none"> • X1 • X2 • X3 • X4 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Y1 ➤ Y2 ➤ Y3 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Z1 ▪ Z2 ▪ Z3 	$O1 = X1 + V1 + V2 + V3$ $O2 = X2 + V1 + V2 + V3$ $O3 = X3 + V1 + V2 + V3$ $OG = G1 + G2 + G3$

2.6.2. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
"ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SOSTENIMIENTO EN LOS FRENTES DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A."				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
FORMULACION DEL PROBLEMA:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	SISTEMA DE VARIABLES:	VARIABLE INDEPENDIENTE:
¿Cuáles son los factores técnicos que se deben considerar en el sostenimiento de la mina subterránea de la Compañía Minera Casapalca S.A.?	Optimizar las condiciones del sostenimiento en las labores mineras subterráneas utilizando equipos mecanizados en la Compañía Minera Casapalca S.A.	Por las características geo estructurales y geo mecánicas de la roca de la Cia. Minera Casapalca S.A. Es necesario diseñar y aplicar un tipo de sostenimiento mecanizado para lograr mejorar el riesgo de accidentes, minimizar tiempos y costos.	Variable independiente, variable dependiente, variable interviniente	- Rocas Tipo I - Rocas Tipo II - Rocas Tipo III - Rocas Tipo IV
PROBLEMA SECUNDARIO:	OBJETIVO ESPECIFICO:	HIPÓTESIS ESPECIFICA:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	VARIABLE DEPENDIENTE:
A. ¿Qué características técnicas se consideran para la selección del tipo de sostenimiento?	Mejorar las condiciones de trabajo y minimizar los riesgos en seguridad en la Compañía Minera Casapalca S.A.	Si se utiliza el sostenimiento mecanizado logremos mejorar las condiciones de trabajo y minimizar los riesgos en seguridad.	Características geo mecánicas de la roca de los frentes de la Cia. Minera Casapalca S.A. Dimensión del túnel	- Identificación del tipo de roca en las labores de trabajo - Informes de tipos de sostenimiento anteriores - Informes de incidentes y accidentes del trabajador - Cumplimiento del procedimiento del sostenimiento.
B. ¿Qué factores influyen en el diseño y aplicación del sostenimiento en los métodos de explotación en las labores de desarrollo y preparación?	Utilizar el sostenimiento mecanizado en las diferentes labores subterráneas en la Compañía Minera Casapalca S.A.	Si se utiliza el sostenimiento mecanizado logremos aplicar en las diferentes labores subterráneas.	VARIABLE DEPENDIENTE: Tipo de Sostenimiento en los frentes de la Cia. Minera Casapalca S.A.	
C. ¿Cuáles son las características geomecánicas del macizo rocoso del túnel de integración Anímón -Islay en la Compañía Minera Chungar S.A.C.?	Minimizar los costos de producción en la Compañía Minera Casapalca S.A.	Si se utiliza el sostenimiento mecanizado logremos minimizar los costos de producción.	VARIABLE INTERVINIENTE: Política de la Empresa Minera Casapalca S.A.	

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Tipo y nivel de la investigación

El presente trabajo de investigación es de carácter APLICATIVO TECNOLÓGICO EXPERIMENTAL, se considera los conocimientos teóricos previos, informes de análisis y evaluaciones de experiencias para lograr la demostración de la investigación.

3.1.2. Nivel de la investigación

Conforme a los propósitos y naturaleza de la investigación; el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación, a partir de la información recolectada en la Compañía Minera Casapalca S.A.

3.2. Métodos de investigación

El tipo metodológico aplicado en esta investigación se considera como no experimental según Narváez, Rosa (1997), este tipo de investigación sugiere la

formulación de objetivos y/o preguntas de investigación. Cabe destacar que esta investigación corresponde a las investigaciones explicativas, descriptivas, evaluativa, de acción, de diseño y los estudios de campos entre otras. Es por esto que se dice que el presente estudio es de campo, ya que permitirá en forma directa, la observación y recolección de datos para el mejoramiento del sostenimiento.

Descriptivo, según Sabino, Carlos (1999) señala que, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. “Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación.

Por lo tanto, el tipo de investigación para este trabajo también es descriptivo, debido a que permite analizar, registrar y describir las actividades ejecutadas en este proceso de diagnóstico.

3.3. Diseño de la investigación

El diseño a utilizarse en la investigación será por objetivos conforme al esquema siguiente, conforme al esquema siguiente:

OG	=	Objetivo general HG	=	HIPÓTESIS GENERAL
CG	=	Conclusion general OG	=	HG + CG

Asimismo, el diseño del análisis y luego la evaluación de las variables independientes de la siguiente forma:

$$O1 = X1 + V1 + V2 + V3$$

$$O2 = X2 + V1 + V2 + V3$$

$$O3 = X3 + V1 + V2 + V3$$

$$OG = G1 + G2 + G3$$

O1, O3 = Objetivos específicos

X1, X3 = Tratamiento y análisis de la variable independiente

V1., V3 = Evaluación de la variable independiente.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

El universo está representado por la geología regional, por el macizo rocoso, por la litología, la geología estructural y la hidrogeología de la Compañía Minera Casapalca S.A.

3.4.2. Muestra

La muestra está representada por los mapeos geológicos, mapeos geo mecánicos, de los frentes de avance tomadas en la Compañía Minera Casaplaca S.A.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos para la investigación fueron las utilizadas por el método de la estadística descriptiva, es decir:

- La Observación (Campo)
- Toma de datos primarios
- Toma de datos secundarios
- La clasificación de la información
- El análisis de los datos
- Medición (Gabinete)
- Evaluación de resultados

- Discusión e interpretación.

3.5.1. Instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos utilizados para la recolección de la información de la investigación, fueron los siguientes:

- Hoja de registro y planos.
- Bolsas para depósito de muestras.
- Uso de Equipos.
- Transporte de Muestras.
- Uso de gabinetes y laboratorios.
- Hojas de registro/ Libreta de Campo.
- Uso de PC.
- Uso de microscopio.

- Preparación de muestras para estudios.
- Preparación de muestras para análisis.
- Análisis de componentes

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se empleará la medición estadística de tendencia central y de dispersión, mediante la tabulación computarizada o electrónica necesitando para ello programas actualizados.

3.7. Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico se utilizarán métodos convencionales o en su caso, computarizados. Para este último, se podrá utilizar software especializado.

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

3.8.1. Procedimiento de validación:

Una vez concluido con la elaboración de los instrumentos de recolección de datos, para su posterior validación, se sometió a una prueba piloto la medición estadística de tendencia central y de dispersión, mediante la tabulación computarizada el mismo que se desarrolló siguiendo el procedimiento que a continuación se indica.

a). Se identificó las labores de desarrollo y preparación que utiliza el sostenimiento convencional y manuales mediante los Split sets, pernos helicoidales, cimbras de acero, shotcrete, enmallado, así como también cuadros de madera utilizados en los niveles 800, 280, 230, 180 y 435; en el que se describe y analiza cada uno de ellos, para el cual se realiza los estudios geo mecánicos del macizo rocoso y una evaluación económica del mismo.

b). Cada uno de los datos tomados en el ciclo de minado (perforación, voladura, desate limpieza y sostenimiento) y en los tipos de sostenimientos empleados según los datos geo mecánicos fueron analizados y registrados en un trabajo de gabinete usando tablas dinámicas y cuadros estadísticos.

3.8.2. Medición de la validez

El tipo de valides empleado en la tesis fue la valides predictiva ya que la toma de datos y comparaciones, que se reflejan para la implementación de sostenimiento mecanizado sustituyendo en un determinado tiempo al sostenimiento convencional de acuerdo a los factores de optimización empleados en los cuadros estadísticos.

3.9. Orientación ética

La presente tesis se desarrolla en la Compañía Minera Casapalca S.A., durante ocho meses, se inició en el mes de noviembre del año 2017, se concluye el mes de junio del año 2018.

Tomando datos en los frentes identificado y clasificando mediciones estadísticas en los diferentes tipos de sostenimientos empleados, así mismo realizando tabulaciones comparativas de la optimización técnica de sostenimiento mecanizado.

3.9.1. Ética de la investigación

Para la investigación se tomaron datos geo mecánicos según la zona, frente y nivel, determinado el tipo de sostenimiento convencional requerido y optimizando técnicamente mediante equipos especializados a un sostenimiento mecanizado.

Así mismo se identificó y determinó los autores de la metodología empleada en la presente tesis; también se mencionan la bibliografía y páginas web empleadas.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La presente tesis se desarrolla en la Compañía Minera Casapalca S.A., durante ocho meses, se inició en el mes de noviembre del año 2017, se concluye el mes de junio del año 2018, la mina está ubicada en el lugar denominado Piedra Parada, corazón de la sierra limeña en el Distrito de Chicla, Provincia de Huarochiri y Departamento de Lima a limeña en la provincia de Huarochirí, a una altitud de 4200 metros sobre el nivel del mar. Es vecina de los distritos 3 de enero, San Mateo, San Antonio y Pomacocha.

Ya identificado las labores de desarrollo y preparación que utiliza el sostenimiento convencional y manuales mediante los Split sets, pernos helicoidales, cimbras de acero, shotcrete, enmallado, así como también cuadros de madera utilizados en los niveles 800, 280, 230, 180 y 435; en el que se describe y analiza cada uno de ellos, para el cual se realiza los estudios geo mecánicos del macizo rocoso y una evaluación económica del mismo.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Sostenimientos utilizados en los frentes

Los métodos de sostenimiento usado en la Compañía Minera Casapalca S.A. son:

1. Cuadros de madera.
2. Pernos Split sets.
3. Malla Metálica
4. Cimbras de acero.
5. Shockcrete.

A. Sostenimiento con Cuadros de Madera

Sostenimiento de los frentes tipo III – IV, el tipo de sostenimiento que se está empleando es con los cuadros de madera, estos cuadros son de eucalipto, el espaciamiento que se emplea de cuadro a cuadro varía de acuerdo al tipo de terreno que son:

- Terreno fracturado 6 ó 5 pies.
- Terreno quebrado 4 ó 3 pies.

- Terreno molido o arcilloso 3 ó 2 pies.

El tipo de terreno que se presentó en el nivel 280 es terreno fracturado en la cual el espaciamiento de cuadro a cuadro fue de 5 pies. Materiales que se utiliza para el armado de cuadros:

- Postes 10'' x 10'' x 10'
- Sombrero 10'' x 10'' x 12'
- Tablas de 2'' x 6'' x 5' y 2'' x 6'' x 7'
- Redondos para encribado.
- Chapas, Clavos de 5'', Herramientas, Corvina, Martillo.

Cuando se usa la madera como elemento de sostenimiento es importante tomar en cuenta que:

- La madera seca dura más que la fresca o húmeda.
- La madera sin corteza dura más que aquella con corteza.

- La madera tratada con productos químicos con la finalidad de evitar su descomposición, dura más que la no tratada

- La madera en una zona bien ventilada dura más que en una zona húmeda y caliente.

Éstos son utilizados para sostener galerías, cruceros y otros trabajos de desarrollo, en condiciones de roca fracturada a intensamente fracturada y/o débil, de calidad mala a muy mala y en condiciones de altos esfuerzos, como es el caso del nivel 800 CNB.

Si las labores son conducidas en mineral, el enmaderado debe ser más sustancial para mantener la presión y el movimiento de roca en los contornos de la excavación.

Los principales tipos de cuadros que usualmente se utilizan en la Compañía Minera Casapalca S.A. son: los cuadros rectos, los cuadros trapezoidales.

Los cuadros cónicos y en algunos casos los cuadros cojos.

Todos estos son elementos unidos entre sí por destajes o por elementos exteriores de unión, formando una estructura de sostenimiento, mayormente se utilizan los cuadros rectos. En el siguiente cuadro se observa los tiempos:

Toma de datos para armado de dos cuadros en 12 horas.

Hr. Inicio	Hr. Salida	T.Hrs. Op.	Descripción.
07:00 a.m.	07:40 a.m.	00:40	Ingreso de personal de superficie a interior mina.
07:40 a.m.	08:00 a.m.	00:20	Charla al personal.
08:00a.m.	08:10 a.m.	00:10	Traslado a las labores.
08:10 a.m.	08:35 a.m.	00:25	Desate de roca.
08:35 a.m.	11:00 a.m.	02:25	Limpieza de labor y el personal está preparando su madera.
11:00 a.m.	12:00pm.	01:00	Refrigerio.
12:00 pm.	12:45 p.m.	00:45	Traslado de madera (Cancha madera a labor) y preparación patilla.
12:45 p.m.	16:05 p.m.	03:20	Armado de dos cuadros.
16:05 p.m.	16:50 p.m.	00:45	Enrejado de cuadros.
16:45 p.m.	18:25 p.m.	01:40	Encribado y topeado de cuadros.
18:30 p.m.	19:00 p.m.	00:30	Salida de personal de interior mina a superficie

Tabla 01

Toma de datos para sostenimiento con madera costos directos.

DATOS:	Costos Directos	Costos (US\$)	Und.
1	Costo de Perforacion y Voladura	5.14	<i>\$/TM</i>
2	Costo de Sostenimeinto	6.74	<i>\$/TM</i>
3	Costo de Limpieza	2.10	<i>\$/TM</i>
4	Costo de Relleno	1.83	<i>\$/TM</i>
5	Costo de Servicio de Mina	2.59	<i>\$/TM</i>
	COSTOS DIRECTOS	18.4	<i>\$/TM</i>

Tabla 02

Toma de datos para sostenimiento con madera costos indirectos y totales.

DATOS:	Costos Indirectos	%	Costos (US\$)	Und.
1	Imprevistos	5,2 %	0.957	<i>\$/TM</i>
2	Gastos Generales	5.2 %	0.957	<i>\$/TM</i>
3	COSTO INDIRECTO		1.914	<i>\$/TM</i>
4	COSTO TOTAL		20.314	<i>\$/TM</i>

Tabla 03

B. Sostenimiento con split set

El diámetro de los tubos ranurados usado en la Compañía Minera Casapalca S.A. son de 39mm de por 7 pies de longitud. Correctamente bien instalados alcanzan valores de 1TM por pie, sosteniendo en toda su longitud hasta 7 toneladas. Los split sets son utilizados mayormente para reforzamiento temporal, usualmente conformando sistemas combinados de refuerzo en terrenos de calidad regular a mala. En roca intensamente fracturada y débil no es recomendable su uso.

Toma de datos para sostenimiento con split set costos directos.

DATOS:	Costos Directos	Costos (US\$)	Und.
1	Costo de Perforacion y Voladura	5.15	<i>\$TM</i>
2	Costo de Sostenimeinto	5.62	<i>\$TM</i>
3	Costo de Limpieza	2.10	<i>\$TM</i>
4	Costo de Relleno	1.80	<i>\$TM</i>
5	Costo de Servicio de Mina	2.50	<i>\$TM</i>
	COSTOS DIRECTOS	17.17	<i>\$TM</i>

Tabla 04

Toma de datos para sostenimiento con split set costos indirectos y totales.

DATOS:	Costos Indirectos	%	Costos (US\$)	Und.
1	Imprevistos	5 %	0.87	<i>\$/TM</i>
2	Gastos Generales	5 %	0.87	<i>\$/TM</i>
3	COSTO INDIRECTO		1.74	<i>\$/TM</i>
4	COSTO TOTAL		18.91	<i>\$/TM</i>

Table 05

C. *Sostenimiento con varillas cementadas y con resina.*

En otras labores del nivel 280 se utiliza la barra helicoidal de 22 mm de diámetro, con longitudes variables de 8'. La capacidad de las barras helicoidales supera las 18 TM.

La barra helicoidal, tiene la forma de una rosca continua a lo largo de toda su longitud. Entre otros, su mayor diámetro le confiere mayor resistencia y su rosca constante permite el reajuste de la placa contra la pared rocosa.

D. *Sostenimiento con malla metálica*

La malla metálica principalmente es utilizada para los siguientes tres fines:

- Primero, para prevenir la caída de rocas ubicadas entre los pernos de roca, actuando en este caso como sostenimiento de la superficie de la roca
- Segundo, para retener los trozos de roca caída desde la superficie ubicada entre los pernos, actuando en este caso como un elemento de seguridad.
- Tercero, como refuerzo del shotcrete.

Toma de datos para sostenimiento con varias cementadas, recina y malla electrosoldada Evolución de costos incluidos transporte.

Año / Descripción	2014	2015	2016	Promedio
Split set de 5' y flete	20.35	25.30	29.45	25.03
Malla rollo (25x2m) y flete	665.00	730.00	800.00	731.67
Puntal de 4' – 5' de diametro y flete	20.00	25.00	27.00	24.00
Punatal de 6' - 7' de diametro y flete	22.00	27.00	32.00	27.00

Tabla 06

E. Programa mensual de avances de sostenimiento

prg	Nº Zona	Nivel	Labor	Ancho	Altura	Tarea	ML	US\$	Gradiente	Tipo de sost.
1	I 2802 lineal	-280	Rp	4.00	4.00	Avance	15	8046.11	Hrzt.	Malla+pv.
2	I 2802 lineal	-280	Rp	4.00	4.00	Avance	40	21456.28	+12%	Malla+pv.
3	I 2805 lineal	-280	Sn	4.00	4.00	Avance	60	32184.42	+2%	Malla+pv
4	I 2809 lineal	-280	Rp	4.00	4.00	Avance	50	26820.35	+12%	Malla+pv
5	I 2800 lineal	-280	G1	4.00	4.00	Avance	15	8046.11	Hrzt.	Malla+pv
6	I 2306 lineal	-230	Sn	4.00	4.00	Avance	30	16092.21	+2%	Shct 2''+Malla
7	I 2309	-230	G1	4.00	4.00	Sost.				Malla+pv.
8	I 2300 lineal	-230	G1	4.00	4.00	Avance	25	13410.18	Hrzt.	Malla+pv

Tabla 07

prg	Nº Zona	Nivel	Labor	Ancho	Altura	Tarea	ML	US\$	Gradiente	Tipo de sost.
1	I 2802 lineal	-280	Ga	4.00	4.00	Avance	50	26820.35	Hrzt.	Malla+pv.
2	I 2802 lineal	-280	Ga	4.00	4.00	Avance	50	26820.35	Hrzt.	Malla+split
3	I 2805 lineal	-280	Rp	4.00	4.00	Avance	25	13410.18	+12%	Malla+ph.
4	I 2809 lineal	-280	Rp	4.00	4.00	Avance	15	8223.79	-12%	Cimbra
5	I 2800 lineal	-280	G1	4.00	4.00	Avance	30	16092.21	Hrzt.	Malla+ph.
Total zona I										440236196.7

Tabla 08

F. Sostenimiento con cables

Los cables son elementos de reforzamiento, hechos normalmente de alambres de acero trenzados, los cuales son fijados con cemento dentro del taladro en la masa rocosa. El cable comúnmente usado es el denominado “trenzado simple” conformado por 7 alambres, que en conjunto tienen 5/8” de diámetro, con una capacidad de anclaje de 25 Ton. Pueden ser usados en cualquier longitud, en el rango de 5 a 30 m, ya sea en la modalidad de cable simple o doble.

G. Sostenimiento con cimbras metálicas de la zona deleznable

El tipo de sostenimiento que se está empleando, en la rampa 1830; son las Cimbras Metálicas, el cual son construidas con perfiles de acero, según los requerimientos de la excavación y los que mayormente se aplican en esta rampa son de forma baúl y del tipo las “rígidas”.

Las que usan comúnmente perfiles como la W, H, e I, conformadas por dos segmentos que son unidos por platinas y pernos con tuerca.

El espaciamiento que se emplea de cimbra a cimbra varía de acuerdo al tipo de roca y lo que comúnmente se aplica en rocas de tipo IV y V son de 1.50 metros, aunque esto puede variar de acuerdo a las variaciones de la geología del terreno. Utilizado generalmente para sostenimiento permanente de labores de avance en condiciones de masa rocosa intensamente fracturadas y/o terreno deleznable, que le confieren calidad mala a muy mala.

H. Sostenimiento con concreto lanzado shotcrete

La Compañía Minera Casapalca S.A. tiene como Planta de concreto en Nv. 435 empleando el proceso de preparación, donde la relación cemento y agregados son alimentados a una tolva con agitación continua para luego ser cargados con equipos Mixer, Tornado, etc. y ser llevados a labores para su posterior shotcreteo.

La utilización de fibras es también un punto importante dentro de la fabricación de la mezcla de shotcrete, ya que hace que éste sea más compacto. Concreto lanzado (shotcrete) es el nombre genérico del concreto cuyos materiales componentes son: cemento, agregados, agua, aditivos y elementos de refuerzo, los cuales son aplicados neumáticamente y compactados dinámicamente a alta velocidad sobre una superficie.

- ***Vía húmeda.***

En la mina se emplea el proceso de mezcla seca, los componentes del shotcrete seco o ligeramente pre-humedecidos, son alimentados a una tolva con agitación continua. El aire comprimido es introducido a través de un tambor giratorio o caja de alimentación para transportar los materiales en un flujo continuo hacia la manguera de suministro. El agua es adicionada a la mezcla en la boquilla.

La práctica y experiencia indica que las proporciones más adecuadas son

INSUMO:	Porcentaje % / Cantidad
Cemento:	25%
Para mezcla semi humeda	25- 45 Kg/m ³ (menos para shotcrete grueso y más para el fino)
Agregados y gruesos:	10% al 15%
Agregados finos:	65% al 70%
Relación agua cemento (mezcla semihumeda):	0.30 - 0.50
Relación agua cemento (mezcla húmeda):	0.40 - 0.55

Tabla 09

Diseño De Mezcla Vía Humeda

*Dosificación por metro cúbico, para Shockret de 210 Kg/cm² con fibra:
(Humedad de 5-6%)*

INSUMO	CANTIDAD
Cemento Portland 1	450.00 Kg.
Arena gradación 2	1650.00 Kg
Fibra metálica	25.00 Kg.
Aditivo acelerante Fragua	4.00 Gl.
Agua	164.20 Lt.
Consumo promedio mensual 1000 m3	

Tabla 10

I. Equipos

El lanzado de Shockrete se realiza con el uso de:

- Hurones que poseen una capacidad de 3.5 cubos de mezcla, estos no se llenan debido al derrame que se produce en el transporte del concreto en las vías.
- El Alpha 2 de fabricación chilena; que posee un brazo telescópico de 9 metros, un tanque que sirve para cargar el acelerante. Este equipo consta de bombas que ayudan a succionar la mezcla llegando está a salir con presión.

Control de tiempos del lanzamiento de shotcrete

ACTIVIDADES:	HORA:	TIEMPO NETO	
Llegada de los trabajadores a la bodega de Sol	07:12:30	07:22:53	00:10:23
Reparto de guardia	07:22:53	08:10:30	00:47:37
Traslado al SN 8835	08:10:30	08:20:14	00:09:44
Limpieza de carga con scooptram R 1300 CAT	08:20:14	09:04:14	00:44:00
Llegada del ALPHA 20	09:04:14	09:25:00	00:20:46
Inspección del ALPHA 20	09:50:34	10:02:14	00:11:40
Tiempo de Lanzado	1:00:00	12:10:00	1:10:00
Instalación de conexión de tubería de aire	10:02:14	10:04:28	00:02:14
Recubrimiento carcasa ALPHA 20 con aceite quemado	10:08:33	10:25:35	00:17:02
Esperando la llegada del TORNADO SMG 153	10:25:35	10:33:05	00:07:30
Llegada del TORNADO SMG 153	10:33:05	10:55:00	00:21:55
Llenado del concreto al ALPHA	10:55:00	11:15:10	00:20:10
Lanzado de shotcreteo	11:00:00	11:26:32	00:26:32
Descanso del shotcretero	11:26:32	11:29:26	00:02:54
Inspección del Operador ALPHA 20	11:29:26	11:31:05	00:01:39
Termino de Lanzado de shotcreteo	11:31:05	12:10:00	00:38:55
Limpieza de accesorios del ALPHA 20	12:10:00	12:23:53	00:13:53
Medición de espesor con calibrador	12:23:53	12:33:20	00:09:27

Tabla 11

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Sostenimiento mecanizado

A. Desate mecanizado

La mecanización del desate y sostenimiento es una mejora tecnológica implementada por la Compañía Minera Casapalca S.A. en sus operaciones, con la finalidad de crear un ambiente de trabajo seguro para sus trabajadores y sus equipos aprueba en lo posible de cualquier humano.

Además, de mejorar la productividad del desate, también nos ha permitido mejorar tecnológicamente con respecto a la seguridad y productividad de los demás procesos como la perforación, relleno hidráulico, acarreo de mineral y voladura.

El desate se realiza después de la voladura con los equipos denominados scaler brock 330.

- La cabina del operador se encuentra en un área de techo sostenido y enmallado.
- El desate lo realiza un solo operador y abarca toda la zona de la voladura, techo, caja y frente.
- El área disparada tiene una profundidad de 3.5 metros, área que tiene que desatar el scaler tanto la caja, techo y frente.
- Antes de iniciar un desatado el equipo riega el frente ya que tiene un dispositivo de contenido de agua; con el objetivo de eliminar el polvo y dejar visible las rocas fracturadas.

Este equipo tiene un avance de 500 m² que lo puede realizar en un día.

- Es importante la capacitación de los operadores en el uso de este equipo, así como en el conocimiento básico de geotecnia como también de los lugares donde debe desatarse.

B. Factor de desate

La importancia del desate varía de un tipo de minado a otro. A fin de comparar el trabajo del desate necesario entre las diferentes operaciones mineras, se usará un factor de desatado. Esto es similar al factor de taladro (establecer una relación de tonelaje dinámico por metraje hueco taladro).

El factor de desate se define como el radio del área desatada entre el tonelaje (mineral o desmonte) volado.

$$FD = M2 \text{ Desatado} / TMR$$

El factor de desate varía con el método de minado, con el ancho de la labor y la altura del frente:

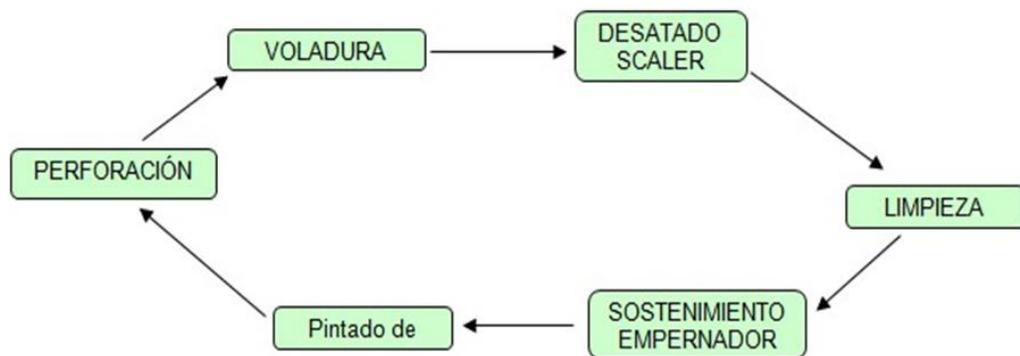
Acciones a seguir.

- Altura de corte en los frentes = 4 metros.
- Ancho promedio en los frentes = 4 metros.
- Longitud de perforación = 3,5 metros.
- Área promedio a desatar por disparo = 58 metros².
- Toneladas rotas (56 x 2.8) = 156.8 TR.
- Factor de desate $58 \text{ m}^2 / 156.8 \text{ TR}$ = 0.34

Para determinar este factor para la mina se ha tenido en cuenta los anchos de voladura y de acuerdo con las características del frente.

C. Ciclo de minado con sostenimiento mecaniza

Ciclo de Minado Sostenimiento Mecanizado



- *Desate con scaler*

Luego que el Scoop ha limpiado hasta los 2 metros delante de la ultima malla de sostenimiento, ingresa el Scaler para desatar todo el techo, la parte alta del frente y laterales ya que el Scoop le ha dado espacio para que el desatador pueda percutar con su brazo libremente.

D. Sostenimiento

Luego que el Scoop termina de limpiar, viene el Scissor Bolter para realizar el sostenimiento con elementos de sostenimiento y malla hasta el tope del techo, actividad que tiene una duración aproximada de 4 horas por labor.

Este método de sostenimiento mecanizado se realiza en forma más rápida, segura y con menos personal.

El sostenimiento se realiza con el equipo llamado Csissor Bolter que consiste de una perforadora hidráulica y una plataforma operado por un solo personal.

El Csissor y el Jumbo tienen dos tijerales que pueden elevarse hasta 7 metros de altura, así como desplazarse horizontalmente.

Este equipo además de empernar, también puede colocar las mallas, que son fabricados en planchas de 5`x11` pudiendo colocar tanto en las paredes como en el techo. Además, se usa malla en rollos.

El rendimiento es en 160 pernos por día, colocando de 4000 a 4500 elementos durante un mes trabajando en tres turnos.

El rendimiento de utilización de dicho equipo es de 85%.

4.3.2. Comparación de eficiencia y productividad con sostenimiento madera vs split set

Fecha	Sostenimiento	Eficiencia(TM/h)	Producción(TM/h-g)
Abril	Madera	2.65	4.10
Mayo	Madera	2.75	4.35
Junio	Madera	2.95	4.65
Julio	Madera	2.85	4.95
Agosto	Split set y Malla	3.15	6.55
Septiembre	Split set y Malla	3.20	6.75
Octubre	Split set y Malla	3.42	6.25
Noviembre	Split set y Malla	3.45	5.85
Dicimbre	Madera	2.80	4.51
PROMEDIO		3.02	5.33

Tabla 12

4.3.3. Stenimiento convencional

Descripción	Incidencia	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)
Ventilación	6.25%	30	0.50
Desatado	1.50%	07	0.12
Traslado de Madera	13.50%	65	1.08
Sostenimiento	25.00%	120	2.00
Perforación	26.63%	128	2.13
Limpieza	18.75%	90	1.50
Voladura	8.38%	40	0.67
TIEMPO TOTAL	100.00%	480	8.00

Tabla 13

4.3.4. Sostenimiento mecanizado

Descripción	Incidencia	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)
Ventilación	5.25%	25	0.42
Desatado	1.50%	07	0.12
Traslado de Madera	6.25%	30	0.50
Sostenimiento	12.5%	60	1.00
Perforación	25.00%	120	2.00
Limpieza	22.88%	110	1.83
Voladura	8.38%	40	0.67
TIEMPO TOTAL	81.76%	392	6.54

Tabla 14

4.4. Discusión de resultados

Parámetros	Sostenimeinto Convencional	Sotenimiento Mecanizado
Tiempo total de desate y sostenimiento	6.2 Hr/Labor	3.25 Hr/Labor
Personal	4 Mineros	2 mineros
Rendimiento perno / tarea	6	16
Producción toneladas / mes	3600 TM/m	4200 TM/m

Tabla 15

4.4.1. Parámetros de optimización

Parámetros	Sostenimeinto Convencional	Sotenimiento Mecanizado
Costo / Perno Malla \$ / Perno	8.99	7.2
Rendimiento perno / tarea	6	16
Desde el primer años se vuelve positivo, esto significa		437 000

Tabla 16

CONCLUSIONES

1. La mecanización del desatado y sostenimiento es una mejora tecnológica en las operaciones, con la finalidad de crear un ambiente de trabajo seguro a sus trabajadores y sus equipos.

2. Hay una diferencia significativa entre el sostenimiento manual y el sostenimiento mecanizado:

- *Sostenimiento no mecanizado*

- a. Perforación – voladura – regado y desatado (manual).

- b. Sostenimiento (manual) – limpieza – pintado de malla – perforación.

- *Sostenimiento mecanizado*

- a. Perforación – voladura – desatado (con scaler) – limpieza –

- b. Sostenimiento (con empernador) – pintado de malla – perforación.

3. El sistema de sostenimiento que más se utiliza en las labores de desarrollo, preparación en la Compañía Minera Casapalca S.A. son los pernos cementados. Sin embargo, el sistema de sostenimiento shotcrete, cimbras se utilizan en zonas de acuerdo al tipo de terreno y la tabla geomecánica.

4. El tiempo de sostenimiento de una labor realizada en forma manual en promedio es de 6 horas / labor; y el tiempo de sostenimiento mecanizado en promedio es de 2 hr. 40 min.

5. El costo de sostenimiento manual es de 8.99 \$/perno y el costo de sostenimiento mecanizado es de 7.20 \$/perno; significando un ahorro de 1.79 \$/perno.

6. Para la toma de decisiones de un sistema de sostenimiento tradicional a una dinámica, el costo económico es un factor principal a tener en cuenta. El caso de la Compañía Minera Casapalca S.A., no escapa de estas consideraciones.

7. El costo de Sostenimiento por Concreto Lanzado (Shotcrete) es menor a comparación de otro sostenimiento como con cuadros de madera. Otras de las razones son por su velocidad de instalación, es más rápido y por la seguridad que brinda, siendo estas algunas razones, por la cual se haya optado la utilización de este tipo de sostenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Se debe llevar a cabo el mantenimiento programado de los equipos de desatado y sostenimiento para evitar contratiempos y poder tener una adecuada disponibilidad de equipos.

2. Realizar una capacitación permanente al personal del sostenimiento para evitar demoras y accidentes.

3. Continuar con la implementación del sostenimiento con pernos cementados, shotcrete, enmallado, Split set hasta el tope de las labores mineras, de acuerdo a las recomendaciones del área de geomecánica.

4. A todo el personal que, al momento de realizar sus labores rutinarias, deben cumplir con los procedimientos y estándares de trabajo seguro.

5. Se debe cumplir con los procedimientos de instalación correcta de los elementos de sostenimiento.

BIBLIOGRAFIA

1. Hernández Sampieri Roberto y Fernández Collado Carlos
Metodología de la Investigación, 2^a ed., México, Ed. Mc Graw Hill, 2006, 226 pp.
2. Amalla Pingo Pedro. Guía para Redactar Proyectos e Informes de Investigación. 2^a ed., Lima – Perú, Ed. Universo, 2005, 196 pp.
3. Cruz Ramírez Isaac. Identificación de los Problemas del Terreno. 2^a ed. Perú, Ed. Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2013, 290pp.
4. Goetsch L. David. Occupational Health and Safety. 2^a ed., USA, Ed. Prentice Hall USA, 1996, 260 pp.
5. Briceno Z. Edgar. Técnicas Prácticas en Sosténimiento mecanizado. 3^a ed., Lima-Perú, Ed. Instituto de Seguridad Minera, 2010, 160 pp.
6. Alfaro Manuel y Becerra Abel. Procesos de Sosténimiento. 2^a ed., Lima-Perú, Ed. Instituto de Ingenieros del Perú, 2011, 90 pp.
7. Decreto Supremo N° 055-2010 E.M. Reglamento de Seguridad. Lima- Perú, Ed. Instituto de Seguridad Minera, 2010, 327 pp.
8. Decreto Supremo N° 024-2016 E.M. Reglamento de Seguridad y Salud

Ocupacional en Minería. Lima-Perú, Ed. Instituto de Seguridad Minera, 2016, 250 pp.

9. Cía. Minera Volcan. Proyecto de Sostenimiento mecanizado. Pasco-Perú, Área de Planeamiento, 2014, 110 pp.

10. Ley 29783. Seguridad y Salud en el Trabajo. Lima-Perú, Ed. Ministerio de Trabajo, 2015, 160 pp.

Páginas de Internet:

✓ Zevallos Roberto, Seguridad Industrial. En:

<http://seguridadindustrialapuntos.blogspot.com/2009/03/conceptos>.

Perú, 2012, 55 pp.

✓ Saavedra Pedro. Accidentes. En:

www.sigweb.cl/biblioteca/PeoresAccidentesMinerosChile.pdf.

Chile, 2010, 65 pp.

✓ Madera Javier. Sostenimiento en minería. En:

https://www.fraternidad.com/descargas/sostenimiento_22.pdf

España, 2011, 16 pp.

✓ Tomal Luis. Normativa de Seguridad Minera. En:

www.sernageomin.cl/.../mineria/sostenimiento/NormativaMinera.

Madrid, 2002, 375 pp.

✓ Moretti Sergio. ISO 9001, Gestión de Calidad. En:

www.lrqa.es/certificaciones/iso-9001-norma-calidad/España, 2014, 200 pp.

✓ Moretti Sergio. ISO 14001, Gestión Ambiental. En:

www.lrqa.es/certificaciones/iso-14001-medioambiente/España, 2014, 180 pp.

✓ Moretti Sergio. OHSAS 18001, Seguridad y Salud Ocup. En:

www.bsigroup.com/es-MX/bsohsas18001-salud-seguridad-ocupacional/España, 2014, 230 pp.

✓ Hernandez Paul. Gestión Integral. En:

www.casadellibro.com/libro-sostenimiento/871078

ANEXOS

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
“ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SOSTENIMIENTO EN LOS FRENTES DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”			
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
FORMULACION DEL PROBLEMA:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	SISTEMA DE VARIABLES:
¿Cuáles son los factores técnicos que se deben considerar en el sostenimiento de la mina subterránea de la Compañía Minera Casapalca S.A.?	Optimizar las condiciones del sostenimiento en las labores mineras subterráneas utilizando equipos mecanizados en la Compañía Minera Casapalca S.A.	Por las características geo estructurales y geo mecánicas de la roca de la Cia. Minera Casapalca S.A. Es necesario diseñar y aplicar un tipo de sostenimiento mecanizado para lograr mejorar el riesgo de accidentes, minimizar tiempos y costos.	VARIABLE INDEPENDIENTE: - Rocas Tipo I - Rocas Tipo II - Rocas Tipo III - Rocas Tipo IV
PROBLEMA SECUNDARIO:	OBJETIVO ESPECIFICO:	HIPÓTESIS ESPECIFICA:	VARIABLE INDEPENDIENTE:
A. ¿Qué características técnicas se consideran para la selección del tipo de sostenimiento?	I Mejorar las condiciones de trabajo y minimizar los riesgos en seguridad en la Compañía Minera Casapalca S.A.	I Si se utiliza el sostenimiento mecanizado lograremos mejorar las condiciones de trabajo y minimizar los riesgos en seguridad.	Características geo mecánicas de la roca de los frentes de la Cia. Minera Casapalca S.A. Dimensión del túnel
B. ¿Qué factores influyen en el diseño y aplicación del sostenimiento en los métodos de explotación, en las labores de desarrollo y preparación?	Utilizar el sostenimiento mecanizado en las diferentes labores subterráneas en la Compañía Minera Casapalca S.A.	I Si se utiliza el sostenimiento mecanizado lograremos aplicar en las diferentes labores subterráneas.	VARIABLE DEPENDIENTE: Tipo de Sostenimiento en los frentes de la Cia. Minera Casapalca S.A.
C. ¿Cuáles son las características geomecánicas del macizo rocoso del túnel de integración Anión - Islay en la Compañía Minera Chungar S.A.C.?	I Minimizar los costos de producción en la Compañía Minera Casapalca S.A.	I Si se utiliza el sostenimiento mecanizado lograremos minimizar los costos de producción.	VARIABLE INTERVENIENTE: Política de la Empresa Minera Casapalca S.A.
			VARIABLE DEPENDIENTE: - Identificación del tipo de roca en las labores de trabajo - Informes de tipos de sostenimiento anteriores - Informes de incidentes y accidentes del trabajador - Cumplimiento del procedimiento del sostenimiento.

Tabla geomecnica

UBICACION	INDICES GEOMECHANICOS				COHESION kg/cm ²	ANGULO FRICCION °	Sostenimiento		TIEMPO DE SOPORTE	SECCION ACTUAL		APERTURA MAXIMA m.
	TIPO ROCA	GSI	Q	RMR			RECOMENDACION GSI(MODIFICADO)	ACTUAL		ANCHO m	ALTO m	
ESTRUCTURA MINERALIZADA	IV	Q	0.4-1.0	35	1.2	16.5	Perno sistematico (1.2x1.2) con malla y/o pilar	Perno sistematico (1.2x1.2) con malla y/o pilar	10 horas	1,8	2,0	2,5
	IV	E	1.0-0.4	30	1.6	22.5	Perno sistematico(1.0x1.0)con malla o cuadro sistematico(0.8 m luz)	Perno sistematico(1.0x1. 0)con malla	10 horas	1,6	1,8	2,0
CAJAS	II	A	10-40	65	3.4	42.1	Sin soporte, perno ocasional o cuadro ocasional	sin soporte	8 Meses	1.6	1.8	6.35
	II	A	7-12	64	3.8	44.6	Sin soporte, perno ocasional o cuadro ocasional	Perno ocasional	4 Meses	1.5	1.8	5.65

Fotos



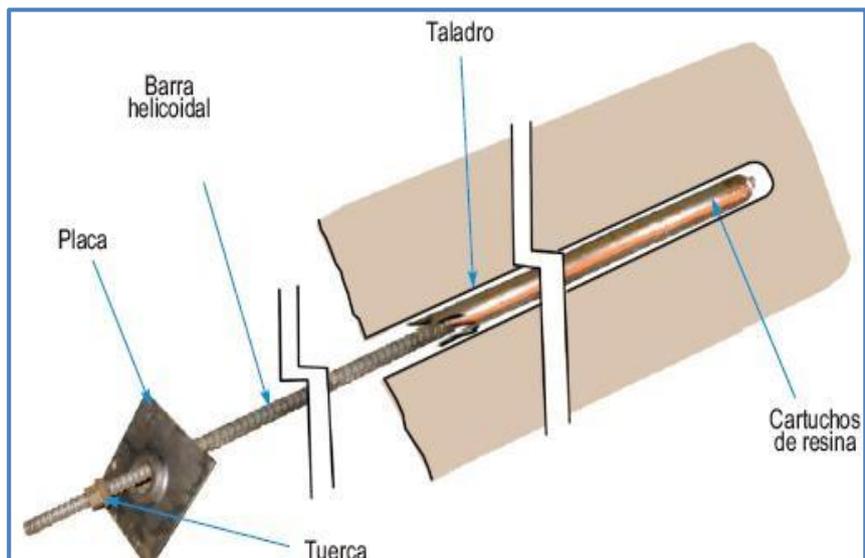
1. Sostenimiento con madera nivel 800 y 230



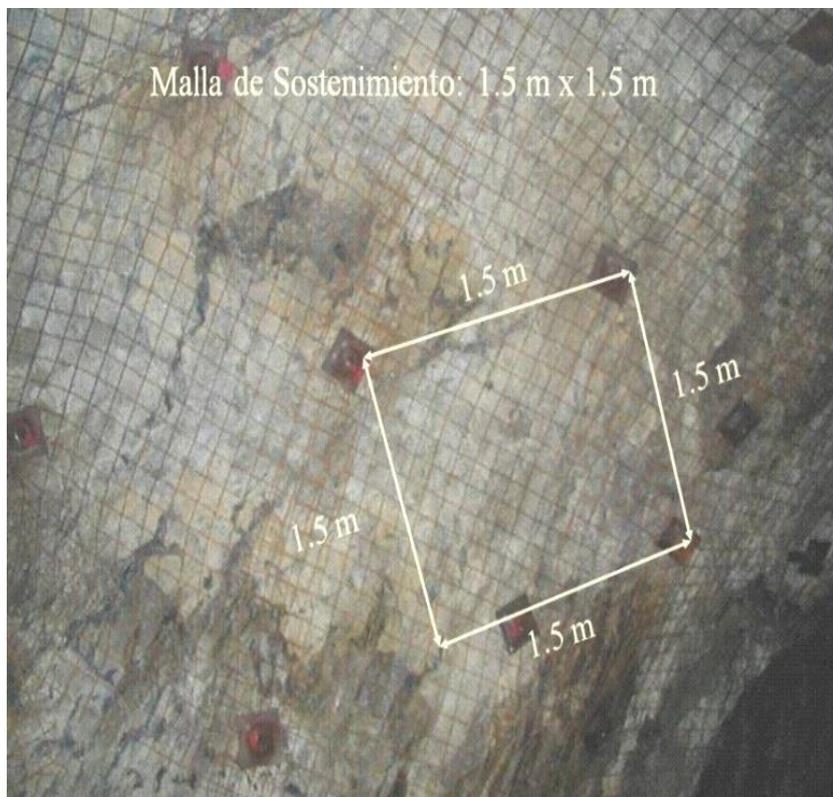
2. Material de sostenimiento split set de 7 pies nivel 230



3. Pernos y varillas cementadas nivel 280



4. *Malla metálica nivel 180*



5 Cimbras metálicas rp 180



6. Equipo alpha 2 succiona la mezcla



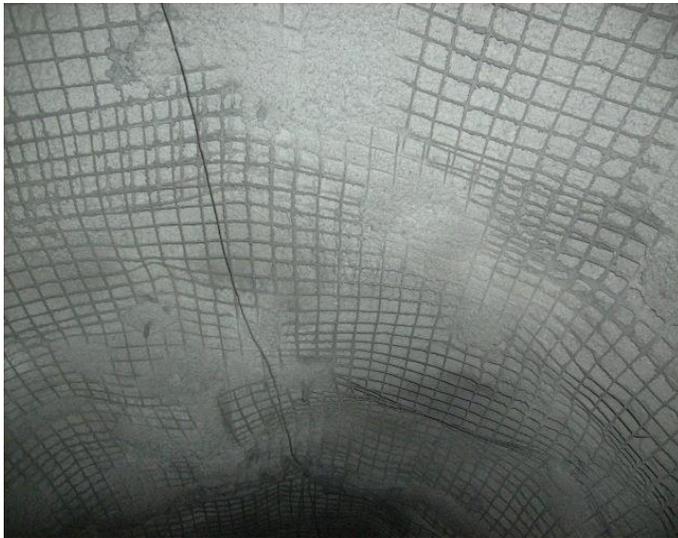
6.1 Equipo alpha 2 succiona la mezcla



7. Equipo empernador y mezclador ds421



8. Shocret y enmallado con equipo mecanizado



9. Equipo de lanzado de shotcrete putzmeister 4210 nivel 435



