

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS
INGENIERÍA EN MINAS

**FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE OPTIMIZACIÓN DE LA
VENTILACIÓN EN LA MINA DE CARBÓN TRINIDAD**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para
obtener el Título de Ingeniero en Minas

Profesor Guía Docente Alejandro Hernán Ramírez González

Gustavo Andrés Salazar Parra

2016

ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE.....	2
RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
ANTECEDENTES.....	5
MARCO TEÓRICO	8
EXTRACTO REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA, DECRETO SUPREMO N°132, MINISTERIO DE MINERÍA. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL EL 07 DE FEBRERO DEL 2004.....	14
FISCALIZACIÓN Y SANCIONES	28
VENTILACIÓN	30
DESCRIPCIÓN MINA TRINIDAD	46
CÁLCULO DE CAUDALES REQUERIDOS.....	49
VENTILADOR ACTUAL.....	60
CÁLCULO DE CAUDALES REQUERIDOS.....	61
ANÁLISIS ECONÓMICO	73
FUENTES DE FINANCIAMIENTO	74
CONCLUSIONES.....	77
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS.....	80

RESUMEN

Este proyecto de ventilación presenta los parámetros necesarios de una mina subterránea de carbón. Además indica la normativa legal vigente, procedimientos e instrumentación aplicable a este tipo de instalaciones.

Todo esto se dirige a cuantificar las necesidades de aire requeridas al interior de la mina, determinándolo a través de la normativa legal vigente.

INTRODUCCIÓN

En la siguiente investigación y proyecto de título se realizará un proyecto de ventilación en la Mina Subterránea Trinidad, dedicada a la industria extractiva de carbón.

La ventilación en minas subterráneas es fundamental debido a que proporciona el suministro de aire fresco necesario para la respiración, funcionamiento de equipos, dilución, remoción de partículas en suspensión, gases nocivos y además regular la temperatura de trabajo, controlando estas variables logramos obtener un clima de trabajo y laboral óptimo.

Además como definición la ventilación subterránea es un proceso a través del cual se hace circular aire al interior de la mina con el objetivo de generar una atmósfera de trabajo limpia, confortable y segura.

Atmósfera Mina

La composición del aire a nivel del mar en porcentajes en volumen es la siguiente:

- Nitrógeno 78,08%
- Oxígeno 20.95%
- Dióxido de Carbono 0.03%
- Argón 0,93%
- Otros 0,01%

A medida que se profundiza al interior de la mina las composiciones varían y se van incorporando gases nuevos como CH_4 , CO , NO , H_2O , SO_2 , entre otros.

El proyecto de ventilación que se presenta a continuación, se enfoca en El Reglamento de Seguridad Minera, que especifica las cantidades máximas de ciertos gases y las necesidades de aire referente a todo lo existente dentro de una faena minera subterránea, en este caso, de la industria extractiva del carbón.

ANTECEDENTES

1. Título del proyecto:

Factibilidad Técnica y Económica de Optimización de la Ventilación en La Mina de Carbón Trinidad.

2. Identificación del alumno

Nombre: Gustavo Andrés Salazar Parra.

R.U.T: 18.100.853-9.

Fono: (+56)982669591.

Carrera: Ingeniería en Minas.

Régimen: Diurno.

Semestre: Segundo Semestre del 2016.

Fecha de nacimiento: 04/04/1992.

Correo electrónico: Gustavo.salazar.parra@gmail.com

Domicilio: Avenida Jorge Alessandri número #546, Condominio Parque Urbano, Departamento 1505, Torre A.

4. Definición del problema e hipótesis

En la actualidad la Mina Trinidad está desarrollando un Proyecto de expansión de su producción, por lo que requerirá entre otros aspectos técnicos diseñar e implementar un nuevo sistema de ventilación para lograr mantener un adecuado clima de trabajo.

Esto se determinará a través del levantamiento de los datos a través de aforos en las condiciones actuales para así obtener los requerimientos actuales de aire y

con ello calcular el caudal requerido para la producción actual y de esta forma definir si el caudal es suficiente y verificar con ello si este flujo de aire será el suficiente ante el aumento de la producción programada.

5. Justificación

La Mina Trinidad actualmente no posee problemas de ventilación, pero frente al aumento de la producción, producto del Proyecto de expansión ascendiente a un aumento de producción del 30% se realiza una evaluación para determinar si el actual sistema tendrá la capacidad de absorberla.

Esto se debe principalmente por el aumento de personas, aumento de equipos diesel, aumento de frentes de extracción lo que implica un aumento de la cantidad de tronaduras y por ende, de partículas en suspensión y gases nocivos, ya sea producto de la tronadura o la extracción del mineral.

6. Objetivos

- Determinar el sistema de ventilación actual.
- Medir el caudal de aire que ingresa actualmente.
- Calcular el caudal de aire requerido actualmente.
- Determinar las nuevas necesidades de ventilación.
- Realizar aforos de ventilación al interior de la mina.

7. Delimitaciones y Limitaciones

Delimitaciones: Geográficamente El Proyecto se llevará a cabo en la Mina Trinidad, ubicada en la Región del Bío - Bío, Provincia de Arauco, Comuna de Lebu, sector El Diezmo.

Limitaciones: Sin limitaciones.

8. Estado del Arte

En Chile y especialmente en la minería subterránea de carbón se utiliza la Guía Metodológica de Seguridad para Proyectos de Ventilación de Minas Subterráneas que actualmente impone el Servicio Nacional de Geología y Minería, según lo dictado por el Decreto Supremo N°72 , Reglamento de Seguridad Minera, del año 1985, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado mediante Decreto Supremo N° 132, del 2002, del Ministerio de Minería.

9. Metodología

Modo de realización del proyecto

- Levantamiento de información in situ.
- Verificar lo instalado con lo exigido por el Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Información de la Asociación Chilena de Seguridad.
- Información de Recursos Humanos de la empresa.
- Bibliografía de Biblioteca de la Universidad.
- Apoyo de profesionales de la mina.
- Apoyo de profesionales del rubro.

MARCO TEÓRICO

Historia Minera Carbonífera de 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.

Historia del minero y el carbón

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.

Historia del carbón el Lebu

El origen de la industria carbonífera en Lebu se remonta a mediados del siglo diecinueve, entre sus pioneros se destaca Matías Rioseco y al Médico Escocés Juan Mckay.

Posteriormente surgen en escena Maximiano Errázuriz y Tomás Urmeneta, estos 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.

EXTRACTO REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA, DECRETO SUPREMO N°132, MINISTERIO DE MINERÍA. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL EL 07 DE FEBRERO DEL 2004.

CAPÍTULO PRIMERO
Propósito y Alcances

Artículo 1

El presente reglamento tiene como objetivo establecer el marco regulatorio general al que deben someterse las faenas de la Industria Extractiva Minera Nacional para:

- a) Proteger la vida e integridad física de las personas que se desempeñan en dicha Industria y de aquellas que bajo circunstancias específicas y definidas están ligadas a ella.
- b) Proteger las instalaciones e infraestructura que hacen posible las operaciones mineras, y por ende, la continuidad de sus procesos.

Artículo 2

Las disposiciones de este Reglamento son aplicables a todas las actividades que se desarrollan en la Industria Extractiva Minera.

Artículo 3

Sin perjuicio de las disposiciones contenidas en este Reglamento, serán igualmente aplicables a la Industria Extractiva Minera aquellas normas de seguridad contenidas en la reglamentación nacional, en tanto sean compatibles con éstas.

Artículo 4

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2o, Título I del Decreto Ley No 3.525 de 1980, corresponderá al Servicio Nacional de Geología y Minería, la competencia general y exclusiva en la aplicación y fiscalización del cumplimiento del presente Reglamento.

CAPÍTULO SEGUNDO

Definiciones y Campo de Aplicación

Artículo 5

Para los efectos del presente Reglamento, el nombre de Industria Extractiva Minera designa a todas las actividades correspondientes a:

- a) Exploración y prospección de yacimientos y labores relacionados con el desarrollo de proyectos mineros.
- b) Construcción de proyectos mineros.
- c) Explotación, extracción y transporte de minerales, estériles, productos y subproductos dentro del área industrial minera.
- d) Procesos de transformación pirometalúrgicos, hidrometalúrgicos y refinación de sustancias minerales y de sus productos.
- e) Disposición de estériles, desechos y residuos. Construcción y operación de obras civiles destinadas a estos fines.
- f) Actividades de embarque en tierra de sustancias minerales y/o sus productos.
- g) Exploración, prospección y explotación de depósitos naturales de sustancias fósiles e hidrocarburos líquidos o gaseosos y fertilizantes.

La Industria Extractiva Minera incluye, además, la apertura y desarrollo de túneles, excavaciones, construcciones, y obras civiles que se realizan por y para dicha industria y que tengan estrecha relación con las actividades indicadas en el inciso anterior.

Artículo 6

El nombre de faenas mineras comprende todas las labores que se realizan, desde las etapas de construcción, del conjunto de instalaciones y lugares de trabajo de la Industria Extractiva Minera, tales como minas, plantas de tratamiento, fundiciones, refinerías, maestranzas, talleres, casas de fuerza, muelles de embarque de productos mineros, campamentos, bodegas y, en general, la totalidad de las labores, instalaciones y servicios de apoyo e infraestructura necesaria para asegurar el funcionamiento de la Industria Extractiva Minera.

Para los efectos del presente reglamento, se entiende por:

- Exploración al conjunto de acciones y trabajos que permiten identificar, mediante la aplicación de una o más técnicas de reconocimientos geológicos, zonas de características favorables para la presencia de acumulaciones de minerales y yacimientos;
- Prospección al trabajo geológico minero conducente a examinar o evaluar el potencial de recursos mineros detectados en una exploración.
- Operación Minera a la exploración, construcción, desarrollo, producción y cierre de faenas mineras.
- Obras civiles a los trabajos desarrollados tanto para los estudios preliminares como para la construcción misma de una faena minera.

Artículo 7

Para los efectos de este Reglamento, no se considerarán faenas mineras, las refinерías de petróleo, las industrias metalúrgicas no extractivas, las fábricas de vidrio, cemento, ladrillos, cerámica o similares, como también, las que expresamente señala el Código de Minería, vale decir: las arcillas superficiales y las arenas, rocas y demás material aplicables directamente a la construcción; tampoco se consideran faenas mineras las salinas artificiales formadas en las riberas del mar, lagunas o lagos.

Artículo 8

Titular o Propietario es la persona natural o jurídica a cuyo nombre se encuentra inscrita la concesión minera en el Registro de Descubrimiento o de Propiedad del Conservador de Minas respectivo, según corresponda.

Artículo 9

Empresa Minera es la persona natural o jurídica, Titular o Propietaria que, por cuenta propia o, en representación de otra mediante contrato oneroso, ejecute o entrega la ejecución, respectivamente, de las acciones, faenas y trabajos de la industria extractiva minera respecto de una concesión minera determinada, así como también lo es aquella a quién se le entrega dicha ejecución en el carácter que el correspondiente contrato lo señale.

Artículo 10

El Titular o Propietario no perderá su calidad de tal, ni pasará a ser considerado como Empresa Minera por el hecho de traspasar la faena minera o parte de ella a terceros, a título gratuito, que no sea traslativo de dominio.

Artículo 11

La Empresa Minera, que decida hacer trabajos con terceros, pasará a llamarse “Empresa Minera Mandante”, y la otra “Empresa Minera Contratista”.

Artículo 12

Cada vez que en el texto se aluda al término “Director”, deberá entenderse como Director Nacional del Servicio Nacional de Geología y Minería; la expresión “Servicio” o “SERNAGEOMIN”, indica Servicio Nacional de Geología y Minería, y la expresión “Reglamento”, se refiere al presente Reglamento. Por otra parte, en cuanto a los plazos para la aprobación o autorización de las distintas materias que el presente Reglamento encarga al Servicio, se debe entender que dichos plazos son de días hábiles, y corren desde el momento de la presentación o llegada a la Oficina de Parte del Servicio de la solicitud correspondiente o de cualquier otro antecedente requerido o no por el Servicio y que tenga que ver con lo que se está solicitando su aprobación o autorización.

Los términos, Gerente, Administrador y Supervisor, se refieren a la o las personas que actúan en representación de la empresa minera, en sus respectivos cargos, cualquiera que sea el título o instrumento en que conste la representación.

La expresión “Experto”, está referida a los Expertos en Prevención de Riesgos de la Industria Extractiva Minera, formados y calificados por el Servicio, de acuerdo a la legislación.

CAPÍTULO CUARTO Ventilación

Artículo 136

Todo proyecto de ventilación general de una mina subterránea, previo a su aplicación, deberá ser enviado al Servicio para su aprobación. 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 137

En toda mina subterránea se deberá disponer de circuitos de ventilación, ya sea natural o forzado a objeto de mantener un suministro permanente de aire fresco y retorno del aire viciado.

Artículo 138

En todos los lugares de la mina, donde acceda personal, el ambiente deberá ventilarse por medio de una corriente de aire fresco, de no menos de tres metros cúbicos por minuto (3 m³/min) por persona, en cualquier sitio del interior de la mina.

Dicho caudal será regulado tomando en consideración el número de trabajadores, la extensión de las labores, el tipo de maquinaria de combustión interna, las emanaciones naturales de las minas y las secciones de las galerías.

Las velocidades, como promedio, no podrán ser mayores de ciento cincuenta metros por minuto (150 m/min.), ni inferiores a quince metros por minuto (15 m/min.).

Artículo 139

Se deberá hacer, a lo menos trimestralmente, un aforo de ventilación en las entradas y salidas principales de la mina y, semestralmente, un control general de toda la mina, no tolerándose pérdidas superiores al quince por ciento (15 %).

Los resultados obtenidos de estos aforos deberán registrarse y mantenerse disponibles para el Servicio.

Artículo 140

En las minas en que se explote azufre u otro mineral cuya suspensión de partículas en el aire forme mezclas explosivas, se deberán tomar las medidas preventivas necesarias para controlar el riesgo, contemplándose las siguientes acciones mínimas:

- a) Realizar un muestreo periódico y sistemático del aire en los lugares de trabajo, llevando registros actualizados con los resultados obtenidos.
- b) Mantener una ventilación eficiente que permita la dilución del polvo en el aire a niveles permisibles.
- c) Humedecer con agua los lugares de trabajo antes y después de cada tronadura. En los puntos en que se generen emisiones de polvo, deberá disponerse de sistemas colectores.
- d) Usar solamente explosivos aprobados para este tipo de explotación.
- e) Todo equipo con motor a combustión que realice actividades dentro de estas minas, debe disponer en el tubo de escape de una rejilla o malla que evite la proyección de partículas incandescentes al exterior.

Artículo 141

En las galerías en desarrollo donde se use ventilación auxiliar, el extremo de la tubería no deberá estar a más de treinta metros (30m) de la frente.

Para distancias mayores se deberá usar sopladores, venturi o ventiladores adicionales, tanto para hacer llegar el aire del ducto a la frente (sistema impelente) como para hacer llegar los gases y polvo al ducto (sistema aspirante).

Artículo 142

La ventilación se hará por medios que aseguren en todo momento la cantidad y calidad necesaria de aire para el personal.

Artículo 143

En todo caso, en lo que se refiere a temperaturas máximas y mínimas en los lugares de trabajo deberá acatarse lo dispuesto en el “Reglamento sobre condiciones Sanitarias Ambientales Básicas en los lugares de Trabajo”, del Ministerio de Salud.

Artículo 144

No se permitirá la ejecución de trabajos en el interior de las minas subterráneas cuya concentración de oxígeno en el aire, en cuanto a peso, sea inferior a diecinueve coma cinco por ciento (19,5%) y concentraciones de gases nocivos superiores a los valores máximos permisibles determinados por la legislación. Si las concentraciones ambientales fueren superiores, será obligatorio retirar al trabajador del área contaminada hasta que las condiciones ambientales retornen a la normalidad, situación que deberá certificar personal calificado y autorizado.

Artículo 145

En toda labor minera que no ha sido ventilada, esté abandonada o se hayan detectado concentraciones de gases nocivos por sobre los límites permisibles, debe ser bloqueado el acceso de personas por medio de tapados de malla o similar, colocando las señales de advertencia correspondientes. En caso de ser necesario acceder a ella, se deberá realizar previamente un análisis exhaustivo tanto de los niveles de oxígeno como de gases nocivos, usándose, si es necesario, equipos autónomos de respiración u otro equipo de respiración aprobado.

Artículo 146

En las frentes de reconocimiento o desarrollo en donde, por encontrarse a una distancia tal de la corriente ventiladora principal, la aireación de dichos sitios se haga lenta, deberán emplearse tubos ventiladores u otros medios auxiliares adecuados a fin de que se produzca la renovación continua del ambiente.

Artículo 147

Toda corriente de aire viciado que pudiera perjudicar la salud o la seguridad de los trabajadores, será cuidadosamente desviada de las faenas o de las vías destinadas al tránsito normal de las personas.

No se permitirá el uso de aire viciado para ventilar frentes en explotación.

Artículo 148

Toda puerta de ventilación debe cerrarse por sí misma, a menos que, por tratarse de puertas destinadas a enfrentar situaciones de emergencia, deban permanecer abiertas en circunstancias normales.

Las puertas que no cumplen ningún objetivo, aunque sea temporalmente, deben ser retiradas de sus goznes.

Artículo 149

Todo ventilador principal debe estar provisto de un sistema de alarma que alerte de una detención imprevista.

Artículo 150

Los ventiladores, puertas de regulación de caudales, medidores, sistemas de control y otros, deberán estar sujetos a un riguroso plan de mantenimiento, llevándose los respectivos registros.

Artículo 151

Todos los colectores de polvo, sistemas de ductos y captaciones en general, deberán ser sometidos, a lo menos cada tres meses, a un riguroso plan de mantención y control de eficiencia de los sistemas.

Título V

Explotación Minería del Carbón

CAPÍTULO PRIMERO

Generalidades

Artículo 266

Serán aplicables a las minas de carbón, todas las disposiciones del presente Reglamento, en especial las de los títulos III y IV, en todo lo pertinente y que no se oponga a las normas del presente título.

Artículo 267

En las minas de carbón, los lugares de trabajo deberán ser inspeccionados en forma permanente y sistemática por los supervisores designados para estos efectos por la Administración de la mina. Estos supervisores tendrán también, a su cargo la vigilancia de la ventilación de las labores, disponiendo su desalojo cuando las concentraciones de gases o condiciones de estabilidad del terreno representen un riesgo para la integridad de las personas. Las actividades podrán reiniciarse únicamente cuando se repongan los estándares normales de trabajo.

Artículo 268

Se usará en las minas subterráneas de carbón, únicamente lámparas de seguridad aprobadas para tales fines, quedando prohibido al personal abrirlas o intervenirlas en el interior de la mina. La mantención y reparación de estos implementos se hará sólo por personal autorizado y en lugares asignados para ello.

Dichas lámparas de seguridad deberán estar dotadas de cerraduras u otros dispositivos similares que eviten que sean abiertas por personas no autorizadas.

Toda persona cuya lámpara de seguridad para alumbrado sufra algún desperfecto o deterioro accidental, debe apagarla de inmediato y dar cuenta a su supervisor. Lo dispuesto en el inciso anterior, también, rige para las lámparas grismétricas.

Artículo 269

Toda Empresa carbonífera deberá desarrollar o explotar el yacimiento, de acuerdo a planos de diseño que permitan conocer la estructura de las galerías, pilares, orientaciones, avances de explotación y toda otra información relevante para la seguridad de la faena.

En los planos deberán quedar consignadas las coordenadas U.T.M. de la boca mina y su cota referida al nivel del mar.

Una vez terminada la explotación de una mina de carbón, la empresa deberá adoptar las medidas pertinentes para bloquear toda posibilidad de acceso; lo cual debe formar parte de un Plan de Cierre de acuerdo con las normas del Título X del presente Reglamento, que se debe presentar al Servicio para su revisión y aprobación.

Artículo 270

Prohíbese en el interior de las minas de carbón, el uso de motores bencineros, así como de todo otro equipo, herramientas y en general de cualquier artefacto no autorizado por la Administración de la faena minera.

Artículo 271

En la explotación submarina de carbón se aplicarán las siguientes normas:

a) No podrán explotarse mantos carboníferos submarinos que tengan un espesor de techo inferior a cien (100) metros, medido normalmente el estrato carbonífero en relación al fondo del mar. Las galerías de desarrollo o de acceso a los mantos, practicadas por terreno estéril, deberán tener un techo mínimo equivalente a veinte veces el alto de la galería.

b) La Empresa minera deberá dejar un pilar de seguridad de no menos de veinticinco (25) metros que circunvale el límite de su propiedad minera submarina,

con el objeto de que los explotadores colindantes o que lleguen a ser colindantes queden separados por un pilar de al menos cincuenta (50) metros en la región submarina.

c) Antes de comenzar trabajos de reconocimiento, de preparación o de explotación de yacimientos carboníferos submarinos, el empresario deberá disponer de un proyecto del sistema de explotación aprobado por el Servicio. Este proyecto no podrá variarse fundamentalmente sin autorización escrita del Servicio y se deberá enviar al Director el croquis correspondiente de cada frente de arranque con treinta (30) días hábiles de anticipación al inicio de la faena.

d) En los casos en que la pendiente del manto sea superior a treinta (30) grados y el sistema de explotación adoptado contemple hundimientos del techo y existan razones para suponer presencia de fallas, deberán practicarse de antemano galerías de exploración por el manto, con una longitud mínima de cuarenta (40) metros en la dirección del mar. Esta exigencia podrá suprimirse cuando se tengan antecedentes geológicos que, a juicio del Servicio, justiquen la supresión.

e) En casos de fallas con saltos superiores a quince (15) metros en los frentes de arranque, o con anchos superiores a treinta (30) centímetros, se deberán dejar pilares de seguridad de ocho (8) metros a cada lado de ellas. Para atravesar la falla con galerías de acceso al manto carbonífero del otro lado de la dislocación, se deberá disponer de medidas especiales de seguridad autorizadas por la Administración.

f) Cuando el espesor del techo de los laboreos submarinos sea inferior a ciento cincuenta (150) metros respecto del fondo del mar, se deberá disponer de un plano que contenga las cotas del fondo del mar en una extensión de por lo menos trescientos (300) metros más adelante, en la dirección que va a seguir el laboreo de los puntos más avanzados del trabajo subterráneo. En este plano deberán indicarse, también, las cotas de los laboreos mineros, para que puedan apreciarse con suficiente seguridad los espesores de techo que se van a encontrar en un futuro cercano de la explotación.

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.

CAPÍTULO SEGUNDO

Sistemas de Ventilación

Artículo 272

Los “portales” de inyección de aire fresco a una mina de carbón, deben estar ubicados de tal manera que no haya posibilidad alguna de ser afectados por derrumbes y obstrucciones, o que las corrientes de aire puedan ser afectadas por la aspiración de polvo de carbón o humo en casos de incendio.

Artículo 273

Las minas, sectores y frentes de explotación de carbón, deberán disponer de dos galerías de ventilación. Por una de estas vías se introducirá el aire fresco requerido y por la otra se extraerá el aire viciado. Estas vías que se denominarán principal y revuelta, respectivamente, deberán ser mantenidas en buenas condiciones para que puedan cumplir con su objetivo.

Dichas galerías podrán servir, además, como eventuales salidas de emergencia.

Artículo 274

No serán considerados lugares aptos para la presencia de personas, los frentes de trabajo, vías de acceso o de comunicación, si el aire contiene más de un dos por ciento (2%) de metano, en los frentes de arranque y más de un cero coma setenta y cinco por ciento (0,75%) de metano en las galerías de retorno general del aire de la mina.

Artículo 275

Los ventiladores principales de la mina, se instalarán en lugares a prueba de fuego y deben disponerse de forma tal que pueda invertirse la ventilación si fuese necesario. Esta inversión de la ventilación sólo podrá ser autorizada por la Administración de la faena.

En caso de paralización imprevista de los ventiladores principales, el personal deberá ser evacuado de los frentes, hacia lugares ventilados, o a la superficie si es necesario, según las condiciones ambientales existentes.

Artículo 276

Los reguladores de ventilación no deben ubicarse en galerías de acceso o de transporte. Los ductos de ventilación y los ventiladores, deberán estar conectados a tierra.

Artículo 277

Las puertas principales de ventilación y sus marcos, deben ser construidas de materiales incombustibles o resistentes al fuego y empotrados en la galería.

Tales puertas, serán dobles cuando constituyan la única separación entre los flujos de aire principal de entrada y de retorno de la mina. Deben instalarse convenientemente espaciadas para que durante su utilización, como el paso de personas y/o materiales, a lo menos una de ellas permanezca cerrada. En todo lugar en que las puertas de ventilación deban abrirse frecuentemente, deberán contar con un dispositivo de manera que su cierre sea automático.

Artículo 278

En las minas en que se haya comprobado la presencia de gases explosivos, estará prohibido ventilar los "frentes" de explotación por medio de una corriente de aire descendente.

En las faenas de la minería del carbón se deberá contar con un barómetro ubicado en un sitio apropiado en superficie, a fin de conocer la tendencia de la concentración de metano en el interior, cuando la presión barométrica desciende.

Artículo 279

En toda faena carbonífera subterránea, deberán efectuarse mediciones del contenido de metano (CH₄), por lo menos cada treinta (30) minutos en el flujo de ventilación y en los frentes de trabajo. Este control será efectuado por personal calificado y autorizado, consignando por escrito en libretas especiales o en otro medio adecuado, los valores obtenidos.

Cada vez que ocurra una acumulación de grisú, de cualquier valor que ella sea, deben adoptarse medidas inmediatas para desalojar el gas y medidas especiales para normalizar la ventilación, todo lo cual se registrará en el libro de novedades del turno.

FISCALIZACIÓN Y SANCIONES

El Reglamento de Seguridad Minera señala en el artículo 10 que serán funciones del Servicio "controlar y fiscalizar el cumplimiento de las normas y exigencias establecidas por este Reglamento o por el propio Servicio; investigar los accidentes del trabajo, y exigir el cumplimiento de las acciones correctivas dispuestas en la industria extractiva minera".

Indica también que entre sus funciones está "proponer la dictación de normas que tiendan a mejorar las condiciones de higiene y seguridad en la industria extractiva minera, de acuerdo con los avances técnicos y científicos".

En artículos posteriores el Reglamento establece que "los funcionarios del Servicio están facultados para inspeccionar la totalidad de los trabajos e instalaciones que formen parte de las faenas mineras, para lo cual la empresa minera o quienes actúen en su representación les darán las facilidades que el Servicio estime necesarias. Para tal propósito, será obligación de la empresa disponer que dichos funcionarios sean atendidos por profesionales o por empleados de la faena minera, cuyo poder de decisión sea aceptable, a juicio del Servicio, y que ofrezcan garantías de competencia y pleno conocimiento del lugar que se desea inspeccionar"(art.12)

Por su parte, el artículo 13 del Reglamento de Seguridad Minera, explicita las atribuciones y forma de procedimiento del Sernageomin sobre la materia: "Las observaciones de los funcionarios del Servicio serán anotadas en un libro especial, foliado y con copias, exclusivamente destinado a este objeto, que deberá mantenerse en la Administración. En este libro se anotarán, además, los nombres, apellidos y domicilios de los ejecutivos de la faena minera que tengan responsabilidad en la aplicación del presente Reglamento".

"Las observaciones y medidas indicadas por el Servicio en el "Libro Autorizado" deberán ser realizadas en las fechas anotadas, informando de su cumplimiento al Servicio. El no cumplimiento de esta información, facultará al Servicio, para multar o aplicar medidas administrativas a la empresa, la que además será responsable de los accidentes ocurridos por no eliminar o controlar los riesgos indicados".

En los artículos finales, se precisan con mayor exactitud los alcances de las sanciones que puede dictaminar el Servicio respecto de aquellas empresas que contravengan el Reglamento de Seguridad Minera: "Las empresas mineras, serán penadas, sin perjuicio de las medidas disciplinarias que se establezcan, con multas de dos (2) a cincuenta (50) Unidades Tributarias Mensuales por cada infracción, y en caso de reincidencia, con el doble de dichas multas" (art. 519 al 522)

Además, recalca enseguida el poder sancionador que le ha sido conferido al Director Nacional del Servicio Nacional de Geología y Minería quien "podrá determinar el cierre temporal o definitivo, en forma parcial o total de la faena minera respectiva. Asimismo, en los casos en que, a juicio del Director, atendida la naturaleza de la infracción y los perjuicios o daños que haya causado o pueda ocasionar, y se trate de infracciones graves de las empresas, aquél también podrá disponer el cierre temporal o definitivo, en forma parcial o total de la faena minera respectiva.

VENTILACIÓN

Concepto de caudal

El concepto de caudal de aire es la medida de volumen de aire por unidad de tiempo. Se mide la velocidad del aire que atraviesa una sección determinada y se mide la sección para obtener el caudal en metros cúbicos por minuto.

Objetivos de la ventilación

Ventilación en minería subterránea se entiende como el suministro controlado de aire fresco a las distintas labores que se irán desarrollando al interior de la mina.

Básicamente sus objetivos principales son proveer la cantidad de oxígeno necesario para los trabajadores y diluir y remover los contaminantes hasta concentraciones seguras.

El objetivo principal de la ventilación es proveer extraer el aire contaminado de la mina hasta la superficie con los siguientes objetivos:

- Proporcionar a los trabajadores la cantidad y calidad de aire suficiente que les permita respirar normalmente.
- Diluir y arrastrar gases asfixiantes, tóxicos e inflamables hasta convertirlos en inofensivos.
- Disminuir la temperatura para proporcionar un medio ambiente de trabajo adecuado.
- Disminuir partículas en suspensión.

Ventilación Natural

La energía más barata y abundante en la naturaleza es el aire natural, que se utiliza en la ventilación para minas subterráneas.

Este aire se introduce por la bocamina principal de ingreso, recorriendo el flujo del aire por la totalidad del circuito de ventilación, hasta la salida del aire por la otra bocamina.

Para que funcione la ventilación natural tiene que existir una diferencia de alturas entre las bocaminas de entrada y salida. En realidad, más importante que la profundidad de la mina es el intercambio termodinámico que se produce entre la superficie y el interior. La energía térmica agregada al sistema se transforma a energía de presión, susceptible de producir un flujo de aire (el aire caliente desplaza al aire frío produciendo circulación).

La ventilación natural es muy cambiante, depende de la época del año, incluso, en algunos casos, de la noche y el día.

Dado que, la VENTILACIÓN NATURAL es un fenómeno de naturaleza inestable y fluctuante, en ninguna faena subterránea moderna debe utilizarse como un medio único y confiable para ventilar sus operaciones. (Anexos fotografía n°1)

Ventilación Auxiliar

Como ventilación auxiliar o secundaria, definimos aquellos sistemas que, haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando para ello circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que les proporciona el sistema de ventilación general.

Por extensión, esta definición la aplicamos al laboreo de túneles desde la superficie, aun cuando en estos casos no exista un sistema de ventilación general.

Los sistemas de ventilación auxiliar que pueden emplearse en el desarrollo de galerías horizontales, utilizando ductos y ventiladores auxiliares son:

- Sistema impelente: El aire es impulsado dentro del ducto y sale por la galería en desarrollo ya viciado. Para galerías horizontales de poca longitud y sección (menores a 400 metros y de 3.0 x 3.0 metros de sección), lo conveniente es usar un sistema impelente de mediana o baja capacidad, dependiendo del equipo a utilizar en el desarrollo y de la localización de la alimentación y evacuación de aire del circuito general de ventilación de la zona. (Ver figura 1).
- Sistema aspirante: El aire fresco ingresa a la frente por la galería y el contaminado es extraído por la ductería. Para ventilar desarrollos de túneles desde la superficie, es el sistema aspirante el preferido para su ventilación, aún cuando se requieren elementos auxiliares para remover el aire de la zona muerta, comprendida entre la frente y el extremo de la ductería de aspiración. (Anexos, figura nº2).
- Un tercer sistema es el combinado, aspirante-impelente, que emplea dos tendidos de ductería, una para extraer aire y el segundo para impulsar aire limpio a la frente en avance. Este sistema reúne las ventajas de los dos tipos básicos, en cuanto a mantener la galería y la frente en desarrollo con una renovación constante de aire limpio y en la velocidad de la extracción de los gases de disparos, con la desventaja de su mayor costo de instalación y manutención.

Para galerías de mayor sección (mayor a 12 m²), y con una longitud sobre los 400 metros, el uso de un sistema aspirante o combinado es más recomendable para mantener las galerías limpias y con buena visibilidad para el tráfico de vehículos, sobre todo si éste es equipo diesel. (Ver figura 3, Anexos).

Hoy día, es la ventilación impelente la que más se usa, ya que el ducto es una manga totalmente flexible, fácil de trasladar, colocar y sacar. En este caso, el

ventilador al soplar infla la manga y mueve el aire. En el caso de la ventilación aspirante, estas mangas deben tener un anillado en espiral rígido lo que las hace muy caras.

El uso de sistemas combinados, aspirante – impelentes, para ventilar el desarrollo de piques verticales, es también de aplicación práctica cuando éstos se desarrollan en forma descendente y la marina se extrae por medio de baldes. En estos casos, el uso de un tendido de mangas que haga llegar aire fresco al fondo del pique en avance es imprescindible para refrescar el ambiente.

La aplicación de sistemas auxiliares para desarrollar galerías verticales está limitada a su empleo para ventilar la galería donde se inicia el desarrollo de la chimenea o pique, dado que la destrucción de los tendidos de ductos dentro de la labor vertical por la caída de la roca en los disparos es inevitable (en su reemplazo se utiliza el aire comprimido).

Ductos de ventilación y sus características

Temperatura operación: -28° Celsius a 82° Celsius (-18°F a 180° F).

Ignífugos: resistentes a la llama, auto extinguidos con una fuente de ignición su propagación es de 112mm/min, además de poseer propiedad antiestática.

Medidas: Diámetro de 300 a 3000mm y todas las uniones son efectuadas con soldadura electrónica de alta frecuencia, asegurando su sellado.

Tela Resistente: Telas de poliéster recubiertas de PVC, las cuales destacan por su bajo peso, y altos valores de resistencia a presiones; permitiendo un fácil manejo e instalación. La tela es altamente resistente al roce, impermeable, y resistente a los ácidos.

Fácil instalación y acople seguro: se utiliza en todos los ductos una solapa perforada con hojuelos a lo largo del tramo del tubo, asegurando una distribución uniforme del peso y una fácil instalación. Además se acopla seguramente con una banda de seguridad sellada electrónicamente.

Diametro (Pulgadas)	Formatos (m)	Rendimiento (kg/m)	Razón Compresión	Presión Negativa (mmcda)	Presión positiva (psi)
8	7.5	3.2	11:1	966	8
12	15	5.1	11:1	345	5
16	15 y 30	6.5	11:1	172	5
18	1 a inf.	-	7:1	244	2400
20	1 a inf.	-	6.8:1	244	2400
22	1 a inf.	-	6:1	214	2100
24	1 a inf.	-	5.6:1	193	1900

Uso de Aire Comprimido

Por su alto costo, en relación a la ventilación mecanizada, el uso del aire comprimido para atender la aireación de desarrollos debe limitarse exclusivamente a aquellas aplicaciones donde no es posible por razones prácticas el utilizar sistemas auxiliares de ventilación como es el caso particular del desarrollo manual de chimeneas o piques inclinados.

El uso de sopladores de aire comprimido para ventilar los **desarrollos horizontales**, se debe limitar a aquellas **galerías de pequeña sección** que por la falta de espacio físico no hacen posible los tendidos de mangas de ventilación y para acelerar la salida de los gases en los **sistemas aspirantes**, instalando los sopladores en el extremo de la cañería de aire comprimido cercana a las frentes (zona muerta), siempre que no sea posible el uso de ventiladores eléctricos portátiles con manga lisa **que impulse aire** a la frente en avance.

ART. 141, DS 72: En las galerías en desarrollo donde se use ventilación auxiliar, el extremo de la tubería no deberá estar a más de 30 metros de la frente (Anexos, figura nº3).

CALCULOS DE LOS CAUDALES REQUERIDOS

El objetivo principal de un estudio de ventilación de minas, es determinar la cantidad y calidad del aire que debe circular dentro de ella.

Los factores que influyen en la determinación de este caudal, dependen de las condiciones propias de cada operación y del método de explotación utilizado.

El caudal necesario, para satisfacer las necesidades tanto del personal como de los equipos que en conjunto laboran al interior de la mina, se establecen de acuerdo a los requerimientos legales, normas de confort y eficiencia del trabajo.

Este caudal debe garantizar la dilución de los gases generados tanto por los equipos y maquinarias de combustión interna (Diesel), como los gases provenientes de la tronadura y los polvos asociados a las distintas operaciones.

La normativa a cumplir en Chile, son el **Reglamento de Seguridad Minera D.S. N° 72**, del Ministerio de Minería, **artículos desde el N° 132 al N° 151** y el **artículo N° 66 del D.S. N° 594, Reglamento sobre condiciones ambientales** básicas en lugares de trabajo, del Ministerio de Salud.

El aire, al pasar por una mina sufre cambios en su composición, principalmente de disminución de oxígeno. En minas poco profundas, el clima dentro de las minas, no presenta mayores preocupaciones, pero cuando tienen profundidades superiores a 1.000 metros, éste es un problema que debe ser atendido.

La acción de temperaturas elevadas sobre el personal, pueden incluso provocar la muerte.

Ventiladores y su clasificación

Un ventilador es una máquina que transmite energía a un fluido (aire o gases),

produciendo el incremento de presión necesario (Presión Total) con la que mantener un flujo continuo de dicho fluido.

Cada ventilador vendrá definido por su curva característica, que es el lugar geométrico de los puntos de funcionamiento del mismo para cada ángulo de regulación de los álabes. Por tanto, tendremos una curva característica distinta para cada ángulo. El punto de corte de la curva característica con la resistencia del circuito es el punto de funcionamiento del ventilador.

Clasificación de los ventiladores

Con el desarrollo de la ciencia aerodinámica, en los años posteriores a la segunda guerra mundial se desarrollaron los primeros ventiladores de flujo axial, es decir, los ventiladores axiales, los cuales son los más utilizados, en la actualidad y a nivel global, para mover grandes caudales de aire en los trabajos subterráneos, operando -dichas unidades- tanto en interior mina, como en superficie.

Los ventiladores de tipo centrífugo, actualmente son ampliamente utilizados en Sistemas de Ventilación Industrial dado su capacidad de generar altas caídas de presión con caudales relativamente bajos.

Los ventiladores se dividen en el sentido más general en 3 tipos: Ventiladores de hélice, axiales y centrífugos. Para cada uno de estos tipos se pueden disponer con variedad de posiciones de descarga y distintos tipos de accionamiento del rodete.

Ventilador Centrífugo: El ventilador centrífugo consiste en un rotor encerrado en una envolvente de forma espiral; el aire, que entra a través del ojo del rotor paralelo a la flecha del ventilador, es succionado por el rotor y arrojado contra la envolvente se descarga por la salida en ángulo recto a la flecha; puede ser de entrada sencilla o de entrada doble. Son ventiladores de flujo radial. La trayectoria del fluido sigue la dirección del eje del rodete a la entrada y está perpendicular al mismo a la salida. Si el aire a la salida se recoge perimetralmente en una voluta, entonces se dice que el ventilador es de voluta.

En un ventilador de entrada doble, el aire entra por ambos lados de la envolvente succionado por un rotor doble o por dos rotores sencillos montados lado a lado. Los rotores se pueden clasificar, en general, en aquellos cuyos álabes son radiales, o inclinados hacia adelante, o inclinados hacia atrás del sentido de la rotación.

Ventilador de Hélice: Este ventilador está formado por un rodete dentro de un anillo o carcasa de montaje. La dirección de la corriente de aire es paralela a la flecha del ventilador. Se emplea para movilizar aire en circuitos cuya resistencia es muy pequeña.

Puede manejar grandes volúmenes de aire a una presión estática baja.

Ventilador Axial: El ventilador axial es de diseño aerodinámico. Este tipo de ventilador consiste esencialmente en un rodete alojado en una envolvente cilíndrica o carcasa. La adición de álabes-guía, detrás del rotor, convierte al ventilador turbo-axial en un ventilador axial con aletas guía.

Puede funcionar en un amplio rango de volúmenes de aire, a presiones estáticas que van de bajas a moderadamente altas y es capaz de desarrollar mayores presiones estáticas que el ventilador centrífugo a la vez que es mucho más eficiente. Los álabes-guía, en la succión o en la descarga, o en ambas partes, se han añadido para enderezar el flujo del aire fuera de la unidad a la vez que sirven de apoyo en el diseño.

Comparativa de ventiladores axiales frente a ventilador centrífugos

Las diferencias que se tiene al utilizar un ventilador axial frente a un centrífugo son las siguientes:

Los ventiladores axiales ofrecen mejor eficiencia en un amplio rango de puntos de funcionamiento, mientras que los ventiladores centrífugos pueden tener un rendimiento muy alto, pero solamente sobre un rango muy reducido, y sólo sobre una curva característica. Este parámetro es muy importante ya que el coste de la

energía es un factor que se ha de tener en cuenta. Por tanto, el rendimiento tiene una importancia primordial, y como es lógico, primará conseguir rendimientos elevados en grandes gamas de puntos de funcionamiento, objetivo mucho más difícil de conseguir con ventiladores centrífugos que con ventiladores axiales.

Si un ventilador centrífugo diseñado para un punto de funcionamiento determinado ha de trabajar en otras condiciones, debido, por ejemplo, a un cambio en las condiciones resistentes de la mina, tendrá presumiblemente una disminución de rendimiento considerable.

Mayor rendimiento mecánico de los ventiladores axiales, ya que los ventiladores centrífugos transmiten el movimiento desde motor al rodete con transmisión por correas o mediante otros tipos transmisiones. Esto implica una serie de complicaciones adicionales frente a un ventilador axial, ya que además de la pérdida de rendimiento por transmisión, podrían aparecer más frecuentemente fenómenos de vibraciones debido a que es un sistema mecánico más complejo.

En ciertos ventiladores centrífugos se plantean problemas en la transmisión como puede ser el deslizamiento de la correa, destensado, exceso de tensado que repercute sobre los rodamientos, y con cierto peligro de rotura de las correas cuando están expuestas a temperaturas extremas.

Un ventilador axial, para las mismas prestaciones de presión y caudal, requiere menor espacio físico que un ventilador centrífugo, ya que por el diseño puede utilizar motores de mayor velocidad. El ventilador centrífugo al contrario, necesita cimentaciones mayores para el ventilador y toda su ductería incrementando el costo de la instalación significativamente.

La presencia de agua es perjudicial para los ventiladores centrífugos, ya que el rodete de estos, presentan en su configuración huecos que acumulan agua mientras trabajan, produciendo un desequilibrio en el ventilador que degenera en vibraciones.

Un ventilador axial tiene más versatilidad en la regulación que un ventilador centrífugo, debido a que es posible actuar sobre el ángulo de posición de los álabes y sobre la velocidad de rotación con un variador de frecuencia, pudiendo alcanzar una gran gama de puntos de funcionamiento, mientras que el ventilador centrífugo tiene regulación por velocidad, y si queremos conseguir otro punto de funcionamiento, será a base de aumentar la resistencia del circuito (con un damper de regulación, p.e.), lo que significaría un incremento de potencia debido a la regulación.

En este capítulo nos centraremos especialmente en los ventiladores axiales que son los que se utilizan en la mayoría de las instalaciones.

Aire Seco y Gases

Composición del Aire Seco

Gas	% en Volumen	% en peso
Nitrógeno	78,09	75,53
Oxígeno	20,95	23,14
Anhídrido Carbónico	0,03	0,046
Argón y otros gases.	0.93	1,284

Clasificación de Gases

Irritantes Asfixiantes	Sofocantes	Explosivos Inflamables
Monóxido de Carbono Hidrogeno Sulfurado Dióxido de Nitrógeno Anhídrido Sulfuroso	Nitrógeno Anhídrido Carbónico Metano	Metano Monóxido de Carbono Hidrogeno Sulfurado

Gases en Minería Subterránea

Monóxido de Carbono

- Formula Química: CO.
- Peso Específico: 0,967.
- Límite explosivo: 12,5 a 74,2%.
- Limite Permisible: 40 ppm – 44 mg/m³.
- Gas Incoloro e Inodoro.

Generación:

- Es producto de la combustión incompleta de materias orgánicas o carbonáceas. Se desprende del escape de motores de combustión interna.
- Por el uso de explosivos.

Efectos Fisiológicos

ppm	Efectos Fisiológicos
40	Concentración máxima permisible para 8 hrs. de exposición.
200	Jaqueca después de ½ hrs. De exposición (leve intoxicación).
400-500	Desde ¾ a 1 hora, jaqueca, náuseas. Pérdida de conocimiento entre 1 ½ y 2 hrs. Peligroso para la vida después de 2 hrs.
800-1000	Pérdida de conocimiento después de 1 a 1 ½ hrs. de exposición. Muerte después de 2 horas.
1500- 2000	Fuerte jaqueca, náuseas y pérdida del conocimiento entre ½ a 1 hora.

	Fatal después de 1 hr. de exposición.
--	---------------------------------------

Hidrogeno Sulfurado

- Formula Química: H₂S.
- Peso Específico: 1,19.
- Límite Explosivo: 4,3 a 45%.
- Límite Permisible: 8 ppm – 11,2 mg/m³.
- Gas Incoloro, Inflamable, conocido por su olor a huevo podrido.

Generación:

- Por descomposición de la Pirita (Fes)
- Por descomposición de sustancias orgánicas.
- Por disparos en minerales que contienen azufre.

Efectos Fisiológicos H₂S

ppm	Efectos Fisiológicos
8	Concentración máxima permisible para 8 hrs. de exposición.
50 - 100	Intoxicación subaguda. Leve conjuntivitis, irritación del conducto respiratorio, después de 1 hora de exposición.
200 - 300	Fuerte conjuntivitis e irritación del conducto respiratorio después de 1 hora.
700	Posible intoxicación aguda, pérdida rápida del conocimiento. Paro respiratorio y muerte.
1000 - 2000	Intoxicación aguda, pérdida del

	conocimiento, paro respiratorio y muerte.
--	---

Dióxido de Nitrógeno (Humos Nitrosos)

- Formula Química: NO₂ ó N₂O₄.
- Peso Específico: 1,54.
- Límite Permissible: 2,4 ppm – 4,8 mg/m³.
- Gas color pardo rojizo a temperaturas sobre 23°C, picante y algo dulce.
- Originalmente no presenta riesgo de incendio, pero puede hacerse inflamable en presencia de oxígeno puro.

Generación:

- Se produce al detonar explosivos o dinamitas.
- Se desprende del escape de equipos que funcionan a gasolina o diesel.
- Se producen durante las operaciones de soldadura al arco y con gas.

Efectos Fisiológicos NO₂.

ppm	Efectos Fisiológicos
2,4	Concentración máxima permisible para 8 hrs. de exposición.
60	Irritación a la garganta.
100	Cantidad mínima que produce tos.
150	Peligroso, incluso para exposiciones cortas.
200 - 700	Fatal, aún en exposiciones cortas.

Anhídrido Sulfuroso

- Formula Química: SO₂.
- Peso Específico: 2,2.

- Límite Permissible: 1,6 ppm – 4 mg/m³.
- Gas Incoloro, picante, irritante, sabor ácido y acentuado olor a azufre quemado.

Generación

- Por combustión de azufres (Piritas)
- Por combustión de carbón rico en azufre.
- Disparos en minerales con alto contenido de azufre de los que puede desprenderse también Dióxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono.

Efectos Fisiológicos SO₂.

Ppm	Efectos Fisiológicos
1,6	Concentración máxima permisible para 8 hrs. de exposición
20	Irritación a los ojos.
150	Muy desagradable pero puede soportarse durante algunos minutos.
400- 500	Peligroso, incluso para exposición corta, respiración dificultosa.
1000	Causa la muerte en pocos segundos.

Nitrógeno

- Formula: N.
- Peso Específico: 0,971.
- Gas incoloro, inodoro y físicamente inerte.

- En los lugares en que la ventilación es deficiente y se produce una deficiencia de oxígeno.

Generación:

- Se encuentra en el aire en forma de amoníaco (NH_3 .)
- Por los disparos (debido a la ausencia del oxígeno en el aire).
- En los lugares en que la ventilación es deficiente y se produce una deficiencia de oxígeno.

Efectos Fisiológicos

- Fisiológicamente es un gas inerte a la presión atmosférica normal, pero puede producir efectos nocivos sobre el organismo al reducirse la presión parcial del oxígeno en los pulmones. Esto produce asfixia y causa la muerte por falta de oxígeno.
- Una proporción de 84% en el aire denota la ausencia de oxígeno (16%) y se torna peligroso para la vida.

Anhidrido Carbónico

- Fórmula: CO_2 .
- Peso Específico: 1,529.
- Límite Permisible: 4000 ppm – 7200 mg/m^3 .
- Gas incoloro, inodoro, sabor ligeramente ácido.
- Forma parte del aire en la proporción de 0,03 a 0,06%.

Generación:

- Se produce como resultado de la respiración de las personas y animales (fundamentalmente en lugares confinados).
- Producto de la combustión de sustancias carbonadas en presencia de exceso de aire o de oxígeno.
- Producto de disparos.

- Producto de escape de motores diesel que se usa en el interior de las minas.

Efectos Fisiológicos CO₂

Ppm	Efectos Fisiológicos
4000	Concentración máxima permisible para 8 hrs. de exposición.
5000	Ventilación de pulmones aumenta en 300%, se producen jadeos.
6000	Se considera peligroso.
10000	Solo se puede resistir algunos minutos.
15000	Fatal en la mayoría de los casos.

Metano

- Formula: CH₄.
- Peso Específico: 0,555.
- Límite Explosividad: 5 al 15% en el aire.
- Gas incoloro, inodoro e insípido.

Generación:

- Se desprende a través de las fisuras en los mantos de carbón.
- Por la descomposición de la madera bajo el agua.
- Por la descomposición de materias orgánicas.

Efectos Fisiológicos

- Es un asfixiante simple y actúa desplazando el oxígeno del aire.
- Cuando el aire contiene 25% de Metano produce asfixia por deficiencia de oxígeno.

DESCRIPCIÓN MINA TRINIDAD

La Mina Trinidad está ubicada en La Región del Bío Bío, Provincia de Arauco, Comuna de Lebu, Sector El Diezmo.

La pertenencia Minera El Diezmo, es de propiedad de Carbonífera Victoria de Lebu y es arrendada a través de un contrato de venta de carbón in situ entre Carbonífera Victoria de Lebu y Don Edgar Salgado Salgado.

El propietario y representante legal de la Mina Trinidad es Don Edgar Alejandro Salgado Salgado, RUT 14.297.387-1.

La ubicación del sector de explotación se encuentra en las siguientes coordenadas UTM, Datum 56, Huso 18.

Coordenadas	
Norte	5.834.243
Este	619.149
Cota	176 M.S.N.M.

Vértices de la concesión (60 Hectáreas)

Coordenadas	Norte-Este
58344500 N	619060 E
58345000 N	620000 E
5833900 N	619000 E
5833900 N	620000 E

Método de explotación

El método utilizado en Mina Trinidad es combinado entre sistema de ramos y de frentes largos, con una extensión máximo del frente de 50 metros. Este método es una evolución del método cámaras y pilares, en donde el arranque de carbón es muy alto, cercano al 100%.

Este método consiste en avanzar por maestras en galerías por el manto, de manera horizontal, es decir, por la corrida del manto.

A partir de estas maestras se desarrollan galerías perpendiculares denominadas tornos, los que se avanzan por la gradiente del manto.

Características de la Mina

La mina consiste en un chiflón principal de 85 metros, más 10 metros a nivel y desde ese lugar se inicia el corriente N°1 de 130 metros. Este conecta con el nivel 2 de la mina, y posteriormente se tiene el corriente N°2 de 154 metros, que conecta con el nivel 3, las secciones son aproximadamente de 5,3 m².

A 20 metros al sur de la llegada del corriente N°2 al nivel 3, se inició una revuelta que conectará con la revuelta general. Esta galería poseerá 137 metros de largo y actualmente en desarrollo se llevan aproximadamente 52 metros de avance.

En la segunda etapa se construirán galerías llamadas maestras, serán 2 paralelas y tendrán una sección de 5,25 m² comunicadas entre si por estocadas que tendrán una sección de 3,8 m² permitiendo el circuito de ventilación.

A medida que la explotación avance se deberá cerrar las pasaduras o maestras abandonadas, sellándose herméticamente con el fin de impedir cualquier pérdida de flujo de aire por las galerías ya explotadas.

Para ventilar las labores ciegas en desarrollo, ya sean estas tornos, maestras o corrientes, se usarán ventiladores centrífugos de flujo axial con motor de 5,5 HP, en donde el caudal de aire es conducido hacia los distintos frentes a través de mangas de polietileno de 12 pulgadas de diámetro mínimo.

El control del ambiente en las distintas galerías de la mina, ya sea de producción o desarrollo se hace a través de instrumentos multigas ALTAIR distribuidos por MSA. Estos instrumentos permiten medir y evaluar los parámetros ambientales de acuerdo a la normativa vigente.

Dichos instrumentos están calibrados y activan su alarma cuando los límites establecidos se han sobrepasado. Esto les permite a los supervisores identificar cualquier cambio en la concentración de oxígeno, gas metano, monóxido de carbono e hidrogeno sulfurado, para reaccionar a tiempo ante cualquier riesgo hacia los trabajadores.

Los rangos permitidos son los siguientes:

- 19,5% es la concentración mínima permisible de oxígeno en el ambiente.
- 1,5% es la concentración máxima permisible de gas metano en el ambiente.
- 40 P.P.M. es la concentración máxima permisible de monóxido de carbono en el ambiente.
- 8 P.P.M. es la concentración máxima permisible de hidrógeno sulfurado en el ambiente.

Conforme a la Guía Metodológica de Seguridad para Proyectos de Ventilación de Minas, se obtienen los siguientes caudales:

CÁLCULO DE CAUDALES REQUERIDOS

Los requerimientos de aire al interior de la mina se deben determinar a partir de la cantidad de personas, el número de equipos y siempre considerando el método de explotación.

- Caudal de aire requerido por el número de personas:

El artículo N°138 del Decreto Supremo 132/2002 del Reglamento de Seguridad Minera, exige una corriente de aire fresco de no menos de tres metros cúbicos por minuto $3\text{m}^3/\text{min}$ por persona, en cualquier sitio al interior de la mina.

Es decir: $Q: F \times N$ ($\text{M}^3/\text{min.}$)

Q: Caudal total para n personas que trabajen en interior mina ($\text{M}^3/\text{min.}$)

F: Caudal mínimo por persona ($3 \text{M}^3/\text{min.}$)

N: Número de personas en el lugar.

Se estima el turno con mayor dotación de personal será de 40 personas.

Q: $120 \text{M}^3/\text{min.}$

- Caudal de aire requerido por desprendimiento de gases.

El caudal de aire mínimo se determina empleando la siguiente fórmula:

Q: $\frac{P \times S}{14 \times L}$ ($\text{M}^3/\text{min.}$)

14 x L

Donde:

Q: Caudal Mínimo ($M^3/\text{min.}$)

S: Emisión específica de metano ($m^3 \text{ CH}_4/\text{Ton}$). Es el volumen de gas metano que se libera al extraer una tonelada limpia de carbón. Su valor fluctúa entre 25 a 50 ($m^3 \text{ CH}_4/\text{Ton}$), en caso de mantos vírgenes y de 15 a 30 ($m^3 \text{ CH}_4/\text{Ton}$) para mantos con explotación previa.

P: Producción total por día (Toneladas limpias/día)

L: Porcentaje máximo de metano admisible.

En la galería de retorno general de aire de la mina, de acuerdo con El Artículo N°274 del Decreto Supremo 132/2002 del Reglamento de Seguridad Minera, no debe contener más de 0,75% de metano.

Donde:

S: 30 ($m^3 \text{ CH}_4/\text{Ton}$), ya que existe explotación previa.

P: 90 (Toneladas limpias/día)

L: 0,75% de gas metano CH_4 .

Q: 258 ($m^3/\text{min.}$).

- Caudal de aire requerido por temperatura

La legislación Chilena señala que la temperatura húmeda máxima en el interior de la mina no podrá exceder los 30°C para jornadas de trabajo de 8 horas.

Como norma para calcular el requerimiento de aire, respecto a la temperatura, se dan los siguientes valores:

Humedad Relativa	Temperatura Seca	Velocidad Mínima
< ó = 85%	24° a 30° C	30 m./min.

> 85%	> 30° C	120m./min.
-------	---------	------------

Considerando con las galerías con mayor sección son de 5,3 m². Y con una velocidad mínima de 30 (m/min), se tiene que el caudal es de:

Q: 159 (m³/min).

- Caudal requerido por el polvo en suspensión:

El criterio mas aceptado es hacer pasar una velocidad de aire determinado por las áreas contaminadas y arrastrar el polvo a zonas donde no cause problemas.

Según el Artículo N°138 Decreto Supremo N°72, establece que la velocidad promedio en los lugares de trabajo no debe ser inferior a 15 m./min.

Para lugares con alta generación de polvo, este valor puede ser considerado hasta un 100% mayor. Las velocidades entre 30 y 45 m./min son suficientes para mantener áreas despejadas.

En Chile la velocidad máxima permitida en galerías en donde circule personal es de 150 m/min.

Se considerará para efecto del calculo de caudal de aire una velocidad de 45 (m./min) en el nivel principal cuya sección es de 5,3 m², entonces el caudal necesario es:

Q: 239 (m³/min).

- Caudal Requerido por producción.

En la minería del carbón, "u" varia entre 1 a 1,7 (m³/min).

Se estima una producción diaria de 90 toneladas limpias de carbón.

Q: $T \times u$

Q: Caudal requerido por toneladas de producción diaria (m^3/min).

T: Producción diaria en toneladas.

u: Norma de aire por tonelada de producción diaria expresada en (m^3/min).

Q: $153 (m^3/\text{min})$.

- Caudal requerido por el consumo de explosivo

Al tratarse de minas de carbón, este método es uno de los más usados, toma en cuenta la formación de productos tóxicos por la detonación de gases y de explosivos, además considera el tiempo de dilución de gases y la cantidad máxima permitida, según las normas de seguridad de gases en la atmósfera.

Para el cálculo del caudal, se emplea la siguiente relación empírica:

Q: $\frac{100 \times A \times a}{d \times t}$ (m^3/min).

Q: Caudal de aire requerido por el consumo de explosivo detonado en (m^3/min).

A: Cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita 60% (Kg).

a: Volumen de gases generados por cada Kg. De explosivo.

a: $0,04 (m^3/\text{Kg. de explosivo})$. Valor norma general.

d: % de dilución de gases en la atmosfera, deben ser diluidos a no menos de $0,008\%$ y se aproxima a $0,01\%$.

t: Tiempo de dilución de los gases en minutos, generalmente este tiempo no es mayor a 30 minutos, cuando se trata de detonaciones corrientes.

Se estima que la cantidad de explosivo máximo a utilizar por día es de 3 Kg. Por lo tanto, se obtiene el siguiente caudal:

Q: 40(m³/min).

- Caudal requerido por equipo Diesel:

El artículo N°132 del Reglamento de Seguridad Minera, Decreto Supremo N°72, recomienda un mínimo de 2,83 (m³/min) por Hp al freno del equipo en máquinas en buenas condiciones.

Q: $\frac{V \times c}{y}$ (m³/min).

Donde:

Q: volumen de aire necesario para la ventilación (m³/min).

V: Volumen de gas de escape producido por el motor (m³/min).

c: concentración del componente tóxico, del gas de escape, que se considera en particular (% en volumen).

y: Concentración máxima, higiénicamente segura, para el componente tóxico que se está considerando (% en volumen).

Actualmente ni en el proyecto de expansión con aumento de producción se consideran equipos diesel.

Aclarando los puntos anteriores se calculan los equipos utilizados en la máxima producción, eliminando aquellos que están fuera de la mina, en reserva o mantención.

- CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION

Las pérdidas de presión están formadas por dos componentes: Perdidas por Fricción y Pérdidas por Choque, es decir:

$$H = H_f + H_x$$

- PERDIDAS POR FRICCION.

Las Pérdidas por Fricción, representan las pérdidas de presión en el flujo lineal, a lo largo del ducto y es producida por el rozamiento del aire contra las paredes del ducto y se define como:

$$H_f = \frac{\alpha \times L \times P \times Q^2}{A^3} \text{ (mm de c.a o kg/m}^2\text{)}$$

$$R = \frac{\alpha \times L \times P}{A^3}$$

Donde “**R**” representa la resistencia de las galerías o labores mineras al paso del aire, expresada en **kilomurgue**.

Donde:

L : Largo de la labor (m).

A : Area de la labor (m²).

P : Perímetro de la labor (m).

Q : Caudal del aire (m³/min).

α : Coeficiente de Resistencia aerodinámica, 0.00189 (kg x seg²/m⁴).

$$\alpha = \frac{\beta \times \Phi}{8 \times g}$$

β : Coeficiente por Roce.

Φ : Peso específico del aire (kg/m³).

g : Aceleración de gravedad (m/seg²).

Para definir la Resistencia del Circuito, se analizará el sector más desfavorable y corresponde a el Sector 10-Sur mostrado en el ala izquierda del plano anexo y el Sector 11-Norte mostrado en el ala derecha del plano anexo. Ambos circuitos tienen longitudes similares, por lo tanto para efecto de calculo se analizara el Sector 10-Sur, y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

RESISTENCIA DEL CIRCUITO (R)					
Descripción	α	Largo (mts)	Sección(m²)	Perímetro	Murgues
Chiflón Ppal	0.00189	85	5,28	9,2	10,0
Nivel 1	0.00189	20	9,6	12,25	0,5
Corriente 1 Ppal	0.00189	156	5,28	9,2	18,4
Nivel 2	0.00189	18	9,6	12,25	0,5
Corriente 2 Ppal	0.00189	183	5,28	9,2	21,6
Maestra 2010 Sur	0.00189	70	5,28	9,2	8,3
Torno 2	0.00189	43	5,28	9,2	1
Maestra 2 Norte	0.00189	75	5,28	9,2	8,9
Maestra 208 Sur	0.00189	52	5,28	9,2	6,1
Maestra 2011 Norte	0.00189	60	5,28	9,2	7,1
Chiflón Rvta	0.00189	370	5,28	9,2	43,7
				TOTAL	289.9

Se aplica un Factor de seguridad igual a 2 a la resistencia del circuito, que tiene en cuenta eventuales picaduras, zonas de hinchamiento, composturas que reducen la sección original de la galería. Entonces:

R = 580 murgues.

R = 0.58 Kmurgues

Hf = R x Q² (mm c.a o kg/m²)

Hf = 152 (mm c.a)

- PERDIDAS POR CHOQUE

Las pérdidas por choque son de origen local, producidas por turbulencias, remolinos, frenadas, etc. del aire al enfrentar diversos accidentes dentro de un circuito de ventilación y no necesariamente estas pérdidas deben estar presentes en todas las galerías de ventilación, además dependen de la velocidad del aire y del peso específico.

A continuación se muestra una tabla, con los largos equivalentes de acuerdo a los tipos de pérdidas por choque, según las distintas secciones de las galerías.

LARGOS EQUIVALENTES					
TIPO DE PERDIDAS POR CHOQUE	SECCION DE GALERIAS (m²).				
	2.0 x 2.0	2.5 x 2.5	3.0 x 3.0	3.5 x 3.5	4.5 x 4.5
Angulo obtuso y redondo	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
Angulo recto y redondo	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6
Angulo agudo y redondo	0.6	0.6	0.9	0.9	1.2
Angulo obtuso y quebrado	2.5	3.4	4.3	5.2	6.4
Angulo recto y quebrado	15	16.2	20.1	24.4	30.5
Angulo agudo y quebrado	26	34.5	43	51.8	64.6
Contracción gradual	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6
Contracción abrupta	1.8	2.5	3	3.7	4.6
Expansión gradual	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6
Expansión abrupta	3.4	4.6	5.8	7	8.5
Derivación en 90°	5.2	7	8.9	10.7	13.1
	34.5	45.7	57.3	68.6	86
Unión en 90°	10.4	13.7	17.1	20.8	26
	5.2	7	8.9	10.7	13.1

Entrada de aire	0.3	0.5	0.6	0.9	1.2
Salida de aire	11.3	15	18.6	22.6	28
Paso sobre nivel excelente	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6
Paso sobre nivel bueno	11.3	11.3	15	18.6	26
Paso sobre nivel malo	50	66.3	83.2	110	125
Puerta contra incendio	12.2	16.2	20.1	24.4	30.5
Carro obstruyendo 20% del área	17	22.9	28.7	34.5	43
Carro obstruyendo 40% del área	85.6	114.3	143	171.6	214.9

Tabla de largos equivalentes, (Texto Ventilación de Minas, Exequiel Yanes Garín)

Las pérdidas por choque se define como:

$$H_x = R \times Q^2 \quad (\text{mm c.a o kg/m}^2)$$

$$R = \frac{\alpha \times L_e \times P}{A^3}$$

Donde:

Le : Largo equivalente, (m).

A : Área de la labor promedio; 5.28(m²).

P : Perímetro de la labor promedio; 9.2(m).

Q : Caudal del aire; 969(m³/min).

α : Coeficiente de Resistencia aerodinámica (kg x seg²/m⁴).

A continuación se detallan los largos equivalentes que se consideran en el circuito de ventilación.

Largos Equivalentes	Pérdidas por Choque
Tipo de Perdidas	Pérdidas por Choque
Entrada	0,5
Carros obstruyendo el 20% del área.	20,2
Derivación 90°	52,1

Carros obstruyendo el 20 % del área	28,7
Contracción abrupta	4,1
Angulo recto y quebrado	15,3
Carros obstruyendo el 20% del área.	18,6
Angulo recto y quebrado	16,2
Carros obstruyendo el 20% del área	25,4
Derivación 90°	41,6
Carros obstruyendo el 20% del área	26,2
Angulo recto y quebrado	15,9
Carros obstruyendo el 20% del área	28,7
Angulo recto y quebrado	15,9
Carros obstruyendo el 20% del área	22,9
Angulo recto y quebrado	16,2
Total	396,2

Con este valor de largo equivalente se calcula la resistencia que eventualmente podría tener nuestro circuito. Por lo tanto el valor de R es:

$$R = 57.2 \text{ (murgues)}$$

A este valor de Resistencia del Circuito también se aplica un Factor de seguridad igual a 2, que tiene en cuenta eventuales picaduras, zonas de hinchamiento, composturas que reducen la sección original de la galería. Entonces:

$$R = 114 \text{ (murgues)}$$

$$R = 0.114 \text{ (kmurgues)}$$

$$Hx = 30 \text{ (mm c.a)}$$

Como la caída de Presión que se genera en los circuitos de ventilación, se define como:

$$H = H_f + H_x$$

Entonces el valor de la caída de presión es de:

$$H = 152 + 30 \text{ (mm c.a)}$$

$$H = 182 \text{ (mm c.a)}$$

- POTENCIA DEL MOTOR DEL VENTILADOR

La potencia del motor de los ventiladores se define de la siguiente forma.

$$Pot = \frac{Q \times H}{75 \times \eta \times \eta_{Mecanico} \times \eta_{Motor}} \times 1000$$

Donde:

Pot : Potencia del Motor, (HP)

Q : Caudal de aire en (m³/seg).

H : Depresión del Circuito. (mm c.a o kg/m²)

η : Eficiencia del ventilador, varia entre 70 a 85%.

$\eta_{Mecanico}$: Rendimiento Mecánico, varia entre 90% para transmisión por poleas y correas y 100% para transmisión directa.

η_{Motor} : Eficiencia del motor, la cual varia entre 85 a 95%.

Para efecto del cálculo de la potencia del ventilador se considera lo siguiente:

Q : 16.15 (m³/seg).

H : 187.7 (mm c.a o kg/m²)

η : 85%

$\eta_{Mecanico}$: 100% transmisión directa.

η_{Motor} : 95%.

Entonces el valor de la potencia del motor eléctrico es de:

Potencia = 50 (HP)

Tabla de requerimiento de caudales

Nº Personas	120 m ³ /minuto.
Desprendimiento de Gases	258 m ³ /minuto.
Temperatura	159 m ³ /minuto.
Partículas en suspensión	239 m ³ /minuto.
Producción	153 m ³ /minuto.
Consumo Explosivos	40 m ³ /minuto.
Nº Equipos Diesel	0 m ³ /minuto.
Total	969 m ³ /minuto.

VENTILADOR ACTUAL

Actualmente el ventilador en funcionamiento es de un máximo de

500 m ³ /minuto.	30000 m ³ /hora.	17657,3 CFM
-----------------------------	-----------------------------	-------------

Caudal ingresado actualmente	340 m ³ / min.
------------------------------	---------------------------

(Aforo circuito de ventilación, Anexo 1)

Es decir, actualmente el ventilador está funcionando en promedio a un 68 % de su capacidad máxima, no obstante no satisface las necesidades actuales ni las futuras.

CÁLCULO DE CAUDALES REQUERIDOS

Los requerimientos de aire al interior de la mina se deben determinar a partir de la cantidad de personas, el número de equipos y siempre considerando el método de explotación.

- Caudal de aire requerido por el número de personas:

El artículo N°138 del Decreto Supremo 132/2002 del Reglamento de Seguridad Minera, exige una corriente de aire fresco de no menos de tres metros cúbicos por minuto $3\text{m}^3/\text{min}$ por persona, en cualquier sitio al interior de la mina.

Es decir: $Q: F \times N$ ($\text{M}^3/\text{min.}$)

Q: Caudal total para n personas que trabajen en interior mina ($\text{M}^3/\text{min.}$)

F: Caudal mínimo por persona ($3 \text{M}^3/\text{min.}$)

N: Número de personas en el lugar.

Se estima el turno con mayor dotación de personal será de 55 personas.

Q: $165 \text{M}^3/\text{min.}$

- Caudal de aire requerido por desprendimiento de gases.

El caudal de aire mínimo se determina empleando la siguiente fórmula:

$$Q: \frac{P \times S}{14 \times L} \quad (\text{M}^3/\text{min.})$$

Donde:

Q: Caudal Mínimo ($\text{M}^3/\text{min.}$)

S: Emisión específica de metano ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{Ton}$). Es el volumen de gas metano que se libera al extraer una tonelada limpia de carbón. Su valor fluctúa entre 25 a 50 ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{Ton}$), en caso de mantos vírgenes y de 15 a 30 ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{Ton}$) para mantos con explotación previa.

P: Producción total por día (Toneladas limpias/día)

L: Porcentaje máximo de metano admisible.

En la galería de retorno general de aire de la mina, de acuerdo con El Artículo N°274 del Decreto Supremo 132/2002 del Reglamento de Seguridad Minera, no debe contener más de 0,75% de metano.

Donde:

S: 30 ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{Ton}$), ya que existe explotación previa.

P: 117 (Toneladas limpias/día)

L: 0,75% de gas metano CH_4 .

Q: 335 (m^3/min).

- Caudal de aire requerido por temperatura

La legislación Chilena señala que la temperatura húmeda máxima en el interior de la mina no podrá exceder los 30°C para jornadas de trabajo de 8 horas.

Como norma para calcular el requerimiento de aire, respecto a la temperatura, se dan los siguientes valores:

Humedad Relativa	Temperatura Seca	Velocidad Mínima
< ó = 85%	24° a 30° C	30 m./min.
> 85%	> 30° C	120m./min.

Considerando con las galerías con mayor sección son de $5,3 \text{ m}^2$. Y con una velocidad mínima de 30 (m/min) , se tiene que el caudal es de:

Q: $159 \text{ (m}^3\text{/min)}$.

- Caudal requerido por el polvo en suspensión:

El criterio más aceptado es hacer pasar una velocidad de aire determinado por las áreas contaminadas y arrastrar el polvo a zonas donde no cause problemas.

Según el Artículo N°138 Decreto Supremo N°72, establece que la velocidad promedio en los lugares de trabajo no debe ser inferior a 15 m./min .

Para lugares con alta generación de polvo, este valor puede ser considerado hasta un 100% mayor. Las velocidades entre 30 y 45 m./min son suficientes para mantener áreas despejadas.

En Chile la velocidad máxima permitida en galerías en donde circule personal es de 150 m/min .

Se considerará para efecto del calculo de caudal de aire una velocidad de 45 (m./min) en el nivel principal cuya sección es de $5,3 \text{ m}^2$, entonces el caudal necesario es:

Q: $239 \text{ (m}^3\text{/min)}$.

- Caudal Requerido por producción.

En la minería del carbón, "u" varia entre 1 a $1,7 \text{ (m}^3\text{/min)}$.

Se estima una producción diaria de 117 toneladas limpias de carbón.

Q: $T \times u$

Q: Caudal requerido por toneladas de producción diaria (m^3/min).

T: Producción diaria en toneladas.

u: Norma de aire por tonelada de producción diaria expresada en (m^3/min).

Q: 199 (m^3/min).

- Caudal requerido por el consumo de explosivo

Al tratarse de minas de carbón, este método es uno de los más usados, toma en cuenta la formación de productos tóxicos por la detonación de gases y de explosivos, además considera el tiempo de dilución de gases y la cantidad máxima permitida, según las normas de seguridad de gases en la atmósfera.

Para el cálculo del caudal, se emplea la siguiente relación empírica:

Q: $\frac{100 \times A \times a}{d \times t}$ (m^3/min).

Q: Caudal de aire requerido por el consumo de explosivo detonado en (m^3/min).

A: Cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita 60% (Kg).

a: Volumen de gases generados por cada Kg. De explosivo.

a: 0,04 (m^3/Kg . de explosivo). Valor norma general.

d: % de dilución de gases en la atmosfera, deben ser diluidos a no menos de 0,008% y se aproxima a 0,01%.

t: Tiempo de dilución de los gases en minutos, generalmente este tiempo no es mayor a 30 minutos, cuando se trata de detonaciones corrientes.

Se estima que la cantidad de explosivo máximo a utilizar por día es de 6 Kg. Por lo tanto, se obtiene el siguiente caudal:

Q: 80 (m³/min).

- Caudal requerido por equipo Diesel:

El artículo N°132 del Reglamento de Seguridad Minera, Decreto Supremo N°72, recomienda un mínimo de 2,83 (m³/min) por Hp al freno del equipo en máquinas en buenas condiciones.

Q: $\frac{V \times c}{y}$ (m³/min).

Donde:

Q: volumen de aire necesario para la ventilación (m³/min).

V: Volumen de gas de escape producido por el motor (m³/min).

c: concentración del componente tóxico, del gas de escape, que se considera en particular (% en volumen).

y: Concentración máxima, higiénicamente segura, para el componente tóxico que se está considerando (% en volumen).

Actualmente ni en el proyecto de expansión con aumento de producción se consideran equipos diesel.

Aclarando los puntos anteriores se calculan los equipos utilizados en la máxima producción, eliminando aquellos que están fuera de la mina, en reserva o mantención.

- CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION

Las pérdidas de presión están formadas por dos componentes: Perdidas por Fricción y Pérdidas por Choque, es decir:

$$H = H_f + H_x$$

- PERDIDAS POR FRICCION

Las Pérdidas por Fricción, representan las pérdidas de presión en el flujo lineal, a lo largo del ducto y es producida por el rozamiento del aire contra las paredes del ducto y se define como:

$$H_f = \frac{\alpha \times L \times P \times Q^2}{A^3} \text{ (mm de c.a o kg/m}^2\text{)}$$

$$R = \frac{\alpha \times L \times P}{A^3}$$

Donde “**R**” representa la resistencia de las galerías o labores mineras al paso del aire, expresada en **Kilomurgue**.

Donde:

L : Largo de la labor (m).

A : Área de la labor (m²).

P : Perímetro de la labor (m).

Q : Caudal del aire (m³/min).

α : Coeficiente de Resistencia aerodinámica, 0.00189 (kg x seg²/m⁴).

$$\alpha = \frac{\beta \times \Phi}{8 \times g}$$

β : Coeficiente por Roce.

Φ : Peso específico del aire (kg/m³).

g : Aceleración de gravedad (m/seg²).

Para definir la Resistencia del Circuito, se analizará el sector más desfavorable y corresponde a el Sector 10-Sur mostrado en el ala izquierda del plano anexo y el Sector 11-Norte mostrado en el ala derecha del plano anexo. Ambos circuitos tienen longitudes similares, por lo tanto para efecto de calculo se analizara el Sector 10-Sur, y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

RESISTENCIA DEL CIRCUITO (R)					
Descripción	α	Largo (mts)	Sección(m²)	Perímetro	Murgues
Chiflón Ppal	0.00189	85	5,28	9,2	10,0
Nivel 1	0.00189	20	9,6	12,25	0,5
Corriente 1 Ppal	0.00189	156	5,28	9,2	18,4
Nivel 2	0.00189	18	9,6	12,25	0,5
Corriente 2 Ppal	0.00189	183	5,28	9,2	21,6
Maestra 2010 Sur	0.00189	70	5,28	9,2	8,3
Torno 2	0.00189	43	5,28	9,2	1
Maestra 2 Norte	0.00189	75	5,28	9,2	8,9
Maestra 208 Sur	0.00189	52	5,28	9,2	6,1
Maestra 2011 Norte	0.00189	60	5,28	9,2	7,1
Chiflón Rvta	0.00189	370	5,28	9,2	43,7
				TOTAL	289.9

Se aplica un Factor de seguridad igual a 2 a la resistencia del circuito, que tiene en cuenta eventuales picaduras, zonas de hinchamiento, composturas que reducen la sección original de la galería. Entonces:

R = 580 murgues.

R = 0.58 Kmurgues

Hf = R x Q² (mm c.a o kg/m²)

Hf = 226 (mm c.a)

- PERDIDAS POR CHOQUE

Las pérdidas por choque son de origen local, producidas por turbulencias, remolinos, frenadas, etc. del aire al enfrentar diversos accidentes dentro de un circuito de ventilación y no necesariamente estas pérdidas deben estar presentes en todas las galerías de ventilación, además dependen de la velocidad del aire y del peso específico.

A continuación se muestra una tabla, con los largos equivalentes de acuerdo a los tipos de pérdidas por choque, según las distintas secciones de las galerías.

LARGOS EQUIVALENTES					
TIPO DE PERDIDAS POR CHOQUE	SECCION DE GALERIAS (m²).				
	2.0 x 2.0	2.5 x 2.5	3.0 x 3.0	3.5 x 3.5	4.5 x 4.5
Angulo obtuso y redondo	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
Angulo recto y redondo	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6
Angulo agudo y redondo	0.6	0.6	0.9	0.9	1.2
Angulo obtuso y quebrado	2.5	3.4	4.3	5.2	6.4
Angulo recto y quebrado	15	16.2	20.1	24.4	30.5
Angulo agudo y quebrado	26	34.5	43	51.8	64.6
Contracción gradual	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6
Contracción abrupta	1.8	2.5	3	3.7	4.6
Expansión gradual	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6
Expansión abrupta	3.4	4.6	5.8	7	8.5
Derivación en 90°	5.2	7	8.9	10.7	13.1
	34.5	45.7	57.3	68.6	86
Unión en 90°	10.4	13.7	17.1	20.8	26
	5.2	7	8.9	10.7	13.1

Entrada de aire	0.3	0.5	0.6	0.9	1.2
Salida de aire	11.3	15	18.6	22.6	28
Paso sobre nivel excelente	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6
Paso sobre nivel bueno	11.3	11.3	15	18.6	26
Paso sobre nivel malo	50	66.3	83.2	110	125
Puerta contra incendio	12.2	16.2	20.1	24.4	30.5
Carro obstruyendo 20% del área	17	22.9	28.7	34.5	43
Carro obstruyendo 40% del área	85.6	114.3	143	171.6	214.9

Tabla de largos equivalentes, (Texto Ventilación de Minas, Exequiel Yanes Garín)

Las pérdidas por choque se define como:

$$H_x = R \times Q^2 \quad (\text{mm c.a o kg/m}^2)$$

$$R = \frac{\alpha \times L_e \times P}{A^3}$$

Donde:

Le : Largo equivalente, (m).

A : Área de la labor promedio; 5.28(m²).

P : Perímetro de la labor promedio; 9.2(m).

Q : Caudal del aire; 1177(m³/min).

α : Coeficiente de Resistencia aerodinámica (kg x seg²/m⁴).

A continuación se detallan los largos equivalentes que se consideran en el circuito de ventilación.

Largos Equivalentes	Pérdidas por Choque
Tipo de Perdidas	Pérdidas por Choque
Entrada	0,5
Carros obstruyendo el 20% del área.	20,2
Derivación 90°	52,1

Carros obstruyendo el 20 % del área	28,7
Contracción abrupta	4,1
Angulo recto y quebrado	15,3
Carros obstruyendo el 20% del área.	18,6
Angulo recto y quebrado	16,2
Carros obstruyendo el 20% del área	25,4
Derivación 90°	41,6
Carros obstruyendo el 20% del área	26,2
Angulo recto y quebrado	15,9
Carros obstruyendo el 20% del área	28,7
Angulo recto y quebrado	15,9
Carros obstruyendo el 20% del área	22,9
Angulo recto y quebrado	16,2
Total	396,2

Con este valor de largo equivalente se calcula la resistencia que eventualmente podría tener nuestro circuito. Por lo tanto el valor de R es:

R = 57 (murgues)

A este valor de Resistencia del Circuito también se aplica un Factor de seguridad igual a 2, que tiene en cuenta eventuales picaduras, zonas de hinchamiento, composturas que reducen la sección original de la galería. Entonces:

R = 114 (murgues)

R = 0.114 (kmurgues)

Hx = 45 (mm c.a)

Como la caída de Presión que se genera en los circuitos de ventilación, se define como:

$$H = H_f + H_x$$

Entonces el valor de la caída de presión es de:

$$H = 226 + 45 \text{ (mm c.a)}$$

$$H = 271 \text{ (mm c.a)}$$

- POTENCIA DEL MOTOR DEL VENTILADOR

La potencia del motor de los ventiladores se define de la siguiente forma.

$$Pot = \frac{Q \times H}{75 \times \eta \times \eta_{Mecanico} \times \eta_{Motor}} \times 1000$$

Donde:

Pot : Potencia del Motor, (HP)

Q : Caudal de aire en (m³/seg).

H : Depresión del Circuito. (mm c.a o kg/m²)

η : Eficiencia del ventilador, varia entre 70 a 85%.

$\eta_{Mecanico}$: Rendimiento Mecánico, varia entre 90% para transmisión por poleas y correas y 100% para transmisión directa.

η_{Motor} : Eficiencia del motor, la cual varia entre 85 a 95%.

Para efecto del cálculo de la potencia del ventilador se considera lo siguiente:

Q : 19,7 (m³/seg).

H : 187.7 (mm c.a o kg/m²)

η : 85%

$\eta_{Mecanico}$: 100% transmisión directa.

η_{Motor} : 95%.

Entonces el valor de la potencia del motor eléctrico es de:

Potencia = 61 (HP)

Tabla de requerimiento de caudales

Nº Personas	165 m ³ /minuto.
Desprendimiento de Gases	335 m ³ /minuto.
Temperatura	159 m ³ /minuto.
Partículas en suspensión	239 m ³ /minuto.
Producción	199 m ³ /minuto.
Consumo Explosivos	80 m ³ /minuto.
Nº Equipos Diesel	0 m ³ /minuto.
Total	1177

ANÁLISIS ECONÓMICO

FLUJO DE CAJA (\$)						
ITEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INVERSIÓN	6.000.000					
INGRESOS		25.200.000	\$26.208.000	27.256.320	28.346.572	33.080.435
DEPRECIACIÓN -		1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000
COSTOS		22.455.000	23.353.200	24.287.328	25.258.821	26.269.173
UTILIDAD BRUTA		1.545.000	1.654.800	1.768.992	1.887.751	5.611.261
IMPUESTOS 26%		401.700	430.248	459.937	490.815	1.458.927
UTILIDAD NETA		1.143.300	1.224.552	1.309.054	1.396.936	4.152.333
DEPRECIACIÓN +		1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000
FLUJO DE CAJA	-6.000.000	2.343.300	2.424.552	2.509.054	2.596.936	5.352.333
FLUJO DE CAJA ACTUALIZADO	-6.000.000	2.037.652	1.833.309	1.649.743	1.484.807	2.661.055
VAN	3.666.568					
TIR	36%					
TASA DESCUENTO	15%					

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

PAMMA, Programa de capacitación y transferencia Tecnológica Pequeña Minería

Objetivo del Fondo Concursable

Programa público consolidado de apoyo al sector minero basado en dos componentes.

- Asistencia técnica y financiamiento de proyectos.
- Capacitación

Quienes pueden postular

- Mineros regularizados en términos de propiedad.

Fechas de postulación

- Diciembre de cada año.

Cómo postular

- A través de oficinas ENAMI.
- Seremis del país.
- Vía Web.

Montos máximos

- Proyectos individuales: \$1.000.000 a \$5.000.000.
- Proyectos asociativos: \$1.000.000 a 12.000.000.

Requisitos

- Propiedad minera regularizada, aprobación de los aspectos de seguridad por parte de SERNAGEOMIN.

Apoyo a la producción segura

Objetivo

Financiar la ejecución de proyectos que contribuyan a mejorar estándares de seguridad, calidad de vida y medio ambiente en faenas productivas de la pequeña minería, como también asesorar en el cumplimiento de la normativa legal vigente aplicable al desarrollo de la actividad minera.

Principales Actividades:

- Apoyo en la preparación de proyecto de explotación y ejecución planes de cierre de faenas mineras.
- Habilitación, construcción y fortificación de accesos (brocales).
- Obras para reforzar seguridad en faenas, tales como: fortificación, acuñaduras, ventilación, escalerajes, control de caídas a distinto nivel, refugios, labores de acceso y/o salidas de emergencia.
- Inversión en equipos y tecnología asociada a seguridad.
- Actualización de planos de todas las labores mineras existente en faena.
- Adquisición de implementos y ejecución de obras para alcanzar estándares de calidad de vida e higiene ambiental.
- Asesorías en gestión de Prevención de Riesgos, Calidad y Medio Ambiente.
- Las actividades deberán incluir las visitas a terreno y los estudios, investigaciones y consultas pertinentes.

Monto máximo: \$19.800.000 por proyecto.

Retornabilidad de aportes: Devolución a través de descuentos en las ventas, a razón de 1 US\$/ton de mineral vendido.

Requisitos principales Productores Mineros sin deudas vencidas en enami ni deudas previsionales y tributarias.

Corfo

Programa Innovación Tecnológica Empresarial

Este programa está orientado a fomentar la innovación en las empresas nacionales, a través del cofinanciamiento de proyectos que signifiquen el desarrollo de nuevos o significativamente mejorados productos (bienes, servicios) y/o procesos, que les permitan aumentar significativamente su competitividad y/o productividad.

Así, el apoyo de este programa estará focalizado en proyectos de Innovación que, presenten un evidente grado de novedad con respecto a lo que existe en el mercado; que el proyecto represente un desafío tecnológico importante, que tenga impacto significativo en el negocio; y que el origen del mismo sea a partir de una necesidad/oportunidad detectada por la empresa

Dirigido: Esta línea está orientada a empresas nacionales y personas naturales que posean la calidad de empresarios individuales. Ambos tipos de postulantes deben cumplir con el requisito de poseer antigüedad de al menos un año.

Apoyo que entrega: Esta línea cofinanciará bajo la modalidad de subsidio no reembolsable, con un tope global de hasta \$60.000.000 (sesenta millones de pesos) por proyecto.

CONCLUSIONES

Se cumplieron los objetivos fijados al comienzo del proyecto de título, dichos son:

- Diseñar el sistema de ventilación actual.
- Gestionar el modelo de ventilación actual.
- Medir el caudal que ingresa actualmente.
- Calcular el caudal de aire requerido actualmente.
- Determinar las nuevas necesidades de ventilación considerando el proyecto de expansión de la mina.
- Realizar aforos de ventilación al interior de la mina.
- Buscar fuentes de financiamiento y fondos concursables como sugerencia.

Se determinó la inversión requerida para el proyecto de ventilación con las nuevas necesidades de aire que incluyen el proyecto de expansión, es decir, un aumento de producción y de personal.

Se seleccionó el ventilador axial propuesto y con sus características expresadas en tablas y su diseño ya que ofrece una mejor eficiencia en un amplio rango de puntos de funcionamiento a las distintas presiones al interior de la mina y en los lugares de mayor requerimiento.

Dentro de los aspectos de mayor incidencia del proyecto está que actualmente no se están satisfaciendo las necesidades de ventilación conforme a la normativa legal vigente. Respecto a esto, con el proyecto se logra cumplir ese objetivo y además cumple las necesidades a futuro y considera este y nuevos aumentos en la producción.

Es decir, con el nuevo proyecto de ventilación se cumple la normativa legal vigente y como resultado de esto se evitan las sanciones que podrían ascender de 20 a 50

unidades tributarias mensuales. (\$930.000 a \$2.325.000) y que podrían duplicarse en caso de reincidencia (\$1.860.000 a \$4.650.000)

Llevando a cabo este proyecto se logra generar una atmosfera en beneficio a los trabajadores y para un óptimo desarrollo de sus funciones. Esto como resultado genera un aumento en la productividad y además influye positivamente en su salud.

Investigué y describí algunas posibles fuentes de financiamiento, con el fin de dar a conocer una alternativa factible frente a dichos mecanismos de asignación de recursos para optimizar o aumentar la productividad. Destaqué tres alternativas de financiamiento y apoyo a la inversión que se requiere en el proyecto de ventilación.

El proyecto técnicamente es factible ya que se calcularon todas las necesidades de aire actual y referente al proyecto de expansión, las futuras y se realizaron las propuestas.

Analizando los resultados obtenidos en el análisis económico, es decir, tomando en cuenta el valor actual neto del proyecto de \$3.666.568 y la tasa de descuento de un 15% es factible económicamente el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- GUÍA METODOLÓGICA DE SEGURIDAD PARA PROYECTOS DE VENTILACIÓN DE MINAS.
- VENTILACIÓN DE MINAS, ZITRON.
- CÓDIGO DE MINERÍA.
- DECRETO SUPREMO N°132, REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA, MINISTERIO DE MINERÍA.
- SME, Mining Engineering Handbook.

ANEXOS

Terminología extraída del Reglamento de Seguridad Minera

Conforme al Reglamento de Seguridad Minera, las frases o palabras que se indican poseen los siguientes significados:

Caudal: es la cantidad de fluido que circula a través de la sección de un ducto por unidad de tiempo.

Chiflones: Labores inclinadas que se abren desde arriba hacia abajo.

Circuito de Ventilación: Conjunto de aberturas mineras y ductos que, conectados a un ventilador u otra fuente capaz de generar una diferencia de presión y a eventuales dispositivos de control, constituyen un sistema de ventilación minera.

Labor: Nombre dado a los trabajos mineros.

“La Frente” o “El Frente de Avance” Zona de apertura de un túnel.

Maestra de revuelta: Es un laboreo practicado, según una horizontal, en la parte superior del manto original por el cual se extrae el aire viciado que se desprende de la frente de trabajo en el arranque de carbón.

Maestra principal: Es un laboreo de acceso a la frente de carbón situada al pie de la frente, según una horizontal, del manto original por la cual se extrae el carbón explotado y el exceso de tosca de los laboreos de desarrollo y por donde se introduce el aire fresco necesario para asegurar una correcta ventilación.

Manto: Formación minera que tiene una inclinación inferior a 45° con respecto a la horizontal.

Método de explotación subterránea de minas de carbón:

Se define por los tres métodos que se indican: a) Cámara y pilares. b) Frentes cortas (short wall) c) Frentes largas (long wall)

a) El método de cámaras y pilares se desarrolla en las siguientes etapas:

Definir un macizo a explotar y realizar entradas en éste; éstas deben ser paralelas entre sí y en el sentido del avance de la mina.

Se forman pilares haciendo estocadas perpendiculares entre las entradas paralelas; en esta etapa las áreas abiertas por las entradas paralelas y las estocadas deben ser sólo las necesarias, extrayendo solamente alrededor del 30% del volumen total.

Se completa la extracción de los pilares prácticamente en retirada, los que pueden ser adelgazados o totalmente recuperados. El método es fácilmente mecanizable.

b) El método de frentes cortas consiste en la apertura de una faja de acceso según la línea de máxima pendiente del manto, o según una inclinación compatible con su satisfactorio trabajo gravitacional de medios mecanizados de transporte que pueden consistir en canoas metálicas, transportadoras de canjilones sobre superficie metálica u otros medios equivalentes. El carbón es previamente circado y debilitado con disparos subcríticos para ser arrancado mediante picos neumáticos, cepillos mecánicos, tambores mecánicos o, según su dureza mediante simple picota.

La fortificación de las labores de las frentes está constituida por un sistema de postación metálica o de madera para mantener a lo menos tres sistemas de calles, a saber:

150 Recopilación de Reglamentos en Seguridad Minera - calle del barretero, - calle de la canoa o transportador, y - a lo menos una calle de seguridad.

c) El método de explotación de frentes largas, sólo difiere del de frentes cortas por la magnitud de la frente operativa. La ventilación de las frentes de carbón es desarrollada desde abajo hacia arriba, en tanto que el transporte del carbón se desarrolla desde arriba hacia abajo, o sea, en sentido gravitacional.

Perforación o barrenado: Acción de perforar la roca con una herramienta de perforación.

Piques: Labores verticales o inclinadas, que se corren de arriba hacia abajo

Socavones: Labores mineras horizontales o cercanas a la horizontal

MEDIDAS DE AIRE EN TERRENO

AFORO DE CIRCUITO DE VENTILACION

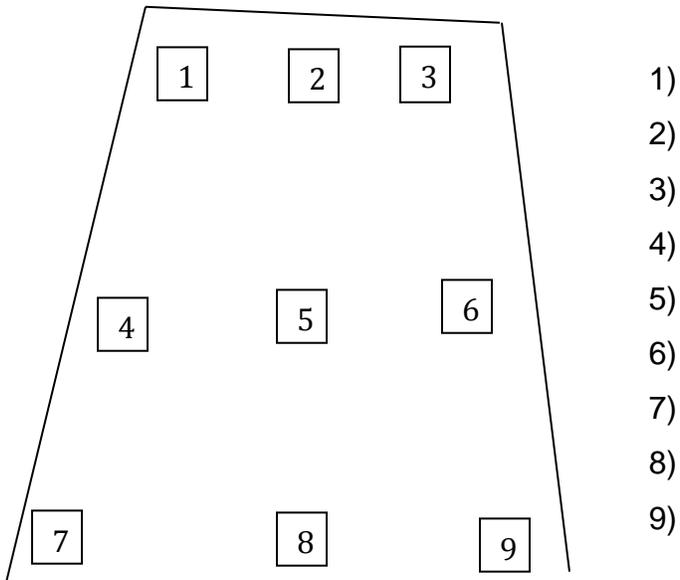
FECHA AFORO:

CANTIDAD DE PERSONAL EN EL TURNO MAYOR:

LUGAR AFORADO	
VELOCIDAD EN M/MIN.	
SECCIÓN M ² .	
CAUDAL M ³	
NÚMERO TRABAJADORES SECTOR	
CAUDAL PROMEDIO	
GAS METANO	
OXIGENO EN AMBIENTE	

MEDIDAS DE AIRE EN TERRENO

MEDIDAS DE FLUJO EN METROS POR MINUTO



ANCHO DE GALERÍA	
ALTO DE GALERÍA	
FECHA	
NUMERO TRABAJADORES	
GAS METANO CH ₄ .	
OXÍGENO O ₂	
Nº AFORO	
LUGAR	

Aforo Circuito de Ventilación (Anexo 1)

A F O R O N° 1	
Galería Aforada	Chiflón Principal
Sección Galería	4,00 m ²
Velocidad Aire	84,80 mts/min
Caudal Aire	339,20 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	2
Cauda Promedio por Trabajador	169,60 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	20,80%

A F O R O N° 2	
Galería Aforada	Corriente 1 Principal
Sección Galería	5,15 m ²
Velocidad Aire	49,60 mts/min
Caudal Aire	255,44 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	2
Cauda Promedio por Trabajador	127,72 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	20,80%

A F O R O N° 3	
Galería Aforada	Corriente 2 Principal
Sección Galería	4,84 m ²
Velocidad Aire	34,00 mts/min
Caudal Aire	164,56 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	2
Cauda Promedio por Trabajador	82,28 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	20,80%

A F O R O N° 4	
Galería Aforada	Estocada 1 Principal
Sección Galería	5,28 m ²
Velocidad Aire	14,20 mts/min
Caudal Aire	74,98 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	2
Cauda Promedio por Trabajador	37,49 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	20,80%

A F O R O N° 5	
Galería Aforada	Maestra 5 Norte
Sección Galería	4,72 m ²
Velocidad Aire	5,00 mts/min
Caudal Aire	23,60 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	2
Cauda Promedio por Trabajador	11,80 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	20,80%

A F O R O N° 6	
Galería Aforada	Maestra 5 Norte - Frente
Sección Tubo Puntero	0,071 m ²
Velocidad Aire	260,00 mts/min
Caudal Aire	18,46 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	2
Cauda Promedio por Trabajador	9,23 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	20,80%

A F O R O N° 7	
Galería Aforada	Corriente 3 Norte - Frente
Sección Tubo Puntero	0,071 m ²
Velocidad Aire	144,00 mts/min
Caudal Aire	10,22 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	2
Cauda Promedio por Trabajador	5,11 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	20,60%

A F O R O N° 8	
Galería Aforada	Corte 7 Norte
Sección Tubo Puntero	0,071 m ²
Velocidad Aire	294,00 mts/min
Caudal Aire	20,87 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	6
Cauda Promedio por Trabajador	3,48 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	19,60%

A F O R O N° 9	
Galería Aforada	Corte 7 Sur
Sección Tubo Puntero	0,071 m ²
Velocidad Aire	276,00 mts/min
Caudal Aire	19,60 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	4
Cauda Promedio por Trabajador	4,90 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	19,50%

A F O R O N° 10	
Galería Aforada	Nivel 1 Revuelta General
Sección Galería	3,40 m ²
Velocidad Aire	84,60 mts/min
Caudal Aire	287,64 m ³ / min
N° Trabajadores en Galería	0
Cauda Promedio por Trabajador	287,64 m ³ / min
Porcentaje CH 4	0,00%
Porcentaje O2	20,40%

Cotizaciones, instalaciones y remuneraciones

Ventilador y Gabinete de Control

Información del producto

Modelo	K40, 8-16
Tipo de conducción	Directo
Diámetro del impulsor	1600 mm
Velocidad de rotación	730 rpm
Alcance de volumen de aire	1056 a 2298 m ³ /min.
Alcance de presión	109 a 504 Pa. 0,82 a 3,78 mmHG

Información del motor

Poder	22 kw
Voltaje	380 V

Frecuencia	50 hz
Fase	3 fases

Dimensiones

Dimensión	2x2,5x1,5m
Peso	3200 kg

Cotización

Item	Producto	Tipo	Marca	Cantidad	Cantidad	Precio	Total
1	Ventilador	K 40, 8 -16	SCY	Set	1	\$3.696.000	
2	G.Control	22 kw	SCY	Uno	1	\$257.400	
1	Mangas			Metros	50 mts	\$594.000	
							\$4.547.400

Instalación Ventilador

Descripción	Cantidad/Unidad	Precio Unitario	Total
Radier	12 mt ²	\$20.000	\$240.000
Galpón	12 mt ²	\$65.000	\$780.000
Montaje y Transporte			\$250.000
Total			\$1.270.000

Costo total del ventilador e instalación

Ventilador	\$3.696.000
Gabinete Control	\$257.400
Mangas	\$594.000
Radier	\$240.000

Galpón	\$780.000
Montaje y Transporte	\$250.000
Costos Totales Proyecto	\$6.000.000

Cálculo Aumento de Producción

Toneladas actuales	Ingresos
90 toneladas/día	\$83.160.000
117 toneladas/día	\$108.108.000
Precio Tonelada Granel \$42.000	Aumento de un 30%
Días Mes Trabajados 24	Lunes a Sábado

Carbón

Considerando actualmente el precio del carbón de \$42.000 CLP por tonelada, las 90 toneladas diarias que extrae promedio Mina Trinidad, se obtienen los siguientes resultados:

Producción día: $90 \text{ t/d} \times \$42.000 = \$3.780.000$

Nueva Producción t/d $\times \$42.000 = \$4.914.000$

Mano de obra

Dentro de Mina Trinidad a la actualidad de noviembre del 2016, se encuentran trabajando 98 personas, distribuidas en 3 turnos. Turno A (7 Am a 15 Pm) Turno B (15 Pm a 23 Pm) y Turno C (23 Pm a 7 Am).

Remuneraciones

Cargo	Mes	Día	Hora
Supervisor MD	\$800.000	\$25.810	\$3.226
Manipulador Explosivos	\$530.000	\$17.095	\$2.137
Electromecánico	\$530.000	\$17.095	\$2.137

Barretero	\$500.000	\$16.129	\$2.137
Fortificación	\$430.000	\$13.871	\$1.734
Carrero	\$350.000	\$11.290	\$1.411

Costos Actuales Mensuales Remuneraciones

Cargo	Cantidad de personas	Costos Operación
Supervisor MD	3	\$2.400.000
Manipulador Explosivo	3	\$1.590.000
Electromecánico	3	\$1.590.000
Barretero	18	\$9.000.000
Fortificación	31	\$13.330.000
Carrero	40	\$14.000.000
Total	98	\$41.910.000

Costos Considerando aumento extracción (\$)

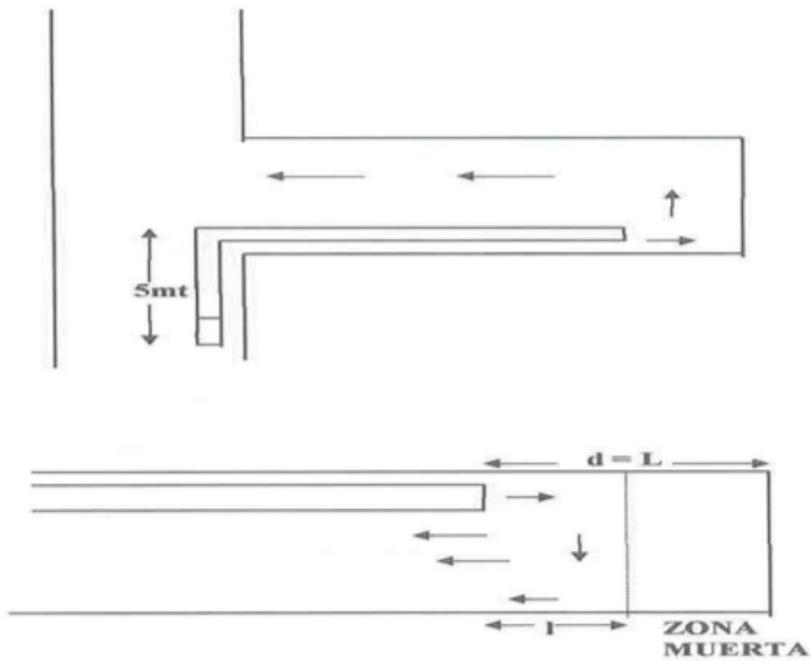
6 Barreteros	3.000.000
9 Fortificadores	3.870.000
12 Carreros	4.200.000
1 Electromecánico	530.000
Explosivos	2.400.000
Madera Fortificación	750.000
Epp	200.000
Energía Eléctrica	1.500.000
Mantenimiento y Reparación	3.290.000
Otros	2.715.000
Total Costos Producción	\$22.455.000

Figuras



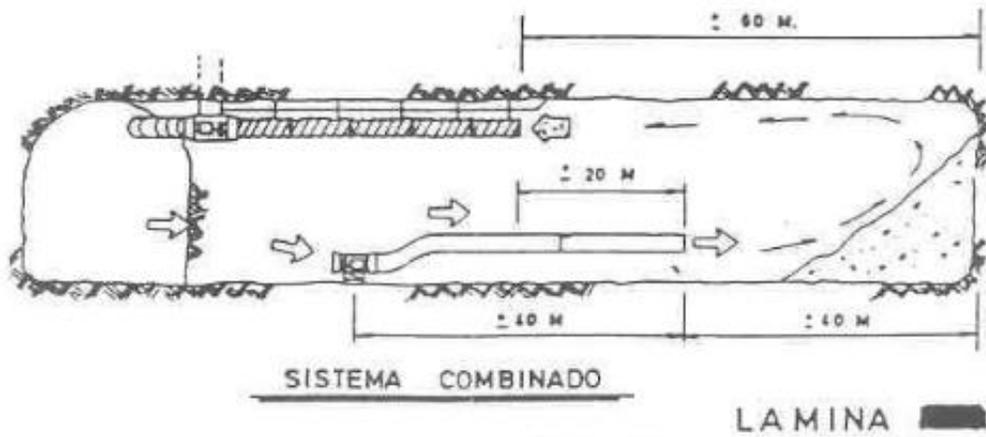
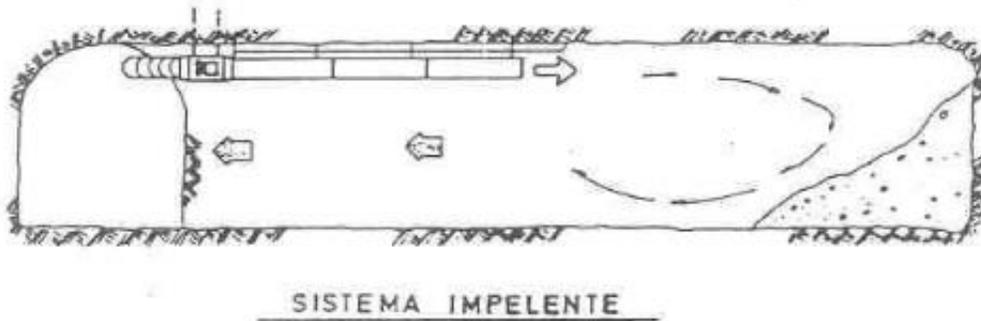
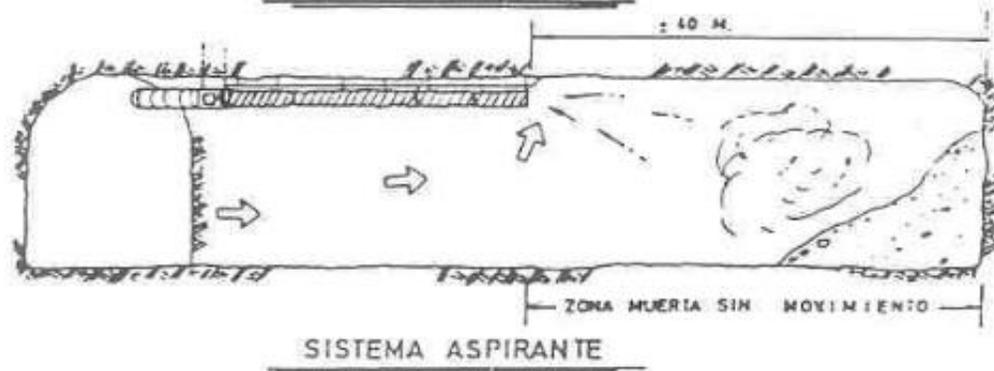
(Anexo, figura nº1)

FIGURA 2.-



(Anexos, figura nº 2)

ESQUEMA DE TIPOS BASICOS DE VENTILACION AUXILIAR DE DESARROLLO



(Anexos, figura nº3)

Mangas de ventilación (Anexos, figura n°4)



Curva de rendimiento del ventilador cotizado(Anexos, figura n°6)

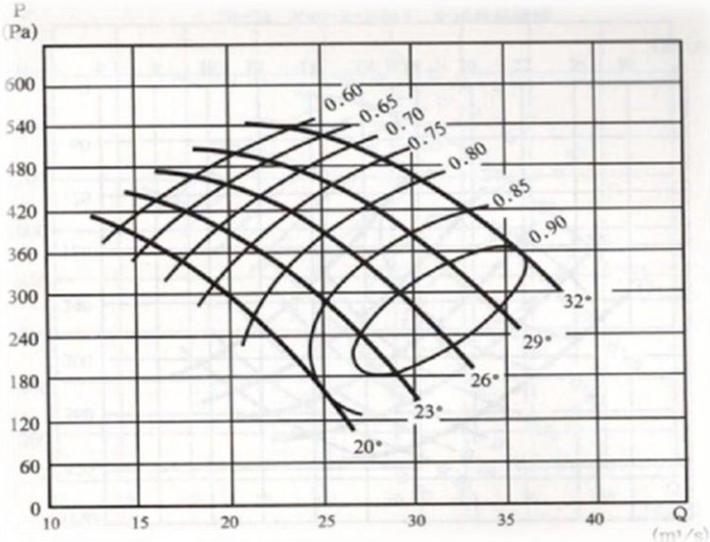


Imagen referencia Ventilador Cotizado (Anexos, figura n°7)



Imagen referencia ventilador cotizado (Anexos, figura n°8)



Gabinete de Control (Anexos, figura n°9)



