



FACULTAD DE INGENIERIA Y NEGOCIOS
ESCUELA DE MINAS
INGENIERIA EN MINAS

PROYECTO DE TITULO PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO DE MINAS

Optimización de la Fortificación en Mina Trinidad de Lebu

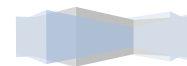
FELIPE ANTONIO MUÑOZ MATAMALA

PROFESOR GUIA

ALEJANDRO RAMIREZ GONZALES

MARZO 2017

CONCEPCIÓN



AGRADECIMIENTOS

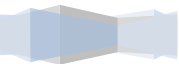
Quiero agradecer profundamente a mi madre por su apoyo, paciencia y preocupación durante este proceso.

(Q.E.P.D)

Al el profesor Vicente Rivas por su disposición a conseguir un lugar físico para ejecutar dicha tesis.

Al profesor guía Alejandro Ramírez por su orientación y colaboración en cada momento que fue necesario.

Por ultimo a todas las personas que me dieron aliento cuando este proceso se hacía lejano y poco visible.



RESUMEN

La minería chilena se ha mostrado como el eje impulsor del desarrollo económico del país.

No obstante, el sector se ha desarrollado principalmente en el mercado del cobre, obviando por su magnitud y otras riquezas minerales existentes, así como alguna vez lo fue el carbón.

Dicha industria forma parte de nuestra identidad como nación, y ha sido y sigue siendo clave para el desarrollo del país. Su importancia ha sido evidente durante nuestra historia, es innegable su aporte presente y futuro por ser una industria de largo plazo.

La seguridad industrial como la seguridad minera remite a todas las disposiciones que se toman con la finalidad de lograr un ambiente que esté libre de accidentes en lo que refiere aún establecimiento de índole industrial.

Uno de los trabajos auxiliares más importantes y peligrosos dentro de la minería subterránea es la fortificación y es allá donde apunta nuestro estudio.

La fortificación en las minas es usada con el fin de dar sostenimiento a las excavaciones, garantizar las dimensiones de la labor y por último asegurar la integridad física de quienes trabajen en la misma.

Conforme a las últimas estadísticas de operación y gestión minera que se tienen hoy, un 13% de los accidentes ocurridos en el año 2011 se produjo por condiciones peligrosas de falta o fortificación inadecuada.



ABSTRACT

Chilean mining has been shown as the drive shaft of economic development.

However, the sector has developed mainly in the copper market, obviating its magnitude and other existing mineral wealth as well as it ever was coal.

The industry is part of our identity as a nation and has been and remains key to the country's development. Its importance was evident during our history, it is undeniable its present and future contribution to be a long-term industry.

Industrial safety and mining safety refers to all arrangements made with the purpose of get an environment that is free from accidents which still refers establishment of an industrial nature.

One of the most important and dangerous auxiliary works in underground mining is the fortification and that's where our study points.

Fortification in mines is used in order to give support to the excavations, to guarentee the dimensions of the work and finally ensure the physical integrity of those who work in it.

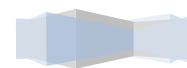
According to the latest statistics mining operation and management that have today, 13% of accidents in 2011 was produced by dangerous fault conditions or inadequate fortification.



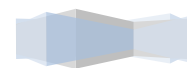
INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
CAPITULO I.....	8
1. INTRODUCCION.....	8
2. GENERALIDADES.....	9
2.1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	9
2.2. OBJETIVOS GENERALES.....	9
2.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
2.4. LOCALIZACION.....	10
2.5. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	12
CAPITULO II	13
3. MARCO TEORICO.....	13
3.1. HISTORIA MINERA CARBONIFERA EN CHILE.....	13
3.2. LA HISTORIA DEL CARBON.....	15
3.3. HISTORIA DEL CARBON EN LEBU.....	17
3.4. GEOLOGÍA DEL SECTOR	18
4. FORTIFICACION EN MINAS SUBTERRANEAS.....	19
4.1. TIPOS DE FORTIFICACION SUBTERRANEAS	20
5. DERRUMBES	24
5.1. CAUSAS	24
5.2. CAUSAS GEOLOGICAS, ROCA O SUELOS	25
5.3. CAUSAS MORFOLOGICAS.....	25
5.4. CAUSAS HUMANAS	26
6. MARCO LEGAL ACTUAL DEL CARBON EN CHILE.....	26
6.1. ARTICULO 287.....	27

6.2.	ARTICULO 288.....	27
6.3.	ARTICULO 289.....	27
6.4.	ARTICULO 290.....	27
6.5.	ARTICULO 291.....	28
7.	NUEVO TITULO XV PARA PEQUEÑA MINERIA.....	28
7.1.	GENERAL.....	29
7.2.	OBSERBACIONES DE TERRENO.....	29
7.3.	CRITIEROS DE FORTIFICACION.....	30
7.4.	FORTIFICACION CON MADERA.....	30
7.5.	MARCOS DE MADERA.....	31
8.	IMPORTACIA DE LA FORTIFICACION.....	33
CAPITULO III.....		34
9.	HERRAMINETAS A UTILIZAR.....	34
9.1.	RQD.....	34
9.2.	ESTIMACIÓN RQD.....	36
9.3.	GPS.....	37
CAPITULO IV.....		38
10.	APLICACION.....	38
10.1.	METODOLOGIA.....	38
10.2.	LEVANTAMIENTO DE GALERIAS.....	39
10.3.	ZONA DE ROCA DEFICIENTE EN MINA TRINIDAD.....	40
10.4.	ESTIMACION RQD GALERIA ACCESO NIVEL III.....	41
10.5.	LOCALIZACIÓN.....	43
CAPITULO V.....		44
11.	ANALISIS TECNICO - ECONOMICO.....	44
11.1.	CARBÓN.....	44
11.2.	MANO DE OBRA.....	44
	SUELDOS.....	45
11.3.	FORTIFICACIÓN.....	45
12.	INSTALACIÓN DE FORTIFICACIÓN.....	47



12.1.	COSTOS DE INSTALACIÓN DE FORTIFICACIÓN.....	47
12.2.	GALERIA DE DESARROLLO	48
12.3.	FRENTE DE PRODUCCIÓN.....	49
Capítulo VI.....		51
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
13.1.	DERRUMBES EN TRINIDAD.....	51
13.2.	FORTIFICACIÓN ACTUAL EN TRINIDAD	52
13.3.	PROPUESTA DE FORTIFICACIÓN	52
13.4.	FLUJO DE CAJA PARA GLERIA DE 20 METROS	54
13.5.	FLUJO DE CAJA PARA GLERIA DE 14 METROS	55
Capitulo VII.....		56
14.	ANEXO Y REFERENCIAS.....	56
14.1.	TERMINOLOGIA	56
15.	BIBLIOGRAFIA.....	58



CAPITULO I

1. INTRODUCCION

La fortificación de minas subterráneas consiste básicamente en recubrir o reforzar el entorno de una labor subterránea mediante algún elemento sustento, tales como marcos, mallas, pernos, shotcrete, o alguna combinación de estos.

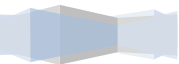
La fortificación en labores mineras, es un actividad que constituye una importante contribución a la seguridad de labores subterráneas, por lo tanto, los encargados de esta importante actividad auxiliar, tienen una gran responsabilidad y deben estar seguros de que la ejecución de esta, se encuentre bien realizada.

Los distintos tipos de fortificación no tan solo aseguran vidas, si no también activos que son elementales para la preparación de avances y producción.

El mercado cuenta con diversos productos y elementos para la fortificación de túneles. En el caso nuestro el material a utilizar será la madera (Eucalipto), principalmente por su economía, abundancia en la zona y características mecánicas.

Para el desarrollo del proyecto, analizaremos la fortificación actual perteneciente a Mina Trinidad y propondremos la fortificación futura, en el caso de que la actual estuviese mal ejecutada, teniendo en cuenta que en los pirquenes (como lo es Trinidad) la fortificación se ejecuta a través de la experiencia del personal y nula asesoría técnica.

Para concretar dicha propuesta aplicaremos conocimientos Geomecánicos, específicamente la caracterización de rocas RQD (Rock Quality Designation), para



así tomar una decisión coherente frente al tipo y frecuencia con la que se debe fortificar las galerías a desarrollar al interior de la Mina.

2. GENERALIDADES

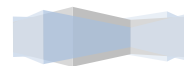
2.1. DEFINICION DEL PROBLEMA

Frente a las observaciones obtenidas en terrenos de Mina Trinidad, se obtuvo las siguientes conclusiones respecto a la fortificación de galerías:

- ❖ No hay estudio previo de roca.
- ❖ La fortificación se ejecuta en base a la experiencia.
- ❖ No hay monitoreo frecuentes de la calidad roca y su desplazamiento.
- ❖ Fortificación deficiente en galerías de larga vida.
- ❖ Fortificación excesiva en galerías de corta vida.
- ❖ Exposición riesgosa del personal y equipos.

2.2. OBJETIVOS GENERALES

El objetivo del proyecto consiste en realizar una caracterización al interior de la mina, en los lugares más débiles del macizo rocoso, con la intención de definir la correcta frecuencia de marcos de madera en su fortificación.



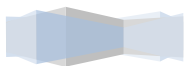
2.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

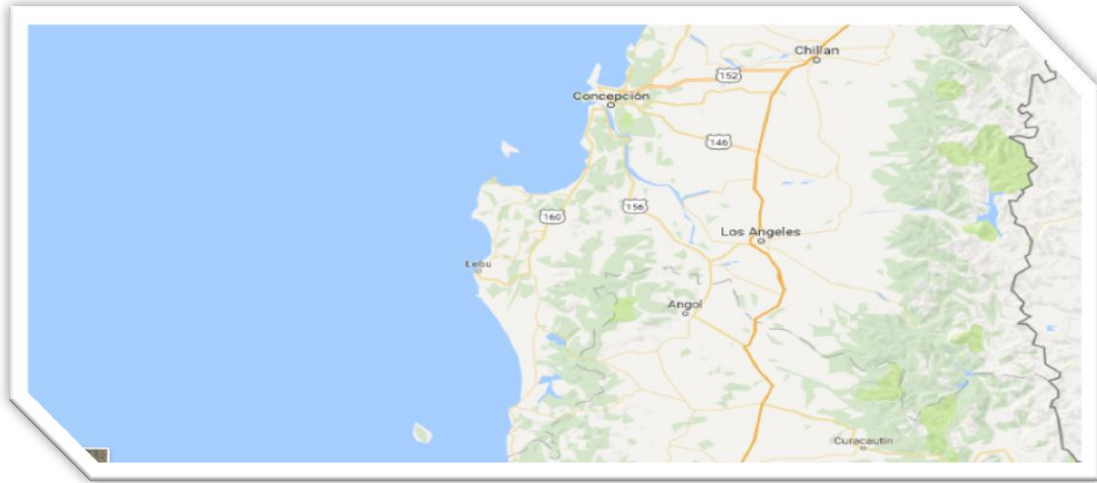
- ❖ Delimitar el macizo
- ❖ Hacer un levantamiento de túneles.
- ❖ Aplicar estimación de RQD en distintos túneles y niveles.
- ❖ Generar una hipótesis frente a los resultados de análisis.
- ❖ Brindar un ambiente seguro de trabajo.

2.4. LOCALIZACION

Geográficamente el proyecto se llevará a cabo en la región del Bio Bio, provincia de Arauco, específicamente en Lebu.

Su acceso principal es la carretera 160 que se encuentra a su costado en el kilómetro 10 de la localidad ya mencionada. (Ver figura 1 y 2).

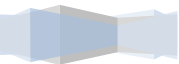




(Figura 1) Localización en 2D



(Figura 2) Acceso a la mina, ruta 160.



2.5. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Razón Social

Minera Lebu Sur

Rut

76.040.347-4

Giro de la Empresa

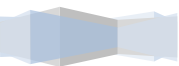
Extracción del carbón

Categoría

Extracción Aglomeración de Carbón.

Numero Trabajadores

98 trabajadores.



CAPITULO II

3. MARCO TEORICO

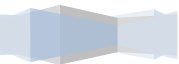
3.1. HISTORIA MINERA CARBONIFERA EN CHILE

Los yacimientos de carbón en nuestro país se localizan en tres áreas fundamentales, emplazadas en las provincias de Concepción, Arauco, Valdivia y Magallanes.

La minería del carbón constituye el prototipo de la actividad minera orientada al mercado interno. Su explotación se remonta a la época colonial, pero su uso masivo se asocia a la introducción de la máquina a vapor en nuestro país y, especialmente, al desarrollo del ferrocarril, aunque también juega un rol importante en el desarrollo minero del Norte Chico antes de la guerra del Pacífico y del Norte Grande luego de que éste es incorporado al territorio nacional. En este último caso se emplea tanto en la industria salitrera como cuprera, particularmente en los procesos de fundición y refinamiento.

A comienzos del siglo XX, la producción nacional de carbón alcanza como promedio las 800.000 toneladas anuales (periodo 1901-1910). Entre estos años y la década del cincuenta, la producción prácticamente se duplica, llegando a 2.100.000 toneladas en 1961, para luego experimentar un descenso gradual. El promedio para el decenio 1971-1980 es de 1.000.000 de toneladas, viviendo una pequeña reactivación entre 1983 y 1986, años en que la producción aumenta de 1.077.831 toneladas a 1.333.743 toneladas.

Desde épocas remotas, la actividad carbonera se caracterizó por ser relativamente intensiva en mano de obra, por lo menos respecto a otras actividades mineras.



En el caso chileno, esta situación se manifiesta en la creación de importantes ciudades en torno al carbón. La de mayor tradición corresponde a Lota, en la VIII región, cuya situación como centro carbonífero comienza a consolidarse a partir de mediados del siglo pasado (1852), cuando Matías Cousiño inicia la explotación en gran escala del yacimiento homónimo.

En 1953, el empresario Federico Schwager forma la compañía carbonera y fundición que lleva su nombre. Así, a comienzos del siglo XX, la producción de carbón se concentraba en Coronel (44,1 %) y Lota (32,6%), además de Curanilahue y Lebu (13,7% y 5,6%, respectivamente).

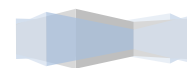
El impacto del carbón en los centros poblados se observa con claridad al revisar la evolución poblacional de los principales centros mineros de la VIII región.

Apenas a diez años de iniciada la explotación carbonífera en los yacimientos de Lota y sus alrededores, la población de Coronel y Lota registraban 2.132 y 3.636 habitantes, respectivamente. Arauco y Lebu, por su parte, registraron diez años después 1.181 y 5.783 habitantes, respectivamente.

En lo referente a los poblados de Schwager y Curanilahue, éstos presentan un desarrollo más tardío, al punto que en 1895 sus poblaciones ascendían a 3.956 y 400 habitantes, respectivamente.

Los incrementos demográficos más importantes suceden en el siglo XX. En 1920, Lota tiene 19.650 habitantes; Schwager, 4.952, y Lebu, 4.107. En 1960, Lota registra una población de 48.693 habitantes, cifra que significa duplicar la población de 1920. Por otra parte, las poblaciones de Coronel, Schwager, Curanilahue ascienden en 1960 a 33.870, 13.072 y 12.117 habitantes, respectivamente.

El auge de 1982 muestra que Schwager y Lota experimentan un decrecimiento poblacional, reflejando de alguna forma la crisis que se arrastra desde la década del sesenta. En efecto, las únicas ciudades carboníferas de la VIII región que



muestran un aumento poblacional son Coronel y Curanilahue, con 65.918 y 24.203 habitantes cada una.

Así, tal como sucede en la gran mayoría de las actividades mineras, la minería del carbón se encuentra afectada por importantes fluctuaciones, hecho que se refleja en la evolución de los centros poblados asociados a dicha actividad.

3.2. LA HISTORIA DEL CARBON

Lota en mapuche significa pequeño caserío insignificante. En diciembre de 1551 el capitán español Pedro de Valdivia atraviesa Lota con 50 jinetes, siendo su último viaje pues lo esperaba la muerte en un pueblo llamado Tucapel.

En 1662 se denominó Santa María de Guadalupe, hoy conocida con el nombre genérico de Lota, la que después de dos siglos, y con el esfuerzo de los propios hijos de esa ruda y rica tierra, se convertiría en la industria básica más poderosa del país.

El año 1852 marcó el nacimiento de la industria extractiva de carbón más importante del país con la formación de la compañía Cousiño- Garland, organizada e impulsada por don Matías Cousiño.

Fue entre 1905 a 1926, cuando se llamaba compañía minera de Lota y Coronel, que los mineros comenzaban a organizarse en Sociedades de Socorros Mutuos. La mayoría de los mineros venía de los campos a trabajar en la mina, la empresa les entregaba vivienda de emergencia en Pabellones y se les cancelaba con fichas, las que servían para pagar su consumo diario, y esto lo canjeaban o compraban en la pulpería almacén que dependía de la empresa.

En 1926, se forma el primer sindicato de los mineros, el que después se llamó Sindicato de Trabajadores N° 6. Desde esa fecha comenzó la larga y dura lucha



del sindicalismo por conquistar mejores condiciones de vida. Comenzaron a surgir duras y largas huelgas en la lucha reivindicativa.

En 1947, el presidente de aquel entonces, Gabriel González Videla, comenzó una dura represión y relegación de los mineros del carbón.

En 1960, los mineros debieron soportar una larga huelga de 96 días. El Presidente de aquella época era Jorge Alessandri. Se estaba en plena huelga cuando vino un fuerte terremoto y los mineros debieron conformarse y volvieron a trabajar, pero esto no los amilanó y la lucha sindical continuaría para conseguir nuevas conquistas laborales.

En 1964, se transforma, producto de una fusión de las Compañías Carbonífera y Fundición de Schwager, en Carbonífera Lota- Schwager.

El 31 de diciembre de 1970, durante el gobierno de Salvador Allende, se estatizaron las empresas carboníferas de la región: Lota, Curanilahue, Trongol, Lebu y Schwager. Las empresas carboníferas pasaban por una grave crisis económica por lo que se las transformó en empresas del área social, quedando un trabajador como gerente general.

Entre los años 1975 y 1976, bajo el gobierno militar de Augusto Pinochet, mediante decreto de ley N° 931, el 17 de marzo 1975 se convirtió en la Empresa Nacional del Carbón, "Enacar S. A."

Bajo una nueva concepción económica, se estudia el cierre de la industria del carbón ya que éstas producían grandes pérdidas para el país.

En 1990, el gobierno de Patricio Aylwin realizó una serie de estudios para verificar la realidad de Enacar y su perspectiva de futuro. El estudio dio como resultado un déficit operacional que, de no ser revertido, obligaría a cerrar la empresa.

En 1993 surge la primera ley de Reconversión, llamada ley del carbón 19.129. Más de 4.000 trabajadores abandonaron las minas, acogiéndose a varios planes



de retiros voluntarios, Indemnizaciones por años de servicios superiores, pensiones o jubilaciones, con un muy alto costo para el erario.

Estos mecanismos apuntaban a la readecuación de la Industria Carbonífera, entregando un Subsidio a las Empresas, y por otro lado contemplaban la construcción de nuevas empresas para reubicar a los mineros.

Esta reconversión laboral no dio resultados ya que los trabajadores no se acostumbraron a sus nuevos oficios, optando por renunciar al proceso. Al final, vendieron las herramientas que les habían entregado para sus nuevos trabajos.

Después del fracaso de esta Ley, y tras largas conversaciones entre los sindicatos y el gobierno se intentaron varias readecuaciones organizacionales, pero todas fracasaron.

Al poco tiempo, bajo la presidencia de Eduardo Frei Ruiz-Tagle, la minería del carbón en Lota cerró, transformando la ciudad en un continuo visitar de turistas con el fin de apreciar un pasado glorioso y esplendoroso.

3.3. HISTORIA DEL CARBON EN LEBU

El origen de la industria carbonífera en Lebu se remonta a mediados del siglo diecinueve.

Entre los pioneros de esta actividad se pueden mencionar a Matías Rioseco y al médico escocés Juan Mckay.

Posteriormente, surgen en escena Maximiano Errázuriz y su suegro José Tomás Urmeneta quienes vieron en Lebu la oportunidad de satisfacer las demandas energéticas necesarias para su fundición de Cobre en la Bahía de Guayacán, actual Coquimbo.



En el siglo XX, y durante la década del cuarenta, el estado interviene en la producción industrial del carbón participando de la creación de la Compañía Carbonífera Victoria de Lebu. Actualmente en Lebu funciona una compañía denominada Carvile S. A. (descendiente de la Compañía Carbonífera de Lebu) y cuyas faenas extractiva se desarrollan en el chiflón "La Fortuna", además la mina extractora de carbón chiflón de la costa y la mina trinidad.

3.4. GEOLOGÍA DEL SECTOR

El carbón se forma en su mayor parte de restos de plantas y fósiles, debido a que se han encontrado innumerables impresiones de troncos y hojas en todas partes, tanto en el carbón como en la roca caja.

El proceso por el cual el carbón se convierte en roca está compuesto por dos etapas: la diagénesis, donde los restos orgánicos se descomponen, y el metamorfismo, procedimiento mediante el cual los sedimentos sueltos se consolidan gracias a las diferentes presiones y altas temperaturas.

Los mantos carboníferos se caracterizan por ser estructuras mineralizadas que en la zona del Golfo de Arauco tiene una marca inclinación Este – Oeste los que pueden tener diferentes espesores: desde milímetros, no explotables por su escasa rentabilidad, hasta espesores de 1.50 o más dependiendo el horizonte analizado. Estas capas pueden ubicarse a diferentes profundidades y estar intercaladas por diversas capas de rocas sedimentarias

La mina trinidad se encuentra ubicada en la cuenca de Arauco, donde se muestra las distintas formaciones geológicas, especialmente Formación Trihueco y Formación Millongue.

En la Mina Trinidad los mantos tienen una inclinación Este – Oeste, con una profundidad que puede llegar a 200metros bajo el nivel del mar, además suele

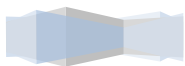
tener muchas fallas que los desplazan a diferentes alturas y los mezclan, perjudicando así la continuidad del manto, y por ende, su explotación. Estas capas pueden ubicarse a diferentes profundidades y estar intercaladas por diversas capas de rocas sedimentarias.

Hay que tener en cuenta que la composición del carbón no es solo carbono, su valor final dependen de la presencia de azufre, material volátil, metano y otros.

4. FORTIFICACION EN MINAS SUBTERRANEAS

Con el objetivo de proteger a los trabajadores y evitar derrumbes en faenas subterráneas, la industria ha implementado en la construcción de túneles el proceso de fortificación, que básicamente consiste en recubrir o reforzar el entorno de una labor subterránea, mediante algún elemento de sustento, tales como marcos, mallas, pernos, shotcrete, o una combinación de estos elementos. Expertos del rubro coinciden que es una actividad que constituye una importante contribución a la seguridad en labores subterráneas, por lo tanto, su ejecución debe ser cuidadosa y realizada responsablemente. El éxito del sistema y la seguridad de los trabajadores, depende de que el trabajo de fortificación esté bien hecho.

De acuerdo a la Guía Metodológica para Sistemas de Fortificación y Acuñaadura del Servicio Nacional de Geología y Minería, Sernageomin, existen dos tipos de fortificaciones. En primer lugar están las rígidas que corresponden a las que sostienen sin permitir ningún movimiento de la roca y deben ser resistentes para sujetar los bloques que puedan caerse. En la actualidad, solo se usan en las bocas de las minas o sectores donde, por razones tectónicas, de mala calidad de la roca o explotaciones hundidas antiguas, se ha perdido totalmente las



propiedades resistentes de la roca”, se explica en la guía. Los sistemas más usados para estas fortificaciones son los marcos de madera o acero. El segundo tipo de fortificación, son las flexibles, que permiten deformaciones de la roca con lo que según se indica en el documento- se alivian los esfuerzos y al deformarse mejoran sus propiedades resistentes.

Por lo general, este proceso se realiza en galerías, chimeneas, preparación y hundimiento, caserones (temporal), zanjas (temporal), lugares de acopio de mineral o materiales, entre otros. Un sistema de soporte que incluye una combinación de elementos, en el cual, cada uno de ellos provee una o más de las funciones descritas anteriormente.

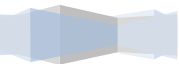
4.1. TIPOS DE FORTIFICACION SUBTERRANEAS

Pernos

Se usan diferentes tipos de pernos de anclaje. La diferencia solo radica en su diseño que corresponde a variedades del mismo concepto. Sin embargo, es posible clasificarlos en pernos anclados mecánicamente, pernos anclados con resina o cemento y pernos anclados por fricción.

Los pernos anclados mecánicamente (de anclaje con cabeza de expansión) son los más comunes de este tipo de anclaje mecánico. Es usado tanto en las labores mineras como en las de ingeniería civil.

Con muy pocas excepciones, estos pernos se usan en rocas medianamente duras; sin embargo, no es recomendable emplearlos en rocas muy duras, pues la cabeza de expansión puede que no penetre adecuadamente en las paredes de la perforación y con el tiempo resbala. En lugares donde la labor permanecerá por muchos años se puede rellenar con cemento. Los pernos de anclaje constan de

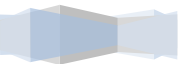


las siguientes partes: cabeza de expansión, plancha metálica (4' x 4' y 1/4" de espesor) y tuerca del perno.

Por otro lado, existen los pernos anclados con resina o cemento. El tipo más común en esta categoría es el perno de barra de hierro o acero tratado, que utiliza la resina o el cemento como un adherente, es por eso, que se debe asegurar la adherencia necesaria para solidarizar la barra al terreno. La resina resulta conveniente para ser usada en pernos sometidos a altas tensiones desde momentos tempranos y se prestan para pretensado, lo cual no descarta su uso en pernos sin tensión previa.

También están los pernos anclados por fricción, los cuales son los más recientes en la técnica del anclado. Existen dos tipos: Split set y Swellex. Para ambos sistemas, la resistencia a la fricción para el deslizamiento entre la roca y el acero, sumado a la acción mecánica de bloqueo, es generada por la fuerza axial entre la superficie del barreno y el perno. En instalaciones transitorias la presencia de humedad no es inconveniente, pero debe descartarse para uso permanente bajo estas condiciones. Aunque los dos sistemas están descritos bajo un mismo denominador, estrictamente hablando solo el Split set es de fricción. En caso del Swellex, combina la fuerza de fricción sumada al mecanismo de expansión del perno al interior del barreno que habitualmente tiene paredes irregulares. Esta situación genera una acción de bloqueo que permite obtener alta resistencia a la tracción.

Existen también los pernos autoperforantes, que son utilizados principalmente en macizos rocosos de mala calidad, se instalan en forma mecanizada con Jumbos de perforación. Se emplean en suelos y macizos rocosos, donde las condiciones del terreno hacen que las paredes de la perforación colapsen, impidiendo la normal instalación de cualquier soporte estándar. Este tipo de perno, consiste en una barra roscada en sentido izquierdo en toda su longitud, estas barras constan de una perforación central la cual sirve para el paso de aire o agua de barrido de



la perforación, y también para la inyección de la lechada que puede ser desde el principio de la perforación o al final de ésta. Para la prolongación del perno, se utiliza una copla y para la perforación e instalación de este, se utilizan bits de diferentes tipos dependiendo del suelo o roca.

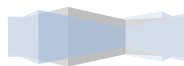
Mallas

En este tipo de productos están las mallas de acero para fortificación de túneles, las que son fabricadas por alambre de acero especial de alta resistencia, en diferentes grosores, que permitirían manejar una mayor distancia entre los anclajes. Su uso es especialmente indicado en zonas comprometidas por estallidos de rocas o donde el macizo rocoso está muy alterado y, por lo tanto, muy fragmentado. El alambre está protegido contra la corrosión por una aleación especial cuatro veces superior al galvanizado habitual, lo que lo hace útil en ambientes mineros. En la construcción minera subterránea habitualmente se utilizan las mallas mineras electrosoldadas y las tejidas.

Las mallas soldadas se caracterizan por tener medidas y pesos conocidos, tienen uniones más sólidas y terminaciones de alta calidad, al tener uniones soldadas que no se “corren”, las secciones de acero se mantienen sin variación y por tratarse de elementos prefabricados, las mallas soldadas son fáciles y rápidas de instalar, ahorrando tiempo y dinero.

Las mallas tejidas de alambre galvanizado nacen como alternativa resistente, práctica y de fácil instalación y se utiliza en combinación con el perno helicoidal”. Asimismo, actúan como soporte pasivo en los sistemas de fortificación, cubriendo las superficies rocosas expuestas conteniendo posibles desprendimientos.

En el mercado existe la malla modelo Minax M85/2,7 (resistencia a la tracción $\geq 1.770 \text{ N/mm}^2$) que reemplazaría las mallas comúnmente ocupadas en fortificación. En resumen, con menor cantidad de alambre se sostiene la misma carga con un “alto impacto al final del proceso”. Son instaladas con el dispositivo MESHA.



Asimismo, se encuentra la malla Deltax G80/3 recubierta con zinc/aluminio, la que podría reemplazar el uso de shotcrete en algunos sectores con solicitaciones que estén de acuerdo a su resistencia.

Por último, está la malla Tecco G80/4 probada para cargas dinámicas (como estallido de rocas), alambre de 4mm de diámetro y recubierta con zinc/aluminio. Esta malla está diseñada para reemplazar el shotcrete en sectores de mayor sollicitación o como refuerzo para sectores sometidos a cargas dinámicas.

Shotcrete

El hormigón proyectado o shotcrete es un material transportado a través de una manguera, que se lanza neumáticamente, a alta velocidad, contra una superficie. La fuerza con que el hormigón o mortero llega a la superficie, hace que la mezcla se compacte logrando que esta se sostenga a sí misma, sin escurrir, incluso en aplicaciones verticales y sobre la cabeza. Este sistema, relativamente nuevo y que ha tenido en los últimos años un gran desarrollo, solo o combinado con otros métodos activos de sostenimiento, daría mayor rapidez, seguridad y menor costo a la faena.

La teoría del sostenimiento por shotcrete se basa en que todo macizo rocoso tiene una tensión interna estable la que se ve alterada cuando, por efecto de la construcción del túnel, se efectúa una perforación en él. Si la roca está muy averiada por efectos de fallas, meteorización y/o el disparo, la fricción de las partes quebradas no será suficiente para detener el movimiento de los fragmentos; es decir, este punto de la excavación es ahora inestable y trata de desplazarse en dirección de la menor fuerza, o sea, hacia adentro del túnel. Asimismo, investigaciones han demostrado que si las rocas quebradas alrededor del túnel están ligadas entre sí y se soportan unas a otras, la estabilidad se recupera, logrando que la roca se autosoporte.



5. DERRUMBES

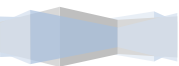
Un derrumbe es un fenómeno natural donde la tierra se mueve, se cae o se desplaza porque ha perdido su estabilidad en lugares montañosos. Básicamente, es el movimiento descendente de suelo, rocas y materiales orgánicos bajo el efecto de la gravedad. Cuando una masa de tierra, roca y escombros se desprende y baja por la pendiente (inclinación natural del suelo) o talud hasta encontrar un sitio plano. La tierra puede caer de forma rápida o lenta. Si el movimiento es rápido, puede provocar daños a las propiedades y muertes. Si el movimiento es lento, la parte superior del terreno va cediendo con el tiempo, y es posible tomar medidas para prever daños.

Los derrumbes se producen de modo natural. La acumulación de agua en el terreno convierte la capa superficial del suelo en un río de lodo o barro provocando el deslizamiento desde un punto de origen, aumentando de tamaño a medida que arrastra plantas, árboles y escombros en su camino.

Los derrumbes generalmente se repiten en lugares donde ya han ocurrido previamente. Los geólogos estudian las características de un terreno, y pueden determinar el potencial de derrumbes de una zona, de acuerdo al tipo de suelo y rocas, y recomendar acciones que prevea el daño que pudiera ocasionar un derrumbe.

5.1. CAUSAS

Los derrumbes ocurren por gravedad, en lugares montañosos con pendientes fuertes o barrancos, cuando a la pendiente le es imposible retener el material de tierra. Incluso hay lugares con pendientes de pocos grados (1° - 2°) que han tenido derrumbes.



Los derrumbes no solo ocurren sobre tierra, sino que pueden ocurrir debajo del mar. El material de tierra puede caer, volcarse, deslizarse, regarse o fluir, y por eso depende del tipo de derrumbe, rocas, suelos y vegetación. Los detonantes principales y naturales de los derrumbes son las lluvias prolongadas e intensas, los temblores de la tierra y los volcanes. Las actividades de los seres humanos complican la situación de derrumbes, como ejemplos: cuando ha ocurrido tala de árboles, cuando hay construcciones de casas en terrenos con problemas geográficos y no autorizados, cuando hay ríos que no han sido canalizados, o donde hayan filtraciones de agua por pozos sépticos.

A continuación te presentamos una lista completa sobre las razones más comunes por las que ocurren deslizamientos.

5.2. CAUSAS GEOLOGICAS, ROCA O SUELOS

- Materiales débiles, inestables o sensibles
- Materiales afectados por el clima del área
- Orientación de grietas
- Contraste de la permeabilidad y/o rigidez de los materiales-grado de licuefacción

5.3. CAUSAS MORFOLOGICAS

- Movimiento tectónico o volcánico
- Erosión de un glaciar
- Erosión subterránea



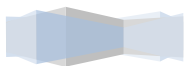
- Cambios en la pendiente de carga o cresta de montaña
- Eliminación de la vegetación (por fuegos forestales o sequía)
- Desgaste del terreno por congelación y descongelación

5.4. CAUSAS HUMANAS

- Excavación de la pendiente/ladera
- Deforestación
- Riego
- Minería
- Vibración artificial
- Fuga de agua de la residencia o filtraciones en el terreno por pozos sépticos

6. MARCO LEGAL ACTUAL DEL CARBON EN CHILE

Actualmente el código de minera, en su reglamento de seguridad minero, “*El Decreto Supremo N° 132*”, Título cuarto, capítulo cuarto, entre sus artículos 287 y 291 nos establecen las siguientes primas respecto a la fortificación en la explotación minera del carbón.



6.1. ARTICULO 287

En los frentes de explotación se debe arrancar el carbón en la forma más completa posible, especialmente en las partes poco estables y en las capas muy inclinadas, con el objetivo de evitar la combustión espontánea de éste en etapas posteriores de la explotación. Con este mismo propósito debe evitarse la práctica de dejar pilares o macizos de carbón sin extraer.

6.2. ARTICULO 288

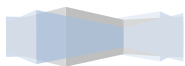
En el método de explotación por cámaras y pilares con recuperación de los pilares, el arranque de éstos debe emprenderse lo más rápidamente posible después de terminado el ciclo de trabajo.

6.3. ARTICULO 289

La operación de recuperación de fortificación de la última calle, debe realizarse de acuerdo a un reglamento aprobado por la Administración.

6.4. ARTICULO 290

Se deberá someter a la aprobación del Servicio, la reglamentación referente al empleo de fortificación en frentes de arranques, en el que se detallarán como mínimo:



- ❖ Tipo de fortificación a utilizar
- ❖ Distribución geométrica e intervalos de distribución
- ❖ Pautas operativas y de mantención de equipos
- ❖ Normas de recuperación de los elemento
- ❖ Sistema de empaquetado de las “ciegas”
- ❖ Uso de encastillado de patente o empaquetados. El Servicio tendrá un plazo de treinta (30) días para responder la solicitud, desde la fecha de presentación de ella en la Oficina de Parte.

6.5. ARTICULO 291

Los sistemas de fortificación de subtechos, de maestras principales y retorno de ventilación de “frentes” de arranque, deberán ser reglamentados por la Administración. El sistema de fortificación de fallas geológicas en frentes de arranque debe ser objeto de una norma especial aprobada por la Administración.

7. NUEVO TITULO XV PARA PEQUEÑA MINERIA

Mediante Decreto Supremo N° 34 del Ministerio de Minería, se modificó el Reglamento de Seguridad Minera, incorporando un nuevo Título que aplica sobre las “*Normas de seguridad minera*” que indica la modificación de este documento para faenas mineras cuya extracción subterránea o a rajo abierto y/o tratamiento de minerales, sea igual o inferior a 5.000 toneladas por mes estableciendo medidas en seguridad acordes con la realidad propia de dichas faenas.



7.1. GENERAL

Se prohíbe trabajar o acceder a cualquier lugar de la mina que no esté debidamente fortificado.

Solamente podrán quedar sin fortificación los sectores en los cuales su comportamiento sea conocido en cuanto a su condición de autosoporte, previa recomendación de un especialista, para estos efectos, se entiende por especialista al profesional descrito en el artículo N° 33 del Reglamento de Seguridad Minera.

7.2. OBSERBACIONES DE TERRENO

Con el propósito de identificar sectores que requieran fortificación, existen diferentes maneras de detectar aumentos de presión en las labores, tales como:

- El desplazamiento de cuñas, fracturas, fallas y quiebres que se encuentran en el terreno.
- El desvío de pisos o cajas de las galerías, así como el tapado o la forma ovalada que toman perforaciones normales.
- La deformación o quiebre de pernos y maderas, el pandeamiento de mallas que tienen roca suelta que está sobre ella, ruidos extraños, fuertes o repetitivos, o el goteo del cerro.



7.3. CRITERIOS DE FORTIFICACION

La fortificación debe diseñarse de manera racional y específica para cada caso en particular. En faenas mineras de corta vida, la fortificación si es necesaria, será tan sencilla como sea posible; no obstante, debe asegurar la estabilidad de la labor. En faenas de mayor duración, la tendencia es diseñar fortificaciones de carácter más permanente y fuerte.

7.4. FORTIFICACION CON MADERA

Es la fortificación más usada a nivel de pequeña minería, debido a su menor costo y facilidad de manejo y colocación.

Para elegir correctamente la madera a usar, deben considerarse dos factores fundamentales:

Las condiciones ambientales en la que se utilizará, que puede ser desde húmedo hasta seco, y que influye en la variación de peso, propiedades mecánicas y durabilidad.

Las demandas a las que puede estar sometida, pudiendo ser del tipo compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, o bien pandeo, tracción, flexión y esfuerzo de corte.





7.5. MARCOS DE MADERA

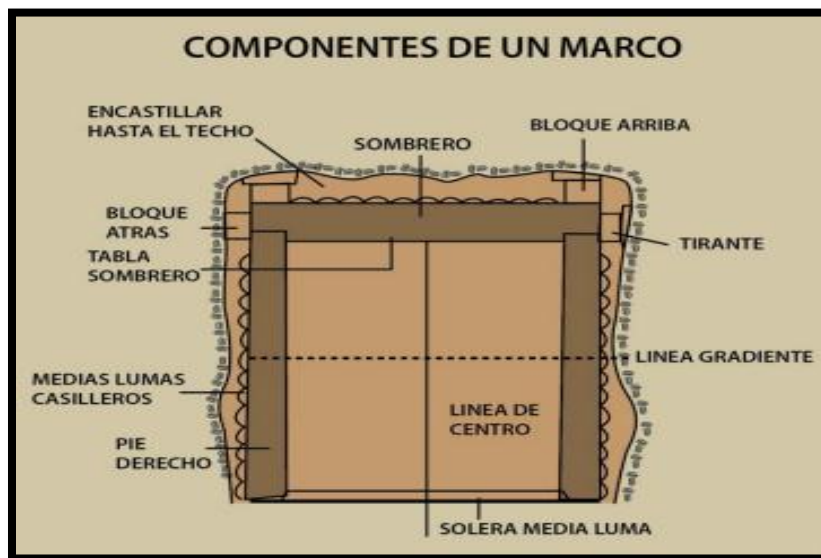
Los marcos de madera son la forma más representativa de “enmaderación”, los que están compuestos por tres piezas fundamentales llamadas: sombrero o viga, en posición horizontal, que se apoya en dos postes, pie derecho o vertical. Como pieza auxiliar al marco propiamente tal, se tiene la solera que va en el piso de la labor entre los postes (Ver figura 3).

Para la instalación de marcos debe considerarse las siguientes reglas:

- Desquinchar, acuanar y limpiar la labor.
- Acondicionar la base para apoyar los postes, haciendo un herido de 10 cm, como mínimo, para afianzarlos al piso.
- Ubicar la solera, si se requiere, sin descuidar la línea de gradiente
- Ajustar o ensamblar entre sombrero y poste. El apriete del poste al sombrero o viga debe ser asegurado mediante la aplicación de un taco en

forma de cuña u otro medio igualmente eficaz. En eucaliptos, la cuña debe hacerse de acuerdo a la “rajadura” de la madera cuando es cilíndrica, para aumentar los puntos de contacto.

- En las labores de convergencia pronunciada (levante de techos), la fortificación debe completarse colocando tendidos de madera entre el techo y el sombrero o viga, los cuales se afianzarán a presión.
- El ensamble del poste a la viga debe ser practicado consiguiendo el mejor contacto directo entre las piezas ensambladas, sin intercalar en lo posible cuñas entre las superficies de contacto.
- En las labores inclinadas, como chiflones, rampas u otras similares, la instalación de los postes se hará de modo tal que su base quede instalada de manera perpendicular a la inclinación de la labor [en la bisectriz del ángulo que forman la normal al piso de la galería y la vertical al mismo punto.

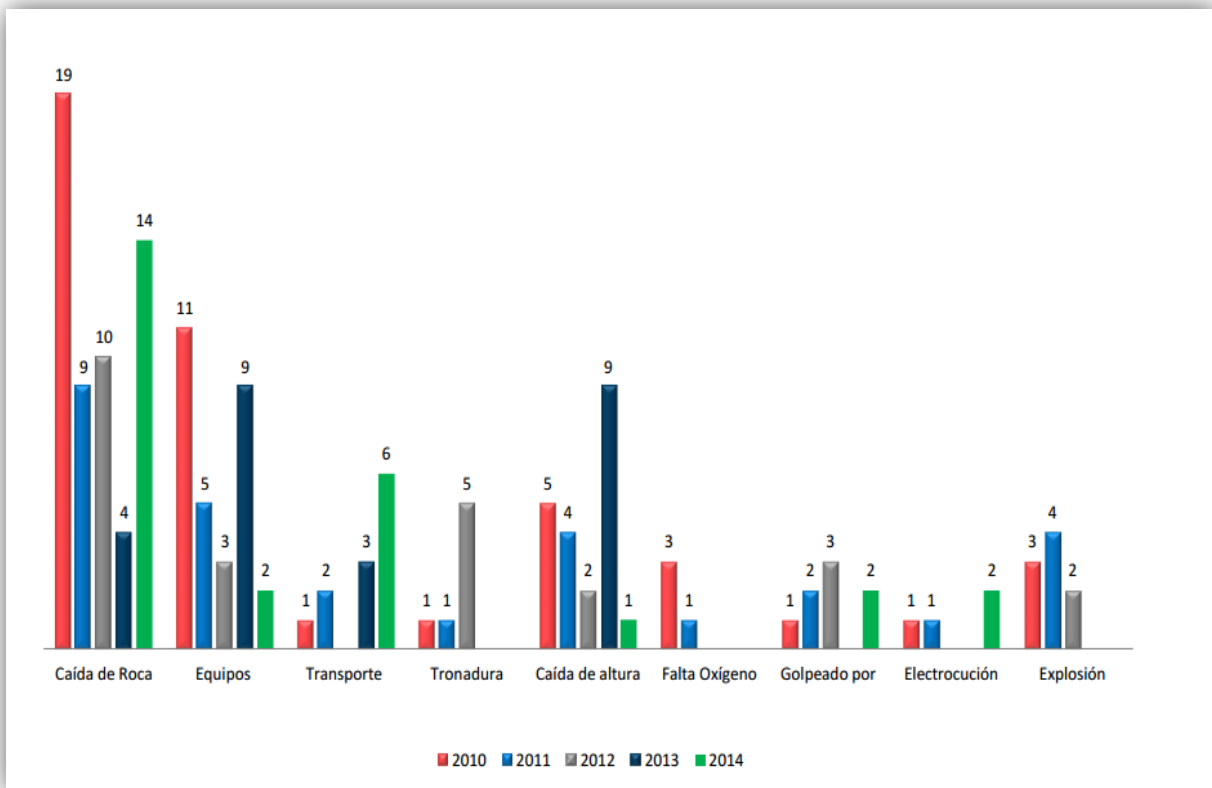


(Figura 3) Componentes de un marco de madera.

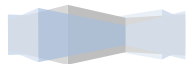


8. IMPORTANCIA DE LA FORTIFICACION

El siguiente grafico nos muestra la cantidad de accidentes fatales ocurridos en el año 2010-2014, donde los más altos índices son por derrumbes, desprendimiento de rocas y lógicamente por fortificación inadecuada (Ver figura 4).



(Figura 4) Índices fatales 2014. (Fuente SERNAGEOMIN)



CAPITULO III

9. HERRAMINETAS A UTILIZAR

9.1. RQD

Desarrollado por Deere, El *Rock Quality Designation*, (González Vallejo, 2002) definido como el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje, y sin tener en cuenta las roturas debidas al propio proceso de perforación) respecto de la longitud total de sondeo (Ver figura 5).

El RQD pasó a formar parte de las clasificaciones geomecánicas más habituales, aunque se debe tener en cuenta que:

- ❖ No sirve para suelos, por mucho que algunos se empañen.
- ❖ Se desarrolló para rocas ígneas, por lo que falla bastante en rocas estratificadas.
- ❖ No debe tenerse en cuenta en el caso de roturas por desecación, retracción o tensiones longitudinales.
- ❖ Depende de la dirección del sondeo.
- ❖ Hay que saber usarlo con precaución.

Lo anteriormente mencionado es demostrado fácilmente por la siguiente ecuación:

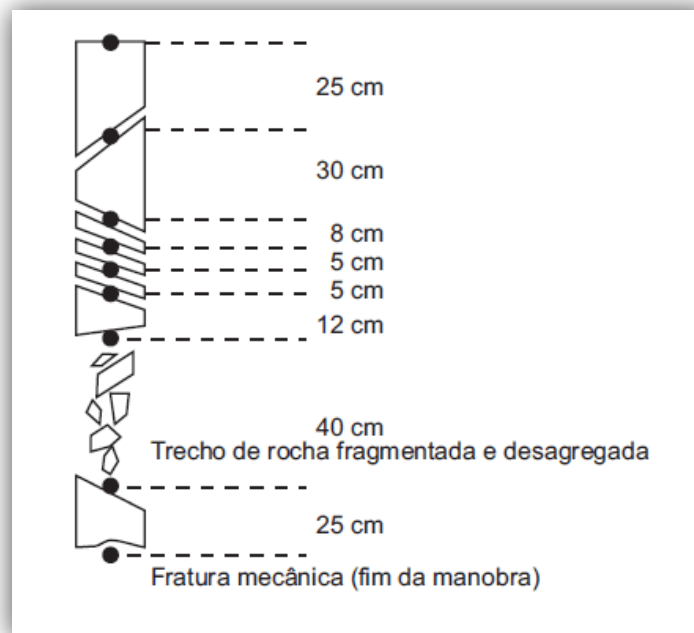


$$RQD = \frac{\text{Sumade10}}{l_{tot}} * 100\%$$

(Sumof10) = Suma de la longitud de testigos superiores a 10 cm

l_{tot} = Longitud total de sondeo

En terreno un sondaje extraído se vería así (Figura 5).



(Figura 5) Aplicación visual RQD



Ya obtenidos los resultados, la clasificación de roca se caracterizaría mediante la siguiente tabla.

RQD	Rock mass quality
<25%	muy pobre
25-50%	pobre
50-75%	regular
75-90%	bueno
90-100%	muy bueno

9.2. ESTIMACIÓN RQD

Comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras por metro cúbico determinadas al realizar el levantamiento litológico estructural (Detail line) en el área o zona predeterminada de la operación minera.

Comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras por metro cúbico frente a la cara litológica estructural de las paredes de la mina.

Donde

J_v (Joint Volumétric number): Número de fisuras por metro cúbico

$$\text{RQD} = 115 - (3.3) J_v$$



9.3. GPS

Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System) es un sistema de navegación basado en satélites y está integrado por 24 satélites puestos en órbita por el Departamento de defensa de los Estados Unidos. Originalmente, fue pensado para aplicaciones militares, aunque a partir de los años 80's el gobierno de USA puso el sistema de navegación disponible a la población civil.

El GPS (Figura 6) funciona en cualquier condición climatológica, en cualquier parte del mundo las 24 horas del día.



(Figura 6) Gps.



CAPITULO IV

10.APLICACION

10.1. METODOLOGIA

Para el avance de este proyecto, serán indispensables las labores de terreno. De esta manera se emplearan conocimientos técnicos para dar inicio a la caracterización de roca.

- **Levantamiento de galerías:** Se tomaran medidas de todas las galerías interior mina, con el objetivo de dimensionar el yacimiento, fijar puntos de ejecución RQD y, además de lograr un dibujo de labores mineras.
- **Localización:** Con la ayuda de un GPS y aplicando un sistema de coordenadas se delimitara en superficie el macizo rocoso.
- **Plan económico:** Junto con la administración se evaluara la posibilidad de modificar la fortificación en lugares al interior de la mina inestables mediante un estudio técnico, con el fin de evitar gastos futuros.

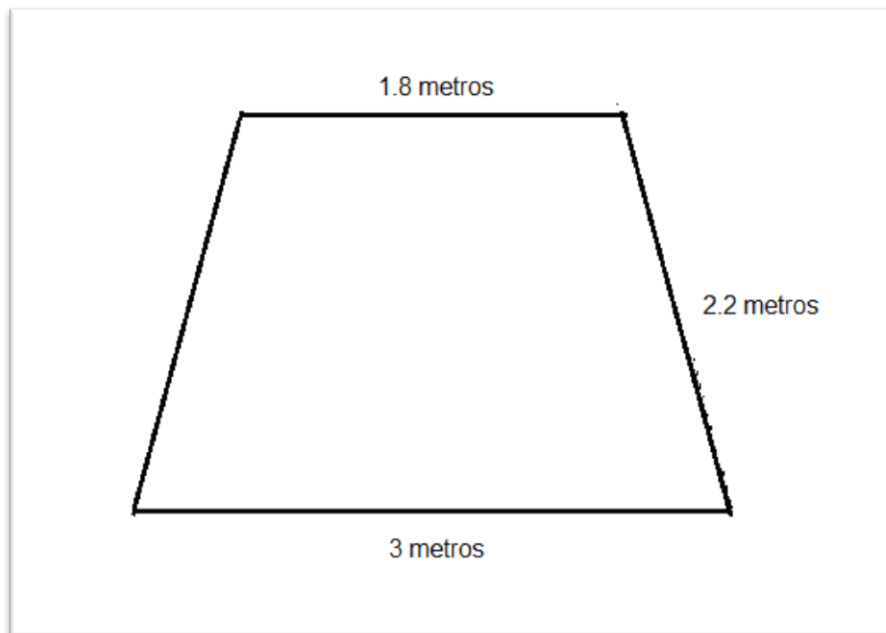


10.2. LEVANTAMIENTO DE GALERIAS

Trinidad cuenta con aproximadamente 2000 metros de galerías, las cuales se les da forma trapezoidal.

El propósito de dar inclinación a los postes en una fortificación de galerías, es absorber las presiones laterales de la roca, con eso se evita que se cierren rápidamente, por lo tanto es más eficiente.

Las medidas correspondientes al perímetro de una galería y el mapa del total de galerías están figuradas a continuación (Figura 7 y 8)



(Figura 7) Medidas de la galería.





(Figura 8) Mapa de galerías de Mina Trinidad

10.3. ZONA DE ROCA DEFICIENTE EN MINA TRINIDAD

Tal como se representa a continuación, dentro de la cuadrícula se encuentra el área deficiente dentro de Trinidad (Figura 9).

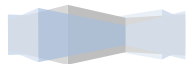


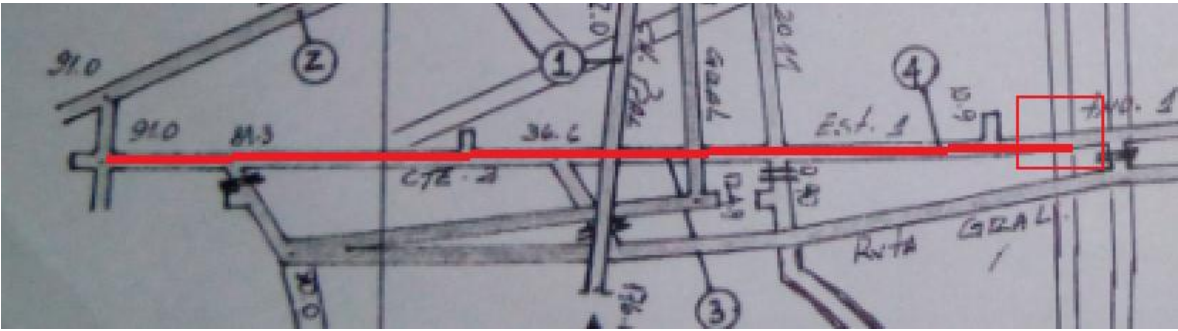


(Figura 9) Zona deficiente o corriente II

10.4. ESTIMACION RQD GALERIA ACCESO NIVEL III

Como lo muestra la imagen (Figura 10), el acceso al nivel 3 se encuentra dentro de la zona deficiente ya antes mencionado. Para esto, al término de la galería se estimó el RQD en tres lugares distintos, pero siempre de la misma galería, considerando que al final de esta galería hay dos galerías más, perpendiculares a la primera.





(Figura 10) Sector donde se estimó el RQD

Estimación 1: 10 metros antes de llegar al final de la galería

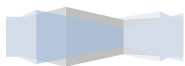
$$\text{RQD: } 115 - (4.8 \times 6) = 86,2$$

Estimación 2: Al final de la galería, cuadrante 1.

$$\text{RQD: } 115 - (6.3 \times 7) = 70,9$$

Estimación 3: Al final de la galería, cuadrante 2.

$$\text{RQD: } 115 - (6.3 \times 6) = 77,2$$



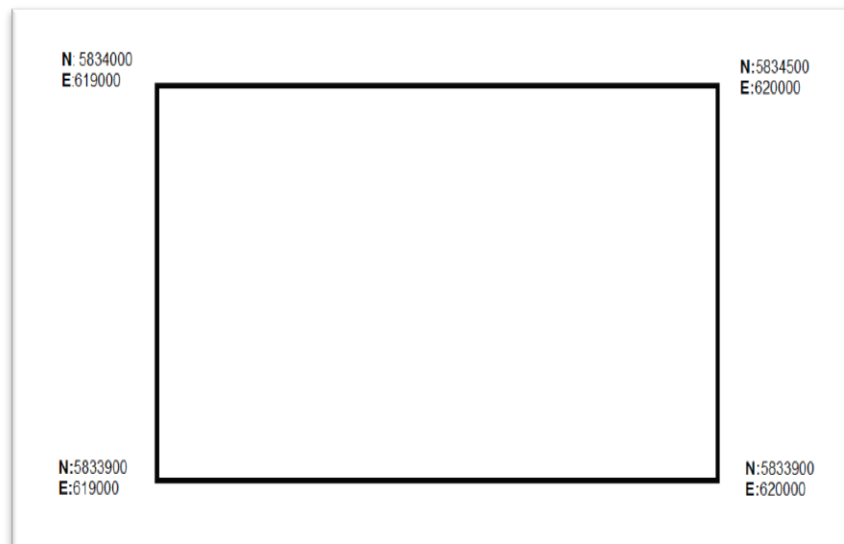
Resultados: En este caso se concluyó que la roca es regular, por el promedio de la estimación, según la tabla de Deer. (Gonzales Vallejo, 2002).

Observación: El número “3.3” aumenta en 1.5 unidades por cada galería demás, en este caso al final acceso principal, se abren dos galerías perpendiculares.

10.5. LOCALIZACIÓN

La concesión minera cumple con la cantidad de vértices y forma geométrica establecida por el código de minas.

Con la ayuda de un GPS y la documentación de trinidad se llegó a la siguiente información (Figura 10).



(Figura 10) Delimitación de la concesión con respectivas coordenadas.



CAPITULO V

11. ANALISIS TECNICO - ECONOMICO

11.1. CARBÓN

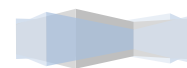
Considerando el precio del carbón \$42.000 CLP, l por tonelada (vendida dentro de trinidad), los \$5000 CLP que queda de utilidad por tonelada y las 90 toneladas diarias que extrae Mina Trinidad (Promedio), se indagan los siguientes cálculos. (Información corroborada por la administración de Trinidad).

Producción diaria: 90 Tons x \$42.000 CLP = \$3.780.000.

Utilidad por tonelada: \$5000

11.2. MANO DE OBRA

Dentro de Mina trinidad a la actualidad de Noviembre 2016, se encuentran trabajando 98 personas, distribuidas en tres turnos; Turno A (07:00 – 15:00Hrs), Turno B (15:00 – 23:00Hrs) y Turno C (23:00 – 07:00Hrs). (Información corroborada por la administración de Trinidad).



SUELDOS

CARGO	MES	DIA	HORA	MINUTO	SEGUNDO
Supervisor(MD)	\$800.000	\$25.810	\$3.226	\$53.8	\$0.9
Manipulador Explosivos	\$530.000	\$17.095	\$2.137	\$35.6	\$0.6
Electromecánico	\$530.000	\$17.095	\$2.137	\$35.6	\$0.6
Perforista	\$500.000	\$16.129	\$2.016	\$33.6	\$0.56
Fortificador	\$430.000	\$13.871	\$1.734	\$28.9	\$0.5
Carrero	\$350.000	\$11.290	\$1.411	\$23.5	\$0.39

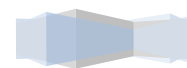
11.3. FORTIFICACIÓN

En trinidad la fortificación al interior de la mina, se ejecuta en base a dos tipos de madera, Pino y Eucalyptus. Sus costos son los siguientes.

Pino: \$36.000 por m3

Eucalyptus: \$42.000 por m3.

El Pino es utilizado en fortificaciones de frentes de producción, con el fin de que el techo de la labor descansa en esta, producto de esfuerzos y la gravedad. Su forma de aplicación es el “encastillado” y evita la convergencia entre el techo y piso de la labor.

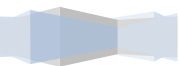


Por cada metro cubico de madera Pino, promedio se ocupa el 40% por encastillado edificado.

En el caso del Eucalyptus, su uso es en galería de desarrollo y es ejecutada en base a la forma geométrica de un trapecio (Forma que se le da a la galería), formando así un marco.

Por cada metro cubico de madera Eucaliptus, promedio se ocupa el 60% por marco edificado.

(Información corroborada por la administración de Trinidad).



12. INSTALACIÓN DE FORTIFICACIÓN

Instalación de fortificación			
Actividad	RR.HH	Tiempo	
Formación de la cavidad trapezoidal	1 Perforador ; 2 carreros	2 Horas	Marco
Instalación del marco	2 Fortificadores	30 minutos	
Extracción del Manto carbonífero	2 Perforador ; 3 carreros	1 horas	Encastillado
Instalación del encastillado	2 Fortificadores	30 minutos	

12.1. COSTOS DE INSTALACIÓN DE FORTIFICACIÓN

Costos volumétricos de la madera (\$)

$1m^3$ Pino \rightarrow $\$36.000 \times 0.4 = \14.400 por cada encastillado.

$1m^3$ Eucalyptus \rightarrow $\$42.000 \times 0.6 = \25.200 por cada marco.

(Información corroborada por la administración de Trinidad).



12.2. GALERIA DE DESARROLLO

Formación de la cavidad trapezoidal en roca (\$)

P x S x T

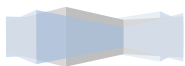
P: Cantidad de personas

S: Valor hora persona

T: Tiempo requerido para ejecución del trabajo

Perforador: $P \times S \times T \rightarrow 1 \times \$2.016 \times 2 \text{ Horas} = \4032

Carrero: $P \times S \times T \rightarrow 2 \times \$1411 \times 2 \text{ Horas} = \5644



Instalación del marco (\$)

P x S x T

P: Cantidad de personas

S: Valor hora persona

T: Tiempo requerido para ejecución del trabajo (Horas)

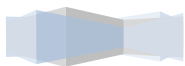
Fortificador: $P \times S \times T \rightarrow 2 \times \$1734 \times 0.5 \text{ Horas} = \1734

Costo Total marco instalado: \$ 36.610

12.3. FRENTE DE PRODUCCIÓN

Extracción del Manto carbonífero (\$)

P x S x T



P: Cantidad de personas

S: Valor hora persona

T: Tiempo requerido para ejecución del trabajo

Perforador: $P \times S \times T \rightarrow 2 \times \$2.016 \times 2 \text{ Horas} = \8064

Carrero: $P \times S \times T \rightarrow 3 \times \$1411 \times 2 \text{ Horas} = \8466

Instalación encastillado (\$)

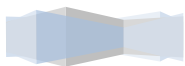
P: Cantidad de personas

S: Valor hora persona

T: Tiempo requerido para ejecución del trabajo

Fortificador: $P \times S \times T \rightarrow 2 \times \$1734 \times 0.5 \text{ Horas} = \1734

Costo total encastillado instalado: \$ 32.664



Capítulo VI

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se puede apreciar en la imagen anterior, al interior de trinidad existe una zona con roca deficiente, la cual se puede hacer notar con la deformación de marcos de madera.

Además en la misma zona hay antecedentes de derrumbes que han detenido la producción, dado a que son galerías de transición (Galerías por donde deben pasar los carros de extracción de carbón).

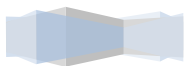
Sin duda que este problema puede ser corregido con asesoría técnica.

13.1. DERRUMBES EN TRINIDAD

Según los antecedentes de mina trinidad, anualmente se producen 2 derrumbes dentro de esta zona, produciendo paralización de producción al menos de dos días y solo se han corregido con el cambio de la fortificación dañada.

El costo producto de derrumbes está dado por la siguiente ecuación

$$T \times U \times H$$

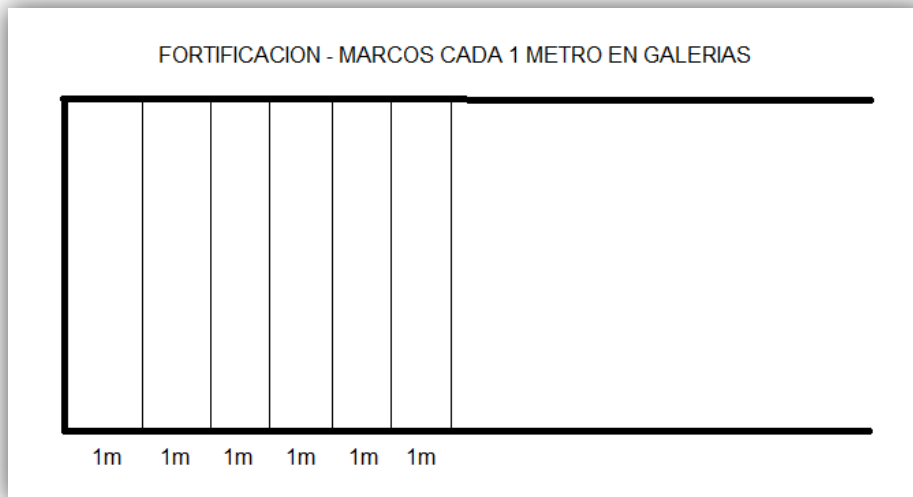


T: Producción diaria

U: Días detenido por derrumbe

H: Utilidad por tonelada de carbón

13.2. FORTIFICACIÓN ACTUAL EN TRINIDAD



13.3. PROPUESTA DE FORTIFICACIÓN

La idea principal de la propuesta, es aumentar la cantidad de marcos al triple por metro de galería, esto quedaría que dentro de un metro habría tres marcos. En términos mineros, este tipo de fortificación se llama “fortificación de tope”, la cual es eficiente ya que los esfuerzos de la roca sobre los marcos se distribuyen mejor, y el cambio de marco en este caso no sería necesario durante al menos 5 años.



Si llevamos a costo los derrumbes que comprometieron 20 y 14 metros de galería según los antecedentes de Trinidad, durante un año lo que desembolsa la mina es:

Costo por derrumbe en galería de 20 metros (\$), considerando que en el derrumbe de esta longitud, se paralizó la mina 6 días

$$T \times U \times H$$

T: Producción diaria

U: Días detenido por derrumbe

H: Utilidad por tonelada de carbón

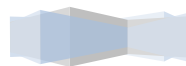
Costo por derrumbe en galería de 20 metros: $90 \times 6 \times 5000 = \$ 2.700.000$



13.4. FLUJO DE CAJA PARA GLERIA DE 20 METROS

Derrumbe de 20 metros de Galería					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Perdidas por derrumbe	2.700.000	2.808.000	2.920.320	3.037.133	3.158.618
Costo Fortificación	2.075.640	0	0	0	0
Δf_{ci}	624.360	2.808.000	2.920.320	3.037.133	3.158.618
$f_{C(A)}$	600.346	2.596.153	2.596.153	2.596.154	2.296.153
$\sum k_i$	10.385.213				

Esto se traduce a que si se invirtiera la suma de \$2.075.640 en la fortificación de una galería donde se comprometen 20 metros de longitud, la propuesta (Llámesse fortificación de tope), le permitiría a la Mina Trinidad ahorrar la suma de \$10.385.213, por el periodo de 5 años, es decir, técnico - económicamente es rentable la propuesta.



13.5. FLUJO DE CAJA PARA GLERIA DE 14 METROS

Derrumbe de 14 metros de Galería					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Perdidas por derrumbe	1.800.000	1.872.000	1.946.880	2.024.755	2.105.745
Costo Fortificacion	1.452.948	0	0	0	0
Δf_{ci}	347.052	1.872.000	1.946.880	2.024.755	2.105.745
$f_{C(A)}$	333.703	1.730.769	1.730.769	1.730.769	1.730.768
$\sum k_i$	7.256.778				

Esto se traduce a que si se invirtiera la suma de \$1.452.948 en la fortificación de una galería donde se comprometen 14 metros de longitud la propuesta (Llámesese fortificación de tope), le permitiría a la Mina Trinidad ahorrar la suma de \$7.256.778, por el periodo de 5 años, es decir, técnico - económicamente es rentable la propuesta.

Para finalizar, se puede observar que en ambos casos la inversión en la fortificación es más baja que el costo del derrumbe, consiguiéndose así el ahorro anual por ambos casos por la suma de **\$ 17.642.001**.



Capítulo VII

14. ANEXO Y REFERENCIAS

14.1. TERMINOLOGIA

Acuñar: Sacar roca suelta que podría caer al hacer un avance, antes de seguir con la perforación lateral en una mina.

Avance: Dentro de la mina, se denomina a las perforaciones o exploraciones de tiros laterales en busca de mineral.

Barrenar: Perforar con el barreno dentro de la mina.

Barreno: Instrumento de metal largo, de unos 30 a 40 centímetros, usado para perforar manualmente, con la ayuda de un martillo, la roca.

Cajas: Muros laterales de la mina.

Carga: Una porción de explosivo.

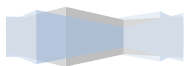
Cuña: Barreno cortó que se usa para acuñar.

Estéril: Roca sin mineral.

Fulminante: Detonante.

Guía: Cuerda a la que se le prende fuego, conectada al explosivo que detona un tiro en el pique.

Quemar: Prender una guía que explotará un tiro dentro del pique.



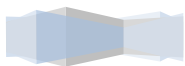
Marco: Palos de árbol, generalmente eucaliptos, colocados dentro de la mina para afirmar los muros y techo.

Taco: Palo de madera que sirve para apretar cambuchos y cargas dentro de un tiro.

Taladros: Instrumental para perforar dentro de la mina.

Tiro: Una acepción es la dada a la explosión que se realiza con carga explosiva; otra es el acto de perforar la roca ("hacer el tiro": perforar la roca).

Veta: Forma de disposición del mineral dentro del pique o mina.



15. BIBLIOGRAFIA

Código de Minería, 2015

Gonzales Vallejo .2002, *Ingeniería Geológica*

<http://www.consejominero.cl/chile-pais-minero/>

<http://www.importancia.org/seguridad-industrial.php>

<http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=201305221277945>

http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/reglamentos_seguridad_minera/DS132_Reglamento_SEGMIN.pdf

<http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/G5FortificacionAcunadura.pdf>

<http://es.slideshare.net/exay40/4-fortificacin-de-minas>

<http://www.profesorenlinea.cl/Chilegeografia/CarbonChile.htm>

<http://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/derrumbes/que-es-un-derrumbe/>

<http://www.construccionminera.cl/fortificacion-subterranea-firmeza-y-seguridad/>

