

**COMPUMET EIRL**  
compumet\_ingenieros@yahoo.com

**COMPAÑÍA PERUANA DE USO MINERO ECOLÓGICO Y TÉCNICO**  
**Telefax: 295-7356**

**CAPACITACIÓN PARA  
TRABAJADORES MINEROS  
CERRO RICO- BASE REY**

**VENTILACIÓN EN MINAS  
SUBTERRÁNEAS**

**MÓDULO MINERÍA**

**LIMA, AGOSTO DEL 2006**

## TEMARIO

### VENTILACIÓN EN MINAS SUBTERRÁNEAS Y CIRCUITOS DE VENTILACIÓN

#### I. NOCIONES PRELIMINARES

- 1.1. Condiciones de trabajo, seguridad y salud ocupacional en la minería del Perú
- 1.2. Marco normativo nacional
- 1.3. Competencia administrativa sobre la seguridad y salud en el trabajo.

#### II. EFECTOS EN LA SALUD Y FUENTES DE ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES

#### III. VENTILACIÓN EN MINAS SUBTERRÁNEAS

- 3.1. Objetivos de la ventilación minera
- 3.2. Principios de la ventilación
- 3.3. Tipos de ventilación
  - a. ventilación natural
  - b. ventilación mecánica
- 3.4. Objetivo de la ventilación auxiliar
- 3.5. Clasificación de los ventiladores
  - 3.5.1. Ventiladores centrífugos
  - 3.5.2. Ventiladores axiales

#### IV. CIRCUITOS BÁSICOS DE VENTILACIÓN EN MINAS

- 6.1. Circuito en serie.

6.2. Circuito de ventilación en paralelo.

## VII. CANTIDAD DE AIRE NECESARIO (LEVANTAMIENTO DE LA VENTILACIÓN)

- 7.1. De acuerdo al número de personas.
- 7.2. De acuerdo a la cantidad de equipos diesel que ingresan a la mina.
- 7.3. De acuerdo al consumo de explosivos.

## **VENTILACIÓN EN MINAS SUBTERRÁNEAS Y CIRCUITOS DE VENTILACIÓN**

### **1. NOCIONES PRELIMINARES**

#### **1.1. CONDICIONES DE TRABAJO, SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN LA MINERÍA DEL PERÚ**

##### **Algunos comentarios de la Organización Mundial de la Salud (OMS)**

La explotación Minera en el mundo tiene repercusiones económicas, ambientales, laborales y sociales.

- La minería en el mundo, no es un generador de empleo sólo ocupa el 1% de la mano de obra, sin embargo es responsable del 8% de los accidentes fatales (15 000 aprox.), no están incluidos las enfermedades ocupacionales (Neumoconiosis, Audición etc.).
- La minería en general se desarrolla alejado de centros urbanos.
- Se trabaja con factores físicos adversos (iluminación, nivel de ruido, vibraciones, trabajo en altura y otros).
- Las jornadas de trabajo son extendidas a más de 10 horas y en algunos casos a más de 40 días consecutivos.
- Trabajos en turnos nocturnos y aislados de sus compañeros.
- No se encuentra información estadística de salud ocupacional.

- La minería en el Perú es pilar productivo de la economía, en la década pasada contribuyó con más del 8% del PBI y más del 45% como generador de divisas.

## 1.2. MARCO NORMATIVO NACIONAL

### A. CONSTITUCIÓN POLITICA DEL PERU (1993)

**Art. 7º, 9º y 59º.-** Derecho de todos a la protección de la salud, el medio familiar y de la comunidad; hay elementos para obligar al Estado, empleadores y trabajadores para prevenir y resolver los problemas.....

**B. LEY GENERAL DE SALUD.-** “Cap.VII sobre Higiene y Seguridad en los ambientes de trabajo”

- Art. 100º. “Establece la obligación por parte de quienes conducen o administran actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes o servicios de adoptar las medidas necesarias para garantizar en sus ambientes de trabajo, la promoción de la salud y la seguridad de los trabajadores y de terceras personas”.
- Art. 101º.- “Las condiciones de higiene y seguridad de los Ambientes relacionados con las actividades de extracción, producción y transporte de bienes y servicios se sujetan a las disposiciones que dicta la autoridad de salud competente asignándole a ésta un rol normativo y de vigilancia del cumplimiento”.

**C. CODIGO CIVIL .**

- Art. 1970º. Señala "Aquel que mediante un bien riesgoso o peligroso o por el ejercicio de una actividad riesgosa o peligrosa causa un daño a otro, esta obligado a repararlo"

**D. CODIGO PENAL.**

Se tipifica los delitos de violación a la libertad de trabajo entre ellos "El que obliga a otro, mediante violencia o amenaza a trabajar sin las condiciones de seguridad e higiene industriales determinadas por la autoridad".

**1.3. COMPETENCIA ADMINISTRATIVA SOBRE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

- Ministerio de Salud (MINSA)
- Ministerio de Energía y Minas (MEM)
- Ministerio de Trabajo y Promoción Social (MTPS)

**MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**

- D.S. 014-92-EM Ley General de Minería
- Art. 209º al 213º Disposiciones sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- DS 046-2001- EM Reglamento de Seguridad e Higiene Minera
- Ley 27474 Ley de Fiscalización de la Actividades Mineras

- Art. 17º.- Los Fiscalizadores Externos o representante de las Empresas serán considerados como Funcionarios Públicos

## 2. EFECTOS EN LA SALUD Y FUENTES DE ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES

Nivel de ruido en el tiempo Escala "A" – dB (decibeles)	Tiempo de exposición
82 decibeles	16 horas-día
85 decibeles	8 horas/día
88 decibeles	4 horas/día
91 decibeles	1 ½ horas/día
94 decibeles	1 hora/día
97 decibeles	½ hora/día
100 decibeles	¼ hora/día

Fuente: DS 046-2001-EM

Fuente de ruido	Principales fuentes de contribución de ruido	Nivel de potencia del sonido (dB) decibeles	
		Regular	Aquietado
Compresores de aire	Escape de aire comprimido. Impacto del pistón interno o del tornillo	100-120	100-110
Faja transportadora	Limpiadores e impactos de las partes mecánicas y material roto. Ruido del motor y los engranajes	100-105	95-100
Chancadoras	Impacto y flujo de materiales. Ruido del motor y los engranajes.	110-120	85-105
Tractor de oruga, cargador frontal, excavadores, camiones	Motor, admisión y escape de aire	110-120	100-115
Molinos	Flujo interno del material. Impacto del material.	100-110	85-105
Equipo de perforación hidráulica	Escape de aire comprimido. Sonido de la perforación		120
Equipo de perforación neumática	Ruido del compresor. Sonido de la perforación	130	125
Bombas	Radiación del trabajo en las tuberías	90-100	80-90

Contaminantes	Efecto en la salud	Principales fuentes
CO	Daños a los sistemas nervioso central y cardiovascular	Combustibles fósiles
SOx	Cardiovasculares y respiratorios	Combustibles fósiles Conteniendo azufre
NOx	Tracto respiratorio alto y bajo	Combustión a alta temperatura de combustibles fósiles
Hidrocarburos no saturados y aromáticos	Algunos poseen propiedades cancerígenas, <del>teratogénicas</del> y mutagénicas	Uso de petróleo, carbón y gas natural
Partículas	Afecciones en sistemas respiratorio, nervioso central, renal, gastrointestinal	Actividades industriales de transporte, combustión y causas naturales

### III. VENTILACIÓN EN MINAS SUBTERRÁNEAS

- CUATRO RAZONES PRINCIPALES PARA LA VENTILACIÓN

- Oxígeno para la respiración.
- Diluye y remueve el polvo.
- Diluye y remueve gases nocivos.
- Reduce temperaturas.

#### ADEMÁS LA VENTILACION PROVEE

- Un ambiente laboral seguro y confortable.



### 3.1. OBJETIVOS DE LA VENTILACIÓN MINERA

- 3.1.1. Proporcionar a la mina un flujo de aire en cantidad y calidad suficiente para diluir contaminantes, a **límites seguros** en todos los lugares donde el personal está en trabajo.
- 3.1.2. Cumplir con el R.S.H.M. en lo referente a ventilación y salud ambiental.

### 3.2. PRINCIPIOS DE LA VENTILACIÓN

Para que exista ventilación debe haber:

- Dos puntos de diferente presión (  $>P$  a  $<P$  )
- Diferencia de temperaturas (  $> T^{\circ}$  a  $< T^{\circ}$  )

### 3.3 TIPOS DE VENTILACION

se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- A. Ventilación natural
- B. Ventilación mecánica

#### A. VENTILACION NATURAL

Es el flujo natural de aire fresco al interior de una labor sin necesidad de equipos de ventilación.

En una galería horizontal o en labores de desarrollo en un plano horizontal no se produce movimiento de aire.

En minas profundas, la dirección y el movimiento del flujo de aire, se produce debido a las siguientes causas: diferencias de presiones, entre la entrada y salida. Diferencia de temperaturas durante las estaciones.

#### A.1. EL CAUDAL DE AIRE

Es la cantidad de aire que ingresa a la mina y que sirve para ventilar labores, cuya condición debe ser que el aire fluya de un modo constante y sin interrupciones.

El movimiento de aire se produce cuando existe una alteración del equilibrio: diferencia de presiones entre la entrada y salida de un ducto, por causas naturales (gradiente térmica) o inducida por medios mecánicos.

#### B. VENTILACION MECANICA

Es la ventilación auxiliar o secundaria y son aquellos sistemas que, haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando para ello los circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general.

#### 3.4. OBJETIVO DE LA VENTILACION AUXILIAR

- El *objetivo de la ventilación auxiliar* es mantener las galerías en desarrollo, con un ambiente adecuado para el buen desempeño de hombres y maquinarias, esto es con un nivel de contaminación ambiental bajo las concentraciones máximas permitidas, y con una alimentación de aire fresco suficiente para cubrir los requerimientos de las maquinarias utilizadas en el desarrollo y preparación de nuevas labores.

### 3.5. CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES

#### 3.5.1. Ventiladores Centrífugos

#### 3.5.2. Ventiladores axiales

##### 3.5.1. VENTILADORES CENTRIFUGOS

En estos ventiladores, el aire entra por el canal de aspiración que se encuentra a lo largo de su eje, cogido por la rotación de una rueda con alabes. Ofrece la más alta presión estática y un flujo mediano. Su eficiencia varia entre 60% y 80%, pueden trabajar a altas velocidades. Son ventiladores que pueden considerarse “quietos” si se observa su curva característica, produce menos ruido que las axiales, son rígidos, son más serviciales pero mucho más costosos.

##### 3.5.2. VENTILADORES AXIALES

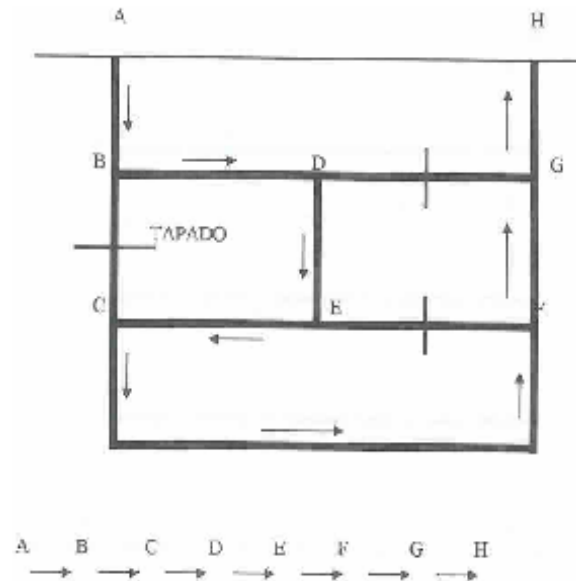
En este tipo de ventiladores, el aire ingresa a lo largo del eje del rotor y luego de pasar a través de las aletas del impulsor o hélice es descargado en dirección axial. También se les llama ventiladores de hélice.

Ofrece el mas alto flujo de aire, su eficiencia esta entre 70 y 80% y son capaces de trabajar a las velocidades mas altas, presentan una gama fuerte de inflexión e inestabilidad, producen los niveles mas altos de ruidos, son mas versátiles y son mas baratos.

## IV. CIRCUITOS BASICOS DE VENTILACION EN MINAS

### 6.1. CIRCUITO EN SERIE:

Se caracteriza porque la corriente de aire se mueve sin ramificación, por lo que el caudal permanece constante, en este caso todas las galerías se conectan extremo a extremo.



**PROPIEDADES:**

a. el caudal que pasa por cada labor es el mismo

$$Q_t = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$$

b. la caída de presión total es igual a la suma de caídas de presiones parciales:

$$H_t = H_1 + H_2 + \dots + H_n$$

•Luego, como  $H = R \cdot Q^2$

$$H_t = R_1 \cdot Q_1^2 + R_2 \cdot Q_2^2 + \dots + R_n \cdot Q_n^2$$

$$R_t \cdot Q_t^2 = R_1 \cdot Q_1^2 + R_2 \cdot Q_2^2 + \dots + R_n \cdot Q_n^2$$

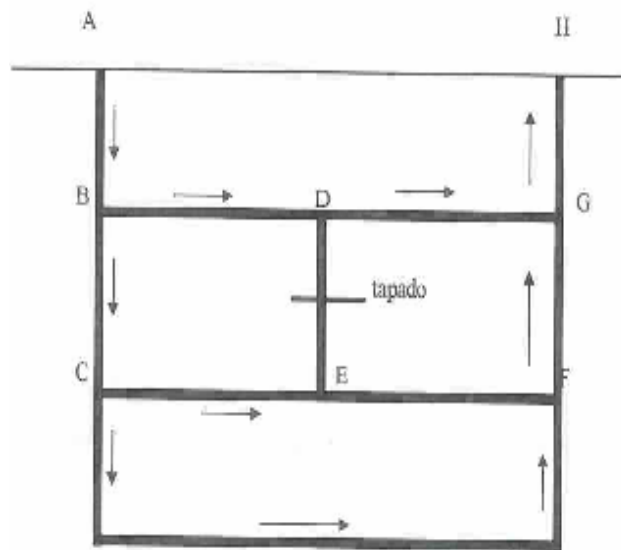
Como  $Q_t = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$

quedará:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

## 6.2. CIRCUITO DE VENTILACIÓN EN PARALELO

En la unión en paralelo, las labores se ramifican en un punto, en dos o varios circuitos que se unen en otro punto:



Circuito de ventilación en paralelo

### CARACTERÍSTICAS:

a. La característica básica de las uniones en paralelo, es que las caídas de presión de los ramales que la componen son iguales, independientemente del, largo, resistencia y cantidad de aire.

$$H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_n$$

b. El caudal total del sistema de galerías en paralelo, es igual a la suma de los caudales parciales.

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

c.- La raíz cuadrada del valor recíproco de la resistencia aerodinámica del circuito, es igual a la suma de las raíces cuadradas de los valores recíprocos de las resistencias aerodinámicas parciales.

$$1 / \sqrt{R} = 1 / \sqrt{R_1} + 1 / \sqrt{R_2} + \dots + 1 / \sqrt{R_n}$$

**VII. CANTIDAD DE AIRE NECESARIO (LEVANTAMIENTO DE LA VENTILACION)**

**7.1. De acuerdo al número de personas**

$$Ql = q \times n$$

- Ql = Cantidad de aire necesario para el personal (m<sup>3</sup>/min.)
- q = Cantidad de aire mínimo por persona (m<sup>3</sup>/min.) (R.S.H.M)
- n = Numero de personas presentes en la mina por guardia

**NECESIDADES DE AIRE DE ACUERDO A DIFERENTES ALTITUDES**

**• PARA RESPIRACION DEL PERSONAL**

<b>De 0.00 msnm</b>	<b>a 1500 msnm</b>	<b>3.0m<sup>3</sup>/min.</b>
de 1501 “	“ 3000 “	4.2 “
de 3001 “	“ 4000 “	5.1 “
de 4001 “	“ + “	6.0 “

## 7.2. De acuerdo a la cantidad de equipos diesel que ingresan a la mina

$$Q_2 = K \times N$$

$Q_2$  = Cantidad de aire para uso de equipos Diesel.  
(m<sup>3</sup>/min.)

$K$  = 3.0 (m<sup>3</sup>/min) Cantidad de aire necesario por cada HP

$N$  = Numero de HP de los equipos autorizados y que trabajan en la mina.

## 7.3. De acuerdo al consumo de explosivos

$$Q_3 = V \cdot n \cdot A$$

$Q_3$  = Cantidad de aire para diluir contaminantes por explosivos (m<sup>3</sup>/min.)

$V$  = Velocidad del aire 20 m/min. (dinamita)  
25 m/min. (AnFo)

$n$  = Numero de niveles de la mina en trabajo.

$A$  = Área promedio de la sección de las labores niveles en trabajo (m<sup>2</sup>)