



FACULTAD DE INGENIERIA Y NEGOCIOS

ESCUELA DE MINAS

INGENIERIA EN MINAS

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO ENTRE FORTIFICAR CON MADERA O
FORTIFICACIÓN METÁLICA EN LA MINA BUEN RETIRO EN CORONEL**

Proyecto De Titulo Para Optar Al Grado De Ingeniero En Minas

Profesor Guía: ALEJANDRO RAMIREZ GONZALEZ

CRISTIAN ALEX CALDERÓN MARDONES

Concepción, Julio 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y familia que me apoyaron en esta etapa desde el comienzo con mucha paciencia, cariño y preocupación.

Al profesor guía Alejandro Ramírez González por su constante apoyo y guía en la tesis

RESUMEN

La minería del carbón es parte de la historia de Chile, data de la época colonial mostrándose como un gran referente para nuestro país en esa época. Especialmente para nuestra región donde se consolidó y alcanzó su auge.

A mediados del siglo pasado. Los pioneros buscadores de vetas habían cruzado el río Biobío y habían encontrado amplios mantos carboníferos, que se extendían generalmente debajo de la superficie del mar.¹

La minería del carbón se desarrolló fundamentalmente en tres zonas ubicadas al sur del país: en el Golfo de Arauco o Cuenca del Carbón (Región del BioBio); cerca de las ciudades de Valdivia y Chiloé; y en la cuenca de Magallanes. De las tres zonas la más destacada fue sin duda la del Golfo de Arauco, que por 150 años lideró la producción carbonífera en Chile. La Cuenca del Carbón en esta zona comprende el área costera ubicada entre Tomé y Lebu.²

¹Boletín de historia y geografía N°14, Expansión de gestiones empresariales desde la minería del norte a la del carbón, Chile, siglo XIX (*) (Pág. 249).

²Identidad minera y desarrollo sustentable, el caso de la cuenca del carbón en Chile.

La región comprendida entre Buen Retiro por Coronel hasta Punta Morgüilla hacia el sur de Lebu, fue el sector en que se produjo la mayor extracción carbonífera del país. Fue en este lugar donde se consolidó la industria carbonífera.³

En la década del 60, por efecto de la menor competitividad del carbón frente al petróleo, y de la existencia de tensiones sindicales y políticas en el país, las expectativas del negocio carbonífero disminuyeron en forma importante; factor que contribuyó a la estatización de las grandes minas. Es así como, el año 1964, se fusionaron las compañías de Lota y Schwager, (en Coronel) formándose la compañía “Carbonífera Lota – SchwagerS.A.”. Posteriormente, En diciembre de 1973, la compañía pasó a denominarse Empresa Nacional del Carbón S.A. (ENACAR), la cual siguió recibiendo subsidios estatales. A pesar de estos intentos por mantener la mina en operaciones – la crisis mundial del carbón y otros factores relacionados con los costes de producción – terminaron por gatillar el cierre definitivo de las minas de Schwager el año 1994 y de Lota el año 1997.⁴

³Lebu: Minería del carbón y evolución urbana desde 1862 a la actualidad.

⁴ Identidad minera y desarrollo sustentable, el caso de la cuenca del carbón en Chile.

SUMMARY

Coal mining is part of the history of Chile, dating back to colonial times and showing itself as a great reference for our country at that time. Especially for our region where it consolidated and reached its peak.

In the middle of last century. The pioneers of streaks had crossed the Biobío river and had found extensive carboniferous mantles, which generally extended below the surface of the sea¹.

Coal mining was developed mainly in three areas located in the south of the country: in the Gulf of Arauco or Carbón Basin (Bio Bio Region); Near the cities of Valdivia and Chiloé; And in the Magallanes basin. Of the three areas the most outstanding was without doubt the Gulf of Arauco, which for 150 years led the coal production in Chile. The Coal Basin in this area comprises the coastal area between Tomé and Lebu².

1 History and geography bulletin No. 14, Expansion of business management from mining north to coal mining, Chile, 19th century (*) (p. 249).

2 Mining identity and sustainable development, the case of the coal basin in Chile.

The region between BuenRetiro by Coronel to Punta Morgüilla to the south of Lebu was the sector in which the largest coal mining took place in the country. It was in this place where the coal industry was consolidated³.

In the 1960s, due to the lower competitiveness of coal versus oil, and the existence of trade union and political tensions in the country, the expectations of the coal industry decreased significantly; A factor that contributed to the nationalization of large mines. Thus, in 1964, the companies of Lota and Schwager were merged, (in Coronel) forming the company "Carbonífera Lota - Schwager S.A.". Subsequently, in December 1973, the company was renamed Empresa Nacional del Carbón S.A. (ENACAR), which continued to receive state subsidies. In spite of these attempts to keep the mine in operation - the global coal crisis and other factors related to production costs - they finally triggered the definitive closure of the Schwager mines in 1994 and Lota in 1997⁴.

3 Lebu: Coal mining and urban evolution from 1862 to the present.

4 Mining identity and sustainable development, the case of the coal basin in Chile.

INDICE

Contenido

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	9
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	11
2.2 OBJETIVOS GENERALES	11
2.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
2.4 LOCALIZACIÓN	12
2.5 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	13
CAPITULO III: MARCO TEORICO.....	15
3.1 Historia Minera Carbonífera En Chile.....	15
3.2 Historia Del Carbón En Coronel	18
3.3 Fortificación En Minas Subterráneas.....	19
3.4 Sistemas De Fortificación.....	20
CAPITULO IV: TIPOS DE FORTIFICACIÓN A UTILIZAR	22
4.1 Marcos De Madera.....	22
4.2 Elementos Auxiliares de Fortificación con Marcos de madera:	28
4.2.1 Tendidos o tapados	28
4.2.2 Tabiques	30
4.3 MARCOS METÁLICÓS.....	32
4.4 Descripción del Marco Metálico	33
CAPITULO V: MARCO LEGAL ACTUAL DELA MINERÍA DEL CARBÓN EN CHILE	35
CAPITULO VI: HERRAMIENTA A UTILIZAR PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ROCA	36
6.1 RQD	36
CAPITULO VII: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO	39
7.1 Calculo RQD	39
7.2 Costo de la Instalación de un Marco de Madera	41
7.3 Costos De Instalación De Fortificación.....	42
7.4 Costo de la Instalación de un Marco Metálico.....	44

CAPITULO VIII: CONCLUSIÓN	46
8.1 Flujo de caja en Fortificación con Madera.....	46
8.2 Flujo de caja en Fortificación con marcos metálicos	47
CAPITULO IX: ANEXOS Y REFERENCIAS	50
9.1 Marco Legal Actual De La Minería Del Carbón En Chile.....	50
9.2 Terminología	58
9.3 BIBLIOGRAFÍA	60
9.4 LINKOGRAFIA	60

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

La fortificación en labores mineras, es una 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) y/o marcos metálicos.

Este proyecto evaluara en forma Técnica y Económica que fortificación conviene instalar en la Mina que necesita definir la fortificación para una galería de acceso de 4m de alto, 4m de ancho y 173 metros de largo, por donde circulara personal y maquinaria.

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

costos asociados a los dos tipos de fortificación, para así tomar una decisión coherente frente al tipo y frecuencia con la que se debe fortificar la galería de acceso a la mina

CAPITULO II: GENERALIDADES

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los Yacimientos Carboníferos se caracterizan por ser de roca sedimentaria y de mediana a mala calidad, por lo tanto necesariamente se debe fortificar. La galería que accederá a los mantos se correrá por estéril y será el único acceso a ellos, razón por la cual el tipo de fortificación es clave para asegurar el acceso y tránsito del personal, mineral y equipos de explotación para los 20 años que durara la explotación, esto debido a que los mantos carboníferos que actualmente se están explotando en la Mina Buen Retiro están llegando al término de su vida útil, lo que plantea la necesidad de acceder a las nuevas reservas.

2.2 OBJETIVOS GENERALES

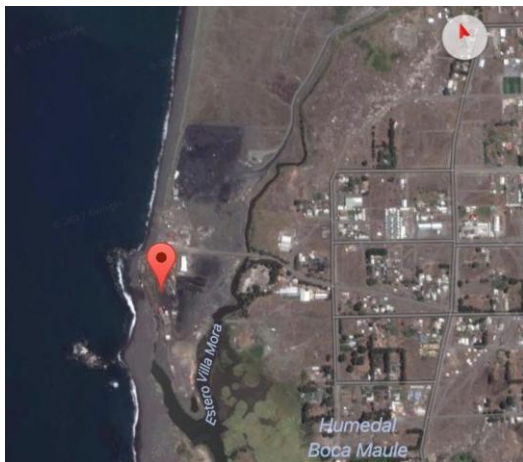
Determinar mediante un Estudio Técnico Económico cuál de los dos sistemas de fortificación es Técnicamente y Económicamente más conveniente, enfocándose en la calidad de la roca, costo de cada fortificación y durabilidad de esta a través de los 20 años de explotación de las nuevas reservas.

2.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudio y caracterización de la calidad de la roca.
- Determinar si hay presencia de agua.
- Obtener el valor de la madera y de los arcos metálicos.
- Calcular los costos de instalación de cada tipo de fortificación.
- Obtener la vida útil de cada elemento de fortificación.
- Otros.

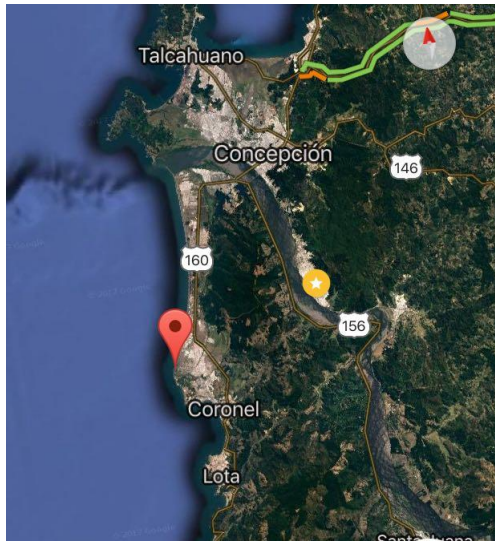
2.4 LOCALIZACIÓN

Geográficamente el proyecto se llevará a cabo en la región del BioBio, provincia de Concepción, Comuna de Coronel, específicamente calle Los Pehuenches S/N, sector de Buen Retiro - Coronel.



(Figura 1) Localización Mina Buen Retiro

Fuente: Google Maps



(Figura 2)

Fuente: Google Maps

2.5 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Nombre de la Mina: Buen Retiro.

Razón Social:CARBONÍFERA COCKECAR LTDA

Giro de la Empresa:Explotación y Comercialización de Carbón Mineral.

Representante Legal:PEDRO ELEODORO VERGARA LIZAMA

Número Trabajadores:170 trabajadores.

Principales Clientes: Sector Agro Industrial – Pesquero-Energía.

Sistema de Turnos:

Turnos	Actividad
Primer Turno	Perforación de 74 barrenos y Tronadura de 420 cartuchos, avance de 2,4m 90% de avance, tendidos de tablonés.
Segundo Turno	Acuñadura de la labor, extracción de la marina
Tercer Turno	Fortificación de la labor

Fuente: Carbonífera Cockerar Ltda.

CAPITULO III: MARCO TEORICO

3.1 Historia Minera Carbonífera 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.⁵

3.2 Historia Del Carbón En Coronel

En la región costera del golfo de Arauco, emergieron, a mediados del siglo XIX, las ciudades mineras de Lota y Coronel como consecuencia del requerimiento de mano de obra para las labores de extracción de carbón. Allí se establecieron empresarios tales como Matías Cousiño, Jorge Rojas, Guillermo Délano y Federico Schwager, entre otros.

En torno a las minas de Lota y Coronel, surgieron desde mediados del siglo XIX diversas instalaciones industriales sustentadas en el uso intensivo del carbón, como industrias de vidrio, ladrillos refractarios, una fundición de cobre e incluso una industria de elaboración de maderas que aprovechaba las plantaciones forestales realizadas por Luis Cousiño en los alrededores. En este sentido, los yacimientos carboníferos generaron un importante polo de desarrollo industrial en la región, permitiendo la acumulación de importantes fortunas y el desarrollo de relaciones laborales de tipo capitalista.⁶

⁵Profesor en Línea

⁶Memoria Chilena. Biblioteca Nacional de Chile

3.3 Fortificación En Minas Subterráneas

La Fortificación es el conjunto de procedimientos que permiten mantener estable las labores cuando su condición no es auto soportante en una mina subterránea.

El rol fundamental de la fortificación es:

- Mantener las labores seguras y con una sección y dimensiones suficientes para la circulación del personal, equipos, aire, etc.
- Impedir el desmoronamiento de material fracturado.
- Disminuir el movimiento de las cajas, techo y piso (minería del carbón).
- Mantener la cohesión de los terrenos.

El reconocimiento y tratamiento oportuno del terreno peligroso mediante fortificación, es vital para evitar que se produzcan accidentes, pérdidas en la producción o daños en los equipos.

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 auto soporté, 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.



(Figura 3) Sostenimiento Adecuado y Óptimo.

Fuente: GUÍA DE OPERACIÓN PARA LA PEQUEÑA MINERÍA.

3.4 Sistemas De Fortificación

De acuerdo a la Guía Metodológica para Sistemas de Fortificación y Acuñadura (Decreto Supremo N°132) 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”, 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 se alivian los esfuerzos y al deformarse mejoran sus propiedades resistentes.⁷

CAPITULO IV: TIPOS DE FORTIFICACIÓN A UTILIZAR

4.1 Marcos De Madera

La madera es la fortificación más usada a nivel de pequeña minería, debido a su menor costo y facilidad de manejo y colocación. Es de una gran resistencia y elasticidad, que permite recibir fuertes presiones sin quebrarse bruscamente; lo que da aviso anticipado de que será necesario cambiarla o reforzarla.

La madera se adapta mejor a las necesidades de los diferentes terrenos debido a su capacidad de trabajar satisfactoriamente a la FLEXION (Fuerzas perpendiculares a las fibras), y al PANDEO (Fuerzas en dirección a sus fibras).

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.

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.

Para la instalación de marcos se debe considerarse las siguientes reglas:

- Desquinchar, acuar 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].

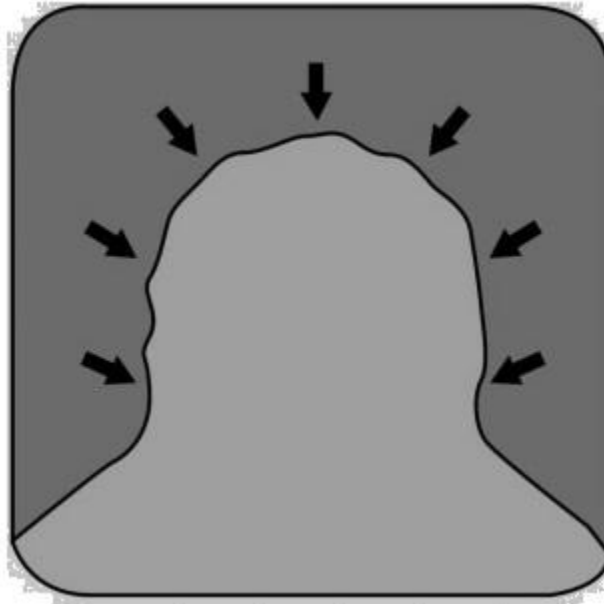


Figura 4: Fuerzas Que Quedan Sin Oposición

Fuente: Guía N° 5 De Operación Para La Pequeña Minería (SERNAGOMIN)

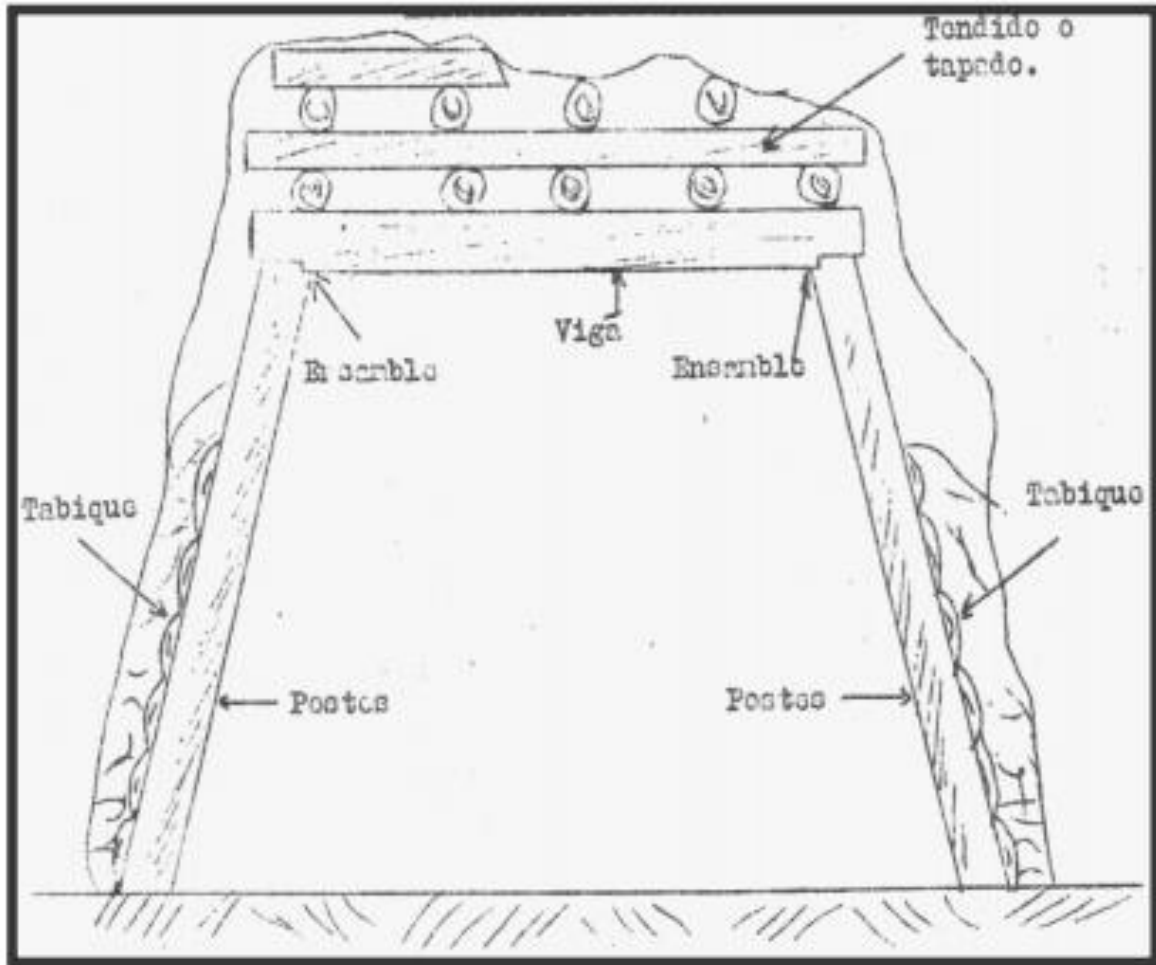


Figura 5: Componentes de un Marco de Madera

Fuente: Guía N° 5 De Operación Para La Pequeña Minería (SERNAGOMIN)

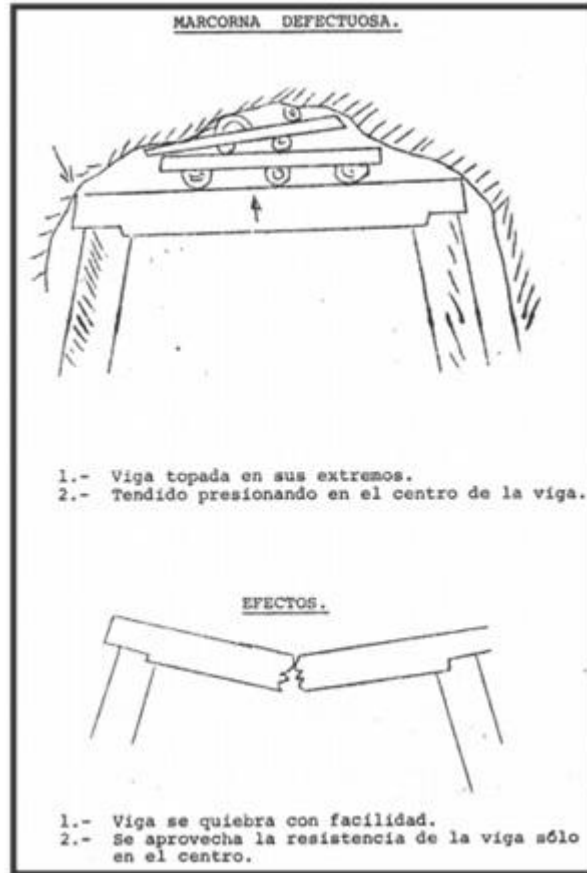


Figura 6: Forma Incorrecta de Instalar Un Marco de Madera

Fuente: Guía N° 5 De Operación Para La Pequeña Minería (SERNAGOMIN)

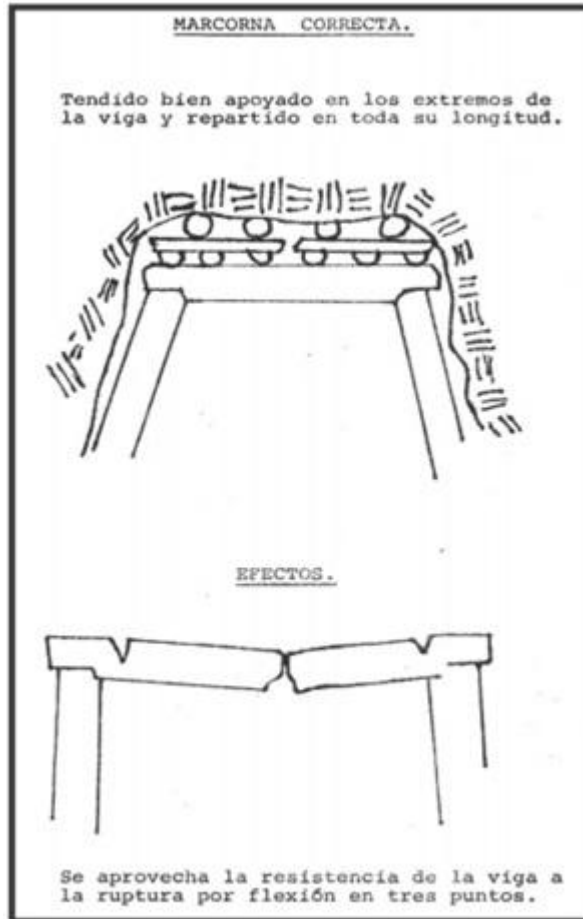


Figura 7: Manera Correcta de Instalar Un Marco De Madera

Fuente: Guía N° 5 De Operación Para La Pequeña Minería (SERNAGOMIN)

4.2 Elementos Auxiliares de Fortificación con Marcos de madera:

4.2.1 Tendidos o tapados

Es la madera que se coloca entre la viga y el techo en dirección de la galería, apoyadas en un cheminal o viga atrás y tentenadas adelante sobre la viga y a una distancia máxima de 0,40 metros, con el objeto de evitar caídas de tosca y servir de cedencia a la marcorna. Se deben instalar para evitar que se quiebren las vigas por contacto directo con el cerro. La distribución del tapado debe ser pareja, con varios puntos de apoyo (4 a 6). Los castillos que puedan hacerse en picaduras del techo (sobre las vigas), deben tejerse con los puntos de apoyo, para que tengan una resistencia uniforme, de lo contrario se quebraría la viga con facilidad en el centro.

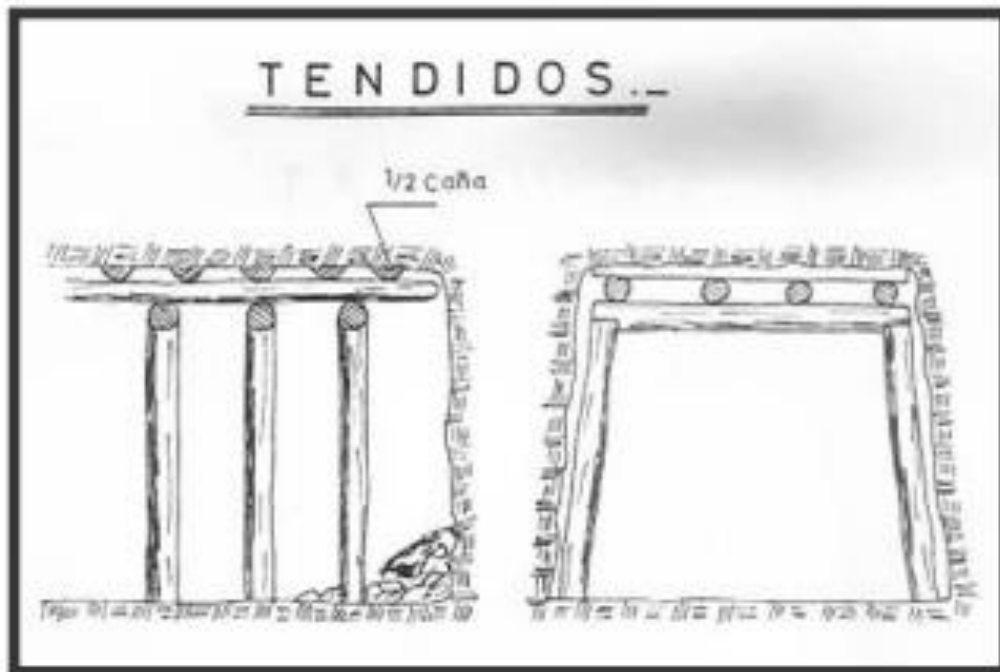


Figura 8 Tendidos

Fuente: Guía N° 5 De Operación Para La Pequeña Minería (SERNAGOMIN)

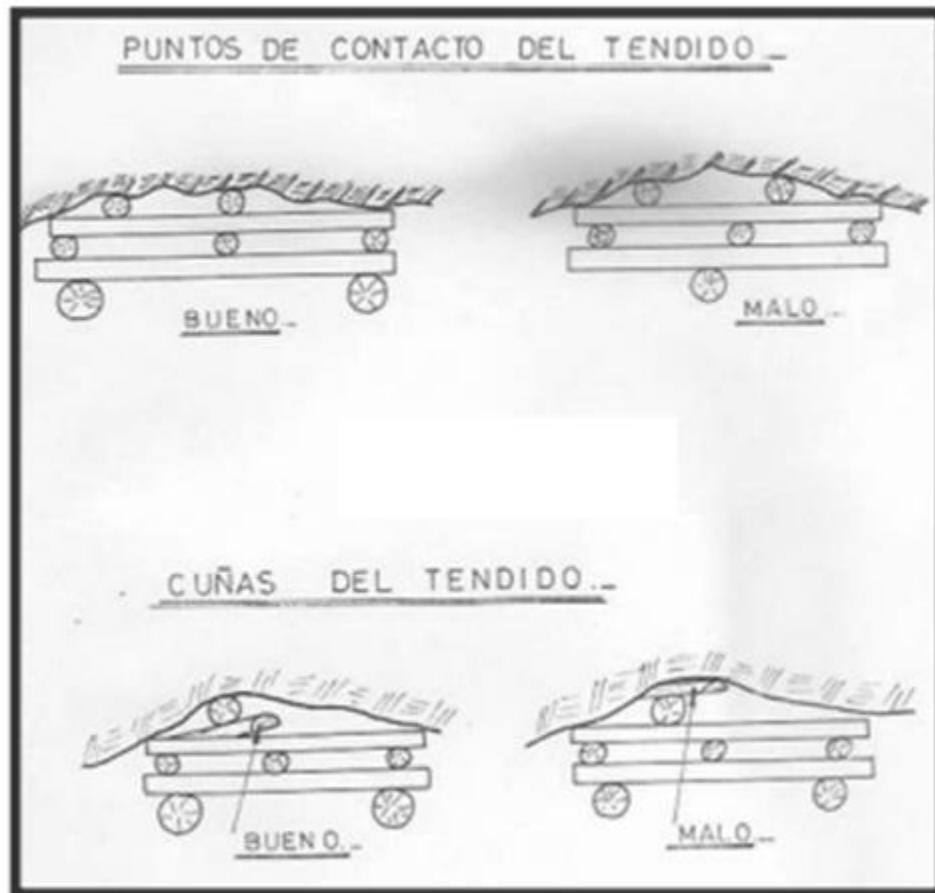


Figura 9: Puntos de contacto del Tendido

Fuente: Guía N° 5 De Operación Para La Pequeña Minería (SERNAGOMIN)

4.2.2 Tabiques

Es el revestimiento de los costados de la galería con madera entrelazada y relleno con tosca, hasta una altura de $2/3$ la longitud del poste, y en terrenos malos hasta $3/4$. Una mayor altura cargaría demasiado al poste, rasgaría la pestaña de corte de la viga. La separación entre las piezas de madera debe ser como máximo 30 cm. y en lo posible tomar 3 postes para evitar desprendimientos de toscas. Deben hacerse con tosca granada y su parte de mayor longitud irá en dirección hacia la caja de la galería para obtener una mayor trabazón de la "pirca". Con la tosca molida se rellenan los huecos interiores, dando al conjunto una mayor resistencia.

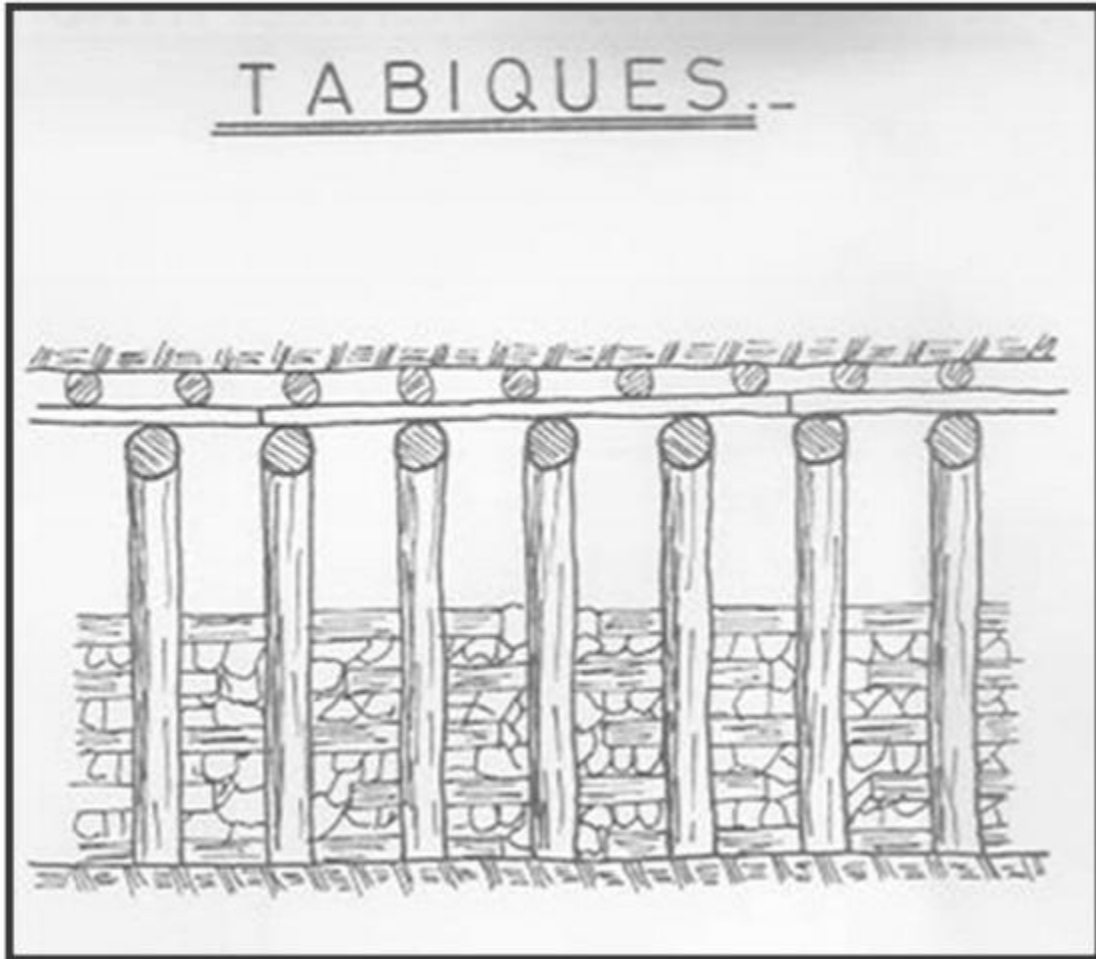


Figura 10: Tabiques

Fuente: Guía N° 5 De Operación Para La Pequeña Minería (SERNAGOMIN)

4.3 MARCOS METÁLICOS

En los comienzos la madera fue usada para la confección de estos elementos de fortificación, por su accesibilidad, buenas condiciones de flexibilidad, pero normalmente tenían una corta vida útil por el deterioro normal que sufre al estar expuesta a las condiciones ambientales subterráneas. Con el pasar de los años, a comienzos de la década del 40 se inició y desarrolló el marco metálico, reemplazando paulatinamente la fortificación de madera, pues son más rápidos y sencillos en colocar y ceden en mucho menor grado, ya que no se deterioran fácilmente como la madera. Este tipo de sostenimiento se utiliza principalmente bajo condiciones, de alta inestabilidad, donde las presiones son demasiado altas para otro tipo de sostenimiento.

Este mecanismo de sostenimiento, desde el punto de vista de la temporalidad es del tipo definitiva y desde el punto de vista de la funcionalidad es un sistema de fortificación pasiva, pues modifican el exterior de la labor y actúa al momento de que el macizo rocoso comienza a sufrir deformaciones o solicitaciones.

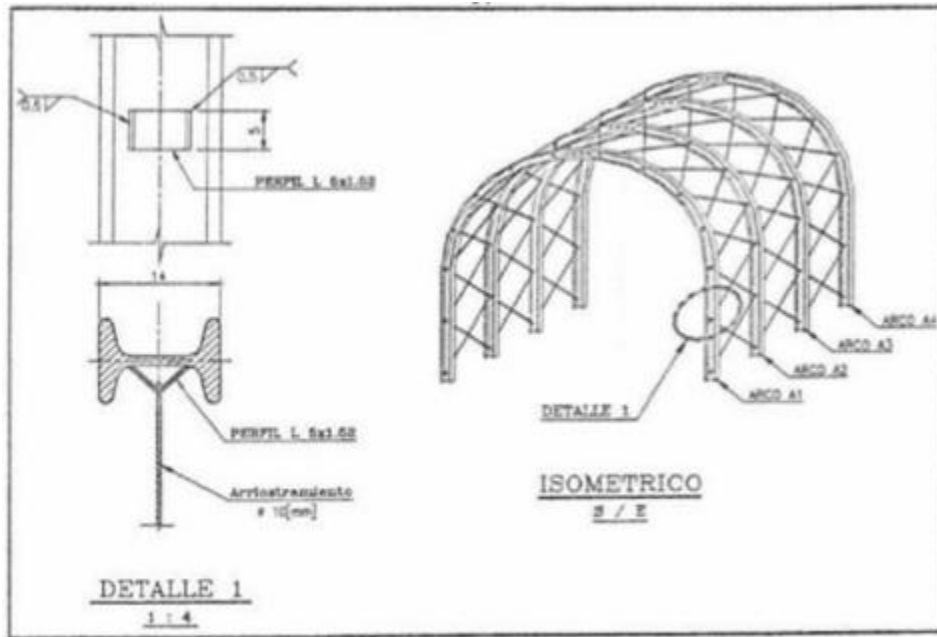


Figura 11: Marcos Metálicos

Fuente: Guía N° 5 De Operación Para La Pequeña Minería (SERNAGOMIN)

4.4 Descripción del Marco Metálico

El marco de acero está formado por dos o más piezas metálicas de sección H, L, U. Su estructura puede seguir líneas rectas como la enmaderación o estar constituida por elementos curvos, siguiendo la forma de la excavación de la galería.

La unión de las piezas se puede hacer por medio de placas metálicas soldadas a los extremos de las piezas del marco, las cuales son unidas por pernos.

Las partes principales de un marco son:

- 2 pies derechos o postes verticales o inclinados .
- 1 corona o viga (de 1, 2 o 3 piezas)

En el caso de túneles construidos para acueductos, de sección circular, existen diseños de marcos metálicos completamente circulares formados por 4 piezas convexas que forman la sección deseada. En esta situación, de túneles con grandes presiones circulares, la ventaja radica en que su parte convexa se apoya sobre el terreno y no puede doblarse.



Figura 12: Arco Metálico Instalado

Fuente: Guía N° 5 De Operación Para La Pequeña Minería (SERNAGOMIN)

CAPITULO V: MARCO LEGAL ACTUAL DELA MINERÍA DEL CARBÓN EN CHILE

Actualmente el código de minera, en su reglamento de seguridad minero, “El Decreto Supremo N° 132”, TITULO III, Explotación de Minas Subterráneas, capítulo Sexto(Fortificación), TITULO V,Explotación Minería del Carbón, Capítulo cuarto,(Sistemas de Fortificación), nos establecen las primas respecto a la fortificación en la explotación minera subterránea en general y especificando la minería del carbón.⁸

⁸Reglamento de Seguridad Minera, Decreto Supremo N° 132, Ministerio de Minería

CAPITULO VI: HERRAMIENTA A UTILIZAR PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ROCA

6.1 RQD

El índice RQD fue desarrollado en 1964 por D. U. Deere*. Se determina midiendo el porcentaje de recuperación de testigo en testigos que miden más de 100 mm de longitud. Los testigos que no estén duros o firmes no deben contarse aunque midan más de 100 mm de longitud. El índice RQD fue introducido para usarse con diámetros de testigo de 54,7 mm (Testigo de tamaño NX). Se trata de uno de los principales indicadores para las zonas de roca de baja calidad. En la actualidad, el índice RQD se utiliza como parámetro estándar en el registro de testigos de perforación y es un elemento básico de los principales sistemas de clasificación de masa: el sistema de clasificación geomecánica de Bienawiski (RMR) y el sistema Qde Barton**.

El índice RQD se define como el siguiente cociente:

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

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

l_{tot} = Longitud total de sondeo

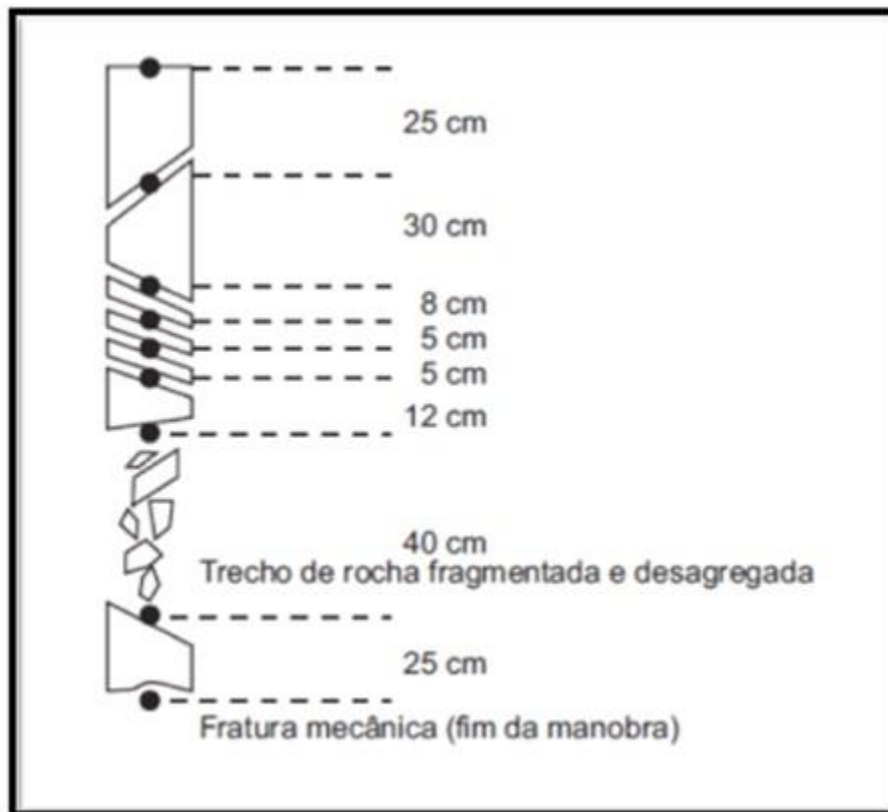


Figura 12: Cálculo de fragmentos de un Sondaje

Clasificación de la Roca

A partir del índice RQD, podemos clasificar la masa de la roca:

- <25% muy mala
- 25-50% mala
- 50-75% normal
- 75-90% buena
- 90-100% excelente

CAPITULO VII: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

7.1 Cálculo RQD

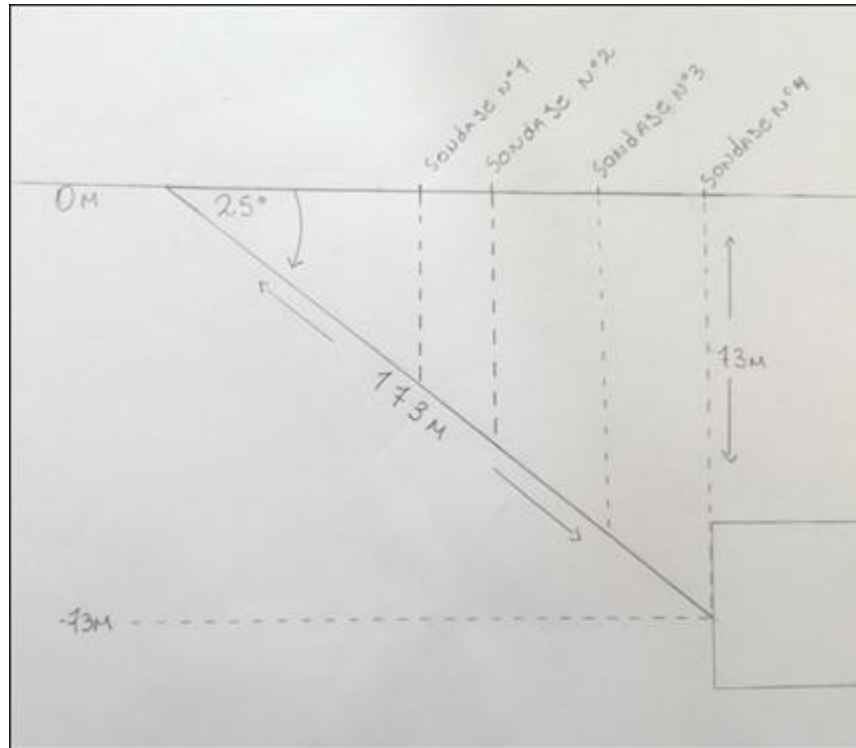


Figura 13: Sondaje

TABLA DE SONDAJES			
SONDAJES	LARGO	SUMA DE 10	CALCULO RQD
Sondaje N° 1	37 mts	17,3 mts	46,75 %
Sondaje N° 2	42 mts	25,1 mts	59,76 %
Sondaje N° 3	57 mts	37,3 mts	65,43 %
Sondaje N° 4	73 mts	56,2 mts	72,05 %
		Valor RQD	61 %

Fuente: Carbonífera Cockecar Ltda.

Con la obtención del cálculo RQD de los 4 sondeos realizados se obtiene un valor de 61% que de acuerdo a la clasificación de la masa rocosa se estima que la calidad es normal a mala, por lo cual se debe fortificar instalando los marcos a una distancia de 1 metro y en los marcos de madera a 20 cm(figura 14).

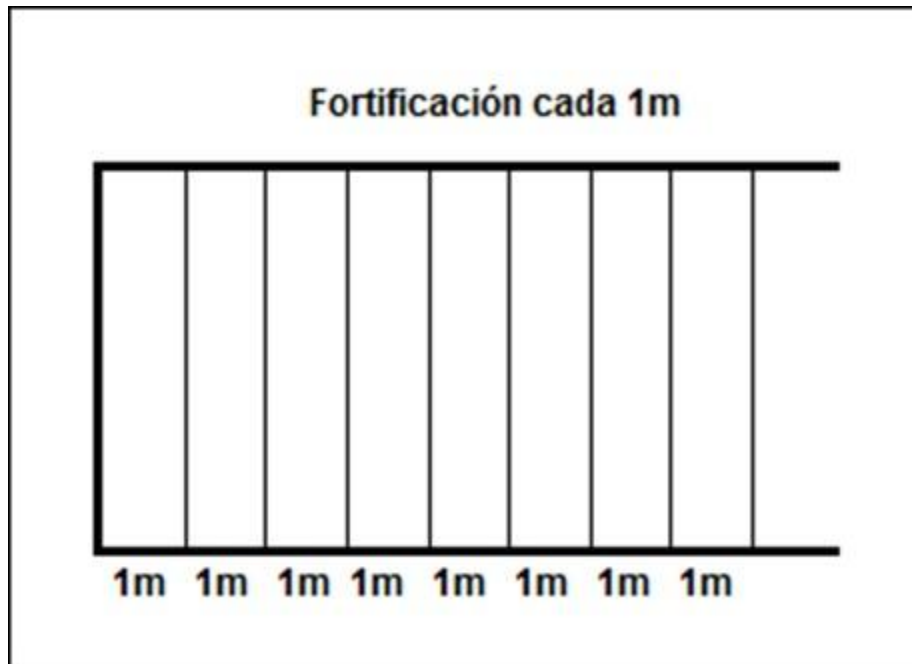


Figura 14: Fortificación cada 1 metro en galería de acceso al Manto

7.2 Costo de la Instalación de un Marco de Madera

Valor Eucaliptus, por cada metro cubico de madera de él, en promedio se ocupa el 70% por marco edificado.

Precio de la madera:

- **Eucaliptus:** \$42.000 por m³.

- **Sueldos de los Trabajadores**

CARGO	MES	DÍA	HORA	MINUTO	SEGUNDO
Supervisor (MD)	\$ 800.000	\$ 25.810	\$ 3.226	\$ 53,8	\$ 0,9
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
Minero (Apir)	\$ 350.000	\$ 11.290	\$ 1.411	\$ 23,5	\$ 0,39

7.3 Costos De Instalación De Fortificación

Instalación del marco Tercer Turno		
Actividad	RR.HH	Tiempo
Preparación labor para fortificar	1 Fortificador ; 3 Apires	4 Horas
Instalación de la Fortificación	1 Fortificador; 3 Apires	4 Horas

Marco

- **Costos volumétricos de la madera (\$)**

$1m^3$ Eucaliptus \rightarrow $\$42.000 \times 0.7 = \29.400 por cada marco.

- **Preparación labor para fortificar**

$$P \times S \times T$$

P:Cantidad de trabajadores

S:Valor hora trabajador

T:Tiempo requerido para ejecución del trabajo

$$\text{Fortificador: } P \times S \times T \rightarrow 1 \times \$1.734 \times 4 \text{ Horas} = \$6.936$$

$$\text{Apires: } P \times S \times T \rightarrow 3 \times \$1.411 \times 4 \text{ Horas} = \$16.932$$

Fuente: CarboníferaCockecar Ltda.

- **Instalación de la Fortificación (\$)**

$$P \times S \times T$$

P:Cantidad de personas

S:Valor hora persona

T:Tiempo requerido para ejecución del trabajo (Horas)

$$\text{Fortificador: } P \times S \times T \rightarrow 1 \times \$1.734 \times 4 \text{ Horas} = \$6.936$$

$$\text{Apires: } P \times S \times T \rightarrow 3 \times \$1.411 \times 4 \text{ Horas} = \$16.932$$

- **Tendidos**

Para la instalación de los tendidos se ocupará un 30% de un metro cubico de Eucaliptus

$$1m^3 \text{ Eucaliptus} \rightarrow \$42.000 \times 0,3 = \$12.600$$

Costo Total marco de Madera instalado: \$89.734

Fuente: Carbonífera Cockecar Ltda.

7.4 Costo de la Instalación de un Marco Metálico

El costo de un Marco Metálico es de \$360.000 puesto en la mina Buen Retiro.

Instalación del marco Tercer Turno		
Actividad	RR.HH	Tiempo
Preparación labor para fortificar	1 Perforador ; 3 Apires	4 Horas
Instalación de la Fortificación	1 Perforador ; 3 Apires	4 Horas

Marco

- **Preparación labor para fortificar(\$)**

$$P \times S \times T$$

P:Cantidad de trabajadores

S:Valor hora trabajador

T:Tiempo requerido para ejecución del trabajo

$$\text{Perforador: } P \times S \times T \rightarrow 1 \times \$1.734 \times 4 \text{ Horas} = \$6.936$$

$$\text{Apires: } P \times S \times T \rightarrow 3 \times \$1.411 \times 4 \text{ Horas} = \$16.932$$

- **Instalación de la Fortificación (\$)**

$$P \times S \times T$$

P:Cantidad de personas

S:Valor hora persona

T:Tiempo requerido para ejecución del trabajo (Horas)

$$\text{Perforador: } P \times S \times T \rightarrow 1 \times \$1.734 \times 4 \text{ Horas} = \$6.936$$

$$\text{Apires: } P \times S \times T \rightarrow 3 \times \$1.411 \times 4 \text{ Horas} = \$16.932$$

- **Tendidos**

$1m^3$ Eucaliptus \rightarrow $\$42.000 \times 0,1 = \4.200 por cada marco.

Costo Total marco Metálico instalado: \$411.936

Fuente: Carbonífera Cockecar Ltda.

CAPITULO VIII: CONCLUSIÓN

8.1 Flujo de caja en Fortificación con Madera

Fortificación de los 173mts de acceso al Manto					
	De 1 a 4 años	De 4 a 8 años	De 8 a 12 años	De 12 a 16 años	De 16 a 20 años
Costo de la Fortificación	\$31.047.964	\$31.047.964	\$31.047.964	\$31.047.964	\$31.047.964
Mantenición	\$666.736	\$666.736	\$666.736	\$666.736	\$666.736
Σ	\$31.714.672	\$31.714.672	\$31.714.672	\$31.714.672	\$31.714.672
Costo de la Fortificación en los 173 metros, Proyectada a los 20 años de Explotación					\$158.573.360

Nota: El costo de la mantención que asciende al monto de \$666.736, corresponde a gastos de recambio de vigas, poste reparación de tabiques o tendidos en el caso que sea necesario por algún daño eventual.

Fortificación con Marcos de Madera

Mediante el resultado del flujo de caja de Fortificar con Marcos de Madera se obtiene un gasto de \$31.047.964 para los 173 M de la galería de acceso al Manto, además del costo de mantención de \$ 666.736 durante los 4 años de vida útil de cada marco para los 20 años de explotación del Manto se deberá realizar el recambio de la fortificación en 4 oportunidades debido a que la madera se deteriora por estar expuesta a la humedad, lo cual genera un costo total de **\$158.573.360**.

8.2 Flujo de caja en Fortificación con marcos metálicos

Fortificación de los 173M de acceso al Manto					
	De 1 a 4 años	De 4 a 8 años	De 8 a 12 años	De 12 a 16 años	De 16 a 20 años
Costo de la Fortificación	\$71.264.928	\$0	\$71.264.928	\$0	\$71.264.928
Mantención	\$405.542	\$405.542	\$405.542	\$405.542	\$405.542
Σ	\$71.670.470	\$405.542	\$71.670.470	\$405.542	\$71.670.470
Costo de la Fortificación en los 173 metros, Proyectada a los 20 años de Explotación					\$215.825.476

Nota:El costo de la mantención que asciende al monto de \$405.542, corresponde a gatos de recambio de vigas, poste, reparación de tabiques o tendidos en el caso que sea necesario por algún daño eventual.

Fortificación con Marcos Metálicos

Mediante el flujo de caja de Fortificar con Marcos Metálicos se obtiene un gasto de \$71.264.928 para los 173 M de la galería de acceso al Manto, con un costo de mantención de \$405.542 durante los 8 años de vida útil que tienen los marcos metálicos, para los 20 años de explotación del Manto, se deberá realizar el recambio de la fortificación en dos oportunidad debido al deterioro de los marcos por estar expuestos a la humedad, lo que produce corrosión en los marcos metálicos, lo cual genera un costo total de **\$215.825.476**

En conocimiento del resultado del estudio técnico económico de los costos asociados a cada fortificación se toma la decisión de fortificar con Marcos de Madera, instalándolos a una distancia de 20cm (Figura15), por lo tanto se necesitan 346 marcos para cumplir con el requerimiento de la fortificación con un costo de \$31.714.672, los cuales tienen una vida útil de 4 años por lo que se deberán remplazar en 4 oportunidades con un costo total en los 20 años de explotación de **\$158.573.360**. Lo cual es un 26% más económico que fortificar con marcos metálicos.

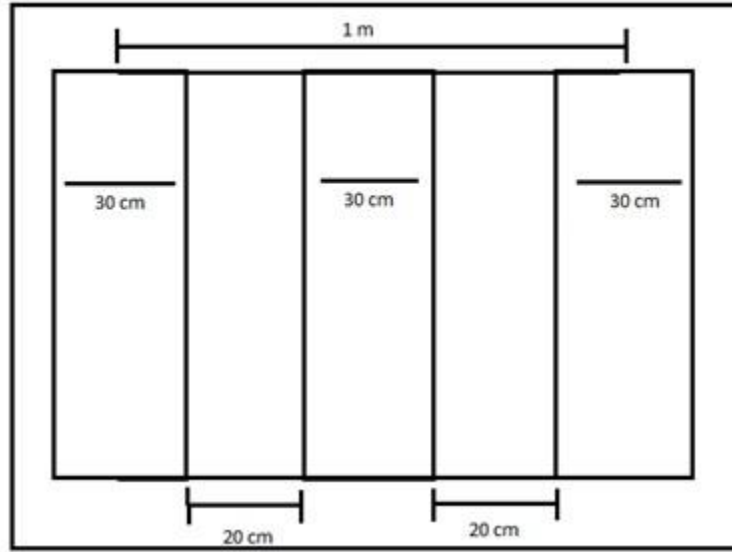


Figura 15: Distancia entre mancornas

CAPITULO IX: ANEXOS Y REFERENCIAS

9.1 Marco Legal Actual De La Minería Del Carbón En Chile

Artículo 157

Los trabajos subterráneos deben ser provistos, sin retardo, del sostenimiento más adecuado a la naturaleza del terreno y solamente podrán quedar sin fortificación los sectores en los cuales las mediciones, los ensayos, su análisis y la experiencia en sectores de comportamiento conocido, hayan demostrado su condición de autososte con la presencia de presiones que se mantienen por debajo de los límites críticos que la roca natural es capaz de soportar.

Artículo 158

Toda galería que no esté fortificada, debe ser inspeccionada periódicamente a objeto de evaluar sus condiciones de estabilidad y requerimientos de “acuñadora”, debiendo realizarse de inmediato las medidas correctivas ante cualquier anomalía detectada. En aquellas galerías fortificadas, deberá inspeccionarse el estado de la fortificación con el fin de tomar las medidas adecuadas cuando se encuentren anomalías en dicha fortificación.

Artículo 159

En los piques cuya fortificación sea total o parcial, la revisión deberá efectuarse en períodos no superiores a seis meses, pudiendo el Servicio exigir, de acuerdo al estado de éstos, revisiones antes de la fecha límite.

Artículo 160

En los piques para tránsito de personal y materiales que no estén protegidos o fortificados, se deberá disponer la acuñadura permanente a través de personal instruido y preparado para tales fines.

Artículo 161

Se prohíbe trabajar o acceder a cualquier lugar de la mina que no esté debidamente fortificada, sin previamente acuñar.

Artículo 162

La operación de acañadura tendrá carácter permanente en toda mina y cada vez que se ingrese a una galería o cámara de producción, después de una tronada, además, de la ventilación, se deberá chequear minuciosamente el estado de la fortificación y acañadura. La Administración deberá elaborar el procedimiento respectivo, el que consigne a lo menos:

- a. Obligatoriedad que tiene toda persona al ingresar al lugar de trabajo, de controlar “techo y cajas de galerías y frentes de trabajo”, al inicio y durante cada jornada laboral y proceder, siempre y cuando esté capacitado para ello, a la inmediata acañadura cuando se precise o en su defecto informar a la supervisión ante problemas mayores.
- b. Obligatoriedad de la Administración de proporcionar los medios y recursos para ejecutar la tarea. Ello incluye “Acañadores” apropiados, andamios, plataformas o equipos mecanizados si las condiciones y requerimientos lo hacen necesario.
- c. Capacitación sobre técnicas y uso de implementos para llevar a efecto esta tarea.

Artículo 164

El Administrador elaborará un reglamento interno de fortificación, de acuerdo con las condiciones de operación, el cual comprenderá todos los sistemas de fortificación usados en la empresa, y deberá obtener la aprobación del Servicio, respecto de esta materia, la técnica en uso y sus innovaciones. 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.

Artículo 165

Los sistemas de fortificación que se empleen, deben fundarse en decisiones de carácter técnico, donde se consideren a lo menos, los siguientes aspectos de relevancia:

- a. Análisis de parámetros geológicos y geotécnicos de la roca y sollicitaciones a la que estará expuesta a raíz de los trabajos mineros.
- b. Influencia de factores externos y comportamiento de la roca en el avance de la explotación.
- c. Sistema de explotación a implementar y diseño de la red de galerías y excavaciones proyectadas.
- d. Uso y duración de las labores mineras.

- e. Otros, según se observe. Cualquiera sea el sistema que se aplique, éste debe estar claramente reglamentado, aplicado y controlado por la Administración de la faena minera, informando de ello al Servicio.

Artículo 167

Cuando se emplee fortificación de madera deben observarse a lo menos las siguientes reglas:

- a. 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;
- b. En las labores de convergencia pronunciada, la fortificación debe completarse colocando tendidos de madera entre el techo y el sombrero o viga, los cuales se afianzarán a presión;
- c. 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;
- d. 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 en la bisectriz del ángulo que forman la normal al piso de la galería y la vertical al mismo punto;

- e. Tanto los postes soportantes como las vigas principales de sostenimiento deben ser de madera de la mejor calidad, sin deterioros que afecten sus características de resistencia. De igual forma la instalación y reparación de los sistemas de fortificación, con maderas, deberán hacerse con personal entrenado y preparado para esos objetivos;
- f. Todos los espacios que queden entre el sombrero y el techo deben ser rellenados con encastillados de madera bien apoyada y adecuadamente repartida, para conseguir que la presión del cerro sea transmitida uniformemente a la viga y no como una carga puntual que concentre dicha presión. El mismo criterio debe emplearse en los costados de galerías con presión lateral.

Artículo 168

Los derrumbes se permiten como parte programada y controlada de un método de explotación aprobado por el Servicio. Se prohíbe aceptar, en forma sistemática u ocasional, el uso de derrumbes accidentales, siendo obligatoria la prevención de estos últimos. Se prohíbe la remoción o adelgazamiento de los estribos o pilares de sostenimiento sin que sean reemplazados por elementos que ofrezcan una resistencia similar o mayor. Ello solo se permitirá si se implementa un sistema de explotación técnicamente factible, el que deberá contar con la autorización del Servicio.

Artículo 169

Los soportes para el control de techos, paredes y/o pisos, se deben ubicar de manera uniforme, sistemática y en los intervalos apropiados. El personal destinado a la inspección, así como a la instrucción y ejecución de los trabajos de fortificación minera, será el necesario y con amplia competencia en la función que desempeña.

Artículo 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.

Artículo 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.

Artículo 289

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

Artículo 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

Artículo 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.⁹

9.2 Terminología

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.

⁹Reglamento de Seguridad Minera. Decreto Supremo N° 132, Ministerio de Minería

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.

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

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).

9.3 BIBLIOGRAFÍA

- Código de Minería, 2015

9.4 LINKOGRAFIA

[http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/reglamentos_seguridad_minera/](http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/reglamentos_seguridad_minera/DS132_Reglamento_SEGMIN.pdf)

[DS132_Reglamento_SEGMIN.pdf](http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/reglamentos_seguridad_minera/DS132_Reglamento_SEGMIN.pdf)

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

[http://biblioteca.sernageomin.cl/opac/index.asp?param=o%A5%A6kXo%86%D0%](http://biblioteca.sernageomin.cl/opac/index.asp?param=o%A5%A6kXo%86%D0%83y%99%87%94%7B%86%5E%C0%7F%9Ez%90%97%98%9E%8B%9F&Op=4)

[83y%99%87%94%7B%86%5E%C0%7F%9Ez%90%97%98%9E%8B%9F&Op=4](http://biblioteca.sernageomin.cl/opac/index.asp?param=o%A5%A6kXo%86%D0%83y%99%87%94%7B%86%5E%C0%7F%9Ez%90%97%98%9E%8B%9F&Op=4)

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

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

<https://www.dsi-chile.com/productos/obras-subterraneas/mineria/marcos.html>

http://www.lanzco.cl/LanzyCia/Marcos_de_Acero/

<http://www.garibaldi.cl/cl/productos.php?id=4&idsub=28&idproducto=35>

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

<http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-734.html>