

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica



**"Evaluación de la Ventilación
en una Mina Convencional"**

**Compañía Minera Poderosa S.A.
Sección : La Lima**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Pedro Genaro Quinteros Carlos

**Lima - Perú
1992**

**A mis padres :
Alcides y Elvira**

**A mis Hermanas:
Silvia, Zulema,
Leticia y Norma.**

A G R A D E C I M I E N T O S

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a cada uno de los colaboradores en este esfuerzo :

A la Compañía Minera Poderosa S.A., por el apoyo recibido con el equipo y material de campo y gabinete; especialmente al Gerente de Operaciones Ing. Marcelo Santillana y al Jefe del Departamento de Seguridad Ing. Víctor Cárdenas C. por su colaboración en la realización de esta Tesis.

A mis asesores Ings. Julio Hidalgo M. y Washington Callapiña D. por las correcciones hechas en bien de este trabajo.

INDICE

- I.- INTRODUCCION
- II.- OBJETIVOS DE LA EVALUACION
- III.- UBICACION Y ACCESO A LA MINA
- IV.- FISIOGRAFIA Y CLIMA
- V.- APROVISIONAMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA Y MEDIO AMBIENTE DE LA MINA LA LIMA
- VI.- GEOLOGIA GENERAL Y ECONOMICA
- VII.- RESERVAS DE MINERAL
- VIII.- METODO DE MINADO
- IX.- PRODUCCION PROMEDIO DE MINERAL
- X.- ANTECEDENTES DE TRABAJOS DE VENTILACION
- XI.- PLANEAMIENTO DE EVALUACION DEL SISTEMA DE VENTILACION
- XII.- VARIABLES DE LA VENTILACION DE MINAS
- XIII.- CANTIDAD DE AIRE NECESARIO PARA VENTILAR LA MINA
- XIV.- INFLUENCIA DE LA VENTILACION NATURAL
- XV.- VENTILACION MECANICA
 - XV.1.- GENERALIDADES
 - XV.2.- VENTILACION PRINCIPAL
 - XV.3.- VENTILACION AUXILIAR
- XVI.- SELECCION DE VENTILADORES
- XVII.- COSTOS DE VENTILACION
- XVIII.- DESCRIPCION GENERAL DE LA EVALUACION
 - XVIII.1.- VENTILACION PRINCIPAL:
 - A.- TOMA DE DATOS:

-VELOCIDAD DE AIRE, AREA Y PERIMETRO DE LA SECCION, LONGITUD, TEMPERATURAS, CAUDAL Y CARACTERISTICAS DE LAS LABORES.

- B.- DATOS PROMEDIOS POR TRAMOS
- C.- RESISTENCIA DE LAS LABORES POR TRAMOS
- D.- AIRE NECESARIO PARA LA MINA
- E.- CURVA CARACTERISTICA DE LA MINA
- F.- CALCULO DE LA DEPRESION DE LA MINA
- G.- ORIFICIO EQUIVALENTE DE LA MINA
- H.- PRESION DE VENTILACION NATURAL
- I.- CURVA CARACTERISTICA DE LA VENTILACION NATURAL
- J.- SELECCION DE VENTILADORES
- K.- COSTOS DE VENTILACION PRINCIPAL

XVIII.2.- VENTILACION AUXILIAR (FRENTE CIEGOS)

- A.- CAUDAL DE AIRE NECESARIO
- B.- METODO DE VENTILACION UTILIZADO
- C.- CALCULO DE LA PRESION TOTAL
- D.- SELECCION DEL DIAMETRO Y TIPO DE DUCTO
- E.- SELECCION DEL VENTILADOR ADECUADO
- F.- COSTOS DE VENTILACION AUXILIAR

XVIII.3.- CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS MINIMOS DE VENTILACION EN FRENTE CIEGOS, PARA DIFERENTES TIPOS DE EXPLOSIVOS Y LONGITUDES DE LABORES.

- A.- CALCULO DE TIEMPOS DE VENTILACION EN FRENTE CIEGOS

- XIX.- ANALISIS DE LOS COSTOS TOTALES DE VENTILACION
- XX.- CONCLUSIONES
- XXI.- SUGERENCIAS Y ALTERNATIVAS
- XXII.- BIBLIOGRAFIA
- XXIII.- ANEXOS.

INTRODUCCION.

Sabemos que el trabajo en minas subterráneas es totalmente diferente al de cualquier otra industria; debido a que presenta riesgos y peligros, especialmente en lo que representa a enfermedades ocupacionales, y que se tiene ambientes contaminados con partículas de rocas y gases venenosos provenientes de las voladuras, de las emanaciones de los motores diesel, de la descomposición de materiales orgánicos, etc., la evaluación y mejora de la ventilación, tiene un propósito definido, brindar un ambiente de trabajo óptimo en las diferentes áreas de la mina.

Para la evaluación respectiva calculamos inicialmente las necesidades de aire fresco para su ventilación, considerando la gran influencia que se tiene de la ventilación natural, como ayuda sobre la ventilación mecánica. Damos una gran atención a la ventilación de frentes ciegos y su respectiva selección de ventiladores; así como al diámetro del ducto de ventilación y al método de aplicación.

El sistema de ventilación cambia rápidamente con el

tiempo a causa de las nuevas comunicaciones de las labores y con ellos los parámetros, como la caída de presión y caudal; así la presente evaluación es una herramienta de partida para predecir dichos cambios y para que pueda servir en estudios futuros, debido a que los cambios mencionados se simulan como una función continua.

Siendo la presente evaluación el primer trabajo de su género en la empresa, invocamos a los directivos, continuar brindando facilidades a futuras investigaciones y seguir invirtiendo en equipos e instrumentos de control de la ventilación.

II. OBJETIVOS DE LA EVALUACION.

El principal objetivo del presente trabajo es hacer una evaluación de la ventilación de la mina desde el punto de vista técnico y económico, para presentar alternativas de solución en base al valor presente de los costos de ventilación.

Para cumplir con tal objetivo, evaluamos las eficiencias de los equipos de ventilación actuales y proporcionamos características de nuevos equipos para mejorar la ventilación.

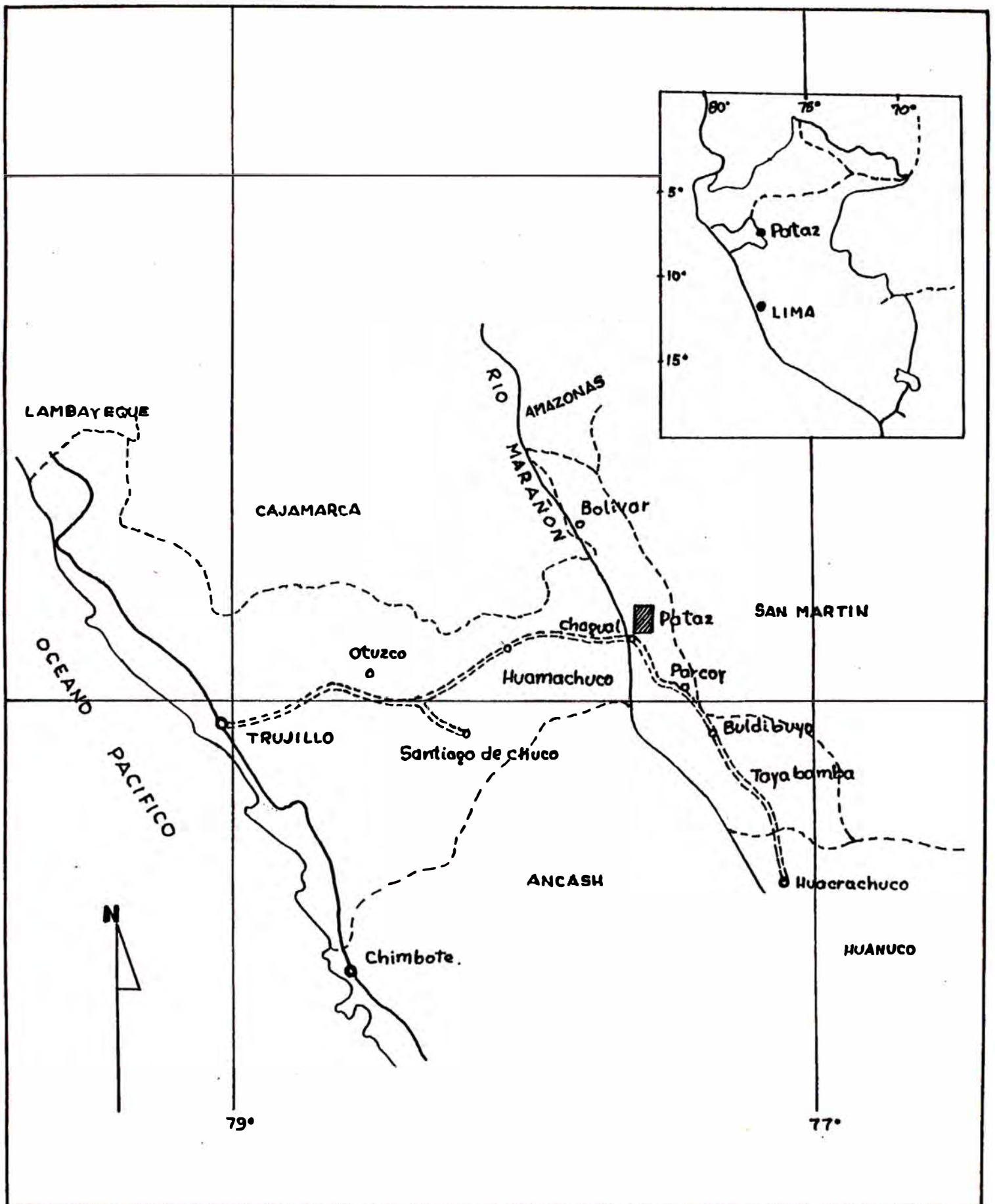
Así mismo, se tuvo que confeccionar el plano isométrico de la mina, ya que dentro de los objetivos estaba el de proporcionar al Departamento de Seguridad instrumentos de trabajo con las cuales pueda visualizar y plasmar cambios presentes y futuros; para mejorar y continuar ventilando las diferentes labores.

La influencia de la ventilación mecánica y el cálculo de sus parámetros respectivos, junto a las condiciones y características de la mina, nos darán una idea de la dificultad y el costo que implicará tanto la

ventilación principal como la auxiliar; de modo tal que la selección de los equipos satisfagan tales condiciones.

También introducimos un método de solución de la ventilación auxiliar, calculada en base a los costos del tiempo de ventilación de un frente ciego, llegando a determinar parámetros específicos para solucionar uno de los más grandes problemas que se presentan en la mina.

Finalmente pretendemos que la presente evaluación sirva para que los directivos de la empresa tomen las respectivas decisiones y puedan mejorar el ambiente de trabajo de la mina y hacer que esto sea un factor directo en el incremento de la productividad.



IV.- FISIOGRAFIA Y CLIMA.

La región es de relieve muy accidentado; el valle principal formado por el río Marañón con dirección general N-S marca el límite entre las cordilleras occidental y oriental.

El clima es variado, en las partes bajas aproximadamente a 1300 msnm. el clima es cálido con temperaturas hasta de 35 °C y en las partes altas, aproximadamente entre 1800 y 2500 msnm, la temperatura oscila entre 10°C y 25°C.

V.- APROVISIONAMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA Y
MEDIO AMBIENTE DE LA MINA LA LIMA.

GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA.

Para cubrir la demanda de energía eléctrica, la CIA. Minera Poderosa S.A. cuenta con una pequeña central Hidroeléctrica, ubicada en la quebrada El Tingo, a unos 4 Km. de la mina La Lima.

Para el funcionamiento de esta Hidroeléctrica se hace una recolección del pequeño caudal de agua que se tiene en las partes altas de la región (Chirimachay a 4000 m.s.n.m.) y que es transportado por medio de un canal hasta un reservorio ubicado en El Tingo, para luego aprovechar una pendiente de 500 metros de longitud y generar la energía eléctrica.

La mina La Lima por su condición de convencional, requiere poca cantidad de energía eléctrica, siendo necesario solo para el funcionamiento de la Locomotora que trabaja en el Nivel 2400.

Para propósitos de ventilación sugerimos como veremos

más adelante, el cambio de tipo de ventiladores neumáticos a eléctricos; por lo que se tendrá que aumentar el requerimiento de electricidad en:

	<u>KW / HORA</u>
VENTILADOR PRINCIPAL:	17.897
<u>VENTILADOR AUXILIAR :</u>	<u>6.711</u>
TOTAL :	24.608

El funcionamiento de estos ventiladores tendrá que controlarse estrictamente, ya que un tiempo de trabajo exagerado traerá como consecuencia un aumento del costo de ventilación.

El aprovisionamiento de energía eléctrica para los ventiladores influirá en realizar un control y redistribución de la energía, especialmente en horas punta, haciendo una racionalización en todos los centros de producción y campamentos.

MEDIO AMBIENTE DEL SUBSUELO DE LA MINA.

En La Lima no se tienen elementos generadores de gases contaminantes, como motores diesel; el medio ambiente de trabajo solo es contaminado por partículas de roca, partículas orgánicas generados por las actividades propias de la explotación y los gases

provenientes de la acción de los explosivos.

Por su ubicación topográfica se tiene una ventilación natural constante, lo que permite que durante el tiempo que no trabaja el ventilador, la mina se ventile parcialmente mediante el aire natural, haciendo un ambiente relativamente adecuado para el trabajo.

Además, no se tienen temperaturas superiores a 25 grados centígrados; aun cuando en la superficie la temperatura supere los 30° grados. La corriente de aire natural funciona en forma refrigerante.

En horas punta, como los que se tiene después de las voladuras de los tajeos, es cuando el medio ambiente se hace hostil, y es para mejorar este ambiente que sugerimos los ventiladores adecuados como mostraremos más adelante.

El clima cálido y húmedo de la región hace que en la mina se descompongan rápidamente los materiales orgánicos, generando hongos y partículas orgánicas en el medio ambiente, por lo tanto los lugares abandonados son taponeados, para evitar la salida de

aire contaminado.

Así, para mejorar el medio ambiente de la mina es que hacemos el presente estudio y sugerimos medidas para tener un ambiente adecuado para el trabajo.

VI.- GEOLOGIA GENERAL.

La zona situada en la faja aurífera de Pataz, está ligada en la evolución estratigráfica y estructural de la cordillera oriental en el sector nor-peruano; conformado por la superposición de tres ciclos: el Precambriano, el Hercínico y el Andino.

El Precambriano formado por rocas esquistosas y filíticas en la base, metavolcánicas en la parte superior. Todo el conjunto llamado complejo metamórfico del Marañón, es afectado por una tectónica polifásica.

El Hercínico formado por las pizarras Ordivisicas del Contaya, areniscas y lutitas del Ambo y molasa del Mitu.

El Andino, formado por las facies orientales del Pucará y Goyllarisquizga y molasa Chota, superiormente se presenta una acumulación de lavas y piroclastos conocidos como los volcánicos Lavasén.

EL BATOLITO DE PATAZ.

Las rocas que albergan la mayoría de estructuras mineralizadas de la región, están clasificadas como una serie intrusiva de composición calcoalcalina.

El batolito aflora en forma de lentes alargados en dirección NNW-SSE, intruye a rocas más antiguas hacia el W, formando una franja de enclaves con los metavolcánicos del complejo metamórfico y las pizarras del Contaya, hacia el este se encuentra discretamente cubiertos por los volcánicos Lavasen.

GEOLOGIA REGIONAL.

GENERALIDADES.

Regionalmente la mayoría de las vetas auríferas están ubicadas en el batolito, cerca al contacto con las rocas del complejo del Marañón. Si bien es cierto que las vetas más importantes, están en las rocas granodioríticas, también se encuentran vetas en el mismo contacto con las pizarras o con los metavolcánicos. Asimismo, aún cuando se registra toda

una serie de diferentes rumbos paralelos a la estructura, hay una mayor densidad en el rumbo aproximado al N-S y buzamiento hacia el Este ,que a su vez muestran mejores leyes y mayor continuidad.

Es importante también hacer notar la sorprendente similitud de la paragénesis en las vetas de Pataz. la secuencia paragenética es simple y se pueden distinguir hasta tres fases claras en la mineralización. La primera con cuarzo, pirita y arsenpirita en forma de cristales gruesos, la segunda sería el intenso fracturamiento a causa de una base tectónica intermineral y la tercera cuando en las microfallas y fracturas de estos minerales se depositó la segunda generación de sulfuros ligada al oro (galena, esfalerita y calcopirita), las alteraciones hipógenas típicas en las rocas encajonantes son: la sericitización, argilitización, y piritización.

No se discute el origen por procesos hidrotermales post-magmáticos de las soluciones mineralizantes que depositaron su contenido metálico en las fracturas. El carácter calcoalcalino del intrusivo es materia que se considera evidente a la luz de los análisis químicos efectuados y la microscopia.

GEOMETRIA.

La principal forma es la filoniana como una sola estructura a veces entrelazados como lazos sigmoides, también estructuras ramificadas.

A mayor escala se puede describir un conjunto de estructuras aproximadamente paralelas entre si, buzando hacia el Este, y con tendencia a juntarse en profundidad. En la zona de Papagayo se ha verificado este asunto entre la veta Mercedes y la veta La Brava, cuyos afloramientos aparecen distantes, pero en profundidad estas vetas tienden a juntarse.

Las características más saltantes es sin duda el alineamiento que ofrecen las vetas de La Lima, Papagayo y el Tingo, dando la impresión de ser una continuidad, ya que los tipos de roca de caja y el mineral de relleno son semejantes. El promedio de potencia de la vetas varía entre 0.8 a 1.8 metros, los rumbos son en promedio de N-S y los buzamientos varían entre 40 y 58º al Este.

VII.- RESERVAS DE MINERAL.

El resumen de reservas de mineral en la mina La Lima, al 31-12-91 son los que se muestran en la siguiente tabla:

MINERAL PROBADO:

POT.	LEY Au	TONS.	POT.DIL.	LEY DIL.	TON.DIL.
<u>(m)</u>	<u>(gr/TMS)</u>	<u>(TMS)</u>	<u>(m)</u>	<u>(gr/TMD)</u>	<u>(TMD)</u>
0.87	14.24	28330.51	1.21	10.26	39296.93

MINERAL PROBABLE:

<u>0.81</u>	<u>15.66</u>	<u>3338.12</u>	<u>1.22</u>	<u>10.39</u>	<u>5029.73</u>
-------------	--------------	----------------	-------------	--------------	----------------

MINERAL TOTAL: 44326.66

CUADRO 1.

VIII.- METODO DE MINADO.

GENERALIDADES.

El método de minado seleccionado teniendo en cuenta las características del yacimiento, es decir:

Las formas filonianas, dimensiones irregulares y ubicación espacial del yacimiento.

Distribución espacial de leyes de oro.

Características físico-químicas del mineral y de las rocas encajonantes.

También se consideran los parámetros no propios del yacimiento como:

Aspectos económicos; es decir costos de producción.

Disposiciones gubernamentales y reglas de seguridad.

- Instalaciones auxiliares de la mina.

El método aplicado teniendo en cuenta lo mencionado es

el corte y relleno ascendente convencional, este método permite controlar la dilución, ya que lo principal es tener una buena selectividad del mineral.

DESCRIPCION.

El método consiste en sacar el mineral en tajadas ascendentes, luego se construyen los cuadros de madera y se rellenan los espacios vacíos para soportar las cajas.

CONDICIONES DE APLICACION.

Entre los principales tenemos:

- Potencia mayor o igual a 0.8 metros.
- Buzamiento mayor de 40 grados.
- Mineral de alta ley.
- Cajas poco resistentes.

LABORES DE PREPARACION.

- Nivel superior e inferior sobre veta.
- Subnivel dejando un puente de mineral sobre el nivel inferior. Se considera cuando la veta es angosta un puente de 2 metros de potencia y

cuando se presenta la veta amplia se deja un puente de 4 metros, esto permitirá soportar y mantener firme el nivel inferior.

- Tolva camino construido sobre veta, que servirá para bajar el mineral, para tránsito de personal y servicios.
- Chimenea de relleno, también construido sobre veta.

ACTIVIDADES CICLICAS.

- Perforacion; se considera solo horizontal.
- Acarreo; se hace dependiendo del mayor o menor buzamiento de las vetas; en aquellas con más de 50 grados el mineral se acarrea con carretilla hasta la tolva, y en las con buzamiento de aproximadamente 40 grados se acarrea con rastrillos neumáticos (Winches), lógicamente en este último las distancias serán mayores de 50 metros.
- Relleno; es generalmente de origen externo, la arena gruesa se transporta desde superficie por medio de la chimenea de relleno.

VENTAJAS:

- Dilución bastante baja.
- Explotación intensa.
- Buena seguridad.

DESVENTAJAS:

- Bastante uso de madera.
- Dificultad para el relleno.

IX.- PRODUCCION PROMEDIO DE MINERAL.

La producción de mineral será una variable fundamental para hacer la evaluación de la ventilación, debido a que para una mayor o menor cantidad de mineral producido, variará en forma directamente proporcional a los requerimientos de personal, materiales, explosivos, equipos, etc.

La producción promedio por tajeos y avances de desarrollos en los últimos seis meses se pueden apreciar en el siguiente cuadro:

<u>MES/1991</u>	<u>No TAJOS</u>	<u>TMD.</u>	<u>TMD/TAJO</u>
JULIO	10	2567.0	257.0
AGOSTO	10	2159.0	216.0
SETIEMBRE	11	2291.0	208.0
OCTUBRE	8	2303.0	288.0
NOVIEMBRE	8	2696.0	337.0
DICIEMBRE	8	3984.0	498.0
PROMEDIO:		2666.0	300.0

CUADRO 2.

X.-

ANTECEDENTES DE TRABAJOS DE VENTILACION.

Durante la existencia de la mina, no se reportan estudios similares; lo que generalmente a hecho y sigue haciendo el Departamento de Seguridad es efectuar un control rudimentario por medio de sus obreros supervisores de seguridad, en la cual se encargan según sus propios criterios de instalar los ventiladores y las mangas especialmente en los frentes ciegos.

La falta de instrumentos para las mediciones de control es una muestra de que no se a dedicado estudios para mantener un ambiente de interior mina, capaz de satisfacer los mínimos requerimientos y ver la influencia que esto tiene en la productividad.

XI.- PLANEAMIENTO DE EVALUACION DEL SISTEMA DE VENTILACION.

Este planeamiento esta ligado muy estrechamente con el planeamiento de minado.

El sistema de ventilación, envuelve las mediciones de velocidad de aire, diferencia de presiones, temperaturas, dimensiones de los conductos en puntos estratégicos.

El estudio proporciona los datos para calcular cantidades de aire, pérdidas de presión, densidad de aire y resistencia de los conductos; estos son los datos necesarios requeridos para los cálculos numéricos, como se verá más adelante.

El contenido del planeamiento debe constar de:

- 1.- Elección del esquema de ventilación y elección del método de ventilación.
- 2.- Cálculo del volumen de aire necesario para satisfacer las necesidades de ventilación de la mina.

- 3.- Distribución de aire por las diferentes secciones de la mina.
- 4.- Cálculo de la depresión total de ventilación.
- 5.- Consideración y cálculo de la presión de ventilación natural, de modo que pueda actuar favorablemente con la ventilación mecánica.
- 6.- Elección del ventilador o ventiladores principales o auxiliares.
- 7.- Cálculo del costo de ventilación.

Como punto de partida para el planeamiento, está el trabajo de campo, mejor llamado mapeo de ventilación, el procedimiento que seguimos es:

- a.- Reconocimiento de la mina.
- b.- Factores de ventilación.
- c.- Mapeo de ventilación.

El reconocimiento de la mina es un punto de inicio muy importante, debido a que se hace un recorrido por los diferentes conductos de aire, observando a groso modo los lugares que necesitan ventilación, así mismo el sentido de flujo, los obstáculos que tiene que enfrentar el aire en su recorrido, los lugares donde

se concentran gases y polvo, es decir se hace un recuento de las características de la mina.

Este trabajo inicial se acostumbra hacerlo en dos o tres días, dependiendo de las dimensiones de la mina.

Los factores de ventilación que tendremos en cuenta son:

El sentido del flujo del aire.

La velocidad del aire.

Área y perímetro de la sección.

Rugosidad de las paredes y los obstáculos que se presentan dentro del flujo.

Densidad del aire a nivel de la mina.

Temperatura.

Forma geométrica de las curvas, distancias de transporte de mineral, número de cortadas sin aire, número de equipos, calidad de la roca, longitud de labores, número de hombres trabajando, etc...

El mapeo de ventilación consiste en realizar un levantamiento depresiométrico en toda la mina, en

todas las estaciones tendrán sus mediciones de los factores mencionados; para tal fin se necesita contar mínimo con tres hombres, de modo que al final se hará un balance de aire, considerando un incremento de 20% debido a trabajos de ampliación de la mina y como un factor de seguridad.

Finalmente consideramos la cantidad de aire que ingresa versus la cantidad de aire que necesita la mina; y evaluar el costo de ventilación para satisfacer los requerimientos actuales.

XII.- VARIABLES DE LA VENTILACION DE MINAS.

Para determinar la resistencia de las diferentes labores o conductos de aire es necesario conocer las variables de ventilación, tales como: Resistencia del conducto (R), caída de presión (H) y caudal de aire (Q).

Serán fundamentales para construir la curva característica de la mina que es dato importante para conocer aun más el comportamiento de resistencia ante el sistema de ventilación que calculamos.

RESISTENCIA DE LOS CONDUCTOS (R):

Puesto que la caída de presión es proporcional al cuadrado del caudal que fluye a través del conducto; la relación caída de presión-caudal, puede expresarse por medio de una constante de proporcionalidad. Así, la ecuación de Atkinson será:

$$H = R * Q^2$$

Donde, R es la constante de proporcionalidad referido

a la resistencia del conducto.

La resistencia es la variable inherente a las características de la mina que se opone al flujo continuo del aire; depende básicamente de la superficie lateral de la labor, de la sección transversal y el coeficiente de fricción aerodinámico:

$$R = \frac{K * P * L}{5.2 * A^3}$$

La ecuación anterior representa la resistencia por fricción. Además se considera la resistencia ofrecida por las sinuosidades, cambios de dirección, variaciones de sección y diferentes obstáculos de las labores; sumándose por lo tanto a la resistencia de fricción una resistencia por choques:

$$R = \frac{K * P * (L + L_e)}{5.2 * A^3} \quad "H2O * \text{min}^2 / \text{pies}^6.$$

Donde:

P = perímetro de la sección, en pies.

A = área de la sección, en pies².

L = longitud de la labor, en pies.

Le= longitud equivalente, en pies; se obtiene de tablas.(ANEXO 2)

K = factor de fricción, en $lb \cdot min^2 / pie^4$, que deberá ser corregido por altura o densidad de aire, así:

$$K \text{ corregido} = K \text{ tabla} * (W / 0.075)$$

Donde:

W = densidad de aire a nivel de la mina.

CAIDA DE PRESION (H):

Es la depresión originada por el paso del aire a través de los conductos de la mina. Como indicamos anteriormente, los conductos ofrecen resistencia al paso del aire y como consecuencia de esto el valor de la presión del flujo de aire disminuye, produciéndose la caída de presión, tanto por fricción como por choque:

$$H = H \text{ fricción} + H \text{ choque}$$

$$H = R * Q^2$$

Donde:

H = caída de presión, conocida como presión estática (Hs), en pulgadas de agua.

Q = caudal de aire, en CFM.

CAUDAL (Q):

El caudal calculado para el sistema de ventilación, conjuntamente con la caída de presión constituye la respuesta a la necesidad y fuerza del aire para trasladarse de un punto a otro, ventilando la mina.

CURVA CARACTERISTICA DE LA MINA:

Es un gráfico que sirve para solucionar los problemas de ventilación, conjuntamente con la caída de presión estática es usado y ploteado contra el caudal de aire, originando una curva parabólica que pasa por el origen de coordenadas.

El procedimiento es: Asumir diferentes valores de caudales, para luego reemplazarse en la ecuación de Atkinson y obtener sus correspondientes presiones estáticas. Asumimos caudales desde 0 hasta 100000 CFM

ya que en este rango esta comprendido la necesidad de CFMs de la mina.

En esta curva se ubicará el caudal necesitado por la mina, y luego de interceptar la curva se encontrará la presión estática de la mina. De esta manera se puede simular diferentes caudales y obtener sus respectivas presiones estáticas.

XIII.- CANTIDAD DE AIRE NECESARIO PARA VENTILAR LA MINA.

Se debe de proveer de una suficiente cantidad de aire fresco hacia los lugares de trabajo o donde sea necesario la dilución y transporte de sustancias contaminantes. Así también, para obtener un ambiente agradable; de tal manera que mejore las condiciones de trabajo, y como consecuencia aumente la productividad.

Las tareas que se tienen en cuenta para el cálculo del aire necesario son:

- 1.- Aprovechamiento a los lugares de trabajo de suficiente cantidad de aire limpio.
- 2.- Dilución por aire y eliminación de los gases tóxicos provenientes de las voladuras.
- 3.- Disminución y eliminación de polvos en la mina.
- 4.- Disminución de la temperatura.

La necesidad de ventilación varía desde mínima, en intervalos de perforación de taladros , hasta

importante al final de los turnos, y máximo después de las voladuras.

Los métodos de cálculo de caudal dependen de:

- 1.- La cantidad de gases desprendidos de los explosivos.
- 2.- La producción de mineral.
- 3.- El número de personas trabajando simultáneamente.
- 4.- Cantidad de partículas orgánicas en el aire.
- 5.- La cantidad de polvo producido.
- 6.- Los tipos de equipos operando.

Comunmente el cálculo de aire se hace para toda la mina en conjunto, y es como sigue:

A.- CAUDAL SEGUN LA PRODUCCION.

Generalmente en las minas se crea un requerimiento de aire proporcional a la producción de mineral, por lo tanto tenemos que brindar a la mina una cantidad de aire en CFM por cada tonelada de mineral producido diariamente, debido a que esta

producción implica el uso de gran cantidad de madera y otros materiales que desprenden contaminantes como CO₂.

Por lo tanto:

$$Q_1 = q * T \quad \text{CFM.}$$

Donde:

q = Cantidad de aire por tonelada de producción (CFM/ton), dependiendo de la altura sobre el nivel del mar que se encuentre la mina; este factor de corrección será:

1500 a 3000 m se aumentará en 40%

3000 a 4000 m se aumentará en 70%

Sobre 4000 m se aumentará en 100%

T = Producción diaria de la mina, en toneladas.

q = 35.31 - 44.14 CFM/ton, el valor máximo se emplea cuando hay un gran consumo de madera y por lo tanto gran desprendimiento de CO₂.
(Novitzky)

B.- CAUDAL SEGUN EL NUMERO DE PERSONAS.

De acuerdo al reglamento de bienestar y seguridad minera, conocemos que la cantidad mínima de aire fresco por persona deberá ser 106 CFM, cuando la mina se encuentre por debajo de 1500 m de altura, incrementándose según la altura:

$$Q2 = N * q * (1 + FC) \quad \text{CFM.}$$

donde:

N = Número máximo de personas trabajando simultáneamente en la mina.

q = Cantidad mínima de aire por persona a nivel del mar, 106 CFM.

FC= Factor de corrección por altura, en %, ver parte A.

C.- CAUDAL SEGUN LOS CONTAMINANTES GASEOSOS.

Los contaminantes gaseosos debido a la acción de los explosivos son influyentes en el cálculo del caudal necesario para la mina.

La ecuación siguiente se basa en dos valores:

1.- Formación de un cierto volumen de productos tóxicos por la explosión de un Kg. de explosivo.

2.- El tiempo de ventilación. Y como de acuerdo con el reglamento de seguridad, los productos tóxicos de la explosión deben ser diluidos a menos de 0.008% según el volumen, entonces:

$$Q_3 = \frac{100 * a * E * F_c}{0.008 * T} \quad \text{CFM.}$$

Donde:

E = Cantidad de explosivos, en Kg.

a = Volumen de gases por la explosión de 1Kg de explosivo, en m³:

DINAMITA = 0.04

ANFO = 0.20

T = Tiempo de ventilación, en minutos.

F_c = 35.315, factor de corrección de m³ a pie³.

D.- CAUDAL SEGUN EQUIPOS DIESEL.

Dado por la ecuación:

$$Q4 = q * m \quad \text{CFM.}$$

donde:

q = cantidad mínima por cada HP, según reglamento cada HP requiere como mínimo 106 CFM.

m = sumatoria de todos los HP de los equipos.

E.- CAUDAL SEGUN TEMPERATURA EFECTIVA.

Este caudal es requerido cuando la temperatura efectiva del lugar de trabajo supera los 30°C, para tener esta temperatura como máximo, se requiere por lo menos 150 FPM de velocidad del aire:

$$Q5 = A * V_e \quad \text{CFM}$$

Donde:

A = Area de la sección promedio, en pies².

B = Velocidad del aire para evitar una

temperatura superior a 30°C.

F.- CAUDAL TOTAL REQUERIDO POR LA MINA.

El caudal total será entonces la suma de los caudales mencionados anteriormente:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad \text{CFM.}$$

Consideramos un factor de seguridad para el caudal, ya que generalmente los requerimientos de aire aumenta, ya sea por el incremento de equipos, de la producción, del personal, ampliación de la mina, etc.

El factor que consideramos para la presente evaluación, es del 20%, de acuerdo a las características convencionales de la mina; luego :

$$Q_t (\text{mina}) = 1.2 * Q_t \quad \text{CFM.}$$

XIV.-

INFLUENCIA DE LA VENTILACION NATURAL.

GENERALIDADES.

La ventaja que tenemos en las minas ubicadas en zonas montañosas es que gran parte de la ventilación requerida se provee naturalmente; es decir el tiro natural se crea debido a la diferencia de elevaciones del ingreso y salida del aire y la diferencia de sus temperaturas.

Ya que la ventilación natural es importante, se tendrá especial cuidado en el manejo de la misma, debido a que en regiones montañosa cambiará el sentido del flujo, y el encargado de la ventilación tendrá que percibirlo, para tener en cuenta si trabaja en contra o a favor de la ventilación mecánica.

Lo ideal es que tanto la ventilación mecánica como la natural trabajen en el mismo sentido, de modo que aumenten su eficiencia, especialmente en horas punta, donde se requiere de una ventilación total.

DETERMINACION DE LA DIRECCION E INTENSIDAD DE LA VENTILACION NATURAL.

Es muy fácil predecir la dirección e intensidad del flujo natural del aire:

- visualizar las columnas de aire de igual altura entre dos líneas horizontales comparandolos con la diferencia de presiones entre otras partes del circuito.
- Hacer un control de las temperaturas superficiales en cada estación del año, es más, controlando en determinadas horas del día.
- Para determinar la dirección del flujo se hace que deje de funcionar el ventilador y haciendo humear una mecha de seguridad o usando el tubo de humo se observa la dirección del flujo, o también observando el sentido de giro de las paletas del anemómetro.

Es importante conocer la intensidad de la ventilación natural, ya que muchas veces satisface los requerimientos de aire en la mina.

Cuando trabaja en combinación con la ventilación mecánica se deberá determinar el porcentaje de aire natural que ingresa a la mina, ya que en casos de emergencia o cuando no se tenga ventilación mecánica, se pueda aprovechar racionalmente el aire natural en lugares prioritarios.

Existen varios métodos para el cálculo de la presión de ventilación natural, basados en alturas de columnas de aire, la que utilizaremos es:

$$H_n = (L/5.2) * (W_d - W_a)$$

donde:

W_d = densidad de aire promedio en la bocamina, en lb/pies³.

W_a = densidad de aire promedio en la salida de la mina, en lb/pies³.

L = diferencia de niveles entre la entrada y salida de aire, en pies.

Además sabemos que la densidad es función de la presión barométrica (B), de la altitud de la mina (h), y de la temperatura de ingreso y de salida de la mina,

en ϱR , entonces:

$$W = 1.327 * B / T$$

$$B = \frac{30}{(1.019)^{(h/T)}} \quad \text{"Hg.}$$

Combinando estas ecuaciones y reemplazando en la ecuación general, calculamos la presión de ventilación natural.

CURVA CARACTERISTICA DE LA VENTILACION NATURAL.

Es obtenido ploteando la presión de ventilación natural versus el caudal de aire. Esta curva resulta ser una línea recta debido a que un cambio en el caudal de aire circulando proporcionado por otro medio mecánico no influye ni afecta a la presión natural. La presión natural solo podrá variar, al modificar la estructura de la mina, por que es independiente de la resistencia de la mina y el caudal de aire.

XV.- VENTILACION MECANICA.

XV.1.- GENERALIDADES.

Cuando la ventilación natural no es suficiente para los requerimientos de la mina, se utilizan los ventiladores que generan directamente la corriente de aire debido a que producen depresión o sobrepresión, según actúen como, aspirante o impelente.

Los ventiladores de acuerdo a sus dimensiones y características trabajarán en ventilación principal, secundaria o auxiliar; generalmente se emplean de tipo axial.

La más importante medida de performance de un ventilador, esta en la presión y caudal que desarrollan, independiente del tipo de uso que se le dé.

Describiremos a continuación las ecuaciones y leyes que rigen la ventilación mecánica; sin profundizar en el tema ya que no es propósito de este trabajo.

PRESION TOTAL DE VENTILACION.

$$H_t = H_s + H_v$$

donde:

H_s = presión estática del ventilador, traducido como la cantidad de presión desarrollada por un ventilador capaz de vencer la resistencia de las labores, al pasar por ellas.

H_v = presión de velocidad del ventilador, traducido como la cantidad de presión desarrollada por un ventilador, necesario para impulsar un volumen dado de aire con una velocidad suficiente para recorrer los diferentes conductos; luego:

$$H_s = \frac{K * P * (L + L_e) * Q^2}{5.2 * A^3} \quad \text{"H}_2\text{O.}$$

$$H_v = W * (V / 1098)^2 \quad \text{"H}_2\text{O.}$$

donde:

W = densidad del aire del lugar, en lb/pies³.

V = velocidad promedio del aire a la salida del ventilador, en FPM.

POTENCIA PARA MOVER EL AIRE (AHP).

AHP = Air Horse Power, conocido como potencia útil.

$$\text{AHP} = \frac{Q * H_t}{6356}, \text{HP.}$$

donde:

Q = capacidad del ventilador, en CFM.

Ht = presión total del ventilador, en "H2O.

POTENCIA SUMINISTRADA AL VENTILADOR (BHP).

BHP = Breake Horse Power; es la potencia alimentada al eje del ventilador, conocida como "Potencia al Freno".

$$\text{BHP} = \frac{Q * H_t}{6356 * N}, \text{HP.}$$

donde:

N = eficiencia total del ventilador, en %.

RENDIMIENTO DEL VENTILADOR (N).

$$N = (AHP / BHP) * 100 \%$$

LEYES BASICAS DE LOS VENTILADORES.

En ocasiones , particularmente al hacer pruebas o en puntos de operaciones de galerías es necesario determinar las características bajo condiciones completamente diferentes, envolviendo cambios simultáneos en dos o más variables (velocidad, diámetro y densidad); por lo tanto:

a.- CAMBIO DE VELOCIDAD.

Para un ventilador con una velocidad de aire y diámetro constante :

1.- El volumen varía directamente proporcional con la velocidad del ventilador :

$$Q1/Q2 = RPM1/RPM2$$

2.- Las presiones estáticas o totales varían con el cuadrado de la velocidad o volumen del ventilador:

$$H1/H2 = (RPM1/ RPM2)^2$$

3.- La potencia al freno del ventilador varía como el cubo de la velocidad o el volumen del ventilador:

$$BHP1/ BHP2= (RPM1/RPM2)^3$$

Luego para los tres casos las eficiencias son independientes de las velocidades :

$$N1 = N2.$$

b.- CAMBIO DE DENSIDAD.

Para un ventilador funcionando con una densidad de aire variable, con un diámetro y RPM constantes y una posición de hélice fijo :

1.- El volumen permanece constante :

$$Q1 = Q2$$

2.- La presión estática o total y la potencia al freno varían directamente proporcional con el valor de la densidad :

$$H1/H2 = W1/W2 \text{ y } BHP1 / BHP2 = W1 /W2$$

Luego :

Las eficiencias son independientes de las densidades

c.- CAMBIO DE DIAMETRO.

Un ventilador de diámetro variable y permaneciendo constante la velocidad y la densidad del aire:

1.- Los volúmenes de aire son proporcionales al cuadrado de sus diámetros:

$$Q1 / Q2 = (D1 / D2)^2$$

2.- Las potencias son proporcionales al cuadrado de los diámetros :

$$BHP1 / BHP2 = (D1 / D2)$$

3.- Las presiones son independientes de los diámetros:

$$H1 = H2$$

Luego; las eficiencias son independientes de los diámetros:

$$N1 = N2$$

XV.2.- VENTILACION PRINCIPAL.

Se conoce como tal, al sistema de ventilación actuante estratégicamente ubicado, de modo tal que cubra la totalidad de la mina, es decir, domina todo el aire entrante o saliente de la mina.

Puede constituir de uno o varios ventiladores, a través de los cuales pasen todo el caudal de la mina.

La resistencia del sistema es función del diseño y mantenimiento de los conductos, y es generalmente controlado por las operaciones de la mina; así las características del ventilador es diseñado teniendo en cuenta la resistencia y condiciones de la mina, para tener una ventilación principal eficiente y adecuada.

APLICACION DEL VENTILADOR PRINCIPAL EN EL SISTEMA DE VENTILACION.

PUNTO DE OPERACION.

Cuando un ventilador actúa en contra de la resistencia de la mina, una condición de equilibrio es conocida como " Punto de Equilibrio " donde la presión desarrollada por el ventilador es exáctamente igual a la pérdida de presión de la mina , y el flujo de aire inducido igual a la capacidad del ventilador.

Este punto es determinado por las curvas características de la mina y del ventilador. Sin embargo, si las condiciones cambian, algunas modificaciones de los parámetros de operación del ventilador serán necesarios.

INFLUENCIA DE LA VENTILACION NATURAL.

Podemos decir que las curvas características de los ventiladores dependen sobre todo de su diseño, pero la curva de la ventilación natural está en función de la densidad y de la profundidad de la mina. La intersección de ambas curvas determinan el punto de

operación de éstas.

Para evaluar los efectos de la ventilación natural sobre el sistema, la cantidad de H_n debe ser calculada. Cuando se genera naturalmente presiones en dirección opuesta a la generada por el ventilador, este tendrá que vencer tanto al H_n y a la resistencia de la mina.

Por lo tanto, si el tiro natural ayuda al trabajo del ventilador:

$$H_t = H_t (\text{mina}) - H_n$$

Si el tiro natural se opone al trabajo del ventilador su valor debe sumarse para obtener el valor de la depresión producida por el ventilador :

$$H_t = H_t (\text{mina}) + H_n$$

XV.3.- VENTILACION AUXILIAR.

GENERALIDADES.

La necesidad de una buena y eficiente

ventilación auxiliar aumenta a medida que las minas se desarrollan y se crean frentes ciegos, donde la ventilación principal no alcanza.

La ventilación en frentes ciegos generalmente usamos para extrer el aire contaminado, y proveer un caudal de aire puro para tener un ambiente sano.

Este sistema esta compuesto por el ventilador y sus respectivos ductos o mangas, que son instalados a lo largo de la labor; pudiendo trabajar en forma aspirante, impelente o combinado.

Cuando las labores a ventilar son cortas, generalmente se emplea el aire comprimido directamente por la manguera conductora, para esto no se necesita de instalaciones.

PROPOSITOS Y OBJETIVOS.

Estos son los principales objetivos para proveer de ventilación auxiliar en una mina:

- 1.- Proveer suficiente aire para cubrir los requerimientos de dilución de gases producto de las voladuras.

2.- Hacer que las partículas de rocas producto de la remoción del mineral sean transportadas por el aire de ventilación, que deberá tener una suficiente velocidad.

3.- Esta ventilación tendrá que brindar un cierto confort para el trabajo a un costo razonable.

VARIABLES.

1.- Posición del flujo de retorno; es decir se debe de verificar si el aire viaja por la parte alta, baja o por el medio de la sección de la labor, esto es importante porque determina la posición del ventilador o ducto en el método aspirante.

2.- Velocidad del aire; se asume que las velocidades mínimas de aire deberá ser:

DINAMITA : 50 FPM

ANFO : 65 FPM.

3.- Area de la sección de la labor ciega.

4.- Longitud de la labor ciega.

5.- Consideramos también el tipo de explosivo que se utilizará en las voladuras.

CANTIDAD DE AIRE NECESARIO.

Consideramos solamente el aire necesario para la dilución y movimiento de gases y polvos producto de la voladura haciendo incapié que el tipo de explosivo será fundamental.

En frentes ciegos existen diferentes maneras de calcular el caudal necesario; nosotros consideramos uno simple que está en función de la velocidad mínima que deberá tener el flujo de aire que diluye a niveles permisibles los gases tóxicos; luego:

$$Q = A * V \quad ,\text{CFM.}$$

Donde:

A = área de la sección transversal de la labor.

V = velocidad de aire para cumplir con el objetivo señalado.

Además para tener un rango de seguridad adicionamos un 20% del caudal calculado, debido a que siempre existen variaciones en las cantidades de explosivos empleados

y por consiguiente variará el volumen de gases tóxicos a diluir, entonces:

$$Q_t = 1.2 * Q \quad ,CFM.$$

Este caudal de aire necesario, influye notablemente en el tiempo de ventilación, como veremos más adelante este tiempo deberá ser determinado desde el punto de vista técnico como económico.

METODOS DE VENTILACION AUXILIAR.

Son tres los tipos de ventilación que pueden ser usados; aspirante, impelente o combinación de ambos.

Con la ventilación impelente una presión positiva continua, fuerza al conducto y deja pasar el aire hacia el frente de la galería, produciendo la evacuación de los gases. Pueden ser usados ductos rígidos o flexibles.

Con la ventilación aspirante hay una presión negativa causada por el aire a través de la abertura y viajando al exterior por medio del ducto. Es recomendable el

uso de ductos rígidos, solo para distancias pequeñas se utilizará ductos flexibles reforzándolos con anillos metálicos, de modo que pueda ayudar a mantener abierto el ducto.

FACTORES PARA LA SELECCION DEL METODO A USAR.

- 1.- La cantidad de aire necesario para satisfacer la labor.
- 2.- Tipo y tamaño de ventilador.
- 3.- Diámetro, longitud y tipo de ducto.
- 4.- El aire tendrá que barrer los gases del frente y diluirlo a niveles permisibles.
- 5.- Sección y longitud de galería.
- 6.- El tiempo de ventilación.
- 7.- El costo de ventilación auxiliar.

DIAMETRO DEL DUCTO.

El diámetro generalmente se calcula de acuerdo a la sección de la labor, del tipo de equipos que recorre por ella y del caudal de aire que se requiere extraer o introducir al lugar de trabajo, para esto hacemos uso de:

$$D = (4 * Q_t / \pi * V_s)^{(1/2)} \quad \text{pulg.}$$

donde:

V_s = velocidad de aire en el ducto, esta es la variable más importante para la selección del diámetro; esta velocidad oscila entre 2500 a 4500 FPM, siendo el óptimo 3500, ya que cuando por ejemplo la velocidad es alta aumenta considerablemente la fricción.

TIPOS DE DUCTOS.

Son tres los tipos de ductos que se usan generalmente en minería; Rígidos, Flexibles sin refuerzo y Flexibles reforzados con alambres.

Los rígidos son usualmente contruidos de metal pudiendo ser también de fibra de vidrio; generalmente son de tres metros de longitud y diámetros desde 18" hasta 48". La ventaja de estos ductos rígidos es su buena característica resistente, su adaptabilidad para métodos impelentes y aspirantes. Las desventajas son las dificultades de transporte, almacenamiento y

maniobrabilidad.

Los flexibles sin refuerzo son hechos de lona, en longitudes de 7.6m 15m y 30m. Cuando lo colgamos en línea recta, sus características de resistencia son medias; su poco peso, su maniobrabilidad, dan un costo de almacenamiento e instalación bajos. Estos son excelentes para instalaciones improvisadas en línea recta, más no para curvas o esquinas agudas.

Los flexibles con refuerzo son hechos de lona con refuerzo de alambre en espiral. Estos pueden ser utilizados para ventilación aspirante o impelente. No es recomendable para trabajos de más de 90 metros; al contrario es excelente para trabajos en esquinas o ángulos en líneas de ductos impelentes. Sus longitudes son similares a los flexibles sin refuerzo, así como sus diámetros, variando desde 18" hasta 48".

RESISTENCIA DEL SISTEMA DE VENTILACION AUXILIAR.

SISTEMA IMPELENTE:

La pérdida de presión en la salida es igual a la presión de velocidad; además consideramos la

resistencia de la labor hacia el aire que retorna del frente, además por su puesto de las consideraciones de curvatura y acoples de los ductos; luego:

$$A = (\text{PI}/4) * (D/12)^2 \quad \text{pies}^2.$$

$$V = Q/A \quad \text{FPM.}$$

$$H_v = (V/4009)^2 \quad \text{"H}_2\text{O.}$$

$$H_s = (H_s') * \frac{(L + L_e)}{100} * F_c \quad \text{"H}_2\text{O.}$$

100

Donde:

H_s' = presión estática según tabla/100 pies de longitud de ducto.

F_c = factor de corrección para el tipo de ducto:

Ductos metálicos : 1.0

Ductos flexibles : 1.5

$$H_s'' = \frac{K' * P' * (L' + L_e) * V^2}{5.2 * A'} \quad \text{"H}_2\text{O.}$$

5.2 * A'

Donde:

H_s'' = presión estática de la labor ciega.

Luego:

$$H_t = H_v + H_s' + H_s'' \quad \text{"H}_2\text{O.}$$

SISTEMA ASPIRANTE:

Este sistema ya no considera la resistencia de la labor, por lo que solo queda así:

$$H_t = H_v + H_s \quad "H_2O.$$

Una parte importante en el estudio de la ventilación, es la selección del equipo más adecuado para satisfacer las necesidades de caudal y presión de aire en el interior de la mina.

Entre las consideraciones a tenerse en cuenta para la selección de ventiladores, se pueden mencionar las siguientes:

- 1.- La demanda de aire y su complemento con la ventilación natural si existiera, haciendo un control permanente del sistema, evaluando los cambios durante las diferentes estaciones del año, y es más, de un día a otro.
- 2.- Es posible que existiera más de un ventilador capaz de satisfacer la demanda de aire. Para seleccionar el más adecuado, se usan las curvas características; también haciendo una comparación de la potencia del ventilador

para impulsar cierto caudal a través del sistema.

3.- Conforme se incrementa el caudal del aire que es forzado a través de un conducto, la resistencia al paso del aire por efecto de la fricción de las paredes también aumenta y la única fuente de energía disponible para vencer esta resistencia es la denominada presión estática del ventilador.

4.- Además de la presión estática que permite vencer la resistencia del sistema, el ventilador debe ser capaz de poner al aire en movimiento, lo que se logra a través de la llamada presión de velocidad del ventilador.

5.- Sumando las presiones estática y de velocidad, dará como resultado la resistencia total del sistema. Como esta resistencia es función también del caudal, se podrá graficar la relación presión caudal, llamándose a esta, curva

característica de la mina.

6.- Si se lleva sobre el mismo gráfico la curva característica de la mina y del ventilador, estos se cortarán en un punto, el mismo que representa el punto de operación del ventilador cuando se le conecta al sistema.

7.- Si se requiere aumentar el caudal de aire, se puede conectar dos o más ventiladores en serie. La adición de un segundo ventilador no duplica el caudal de aire, pero sí lo incrementa con respecto a lo que existía con uno solo, por efecto de la presión adicional que aplica la segunda máquina. Lo que realmente duplica es la presión; para instalaciones de este tipo es recomendable que los ventiladores tengan curvas características similares o iguales, para asegurar una operación estable del sistema de ventilación.

8.- Otra forma de aumentar el volumen de aire es conectando los ventiladores en

paralelo, de tal forma que ambos tomen aire del mismo punto y lo descarguen al mismo ducto. En este caso ambos ventiladores están aplicando la misma presión y el caudal que impulsan será la suma de los caudales de cada uno para dicha presión. También se recomienda que los ventiladores tengan curvas características similares.

XVII.- COSTOS DE VENTILACION.

El costo total del sistema de ventilación está determinado por el costo que significa adquirir el equipo y el costo de energía que se requiere para operarlo, a lo que se adicionará el costo de instalación.

Entonces el costo de adquisición tanto de ventiladores, ductos, tuberías, etc., constituyen uno de los egresos que se computan anualmente en la mina.

El costo de operación cubre los de la energía utilizada, y se calcula multiplicando los KW-Hora por año y por la unidad de costo de la energía, \$/KW-Hora.

Los costos de mantenimiento no se computan fácilmente como los otros costos; en muchos casos se asume como el 5% del costo inicial de los ventiladores por año.

Para el análisis de costos, estos lo dividimos en Fijos y Variables. Los costos fijos son calculados generalmente anuales o sobre la base del valor presente para que la selección entre alternativas

pueda ser hecha en base a comparaciones de costos.

COSTOS FIJOS:

Son aquellos que incurren sea o no en el uso del conducto de aire. El costo fijo primario es el costo de Capital asociado con la construcción o desarrollo del conducto de aire. El costo de capital puede ordinariamente incluir el costo de materiales y labores como el costo de los servicios auxiliares y equipos necesarios para desarrollar el conducto de aire. Sin embargo, el costo total de capital lo reducimos hacia un costo anual por el método del Valor Presente serie uniforme sobre la vida del equipo. Estos costos fijos incluyen los impuestos, pudiendo incluir también el seguro y los costos de almacén.

COSTOS VARIABLES:

Estos normalmente consisten en los costos de energía consumida por el sistema.

Un aspecto importante que deberá tenerse en cuenta en la instalación del ventilador principal, es la adecuada disposición y forma de los ductos de admisión

y descarga, para reducir al mínimo la turbulencia del aire y por lo tanto las pérdidas de energía, para lo cual se recomienda:

- Si fuera necesario incorporar cambios de sección transversal en los conductos de admisión y descarga; preferir las contracciones a las expansiones, ya que estas últimas generan mayores pérdidas de presión.

- En la medida de lo posible, instalar los ventiladores horizontalmente, ya que esto facilita además los trabajos de mantenimiento.

El efecto económico que tienen las fugas de aire a través del sistema, es otro aspecto que generalmente no se analiza con cuidado, ya que estos desestiman las características de los ventiladores, haciendo que trabajen en forma antieconómica.

XVIII.- DESCRIPCION GENERAL DE LA EVALUACION.

XVIII.1.- VENTILACION PRINCIPAL.

A.- TOMA DE DATOS (POR TRAMOS O ESTACIONES).

Las diferentes mediciones fueron tomados en lugares rectos, es decir entre puntos de inflexión o curvas de las galerías, para tener una medida real de los diferentes parámetros de evaluación; como referencia fueron tomados los puntos topográficos y las instalaciones permanentes, como tolvas, cruceros, etc.

Además se hizo observaciones de las diferentes labores y características para calcular las longitudes equivalentes respectivas.

A.1.- VELOCIDAD DEL AIRE (V):

La velocidad fue medido aplicando el método "Medición en la Sección", debido a que las labores generalmente tienen menos de 2 metros de altura; este método consiste en que la persona que esta realizando la medición se coloca con el dorso hacia la pared y

desplaza regularmente el anemómetro con la mano tendida por toda la sección, tratando de obtener el promedio de todo el área. En este caso se ha introducido un factor de corrección que en promedio resulta 0.8:

$FC = (S - 0.4)/S$, donde S es el área de la sección en metros cuadrados, este factor lo aplicamos para obtener el caudal corregido. En los lugares donde no era aplicable el anemómetro, se midió con mecha lenta en distancias de 10 m.

A.2.- AREA DE LA SECCION (A):

Fue medido teniendo en cuenta la forma de la sección, ya sean cuadros o labores rocosas de formas variadas.

A.3.- PERIMETRO DE LA SECCION (P):

Su medición también fue realizada teniendo en cuenta la forma de la sección.

A.4.- TEMPERATURA SECA (TS) Y HUMEDA(TH):

Para esta medición se adaptó un termómetro de modo que actúe como Psicrómetro; para medir la temperatura húmeda se le adaptó una telita de algodón

al bulbo, se giraba por espacio de 30 segundos, luego se tomaba la lectura; para la temperatura seca se leía directamente. Estas lecturas fueron en los puntos de estación.

A.5.- LONGITUD DE LAS LABORES ENTRE ESTACIONES (L):

Fueron calculados de acuerdo a los puntos topográficos verificados en el terreno, y en los lugares donde estos no existían se midió directamente.

A.6.- CAUDAL (Q):

Como sabemos el caudal es el volumen de aire que pasa a través de una sección en un tiempo dado, en nuestro caso calculamos en cada estación así:

$$Q = V * A \quad \text{CFM.}$$

A.7.- CAUDAL DE AIRE NATURAL (Qn):

Las mediciones se realizaron tomando las velocidades de aire natural en cada ingreso de la mina, mediante el anemómetro y luego multiplicándolo por el área de las secciones de los ingresos.

A.8.- CARACTERISTICAS DE LAS LABORES:

Las labores presentan características propias del tipo de minado aplicado, presentando obstáculos al paso del aire; se observaron como, obstáculos a los cuadros de madera y los números de estos en cada tramo medido, el grado de rugosidad de las paredes, las tolvas, locomotoras, etc., con el fin de determinar la constante K y las longitudes equivalentes.

B.- DATOS PROMEDIOS POR TRAMOS.

Consideramos como tramos a las distancias que unen dos estaciones o mejor llamados nudos del circuito de ventilación. Con la finalidad de establecer el circuito, determinamos los datos promedios de cada tramo; los parámetros entonces quedan así:

$$\text{AREA-PROM} = (A)/N$$

$$\text{PER-PROM} = (P)/n$$

$$\text{LONGITUD} = (L)$$

$$\text{CAUDAL-PROM} = (Q)/N$$

$$\text{CAU-CORREG} = ((Q)/N) * FC$$

Donde:

N = número de estaciones medidas en cada tramo, o también número de mediciones de cada uno de

DATOS

=====

FECHA : 23 AL 26 DE ENERO DE 1972.

PARTIC.: Inc. PEDRO BENARD QUINTEROS CARLOS.

INSTRU.: VELOCIMETRO.ANEMOMETRO.PSICROMETRO.SAFETY FUSE.FLEXOMETRO.ETC...

#	PTO.REF. (TOPOG.)	VELOCIDAD (pie/min)	AREA (pies ²)	PERIMETRO (pies)	T.S. (oC)	T.H. (oC)	OBSERV.
NV.2400							
1	PTO.62+E	85.58	55.20	29.80			1.3(5)
2	PTO.61+0	82.02	55.20	29.80			1.3(15)
3	PTO.59-10	67.82	69.42	33.40	17.00	14.50	1.3(4)
4	PTO.57+0	56.24	64.08	32.20			
5	PTO.56+10	89.48	55.20	29.80	17.50	15.00	1.3(18)
6	PTO.54-10	93.74	55.20	29.80			1.3(15)
7	PTO.53+0	98.42	55.20	29.80	18.50	15.50	1.3(12)
8	PTO.50-10	70.30	66.00	35.00	18.50	15.50	
9	PTO.48+0	105.00	57.96	30.60	15.00	12.50	TOLVA
10	PTO.46-10	160.00	40.02	25.40			1.6(20)
11	PTO.45+E	70.00	60.00	31.00			1.6(12)
12	PTO.43+0	65.00	57.51	30.40			
13	PTO.42-10	65.00	61.60	31.40			
14	PTO.41+0	130.00	39.90	25.40			1.6(17)
15	PTO.39+10	60.00	57.40	30.40	18.00	16.00	1.6(7)
16	ESCON-10	95.00	42.09	26.00	19.50	17.00	0.5(29)
17	ESCON+E	100.00	42.70	26.20			0.5(8)
18	(TC-730)+12	65.00	42.48	26.20	18.00	16.50	0.7(20)
19	PTO.36+0	30.00	40.71	25.60	19.00	17.50	1.2(20)
20	(CH-590)-2	25.00	38.64	25.00			TOLVA+1.2(8)
21	PTO.30+0	60.00	56.88	30.20	19.50	17.00	1.2(7)
22	PTO.29+0	75.00	48.30	27.80			1.5(17)
23	(CH-480)-10	80.00	46.00	27.20	20.00	18.00	TOLVA+1.6(17)
24	PTO.26+0	70.00	68.02	33.20			
25	CRUCE 1	130.00	59.50	31.00			
26	CRUCE 2	180.00	34.72	23.60	20.50	17.50	TOLVA+1.5(22)
27	(CH-390)+0	150.00	40.71	25.60			TOLVA+1.6(4)
28	PTO.21+0	130.00	67.24	32.80	20.50	18.50	
29	PTO.18+0	170.00	51.84	28.80	20.50	18.50	
30	PTO.14+0	40.00	61.50	31.40	19.00		
31	PTO.12+0	60.00	57.40	30.40	18.00		
32	PTO.9-10	50.00	59.04	30.80	17.00		
33	PTO.7+10	100.00	26.52	21.60	17.00		PUERTA
34	PTO.5+10	30.00	61.20	31.40	18.00		
35	PTO.4+E	80.00	34.72	23.60	19.00		1.2(13)
36	PTO.2+0	60.00	38.44	24.80	20.00		
NV.2440							
1	PTO.10+0	55.00	38.64	25.00	20.00	18.50	1.2(10)
2	PTO.9+0	50.00	38.64	25.00			1.2(8)
3	(TC-660)+2	35.00	35.86	24.20			
4	(CH-620)+2	60.00	29.70	22.00			1.2(7)
5	(CH-605)+5	50.00	32.24	22.80	20.00	18.50	TOLVA+1.2(20)
6	(CH-570)-10	50.00	32.24	22.80			1.2(8)

7	PTD.5-1	25.00	36.58	24.20			
8	PTD.4+0	24.00	43.58	26.40		TOLVA	
9	(CH-520)+2	10.00	43.58	26.40		TOLVA	
10	PTD.1-E	15.00	25.28	21.80		1.2(3)	
11	PTD.1-R	16.40	36.64	25.00		1.2(35)	
12	(CH-440)-7	41.74	36.94	25.00			
	NV.2480						
1	PTD.13+0	6.58	30.38	22.40	20.00	19.00	1.6(7)
2	(CH-640)+10	20.00	33.12	23.40			1.6(12)
3	(TC-620)+10	57.19	33.81	23.60	21.00	20.00	1.6(27)
4	(CH-590)+10	52.79	30.24	22.00			1.2(29)
5	(CH-540)+10	65.61	33.81	23.60	21.00	20.00	1.2(33)
	NV.2520						
1	BOCAMINA-E	80.00	34.72	23.60	22.00		1.2(23)
2	PTD.4+0	55.00	50.82	29.40			
3	PTD.1-E	70.00	34.72	23.60			1.5(28)
4	(CH-430)-3	75.00	34.72	23.60	21.00		1.2(17)
5	(CH-470)-5	75.00	34.72	23.60			1.2(15)
6	(CH-480)+15	160.00	25.78	20.40	20.00		1.2(38)
7	(CH-500)+3	70.00	29.12	21.60	20.00		
8	(CH-540)-5	60.00	29.64	21.80	20.00		1.2(26)
9	(CH-540)+10	50.00	36.64	25.00			1.0(22)
10	(CH-570)+5	35.00	36.58	23.60			1.0(12)
11	(CH-590)-2	53.19	33.63	23.20			1.0(7)
12	(CH-590)+5	53.19	33.63	23.20			1.2(23)
13	PTD.2+10	89.45	53.82	29.40			CARRO MINERO
14	PTD.4+0	14.40	63.36	32.00	20.00		TOLVA+CARR.MIN.
	CH-730						
1	INICIO	248.00	9.24	12.00			
	CH-690						
1	INICIO	46.05	7.59	11.20	18.50	16.00	
	CH-660						
1	INICIO	50.00	9.57	12.40			
2	FINAL	84.34	9.00	12.00			
3	INICIO	92.25	8.58	11.80			
	CH-650						
1	INICIO	382.84	8.41	11.20			
	CH-640						
1	FINAL	120.00	9.57	12.40			
2	INICIO	25.00	10.89	13.20			
3	FINAL	65.60	10.89	13.20			
4	FINAL	75.00	30.24	22.00			
	CH-620						
1	FINAL	5.03	11.86	13.80			
2	INICIO	6.46	10.89	13.20			
	CH-590						
1	FINAL	8.00	10.89	13.20			
2	FINAL	8.66	9.29	12.20			
3	FINAL	4.62	10.89	13.20			
	CH-570						
1	INICIO	20.75	10.89	13.20			
	CH-540						
1	FINAL	9.24	9.29	12.20			
2	INICIO	7.29	10.89	13.20			
	CH-520						
1	INICIO	40.00	10.89	13.20			
2	MEDIC	150.00	8.58	11.80			

3 FINAL	110.00	12.50	14.50
4 INICIO	55.00	9.90	12.80
5 FINAL	70.00	9.00	12.00
CH-500			
1 FINAL	8.35	10.80	13.20
CH-480			
1 INICIO	27.71	10.80	13.20
2 FINAL	27.92	7.54	11.00
CH-440			
1 INICIO	30.00	7.54	11.00
CH-200			
1 INICIO	220.00	10.80	13.20

=====

NOTA : - En OBS. X(Y) = Espaciamiento(# de cuadros).

CALCULO DE DATOS PROMEDIOS POR TRAMOS

TRAMO	AREA-PROM (PIES^2)	PER-PROM (PIES)	VEL-PROM (PIE/MIN)	T-SECA (C)	T-HUMEDA (C)	CAU-PROM (CFM)	CAU-CORR (CFM)
NV.2400							
A-E	55.10	29.67	70.29	18.29	15.71	4841.11	3672.89
B-C	41.60	25.90	38.00	18.50	17.00	1975.76	1580.61
C-E	46.63	26.80	26.40			1538.89	1231.11
D-E	47.76	27.60	41.64	19.50	17.00	2485.74	1988.59
E-F	52.05	28.75	44.90	20.37	18.30	2921.34	2337.07
F-E	48.69	27.71	48.00	18.29		2921.34	2337.07
NV.2440							
N-G	36.64	25.00	32.00	20.00	18.50	1545.60	1236.48
O-F	32.63	23.00	38.66			1576.96	1261.57
P-G	32.63	22.80	41.33			1685.86	1348.69
Q-R	40.56	25.30	27.68			1403.38	1122.70
R-S	37.61	24.55	16.63			781.66	625.33
NV.2480							
Y-Z	30.36	22.40	111.77			4241.78	3393.42
Z-A	33.12	23.40	0.91			37.49	29.99
A-B	33.81	23.60	1.20	21.00	20.00	50.69	40.55
B-C	30.24	22.00	1.33			49.82	39.90
C-D	33.81	23.60	1.37	21.00	20.00	57.86	46.30
D-E	33.81	23.60	16.08			679.59	543.67
E-F	30.24	22.00	8.00			302.40	241.92
NV.2520							
M-N	58.59	30.70	24.47	20.00		1792.40	1433.92
N-O	58.59	30.70	16.42			1202.35	961.88
O-N	58.59	30.70	62.95			4610.03	3688.02
N-P	39.50	25.06	57.07			2817.63	2254.10
P-Q	36.28	23.90	63.52			2880.50	2304.40
Q-R	29.38	21.70	81.14	20.00		2979.75	2383.80
R-S	25.72	20.40	96.23	20.00		3093.81	2475.05
S-T	34.72	23.60	77.35	21.00		3356.94	2685.55
T-U	39.50	25.05	89.94	22.00		4441.00	3552.80
SNV.2400							
H-I	33.12	23.40	69.21	24.00		2865.33	2292.28
I-J	33.81	23.60	76.14			3302.25	2641.78
J-K	33.12	23.40	176.98	24.00		7326.85	5861.48
L-M	33.12	23.40	2.65			108.90	87.12
SNV.2440							
T-V	30.24	22.00	1.98	24.00		74.68	59.74
V-W	30.24	22.00	4.64			175.24	140.15
W-X	30.24	22.00	2.84			107.25	85.80
SNV.2480							

SNV.2480							
G-H	30.36	22.40	152.50	23.00		5787.38	4629.90
H-I	30.36	22.40	0.66			25.00	20.00
I-J	30.36	22.40	1.66			62.88	50.30
K-L	30.36	22.40	3.01			114.06	91.25
CH.730							
B-H	7.24	12.20	248.08			2865.35	2292.28
CH.690							
C-I	7.59	11.20	46.05			436.88	349.50
CH.660							
N-Y	9.29	12.20	133.10			1545.60	1236.48
Y-G	8.58	11.80	539.62			5787.38	4629.90
CH.650							
D-J	8.41	11.20	382.84			4024.63	3219.70
CH.640							
K-O	6.60	10.60	888.10			7326.85	5861.48
O-Z	10.89	13.20	308.85			4204.29	3363.43
H-O	10.89	13.20	426.99	19.50		5812.38	4649.90
CH.620							
T-A	11.88	13.80	5.03	20.00		74.68	59.74
A-I	10.89	13.20	6.46	21.00		87.88	70.30
CH.590							
L-P	10.89	13.20	8.00			108.90	87.12
V-B	9.29	12.20	8.66			100.56	80.45
J-P	10.89	13.20	4.62	20.00		52.88	50.30
CH.570							
B-W	10.89	13.20	20.75			282.49	225.99
CH.540							
X-C	9.29	12.20	9.24	21.00	20.00	107.25	85.80
C-Q	10.89	13.20	7.29			79.25	79.40
CH.520							
E-M	10.89	13.20	32.00			435.60	348.48
N-R	10.74	13.20	24.34			326.70	261.36
R-D	9.45	12.30	52.63	21.00	20.00	621.71	497.37
CH.500							
K-R	10.89	13.20	8.38			114.06	91.25
CH.480-3							
E-L	10.89	13.20	27.71			377.19	301.75
L-S	7.54	11.00	27.92			263.13	210.50
CH.440							
S-F	7.54	11.00	82.94			781.66	625.33
F-T	9.29	12.20	93.35			1084.06	867.25
CH.280							
M-V	10.89	13.20	220.00			2994.75	2395.80

CALCULO DE LONGITUDES Y RESISTENCIAS POR TRAMOS

TRAMO	AREA-PROM (PIES^2)	PER-PROM (PIES)	L-REAL (PIES)	L-EQUIV (PIES)	L-TOTAL (PIES)	CONST (K)	RESIST. (R)
NV.2400							
A-B	55.10	29.67	2017.20	18655.00	20672.20	1.10E-08	7.76E-09
B-C	41.60	25.90	131.20	3000.00	3131.20	1.10E-08	2.38E-09
C-D	46.63	26.80	114.80	1550.00	1664.80	1.10E-08	9.31E-10
D-E	47.76	27.60	400.16	1350.00	1750.16	1.10E-08	9.38E-10
E-F	52.05	28.75	1416.96	4390.00	5806.96	1.10E-08	2.50E-09
F-G	48.69	27.71	971.52	970.00	1941.52	1.10E-08	9.86E-10
NV.2440							
M-O	38.64	25.00	82.00	760.00	842.00	1.20E-08	8.42E-10
O-P	32.63	23.00	164.00	2190.00	2354.00	1.20E-08	3.60E-09
P-Q	32.63	22.80	72.16	590.00	662.16	1.20E-08	1.00E-09
Q-R	40.56	25.30	141.04	800.00	941.04	1.20E-08	8.23E-10
R-S	37.61	24.55	262.40	2760.00	3022.40	1.20E-08	3.22E-09
NV.2480							
Y-Z	30.36	22.40	65.60	520.00	585.60	1.25E-08	1.13E-09
Z-A	33.12	23.40	65.60	1040.00	1105.60	1.25E-08	1.71E-09
A-B	33.81	23.60	114.80	1890.00	2004.80	1.25E-08	2.94E-09
B-C	30.24	22.00	147.60	2030.00	2177.60	1.25E-08	4.16E-09
C-D	33.81	23.60	82.00	2510.00	2592.00	1.25E-08	3.80E-09
D-E	33.81	23.60	164.00	1780.00	1944.00	1.25E-08	2.85E-09
E-F	30.24	22.00	98.40	1600.00	1698.40	1.25E-08	3.25E-09
NV.2520							
M-N	58.59	30.70	203.36	800.00	1003.36	1.10E-08	3.24E-10
N-O	58.59	30.70	247.50	700.00	947.50	1.10E-08	3.06E-10
O-N	58.59	30.70	132.00	700.00	832.00	1.10E-08	2.69E-10
N-P	39.50	25.06	59.04	1610.00	1669.04	1.10E-08	1.44E-09
P-Q	36.28	23.90	164.00	2870.00	3034.00	1.10E-08	3.21E-09
Q-R	29.38	21.70	180.00	1820.00	2000.00	1.10E-08	3.62E-09
R-S	25.72	20.40	98.40	2660.00	2758.40	1.10E-08	7.00E-09
S-T	34.72	23.60	164.00	1050.00	1214.00	1.10E-08	1.45E-09
T-U	39.50	25.05	360.80	4760.00	5120.80	1.10E-08	4.40E-09
SNV.2400							
H-I	33.12	23.40	148.50	2080.00	2228.50	1.20E-08	3.31E-09
I-J	33.81	23.60	148.50	2080.00	2228.50	1.20E-08	3.14E-09
J-K	33.12	23.40	39.60	1040.00	1079.60	1.20E-08	1.60E-09
L-M	33.12	23.40	231.00	2080.00	2311.00	1.20E-08	3.43E-09
SNV.2440							
T-V	30.24	22.00	118.80	2080.00	2198.80	1.20E-08	4.04E-09
V-W	30.24	22.00	66.00	1040.00	1106.00	1.20E-08	2.03E-09
W-X	30.24	22.00	66.00	1040.00	1106.00	1.20E-08	2.03E-09

SNV.2480

G-H	30.36	22.40	82.50	1040.00	1122.50	1.20E-08	2.07E-09
H-I	30.36	22.40	82.50	1040.00	1122.50	1.20E-08	2.07E-09
I-J	30.36	22.40	99.00	1040.00	1139.00	1.20E-08	2.10E-09
K-L	30.36	22.40	66.00	1040.00	1106.00	1.20E-08	2.04E-09
CH.730							
B-H	9.24	12.20	49.20	30.00	79.20	1.20E-08	2.83E-09
CH.690							
C-I	7.59	11.20	82.00	90.00	172.00	1.20E-08	1.02E-08
CH.660							
N-Y	9.29	12.20	147.60	90.00	237.60	1.20E-08	8.34E-09
Y-G	8.58	11.80	82.00	30.00	112.00	1.20E-08	4.83E-09
CH.650							
D-J	8.41	11.20	82.00	99.00	181.00	1.60E-08	1.05E-08
CH.640							
K-Q	6.60	10.60	82.00	129.00	211.00	1.50E-08	2.24E-08
Q-Z	10.89	13.20	147.60	90.00	237.60	1.20E-08	5.60E-09
H-Q	10.89	13.20	82.00	129.00	211.00	1.50E-08	6.22E-09
CH.620							
T-A	11.88	13.80	82.00	60.00	142.00	1.20E-08	2.70E-09
A-I	10.89	13.20	82.00	230.00	312.00	1.20E-08	7.36E-09
CH.590							
L-P	10.89	13.20	82.00	129.00	211.00	1.50E-08	6.22E-09
V-B	9.29	12.20	82.00	90.00	172.00	1.50E-08	7.55E-09
J-P	10.89	13.20	82.00	99.00	181.00	1.50E-08	5.34E-09
CH.570							
Q-W	10.89	13.20	82.00	99.00	181.00	1.20E-08	4.27E-09
CH.540							
X-C	9.29	12.20	65.60	129.00	194.60	1.20E-08	6.83E-09
C-Q	10.89	13.20	147.60	90.00	237.60	1.20E-08	5.60E-09
CH.520							
E-M	10.89	13.20	82.00	30.00	112.00	1.20E-08	2.64E-09
M-R	10.74	13.20	82.00	260.00	342.00	1.20E-08	8.41E-09
R-D	9.45	12.30	147.60	90.00	237.60	1.20E-08	7.99E-09
CH.500							
K-R	10.89	13.20	82.00	99.00	181.00	1.60E-08	5.69E-09
CH.480-3							
E-L	10.89	13.20	82.00	99.00	181.00	1.50E-08	5.34E-09
L-S	7.54	11.00	65.00	60.00	125.00	1.50E-08	9.25E-09
CH.440							
S-F	7.54	11.00	147.60	129.00	276.60	1.50E-08	2.05E-08
F-T	9.29	12.20	147.60	99.00	246.60	1.50E-08	1.08E-08
CH.280							
M-V	10.89	13.20	459.20	89.00	548.20	1.50E-08	1.62E-08

los parámetros por tramo.

**C.- RESISTENCIAS DE LAS LABORES POR TRAMOS
(R):**

Depende básicamente de la superficie lateral de la labor, la sección transversal y los diferentes obstáculos que tiene que atravesar el aire en su recorrido:

$$R = \frac{K * P * (L + Le)}{5.2 * A^3}$$

Donde :

K = coeficiente de fricción, dependiendo de las características de las labores.

P = perímetro promedio del tramo.

A - área promedio del tramo.

L = longitud total del tramo.

Le= longitud equivalente del tramo.

D.- AIRE NECESARIO PARA LA MINA (Qm).

El caudal de aire que requerimos en la mina La Lima, es debido principalmente para la dilución de gases y polvos contaminantes, número de personal y

consumo de explosivos; no introducimos otros requerimientos ya que la mina es convencional y no tiene temperaturas superiores a 25°C.

Como base para estos cálculos presentamos los siguientes cuadros que condicionan el caudal requerido, tanto para labores en preparación y tajeos; hacemos una relación de los últimos 6 meses del año anterior.

PERSONAL: Tanto en preparaciones y tajeos.

<u>MES/1991</u>	<u>No TRABAJADORES</u>
JULIO	83
AGOSTO	80
SETIEMBRE	69
OCTUBRE	74
NOVIEMBRE	85
<u>DICIEMBRE</u>	<u>86</u>
<u>PROMEDIO :</u>	<u>79</u>
<u>PROM/GDIA:</u>	<u>50</u>
<u>Q (CFM) :</u>	<u>7420</u>

CUADRO 3.

EXPLOSIVOS: Tanto en preparaciones y tajeos.

El tipo de explosivos es : DINAMITA 65%.

Peso/cartucho : 0.1384 kg/cartucho.

Nºdías/mes : 25.

Nºgdías/día : 02

luego:

Peso explosivo/gdía : 26 kg.

Peso explosivo/día : 52 kg.

a = 0.04 m³/kg de explosivo.

E = 26 kg.

T = 30 minutos.

Fc= 35.315

Reemplazando en Q3 = $(100*a*E*Fc)/(0.008*T)$

<u>MES/1991</u>	<u>No CARTUCHOS</u>
JULIO	8775
AGOSTO	9592
SETIEMBRE	8511
OCTUBRE	8932
NOVIEMBRE	8583
<u>DICIEMBRE</u>	<u>10960</u>
<u>PROMEDIO:</u>	<u>9392</u>
<u>Q (CFM) :</u>	<u>15303.17</u>

CUADRO 4.

POR PRODUCCION:

<u>MINA</u>	<u>CFM/GDIA. MAXIMO</u>	<u>CFM/GDIA. MINIMO</u>
<u>LA LIMA</u>	<u>6621.00</u>	<u>5296.50</u>

CUADRO 5.

Para el cálculo del caudal de aire debido a la producción, consideraremos el valor mínimo (5296.50 CFM/Gdia), si bien es cierto que en La Lima se utiliza bastante madera, no sería adecuado considerar el valor máximo de caudal, ya que los costos se incrementarían.

Fundamentalmente para compensar un posible déficit de aire producto del incremento del uso de madera y otros casos, es que consideramos un factor de incremento del 20% sobre el caudal necesario requerido por la mina.

RESUMEN : MINA LALIMA.

<u>ITEM</u>	<u>CAUDAL (CFM)</u>
PERSONAL	7420.00
EXPLOSIVOS	15303.17
EQUIPO DIESEL	0.00
<u>PRODUCCION</u>	<u>5296.50</u>
TOTAL (Qi)	28019.67
<u>TOTAL (1.2*Qi)</u>	<u>33623.60</u>

CUADRO 6.

E.- CURVA CARACTERISTICA DE LA MINA:

Será la curva de la ecuación:

(ver FIG. 2)

$$H_s = R_t * Q^2$$

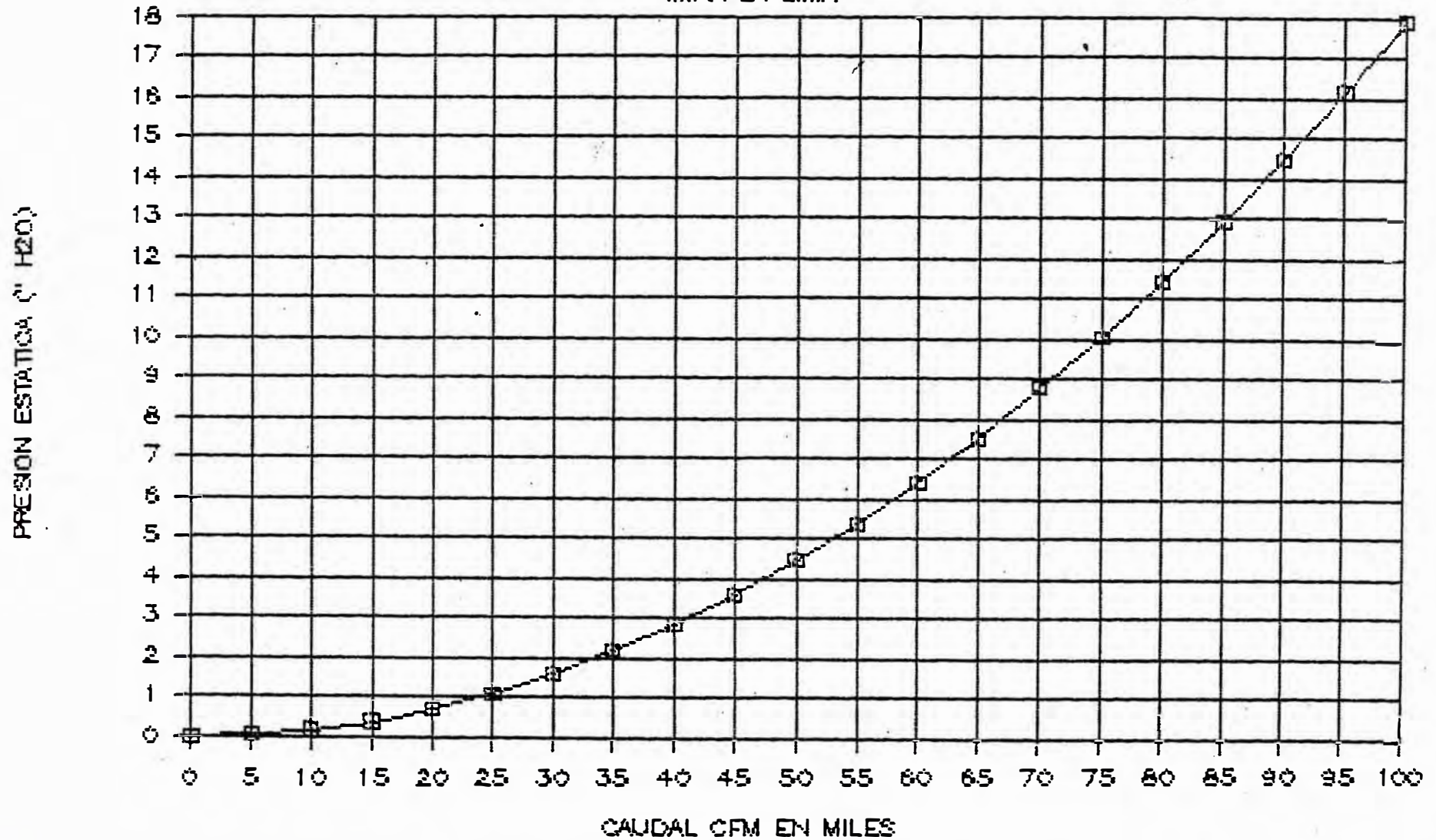
donde:

$$R_t = 1.791 * 10^{(-09)} \quad \text{"H}_2\text{O} * \text{min}^2 / \text{pies}^6.$$

(Rt para el año 1992, según dato calculado en la mina)

Fig.2.- CURVA CARACTERISTICA

MINA LA LIMA



F.- CALCULO DE LA DEPRESION DE LA MINA:

Es la pérdida de presión originada por el paso del aire a través de las labores de la mina, desde un punto inicial a otro final, para mantener el flujo necesario.

Rt	Qm	Hs
("H2O*MIN2/pie6)	(CFM)	("H2O)
<u>1.791*10⁽⁻⁰⁹⁾</u>	<u>33623.60</u>	<u>2.025</u>

CUADRO 7.

G.- ORIFICIO EQUIVALENTE DE LA MINA:

Un término que ha prevalecido por bastante tiempo, pero usado muy poco hoy en día, es el orificio equivalente. Este compara la resistencia de la mina, es decir del sistema de ventilación con la resistencia de la labor a través de la cual fluye el aire, su valor es dado:

$$OE = \frac{3.9 * 10^{(-04)} * Qm}{(Hs)^{(1/2)}} \quad \text{pies}^2.$$

El rango de variación de OE, para que una mina sea considerada aceptablemente ventilada es :

{ 1 , 2 } en metros².

OE	OE
<u>(pies²)</u>	<u>(metros²)</u>
<u>9.215</u>	<u>0.857</u>

CUADRO 8.

H.- PRESION DE VENTILACION NATURAL:

Altitud (h) : 2400 msnm. = 7874 psnm.

Diferencia de nivel entre salida y entrada de aire (L) = 787.2 pies.

Temperatura interior mina = 25 °C = 485 °R

Temperatura exterior mina = 22 °C = 482 °R

Densidad del aire a nivel del mar (W mar) = 0.075 lb/pies³.

78

$$1.327 * \frac{30}{\text{---}}$$

$$(1.019)^{(7874/482)}$$

Densidad del aire de ingreso (Wd) = $\frac{\text{---}}{482}$

$$Wd = 0.06073 \text{ lb/pies}^3.$$

$$1.327 * \frac{30}{\text{---}}$$

$$(1.019)^{(4330.6/485)}$$

Densidad del aire en la salida (Wa) = $\frac{\text{---}}{485}$

$$Wa = 0.05955 \text{ lb/pies}^3.$$

luego:

$$Hn = \frac{787.2}{5.2} * (0.06073 - 0.05955)$$

$$5.2$$

$$Hn = 0.1786 \text{ "H}_2\text{O}.$$

I.- CURVA CARACTERISTICA DE LA VENTILACION NATURAL:

Ver el FIG.4, donde se muestra junto al gráfico

de la curva característica de la mina.

J.- SELECCION DE VENTILADORES:

Referidos a nivel del mar.

$W_{\text{mar}} = 0.075 \text{ lb/pies}^3$.

1.- PUNTO DE OPERACION DEL VENTILADOR:

PRESION TOTAL, "H2O.....	2.32
CAUDAL, CFM.....	33623.60
AHP , HP.....	12.28
KW DE TRABAJO, KW.....	9.16
BHP , HP.....	16.37
KW DE TRAB. AL FRENO, KW.....	12.21
EFICIENCIA, %.....	75.00

2.- PUNTO DE OPERACION DEL SISTEMA COMBINADO:

PRESION TOTAL, "H2O.....	2.50
CAUDAL , CFM.....	33623.60
AHP , HP.....	13.23
KW DE TRABAJO, KW.....	9.87
BHP , HP.....	17.63
KW DE TRAB. AL FRENO ,KW.....	13.15
EFICIENCIA %.....	75.00

3.- Características del ventilador: sin que la ventilación natural afecte al sistema de ventilación. es decir:

Hn = 0.00 "H2O.

PRESION TOTAL , "H2O.....	2.40
CAUDAL , CFM.....	32884.34
AHP , HP.....	12.42
KW DE TRABAJO, KW.....	9.26
BHP , HP.....	16.56
KW DE TRAB. AL FRENO.....	12.35
EFICIENCIA %	75.00

K.- COSTOS DE VENTILACION PRINCIPAL:

COSTOS FIJOS (CF):

COSTO DE ADQUISICION:

1 VENTILADOR	= \$ 13000.00
18 % IGV	= 2340.00
1 MOTOR 24 HP	= 1200.00
<u>18 % IGV</u>	<u>= 216.00</u>

TOTAL = \$ 16756.00

COSTO DE INSTALACION = \$ 550.00

TOTAL COSTOS FIJOS = \$ 17306.00

COSTO DE VENTILADORES AXIALES:

$$\text{COSTO} = a(X)^b \text{ (FC), \$}.$$

Donde X es el diámetro del ventilador en pulgadas. No incluye el precio del motor para V. Eléctricos.

Rango de X, pulgadas.

12 a 24.31

24.31 a 63

<u>a</u>	<u>b</u>
47.479	1.0242
0.4453	2.4876

FC :

3 (V. Neumáticos)

2 (V. Eléctricos)

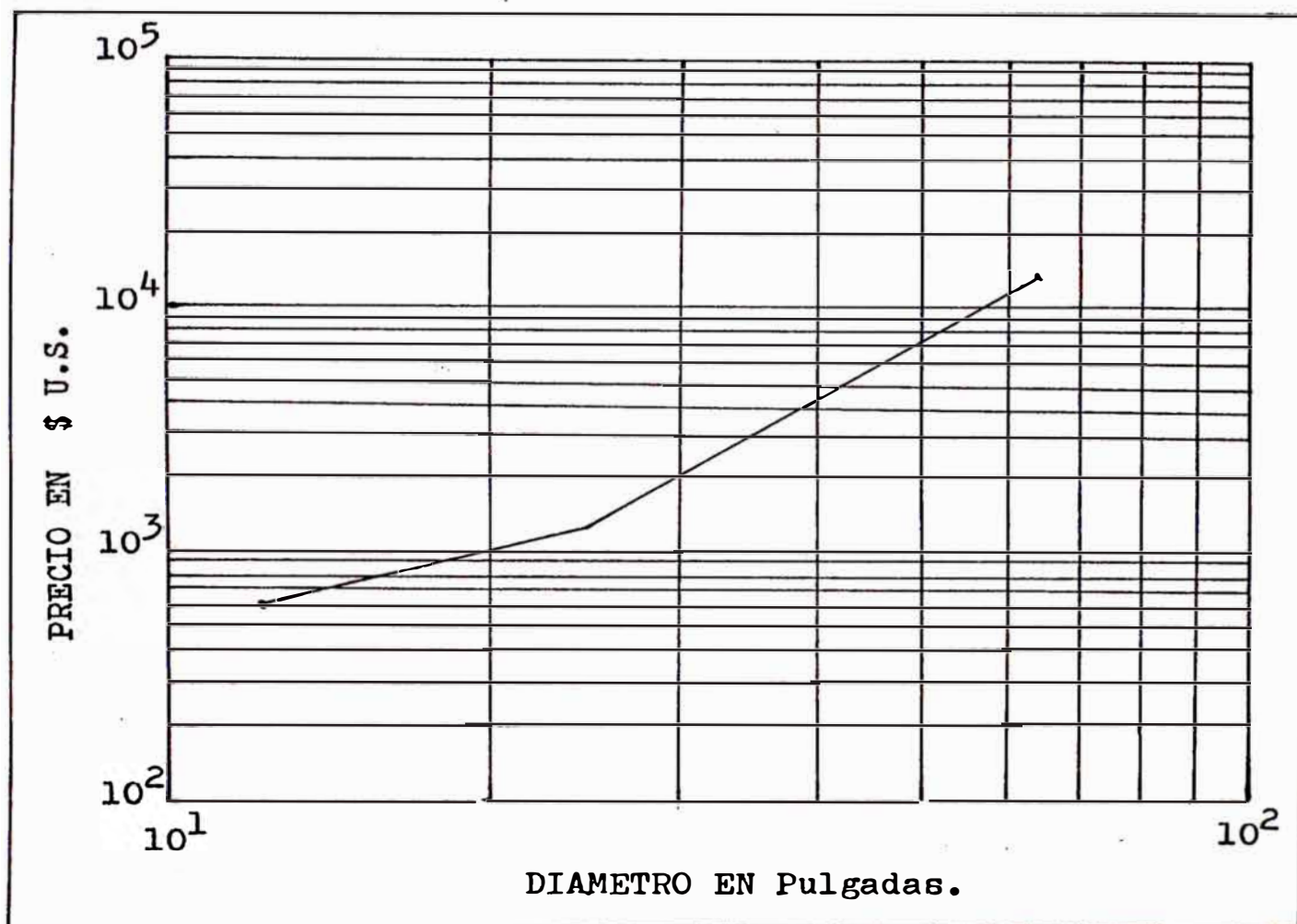


FIG. Nº 5.- CURVA DE COSTOS DE VENTILADORES.

COSTO DE OPERACION ANUAL (Cop):

$$5\% * 16756.00 = \$ 837.80$$

COSTOS VARIABLES (CV):

$$\text{ENERGIA ELECTRICA} = 0.075 \text{ \$/KW-HORA.}$$

$$\text{CONSUMO KW/HORA} = 24 \text{ HP} * \underline{1 \text{ KW/HORA}}$$

$$1.341 \text{ HP/Hr.}$$

$$= 17.897$$

FUNCIONAMIENTO : 8 Hr/Día y 300 Días/Año

$$\text{TOTAL COSTOS VARIABLES} = \$ 32214.77$$

XVIII.2.- VENTILACION AUXILIAR (FRENTE CIEGOS).

En la mina La Lima, existe un único frente ciego que es La Escondida; el método empleado es el aspirante, la longitud de la labor es relativamente grande y es actualmente 500 metros.

En este método el aire entra por el extremo abierto del ducto; pero la zona de acción del orificio aspirante se propaga a una distancia pequeña del extremo del ducto.

A.- CAUDAL NECESARIO:

Para este fin, existen diferentes fórmulas de cálculo de caudales, que dan resultados diferentes con los mismos datos iniciales; además las velocidades medias calculadas con tales fórmulas resultan siempre inferior a las fijadas por reglamento de seguridad.

Datos:

Labor	:	LA ESCONDIDA.
Altitud	:	2400 msnm.
Longitud	:	500 metros.
Sección (S)	:	5.04 mt ² (54.3 pies ²)
Explosivos	:	Dinamita 45%.
Peso del explosivo(E)	:	15 kg/gdia.
Tiempo de ventilación (t)	:	30 minutos.
Temperatura	:	25 °C
Veloc.Mínima de air.(Vm)	:	DINAMITA = 50 FPM. ANFO = 65 FPM.

Luego:

N°	FORMULA	Q	Vm	OBS
1	$((6/t)*E*S*(75+E)^{(1/2)})*FC$	582.15	10.72	NO
2	$((18/t)*(E*S*L)^{(1/2)})*FC$	1248.57	22.99	NO
3	$Vm*S$	2715.00	50.00	SI

CUADRO 9:

Nota:

- La fórmula #1 (Xenofontova) está condicionada a que la distancia desde el frente al tope del conducto no sobrepase de : $l = 3 * (S)^{(1/2)}$ pies.

- La fórmula #2 (Komarov) considera la distancia de expulsión de gases en el momento de la expansión, como:

$$l = 2.4 * E + 10 \text{ metros.}$$

- La fórmula #3 (Iakushin), considera que el aumento de la distancia entre el frente y el ducto conduce a un gran aumento del tiempo de ventilación.

- $F_c = 35.287552$, factor de conversión de metros³ a pies³.

Para consideraciones de seguridad, incrementamos el caudal calculado en un 20% :

$$Q_t = 1.2 * 2715 = 3258 \text{ CFM.}$$

$$V_m = 60 \text{ FPM (por encima del mínimo).}$$

B.- METODO DE VENTILACION AUXILIAR USADO:

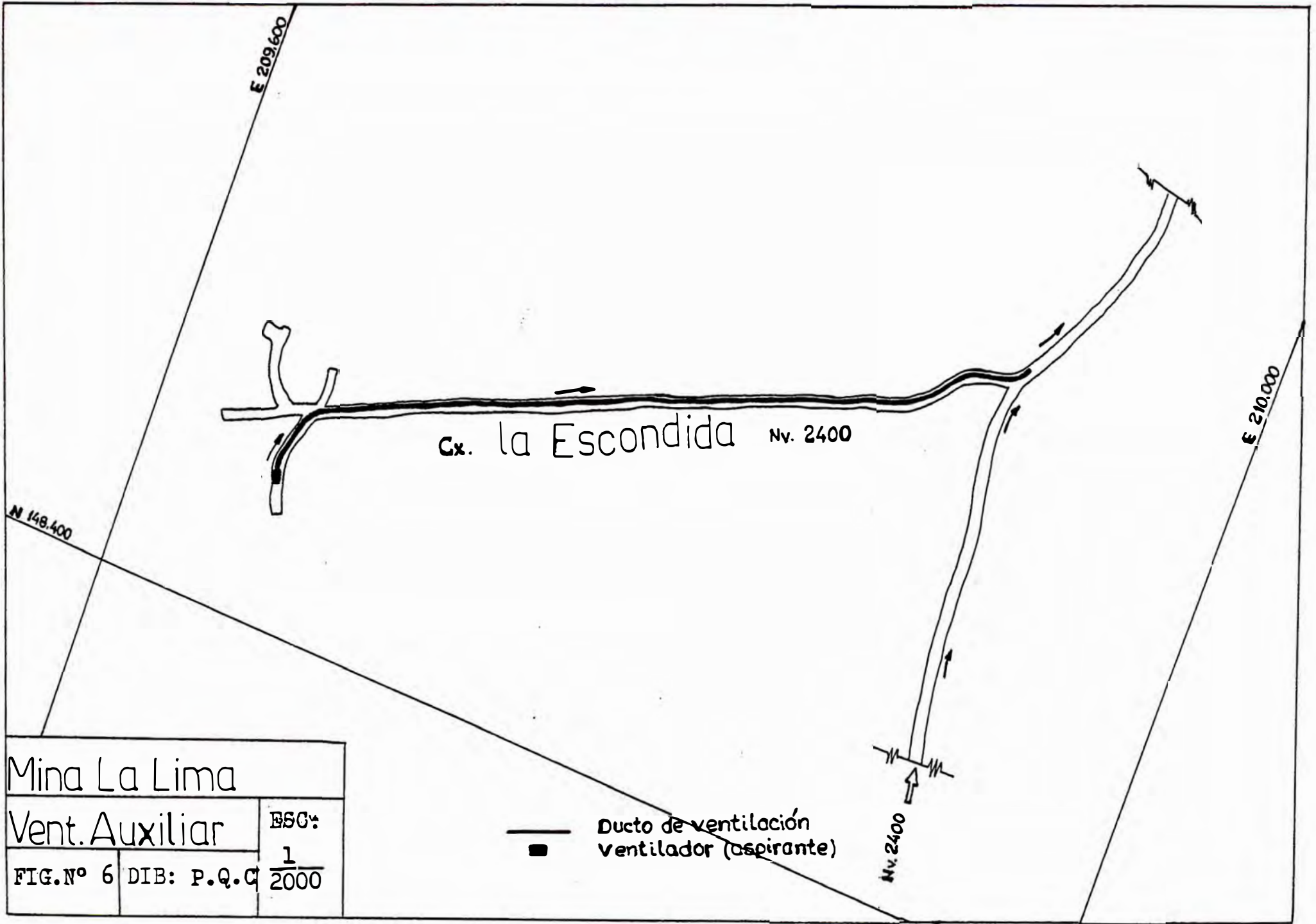
(Ver FIG.6).

C.- CALCULO DE LA PRESION TOTAL:

Datos:

K (ducto flexible usado)	: 20.24 * 10 ⁽⁻¹⁰⁾
d (diámetro de la manga)	: 18 pulgadas.
A (área manga)	: 1.767 pies ² .
P (perímetro manga)	: 4.712 pies.
L (longitud total manga)	: 1940 pies.
W (densidad aire mina)	: 0.06073 lb/pulg ² .
L'(longitud/manga)	: 15 metros

PRESION ESTATICA ("H2O)	6.85
PRES.ESTAT.CORREGIDA ("H2O)	8.46
PRESION DE VELOCIDAD ("H2O)	0.17
PRESION TOTAL ("H2O)	7.02



PRES.TOTAL CORREGIDA ("H2O) 8.63

Nota:

Por tablas(anexos):

PRESION ESTATICA = 0.22 "/100 pies.

PRES.EST.CORREG.NIVEL MINA = $0.22 * 1.67 * 1940/100$
= 7.13 "H2O.

PRES.EST.CORREG.NIVEL MAR = $8.0995 * 0.075/0.06073$
= 8.80 "H2O.

TIPO DE VENTILADOR UTILIZADO:

El ventilador utilizado en La Escondida tiene las siguientes características:

VENTILADOR AXIAL NEUMATICO

MODELO: VAF-AC-16"

CAPACIDAD: 5000 CFM

PRES.EST. A NIVEL MAR: 5.5 "H2O

ACCIONADO A NIVEL MAR: 125 CFM Y 85
lb/pulg2.

PRES.EST. A 2000 msnm: 4.57 "H2O

ACCIONADO A 2000 msnm: 125 CFM Y 85
lb/pulg2.

D.- SELECCION DEL DIAMETRO Y TIPO DEL DUCTO:

Actualmente se tiene usando ductos de 18 " de diámetro y 15 metros de longitud, de material flexible (lona); calculamos entonces las características de un ducto de acuerdo a las condiciones del sistema de ventilación auxiliar aspirante:

$$Q_t = V_s * A$$

$$A = (\pi/4) * D^2$$

$$Q_t = V_s * (\pi/4) * D^2$$

$$D = ((4/\pi) * (Q_t/V_s))^{(1/2)}$$

pero ; el rango de $V_s = (2500 , 4500)$ FPM.

donde; Optimo $V_s = 3500$ FPM.

Luego; calculamos el diámetro óptimo para una velocidad óptima, que mostramos a continuación:

V_s (FPM)	DIAMETRO (pulg)	OBS.
2500	16.0	
3500	14.0	OPTIMO
4500	12.0	

CUADRO 10.

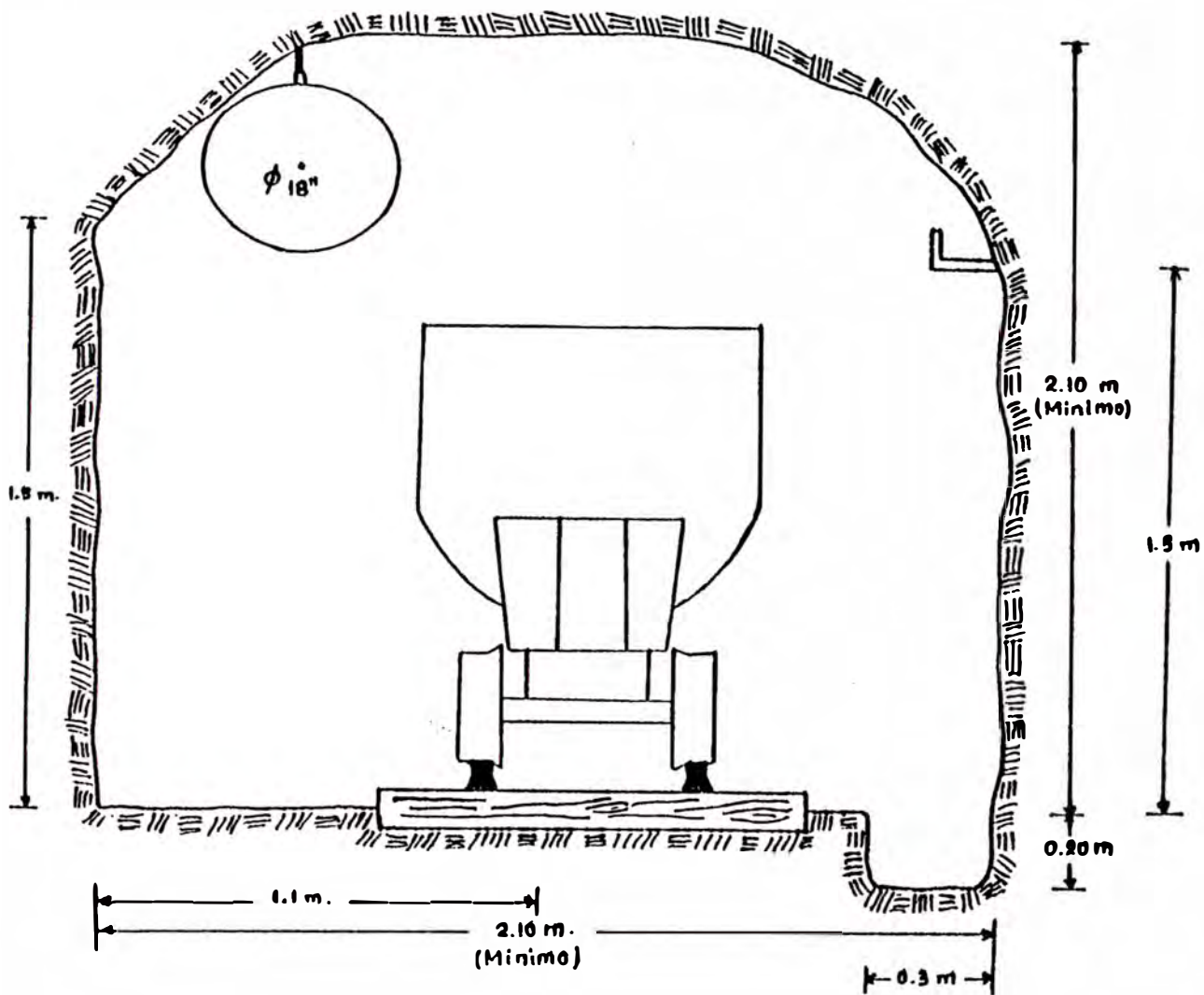


FIG. N° 7

CIA, MINERA PODEROSA SA.		
UNI - FIGMM		esc'
dib.	SECCION MINIMA GALERIA	1:20
P.Q.C.	2.1 x 2.1 mts.	ene.92

Como los diámetros construidos por los fabricantes son de 18, 20, 22, 24, 28, 36 y 48 " Seleccionamos el más próximo, que es el de 18", además porque se acopla a las dimensiones de la labor como vemos en la FIG.7.

El tipo será el flexible sin refuerzo, debido a que favorece al sistema actuante y por su bajo costo de adquisición con respecto a los otros, bajo costo de mantenimiento e instalación, como por su facilidad de almacenamiento.

Como el sistema es bastante dinámico, este tipo permite una instalación rápida y económica a medida que profundiza la labor ciega y se tiene por lo tanto que correr manga.

E.- SELECCION DEL VENTILADOR ADECUADO:

PRESION EST. CORREGIDA ("H2O)	8.455
PRESION TOTAL CORREGIDA ("H2O)	8.626
CAUDAL (CFM)	5000.00
AHP (HP)	4.422
KW DE TRABAJO (KW)	3.299
BHP (HP)	6.803
KW DE TRABAJO AL FRENO (KW)	5.075

EFICIENCIA (%)

65.000

F.- COSTOS DE VENTILACION AUXILIAR:

Los costos de ventilación auxiliar, no solamente se refieren a la adquisición de los ventiladores, sino también a las mangas de ventilación, a su instalación, los costos de energía y los costos de mantenimiento de todo el sistema de ventilación auxiliar.

1.- COSTOS ACTUALES:

COSTOS FIJOS (CF):

COSTO DE ADQUISICION:

1 VENTILADOR NEUMATICO = \$ 2430.00

18 % IGV = 437.40

MANGAS DE VENTILACION = 1250.00

(25 UNID. DE 15 M C/U

Y 50 \$/UNIDAD)

INSTALACION DE EQUIPOS = 500.00

TOTAL COSTOS FIJOS = \$ 4617.40

COSTOS DE OPERACION (Cop): = 5% * 2867.40
= \$ 143.37

COSTOS VARIABLES (CV):

CONSUMO AIRE COMPRIMIDO = 125 CFM.

EQUIVALENTE A:

ENERGIA = 9.33 KW-Hr/GDIA = 18.66 KW-Hr/DIA.

COSTO = 0.75 \$/KW-Hr. FUNC.= 1 HR/DIA

TOTAL COSTOS VARIABLES = 4198.50 \$/AÑO.

Estos costos son calculados para el ventilador actual teniendo en cuenta los parámetros medidos actualmente.

2.- COSTOS DEL VENTILADOR PROPUESTO.

A diferencia del anterior (actual), el ventilador propuesto no es neumático, sino es eléctrico:

COSTOS FIJOS (CF):

COSTO DE ADQUISICION:

1 VENTILADOR ELECTRICO = \$ 1900.00

(MODELO 18-14 3450)

18% IGV. = 342.00

90

1 MOTOR DE 9 HP	=	500.00
<u>18% IGV.</u>	=	<u>90.00</u>
TOTAL CF	=	\$ 2832.00

COSTOS DE OPERACION: 5%(CF) = 141.60 \$/AÑO

COSTOS VARIABLES (CV):

ENERGIA ELECTRICA = 0.75 \$/KW-Hr.

CONSUMO = 9 HP*1 KW/1.341 HP=6.711 KW.

HORA

FUNCIONAMIENTO: 1 Hr/DIA Y 300 DIAS/AÑO.

TOTAL CV = 1510.07 \$/AÑO.

XVIII.3.- CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS MINIMOS DE VENTILACION EN FRENTES CIEGOS, PARA DIFERENTES TIPOS DE EXPLOSIVOS Y LONGITUDES DE LABORES.

La descomposición de los explosivos, requiere la introducción de aire puro para diluir los gases tóxicos. La siguiente tabla(cuadro 11) nos muestra valores de gases tóxicos que pueden ser liberados por la detonación de algunos explosivos comunes; debido a que en las minas se tienen no solamente un tipo de

explosivo, sino varios; ya que las condiciones geológicas no son uniformes. Se hace una recopilación de varias fuentes y ciertas modificaciones pueden ser hechas en la selección de explosivos.

Los límites máximos permisibles para 8 horas de exposición pueden ser establecidos como 100 partes por millón (ppm) para CO y solo 5 ppm para NO₂ por el Congreso de Seguridad e Higiene de los EE.UU.. Mostramos en este capítulo como se puede determinar los parámetros de ventilación mínima requerida para un lugar de trabajo donde se usan explosivos en conformidad con los mínimos estándares de seguridad.

CARACTERISTICAS DE LOS GASES.

MONOXIDO DE CARBONO (CO):

Es el gas causante de más del 90% de los casos fatales en las minas; normalmente no se le halla presente en el aire, pero está formado por la combustión de cualquier materia carbonosa combustible tal como madera, explosivos o productos del petróleo. Las características más importantes del CO es la acción asfixiante o tóxica que ejerce en el hombre,

aun en bajas concentraciones. Este gas puede descubrirse con varios tipos de detectores propios para él, y también empleando canarios o ratones.

Los efectos fisiológicos de las diversas concentraciones de CO y el significado del tiempo de exposición a dicho gas, tal como los han reconocido el Bureau of Mines y el Consejo Nacional de Seguridad de los EE.UU., son los que se muestra a continuación:

% POR VOLUMEN DE CON-

CENTRACION DE CO

EFECTOS FISIOLÓGICOS

0.01% (100 PPM).....Ningún efecto apreciable tras varias horas de exposición.

0.02% (200 PPM).....Síntomas de intoxicación leve tras 1 1/2 horas de exposición

0.04 a 0.05 (400 a 500 PPM)...Síntomas de intoxicación a los 3/4 o 1 hora; jaqueca, náuseas y pérdida del conocimiento entre 1 1/2 y 2 horas; peligroso para la vida misma después de 2 horas.

0.08 a 0.10 (800 a 1000 PPM)...Pérdida del conocimiento después de 1 a 1 1/2 horas de exposición; muerte después de 2 horas.

0.15 a 0.20 (1500 a 2000 PPM)...Fuertes jaquecas, náuseas y pérdida del conocimiento entre 1/2 y 1 hora; fatal después de 1 hora.

100.....Cantidad minima que causa tos.

100 a 150.....Peligroso incluso para una exposici3n corta.

200 a 700.....Generalmente fatal en exposici3n corta.

NOTA:

Seg3n el Art. 277 del Reglamento de Bienestar y Seguridad Minera, tenemos:

<u>GASES</u>	<u>CONCENTRACION MAXIMA</u>
CO.	50 PPM
NO, NO2	5 PPM

Como apreciamos, existe diferencia entre las concentraciones "m3ximas permisibles de los gases normados tanto por el Bureau of Mines de los EE.UU. y el Reglamento de Bienestar y Seguridad Minera del Per3. Por consiguiente consideraremos ambos casos para los c3lculos del tiempo de ventilaci3n del frente ciego La Escondida.

FORMA DE CALCULO.

Sea X el número de pies³ de gases en cualquier volumen de aire en un tiempo t. La sección de la labor es conocida (S), así como su longitud (L); siendo su volumen (S*L) pies³, y además se tiene establecidos los parámetros siguientes:

- Cantidad total de explosivos usados en el disparo, en libras (E).

- Cantidad de CO liberados en pies³/lb. de explosivo (ver cuadro 11),(CO).

Luego, tenemos un volumen de (E * CO) pies³ de gases tóxicos producidos para el total de la voladura.

Las especificaciones pedidas para el tipo de aire, es que no contenga más de 100 ppm de CO y mientras que el volumen de la evacuación es (S * L) pies³, el volumen permisible de CO es:

$$\text{VOLUMEN PERMISIBLE DE CO} = \left(\frac{100}{1000000} \right) * S * L \text{ pies}^3.$$

ESPLOSIVO.	CO (pies ³ /lb)	NO 2 (pies ³ /lb)
=====		
SLURRIES:		
30% TNT, 55% AN, 15% H2O	0.39	
25% TNT, 60% AN, 15% H2O	0.21	
20% TNT, 65% AN, 15% H2O	0.12	
30% TNT, 28% AN, 15% H2O, 27% SN	0.29	
ANFO:		
1 97% AN, 3% INERTE, 0% FO	0.35	0.28
2 96% AN, 3% INERTE, 1% FO	0.35	0.39
3 95% AN, 3% INERTE, 2% FO	0.34	0.21
4 93% AN, 3% INERTE, 4% FO	0.40	0.17
5 91% AN, 3% INERTE, 6% FO	0.48	0.04
6 91% AN, 3% INERTE, 6% FO	0.10	0.30
7 91% AN, 3% INERTE, 6% FO	0.16	0.04
8 90% AN, 3% INERTE, 7% FO	0.88	0.01
9 90% AN, 3% INERTE, 7% FO	0.48	0.10
10 100% AN	0.29	0.31
11 98% AN, 2% FO	0.26	0.27
12 96% AN, 4% FO	0.38	0.19
13 96% AN, 4% FO (W/H2O)	0.43	0.13
14 94% AN, 6% FO	0.45	0.03
15 94% AN, 6% FO (W/H2O)	0.59	0.08
16 83% AN, 7% FO (10% H2O)	1.36	0.00
17 91% AN, 9% FO	1.28	0.00
EXPLOSIVOS COMERCIALES:		
TETRYL, C7H5O8N5	5.40	0.00
DINAMITA SEMI-GELATINOSA	0.65	0.00
=====		

CUADRO 11.- GASES LIBERADOS POR LA DETONACION DE UN EXPLOSIVO

Si asumimos que Q pies³ de aire puro es introducido en el lugar de trabajo cada minuto, el problema es en determinar si este flujo de aire puro introducido es suficiente para determinar un lugar seguro, y se puede ingresar a trabajar.

Puesto que estarán en cantidades iguales de aire entrando al lugar y saliendo del mismo, asumimos que se produce una mezcla perfecta de aire. Entonces el volumen absoluto de gases tóxicos será expedito del lugar de trabajo en forma decreciente, en un rango de tiempo dado, expresado como una ecuación:

$$\frac{dX}{dt} = -nX$$

Así, el rango de cambio del gas contenido en relación al tiempo decrece en proporción a la cantidad de gas presente. La constante de proporcionalidad n , es dependiente del número de cambios de aire por unidad de tiempo.

Separando las variables, la ecuación anterior queda de la siguiente forma:

$$\frac{dX}{X} = -n(dt)$$

X

Integrando resulta:

$$\text{Log } e(X) = -n(t) + C$$

Para evaluar C asumimos que $X = P$, cuando $t = 0$.

Si P es igual al número de pies³ de gases tóxicos liberados, reemplazando tenemos:

$$\text{Log } e(X) = -n(t) + \text{Log } e(P)$$

$$\text{Log } e(X) = \text{Log } e(P) - n(t)$$

A partir de esta última ecuación se establece un gráfico X versus t ó Log e(X) versus t. Este gráfico es solo para un caso especial de un grado de ventilación y un volumen de gas liberado. Siempre cambia al variar cualquiera de las variables, requiriendo un nuevo gráfico para la solución de la ecuación:(ver FIG. 8)

$$\text{Log } e(P/X) = -n(t)$$

Reemplazando P/X por Y en la última ecuación, se construye un monograma estandar:(ver FIG.9)

$$\text{Log e } (Y) = n(t)$$

donde:

$$Y = \frac{(\text{lb. explosivo})(\text{vol. gas liberado/lb. de explosivo})}{(\text{límite gas sin riesgo ppm}) * (\text{vol. labor en pies}^3)}$$
$$1000000$$

$$n = \frac{(\text{caudal de aire limpio, CFM})}{(\text{volumen de la labor, pies}^3)}$$

t = tiempo de ventilación, minutos.

El monograma por el cual la ecuación será resuelto, puede ser usado en dos direcciones:

1.- Si se desea determinar el tiempo necesario para ventilar el lugar, donde el volumen de evacuación, volumen de gas liberado y estándares de seguridad del gas contenido son conocidos, esto es solo necesario para determinar Y y n, conectando los dos valores con una línea recta y leyendo el valor de la línea horizontal que representa el tiempo, se soluciona el problema.

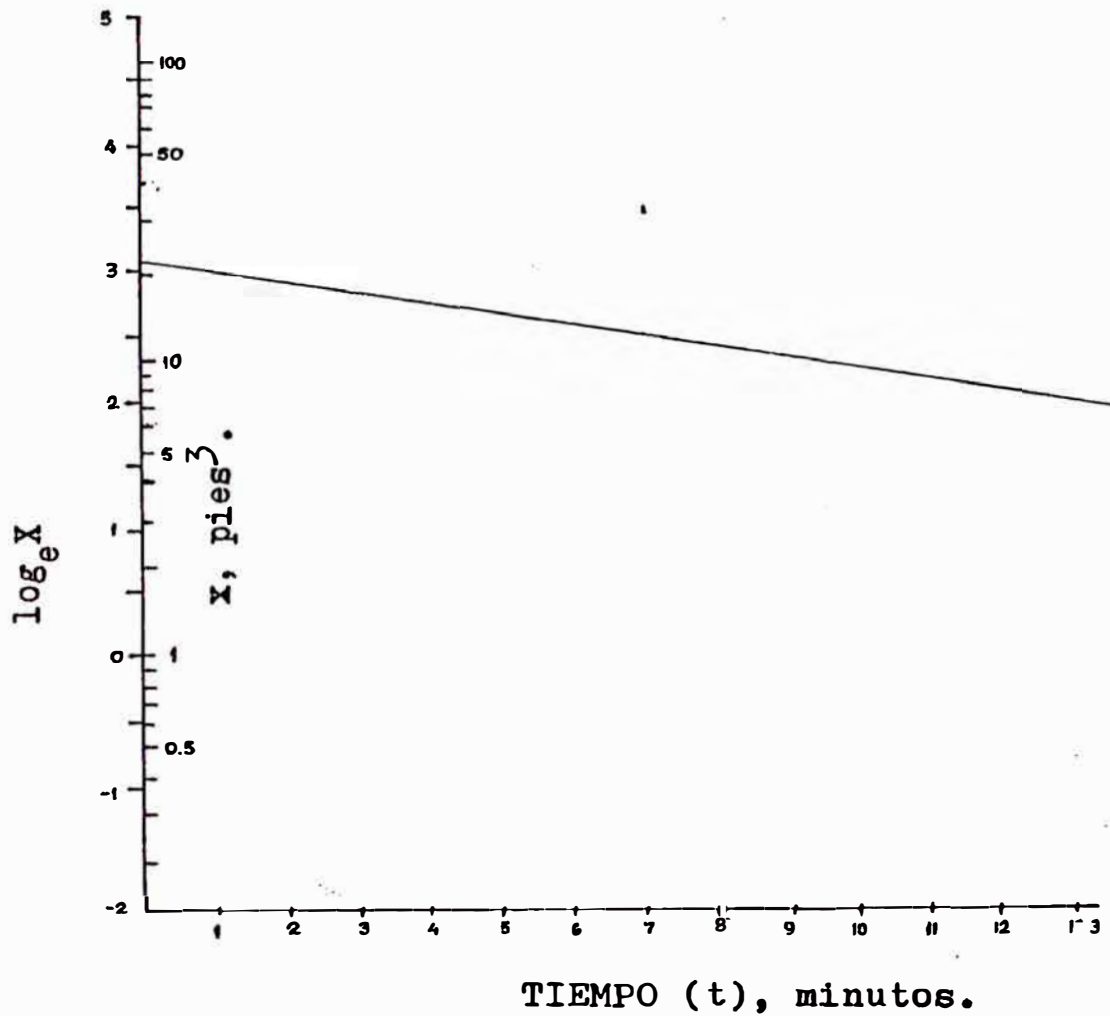


FIG. N°8. SOLUCION DE LA ECUACION: (condiciones actuales)

$$\log_e X = \log_e P - nt.$$

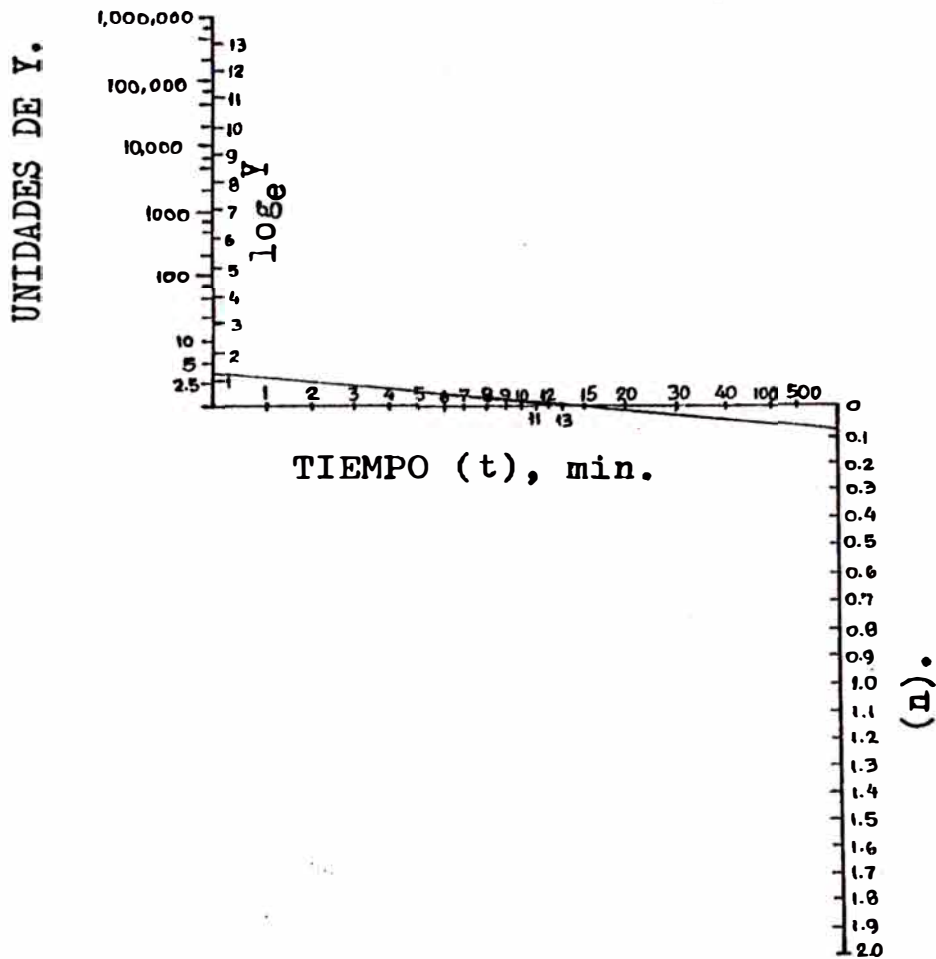


FIG. N° 9.-
 MONOGRAMA PARA DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS MINIMOS DE VENTILACION.

2.- Donde el valor de Y es conocido, y el volumen del lugar debe también ser conocido, el grado de ventilación puede ser determinado si un tiempo requerido para ventilar el lugar puede ser determinado. Conectando el valor de Y y el valor de t con una línea recta que interceptará la escala n , que es el número de cambios de aire por minuto requerido para diluir el volumen de aire contaminado en el lugar que requiere análisis.

A.- CALCULO DE TIEMPOS DE VENTILACION:

De los trabajos que se han realizado en la mina, observamos que los tiempos de ventilación de la labor ciega La Escondida no variaban según se profundizaba, ni con el cambio de tipo de explosivo utilizado. Es decir los tiempos eran calculados según el criterio, mas no por un análisis técnico.

A continuación tabulamos tiempos para diferentes longitudes de labor y para diferentes tipos de explosivos, ya que en este frente ciego había la posibilidad de empleo del ANFO en reemplazo de la Dinamita.

EXPLOSIVO : DINAMITA SEMI-GELATINOSA.
Sección : 7' * 8' (56 pies²)
Longitud : L pies.
Volumen de la labor : 56L pies³.
Peso total de explosivo : 15 kg = 32.61 lb.
Gas liberado : 0.65 pies³/lb.
(ver cuadro 11)
Gases totales liberados : 21.1965 pies³.
Volumen permisible CO : 0.0056L pies³.
Capacidad del ventilador : 5000 CFM.

luego:

X = pies³ de gases tóxicos desarrollados por el explosivo en t minutos.

n = constante de proporcionalidad.

$$\text{Log } e (X) = -nt + C \quad (a)$$

cuando; t = 0 tenemos; X = 21.1965 pies³.

$$\text{Log } e (21.1965) = C \quad \text{reemplazando en (a);}$$

$$\text{Log } e (X) = -nt + \text{Log } e (21.1965)$$

pero; $n = 5000/56L = 89.286/L$

luego; hacemos $\text{Log } e (X) = \text{constante}$:

$$t = \frac{(3.054 - \text{Log } e (X)) * L}{89.286}$$

Según esta ecuación calculamos diferentes tiempos de ventilación, para diferentes longitudes de labores y como consecuencia para diferentes volúmenes permisibles de CO, como apreciamos en el CUADRO 12:

LONGITUD (pies)	VOL.PERM. CO (pies ³)	TIEMPO DE VENT.(t) (minutos)
30	0.168	1.626
40	0.224	2.038
50	0.280	2.423
60	0.336	2.785
70	0.392	3.129
80	0.448	3.456
90	0.504	3.769
100	0.560	4.070
110	0.616	4.360
120	0.672	4.639
130	0.728	4.909
140	0.784	5.171
150	0.840	5.424
328	1.837	8.986
1115	6.245	15.267
<u>1640</u>	<u>9.184</u>	<u>15.366</u>

CUADRO 12.

Se construye una curva, de modo tal que nos permita calcular cualquier tiempo de ventilación. Para las actuales características de La Escondida, resulta un tiempo de ventilación de 15.366 minutos por guardia de

trabajo, como observamos tanto en el CUADRO 12 como en la FIG.10.

EXPLOSIVO : ANFO

Seccion : 56 pies².

Longitud : L pies.

Volumen de la labor : 56L pies³.

Peso total de explosivo : 70 lbs.

Gas liberado : 0.45 pies³/lb
(ver cuadro 11)

Gases totales liberados : 31.5 pies³.

Volumen permisible de CO : 0.0056L pies³.

Capacidad del ventilador : 5000 CFM.

luego:

$$\text{Log } e (X) = -nt + C \quad (b)$$

cuando; $t = 0$ tenemos; $X = 31.50$ pies³.

$$\text{Log } e (31.50) = C \quad \text{reemplazando en (b):}$$

$$\text{Log } e (X) = -nt + \text{Log } e (31.50)$$

pero: $n = 5000/56L = 89.286/L$

luego: hacemos $\text{Log } e (X) = \text{constante:}$

$$t = \frac{(3.45 - \text{Log } e (X)) * L}{89.286}$$

Según esta ecuación calculamos diferentes tiempos de ventilación para diferentes longitudes de labores y como consecuencia para diferentes volúmenes permisibles de CO, como apreciamos en el CUADRO 13.

Semejante al caso anterior, construimos una curva que nos permita calcular tiempos de ventilación. Para las actuales características de La Escondida resulta un tiempo de ventilación de 22.640 minutos por guardia de trabajo, como podemos observar tanto en el CUADRO 13 y la FIG.10.

105

LONGITUD (pies)	VOL.PERM. CO (pies ³)	TIEMPO DE VENT.(t) (minutos)
30	0.168	1.759
40	0.224	2.216
50	0.280	2.645
60	0.336	3.050
70	0.392	3.440
80	0.448	3.811
90	0.504	4.168
100	0.560	4.513
110	0.616	4.847
120	0.672	5.170
130	0.728	5.791
140	0.784	5.791
150	0.840	6.089
328	1.837	10.440
1115	6.245	20.212
<u>1640</u>	<u>9.184</u>	<u>22.640</u>

CUADRO 13.

NOTA:

TENIENDO EN CUENTA EL ART. 277 DEL REGLAMENTO DE BIENESTAR Y SEGURIDAD MINERA DEL PERU:

DATOS:

- CONC. MAX. CO = 50 PPM

- L = 1640 PIES

- n = 0.054

- $\text{Log } e(Y) = n(t)$

MONOGRAMA STANDART

PARA:

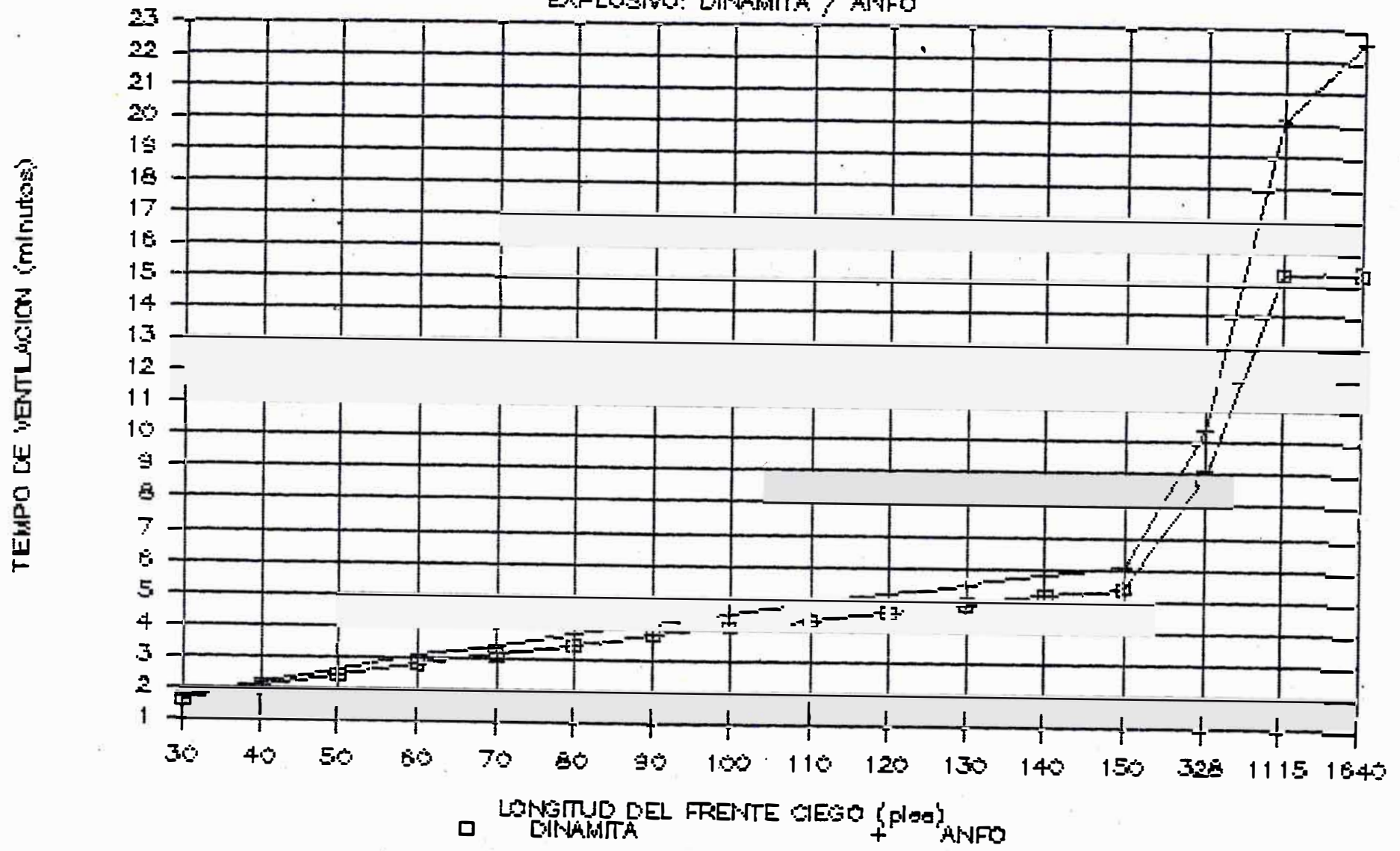
DINAMITA : t = 28.32 MINUTOS

ANFO : t = 35.66 MINUTOS

Podemos observar el incremento del tiempo de ventilación para dos tipos de explosivos; como indicamos, este tiempo deberá ser controlado estrictamente por medio del Monograma a medida que cambian las condiciones de trabajo y establecer márgenes de seguridad para el tiempo de ventilación.

Fig.10.- LONGITUD vs. TIEMPO DE VENT.

EXPLOSIVO: DINAMITA / ANFO



XIX.- ANALISIS DE LOS COSTOS TOTALES DE VENTILACION.

A.- VENTILACION PRINCIPAL:

En los almacenes de la mina se tienen dos ventiladores cuyas características son:

- Ventilador axial eléctrico:

Modelo VAV 23 1/4-14 3450.

Capacidad de 10000 CFM (c/u).

Pres. est. a nivel del mar 5.5 "H2O.

Consumo de fuerza a nivel del mar 15 HP.

Motor eléctrico de 18 HP, 3480 RPM, 220/440 v.

Estos dos ventiladores podrían instalarse en paralelo, de tal modo que den un caudal de 20000 CFM teóricamente; pero para su instalación como alternativa de solución, primero hacemos una comparación económica con el ventilador seleccionado anteriormente.

La determinación del más conveniente se efectuará sobre la base del VALOR PRESENTE, además teniendo en

cuenta que el costo de energía en la mina es de 0.75 \$/KW-Hr. y que el costo de Adquisición de los ventiladores existentes en el almacén es:(ver CUADRO 14)

2 ventiladores	:	\$ 5014.00
18% IGV.	:	902.52
2 motores de 18 HP	:	1640.00
<u>18% IGV.</u>	<u>:</u>	<u>295.20</u>
TOTAL	:	\$ 7851.72

Luego:

Asumimos que ambos modelos tienen una vida de 15 años y que el valor de los intereses es 15%:

Para la determinación del valor presente calculamos un factor correspondiente a una serie uniforme anual, que resultó 5.8474 (del libro Ingeniería Económica de Leland Blank).

De la última tabla se observa que el modelo 48-21 1150 tiene un menor valor presente, por lo que debería ser seleccionado.(Ver CUADRO 15)

MODELO	COST. ADQUIS.	CONSUMO ENERGIA
	(\$ US)	(KW/AÑO)
48-21 1150	16756.00	42952.80
VAV 23 1/4-14	7851.72	64429.53

CUADRO 14.

VALOR PRESENTE	MODELO	MODELO
(\$ US)	48-21 1150	VAV 23 1/4-14
COST. DE ADQUISIC.	16756.00	7851.72
COST. DE OPERACION	4898.95	2295.61
COST. DE ENERGIA	188372.65	282558.94
<u>COSTO TOTAL</u>	<u>210027.60</u>	<u>292706.27</u>

CUADRO 15.

B.- VENTILACION AUXILIAR:

El análisis se efectuará para comparar las alternativas del ventilador neumático y el ventilador eléctrico seleccionado y equipado con un motor de 9 HP.

Anotamos que tenemos que adquirir un ventilador neumático adicional al existente, si es que deseamos

seguir trabajando con el sistema neumático instalándolo en serie para cubrir los requerimientos de presión.

Para la comparación de valores presentes de costos de adquisición considero solo un ventilador neumático, ya que el otro se encuentra trabajando actualmente; así solo será considerado los demás costos para los dos ventiladores neumáticos que se presentan como una alternativa; indicando que el consumo de energía es fundamental en la selección del ventilador, como vemos en el CUADRO 16:

MODELO	COST.ADQUISIC.	CONSUMO ENERGIA
	(\$ US)	(KW / AÑO)
18-14 3450	2832.00	2013.42
<u>VAF-AC-16"</u>	<u>2867.40</u>	<u>5598.00</u>

CUADRO 16.

Asumiendo que ambos modelos tienen una vida de 8 años y que el valor de los intereses es 15%, se calcula los valores presentes.

El factor correspondiente a la serie anual uniforme

del valor presente es 4.4873.

Seleccionamos en base a su valor presente total el modelo 18-14 3450; debido principalmente a que el costo del aire comprimido es muy superior al costo de la energía eléctrica; y además teniendo en cuenta que para satisfacer los requerimientos actuales deberían de funcionar 2 ventiladores neumáticos modelo VAF-AC-16"; lo que no es conveniente.(Ver CUADRO 17)

VALOR PRESENTE	MODELO	MODELO
<u>(\$ US)</u>	<u>18-14 3450</u>	<u>VAF-AC-16"</u>
COST.DE ADQUISIC.	2832.00	2867.40
COST.DE OPERACION	635.40	1286.69
COST.DE ENERGIA	6776.14	37679.86
<u>COSTO TOTAL</u>	<u>10243.54</u>	<u>41833.95</u>

CUADRO 17.

Fig.11.- VALOR PRESENTE DE LOS COSTOS
(VENTILACION AUXILIAR)

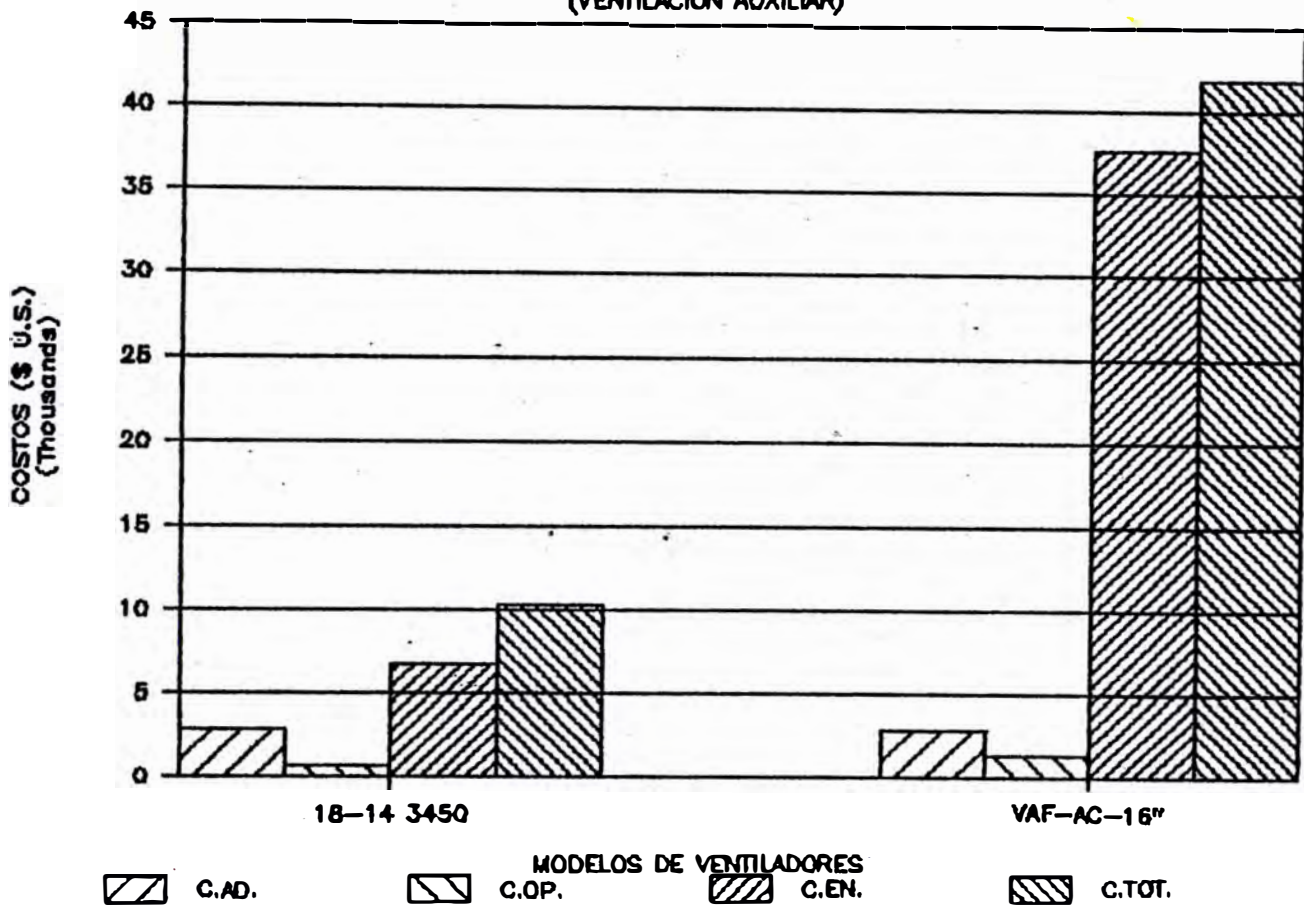
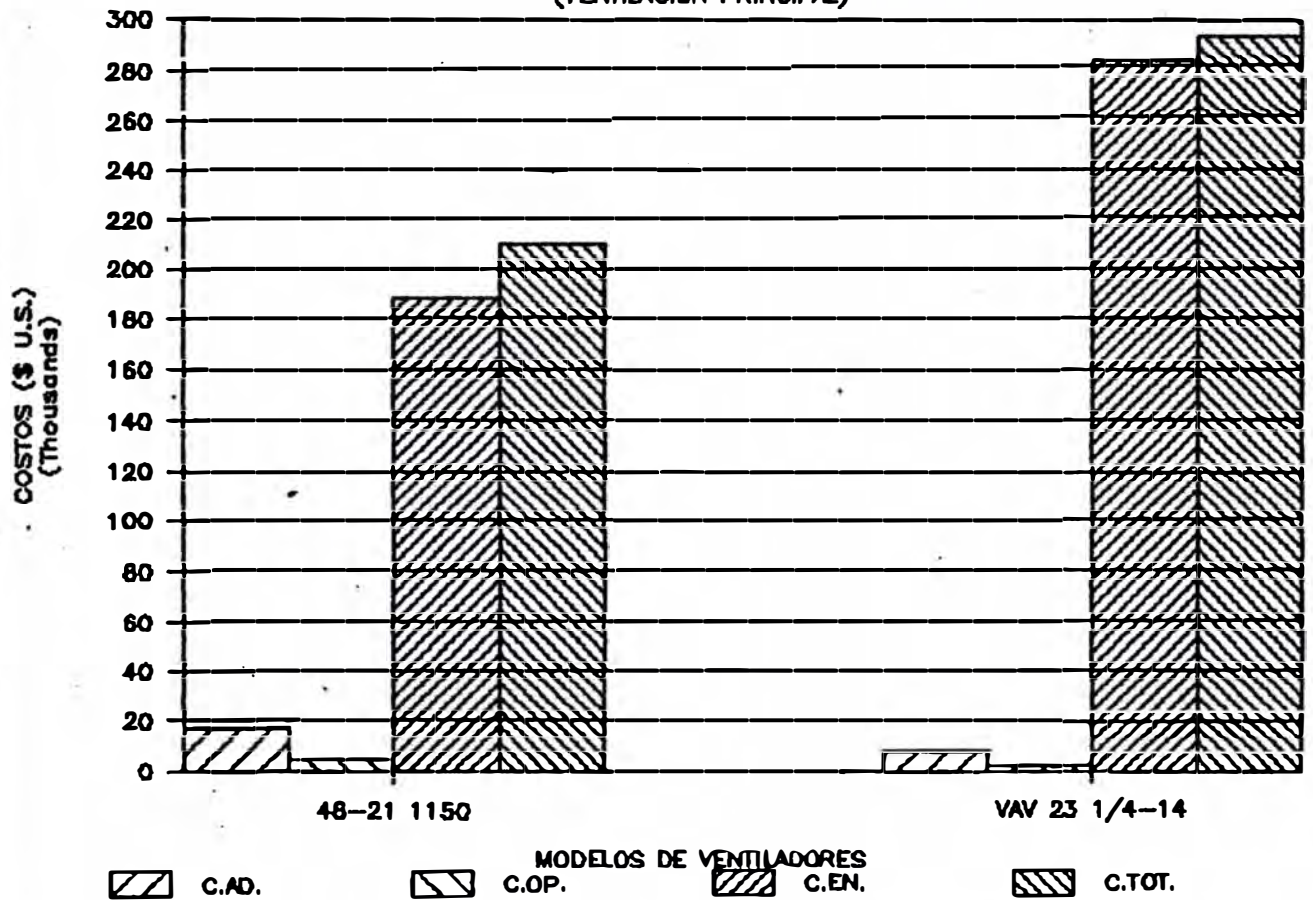


Fig.12.- VALOR PRESENTE DE LOS COSTOS
(VENTILACION PRINCIPAL)



XX.- CONCLUSIONES.

A.- VENTILACION PRINCIPAL:

- Haciendo un balance de caudal de aire tenemos un déficit de 27413.64 CFM (33623.60 - 6209.96) el cual deberá ser proveído por medio de ventilación mecánica. El caudal necesario fue calculado teniendo en cuenta un posible aumento del requerimiento de CFM por ampliación de la mina, este incremento consideramos además por seguridad, y es 20%.

- De la curva característica y el orificio equivalente de la mina, observamos que las labores ofrecen gran resistencia al paso del fluido, el rango aproximado de las secciones de las labores deben estar entre:

{ 1 , 2 } metros².

La mina presenta 0.857 mt²., lo cual nos indica que las labores, al tener una sección angosta se oponen fuertemente a la ventilación.

El aire natural que ingresa por el Nv 2400 no satisface totalmente al sistema, contribuyendo solo con el 18.5% del caudal de aire necesario para la ventilación.

- Para la selección de un ventilador principal adecuado, hacemos uso de las curvas de la JOY MANUFACTURING COMPANY, y de las características de la mina; seleccionando el siguiente ventilador, cuyas especificaciones y características mostramos:

MODELO 48-21 1150

SERIE 1000 JOY AXIVANE FAN.

FAN BLOWING INTO A 48" DIA. DUCT.

AIR DENSITY 0.075 lb/ft³.

CARACTERISTICAS DE TRABAJO:

PRESION ESTATICA ("H2O)	2.40
CAUDAL (CFM)	32884.34
AHP (HP)	12.42
KW DE TRABAJO (KW)	9.26
BHP (HP)	16.56
KW TRABAJO AL FRENO (KW)	12.35
EFICIENCIA (%)	75.00

Estas características han sido calculadas de tal modo que no sea afectado el sistema por la ventilación natural, es decir haciendo $H_n = 0$, para poder apreciar las propiedades reales que debe poseer el ventilador.

- Los costos de ventilación lo dividimos en Costos Fijos y Costos Variables; el costo de adquisición está referido a la fecha Marzo-92 y consideramos la adquisición en las condiciones nacionales actuales; el costo de operación lo deducimos como el 5% del costo total de adquisición, de acuerdo a los datos estadísticos de la mina.

- En los almacenes de la mina se tiene 2 ventiladores cuyas características se mostró anteriormente; una alternativa podría ser el siguiente; instalarlo en paralelo de modo que pueda aumentarse el caudal.

- Se calculó los valores presentes para cada una de las alternativas; dando como consecuencia la elección del MODELO 48-21 1150.

B.- VENTILACION AUXILIAR.

- Se determinó un caudal necesario de 3258 CFM; considerado solo para diluir los gases y polvos generados por la acción del explosivo. Incluimos un factor de seguridad del 20% para estar sobre el margen y tener en cuenta posibles aumentos de gases y polvos por el incremento del uso del explosivo.

- El método que se emplea actualmente es el aspirante y presenta serios inconvenientes, debido a factores tales como:

- Gran longitud de la galería; lo que hace necesario contar con un ventilador capaz de vencer la gran resistencia, ya que el actual ventilador neumático con una presión estática de 4.57 "H₂O no es suficiente.

- La falta de mantenimiento continuo de los ductos (mangas flexibles sin refuerzo); las fugas de aire contaminado, contaminan a su vez la galería en toda su longitud, haciendo un ambiente negativo y

dificultando las labores posteriores.

- Las condiciones actuales de La Escondida, generan las presiones referidas a nivel del mar, capaces de vencer la resistencia del ducto y a su vez nos darán un dato importante para la selección del ventilador adecuado.(ver XVIII.2.C)

- La selección del diámetro del ducto de ventilación se efectuó sobre la base de las velocidades de aire mínimas y máximas. Se seleccionó el más próximo al óptimo:(ver CUADRO 10)

Se seleccionó el de 18", además teniendo en cuenta las dimensiones mínimas de la sección de la galería. También se seleccionó la manga flexible sin refuerzo (lona), por sus ventajas antes mencionadas.

- En base a las condiciones de la labor se hizo la selección de un ventilador con sus características corregidas a nivel del mar; la capacidad de caudal de este ventilador será de 5000 CFM, superior al caudal requerido por la labor ciega; debido a que según el fabricante las capacidades mínimas diseñadas son de 2500 y 5000 CFM; por lo tanto la última satisface los

requerimientos de La Escondida.

- El ventilador neumático funcionando actualmente, no cubre los requerimientos de presión, por lo que será necesario adquirir un ventilador semejante e instalarlo en serie de modo que se pueda duplicar la presión; si es que se desea seguir con este sistema. Los costos adicionales que se generará es en adquirir este ventilador neumático y su costo de operación más su costo de energía; todo esto incluido se procedió a calcular sus valores presentes.(ver XIX.B)

- Para determinar los valores presentes de las dos alternativas, se calculó un factor de la serie uniforme anual, que es 4.4873; la sumatoria de los valores presentes del costo de adquisición, del costo de operación y del costo de energía nos dan el valor presente del costo total, considerado para la elección de la alternativa del modelo 18-14 3450.

- De los cuadros anteriores podemos observar que el costo del aire comprimido es muy superior al costo de la energía eléctrica, siendo un factor decisivo en la selección del ventilador. En el costo

del valor presente de energía para el modelo VAF-AC-16" (neumático) se incluye el de los dos ventiladores que trabajarían en serie. Ya que la comparación de costos totales se hace entre los dos ventiladores neumáticos versus el ventilador eléctrico modelo 18-14 3450.

Para el cálculo de los tiempos mínimos de ventilación del frente ciego, siguiendo el modelo matemático basado en los límites máximos permisibles de gases tóxicos (CO), consideramos más adecuado las concentraciones máximas regidas por el Bureau of Mines de los EE.UU. debido a que concuerdan mejor con los trabajos de campo realizados en La Escondida. La concentración máxima dada por el Reglamento de Bienestar y Seguridad Minera del Perú (50 ppm para el CO) en cambio hace que el gran tiempo de funcionamiento del ventilador eleve los costos totales, sin influir mayormente en los efectos fisiológicos del personal.

XXI.- SUGERENCIAS Y ALTERNATIVAS.

Se debe dar mayor importancia al estudio y análisis de la ventilación, implementando al Departamento de Seguridad e Higiene Minera con los instrumentos y medios necesarios para tal fin.

Reestructurar el Departamento de Seguridad; es decir hacerlo más funcional y eficiente. La participación en el Departamento además del Jefe de Seguridad, de un ingeniero que se encargue exclusivamente del control de la ventilación, realizando pruebas capaces de permitir el ahorro de energía, que se gasta indiscriminadamente durante la ventilación; así también del planeamiento del sistema para una vida futura de la mina y preveer de antemano los costos que ocasionará tal prolongación de la vida de la mina.

- Del estudio técnico, sugerimos se adquiriera un ventilador principal capaz de satisfacer las condiciones mínimas actuales, este tendrá las características, referidas a nivel del mar; indicadas en el capítulo XVIII.1.J parte 3.

- La elección del ventilador que se sugiere se calculó en base no solo al análisis técnico de la mina, sino también a una ~~una~~ análisis técnico-económico; así, el ventilador que se sugiere adquirir será del modelo 48-21 1150.

- Como ha sido seleccionado la alternativa del modelo 48-21 1150, se sugiere cubrir parte (50%) del costo de adquisición, vendiendo los dos ventiladores modelo VAV 23 1/4-14 que se tienen en los almacenes de la mina, tales ventiladores son nuevos y tienen motores de 18 HP cada uno.

- Para las condiciones actuales de la cortada La Escondida, se recomienda un ventilador eléctrico, con motor de 9 HP, que sea controlado estrictamente su tiempo de funcionamiento por guardia de trabajo, debiendo satisfacer los requisitos técnicos, tales como los que señalamos en el capítulo XVII.2.E.

- Además de las características técnicas de la mina, el ventilador deberá cumplir con los requisitos económicos para su selección; así, este es calculado entre dos modelos (ver XIX.B), resultando seleccionado

el modelo 18-14 3450.

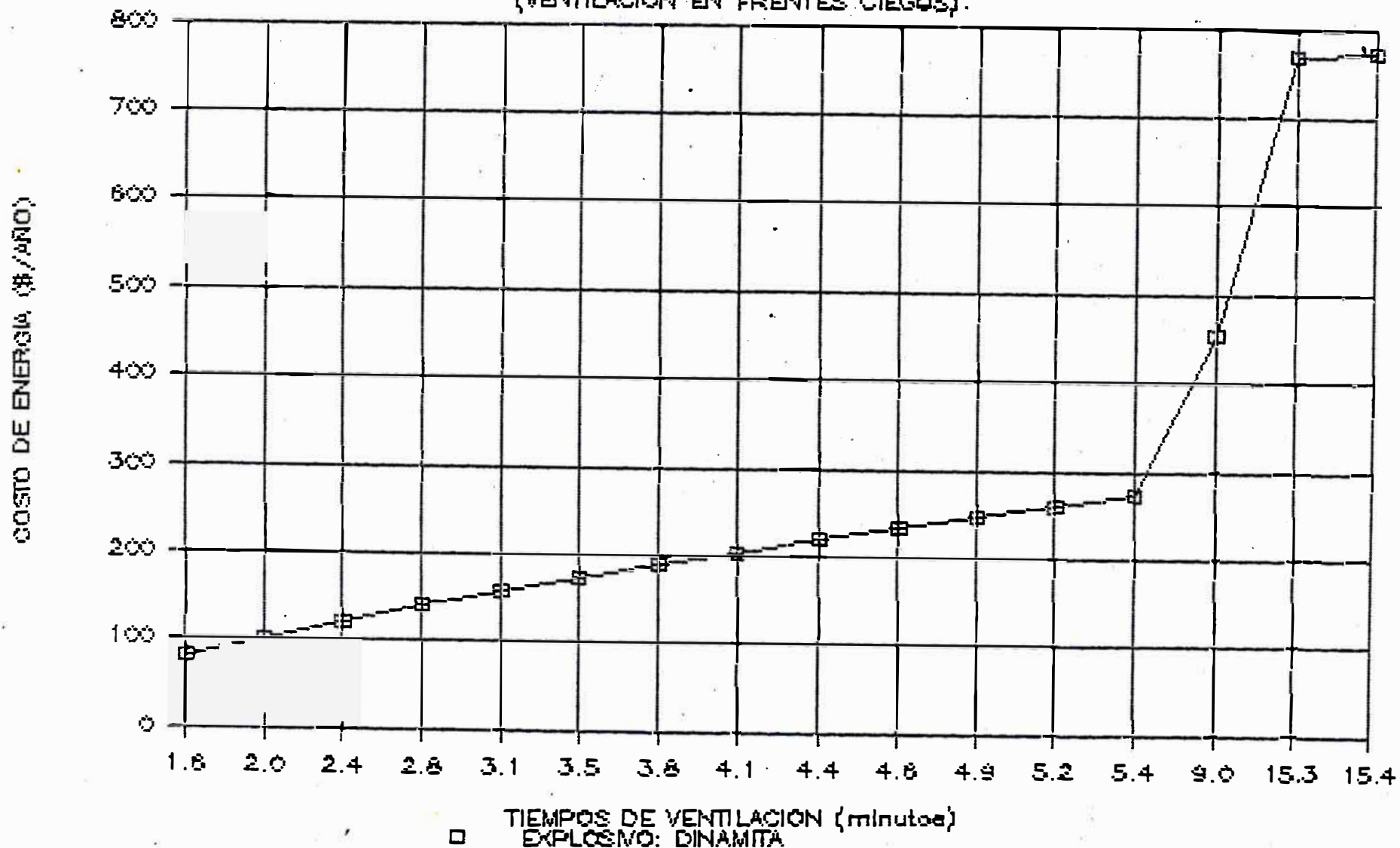
- Como podemos observar de los cuadros, el costo de energía es fundamental en la selección del ventilador, y es más, influye en el método a emplear; por lo cual sugerimos cambiar del método ASPIRANTE, al método IMPELENTE, porque este último permite hacer un control de tiempos óptimos de ventilación, permitiendo hacer un ahorro en costos de energía. Los cuadros que se presentan a continuación nos muestran las longitudes de labores, sus tiempos de ventilación y sus respectivos costos de energía, que justifican tal cambio de método; para los dos tipos de explosivos en cuestión:

TIPO DE EXPLOSIVO: DINAMITA.

<u>LONGITUD</u>	<u>TIEMPO DE VENT.</u>	<u>COSTO DE ENERGIA</u>
<u>(pies)</u>	<u>(minutos)</u>	<u>(\$ / AÑO)</u>
30	1.626	81.84
40	2.038	102.58
50	2.423	121.96
60	2.785	140.18
70	3.129	157.49
80	3.456	173.95
90	3.769	189.70
100	4.070	204.85
110	4.360	219.45
120	4.639	233.49
130	4.909	247.08
140	5.171	260.27
150	5.424	273.00
328	8.986	452.29
1115	15.267	768.43
1640	15.366	773.41

CUADRO 18.

Fig.13.— TIEMPO vs. COSTO DE ENERGIA
(VENTILACION EN FRENTES CIEGOS).

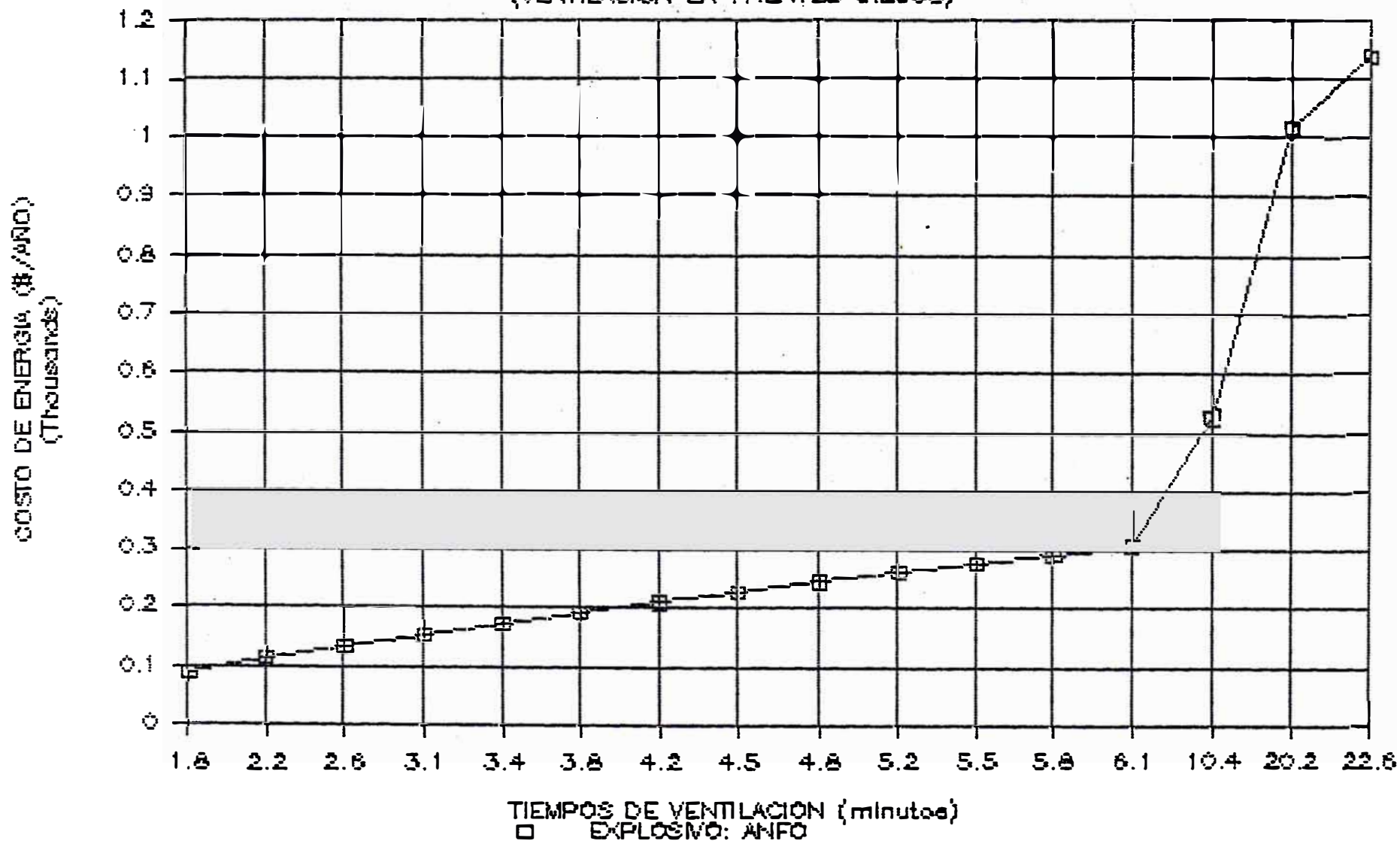


TIPO DE EXPLOSIVO: ANFO.

LONGITUD (pies)	TIEMPO DE VENT. (minutos)	COSTO DE ENERGIA (\$ /AÑO)
30	1.759	88.54
40	2.216	111.54
50	2.645	113.13
60	3.050	153.51
70	3.440	173.14
80	3.811	191.80
90	4.168	209.79
100	4.513	227.15
110	4.847	243.96
120	5.170	260.22
130	5.485	276.07
140	5.791	291.48
150	6.089	306.48
328	10.440	525.47
1115	20.212	1017.32
1640	22.640	1139.53

CUADRO 19.

Fig.14.— TIEMPO vs. COSTO DE ENERGIA
(VENTILACION EN FRENTE CIEGOS)



- El cuadro siguiente justifica completamente la recomendación del cambio del método aspirante al método impelente; la recomendación incluye el uso del ventilador eléctrico seleccionado:

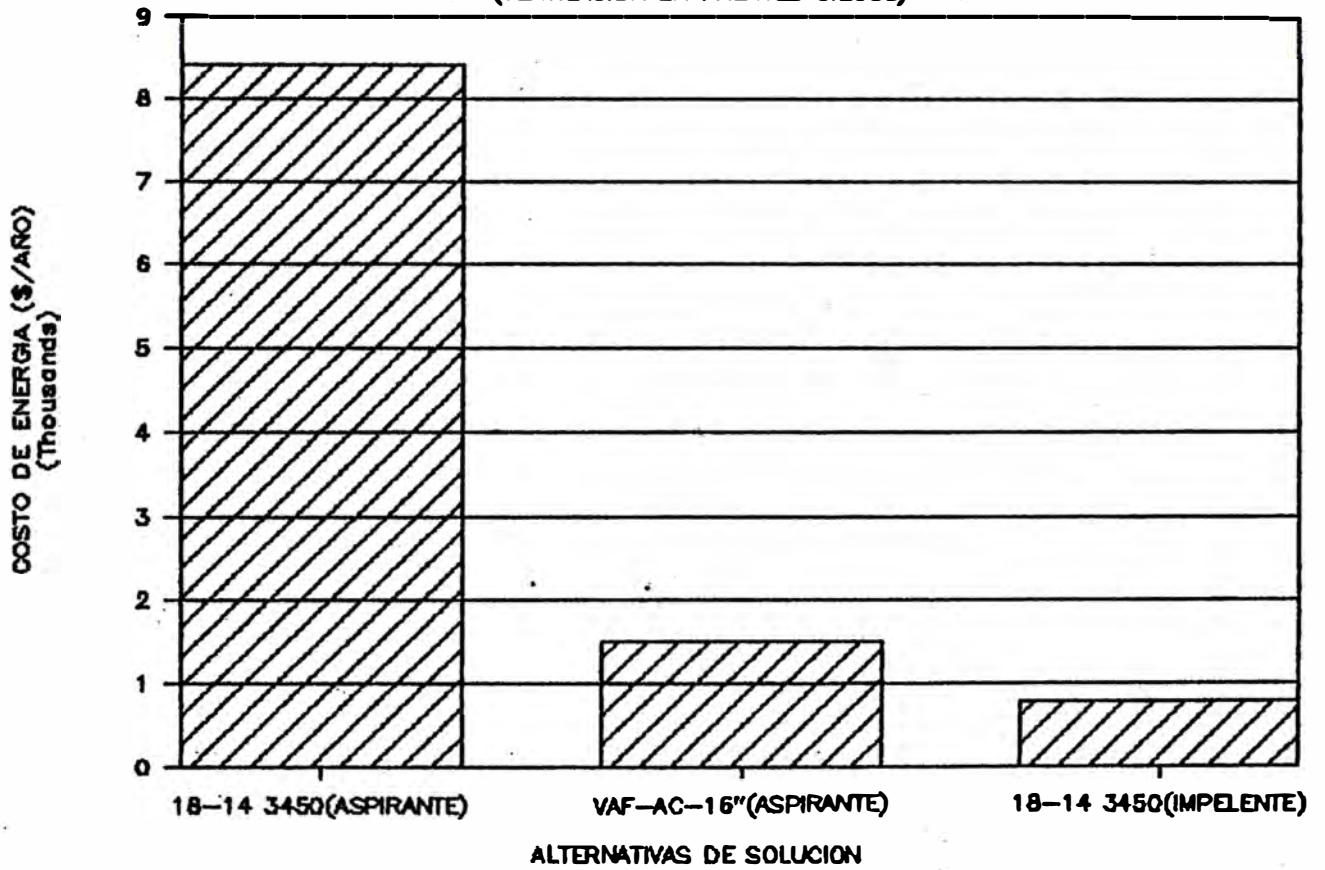
COST. ENERGIA (\$/AÑO)	COST. ENERGIA (\$/AÑO)	COST. ENERGIA (\$/AÑO)
MODELO:		
<u>18-14 3450</u>	<u>VAF-AC-16"</u>	<u>18-14 3450</u>
<u>8397.00</u>	<u>1510.07</u>	<u>773.41</u>
<u>M.ASPIRANTE</u>	<u>M.ASPIRANTE</u>	<u>M.IMPELENTE</u>

CUADRO 20.

- Es recomendable que las labores ciegas no tengan más de 100 metros de longitud sin que se les conecte con una chimenea de ventilación, para que se pueda usar indistintamente DINAMITA o ANFO, debido a que si se supera esta longitud, aumentará el tiempo de ventilación y por consiguiente los costos.

- Como muchos análisis teóricos, ciertamente se pueden asumir muchos nechos para tener la solución correspondiente; las condiciones asumidas para completar el problema podría o no ser válida para aplicaciones prácticas.

Fig.15.— SELECCION DEL METODO DE VENT.
(VENTILACION EN FRENTES CIEGOS)



El punto débil en esta solución es bien claro, el asumir que el aire de ventilación pueda ser completamente mezclado con el aire viciado en el lugar de trabajo en todo el tiempo. Solo para casos en donde el intercambio de aire es bastante rápido y causa turbulencia, este será asumido aproximadamente verdadero.

Una segunda precaución para tener en cuenta y recomendar, es la precisión con el cual el volumen de gas tóxico puede ser determinado, y el correspondiente al volumen del gas formado en la práctica con el volumen de gas formado bajo condiciones normales. El volumen de los diferentes gases los cuales son productos de la reacción de explosión varían bajo diferentes condiciones de balance de oxígeno, confinamiento y fuerza de iniciación.

Una lista de valores pueden ser obtenidos de un control experimental. Por lo tanto se sugiere tomarlo como guía y adecuarlo hasta obtener un factor de seguridad si se requiere aplicar a otras condiciones de trabajo.

Tesis para optar el Título de Ingeniero
Geólogo:

"Estudio Geológico de la veta La Lima, en el
segmento Norte del Batolito de Pataz".

Por: Jaime Chávez M.

UNMSM - 1990.

- MINE VENTILATIONS AND AIR CONDITIONING.

by : Howard L. Hartman.

1st. Ed. Ronald, New York - 1961.

- Curso de actualización:

"VENTILACION DE MINAS"

por : Ing. Carlos Soldi S.

PU. Católica del Perú - 1988.

- VENTILACION DE MINAS.

Por: Alejandro Novitzky.

Buenos Aires - Argentina; 1962.

- ELEMENTOS DE MINERIA.

Por: G. J. Young.

Editorial Gustavo Gili S.A.

Barcelona - España.

- MINE PLANT DESIGN.

Por: Staley, E. M.

29 Edition.

- DEVELOPMENT OF PHYSICAL PROPERTIES AND
TECHNIQUES SUITABLE FOR COMERCIAL APPLICATION
OF SLURRY EXPLOSIVES.

By : Dixon John F. C.

Missouri School of Mines and Metallurgy.

Bull. 97, Fourth Annual Symposium on Mining
Research; 1959.

- SOME ESTUDIES IN AMMONIUM NITRATE-FUELL OIL
COMPOSITIONS.

By : Tournay, R.W. ; Damon, G.H. and Van Dolah,
W.E.

Missouri School of mining an Metallurgy.

Bull. 97, Fourth Annual Symposium on Mining
Research, 1959.

- USE OF AUXILIARY FAN FOR MINING PURPOSE.

by : William. D. Meakin.

Published by JOY MANUFACTURING COMPANY.

- ENGINEERING FUNDAMENTALS SERIES:

- Auxiliary Ventilation in Underground Mines.

- Underground Mine Ventilation: Some General Considerations.

By : L.K. Marshall.

MINING ENGINEERING, January and February, 1982.

- MINING AND MINERAL PROCESSING EQUIPMENT COST AND PRELIMINARY CAPITAL COST ESTIMATIONS.

By : A. L. Mular.

Published by The Canadian Institute of Mining and Metallurgy.

Especial Volume 25 - 1982.

- LEY GENERAL DE MINERIA, D.L. Nº 18880.

Reglamento de Bienestar y Seguridad Minera.

CENTROMIN-PERU S.A. - 1990.

- CURSO: "VENTILACION DE MINAS".

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

Por: Ing. Pablo Jimenez Ascanio.

Lima - 1990.

- ECUACIONES DIFERENCIALES Y SUS APLICACIONES.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

Por: Eduardo Espinoza Ramos

Lima - 1989.

- INGENIERIA ECONOMICA.

By: Leland T. Blank and Anthony J. Tarquin.

University of Texas at El Paso - EE.UU.

McGRAW-HILL , 2^o edition 1986.

.....

XXIII.- ANEXOS.

ANEXO # 1:

OBSERVACIONES:

SLURRIES: En pies 3 de gas por cartucho de 1/4" * 8", todos confinados en el taladro.

ANFOS : Del 1 al 5, iniciados con 35 gr. de tetryl.

El 6 iniciado con fulminante especial.

El 7 iniciado con 10 gr. de tetryl.

El 8 iniciado con 35 gr. de tetryl.

El 9 iniciado con 35 gr. de gelatina explosiva.

El 10 iniciado con 35 gr. de tetryl.

Del 11 al 17 iniciado con 35 gr. de tetryl.

EXPLOSIVOS COMERCIALES:

El tetryl, iniciado con fulminante N^o 8.

La Dinamita semi-gelatinosa, iniciada con 35 gr. de tetryl.

ANEXO # 2 :

FACTOR DE FRICCION (K) PARA MANGAS:

(Referidos a nivel del mar: $W = 0.075 \text{ lb/pies}^3$).

Factor de Fricción,

$K * (10)^{-10} \text{ lb/pies}^4$

<u>TIPO DE MANGA</u>	<u>BUENO(NUEVO)</u>	<u>PROM.(USADO)</u>
Acero, fibra de vidrio.		
(Rigido)	15.0	20.0
Yute, lona.		
(Flexible)	20.0	25.0
Lona tipo espiral.		
(Flexible reforzado)	22.5	27.5

LONGITUDES EQUIVALENTES.

<u>OBSTACULOS</u>	<u>MODO</u>	<u>Le</u>
CURVA ABIERTA:	REDONDEADA	0.5
	NO REDONDEADA	15.0
CURVA EN ANGULO RECTO:	REDONDEADA	1.0
	NO REDONDEADA	69.0
CURVA PRONUNCIADA:	REDONDEADA	3.0
	NO REDONDEADA	150.0
CONTRACCION:	GRADUAL	1.0
	BRUSCA	10.0
EXPANSION:	GRADUAL	1.0
	BRUSCA	20.0
ENTRADA AL TUNEL:		3.0
SALIDA DEL TUNEL:		65.0
PARTICION:	RAMAL 1	30.0
	RAMAL 2	200.0
UNION:	RAMAL 1	60.0
	RAMAL 2	30.0
CRUCE A DESNIVEL:	PULIDA	1.0
	BUENO	65.0
	MALO	290.0
OBSTRUCCIONES:	CUADROS	70.0
	20% SECCION	100.0
	40% SECCION	500.0

NOTA: Ramal 1 es el perpendicular a la galería.
Ramal 2 es la prolongación de la galería
después de la partición o unión.

ANEXO 3:

Para mejorar y hacer más rápido el cálculo de los diferentes parámetros que se utilizan en la evaluación de la ventilación; he confeccionado programas en PC (computadoras personales). Estos programas están divididos así:

1.- PROGRAMA A: (MACROS DE LOTUS)

- VENTILACION PRINCIPAL.

CALCULA LA CANTIDAD DE AIRE POR ITEMS Y TOTAL NECESARIO PARA LA MINA, DE ACUERDO AL TIPO DE EXPLOSIVO USADO.

HACE LA SELECCION DE CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR ADECUADO PARA LA MINA.

2.- PROGRAMA B: (MACROS DE LOTUS)

- VENTILACION AUXILIAR, PARA SISTEMAS

IMPELENTES Y ASPIRANTES.

- CALCULA LA CAIDA DE PRESION TOTAL DEL SISTEMA Y EL CAUDAL DE AIRE NECESARIO.
- HACE LA SELECCION DE LAS CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR ADECUADO, SEGUN EL TIPO DE EXPLOSIVO USADO Y LAS CONDICIONES DEL LUGAR.
- CALCULA EL DIAMETRO OPTIMO DEL DUCTO DE VENTILACION.

3.- PROGRAMA C: (TURBO PASCAL)

- VENTILACION AUXILIAR (FRENTE CIEGOS), SISTEMAS IMPELENTES.
- CALCULA LOS TIEMPOS MINIMOS DE VENTILACION DE UN FRENTA CIEGO, ASI COMO LOS COSTOS TOTALES DE VENTILACION Y HACE EL ANALISIS TECNICO-ECONOMICO EN BASE AL VALOR PRESENTE DE LA SERIE UNIFORME ANUAL; PARA VARIAS ALTERNATIVA TALES COMO:
 - TIPO DE ENERGIA UTILIZADA POR LOS VENTILADORES (NEUMATICO/ELECTRICO).
 - TIPOS DE EXPLOSIVOS USADOS EN

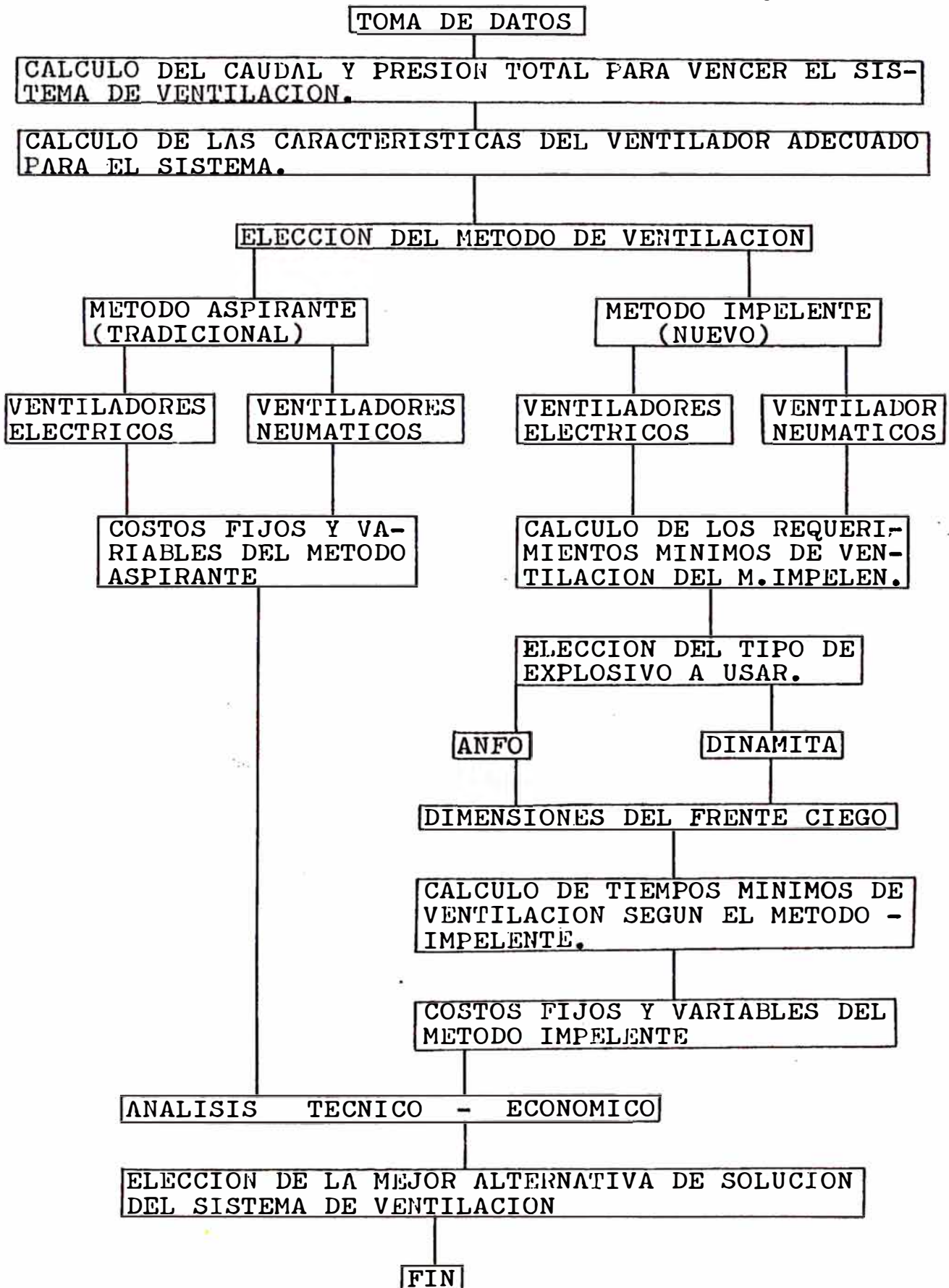
LA VOLADURA (ANFO / DINAMITA).

DIMENSIONES DEL FRENTE CIEGO.

CONDICIONES TECNICAS Y
ECONOMICAS.

DIAGRAMA DE FLUJO GENERALIZADO PARA UN SISTEMA DE VENTILACION EN FRENTES CIEGOS.

POR: PEDRO QUINTEROS C.



PROGRAMA A: CALCULO DEL CAUDAL NECESARIO Y SELECCION DE CARACTERIS-
TICAS DEL VENTILADOR ADECUADO.

POR : PEDRO G. QUINTEROS CARLOS

CALCULO DE AIRE NECESARIO : MINA LA LIMA
FECHA DE CALCULO: 30-01-92
PARA TRABAJO MINA AÑO DE 1992

=====

DATOS POR GUARDIA:

NATURALEZA VENTILACION: DINAMITA
NUMERO PERSONAS: 50 POR GUARDIA
FACTOR INCREMENTO AIRE:ALT. 0.4
NUMERO NIVELES: 4
PROMEDIO AREA LABORES: 4.37 M2
VELOCIDAD DE AIRE: 15 MS/MIN
REGLAM.AIRE/PERSONA:S.N.M. 3 M3/MIN
EQUIPO DISSEL:
NUMERO EQUIPOS: 0
TOTAL HP: 0
CONSUMO EXPLOSIVO/GUARD. 26 KG/GUARD. (PROMEDIO)
VOLUMEN GAS POR KG EXPL. 0.04 M3
LIMITE DE DILUC. DE GASES: 0.008 % (SEGUN EL VOLUMEN)
TIEMPO VENTILACION MINA 30 MIN
TEMPERATURA MINA 25 GRADOS CENTIGRADOS
VELOC.AIRE PARA MAS
DE 30 GRADOS
(45.72 M/MIN): 0 M/MIN
PRODUCCION MINERAL (Ton): 300 TON/DIA.
AIRE/TON.DE PRODUCCION (q): 35.31 CFM/TON (MINIMO)
44.14 CFM/TON (MAXIMO)
GUARDIAS/DIA: 2
FACTOR DE CONV. DE m3 a ft3 35.315
FACTOR INCREMENTO DE AIRE: 20 % (POR SEGURIDAD)
PRESION TOTAL PARA VENT. 2.32 FULG H2O
EFIC.DE TRAB.VENTILADOR: 75 %

=====

INCREMENTO DE AIRE POR ALTITUD

RANGO DE ALTURA		FACTOR
0	1500	1.0
1500	3000	1.4
3000	4000	1.7
4000	A MAS	2.0

=====

POR EL NUMERO DE PERSONAL:

Q= 210 M3/MIN 7416 C.F.M.

POR PRODUCCION DE MINERAL:

Q= 150 M3/MIN 5297 C.F.M.

POR EQUIPO DIESEL:

Q= 0 M3/MIN 0 C.F.M.

POR CONSUMO EXPLOSIVO:

Q= 433 M3/MIN 15303 C.F.M.

POR TEM.EFECTIVA:

CUANDO PASA MAS DE 30 G.

Q= 0 M3/MIN 0 C.F.M.

RESUMEN:

FOR EL NUMERO DE PERSONAL:	210	M3/MIN	7416	C.F.M.
FOR PRODUCCION DE MINERAL:	150	M3/MIN	5297	C.F.M.
FOR EQUIPO DIESEL:	0	M3/MIN	0	C.F.M.
FOR CONSUMO EXPLOSIVO:	433	M3/MIN	15303	C.F.M.
FOR TEM.EFECTIVA:	0	M3/MIN	0	C.F.M.

=====

AIRE NECESARIO EN MINA:	793	M3/MIN	28016	C.F.M.
-------------------------	-----	--------	-------	--------

FACTOR DE SEGURIDAD (20%):	159	M3/MIN	5603	C.F.M.
----------------------------	-----	--------	------	--------

AIRE TOTAL NECESARIO EN MINA:

Qt = 952 M3/MIN 33624 C.F.M.

AIRE NECESARIO POR NIVEL:

Qt/NV= 238 M3/MIN 8406 C.F.M.

=====

CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR : (PUNTO DE OPERACION DEL VENTILADOR)

EFICIENCIA TRABAJO VENTILADOR:	75 %
PRESION DE VENTILADOR ESTIMADO:	2.32 " H2O
POTENCIA DE TRABAJO VENT.(AHP):	12.27 HP
KILO-WATTS DE TRABAJO:	9.16 KW
POTENCIA AL FRENO (BHP):	16.36 HP
KILO-WATTS DE TRABAJO AL FRENO:	12.21 Kw.
CAPACI.DE CAUDAL DEL VENT.:	33624 CFM

=====

PROGRAMA A: CALCULO DEL CAUDAL NECESARIO Y SELECCION
DE CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR ADECUADO.

POR : PEDRO G. QUINTEROS CARLOS

CALCULO DE AIRE NECESARIO : MINA LA LIMA
FECHA DE CALCULO: 30-01-92
PARA TRABAJO MINA AÑO DE 1992

=====
DATOS POR GUARDIA:

NATURALEZA VENTILACION: ANFG
NUMERO PERSONAS: 50 FOR GUARDIA
FACTOR INCREMENTO AIRE:ALT. 0.4
NUMERO NIVELES: 4
PROMEDIO AREA LABORES: 4.37 M2
VELOCIDAD DE AIRE: 20 MS/MIN
REGLAM.AIRE/PERSONA:S.N.M. 3 M3/MIN
EQUIPO DISSEL:
NUMERO EQUIPOS: 0
TOTAL HP: 0
CONSUMO EXPLOSIVO/GUARD. 50 KG/GUARD. (PROMEDIO)
VOLUMEN GAS FOR KG EXPL. 0.2 M3
LIMITE DE DILUC. DE GASES: 0.008 % (SEGUN EL VOLUMEN)
TIEMPO VENTILACION MINA 90 MIN
TEMPERATURA MINA 25 GRADOS CENTIGRADOS
VELOC.AIRE PARA MAS
DE 30 GRADOS
(45.72 M/MIN): 0 M/MIN
PRODUCCION MINERAL (Ton): 300 TON/DIA.
AIRE/TON.DE PRODUCCION (q): 35.31 CFM/TON (MINIMO)
44.14 CFM/TON (MAXIMO)
GUARDIAS/DIA: 2
FACTOR DE CONV. DE m3 a ft3 35.315
FACTOR INCREMENTO DE AIRE: 20 % (POR SEGURIDAD)
PRESION TOTAL PARA VENT. 2.32 PULG H2O
EFIC.DE TRAB.VENTILADOR: 75 %

=====

INCREMENTO DE AIRE POR ALTITUD

RANGO DE ALTURA		FACTOR
0	1500	1.0
1500	3000	1.4
3000	4000	1.7
4000	A MAS	2.0

=====

POR EL NUMERO DE PERSONAL:

Q= 210 M3/MIN 7416 C.F.M.

POR PRODUCCION DE MINERAL:

Q= 150 M3/MIN 5297 C.F.M.

POR EQUIPO DIESEL:

Q= 0 M3/MIN 0 C.F.M.

POR CONSUMO EXPLOSIVO:

Q= 1389 M3/MIN 49049 C.F.M.

POR TEM.EFECTIVA:

CUANDO PASA MAS DE 30 G.

Q= 0 M3/MIN 0 C.F.M.

RESUMEN:

POR EL NUMERO DE PERSONAL:	210	M3/MIN	7416	C.F.M.
POR PRODUCCION DE MINERAL:	150	M3/MIN	5297	C.F.M.
POR EQUIPO DIESEL:	0	M3/MIN	0	C.F.M.
POR CONSUMO EXPLOSIVO:	1389	M3/MIN	49049	C.F.M.
POR TEM.EFECTIVA:	0	M3/MIN	0	C.F.M.

=====

AIRE NECESARIO EN MINA: 1749 M3/MIN 61761 C.F.M.

FACTOR DE SEGURIDAD (20%): 350 M3/MIN 12352 C.F.M.

AIRE TOTAL NECESARIO EN MINA:

Qt = 2099 M3/MIN 74114 C.F.M.

AIRE NECESARIO POR NIVEL:

Qt/NV= 525 M3/MIN 18528 C.F.M.

=====

CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR : (PUNTO DE OPERACION DEL VENTILADOR)

EFICIENCIA TRABAJO VENTILADOR:	75 %
PRESION DE VENTILADOR ESTIMADO:	2.32 " H2O
POTENCIA DE TRABAJO VENT.(AHP):	27.05 HP
KILO-WATTS DE TRABAJO:	20.18 KW
POTENCIA AL FRENO (BHP):	36.07 HP
KILO-WATTS DE TRABAJO AL FRENO:	26.91 KW.
CAPACI.DE CAUDAL DEL VENT.:	74113.51 CFM

=====

PROGRAMA B : CALCULO DEL CAUDAL NECESARIO. LA CAIDA DE PRESION
TOTAL. EL DIAMETRO DEL DUCTO Y LAS CARACTERISTI-
CAS DEL VENTILADOR ADECUADO.

POR : PEDRO G. QUINTEROS CARLOS

MINA : LA LIMA LABOR : LA ESCONDIDA NIVEL: 2400

=====

LABOR	LA ESCONDIDA		
ALTITUD LABOR		2400 M.S.N.M.	7872 P.S.N.M.
SECCION		54.3 PIES2	
EXPLOSIVO	DINAMITA		
CAUDAL A NIVEL DEL MAR/PERSONA		106 CFM/PERSONA	
LONGITUD LABOR VEN.	500 M.	1640 PIES	
INCREMENTO DE CONSUMO POR ALTITUD		1.4	

RANGO DE ALTURA		FACTOR
0	1500	1
1500	3000	1.4
3000	4000	1.7
4000	A MAS	2

TIEMPO VENTILACION 15 MIN.
NUMERO DE PERSONAS PROMEDIO EN LABOR 10 HOMBRES

VOLUMEN DE LABOR A VENT.	2521.719 M3	89052 FT3.
CONSUMO PROMEDIO EXPLOSIVO	15 KG.	32.61 lb.
CAUDAL SEGUN CONSUMO DE EXPLOSIVOS	76.94 M3/MIN	2715 CFM

	DINAMITA:	50 FPM
	ANFO:	65 FPM
FACT. INCREMENTO AIRE:		20 % (FACTOR DE SEGURIDAD)
CONSUMO POR EQUIPO DIESEL		3 M3/MIN/HP

EQUIPO	HP
LOCOMOTORA	0

TOTAL 0

CAUDAL SEGUN EQUIPO DIESEL 0 M3/MIN 0 CFM

HUMEDAD RELATIVA	85 %	
TEMPERATURA DEL AIRE EN LA LABOR	25 G.C.	76.6 G.F.
TEMPERATURA DESEADA EN LA LABOR	24 G.C.	74.8 G.F.
EFICIENCIA DEL VENTILADOR:	65 %	

RESUMEN CAUDAL ENTRADA VENTILADOR

CAUDAL SEGUN OBREROS 0 M3/MIN 0 CFM
 CAUDAL SEGUN CONSUMO DE EXPLOSIVOS 77 M3/MIN 2715 CFM
 CAUDAL SEGUN EQUIPO DIESEL 0 M3/MIN 0 CFM

VELOCIDAD DEL AIRE EN EL DUCTO (OPTIMO): 3500

=====

CALCULO DE AIRE NECESARIO: 2715 CFM
 CALCULO TOTAL DE AIRE NECESARIO (Qt): 3258 CFM
 CALCULO DE LA PRESION ESTATICA (P.E.):
 LONGITUD DE LABOR 500 M 1640 PIES
 DUCTO PARA VENTILAR FLEXIBLE

LONGITUD EQUIVALENTE DE DUCTO POR PERDIDAS

PERDIDA POR EMPALMES		6 PIES/TRAM
LONGITUD DE TRAMO	15 M	49.2 PIES
L.E. POR EMPALMES		200 PIES
L.E. POR FUGA		100 PIES
L.E. POR CURVAS:		0 PIES
LONGITUD EQUIVALENTE TEORICA (L)		1940 PIES
DENSIDAD AIRE MINA:		0.06073 lb/pulg ²
DENSIDAD AIRE NIVEL MAR:		0.075 lb/pulg ²
COEFICIENTE DE FRICCION DUCTO (K)		2.0E-09
AREA DE DUCTO (A)		1.77 PIES ²
PERIMETRO DEL DUCTO (P)		4.71 PIES
DIAMETRO DEL DUCTO		18 PULG

PRESION ESTATICA P.E. = $\frac{K * P * L}{5.2 * A^3} * Q^2$

PRESION ESTATICA CORREGIDA P.E.C. = P.E. / DR

PRESION DE VELOCIDAD P.V. = $(Q / (A * 1096.5))^2 * D$

PRESION TOTAL P.T. = P.E. + P.V.

PRESION TOTAL CORREGIDA P.T.C. = P.E.C. + P.V.

POTENCIA AL FRENO BHP = $Q * 5.2 * PTC / 33000 * EF$

POTENCIA DEL AIRE AHF = $Q * 5.2 * PTC / 33000$

CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR:

CAUDAL CFM	P.E. " H2O	P.E.C. " H2O	P.V. " H2O	P.T. " H2O
3258	6.84	8.45	0.16	7.00

P.T.C. " H2O	BHP	KW.	AHF	KW
8.61	6.80	5.07	4.42	3.30

```

PROGRAM LAESCONDIDA:
{*****}
PROGRAMA EN TURBO PASCAL QUE CALCULA LOS TIEMPOS MINIMOS
DE VENTILACION DE UN FRENTE CIEGO; ASI COMO LOS COSTOS
TOTALES DE VENTILACION Y HACE EL ANÁLISIS TECNICO-ECONO-
MICO EN BASE AL VALOR PRESENTE DE LA SERIE UNIFORME --
ANUAL.
*****}
FOR: PEDRO G. QUINTEROS CARLOS
*****}
CONST
  EEUU = 0;
  PERU = 1;
  ANFO = 2;
  DINAMITA = 3;
  AIRE = 4;
  ELECTRICIDAD = 5;
VAR
  A,B,V : REAL;
  E,CO,COT: REAL;
  PPM,VPERM,Q,Y,N,T: REAL; {PPM= CONCENTRACION DE CO EN PARTES POR MILLON}
  REGLAMENTO : INTEGER;
  EXPLOSIVO : INTEGER;
  I : INTEGER;
  ENERGIA : INTEGER;
  CYN,CM,CIGV,CMT,CI,CF,COP,ENER,COSTO,TV,CV : REAL;
  FACTOR,VPCF,VPCOP,VPCV,CVE,MOTOR,HP,INTERES : REAL;
  IGV,NM,NA,CAV.: INTEGER;
BEGIN
  WRITELN('INGRESO DE DATOS:');
  WRITELN('=====');
  WRITELN;
  WRITELN('INGRESE EL TIPO DE REGLAMENTO A USAR:');
  WRITELN('(INGRESE 0 SI ES DE EEUU Y 1 SI ES DE PERU)');
  READLN(REGLAMENTO);
  CASE REGLAMENTO OF
    EEUU : BEGIN
              WRITE('INGRESE PPM EEUU:');
              READLN(PPM)
            END;
    PERU : BEGIN
              WRITE('INGRESE PPM PERU:');
              READLN(PPM)
            END;
  ELSE
    WRITELN('REGLAMENTO DESCONOCIDO')
  END;
  WRITELN('INGRESE EL TIPO DE EXPLOSIVO A USAR:');
  WRITELN('(INGRESE 2 SI ES ANFO Y 3 SI ES DINAMITA)');
  READLN(EXPLOSIVO);
  CASE EXPLOSIVO OF
    ANFO : BEGIN
              E:=70.00; {PESO EXPLOSIVO LB/DISPARO}
              CO:=0.45 {GAS LIBERADO PIES3/LB}
            END;
  
```

```

DINAMITA      : BEGIN
                E:=32.61;  {LB/DISPARO}
                CO:=0.65  {GAS LIBERADO PIES3/LB}
                END;

ELSE
    WRITELN('EXPLOSIVO NO UTILIZADO')
END;
WRITELN;
A:=7.00;      {ANCHO DE LA LABOR EN PIES}
B:=8.00;      {ALTO DE LA LABOR EN PIES}
Q:=5000.00;   {AIRE LIMPIO ABASTECIDO POR EL VENTILADOR EN CFM}
WRITELN('LOS RESULTADOS SON ====>');
WRITELN;
WRITELN('LONGITUD DE LABOR      ', 'TIEMPO DE VENTILACION');
WRITELN('      (pies)              ', '      (minutos)      ');
WRITELN('-----', '-----');
FOR I:=30 TO 40 DO
    BEGIN
        V:= A*B*I;      {VOLUMEN DE LA LABOR CIEGA, EN PIES3}
        COT:= CO*E;     {GASES TOTALES DEL EXPLOSIVO, EN PIES3}
        VPERM:= (PPM*V)/1000000;  {VOLUMEN PERMISIBLE TOTAL EN PIES3}
        Y:= COT/VPERM;
        N:= Q/V;
        T:= (Ln(Y))/N;   {TIEMPO DE VENTILACION, EN MINUTOS}
        WRITELN(I:10 , T:30:5)
    END;
    WRITELN;
    WRITELN('PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE TIEMPOS CULMINADO');
WRITELN;
WRITELN;
WRITELN('CALCULO DE COSTOS DE VENTILACION====>');
WRITELN('=====');
WRITELN;
WRITELN('Ingresar el tipo de energía del ventilador:');
WRITELN('(4 si es NEUMATICO y 5 si es ELECTRICO)');
READLN(ENERGIA);
CASE ENERGIA OF
    AIRE : BEGIN
        WRITELN('Ingrese el Costo de Adquisición del ventilador:');
        READLN(CVN);
        WRITE('Ingrese el I.G.V. en %:');
        READLN(IGV);
        WRITE('Ingrese el costo/unidad de manga:');
        READLN(CM);      {$/UNIDAD}
        WRITE('Ingrese número de mangas a instalar:');
        READLN(NM);
        CIGV:=(IGV*CVN)/100;  {$}
        CMT:=CM*NM;          {$}
        WRITE('Ingrese el costo de instalación:');
        READLN(CI);  {$}
        CF:=CVN+CIGV+CMT;  {$}
        WRITELN('COSTOS FIJOS=====>:',CF:10);
        WRITELN;
        COP:=0.05*(CVN+CIGV)*2;  {$/AÑO}
        WRITELN('COSTOS DE OPERACION==>:',COP:10);
    END;

```

```

WRITELN;
WRITE('Ingrese consumo de aire del ventilador en CFM:');
READLN(CAV);
ENER:=CAV*9.33/125; {EQUIVALENTE EN KW-Hr/GDIA}
WRITE('Ingrese el costo de energía en $/kw-hr:');
READLN(COSTO);
WRITE('Ingrese el tiempo de ventilación/Gdia en minutos:');
READLN(TV);
CV:=ENER*4*300*COSTO*TV*2/60; {EN $/AÑO}
WRITELN('COSTOS VARIABLES====>:',CV:10);
WRITELN;
WRITELN('COSTO TOTAL=====>:',(CF+COP+CV):10);
WRITELN;
WRITELN;
WRITELN('ANALISIS TECNICO - ECONOMICO:');
WRITELN('=====');
NA:=8;
INTERES:=15; {% ANUAL}
WRITE('Ingresar FACTOR de la serie uniforme anual:');
READLN(FACTOR);
VPCF:=CF;
WRITELN('VALOR PRESENTE DEL COSTO FIJO :',VPCF:10);
VPCOP:=COP*FACTOR; {$}
WRITELN('VALOR PRESENTE DEL COST. DE OPERAC.:',VPCOP:10);
VPCV:=CV*FACTOR; {$}
WRITELN('VALOR PRESENTE DEL COSTO VARIABLE :',VPCV:10);
WRITELN;
WRITELN('VALOR PRESENTE DEL COSTO TOTAL ($) :',(VPCF+VPCOP+
WRITELN('*****'));
END;

```

ELECTRICIDAD:

```

BEGIN
WRITELN('Ingrese el costo de adquisición del ventilador en
READLN(CVE);
WRITE('Ingrese el valor del IGV en % :');
READLN(IGV);
WRITE('Ingrese el valor del MOTOR del ventilador en $:');
READLN(MOTOR);
CF:=(1+(IGV)/100)*(CVE+MOTOR); {$}
WRITELN('COSTOS FIJOS ($) :',CF:10);
COP:=0.05*CF;
WRITELN('COSTOS DE OPERACION ($) :',COP:10);
WRITE('Ingrese el costo de energía en $/kw-hr:');
READLN(COSTO);
WRITE('Ingrese los HP del motor:');
READLN(HP);
WRITE('Ingrese el tiempo de ventilación/Gdia, en minutos:');
READLN(TV);
CV:=COSTO*HP*TV*2*300/(60*1.341); {$}
WRITELN('COSTOS VARIABLES ($) :',CV:10);
WRITELN;
WRITELN('COSTO TOTAL (=====>:',(CF+COP+CV):10);
WRITELN;
WRITELN;
WRITELN('ANALISIS TECNICO - ECONOMICO :');

```

```
WRITELN('-----');
NA:=8; {NUMERO DE AÑOS DE VIDA DEL VENTILADOR}
INTERES:=15; {INTERES ANUAL}
WRITE('Ingrese el FACTOR de la serie uniforme anual:');
READLN(FACTOR);
WRITELN;
WRITELN('VALOR PRESENTE DEL COSTO FIJO ($) :',CF:10);
WRITELN('VALOR PRESENTE DEL COST.DE OPERAC.($):',(COP*FACTO
WRITELN('VALOR PRESENTE DEL COSTO VARIABLE ($):',(CV*FACTOR
WRITELN;
WRITELN('VALOR PRESENTE DEL COSTO TOTAL ($)==>:',(CF+FACTOR
WRITELN('*****')
END;
```

END;

WRITELN;

WRITELN('PROCESO DE CALCULO TERMINADO, GRACIAS')

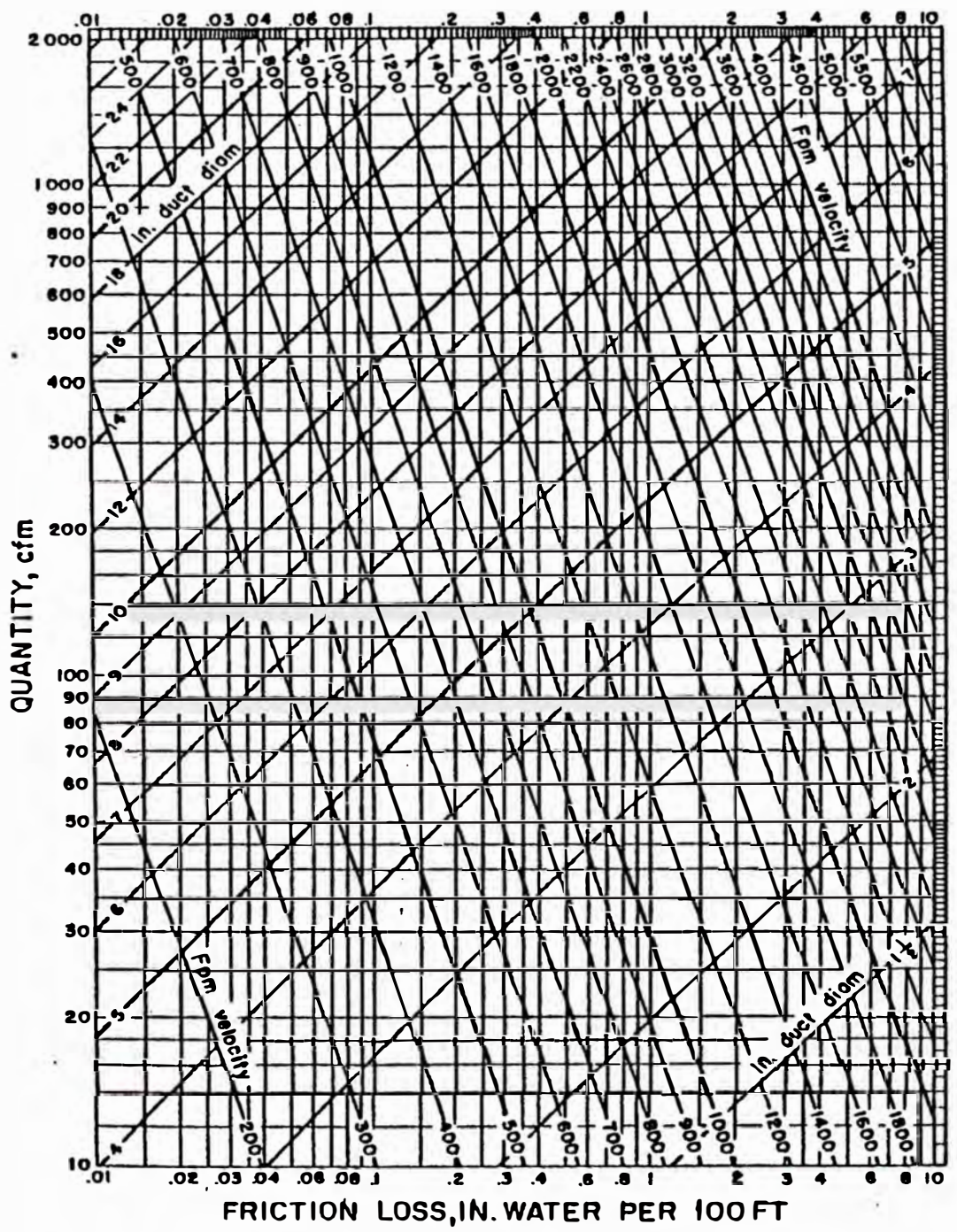
END.

Friction Factor K for Noncoal Mine Airways and Openings

		Values of $K \times 10^{10}$											
		Straight			Sinuous or Curved								
Type of Airway	Irregularities of Surfaces, Areas, and Alignment	Clean (basic values)	Slightly Obstructed	Moderately Obstructed	Slightly			Moderately			High Degree		
					Clean	Slightly Obstructed	Moderately Obstructed	Clean	Slightly Obstructed	Moderately Obstructed	Clean	Slightly Obstructed	Moderately Obstructed
Smooth lined	Minimum	10	15	25	20	25	35	25	30	40	35	40	50
	Average	15	20	30	25	30	40	30	35	45	40	45	55
	Maximum	20	25	35	30	35	45	35	40	50	45	50	60
Sedimentary rock	Minimum	30	35	45	40	45	55	45	50	60	55	60	70
	Average	55	60	70	65	70	80	70	75	85	80	85	95
	Maximum	70	75	85	80	85	95	85	95	100	95	100	110
Timbered (5 ft centers)	Minimum	80	85	95	90	95	105	95	100	110	105	110	120
	Average	95	100	110	105	110	120	110	115	125	120	125	135
	Maximum	105	110	120	115	120	130	120	125	135	130	135	145
Igneous rock	Minimum	90	95	105	100	105	115	105	110	120	115	120	130
	Average	145	150	160	155	160	165	160	165	175	170	175	195
	Maximum	195	200	210	205	210	220	210	215	225	220	225	235

Source: McElroy (1935).

To provide correct values of K , the numerical values obtained from the table are multiplied by 10^{-10} and units of $\text{lb} \cdot \text{min}^2 / \text{ft}^4$ attached. K is based on standard air density ($w = 0.075 \text{ lb/ft}^3$). Recommended values are in italics. To convert K to SI units (kg/m^3), multiply table values by 1.855×10^6 .



FRICITION LOSS, IN. WATER PER 100 FT

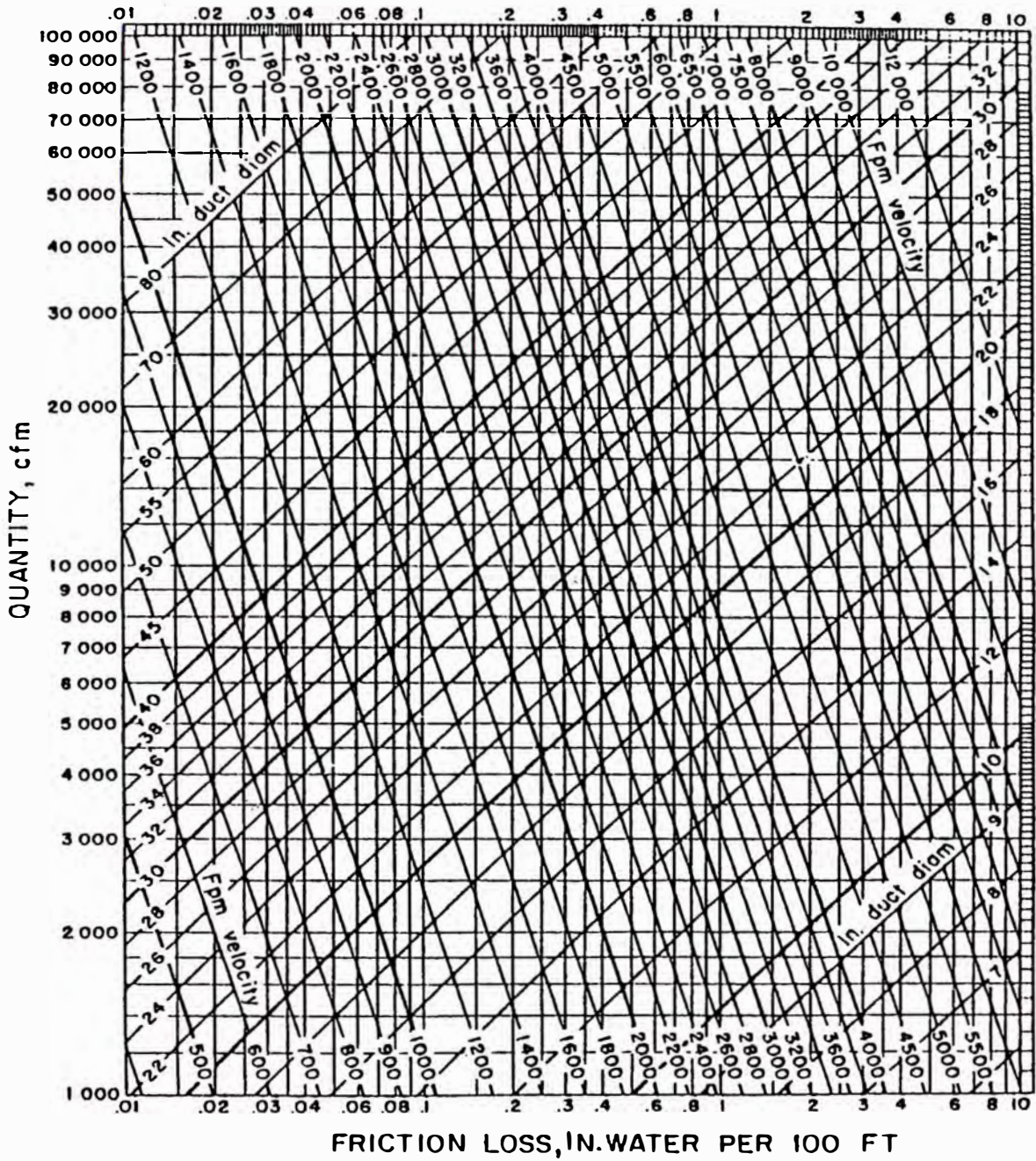


GRAFICO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DE LA PRESION POR FRICCION EN UN DUCTO DE VENT. (MANGA)