

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

*FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA,  
MINERA Y METALURGICA*



**ENFOQUE GENERAL DE LA VENTILACIÓN  
EN LAS MINAS DE ARCATA**

**TITULACION POR EXAMEN  
PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERIO DE MINAS**

**ORLANDO BRAVO ARTEAGA**

*LIMA – PERU  
2000*

## **Dedicatoria**

**A mis padres Crosby Bravo Godoy y Adelaida Arteaga Rea**

**por el ejemplo de ser cada vez mejor.**

**A mi esposa Magaly Ocaña y mi hija Valeria**

**mi mayor estímulo.**

## **Agradecimiento**

**El suscrito expresa su agradecimiento a los siguientes representantes de la Cía Minera Arcata S.A: a la Sub Gerencia de Operaciones a cargo del Ing. Ítalo Barahona Alarcón, al Superintendente de Minas a cargo del Ing. Eduardo Malpartida Espinoza, al Superintendente de Seguridad a cargo del Ing. Alberto Ccahuana Ávila; y en especial, a los ingenieros Fernando Chumpitaz, Nilton Ortiz y Domingo Gamero por su valiosa colaboración en la elaboración del presente trabajo.**

**Asimismo, expreso mi agradecimiento a todos los Catedráticos de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, en especial a los de la Escuela Profesional de Minas, quienes contribuyeron en mi formación profesional.**

# INDICE

*Página*

<b>CAPITULO I.- GENERALIDADES</b>	<b>01</b>
1.1 HISTORIA DE LA MINA	01
1.2 UBICACIÓN	02
1.2.1 ACCESIBILIDAD	02
1.3 PROPÓSITO DEL TRABAJO	03
<b>CAPITULO II.- GEOLOGÍA</b>	<b>04</b>
2.1 GENERALIDADES	04
2.2 FISIOGRAFÍA	04
2.2.1 RELIEVE Y ALTITUD	04
2.2.2 CLIMA Y EFECTOS	05
2.2.3 FLORA Y FAUNA	05
2.2.4 RECURSOS NATURALES	05
2.2.5 CENTROS POBLADOS	05
2.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL	06
2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS	06
2.4 GEOLOGIA ECONOMICA	07
2.4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MINERALES DE MENA	07
2.4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MINERALES DE GANGA	08
2.5 RESERVAS DE MINERAL	09
2.5.1 RESUMEN GENERAL DE RESERVAS DE MINERAL	09
2.5.2 VIDA DE LA MINA	10
<b>CAPITULO III.- MINERÍA</b>	<b>11</b>
3.1 METODOS DE EXPLOTACIÓN	11
3.1.1 CORTE Y RELLENO ASCENDENTE	11
3.1.1.1 CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO	11
3.1.1.2 CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CONVENCIONAL	13
3.1.2 TAJEOS ABIERTOS (OPEN STOPING)	14
3.1.3 ALMACENAMIENTO PROVISIONAL (SHIRINKAGE)	16
3.2 METODOS DE SOSTENIMIENTO	17
3.3 RELLENO HIDRÁULICO	17
3.3.1 OPERATIVIDAD DEL RELLENO HIDRÁULICO	18
3.4 EXTRACCION Y TRANSPORTE	18
3.5 SERVICIOS AUXILIARES	19
3.5.1 AIRE COMPRIMIDO	19
3.5.2 AGUA PARA PERFORACIÓN	20
3.5.3 BOMBEO DE AGUA	20

<b>CAPITULO IV.-</b>	<b>PLANTA CONCENTRADORA, MANTENIMIENTO, ADMINISTRACIÓN, SEGURIDAD E HIGIENE MINERA Y PROTECCIÓN AMBIENTAL</b>	<b>21</b>
4.1	PLANTA CONCENTRADORA	21
4.2	MANTENIMIENTO	23
4.3	ADMINISTRACIÓN	24
4.4	SEGURIDAD E HIGIENE MINERA	25
4.5	PROTECCIÓN AMBIENTAL	26
<b>CAPITULO V.-</b>	<b>ENFOQUE GENERAL DE LA VENTILACION EN LAS MINAS DE ARCATA</b>	<b>28</b>
5.1	INTRODUCCIÓN	28
5.2	ANTECEDENTES	28
5.3	OPERACIONES ACTUALES	29
5.4	PROYECCIÓN DE LAS OPERACIONES	30
5.5	NECESIDADES DE VENTILACIÓN	31
5.5.1	EQUIPO DE VENTILACIÓN	32
5.5.2	RENDIMIENTO DE VENTILADORES EN PARALELO	35
5.5.3	NECESIDADES A CORTO PLAZO	36
5.5.3.1	DESCRIPCIÓN DE LA VENTILACIÓN ACTUAL	36
5.5.3.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS ACTUALES DE VENTILACIÓN	37
5.5.3.3	EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES ACTUALES	39
5.5.3.4	NECESIDADES DE VENTILACIÓN AUXILIAR	40
5.5.4	NECESIDADES FUTURAS	42
5.5.4.1	LAS OPERACIONES FUTURAS	42
5.5.4.2	ADAPTACIÓN DE LOS MEDIOS ACTUALES	43
5.6	CÁLCULO Y DISEÑO DE VENTILACIÓN	44
5.6.1	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	44
5.6.2	CÁLCULO DE LA PRESIÓN ESTÁTICA	46
5.6.3	REQUERIMIENTO DE EQUIPO DE VENTILACION TRONCAL	48
5.6.4	REQUERIMIENTO DE VENTILACIÓN SEGÚN REGLAMENTO	49
5.6.5	NECESIDAD DE VENTILACIÓN AUXILIAR	50
5.6.6	EXISTENCIA Y NECESIDAD DE VENTILADORES	51
5.7	ASPECTOS ECONÓMICOS DE VENTILACIÓN EN LA MINA ARCATA	54
5.7.1	COSTO DE VENTILACIÓN TRONCAL	55
5.7.2	COMPARACIÓN DE COSTO DE ALTERNATIVAS DE VENTILACIÓN TRONCAL	56
5.7.3	COSTO DE VENTILACIÓN AUXILIAR	58
5.8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
	ANEXOS	61

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. HISTORIA DE LA MINA**

Se tiene conocimiento de la ocurrencia de los minerales de Oro y Plata desde el Siglo XVIII, época en que los españoles, a juzgar por la magnitud de laboreo antiguo que se observa, habrían extraído alrededor de 100,000 toneladas de menas que fueron procesadas en los ingenios cuyos restos aún se observan cerca del pueblo viejo de Arcata.

El grupo Hochschild realizó los primeros reconocimientos geológicos de las estructuras de Arcata en 1954 a través de la Compañía, denominada Compañía de Minas del Perú. Los muestreos efectuados revelaron altos valores de plata, sin considerar estimación alguna de mineral potencial que permitiera justificar la inversión en un programa de explotación detallado. Es precisamente esta Compañía que solicitó los denuncias más extensos; Calvario I, Calvario II, Calvario III y Calvario IV, superpuestos a los denominados: Fundición, Macarena y otros.

Durante los años de 1954 y 1956, se consolidó la propiedad minera iniciándose en este último año la construcción de una trocha carrozable de 129 Kms. que permitió el acceso a la zona de Arcata desde la mina Sucuytambo. La ejecución del primer programa de exploraciones se inició en 1958 y concluyó en 1960; los resultados propiciaron la construcción de la sociedad Minas de Arcata S.A. en el año de 1961.

El desarrollo y las preparaciones mineras comenzaron a partir de 1961 en las vetas Baja, Alta y Marión. Hasta Enero de 1962, se estimó una reserva de mineral de 23,400 TM. con 15.61 Ag Oz/TM y 1.44 Au Gr/TM, que justificó la instalación de una planta concentradora de 50 TM/día de capacidad, que inició sus operaciones a fines de 1964.

Al promediar el año 1965, las labores de exploración y desarrollo permitieron estimar reservas adicionales que alcanzaron 135,000 TM con 20.2 Oz Ag/TM y 1.3 Gr Au/TM; calculándose las reservas potenciales en un millón de toneladas. La capacidad de tratamiento de la planta concentradora se incrementó en ese mismo año a 150 TM/día.

Como resultado del éxito alcanzado con la explotación y desarrollo la producción minera comenzó a incrementarse gradualmente en forma significativa; la capacidad de tratamiento se elevó en 1971 a 250 TM/día, y en el año 1975 a 500 TM/día, siendo a la fecha mas de 1000 TM/día. El mineral total producido por la mina desde el inicio hasta la fecha es de 6'989,983 TM con una ley de cabeza de 17.42 Oz Ag/TM.

## **1.2. UBICACIÓN**

El yacimiento de Arcata está políticamente ubicado en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa. Geográficamente se encuentra al NE del Nevado Coropuna, a 175 Kms. al NNE en línea recta de la Ciudad de Arequipa, dentro del macizo occidente de la cordillera de los Andes, flanco oeste, a unos 4,600 m.s.n.m. (Ver plano N° 1).

Las coordenadas de Arcata son:

72° 15' de longitud Oeste

14° 50' de latitud Sur

El titular de las concesiones es la CIA. MINERA ARCATA S.A., que efectúa las actividades minero metalúrgicas de explotación del yacimiento.

### **1.2.1. ACCESIBILIDAD**

El distrito minero es accesible desde al ciudad de Arequipa por una carretera en su totalidad afirmada, cubriéndose desde Arequipa 307 Kms. en los tramos siguientes:

Arequipa - Sumbay 78 Kms.	Carretera afirmada bien mantenida
Sumbay - Sibayo 70 Kms.	Carretera afirmada muy bien mantenida
Sibayo - Caylloma 69 Kms.	Carretera afirmada con mantenimiento
Caylloma - Arcata 90 Kms.	Carretera afirmada con mantenimiento Estacional.

El tiempo de viaje desde Arequipa es aproximadamente 7 horas. En la zona aledaña a la mina de Orcopampa, situada a 25 Kms. inmediatamente al sur de Arcata, existe un aeródromo de 1,600 m. de longitud. El tiempo total de vuelo entre Lima y

Orcopampa es aproximadamente 2 horas, cubriéndose el viaje de Lima y Arcata en 4 horas.

El puerto de embarque de concentrados Matarani se encuentra a 120 Kms. de Arequipa; esta ruta está servida tanto por ferrocarril como por carretera asfaltada de primer orden.

### **1.3. PROPOSITO DEL TRABAJO**

Evaluar las condiciones del servicio de ventilación incluyendo el empleo del equipo, la localización geográfica del enriquecimiento, las necesidades de ventilación ajustadas a los procesos operacionales y la elaboración de un planteamiento que diseñe el tratamiento del problema.

Procurar, en las medidas de las posibilidades, usar el equipamiento disponible, evitándose así tener que realizar inversiones en la adquisición de equipo complementario.

## **CAPITULO II**

### **GEOLOGIA**

#### **2.1. GENERALIDADES**

Las características físico químicas del yacimiento de Arcata, permiten clasificarlo como un depósito epitermal de metales preciosos del tipo adularia – sericita.

El yacimiento de Arcata se encuentra localizado en el segmento Sur de la Cordillera de los Andes, donde afloran extensamente rocas volcánicas Cenozoicas genéticamente asociadas con varios yacimientos epitermales de plata y oro, como Caylloma, Sucuytambo, Orcopampa, Ares y otros.

El distrito exhibe, en superficie, una alteración hidrotermal similar a otros depósitos epitermales moderadamente erosionados. Los principales tipos de alteración presentes en el yacimiento son: filica (sericita), argílica y propilítica.

La mineralización económica en el distrito ocurre en vetas, exhibiéndose texturas típicas de relleno en espacios abiertos, evidenciadas por el bandeamiento y crustificación de los minerales de ganga.

#### **2.2 FISIOGRAFIA**

##### **2.2.1 RELIEVE Y ALTITUD**

El relieve de la región es accidentado y abrupto, de fuertes pendientes quebradas profundas. Por su altitud según Pulgar Vidal la zona se encuentra ubicado en la región Puna o Jalca (4,100 a 4,800 m.s.n.m.) encontrándose sus elevaciones más prominentes en la región Janca o Cordillera (4,800 m.s.n.m.).

El relieve presenta geoformas de carácter positivo, dando lugar a una Cadena de Nevados como el Nevado de Quilca a 5,070 m.s.n.m. Como Jausi a 5,155 m.s.n.m., Calvario a 5,150 m.s.n.m., Babillo a 5,230 m.s.n.m. y el Nevado de Huaca-Huiri a 5,430 m.s.n.m..

Entre la geoformas principales de carácter Negativo tenemos las quebradas de Punco-Punco, Verdecucha, Huarocohuaico y la quebrada Puncuncho.

### **2.2.2 CLIMA Y EFECTOS**

La zona presenta un clima frío y seco característico de la región Puna y Cordillera, con períodos lluviosos y secos de temperaturas variables entre los 13°C y -10°C.

Durante el día la incidencia de los rayos solares es más intensa en las partes altas que en las partes bajas, produciéndose en las rocas expuestas cambios bruscos de temperatura quedando el exterior prácticamente frío dilatándose la superficie y permaneciendo el interior inalterable.

La desintegración de las rocas aumenta cuando la temperatura llega a 0° o menos, debido a la congelación del agua y su cristalización que provocan el fracturamiento de las rocas.

### **2.2.3 FLORA Y FAUNA**

La flora es restringida, formada principalmente por Ichu, Yareta, Huila-Huila y otros, que son utilizados como combustible y alimento de auquénidos principalmente.

La fauna esta constituida principalmente por auquénidos, ovinos y una gran variedad de aves silvestres como gaviotas, patillos, etc.

### **2.2.4 RECURSOS NATURALES**

Los recursos naturales de esta región desde la época de los españoles son los minerales, a partir del cual Arcata ha sido considerada como una mina importante productora de Plata.

Entre los recursos animales el ganadero es el principal, en base a la cría de auquénidos y ovinos, donde la lana y las pieles constituyen la fuente principal de ingresos de los pobladores de la región.

Los recursos hídricos son suficientes para el consumo humano e inclusive para el uso industrial permitiendo la generación de energía eléctrica a través de la Central Hidroeléctrica de Misapuquio.

### **2.2.5 CENTROS POBLADOS**

Entre los pueblos más cercanos a este yacimiento minero, se encuentran los pueblos de Arcata viejo, Cayarani, Caylloma, Orcopampa y Sucuytambo. Asimismo,

pequeñas estancias como: El Santo, Visca-Visca, Saracocha, Vetilla y Santo Domingo comunicados mediante caminos de herradura.

### **2.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

El distrito de Arcata está constituido por un sistema de vetas subparalelas, que rellenan fallas normales de rumbo general suroeste/sureste y de buzamiento opuesto. Estas fallas conforman un graben, producido al parecer por subsidencias en bloques de las rocas cajas a lo largo de éstas. Vetas secundarias, de menor extensión y de rumbo transversal a las vetas principales arriba nombradas ocurren en algunos sectores del yacimiento, pobremente mineralizadas y rellenas mayormente por calcita.

#### **2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS**

Se encuentran un buen número de vetas bien definidas y se han agrupado de acuerdo a sus características en los siguientes sistemas:

##### **A) Sistema de vetas Marión, Luisa, Rml "D" y Marciano**

Estas vetas ocurren aflorando en el NE del yacimiento con buzamiento hacia el SW, conformando el borde oriental del Graben. Desde el punto de vista económico: las vetas Marión, Ramal D y Macarena, constituyen las vetas más importantes debido a que sostienen íntegramente la producción de mineral de la mina.

##### **B) Sistema de vetas Macarena, Baja, Alta**

Estas tres vetas, se encuentran en la parte central del Graben, es decir, entre las vetas Anteriores y el Sistema Tres Reyes. Afloran con buzamientos contrarios al sistema anterior.

##### **C) Sistema de vetas Tres Reyes**

Está constituido por una veta principal Tres Reyes y sus ramales 1, 2, 3 y 4, conformando una estructura tipo Cola de Caballo que se encuentra en el extremo SE de la veta, marcando el borde Sur del Graben de Arcata.

La Veta Tres Reyes aflora a lo largo de 3,000 m.. mostrando una alteración argílica avanzada, la misma que fue intensamente explorada indicando solamente una mineralización incipiente.

A fin de apreciar los sistemas de vetas antes descritos, así como las labores desarrolladas en las mismas, véase el plano N° 2

## 2.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Las estructuras tectónicas están ligadas a la mineralización con variaciones de potencia de la veta y el contenido de los minerales de mena y ganga, mostrando claramente un zonamiento vertical definido.

### 2.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MINERALES DE MENA

#### **Pirargirita-Proustita : (S<sub>3</sub>(SB,AS)AG<sub>3</sub>)**

A estos minerales también se les conoce con el nombre de Platas Rojas o Rosicler. La pirargirita se diferencia de la proustita por color y por llevar pátina gris como revestimiento.

#### **Polibasita : (S<sub>11</sub>SB AG<sub>16</sub>)**

Constituye con la pirargirita los minerales de plata comunes y portadores de Sb: de color gris acero a negro de Hierro: de brillo metálico y raya gris.

#### **Tetrahedrita : S<sub>13</sub> SB<sub>4</sub> (CU,FE,ZN,AG)**

Se presenta comúnmente en forma diseminada, pocas veces bandeada. Se encuentra asociada a la galena, blenda, pirita, chalcopirita y sulfosales.

#### **Tennantita : S<sub>13</sub> SB<sub>4</sub>(CU,FE,ZN,AG)**

Se presenta con las mismas propiedades cristalográficas y físicas de la Tetrahedrita: pero ocurriendo con menor frecuencia.

#### **Argentita : (S AG<sub>2</sub>)**

Se presenta en forma de venillas y diseminada con mayor frecuencia. Se encuentra asociado con al galena y tetrahedrita.

#### **Galena : (S PB)**

Se presenta con frecuencia en grandes masas exfoliables, masiva y granular. Se encuentra asociada a la pirita, esfalerita y chalcopirita.

#### **Esfalerita : (S ZN)**

Se presenta con mayor frecuencia en forma masiva, formando venillas de potencias variables. Se encuentra asociada a la galena, pirita y chalcopirita.

**Chalcopyrita : (S<sub>2</sub>CU FE)**

Se presenta principalmente en forma masiva y rara vez en forma de cristales. Se encuentra asociada a la esfalerita, pirita y galena.

**Plata Nativa**

Se presenta con mayor frecuencia en forma arborescente y en forma de hilos finos contorneados.

**Electrúm**

Se presenta con poca frecuencia. Se presenta asociado con la pirargirita y tetrahedrita.

**2.4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS MINERALES DE GANGA****Cuarzo : (SI O<sub>2</sub>)**

Se presenta en forma masiva y cristalina frecuentemente formando drusas y bandas paralelas al techo y piso de la veta. Superficialmente se presenta en forma de cuarzo lechoso.

**Calcita : (CO<sub>3</sub>CA)**

Se presenta en cantidades apreciables y generalmente en forma masiva y con buena exfoliación, también ocurre en forma de masas granulares finas y compactas.

Su coloración es variable entre blanco lechoso a incoloro.

**Rodocrosita : (CO<sub>3</sub>MN)**

Se presenta con mayor frecuencia en forma bandeada y compacta.

Se diferencia de la rodonita por su menor dureza.

**Rodonita : (SI O<sub>3</sub> MN)**

Se presenta generalmente en forma masiva, compacta y bandeada.

Es considerada junto con la rodocrosita como minerales de Control Mineralógico.

**Pirita : (S<sub>2</sub> FE)**

Se presenta con mayor frecuencia en forma masiva y diseminada: pocas veces en forma de pequeños cristales.

**Fluorita : (F<sub>2</sub> CA)**

Se presenta principalmente en grandes masas granulares y compactas: pocas veces en forma cristalizada generalmente cúbicos y octahedricos. Su color es verde claro a verde oscuro y asociado con la calcita, galena, pirita y blanda.

**2.5 RESERVAS DE MINERAL:**

<b>RESERVAS DE VETAS MINERALIZADAS DE LAS MINAS ARCATA</b>							
<b>VETAS</b>	<b>TRADICIONAL</b>			<b>POLIMETALICO</b>			
	<b>TM</b>	<b>Oz/ag</b>	<b>Gr/Au</b>	<b>TM</b>	<b>Oz/Ag</b>	<b>Gr/Au</b>	<b>TM</b>
Marciano	21,840	15.61	0,84	10,800	16,50	2,22	32,640
Marión	6,350	14.36	0,78	4,160	17,22	1,83	10,510
Luisa	11,330	13.88	1,54	4,640	13,51	2,20	15,970
Baja	504,000	20,37	2,32	77,640	20,83	2,27	581,640
Tres reyes	264,790	11,72	0,55	-	-	-	264,790
Macarenas	48,320	14,02	1,44	10,970	11,05	1,47	59,290
<b>Total:</b>	<b>856,630</b>	<b>17,08</b>	<b>1,66</b>	<b>108,210</b>	<b>18,95</b>	<b>2,16</b>	<b>964,840</b>

**2.5.1 RESUMEN GENERAL DE RESERVAS DE MINERAL**

El resumen de reservas de mineral estimadas al 31 de diciembre de 1998 es el siguiente:

**RESUMEN DE RESERVA AL 31.12.98**

<b>RESERVAS DE MINERAL TRADICIONAL ECONOMICO</b>						
<b>PROBADAS + PROBABLES</b>						
<b>Accesibilidad</b>	<b>TM</b>	<b>Oz/ag</b>	<b>Gr/Au</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Zn</b>	<b>%Cu</b>
Accesible	538,160	19.52	1.88	0.12	0.23	0.06
Event. Accesible	176,390	16.14	1.61	0.13	0.23	0.03
Inaccesible	142,080	9.02	0.88	0.02	0.03	0.01
<b>Totales</b>	<b>856,630</b>	<b>17,08</b>	<b>1,66</b>	<b>0,10</b>	<b>0,19</b>	<b>0,04</b>

<b>RESERVAS DE MINERAL POLIMETALICO ECONÓMICO PROBADAS + PROBABLES</b>						
<b>Accesibilidad</b>	<b>TM</b>	<b>Oz/Ag</b>	<b>Gr/Au</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Zn</b>	<b>%Cu</b>
Accesible	72,710	19.87	2.43	0.88	1.49	0.09
Event. Accesible	25,560	16.64	1.87	2.22	3.08	0.16
Inaccesible	9,940	18.16	0.93	0.71	1.33	0.08
<b>Totales:</b>	<b>108,210</b>	<b>18.95</b>	<b>2.16</b>	<b>1.18</b>	<b>1.85</b>	<b>0.10</b>

<b>RESERVAS DE MINERAL TRADICIONAL Y POLIMETALICO ECONÓMICO PROBADAS + PROBABLES</b>						
<b>Accesibilidad</b>	<b>TM</b>	<b>oz/Ag</b>	<b>Gr/Au</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Zn</b>	<b>%Cu</b>
Accesible	610,870	19,56	1,94	0,21	0,38	0,06
Event. Accesible	201,950	16,20	1,64	0,39	0,59	0,05
Inaccesible	152,020	9,62	0,88	0,06	0,11	0,01
<b>Totales:</b>	<b>964,840</b>	<b>17,29</b>	<b>1,71</b>	<b>0,22</b>	<b>0,37</b>	<b>0,04</b>

## 2.5.2 VIDA DE LA MINA

Las reservas minadas totalizan 964,840 TMS con 17.29 Oz Ag/TM. El presente inventario de reservas es la suma de todas las categorías de las reservas geológicas en las vetas activas e inactivas de Arcata.

Las reservas minables de 964,840 TMS en caso de ser extraídas íntegramente al ritmo actual de producción de 374,400 TM por año, solamente podría cubrir los requerimientos de la planta concentradora por otros 3 años, por lo tanto en este periodo deben desarrollarse y explorarse los niveles -210 y -260 de veta Tres Reyes y de veta Baja con sus ramales.

$$V.M. = TM \times 1 \text{ día} \cdot TM \quad 964,840 \text{ TM} \times 1 \text{ día} \cdot 1.357 \text{ TM}$$

$$V.M. = \text{días} \times 1 \text{ mes} \cdot 23 \text{ días} \quad 711.01 \text{ días} \times 1 \text{ mes} \cdot 23 \text{ días}$$

$$V.M. = \text{meses} \times 1 \text{ año} \cdot 12 \text{ meses} \quad 30.91 \text{ meses} \times 1 \text{ año} \cdot 12 \text{ meses}$$

$$VIDA DE LA MINA (V.M.) = 2.57 \text{ Años}$$

## **CAPITULO III**

### **MINERIA**

#### **3.1. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN**

La producción diaria de mineral es de 1350 TM con una ley promedio de 18 oz Ag/TM, alcanzando un total de 31,200 TM de mineral mensual, correspondiendo el 60% al obtenido con personal de Compañía y el 40% con personal de Contrata.

La explotación en la Cía. Minera Arcata se efectúa mediante los siguientes métodos:

- |  |            |
|--|------------|
| ➤ Corte y Relleno Ascendente Mecanizado con equipo LHD         | <b>60%</b> |
| ➤ Corte y Relleno Ascendente Convencional con winche eléctrico | <b>15%</b> |
| ➤ Open Stopping - Acumulación sobre plataformas.               | <b>20%</b> |
| ➤ Almacenamiento Provisional Shrinkage.                        | <b>5%</b>  |

#### **3.1.1. CORTE Y RELLENO ASCENDENTE**

##### **3.1.1.1 CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO**

Los principales tajos mecanizados de Veta Baja como el T-3200, T-3500 y T-3750, en donde se aplica el método OVER CUT AND FILL están delimitados por las galerías de exploración del nivel superior (Nv -120) e inferior (Nv -210), y lateralmente por dos chimeneas de servicios de 4 x 8 pies de sección, separadas entre sí de 200 a 300 metros de longitud. Paralelo a la construcción de las chimeneas de servicio, se ejecutan dos ore passes sobre la caja piso y una chimenea central en veta para ventilación y servicios. Posteriormente, a partir del nivel inferior se deja un puente de unos dos a tres metros, y a través de la ventana de acceso se corre un subnivel en mineral rompiendo íntegramente todo el ancho de la veta. Comunicado el subnivel entre las chimeneas delimitadoras, se construye una loza de concreto armado de 0.60 m en el piso del subnivel de preparación, quedando el tajeo listo para su explotación.

Actualmente la perforación se ejecuta con máquinas convencionales tipo JACKLEG, con barrenos de 6 a 8 pies de longitud; cabe agregar que tanto en la explotación como en avances lineales, se utiliza barrenos

integrales (33%) y brocas descartables (67%). Para la voladura se emplea dinamita semigelatinosa de 45% y 65%.

La explotación desde el subnivel se realiza en rebanadas horizontales con cortes de 2.0 metros de altura, hasta llegar a 6 m de altura de tajeo, con la secuencia de minado entre perforación, voladura, acarreo y finalmente el relleno

La limpieza del mineral roto se realiza con un scoop eléctrico de 2.2 ó 1.5 Yd<sup>3</sup> dependiendo del ancho del tajo; la extracción se realiza por los Ore pass para luego ser cargados por volquetes de 20 TM mediante buzones neumáticos instalados en un crucero de carguío del nivel principal de extracción, y de allí ser transportados por la rampa a superficie hacia la balanza electrónica, para finalmente ser descargado en las tolvas de gruesos instalados en planta concentradora.

El relleno de los tajeos se realiza por el método de relleno hidráulico.

El Sistema de relleno hidráulico comprende:

La separación de la fracción de gruesos de los relaves de la planta concentradora en ciclones de 6" de diámetro, siendo la malla de corte 56 micras. La descarga de los ciclones se deposita en un tanque de 14'x14' de donde se transporta mediante una bomba de pistón Geho GPM500, con motor de 50 HP y capacidad de 18 m<sup>3</sup>/hora, hasta tanques ubicados en planta y bocamina, para luego ser enviados mediante la impulsión de una bomba Warman por tuberías de 4" hacia los diferentes tajos.

### **Parámetros del Método de Explotación**

- Productividad en tajos mecanizados: 15 TMS/h-g
- Consumo de explosivos, Fact. de Pot: 0.21 Kg/TMS
- Perforación específica: 0.53 m/TMS
- Radio de preparación: 7.00 m/1000 TMS
- Productividad labores preparatorias: 15 %
- Dilución: 15 %
- Recuperación de reservas geológicas: 90%

- Restablecimiento del equilibrio del macizo rocoso:  
Relleno, puentes y pilares.
- Mineral roto por disparo : 100-500TMS
- Sostenimiento temporal: Ocasionalmente Split set, puntales  
Ver Gráfico Representativo (Plano N° 3)

### 3.1.1.2. CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CONVENCIONAL

La preparación del tajo es similar al descrito en el caso anterior, obviamente con menores dimensiones y menos labores de preparación.

A partir del subnivel de explotación se realizan cortes en rebanadas horizontales de 1.5 m. de altura, hasta llegar a 5 m. con la secuencia de minado entre perforación, voladura, acarreo y relleno. El ancho mínimo de minado es de 0.9 m.

La perforación se realiza utilizando máquinas perforadoras tipo Jackleg y para la voladura dinamita semigelatinosa de 45% y 65%, obteniéndose un promedio de 40 TM de mineral por disparo.

El acarreo se realiza utilizando winches eléctricos Joy de 0.5 yd<sup>3</sup> o carretillas.

El relleno hidráulico usado proviene de la misma fuente que el descrito anteriormente (planta concentradora – tanques de 100 m<sup>3</sup> – tajeos).

#### Parámetros del Método de Explotación

- Productividad del tajo: 5.0 TMS/h-g
- Consumo de explosivos, Fact. de Pot: 0.36 Kg/TMS
- Perforación específica: 1.14 m/TMS
- Radio de preparación: 7.00 m/1000 TMS
- Productividad en labores preparatorias: 9 %
- Dilución: 20 %
- Recuperación de reservas geológicas: 88%
- Restablecimiento del equilibrio del macizo rocoso:  
Relleno, puentes y pilares.
- Mineral roto por disparo : 40 TMS

- Sostenimiento temporal: Puntales y cuadros de madera
  - Duración promedio del block: 10 a 12 meses
- Ver Gráfico Representativo (**Plano N° 4**)

### 3.1.2. TAJEOS ABIERTOS (OPEN STOPING)

Este es un método de explotación que se está tomando como alternativa, para reemplazar al de Corte y Relleno Ascendente Convencional, en los tajos en donde es factible su aplicación. Esta opción de minado toma fuerza debido a los problemas que se tiene con la disponibilidad de relleno hidráulico.

Los Blocks de explotación tienen 20 m. de longitud como mínimo y 45 m. a más de altura.

#### **Las labores Preparatorias consisten en:**

1. Delimitar el block cubicado con 2 chimeneas limitantes a los extremos.
2. Correr un Subnivel de 5'x7' en toda la longitud del block comunicando las chimeneas limitantes y dejando un puente de 2 metros de grosor.
3. Si la longitud del block es mayor de 40 metros entonces desarrollar una chimenea central de extracción, donde irá ubicado un winche de arrastre para el acarreo.

#### **Descripción del proceso de minado:**

1. Realizar un realce de 3 m. en toda la longitud del block ó en el ala (extremo).
2. Rastrillar el exceso de una de las alas dejando una altura de 2.10 m. (altura de perforación) y comenzar el armado de plataformas en zig-zag sobre carga.
3. Es muy importante que el material tenga las siguientes cualidades:
  - Puntales de 6" a 8" de eucalipto.
  - Tablas de 3" x 16" x 3.2 m de eucalipto
  - Clavos de 6".
4. El armado de las plataformas deben ser de la siguiente manera:

\* Los puntales deben ser colocados a una distancia de 1 m. siendo 4 los que conforman una plataforma con tablas de 3 m. los cuales deben ir colocados con clavos de 6" con una separación de 15 cm entre una y otra.

\* Con el armado de la primera fila de plataformas se pasa el rastrillado total de la carga y tendremos el tajo con piso de perforación (plataformas) procediéndose a la rotura total del ala unos 6 m de altura aproximadamente y cortar con barreno de 5 pies.

\* Luego de realizar los 4 cortes empezamos el nuevo armado de la segunda fila de plataformas de perforación y bajamos la carga acumulada en la primera plataforma mediante chuteo entre las plataformas hasta que baje unos 2,50 m donde armaremos otra fila de plataforma con puntales de 4" a 6" y separados 2 m. con 2 tablas para plataforma de chuteo, luego de esto se baja toda la carga.

\* Se continúa con el ciclo anterior hasta explotar toda la altura del tajeo en ambas alas, es importante el comunicar ventanas hacia la chimenea central y lateral antes de bajar la carga para la ventilación correspondiente.

#### **Condiciones del terreno para Aplicar este Método.**

1. Las cajas deben ser regularmente buenas y estables
2. La estructura de veta también debe ser buena ya que debemos dejar un puente de 2 m el cual debe ser estable.
3. El buzamiento de la veta debe ser mayor de 65°
4. El ancho de la veta debe ser menor de 1.50 m. por la resistencia al peso de las plataformas.

#### **Parámetros del Método de explotación.**

- Productividad del tajo:	11.2T/H.g
- Consumo de explosivos. Factor Pot.:	0.23Kg/TM
- Índice de perforación:	1.20m/TM
- Labores preparatorias:	8.4m/1000 TM ext.
- Producción de labores de preparación:	15%
- Recuperación de las reservas Geológicas:	85%

- Restablecimiento del equilibrio del macizo rocoso: Vacío abandonado y puente.
  - Mineral roto/disparo: 37 TM/disp.
  - Sostenimiento temporal: Opcional puntales de madera
  - Duración promedio del block: 4 a 5 meses.
- Ver Gráfico Representativo (Plano N° 5)

### **3.1.3. ALMACENAMIENTO PROVISIONAL (SHIRINKAGE)**

Este es uno de los métodos menos utilizados en las minas de Arcata, el almacenamiento provisional con acumulación dinámica. Se inicia a partir del subnivel de explotación por cortes de 1.5 metros. En la operación de almacenamiento, el mineral es cortado en rebanadas horizontales, comenzando de la parte baja y avanzando hacia arriba. El mineral cortado se deja en el tajo para proporcionar una plataforma de trabajo a los mineros. El corte de mineral incrementa el volumen en más o menos 60%. Para conservar la distancia de piso a techo debe extraerse el exceso de mineral. Esto significa que 60-65% del mineral queda en el tajo hasta que éste haya alcanzado toda su altura útil.

#### **Condiciones para la aplicación del método Shirinkage.**

Las condiciones necesarias para su aplicación son las siguientes:

- Las cajas deben ser relativamente estables.
- Angulo de buzamiento de veta pronunciado, debe ser mayor de 70 grados.  
Estructura de veta competente, para dejar puente de 2 metros
- Mineral no oxidable.

#### **Las labores preparatorias consisten en:**

1. Delimitamos el block con 2 chimeneas en dos extremos
2. Ejecutar chimeneas cortas cada 5 metros a lo largo del block, de unos 2.50 metros de longitud aproximadamente.
3. Correr un subnivel a lo largo del block dejando un puente de 2 metros, comunicando todas las chimeneas cortas.

4. Realizar los desquiches para desboques de las chimeneas cortas, ya que deben formar conos invertidos.
5. Armado de buzones y numerados para la extracción.
6. Levante de veta sobre carga rota.

**Parámetros del Método de Explotación:**

- Productividad en el tajeo:	7.5 T/hg
- Consumo de explosivo, fact. de potencia:	0.22 Kg/TM
- Perforación específica:	0.5 m/TM
- Producción en labores preparatorias:	10.19 %
- Dilución:	25 %
Recuperación de las reservas geológicas:	84 %
- Restablecimiento del equilibrio del macizo rocoso: Vacíos y puentes	
- Mineral roto por disparo:	40 TM
Sostenimiento temporal:	no es necesario
- Duración promedio de un block:	De 10 a 12 meses

Véase Gráfico Representativo (Plano N° 6).

### 3.2 MÉTODOS DE SOSTENIMIENTO

Las zonas inestables en el laboreo son sostenidas mediante los siguientes sistemas:

- Pernos de Anclaje (Split set, pernos con resina, pernos con cabeza de expansión).
- Arcos metálicos
- Fortalecimiento con madera (Cuadros, puntales, encibados, etc.)
- Relleno hidráulico
- Ademes de concreto (Concreto lanzado, monolítico, etc.)

### 3.3 RELLENO HIDRÁULICO

El relave producido por la planta concentradora es alimentado a un nido de 6 Hidrociclones donde es clasificado, los gruesos producto del Under Flow se envían a la mina, y los finos del Over Flow se envían a las canchas de relave.

El relave grueso clasificado se deposita en tanques de 100 m<sup>3</sup> para ser distribuidos a interior mina utilizando 3 bombas WARMAN de tipo 3"x 2" AH DE 48 HP instalados en serie desde superficie hasta las zonas de explotación. Para este objetivo se emplea tubería de polietileno de 4" de diámetro, que transporta una densidad de pulpa de 1600 gr/Lt con un caudal promedio de 30 m<sup>3</sup>/hr.

### **3.3.1 OPERATIVIDAD DE RELLENO HIDRÁULICO**

Se construye tapones de contención en ambos extremos del tajo explotado con redondos de 8" a 10" y tablas, colocando tapones similares en los echaderos según sea la forma de labor a rellenar.

Se coloca tela de polipropileno color negro extendiéndola a través de los tapones sellándola sobre la pared con clavos de 3".

Utiliza como sistema de drenaje tubo de polietileno y malla electrosoldada, la cual se enrolla formando un tubo de 6" de diámetro aproximadamente, luego, ésta se forra con tela de polipropileno adecuadamente y se coloca en forma vertical, levantándose cada 1.20 m según se eleva el tajo con el relleno.

## **3.4 EXTRACCION Y TRANSPORTE**

Dado el sistema mixto de explotación (Mecanizado y Convencional), se cuenta en algunos tajos con equipos LHD que van desde 0.5 hasta 2.2 Yd<sup>3</sup>, y en otros, la combinación de Winches eléctricos de 15 HP y locomotoras con carros mineros U-35. En ambos casos el mineral es trasladado hasta los ore pass que comunican al nivel principal de extracción.

El mineral es finalmente evacuado desde el nivel principal de extracción mediante volquetes VOLVO Power 400 con una capacidad de 12 m<sup>3</sup> (20 TMS aprox.) los que ejecutan su carguio en Ore Pass acondicionados con buzones metálicos accionados por sistema de pistones neumáticos. El número de vehículos necesarios para cumplir con el programa diario de producción (1350 TMS aproximadamente) de los primeros 23 días de cada mes es de 07 volquetes en Zona Baja y 01 en Zona Satélite (Marión y Marciano). La última semana del mes solo se necesita 04 volquetes para alimentar de cancha a parrilla.

### 3.5. SERVICIOS AUXILIARES

#### 3.5.1. AIRE COMPRIMIDO

En la actualidad se cuenta con dos casas compresoras estacionarias que tienen dos circuitos de alimentación de aire comprimido que a continuación detallamos:

#### CASA COMPRESORAS MARCIANO

Se cuenta con tres compresoras ATLAS COPCO estacionarias que generan un caudal total de  $Q_m = 1,174$  CFM.

COMPRESOR	MARCA	MODELO	SERIE	RPM	AMP	CFM
1	ATLAS COPCO	DT4	A237644	1175	145	450
2	ATLAS COPCO	DT4	A236879	1175	145	342
3	ATLAS COPCO	DT4	51386439	1782	136	382
TOTAL:						1174

Estas tres compresoras se arrancan paulatinamente según la demanda, manteniendo una presión de 100 lbs. como máximo.

El circuito comprende de inicio tubería de 8" de Alvenius que recorre la troncal Marciano, Veta "D", Marión, Luisa, Macarena y todos los ramales, reduciendo el diámetro a 6", 4", 2" y finalmente 1".

#### CASA COMPRESORA VETA BAJA

Esta casa compresora cuenta con 07 compresoras estacionarias, tanto ATLAS COPCO, INGERSOL RAND, GANDER DENVER, que generan un caudal de 6337 CFM. A continuación vemos las condiciones de funcionamiento y sus características:

Presión atmosférica	1.000 BAR
Temperatura Ambiente	10° C

Humedad Relativa 18%

Q=Caudal entregado a 4600 m.s.n.m.

COMPRESOR	MARCA	MODELO	SERIE	RPM	AMP	CFM
4	ATLAS COPCO	DT4	ARP367916	1782	136	450
5	ATLAS COPCO	ET6	70504087	500	310	889
6	INGERSOL RAND	SSR-2000	ARC13662	1775	310	924
7	INGERSOL RAND	SSR-1200	26453480	1775	310	918
8	INGERSOL RAND	SSR-2000	ARC14288	1775	310	918
9	INGERSOL RAND	SSR-2000	ARC14289	1775	310	885
10	GANDER DENVER	ESUF	752210	1782	354	1353
TOTAL:						6337

El circuito comprende la troncal con tubería de 8" de Alvenius que recorre desde la Rampa de Ventilación nivel +100 bajando por las Chimeneas Gemelas hasta los diferentes Niveles y labores reduciéndose el diámetro a 6", 4", 2" y 1" respectivamente.

### 3.5.2. AGUA PARA PERFORACIÓN

Esta necesidad se solucionó con la acumulación de agua en un tanque ubicado en superficie en donde se almacena el agua en el nivel más alto de la Mina, ingresando por medio de tuberías de 2" a los diferentes Niveles y labores en interior mina. La necesidad es de 250 GPM, en horas de trabajo, lo cual esta solventado por las acumulaciones.

### 3.5.3 BOMBEO DE AGUA

Se cuenta en mina con tres estaciones de bombeo las cuales están ubicadas así: una en la Zona de Marciano Nivel -210, una en Marión Nv-235 y una en Zona de Veta Baja Nivel -210, que en su conjunto evacuan un promedio de 5000 Glns/min de agua hacia superficie.

## **CAPITULO IV**

### **PLANTA CONCENTRADORA, MANTENIMIENTO, ADMINISTRACION, SEGURIDAD E HIGIENE MINERA Y PROTECCION AMBIENTAL**

#### **4.1 PLANTA CONCENTRADORA**

La Planta Concentradora de Minas Arcata trata minerales de plata con bajos contenidos de oro, plomo y zinc por el método de flotación, obteniendo un concentrado bulk.

Su capacidad instalada esta diseñada para procesar 1050 TMS de mineral por día. (Ver Figura N° 7)

##### **a) Chancado Primario y Lavado**

El mineral procedente de la mina es pesado en una balanza electrónica PHILIPS de 80 TM.

El sistema es convencional y se tiene el siguiente equipo: tolva de gruesos grizzly vibratorio Symons, chancadora de quijadas Kueken 20" x 36" y lavador de minerales, con lo que se logra reducir el tamaño de la roca mineralizada de 10" a 3.5".

##### **b) Chancado Secundario**

Se realiza en circuito abierto mediante una chancadora Symons short head de 4-1/4' y una zaranda vibratoria de doble malla 4' x 8', obteniéndose un producto de 7/8".

##### **c) Chancado Terciario**

Se efectúa en circuito cerrado mediante dos chancadoras Symons de Short Head y una zaranda simple malla de 6'x12', logrando un producto de 3/8" que es almacenada en cuatro tolvas de finos de 250 TM de capacidad cada una de donde se alimenta a dos circuitos de molinos de bolas primarios mediante fajas transportadoras.

#### **d) Molienda**

La molienda se efectúa en dos circuitos: El N° 1 se realiza en un molino de bolas N°1 AGUILA 6'x6' y el HARDINGE 5'x36', el overflow del clasificador y el producto del molino Hardinge son trasladados por las bombas SRL 5" x 4" N°1 y 2 hacia hidrociclones diámetro 10" LB cuyo overflow viene a ser cabeza de flotación: el underflow va a molienda secundaria en el molino N°4 DENVER de bolas 6'x 6' que trabaja en circuito cerrado con dichos hidrociclones y el N°2 se realiza en un molino de bolas N°5 DENVER 8'x8' que efectúa la molienda primaria y que opera en circuito cerrado con hidrociclones diámetro 15", estos reciben el producto molido mediante bombas SRL 5"x4" N°3 y 4, el underflow regresa al molino N°5 y el overflow junto con el producto de molienda secundaria es impulsado por medio de bombas SRL 5"x 4" y 6" hacia dos nidos de hidrociclones diámetro 6" cuyo overflow es la cabeza de flotación; el underflow va a molienda secundaria en los molinos de bolas N°2 DENVER 6"x 6" y N°3 COMESA 6'x 6'.

El producto obtenido tiene una granulometría de 60% malla (-200).

#### **e) Flotación**

Se realiza en celdas de flotación convencionales en dos circuitos paralelos; cuenta con un distribuidor de pulpa y cada circuito consta de un acondicionador 7"x7", un banco rougher de 8 celdas OUTOKUMPO OK-3 de 100 ft<sup>3</sup> de capacidad, un banco de scavenger de 6 celdas DENVER DR-30 de 100 ft<sup>3</sup>, y para la flotación cleaner en tres etapas, 10 celdas DENVER Sub-A 21. Para el traslado de concentrado en pulpa de las espumas rougher y scavenger así como de las colas cleaner, se cuenta con bombas SRL 5"x 4", 4"x 3" y 3"x 3".

La recuperación obtenida para la planta es de 85.5 %.

#### **f) Espesamiento y filtrado**

El concentrado producido es impulsado por bombas SRL 4"x3" hacia el espesador de concentrado Ag de 22'x10'; de aquí, mediante una bomba dúplex de diafragma de 2", el concentrado va hacia la eliminación de agua en el filtro de discos DENVER. El concentrado Ag con una humedad promedio de 13% es ensacado en

bolsas de polipropileno y polietileno con 50 Kg de peso y apilado para su traslado a embarque.

#### **g) Sección Relave**

Los productos finales de desechos están constituidos en su mayor parte por ganga cuarzosa y pirita. Para depositar este producto, se cuenta con dos canchas de relaves; la N°5 a 1.5 Km al sur de la concentradora, y la N°6 a 2.5 Km de distancia. Estos depósitos con capacidad actual para 06 años aproximadamente, están contruidos por sus respectivos diques de concreto armado, con tuberías especiales para la devolución de las aguas de decantación. A la cancha N°5 se envía el relave por tubería, impulsado por dos bombas WARMAN 4"x3". A la cancha N°6 se envía mediante una bomba GEHO ZPM 600 previo espesamiento en un espesador de 50 de diámetro.

#### **h) Servicios Auxiliares**

La energía eléctrica utilizada proviene de la central hidroeléctrica de Misapuquio con capacidad de 3,800 Kw y una central térmica con capacidad de 2400 kw, con un sistema de transformadores de 10,000v a 440v y 220v para consumo industrial y doméstico respectivamente. El agua es suministrada por gravedad mediante tuberías desde el dique El Salto que proviene de la laguna Chumille.

## **4.2 MANTENIMIENTO**

Mantenimiento General, es un área de servicios constituida básicamente por las secciones que a continuación se detallan, las mismas que están orientadas a cumplir fines específicos con la finalidad de cumplir los programas de producción.

#### **a) Taller de Maestranza/trackless**

Orientado básicamente a resolver problemas utilizando máquinas, herramientas, cumpliendo con los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de bombas, ventiladores, equipos de minería convencional y minería mecanizada trackless.

**b) Taller Eléctrico**

Encargado de las instalaciones y mantenimiento de equipos eléctricos, administrando racionalmente el uso de energía, es decir que como sistema eléctrico se tiene una disponibilidad de un 100%, cualquier error puede ser perjudicial, por el riesgo que se inunde la mina (se bombea en un solo frente 5,000 GPS).

**c) Taller Automotriz/Equipo Pesado**

Es el que proporciona las unidades motrices livianas y pesadas orientadas básicamente al transporte de personal, movimiento, acarreo, transporte de mineral y mantenimiento de carreteras internas y externas.

**d) Central Térmica Arcata**

Es la Casa de Fuerza que proporciona el 15% de la generación eléctrica utilizando petróleo diesel N° 2, disponiendo de 6 grupos electrógenos con una capacidad real de generación de 2400 KW.

**e) Central Térmica Misapuquio**

Esta Central hidroeléctrica proporciona como promedio el 85% de lo que requiere la mina para cumplir sus objetivos. Tiene dos turbinas hidráulicas, las mismas que generan a plena carga 3800 KW en forma continua. Esta hidroeléctrica dispone de 25 millones de m<sup>3</sup> de agua almacenada como reserva, dicho volumen es administrado y dosificado mensualmente, de manera que la energía esta garantizada los 12 meses del año. Por otra parte, desde Abril de 1999 se efectivizó el proyecto de compra de energía a SEAL, utilizando como subestación de contacto y distribuidor principal a la subestación de Callalli.

**4.3 ADMINISTRACIÓN**

La administración tiene como objetivo principal el de ejecutar el control y distribución de recursos financieros en una forma racional, adecuada en bien de la Compañía y de sus trabajadores en general. Asimismo, están dentro de su estructura las siguientes áreas, las cuales cumplen con las siguientes funciones:

**a) Hospital**

Brinda atención integral de salud para el personal de la compañía tanto en la formación de salud, protección, recuperación y rehabilitación de los pacientes, así como el de participar en campañas de salud a las comunidades aledañas a nuestra unidad minera.

**b) Almacén**

Area encargada de los insumos de la unidad, así como la de abastecer de suministros a las diferentes áreas de producción y administrativas para el buen desempeño operacional de nuestra compañía.

**c) Hoteles y comedores**

Areas importantes para el personal de la unidad, las que cumplen la misión de brindar un adecuado estándar de alojamiento y alimentación para satisfacción del personal.

**4.4 SEGURIDAD E HIGIENE MINERA**

En Arcata se ha implementado el Programa de Gestión de Riesgos ISTECS (International Safety Training and Technology). Este programa esta basado principalmente en Estandares y Procedimientos de trabajo, que han sido elaborados por el personal que labora en el centro de operaciones de Arcata, previa capacitación por los proveedores del sistema.

El Proaudit (Programa de Auditoría de Gestión de Riesgos) es un programa estructurado desarrollado por ISTECS, que ayuda a disminuir el riesgo de incidentes. Se basa en programas de salud, seguridad y ambientales que vienen utilizándose con éxito. El programa consta de seis secciones principales que se subdividen en 82 elementos críticos del programa.

- Los elementos están lógicamente distribuidos en seis secciones principales, que son:

Sección 1: **Organización y control**

Sección 2: **Seguridad Ocupacional y protección física**

Sección 3: **Salud, higiene y medicina ocupacional**

**Sección 4: Seguridad de proceso y de las minas**

**Sección 5: Prevención y protección contra incendios**

**Sección 6: Protección ambiental**

- Existen elementos en cada sección. Los elementos enuncian de manera general los aspectos claves de una operación segura y ambientalmente responsable.
- Los objetivos definen más específicamente lo que se espera de una operación para evitar incidentes.
- Los objetivos, las pautas e interrogantes esclarecen también los elementos y describen lo que se requiere para cumplirlos.
- Las políticas, estándares, procedimientos y componentes describen la forma segura de realizar operaciones.

Para controlar los riesgos, las organizaciones deben identificar primero su exposición a ellos y luego evaluar el nivel del riesgo asociado con cada exposición, antes de decidir las acciones adecuadas de control a tomarse. Los objetivos de cualquier sistema de gestión de riesgos pueden resumirse en el siguiente procedimiento:

- Identificar todas las exposiciones a riesgo.
- Evaluar el riesgo de cada exposición.
- Desarrollar un plan que solucione la exposición al riesgo.
- Implementar el plan.
- Monitorear (Medir, evaluar, elogiar o corregir).

Uno de los objetivos principales de cualquier organización es seguir operando. El control de pérdidas en personal, equipo, materiales y el ambiente mejorará la salud económica de la organización y aumentará su probabilidad de supervivencia así como su rentabilidad.

#### **4.5 PROTECCIÓN AMBIENTAL**

El departamento de protección ambiental, sujeto a las pautas proporcionadas por el Sistema ISTECS, planifica y ejecuta proyectos ambientales que tienen que ver con la mitigación de la concentración de parámetros contaminantes liberados en las actividades. Asimismo, fiscaliza las actividades para evitar impactos ambientales

**negativos a los recursos naturales como agua, suelo, aire. Las principales actividades del departamento son:**

- **Monitoreo y análisis de las aguas superficiales y subterráneas.**
- **Cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.**
- **Monitoreo de la calidad del aire.**
- **Tratamiento de agua para consumo humano y tratamiento de efluentes.**
- **Tratamiento de residuos sólidos, líquidos e industriales.**
- **Prevención y control de derrames de hidrocarburos (Tratamiento mediante canchas de volatilización).**
- **Planifica actividades de forestación y de vegetación en zonas disturbadas.**
- **Planifica y ejecuta programas de apoyo social (Proyectos de mejoramiento genético de alpacas y crianza de truchas).**
- **Educación ambiental, mediante charlas de capacitación.**

## **CAPITULO V**

### **ENFOQUE GENERAL DE LA VENTILACION EN LAS MINAS DE ARCATA**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

Las labores de explotación minera se ubican a tal profundidad que es prácticamente imposible abrir convencionalmente vías que comuniquen las áreas de los trabajos con superficie. La accesibilidad para permitir el transporte se consigue con el desarrollo de rampas de dimensiones aparentes, las que llegan a las zonas donde se ubican las vetas.

Las vetas están comunicadas a través de galerías abiertas en ramales mineralizados, galerías que son usadas para fines de ventilación que por su reducida sección no llega a ser suficiente. Por eso se requiere contar con sistemas complementarios para captar y proveer el aire limpio en caudal suficiente para ventilar los frentes, aire que, después de su uso debe ser evacuado.

La Compañía cuenta con un voluminoso inventario de ventiladores que utiliza con el fin de alimentar de aire a los frentes, equipo que cumple una importante función auxiliar.

La distancia normal de separación entre las vetas es tal que el servicio para localizar aire desde una a otra veta es dificultoso y poco eficaz. Por ello es que en la parte central de enriquecimiento de las vetas se ha diseñado y ejecutado extensas chimeneas gemelas que son conectadas a superficie con una rampa.

#### **5.2 ANTECEDENTES**

Las operaciones de minado se encuentran bastante avanzadas en la Veta Marión ubicada en el área norte de la mina.

Mediante la ejecución de la Rampa Macarena se ha logrado accesos a las zonas de enriquecimiento de las vetas Baja y Tres Reyes, acceso que forma parte troncal del flujo de ventilación cuyo circuito es cerrado por las chimeneas gemelas 3145 y 3150 que se abrieron en Veta Baja y que comunicó a superficie con la Rampa de Ventilación N° 1.

La ocurrencia del enriquecimiento en sectores bastante profundos ha hecho necesario construir largos accesos para el transporte de los materiales excavados, accesos que también cumplen la función de conductos troncales de ventilación. El objeto de mejora de condiciones para la ventilación fue enfocado disponiendo la difícil construcción de chimeneas gemelas de unos trescientos metros de longitud conectadas a superficie con una rampa.

El circuito a sido completado y usado ya en la Veta Baja mediante las Chimeneas Gemelas 3145 y 3150. Desde la Veta Baja se alimenta dificultosamente aire a los diversos niveles de la Veta Tres Reyes.

Recientemente se ha comunicado las Rampa de Ventilación N° 2 a las Chimeneas Gemelas de Veta Tres Reyes, conductos que están siendo habilitados para poner en servicio el nuevo circuito que permita alimentar de importantes caudales de ventilación a la mina, particularmente en el territorio de las vetas del sur.

El disponer de comunicación a superficie, tanto en el área de Veta Baja como en la de Veta Tres reyes, dará a la mina las facilidades suficientes para poder establecer una ventilación adecuada con la utilización razonable de equipamiento mecánico y la correspondiente energía requerida para su funcionamiento.

Las ventajosas condiciones que plantea la existencia de los dos circuitos, en Veta Baja y Tres Reyes, son consideradas en el estudio de modo que sean óptimamente aprovechadas.

### **5.3 OPERACIONES ACTUALES**

La Compañía ha avanzado la explotación de la Veta Marión en casi toda su extensión, habiendo también desarrollado la Veta Baja y sus Ramales 3500 y 3850 que, a su vez, se encuentran en explotación en varios niveles. Los buenos contenidos encontrados en el nivel -210 de Veta Baja han hecho factible la excavación de la Rampa 3360 que permitirá explorar, desarrollar y explotar en esa veta por debajo del nivel indicado. El aire de ventilación debe llegar hasta los nuevos puntos de operación de los nuevos niveles que se abran en profundidad.

Las galerías que se abrieron en los niveles -70 y -120 del Ramal 3500 de Veta Baja llegaron a la zona de la Veta Tres Reyes, lo que permitió la exploración,

desarrollo y actual explotación de esta veta. En el nivel -210, la veta Tres Reyes se encuentra con labores de desarrollo bastante avanzadas.

El aire usado Veta Tres Reyes, en donde radica principalmente el problema de ventilación, desciende por acción de presión de inyección troncal de la Zona Baja hasta el nivel -210 y sigue hacia la Rampa Macarena para que, a través de ésta, ser evacuado a superficie.

La Compañía, repitiendo la ventajosa experiencia de la Veta Baja, ha construido un sistema de Chimeneas Gemelas de alrededor de trescientos metros de longitud en el área de la Veta Tres Reyes, sistema que ya ha sido conectado por la Rampa N° 2. Este, una vez habilitado, permitirá abrir un eficiente circuito de aire de ventilación hacia este territorio.

#### **5.4 PROYECCION DE LAS OPERACIONES**

Los alcances de las operaciones en la Veta Tres Reyes han sido restringidos por las limitaciones del servicio de las galerías abiertas en el ramal 3500, particularmente en lo que respecta a ventilación.

La habilitación de la comunicación de la Rampa N° 2 y las Chimeneas Gemelas completará el conducto que facilitará el abastecimiento de los necesarios caudales de aire, lo que permitirá incrementar el ritmo de las operaciones no sólo en las labores de la veta Tres Reyes, ya que hasta permitirá derivar un caudal hacia las labores de la Veta Baja y favorecerán la ejecución de los trabajos exploratorios hacia las posibles zonas de enriquecimiento que se infiere al sur de la Veta Tres Reyes.

Por otro lado, mediante accesos abiertos desde los niveles -120 y -235 de la Veta Marión, se ha desarrollado y explotado localizadamente en varios niveles de la Veta Macarena, la misma que, conjuntamente con un ramal, está en proceso exploratorio, hacia el Oeste, la Veta y, hacia el Sur, el Ramal.

En la ventilación de ambos frentes del Nivel -120 de Veta Macarena se emplea un ventilador de 25,000 cfm y 30 HP, el mismo que puede ser más eficazmente utilizado mediante modificaciones en la instalación. Debido a la imposibilidad de contar con galerías paralelas que cierren el circuito con los desarrollos del nivel -120, los frentes sólo pueden ser ventilados a través de la instalación de ventiladores en serie y mangas, lo cual, por ser un problema repetitivo en la mina, merece un enfoque

más definido, lo que permitirá seleccionar adecuadamente el equipo y utilizar sólo los niveles necesarios de energía.

El desarrollo del Nivel -120 Macarena hacia el Oeste debe avanzar a lo largo de seiscientos metros para llegar a un sector de esa veta que fue abierto con difícil accesibilidad desde el Ramal 3850 de Veta Baja. Otro acceso abierto en el mismo ramal en el Nivel -210 prueba la continuidad de la Veta Macarena que, con la apertura de accesos como el que ahora se ejecuta, podrá ser preparado para su eficiente explotación.

## **5.5 NECESIDADES DE VENTILACIÓN**

La ocurrencia del enriquecimiento en sectores extensos, pero profundos, no favorece la excavación de vías que faciliten las operaciones y, paralelamente, la conducción de aire de ventilación hacia los frentes de trabajo.

La necesidad de abrir circuitos de ventilación hizo que se levantara la Chimeneas gemelas de la Veta Baja las que, comunicadas a superficie por la Rampa N° 1, permitieron abastecer de aire a las labores de la zona. El aire es impulsado en el sentido descendente por las Chimeneas Gemelas.

El efecto de presión del sistema de ventiladores instalados en la Rampa N° 1 hace que el aire llegue a avanzar hacia el oeste de los niveles, bajar hacia el nivel -210 y, a través de la Rampa Macarena, ser evacuado a superficie.

Los frentes más distantes de la zona de Veta Baja, es decir, los ubicados en el Ramal 3850, requieren el uso de ventiladores auxiliares para la provisión el aire requerido para su ventilación.

Precisamente, por falta de un conducto que permita contar con un circuito local, los trabajos de Veta Tres Reyes han tenido que ser abastecidos de aire de ventilación que es succionado, a lo largo de la galería -70 del Ramal 3500, por ventiladores desde la Veta Baja. Esta situación será superada en corto plazo, cuando se termine de habilitar el circuito de la rampa N° 2 a las Chimeneas Gemelas de Tres Reyes.

### 5.5.1 EQUIPO DE VENTILACIÓN

De la toma de datos de las placas colocadas en los ventiladores, se nota que, en muchos casos, parte de la información se encuentra borrada.

A continuación se muestra los datos que se ha podido leer en las placas de los ventiladores, obviándose el del voltaje, pues, en todos los casos, los motores reciben una alimentación de 440 voltios.

Ventilador	c.f.m.	H.P.	r.p.m.	Amp. l.w.g.	Lugar
B-20	25000	48	3540	59	Rampa 1
B-15	45000	125	1765	155 6.5	
B-21	30000	70	3540	85 6.5	-210Tres Reyes
A-4		30			-120 Macarena
A-5	25000				Zona Marión
J-15		57.5	1760	72	
B-12	45000	90	1750	110 7.7	En Taller para Rampa N° 1
B-8		12	3450	17	
A-17	10200	15			Reemplazó a B-21
A-7	30000				-120 Baja
A-2	Sin datos de placa				
A-15	Sin datos de placa				

El equipamiento de ventilación ha sido evaluado de modo de poder comprobar su rendimiento y verificar la certeza de los datos de placa.

Para la deducción de valores y la comprobación de rendimiento se ha utilizado las siguientes fórmulas:

$$H_T = \frac{6356 \times BHP \times F \times 0.045}{Q \times 0.075}$$

$$\text{Motor H.P.} = \frac{E \times I \times F \times 1.732}{746}$$

Donde:

F Factor de eficiencia: (0.8)

E Voltaje (440)

I Amperaje

El resultado de la toma de datos de placa, datos de reporte, medición de rendimiento y de otros valores deducidos se muestra en el siguiente cuadro:

### CARACTERISTICAS DE LOS VENTILADORES DE LA MINA ARCATA

N°	c.f.m.	H.P.	r.p.m.	Amperaje		Pres.(iwg)	Diam.	Efic.	Energía
				Placa Med.	Placa Calc.				
B-20	25000	48	3540	59	41		5.86	30	69.5
B-15	45000	125	1765	155	92	6.5	8.48	38	59.4
B-21	30000	70	3540	85	(1)	6.5	7.12	29	(1)
A-4	25000	30		36.7	26		3.66	30	70.8
A-5	25000	48		58.7	31		5.86	30	52.8
J-15	40000	57.5	1760	72	52		4.39	42	72.2
B-12	45000	90	1750	110		7.7	6.10	43	
B-8	6600	12	3450	17	10.6		5.55	23	62.4
A-17	10200	15		18.4	16		4.49		87.0
A-7	30000	48		58.7	49		4.88		83.5
A-2	30000	36	3520	44.1	38		3.66		86.2
A-15	30000	48	3570	58.7			4.88		

El ventilador B-21 de 30000 cfm y 70 HP, no permitió se mida el amperaje por presentar fallas mecánicas.

Elevado nivel de utilización muestran los ventiladores A-17, A-7 y A-2, de los cuales los dos últimos se encuentran instalados en paralelo en el sector Este del Nivel -120 de Veta Baja.

El caso de más baja utilización de la capacidad de motor instalado corresponde al ventilador B-15, de 45000 cfm y 125 HP, el que ha sido utilizado sólo al 59.4% de su potencia, ocasionando importantes pérdidas por concepto de energía reactiva.

El inventario de ventiladores de la Mina Arcata se completa con un amplio listado de ventiladores auxiliares de alrededor de 10,000 cfm y otros mayores, algunos de los cuales se encuentran en reparación.

En las Minas de Arcata se cuenta con el inventario de ventiladores siguiente:

Cant.	Identific.	c.f.m.	Pot.		H(t)	Diam pulg.	Veloc. Pie/min
			H.P.	r.p.m.	i.w.g.		
02	A-10 A-11	6,000	10.0	3450	5.09		
04	B-2 B-3 B-4 B-7	8,000	9.0	3500	3.43		
01	B-8	6,600	12.0	3450	5.55	23	2287
05	B-5 B-6 B-10 B-11 s/n	10,000	12.0	3460	3.16		
07	H-1 H-2 H-3 H-4 H-5 H-6 H-7	7,000	18.0	3480	7.35		
05	A-6 A-8 A-13 A-17 B-1	10,200	15.0		3.99		
01	A-4	25,000	30.0		3.66	30	5093
03	A-1 A-2 A-6	30,000	36.0	3520	3.66		
02	A-5 B-20	25,000	48.0	3540	5.86	30	5092
02	A-7 A-15	30,000	48.0	3570	4.88		
01	B-18	30,000	60.0		6.10		
01	B-21	30,000	70.0	3540	7.12	30	6112
01	A-3	38,000	48.0		3.85		
01	J-15	40,000	57.5	1760	4.39	42	4158
02	B-12 B-13	45,000	90.0	1750	6.10	42	4677
01	B-15	45,000	125.0	1765	8.48	38	5714

**Lo que hace un total de 39 ventiladores en inventario.**

Por lo reducido del cilindro de ventilador, la velocidad del flujo a través de éste es muy alta en los ventiladores A-4, B-21 y B-15, en los que la caída de presión por velocidad es de 1.62, 2.33 y 2.04 i.w.g., respectivamente, nivel que corresponde al 44.3, 32.7 y 24.1% de la presión total que se reporta en la columna H(t).

El nivel de pérdida es importante en el ventilador B-15 que recibe un caudal muy alto para su diámetro. Si a este criterio sumamos el hecho que la utilización global de energía del motor asciende a sólo el 59.4% según control de amperaje, se concluye que **el ventilador no corresponde a la necesidad de la mina** en ninguno de los casos conocidos ni previstos. Por lo tanto, es recomendable suspender el uso del ventilador y utilizar el motor de 125 HP para ensamblarlo a otro ventilador de unos 80,000 cfm y setenta y dos pulgadas de diámetro, que se calcula ejercerá una presión total de más de 4.5 i.w.g.

### 5.5.2 RENDIMIENTO DE VENTILADORES EN PARALELO

Anteriormente el flujo introducido a la mina a través de la Rampa N° 1 era igual a 72,000 cfm, que es prácticamente, la suma de la capacidad de diseño de los dos ventiladores que se encontraban instalados en aquella ocasión.

El caso es que los ventiladores B-20 y B-15, que tienen capacidad de 25,000 y 45,000 cfm, pueden ejercer una presión total de 5.86 y 8.48 i.w.g. con una pérdida de presión de velocidad de 1.62 y 2.04 i.w.g., que corresponde a 27.6 y 24.1% del total respectivamente.

Restando la pérdida de presión de velocidad se ha calculado la presión estática de diseño, la que alcanza a 4.24 y 6.44 i.w.g. para uno y otro ventilador.

Por la medición del amperaje se encuentra que los motores trabajan a una capacidad de 69.5 y 59.4% de su capacidad, lo que hace que la presión real de trabajo para el que se ha construido ambos ventiladores sea de 4.07 y 5.04 i.w.g.

**En caso de ventiladores en paralelo sólo se puede alcanzar la presión del ventilador menor.** La presión ejercida por el ventilador más chico es de 4.07 i.w.g. de la que 1.62 i.w.g. se pierde en presión de velocidad quedando una presión estática efectiva de 2.45 i.w.g.

Ese es el límite de la presión estática a la que puede trabajar el ventilador mayor, quedando toda capacidad adicional inutilizada.

La instalación ha sido modificada al reemplazarse el Ventilador B-20 de 25,000 cfm y 48 HP por el ventilador B-12 de 45,000 cfm y 90 HP.

La capacidad del sistema formado por los ventiladores B-15 y B-12, que es ahora de 90,000 cfm, ha sido medido en más de 95000, que ingresan al sistema venciendo una resistencia estática de alrededor de 5.5 i.w.g.

La pérdida de presión de velocidad del ventilador B-15 sigue siendo de 2.04 i.w.g. mientras que al reemplazo instalado, es decir el B-12, le corresponde una presión de velocidad de 1.37 i.w.g.

De la nueva instalación se calcula que el ventilador B-12, recientemente reinstalado, funciona al eficiente nivel de 85.21% de su capacidad. Sin embargo, el nivel de utilización de capacidad de motor del ventilador B-15 se mantiene demasiado bajo, lo que comprueba que su utilización debe ser revisada.

La capacidad de los pares de ventiladores ajustada a los requerimientos actuales de la operación puede ser vista en la Fig. VA-01

### **5.5.3 NECESIDADES A CORTO PLAZO**

#### **5.5.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA VENTILACIÓN ACTUAL**

Se cuenta con dos conductos que alimentan aire fresco a las labores de la Veta Baja y, a lo largo de las galerías abiertas en ésta y en las del Ramal 3500, a las labores de la Veta Tres Reyes.

El ingreso de aire se produce en dos puntos, el primero a lo largo de la Rampa N° 1, que conduce a las chimeneas gemelas de Veta Baja y, el otro, en el sector Este de la Galería del Nivel -120, también abierto en Veta Baja.

De la misma galería del Nivel -120 se abre un ramal que llega hasta la Galería -120 de Veta Macarena, donde se encuentra instalado y funciona un ventilador que alimenta a dos frentes que se desarrolla en la indicada veta.

La compañía ha logrado comunicar la Zona de Tres Reyes con al Rampa N° 2 que ha conectado a las Chimeneas Gemelas 80 y 85, excavaciones que habilita para completar así el circuito de ventilación directa hacia las labores de Tres Reyes y las que se abriera tomándose como base los frentes desarrollados en esta veta.

Todo el aire utilizado en las labores de las vetas Baja y Tres reyes así como las de los Ramales 3500 y 3850 descienden hacia el nivel -210, para llegar a la Rampa Macarena a lo largo de la cual es evacuado a superficie.

La ventilación troncal en la Zona Baja está activada por cinco ventiladores, los cuales se detallan:

N°	CAPACIDAD	POTENCIA	Lugar de Operaciones
	c.f.m.	H.P.	
B-15	45,000	125	En paralelo en Rampa N° 1
B-20	25,000	48	En paralelo en Rampa N° 1
A-7	30,000	48	En paralelo en el sector Este de -120 Baja
A-2	30,000	36	En paralelo en el sector Este de -120 Baja
A-1	25,000	30	En el Nivel -120 de Veta Macarena.

A estos ventiladores troncales se suma el Ventilador B-21, que con características de ayuda principal, toma el aire que llega a la zona Tres Reyes y lo abastece a los frentes en desarrollo en el Nivel -210. El ventilador B-21 es de 30,000 cfm y cuenta con un motor de 70 HP.

### 5.5.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACTUALES MEDIOS DE VENTILACIÓN

La ventilación en las Minas de Arcata se encuentra activada por un sistema de ventiladores troncales que inyectaban aire por dos frentes. El más importante corresponde al par de ventiladores instalados en la Rampa N° 1, que abastecen al más amplio territorio de laboreo, es decir, Veta Baja, sus Ramales 3500 y 3850 y los frentes de avance de la Veta Tres Reyes.

El otro sistema ha sido establecido exclusivamente con fines localizados, y está formado por un par de ventiladores de 30,000 cfm cada uno, los que alimentan a la Casa de Bombas y a dos tajeos ubicados vecinos a ésta.

El aire abastecido por acción de los ventiladores troncales llega, por presión ejercida por ese equipo, hasta el Nivel -210 para su evacuación a superficie por la Rampa Macarena.

En la ventilación de los frentes de la Veta Tres Reyes y de los Ramales de Veta Baja se utiliza ventiladores auxiliares que impulsan el aire hacia los frentes, aire que, luego, va al Nivel -210 y sale de la misma manera indicada en el caso anterior.

La ventilación troncal actual muestra esquemáticamente en la figura VA-02, donde se muestra un esquema de los parámetros de cada uno de los tramos, valores que son base para el cálculo de la presión estática del caudal correspondiente.

El caudal de aire introducido a la mina por acción del equipo instalado en la Rampa N° 1 fue variado por sustitución de un ventilador por otro de mayor capacidad. Un caudal de 72,000 cfm, se midió para el par de ventiladores que se encontraban funcionando en aquella ocasión, habiéndose medido posteriormente en más de 95,000 cfm, luego de la sustitución del ventilador de 25,000 cfm por el de 45,000 cfm.

Las características de mina como las del equipo utilizado en la ventilación, funcionan de acuerdo a leyes que se han definido según las fórmulas que se muestran a continuación:

$$H = \frac{K \times P \times L \times Q^2}{5.2 A^3} \times \frac{d}{0.075}$$

$$\text{Haciendo que } q = Q/100,000$$

$$C = K \times 10^{10}$$

$$d = 0.042 \text{ y}$$

$$R = \frac{c \times P \times L}{5.2 A^3} \times \frac{d}{0.075}$$

Tenemos la fórmula simplificada  $H = R \times q^2$

Lo que aplicando a los caudales y resistencias para los tramos, se encuentra los valores de resistencia estática  $H_s$  siguientes:

Tra.	Caudal	$H_s$	Caudal	$H_s$	Caudal	$H_s$
(1)	72,000	0.764	90,000	1.194	95,000	1.330
(2)	40,400	0.074	50,500	0.116	53,310	0.129
(3)	25,060	0.029	31,330	0.045	33,780	0.050
(4)	31,600	0.971	39,500	1.517	41,690	1.690
(5)	15,340	0.205	19,170	0.320	20,240	0.357

(6)	25,060	0.176	31,310	0.275	33,780	0.306
(7)	40,400	0.702	50,500	1.097	53,310	1.222
(8)	31,600	0.007	39,500	0.011	41,690	0.012
(9)	72,000	0.015	90,000	0.023	95,000	0.026
(10)	102,000	0.113	127,500	0.177	134,580	0.197
(11)	110,000	<u>0.311</u>	137,500	<u>0.486</u>	145,140	<u>0.541</u>
Total H <sub>s</sub>		2.184		3.413		3.772

Bajo estas condiciones, el valor acumulado de resistencia estática al flujo para los caudales considerados de 72,000, 90,000 y 95,000 es el resultado de sumar la resistencia ofrecida al caudal indicado en los tramos en cualquiera de las rutas, pues la resistencia al flujo es igual. Así pues, al sumar la resistencia estática parcial de los tramos (1)+(4)+(8)+(9)+(10)+(11), o de los tramos (1)+(2)+(3)+(6)+(7)+(9)+(10)+(11), o este último sustituyendo el de los tramos (3) y (6) por el tramo (5), tenemos resistencias calculadas de 2.184 i.w.g. para la instalación de los ventiladores por 72,000 cfm; 3.413 i.w.g., para 90,000 cfm, y 3.772 i.w.g. para el ingreso de 95,000 cfm, por la Rampa N° 1 en alimentación al circuito básico y eliminación a superficie por el Nivel -210 y la Rampa Macarena.

### 5.5.3.3 EVALUACION DE LAS NECESIDADES ACTUALES

La falta de medios por los cuales se alimente aire de ventilación a la zona de la Veta Tres Reyes ha hecho necesario construir un monumental par de chimeneas gemelas que en breve funcionarán como parte del circuito de alimentación directa cuando queden habilitados los conductos que recientemente han comunicado.

Por requerirse en la actualidad ventilar la zona de Tres Reyes con aire captado en el territorio de Veta Baja, el caudal recibido desde esa fuente es limitado, quedando un déficit en el área Este de Veta Baja que no se alcanza a cubrir.

Por otro lado, las necesidades de aire de ventilación en operaciones subterráneas que emplean equipo diesel están definidas por la potencia de los motores, pues, las necesidades del personal son una fracción menor y las de voladura, influyen sólo por un corto horario.

Un camión volquete tiene un motor de unos 400 HP y un scoop de 200 HP. Si en el Nivel -210 de la zona Tres Reyes se considera que opera un grupo integrado por un camión y un scoop, la necesidad de aire de ventilación para ese servicio es de:

$$Q = (400+200) \times 100 = 60,000 \text{ cfm}$$

Cantidad de aire que debe considerarse suficiente para abastecer a la zona de la Veta Tres Reyes donde, en la actualidad, apenas llegan unos 10,000 cfm, que con algún componente de recirculación, se abastece con ventilación mecánica auxiliar forzada a los frentes de la Veta Tres Reyes.

Cuando el circuito de ventilación de Veta Tres Reyes quede habilitado, se podrá alimentar aire más directamente a los frentes de trabajo del sector y hasta abastecer cantidades deficitarias de aire a los niveles inferiores de Veta Baja.

#### **5.5.3.4 NECESIDADES DE VENTILACIÓN AUXILIAR**

Uno de los conceptos que corresponde a los de mayor utilización de equipo en ventilación de la Mina Arcata consiste en el servicio auxiliar para llevar el aire a los frentes confinados de los diferentes sectores de la mina.

Las instalaciones de ventilación muestran criterios que deben ser analizados, de manera que se establezcan medidas que ayuden a determinar tanto el emplazamiento del equipamiento como el tamaño de la manga correspondiente.

Los ventiladores auxiliares de alimentación localizada deben ser seleccionados de acuerdo a la necesidad a cubrir y ser instalados con mangas de ventilación de sección adecuada.

Un ventilador de capacidad excesiva termina siendo mal utilizado y, la manga, rápidamente deteriorada.

Para ventilar cualquier frente es más eficaz utilizar un ventilador de poca capacidad que otro de tamaño excesivo, pues, el aire manejado por el ventilador pequeño llega prácticamente sin merma a su destino mientras que, por deterioro en las mangas, los ventiladores de capacidad mayor terminan siendo casi totalmente desaprovechados.

Con el fin de facilitar una ayuda al personal de operaciones se preparó un cuadro de guía para seleccionar tamaño de ventilador y de manga, para poder alimentar sin dificultad a puntos tan distantes como trescientos metros. En el cuadro que se presenta

como **figura V-03** se incluye un listado de los ventiladores menores y el tamaño de manga que debe alimentar a los frentes.

La Compañía carece de ventiladores de capacidad media para alimentar a frentes trackless horizontales. Estos ventiladores deben estar en condiciones de mover 15 y 18,000 cfm, que es el caudal mas adecuado para ventilar este tipo de labor. Utilizando mangas de treinta pulgadas para un caudal de 15,000 cfm se llega a un nivel de 4.75 i.w.g. en trescientos metros, o 18,000 cfm en mangas de 36 pulgadas con 2.75 i.w.g., de pérdida por fricción en trescientos metros de longitud de manga.

La falta de ventiladores de la capacidad indicada no debe ser cubierta con ventiladores de mayor tamaño pues, al quedar subdimensionadas las mangas, se termina por tener una instalación defectuosa, la que consume energía y, finalmente, no satisface las necesidades del servicio.

Los motores de los scoops y camiones trabajan a bajas revoluciones en algunos frentes horizontales, por lo que se puede probar a ventilar con ventiladores de 10,000 cfm de los que la compañía tiene varias unidades.

El requerimiento de aire en rampas, donde los camiones marchan ascendentemente con carga, se requiere utilizar ventiladores de 15 a 18,000 cfm, por lo que, para estos casos, se debe hacer la gestión para contar con algunas unidades de esta capacidad. Ventiladores de menor tamaño pueden utilizarse en estos casos pero, el frente no podrá quedar lo suficientemente ventilado.

Cuando los frentes requieren la instalación de ventiladores en serie, las mangas que alimentan a los aparatos instalados en la línea deben dejar una distancia libre de alrededor de seis pulgadas, de manera que recircule la cantidad necesaria para cubrir la demanda del ventilador de la línea, proporción que es bastante menor que lo provisto por la manga que lo conduce desde el ventilador que lo alimenta.

El tamaño de la manga no debe ser reducido en ningún punto de la línea, pues esto se constituye en una importante restricción al flujo en el tramo de mayor diámetro con definitivos efectos negativos para los resultados esperados.

## **5.5.4 NECESIDADES FUTURAS**

### **5.5.4.1 LAS OPERACIONES FUTURAS**

Las operaciones de la Mina Arcata se localizan principalmente en la Veta Baja y sus ramales y en la Veta Tres Reyes, la cual está siendo desarrollada, con las limitaciones del caso, en varios niveles.

La explotación en la Veta Baja, por la ventajosa extensión de la zona de enriquecimiento en contrada en el Nivel -210, tiende hacia niveles más profundos, estando en avance la Rampa 3360 desde la que se abrirá los nuevos niveles que expongan y permitan la explotación correspondiente. El material que se excave en estos niveles será cargado a camiones diesel, lo que hace que la necesidad de un importante caudal de aire sea necesario conducir para su adecuada ventilación.

En corto plazo se terminará la explotación de los tajeos localizados en el sector Este de Veta Baja, alrededor de la Chimenea 2780 (que conduce a la Casa de Bombas). La necesidad de aire en ese sector se reducirá desde el actual caudal de 30,000 cfm a sólo unos diez o doce mil cfm para la Casa de Bombas, que no será precisamente necesario abastecer de manera directa desde el nivel -120, como se hace ahora. El aire que ingrese por el par de Chimeneas gemelas de Veta Baja podrá ser canalizado casi íntegramente hacia los niveles -210 o más profundos y, sólo por el efecto de presión, la cantidad necesaria avanzará hacia la Casa de Bombas donde un pequeño ventilador localizará el aire requerido para mantener el ambiente fresco. La mayor cantidad del caudal impulsado desde la instalación de ventilación llegará a las zonas de producción de los niveles más bajos y, de ser necesario a otros frentes, con el empleo de equipo auxiliar de ventilación.

Las operaciones en los diversos niveles de la Veta Tres Reyes podrán multiplicarse cuando se utilice el nuevo circuito de ventilación que permitirá la habilitación de los conductos del circuito formado por la Rampa N° 2 y las Chimeneas Gemelas de veta Tres Reyes.

La Chimenea 85, de ocho pies de ancho y cuatro de altura, deberá dejarse libre de madera, para que se pueda conducir el flujo de aire con la menor resistencia posible a toda la zona de influencia. Las facilidades de camino y las líneas de servicio, como aire, agua y energía, deben ser instaladas en la Chimenea Gemela 80 de seis por cuatro pies de sección. El aire impulsado por el equipo de ventilación que se instale en

la Rampa N° 2 bajará por las Chimeneas Gemelas, correspondiendo la mayor proporción a la Chimenea 85, la que se habilitará para ese exclusivo fin.

#### **5.5.4.2. ADAPTACIÓN DE LOS MEDIOS ACTUALES**

El primer punto a considerar es respecto a la tendencia de flujo troncal de aire de ventilación en la Mina Arcata.

La comparación es básicamente entre la manera actual de ingreso con evacuación de aire usado por la Rampa Macarena o de hacerlo de la manera inversa.

La ventilación natural actúa haciendo que los flujos tengan una tendencia ascendente, lo que quiere decir que podría ser más económico mover caudales en el sentido inverso al actual pues, la entrada de la Rampa Macarena está a 4650 m.s.n.m. mientras que las rampas de conexión a las Chimeneas Gemelas de las vetas Baja y Tres Reyes se encuentra a más de 4900 m.s.n.m.

Si el aire ingresara a la mina por la amplia entrada de la Rampa Macarena, la ventaja se encontraría en que los camiones cargados que ascienden por la rampa recibirían aire limpio, que mejora su rendimiento y protege la máquina. Los camiones descienden por la rampa a baja utilización de su potencia de motor y los gases de combustión emanados son escasos lo que, prácticamente, no produce mayor contaminación.

El ingreso de aire por la Rampa Macarena generaría un elemento de riesgo para el tráfico en la entrada donde la baja temperatura de éste favorecería la formación de hielo en el piso de los primeros tramos, lo que sucede actualmente tanto en la Rampa Marión como en la entrada de la Rampa N° 1 de ventilación.

El empleo de los vehículos de transporte en su recorrido ascendente por la Rampa Macarena contaminaría el aire que, en ese estado, llegaría a los diversos sectores de minado antes de salir evacuado ascendentemente por las chimeneas gemelas de ambas vetas a las rampas que lo conducirían a superficie.

Lo expuesto no merece se profundice más el análisis ya que el aire debe llegar limpio a los frentes donde se concentra el personal y, contaminado, debe ser evacuado sin que afecte a los frentes de producción.

El diseño de la ventilación del futuro debe seguir, entonces, los lineamientos básicos que se tiene establecido para el actual sistema, es decir, ingreso de aire por

los puntos altos de las zonas de Veta Baja y Tres Reyes y evacuación de aire usado por la Rampa Macarena.

## 5.6 CÁLCULO Y DISEÑO DE VENTILACIÓN

Los conductos de ventilación abiertos en las zonas de Veta Baja y Tres Reyes son de características tales que permiten una alimentación de aire de ciento cuarenta mil pies cúbicos por minuto, con una resistencia estática al flujo de alrededor de 2.7 pulgadas de agua. Considerando las pérdidas por presión de velocidad y los necesarios márgenes de seguridad, la resistencia total debe alcanzar a cerca de 3.75 pulgadas de agua, resistencia que es considerada normal en flujo troncal de operaciones mineras.

La resistencia total a un flujo de ciento cincuenta mil cfm en la mina sería de 4.3 i.w.g. y de más de 4.9 i.w.g. para ciento setenta mil cfm.

Los cálculos convencionales consideran caudales requeridos por el personal aparte del necesario para ventilar frentes de disparo. En el cálculo de ventilación de minas trackless, la incidencia mayor corresponde principalmente en la necesidad planteada por el funcionamiento de equipo diesel, sobre todo por los camiones en el transporte de carga en rampas ascendentes. La necesidad de aire según el reglamento vigente fue calculado de la siguiente manera:

DESCRIPCION	VETA BAJA		VETA TRES REYES	
	Cant.	C.F.M.	Cant.	C.F.M.
Personal (a 212 cfm/hombre)	104	22,048	66	13,992
Camiones (a 195 x 106 cfm/c.u.)	4.2	86,814	1.2	24,804
Scoops (a 67.8 x 106 cfm/c.u.)	1	7,183	1	7,183
Voladura		11,100		<u>11,100</u>
Total por Zona		127,145		57,019
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>184,224 C.F.M.</b>

### 5.6.1 CONDUCTOS DE VENTILACIÓN

Para los fines de diseño es necesario establecer la diferencia entre el flujo troncal de ventilación y el que corresponde a la ventilación de frentes o auxiliar. El primero tiene un circuito que abarca territorios intercomunicados de la mina haciendo

que el flujo vaya impulsado por el equipamiento principal dirigido hacia los conductos de evacuación, en el caso de mina Arcata, al Nivel -210 y la Rampa Macarena.

Más allá del alcance de la ventilación troncal se encuentran las labores que conducen a los frentes, labores en las que no puede establecerse un sentido de flujo. En estos casos, el aire es impulsado por ventiladores menores, a veces instalados en una serie, que lo localizan cerca de los frentes con el uso de mangas de ventilación.

El diseño de ventilación se concentra en el flujo troncal, el que se trata de plantear, de manera realista lo más afín posible a las características de la mina.

El cálculo para el diseño de ventilación toma como referencia básica el factor de resistencia (R) de cada uno de los tramos que se emplea como cauce para flujo de aire. Los parámetros necesarios para esa evaluación medidos en pies son: el perímetro del conducto (P), el área del mismo (A), la longitud del tramo (L) y el factor de rugosidad de superficie de conducto (c) los que se aplican de acuerdo a la fórmula indicada en el punto 5.5.3.2.

Para el caso de las vetas Tres Reyes y Baja, los parámetros de ventilación y el factor de resistencia (R) resultante para cada tramo es:

### ZONA TRES REYES

Tramo	Descripción	P	A	L	c	R	R(parcial)
1-2	Rampa 2(Tres Reyes)	41	105	1730	84	0.554	
	Chim. Gemelas a -70	41	56	750	97	1.963	2.517
2-3	Chim. Gemelas a -120	44	56	750	97	1.963	1.963
2-4	Galería -70 W	26	42	1150	92	3.998	
	Chimenea -120 W	20	24	180	103	2.888	
	Galería -120 W	30	56	280	106	0.546	7.432
3-4	Galería -120 Interm.	30	56	160	97	0.286	0.286
3-5	Galería -120 E	30	56	400	97	0.714	
	Chimenea -210 E	20	24	300	102	4.768	5.482
4-5	Chimenea -210 W	20	24	300	97	4.534	
	Galería -210 Interm.	52	169	1000	97	0.113	4.647
5-6	Galería -210 E	52	169	200	101	0.023	
	Crucero 3500 S -210	52	169	600	83	0.058	0.081

**ZONA BAJA**

<b>Tramo</b>	<b>Descripción</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>L</b>	<b>c</b>	<b>R</b>	<b>R(parcial)</b>
A-B	Rampa 1 (Baja)	45	126	1650	88	0.352	
	Chim. Gemelas a -20	44	56	420	99	1.122	1.474
B-C	Chim. Gemelas a -70	44	56	170	99	0.454	0.454
C-D	Chim. Gemelas a -120	44	56	170	99	0.454	0.454
C-E	Galería -70 W	26	42	1600	93	5.623	
	Chimenea W a -120	20	24	170	116	3.072	8.695
D-E	Gal. -120 Interm.	30	56	1590	96	2.808	2.808
E-F	Chim. 3650 a -210	20	24	300	92	4.300	4.300
D-G	Galería -120 E	30	56	1100	101	2.044	
	Chimenea 2780 a -210	20	24	350	120	6.544	8.588
B-6	Galería -20 W	26	42	1350	84	4.286	
	Chimenea Oeste a -120	20	24	300	96	4.487	
	Crucero 3500 a -120	26	42	300	84	0.952	9.725

**Colección Troncal**

<b>Tramo</b>	<b>Descripción</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>L</b>	<b>c</b>	<b>R</b>	<b>R(parcial)</b>
6-F	Crucero 3500 N -210	52	169	700	83	0.067	0.067
F-G	Galería Baja -210	52	169	230	106	0.028	0.028
G-H	Rampa Macarena a -120	60	224	1900	100	0.109	0.109
H-I	Rampa Macarena a Superf.	60	224	4480	100	0.258	0.258

Los parámetros de cada uno de los tramos del circuito global de ventilación troncal han sido transcritos en el diagrama de flujo de la **figura V-04**.

**5.6.2 CÁLCULO DE LA PRESIÓN ESTÁTICA**

La presión estática ( $H_S$ ) es función del factor de resistencia (R) y del caudal de aire de ventilación (Q).

El factor de resistencia (R) es la base para el cálculo de la Resistencia Estática ( $H_s$ ) para el caudal, mediante la aplicación de la fórmula:

$$H_s = R \times q^2$$

En la que “q” es el caudal en c.f.m.  $\times 10^5$

Para el caso del flujo de ventilación troncal de la mina se ha hecho el cálculo de la presión estática que resultaría de la alimentación de 80,000 cfm por la parte alta de Veta Baja y 60,000 cfm por el nuevo sistema de Veta Tres Reyes, flujo que se colecta en el nivel -210, y se evacua a superficie por la Rampa Macarena.

El flujo de aire alimentado se distribuye de acuerdo a la resistencia de los conductos troncales, produciéndose un equilibrio de presiones que, para el caso antes indicado, da como resultado los valores que se muestra en el siguiente cuadro:

TRAMO	R	H	q	Q
1-2	2.517	0.906	0.60	60,000
2-3	1.963	0.236	0.35	34,690
2-4	7.432	0.476	0.25	25,310
3-4	0.286	0.001	0.02	2,000
4-5	4.647	0.347	0.27	27,310
3-5	5.482	0.586	0.33	32,690
5-6	0.081	0.029	0.60	60,000
A-B	1.474	0.943	0.80	80,000
B-C	0.454	0.135	0.54	54,500
C-D	0.454	0.077	0.41	41,100
B-6	9.725	0.514	0.26	25,500
C-E	8.695	0.156	0.13	13,400
D-E	2.808	0.079	0.17	16,800
D-G	8.588	0.783	0.24	24,300
E-F	4.300	0.392	0.30	30,200
6-F	0.067	0.049	0.86	85,500
F-G	0.283	0.037	1.16	115,700

G-H	0.109	0.214	1.40	140,000
H-I	0.258	0.640	1.58	157,500

Para los caudales indicados, la distribución del aire y la presión estática calculada para cada tramo se muestra en la **Figura VA-05**, pudiendo verse el diagrama esquemático de flujo y presión estática en la **Figura VA-06**.

### 5.6.3 REQUERIMIENTO DE EQUIPO DE VENTILACIÓN TRONCAL

Para abastecer 60,000 cfm de aire por el circuito de la Veta Tres Reyes y 80,000 por el de Veta Baja, se debe vencer presiones estáticas de 2.698 i.w.g. en la entrada de Veta Tres Reyes y de 2.517 en la entrada de Veta Baja.

Los ventiladores de poco diámetro, como los que se instala en paralelo para ventilación troncal, se caracterizan por ofrecer una alta presión de velocidad  $P_v$  que, para el caso de la instalación en la entrada a Veta Baja, se calcula en 1.37 i.w.g.. Tomando como referencia los valores calculados de presión estática y de presión de velocidad, que se suman y, agregando un factor de seguridad, se calcula que la presión necesaria a aplicar en la alimentación de 80,000 cfm en el sistema de Veta Baja asciende a:

$$H_T = 1.2 (2.517 + 1.37) = 4.664 \text{ i.w.g.}$$

En conclusión, los ventiladores en paralelo que se instalen en la alimentación de Veta Baja deben consistir en un caudal de diseño de 80,000 cfm y aplicar una presión de 4.7 i.w.g.

La posibilidad de habilitar un ventilador de setenta y dos pulgadas de cilindro y 80,000 cfm utilizando el motor de 125 HP del ventilador B-15 actual daría como resultado un menor consumo energético por concepto de presión de velocidad, la que se reduciría a 0.50 i.w.g., por lo que la presión necesaria aplicar sería de:

$$H_T = 1.2 (2.517 + 0.5) = 3.620$$

Es decir una reducción de 22.4% en el consumo energético cuyo beneficio económico se presenta posteriormente.

Si se siguiera utilizando el equipo existente instalado en paralelo, los requerimientos de potencia para emplear dentro del nuevo planteamiento serían los siguientes:

Sistema Veta Baja, de 80,000 cfm y 4.7 i.w.g. a 4600 msnm

$$\text{BHP} = \frac{H_T \times Q}{3051}$$

$$\text{BHP} = 123.2$$

A 90,000 cfm, la presión ejercida por el equipo de ventiladores debe subir a 5.95 i.w.g., requiriéndose para el funcionamiento integrado, según la misma fórmula, una potencia de 175.5. Esto quiere decir que, a un ingreso de aire de 60,000 cfm por el sistema de Veta Tres Reyes, la potencia necesaria para el funcionamiento de los ventiladores instalados en paralelo haría que los motores de 90 HP se encontraran en el límite de su capacidad.

La necesidad energética bajaría a unos 95.0 HP para alimentar 80,000 cfm por el circuito de Veta Baja si se utilizara ventiladores de mayor diámetro de cilindro en los que la pérdida por presión de velocidad es de una proporción bastante menor que los ventiladores actualmente disponibles.

La habilitación de un ventilador de 80,000 cfm y 3.65 i.w.g. requiere la instalación de un motor de 100 HP en su eje. Por ello es recomendable utilizar el motor de 125 HP del ventilador B-15 actual para la construcción de un nuevo ventilador, el cual sería instalado en la parte alta de Veta Baja. La construcción del ventilador dentro de un cilindro de setenta y dos pulgadas haría que la presión de velocidad fuera baja con la consiguiente mejor utilización de la energía.

#### **5.6.4 REQUERIMIENTO DE VENTILACIÓN SEGÚN REGLAMENTO**

Como se indica en el punto 5.6, para cumplir con los reglamentos oficiales se necesitaría abastecer de 184,000 cfm para alimentar de aire de ventilación a las labores de la Zonas Baja y Tres Reyes, siendo 127,000 el caudal calculado para la Zona de Veta Baja y de 57,000 el requerido por la Zona de Veta Tres Reyes.

Como las próximas necesidades futuras se irán trasladando hacia el sur y, teniendo en cuenta la limitación de los conductos de Zona Baja para recibir caudales superiores a 100,000 cfm, para el cálculo de provisión de aire de ventilación se calcula alimentar 84,000 cfm por el circuito de Veta Tres Reyes y el resto, es decir

100,000 cfm, ingresará por el circuito de Veta Baja. En la **Figura V-07** se muestra la perspectiva del flujo de 184,000 cfm y, en la **Figura V-08**, el esquema de flujo, indicándose en ambos casos la resistencia de los tramos en i.w.g.

Los conductos de ingreso de aire a la mina, tanto en el circuito de Veta Baja como en el de Tres Reyes son bastante restringidos por su escasa sección, principalmente en el tramo de las chimeneas gemelas y de las galerías de los niveles -20 y -70, y hasta el Nivel -120 de sección algo mayor. Esto es el motivo por el que se requiere crecientes incrementos de energía para poder vencer la resistencia al flujo de caudales mayores.

Las necesidades energéticas para el caso de abastecer 140,000 cfm o 184,000 cfm se muestran en el siguiente cuadro:

	<b>140,000 C.F.M.</b>		<b>184,000 C.F.M.</b>	
	<b>BAJA</b>	<b>TRES REYES</b>	<b>BAJA</b>	<b>TRES REYES</b>
Caudal de ingreso (cfm)	80,000	60,000	100,000	84,000
Presión Estática ( $H_S$ )	2.517	2.698	5.289	4.188
Diám. Ventilador (pulg.)	72	66	78	72
Presión de Velocidad ( $H_V$ )	0.50	0.40	0.57	0.55
Presión Total ( $H_T$ )	3.620	3.718	7.031	5.685
Potencia de Motor (HP)	95	74	231	157
Inversión (U.S.\$)	8,000 (*)	18,000	28,000	24,000

Nota(\*): Utilizando el motor de 125 HP del ventilador B-15, actualmente en operación.

### **5.6.5 NECESIDAD DE VENTILACIÓN AUXILIAR**

Una eficaz ventilación troncal permite contar con la disponibilidad de aire para poder ventilar frentes ubicados en ramales donde el flujo no puede llegar por el simple efecto del equipo de alimentación primaria.

En el caso de la Mina Arcata, la ventilación auxiliar va dirigida a dos frentes: convencionales y trackless.

En los primeros la necesidad va dirigida al personal y a la evacuación de gases producto de la voladura. Las necesidades del personal son mínimas, de unos cien cfm por persona, mientras que los gases de voladura pueden ser evacuados a una velocidad de cincuenta pies por minuto, lo que, en la sección de ocho por ocho, significa un caudal de tres mil doscientos cfm efectivos. Por ello, una alimentación de más de cinco mil cfm con correcta utilización de mangas es suficiente para los fines de ventilación de frentes convencionales.

A los frentes trackless, donde funciona equipo con motores diesel, se necesita alimentar caudales según la intensidad de la operación. Cuando el trabajo es de carga en galería a nivel, el equipo diesel funciona con motor a baja revolución, por lo que la necesidad de aire es sólo una fracción de la que se requiere cuando el laboreo es en rampa.

La necesidad de aire para mantener el ambiente limpio en rampa trackless es lo suficientemente alta para que las instalaciones de ventiladores con mangas resulten insuficientes. Por ello es recomendable se diseñe las rampas de modo que avancen conectándose regularmente al nivel inmediato, lo que haría factible instalar ventiladores auxiliares en la entrada a la chimenea más cercana al frente; ventiladores de 30,000 cfm y 3.5 i.w.g. abastecen eficazmente aire a rampa a través de longitudes mayores a cien metros de chimenea de cuatro por cuatro pies, cubriéndose inclusive la necesidad de evacuación del aire contaminado fuera de la rampa y dirigida hasta superficie.

El tamaño de manga más adecuado, en el caso de tener que conectar un ventilador de esa capacidad para alimentar un frente, es de 42 pulgadas de diámetro, manga en la que se puede conducir el caudal de 30,000 cfm con una pérdida de presión por fricción de 1.2 i.w.g. a lo largo de un tramo de cien metros de longitud.

En un frente trackless horizontal, alimentación de 18,000 cfm es suficiente para mantener limpio el ambiente, caudal que es también eficaz en la evacuación del aire después de la voladura.

#### **5.6.6 EXISTENCIA Y NECESIDAD DE VENTILADORES**

La mayor proporción de ventiladores en la mina Arcata es de una capacidad de hasta 10,000 cfm, de los que se cuenta con una cantidad de veinticuatro unidades. Con

esa cantidad, la necesidad del equipo de menor dimensión para ventilar frentes convencionales está asegurada.

El otro grupo de ventiladores existentes consiste en una cantidad de quince máquinas de una capacidad de entre 25,000 y 45,000 cfm. Mientras los mayores se utilizan en la ventilación troncal, los de tamaño intermedio se emplean tanto en apoyo a ventilación troncal como en ventilación de los frentes trackless, campo en el que se ha encontrado evidentes deficiencias en el servicio.

Casi todos los ventiladores del inventario de la mina Arcata se caracterizan por estar en cilindros de escaso diámetro y tener motores de alrededor de 3500 r.p.m. El limitado diámetro de estos ventiladores es característico en los casos en los que su uso está destinado a avance de frentes, donde se sacrifica energía, sólo temporalmente, para contar con equipo pequeño y, por lo tanto, de menores requerimientos de espacio para su ubicación.

Por otro lado, la elevada velocidad de rotación de los motores es concordante con el limitado diámetro de los ventiladores y tiene el objeto de poder mover altos caudales. Este tipo de construcción, con objetivos definidos, hace que la pérdida de presión por velocidad sea de un enorme rango, alrededor del 25% de la presión total ejercida por el ventilador, y que los motores tengan que ser sometidos a frecuente trabajo de mantenimiento.

Como puede verse, los rangos de capacidad de los ventiladores están definidos en esos dos grupos. Ninguno de los ventiladores es de capacidad apropiada para instalarse en la alimentación de frentes trackless horizontales, donde se requiere ventiladores que pueden ser de entre 15 y 18,000 cfm. Estos se instalarían eficazmente con mangas de 30 y 36 pulgadas en uno y otro caso.

Los ventiladores de mayor capacidad disponible son de sólo 45,000 cfm, los que se caracterizan por una elevada pérdida de presión de velocidad por el reducido diámetro del cilindro. Estos ventiladores deben ser reemplazados por otros de construcción y capacidad apropiados de acuerdo a programa que la Compañía apruebe, pues el costo operativo por concepto de servicio de ventilación puede ser reducido, como se verá mas adelante. Por ahora lo más cercano es la habilitación e un ventilador de 80,000 cfm, en el que se utilizaría el motor de 125 HP y 1765 r.p.m. del

ventilador B-15, que actualmente está en funcionamiento en paralelo con el Ventilador B-12 en la Rampa N° 1

Es recomendable cambiar el criterio en la adquisición de ventiladores, buscando que éstos cubran la demanda de la operación a una óptima utilización de la energía.

A fin de determinar el campo de mejor rendimiento de ventiladores, lo que puede orientarnos a su adecuada elección, se ha elaborado el siguiente cuadro en el cual se resalta las mejores opciones de pérdida de presión por velocidad (Pv) para determinados caudales y tamaño de cilindro de ventilador. En cada caso se indica, de arriba hacia abajo, la velocidad del flujo, en pies por minuto, y la pérdida de presión de velocidad, en i.w.g.

<b>Diám.Vent.</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	<b>42</b>	<b>48</b>	<b>54</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>72</b>
<b>Área(pic2)</b>	<b>3.98</b>	<b>4.91</b>	<b>7.07</b>	<b>9.62</b>	<b>12.57</b>	<b>15.90</b>	<b>19.64</b>	<b>23.76</b>	<b>28.27</b>
<b>Caudal (cfm)</b>									
7,500	1.886	1.527							
	0.22	0.14							
10,000	2.515	2.037	1.415						
	0.39	0.26	0.12						
12,500	3.144	2.546	1.768						
	0.61	0.40	0.19						
15,000	3.773	3.056	2.122	1.561					
	0.89	0.58	0.28	0.15					
17,500	4.401	3.565	2.476	1.821					
	1.21	0.79	0.38	0.21					
20,000	4.074	2.829	2.081	1.592					
	1.04	0.50	0.27	0.16					
25,000	3.536	2.601	1.889	1.571					
	0.78	0.42	0.22	0.15					
30,000	4.244	3.121	2.387	1.886					
	1.12	0.61	0.35	0.22					

<b>Diám.Vent.</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	<b>42</b>	<b>48</b>	<b>54</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>72</b>
<b>Área(pie2)</b>	<b>3.98</b>	<b>4.91</b>	<b>7.07</b>	<b>9.62</b>	<b>12.57</b>	<b>15.90</b>	<b>19.64</b>	<b>23.76</b>	<b>28.27</b>
35,000			4.95	1.36	4.22	2.78	5.20	1.78	
			1.54	0.83	0.48	0.30		0.20	
40,000			4.16	2.31	3.18	2.51		2.03	
			1.08	0.63	0.40			0.26	
50,000			5.20	2.39	2.97	3.14		2.54	
			1.69	0.99	0.62			0.40	
60,000				4.77	5.37		3.05	2.52	
				1.42	0.89		0.58	0.40	
70,000				5.57	4.40		3.56	2.94	2.47
				1.93	1.21		0.79	0.54	0.38
80,000				6.36	5.03		4.07	3.36	2.82
				2.53	1.58		1.04	0.70	0.50
90,000					5.65		4.58	3.78	3.18
					1.99		1.31	0.89	0.63
100,000							5.09	4.20	3.53
							1.62	1.10	0.78

## 5.7 ASPECTOS ECONÓMICOS DE VENTILACIÓN EN LA MINA ARCATA

Uno de los problemas de más difícil solución en la ventilación de las labores de la mina Arcata es el de la ocurrencia del enriquecimiento a profundidad normalmente mayor a 300 metros. Por ese motivo no es factible hacer comunicaciones que permitan facilitar los circuitos de ventilación.

La Compañía ha realizado la monumental tarea de excavar chimeneas gemelas en longitudes de alrededor de trescientos metros tanto en el área de Veta Baja como en la de Tres Reyes.

Antes de la puesta en servicio las instalaciones de Tres Reyes, el circuito troncal de ventilación de Veta Baja funciona con una capacidad de ingreso de aire de 95,000 cfm de lo que se deriva una fracción para alimentar a los frentes de Tres Reyes. La habilitación de la Rampa N° 2 y las Chimeneas Gemelas de Tres Reyes permitió abrir

el circuito local e instalar equipo de ventilación con lo que se consigue intensificar la actividad en esa zona.

El circuito de Tres Reyes debe quedar preparado para captar suficiente caudal de aire para ventilar tanto las labores que se realice en el área de esa veta como en los frentes que se abra al Sur en la exploración de otras zonas de potencial explotación futura.

La excavación de extensas chimeneas con el empleo de medios convencionales se realiza en un largo plazo, es laboriosa y costosa, lo que constituye un importante factor en el rubro de Costo de Capital. En construcciones de ese tipo se corre diversos riesgos, también implica excesiva labor en la eliminación de los materiales estructurales utilizados para que los accesos abiertos queden preparados para ser conductos de flujo de ventilación.

El asunto de aspectos económicos queda entonces, por ahora, dirigido a la evaluación de alternativas y a la búsqueda de la mejor utilización del equipo disponible así como la habilitación y adquisición de equipo que fuera necesario.

No se cree necesario cuantificar el rendimiento y costo de instalaciones deficientes de ventilación, como es el caso de ventiladores de excesiva capacidad conectados mangas estrechas que se deterioran rápidamente o se mutilan para reducir la presión. Es recomendable mantener el equilibrio entre la necesidad de ventilación y la dimensión de la manga que lleva el aire al frente.

### **5.7.1 COSTO DE VENTILACIÓN TRONCAL**

La ventilación troncal de la mina Arcata proyectada a un caudal de 140,000 c.f.m. debe lograrse con la utilización de un ventilador de 60,000 cfm y 3.75 i.w.g. y otro de 80,000 cfm y 3.65 i.w.g. construidos sobre cilindros de 60 y 72 pulgadas respectivamente.

Para el ventilador de 80,000 se utilizaría el motor de 125 HP y 1765 r.p.m actualmente instalado en el Ventilador B-15, el que se ha comprobado tiene un bajo rendimiento de energía. El costo de habilitación e instalación se estima en el rango de U.S.\$ 8,000.00.

Mientras no se disponga del ventilador adicional de 60,000 cfm con motor de 82 HP y 4.15 i.w.g., cuyo costo de adquisición e instalación se estima en U.S.\$ 18,000.00,

podrá mantenerse pares de ventiladores funcionando en el ingreso a Veta Baja. Dos ventiladores de 45,000 cfm podrán continuar funcionando al límite operacional pero se continuará empleando 20.5% de la energía en presión de velocidad.

El costo de capital ambos ventiladores troncales suma U.S.\$ 26,000.00

En el cálculo de energía requerida para el motor de ventilador utilizamos la fórmula adaptada para la altura de la Mina Arcata:

$$\text{B.H.P.} = \frac{H_T \times Q}{3051}$$

### 5.7.2 COMPARACIÓN DE COSTO DE ALTERNATIVAS DE VENTILACIÓN TRONCAL

Para poder decidir la opción más ventajosa de instalación adecuada a las necesidades de la mina, hacemos una comparación de necesidades y costo anual de las siguientes opciones en las que se obvia el aspecto de servicios de personal que son similares en cada uno de los casos.

- \* Opción A: Utilización del equipo de ventilación existente,
- \* Opción B: Habilidad y adquisición reducida para producir 140000 cfm, y
- \* Opción C: Adquisición de dos ventiladores y equipo adicional para 184,000 cfm

#### Opción A: UTILIZACION DE EQUIPO DE VENTILACION EXISTENTE

Costo de capital: \$ 0.00

Energía Improductiva:

Excesiva Presión de velocidad

$$\frac{((1.36-0.5) \times 2 + (2.03-0.5)) \times 45,000}{3051} = 47.9 \text{ HP}$$

Energía Reactiva

$$\frac{(6.1 \times 2 \times 0.15 + 8.48 \times 0.2) \times 45000}{3051} = 52.0 \text{ HP}$$

Costo Anual por Energía Improductiva:

$$(47.9 + 52.0) \times 0.75 \times 330 \times 22 \times 0.08 = \$ 43,516$$

**Energía operativa:**

$$(305-99.9) \times 0.75 \times 330 \times 22 \times 0.08 = \$ 89,341$$

**Mantenimiento y repuestos: (25% de Valor de equipo)**

$$(20,000 \times 2 + 22,000) \times 0.25 = \$ \underline{15,500}$$

**COSTO ANUAL DE OPCION A: \$ 148,357**

**COSTO UNITARIO ANUAL DE OPCION A:**

$$148,357 / 135,000 = \$ 1.099/\text{C.F.M.}$$

**Opción B: HABILITACION Y ADQUISICION REDUCIDA A 140,000 C.F.M.**

**Costo capital: U.S.\$30,000 en ocho años a 20% Int. Anual \$ 7,818**

**Energía productiva:**

$$200 \times 0.75 \times 330 \times 22 \times 0.08 = \$ 87,120$$

**Mantenimiento y Repuestos: (20.0% de Valor de Equipo)**

$$(30,000 + 18,000) \times 0.20 = \$ \underline{7,200}$$

**COSTO ANUAL DE OPCION B: \$ 102,138**

**COSTO UNITARIO ANUAL DE OPCION B:**

$$102,138 / 140,000 = \$ 0.729/\text{C.F.M.}$$

**Opción C: ADQUISICION DE DOS VENTILADORES Y EQUIPO ADICIONAL  
PARA PRODUCIR 184,000 C.F.M.**

**Costo capital: U.S.\$72,000 en ocho años a 20% Int. Anual \$ 18,764**

**Energía productiva:**

$$395 \times 0.75 \times 330 \times 22 \times 0.08 = \$ 172,062$$

**Mantenimiento y Repuestos: (15.0% de Valor de Equipo)**

$$(52,000 + 16,000) \times 0.15 = \$ \underline{10,200}$$

COSTO ANUAL DE OPCION C: \$ 201,026

**COSTO UNITARIO ANUAL DE OPCION C:**

$$201,026 / 184,000 = \$ 1.092/C.F.M.$$

### 5.7.3 COSTO DE VENTILACIÓN AUXILIAR

El inventario de ventiladores de capacidad de hasta diez mil cfm es considerable, lo cual cubre ampliamente la necesidad de ventilación de frentes convencionales.

La necesidad de ventiladores de capacidad intermedia para alimentar aire a frentes horizontales de operación con equipo trackless diesel se localiza en las galerías del Nivel -210 y -260. Los desarrollos que se realicen por debajo del Nivel 210 utilizarán equipo trackless y es inevitable el tráfico de camiones.

La puesta en servicio del circuito de ventilación de Veta Tres Reyes favorece la intensificación de los trabajos de desarrollo en esa veta y dejan caudal disponible para atacar nuevos frentes en la Veta Baja y sus ramales.

Los ventiladores de diez mil cfm pueden cubrir medianamente la necesidad de los frentes horizontales trackless, pero deben ser reemplazados por ventiladores de 15 a 18,000 cfm de los cuales no se tiene disponibilidad.

Un ventilador de 18,000 cfm y 5.0 i.w.g. equipado con un motor de 30 HP y 1760 rpm tiene costo total de adquisición e instalación de U.S.\$ 7,500.00. Este ventilador reemplaza a otro de 25 a 30,000 actualmente disponible que, para cubrir la misma presión estática evidencia una pérdida adicional de presión de velocidad de alrededor de 1.1 i.w.g., por lo que requiere un motor de 50.0 HP y 60 HP según sea la capacidad.

La diferencia de necesidad de energía muestra, en uno y otro caso, ahorros anuales que se calcula en:

Ventilador de 18,000 cfm en sustitución de uno de 25:

$$20 \times 0.75 \text{ kw-hr} \times 20 \text{ hr-día} \times 250 \text{ días/año} \times \text{US\$ } 0.08/\text{kw-hr} = \text{U.S.} \$ 6,000$$

Ventilador de 18,000 cfm en sustitución de uno de 30:

$$30 \times 0.75 \text{ kw-hr} \times 20 \text{ hr-día} \times 250 \text{ días/año} \times \text{US\$ } 0.08/\text{kw-hr} = \text{U.S. \$ } 9,000$$

Montos de ahorro sólo en energía en la ventilación de frentes horizontales trackless, ahorros que alcanzan mayores niveles por la utilización de mangas de menor diámetro y mejor conservación de éstas.

## **5.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Los principales beneficios de un eficiente planteamiento de los servicios de ventilación no son de fácil evaluación por la sola observación de los resultados económicos del funcionamiento y rendimiento de los equipos puestos en operación. Las actividades generales de mina se vuelven dinámicas en la medida que las condiciones del ambiente de trabajo mejoran.

El personal presenta una disposición positiva al trabajo en ambientes ventilados, mientras que su actitud es adversa cuando el ambiente donde se desempeña carece de las condiciones que lo hagan sentirse cómodo.

La mejora del rendimiento de las operaciones por contarse con ambientes adecuadamente ventilados no son fácilmente cuantificables, aunque los resultados son comparativamente visibles.

En el caso de las Minas de Arcata las condiciones de la ubicación de las zonas de enriquecimiento hacen necesario el empleo de equipo mecánico para abastecer aire de ventilación troncal y local a los diversos puntos de las operaciones subterráneas.

El proyecto de comunicación de la zona de Tres Reyes a superficie, últimamente completado, ofrece un importante medio a utilizar en el sistema de ventilación, complementando el servicio que se logra a través del sistema ya utilizado en la zona de Veta Baja.

La Compañía cuenta con una alta cantidad de ventiladores, la mayoría de los cuales es de cilindro pequeño y motor de alta velocidad de rotación, característica de ventiladores destinados a ventilación forzada de frentes. Por su alta pérdida en presión de velocidad éstos deben ser acertadamente evaluados y seleccionados para su óptima utilización.

En la ventilación auxiliar, es decir, en la de los frentes confinados, debe instalarse ventiladores de capacidad limitada y suficiente, conectados a mangas de

sección apropiada. Ventiladores de alta capacidad no son aprovechados correctamente y superan la capacidad de las mangas que se deterioran prematuramente.

La operación de un ventilador de 18,000 cfm, en vez de uno de 25,000 ó 30,000 cfm en la ventilación de un frente horizontal trackless cuesta U.S.\$ 7,500 y genera ahorros anuales en energía de U.S.\$ 4,500.00 a 6000.00.

Hay 24 ventiladores de una capacidad de hasta 10,000 cfm, diez de entre 25 y 30,000 cfm y cinco de entre 38 y 45,000 cfm. Los primeros son utilizados en frentes convencionales siendo de limitada capacidad para su uso en frentes trackless, donde la necesidad de aire es del rango no menor de 15,000 cfm. Los ventiladores mayores son utilizados en abastecimiento troncal, generalmente funcionando en paralelo, y, los intermedios se usan en ventilación troncal y de frentes, no siendo los más adecuados en uno y otro caso.

Si debiera operarse ventiladores en paralelo, éstos, además de ser lo suficientemente potentes para la necesidad, deben ser de similar característica de presión estática, pues el exceso de capacidad del ventilador mayor se pierde porque no puede superarse la presión que ejerce el ventilador de menor presión.

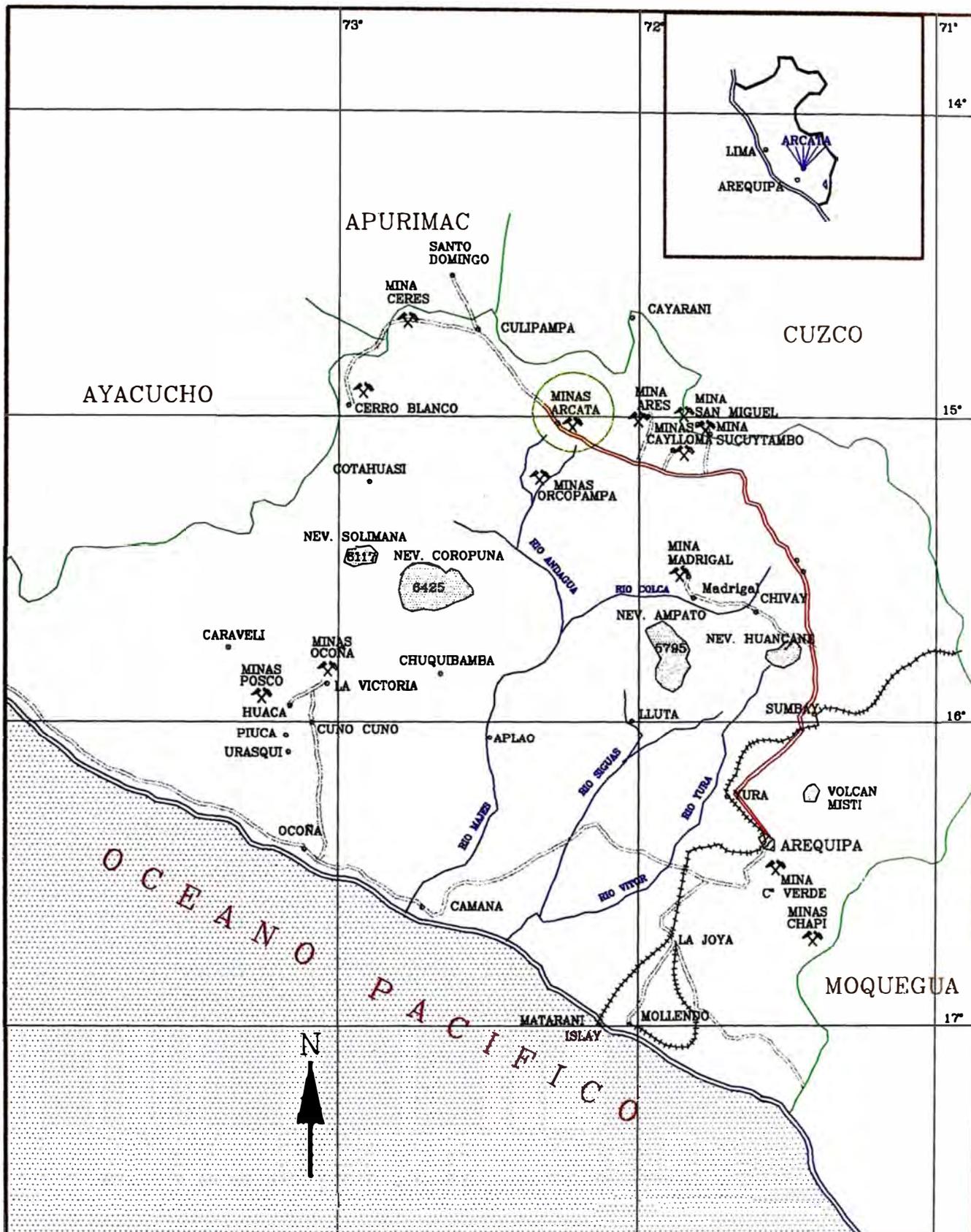
La alimentación troncal de aire por la Galería del Nivel -120 no es recomendable, por lo extenso del trayecto y por la estrecha sección de la galería como conducto de importantes caudales de ventilación. La localización de esta galería debe ser considerada como vía de emergencia.

Para cumplir las disposiciones del reglamento se calcula que las operaciones deberían ser abastecidas de 184,000 cfm. Las características de resistencia de la mina hacen que ese caudal, abastecido del modo más eficiente posible, sea abastecido por dos ventiladores nuevos movidos por un total de 395 HP, para lo que se requiere instalaciones adicionales de transformación energética.

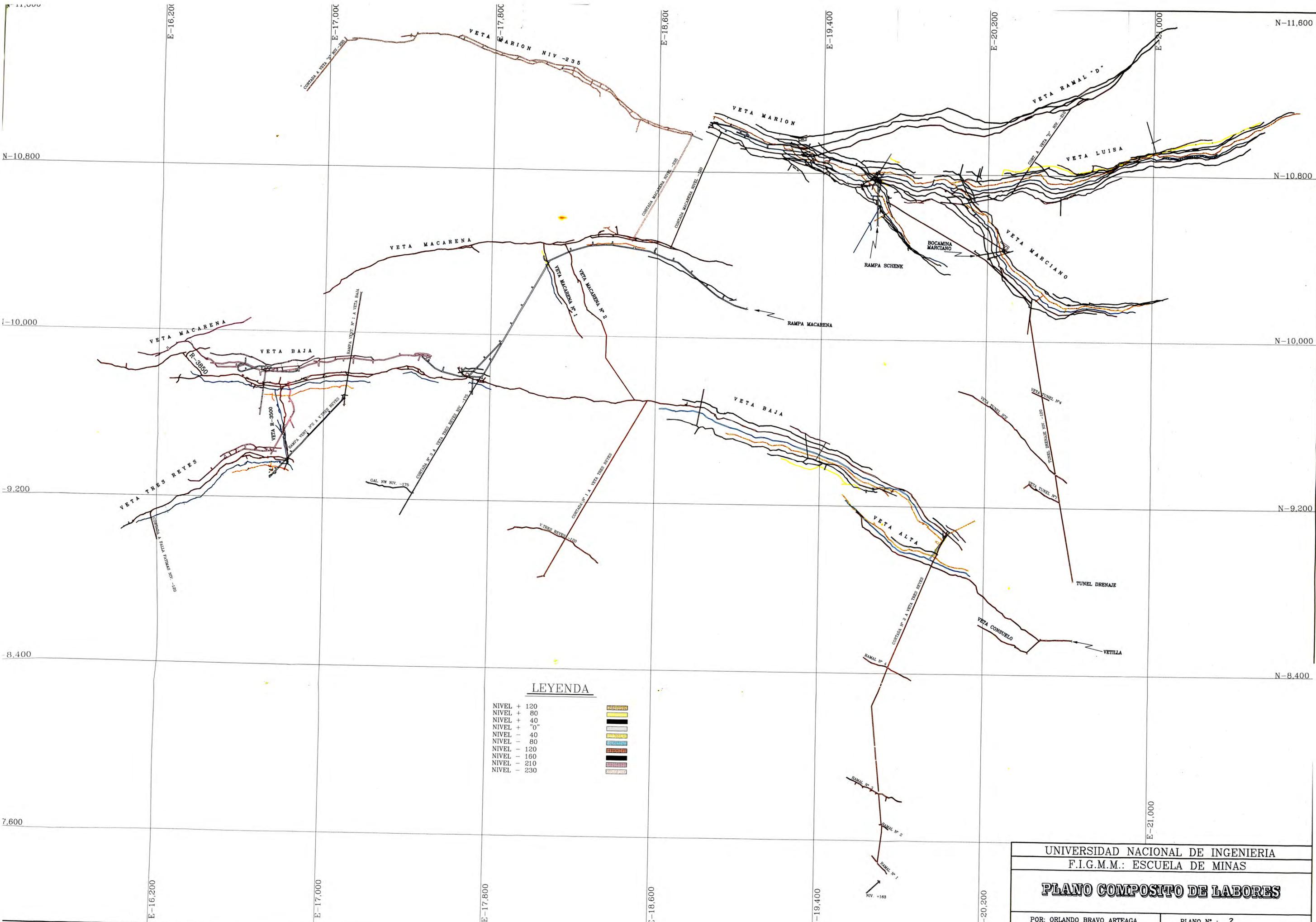
**BIBLIOGRAFIA**

- INFORME DE VENTILACIÓN ARCATA  
Cfa Minera Arcata S.A.– Superintendencia de Seguridad
- MANUAL DE VENTILACIÓN DE MINAS  
Pontificia Universidad Católica del Perú
- VENTILADOR AXIAL PARA MINERIA  
AIRTEC
- REGLAMENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA  
D.S. N° 023-92-E.M.

# **ANEXOS**



POR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA F.I.G.M.M. ESCUELA DE MINAS	PLANO Nro. : 1
FECHA : SETIEMBRE 1999	<b>PLANO DE UBICACION</b>	ESCALA : 1/2'000,000



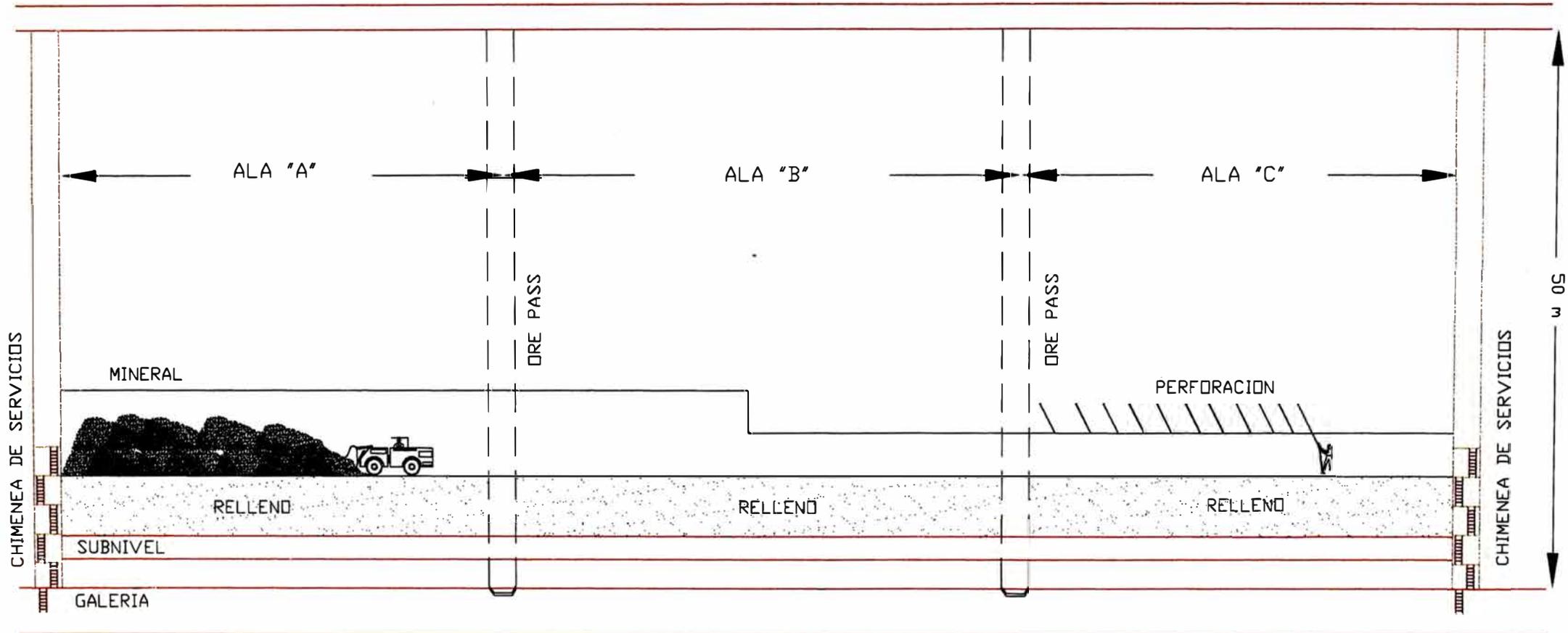
**LEYENDA**

NIVEL + 120	[Color swatch]
NIVEL + 80	[Color swatch]
NIVEL + 40	[Color swatch]
NIVEL + "0"	[Color swatch]
NIVEL - 40	[Color swatch]
NIVEL - 80	[Color swatch]
NIVEL - 120	[Color swatch]
NIVEL - 160	[Color swatch]
NIVEL - 210	[Color swatch]
NIVEL - 230	[Color swatch]

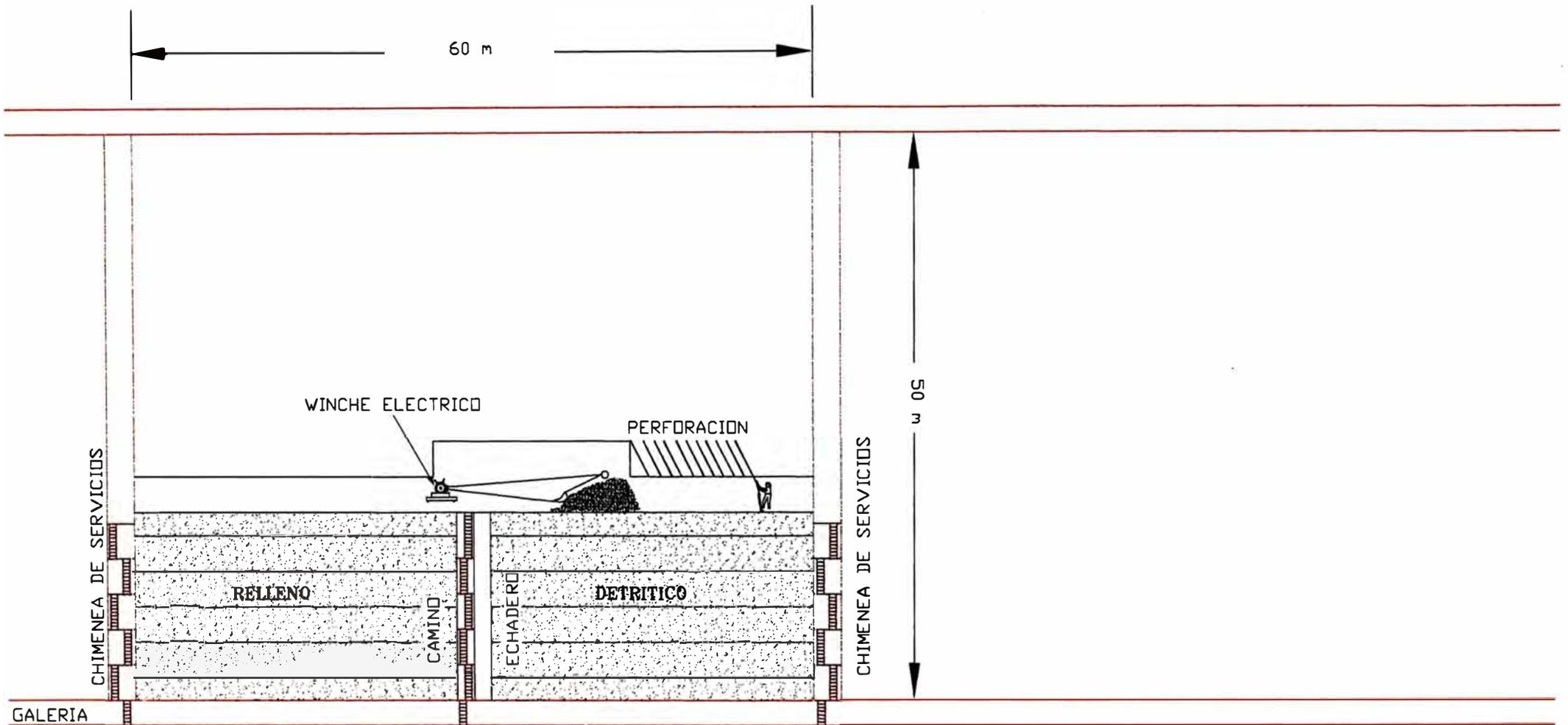
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS

**PLANO COMPOSITO DE LABORES**

POR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA      PLANO N° : 2  
 FECHA : SEPTIEMBRE 1999      ESCALA : 1 / 8.000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS	
<b>CORTE Y RELLENO MECANIZADO</b>	
POR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA	PLANO N°: 3
FECHA: SEPTIEMBRE 1999	ESCALA: 1 / 500



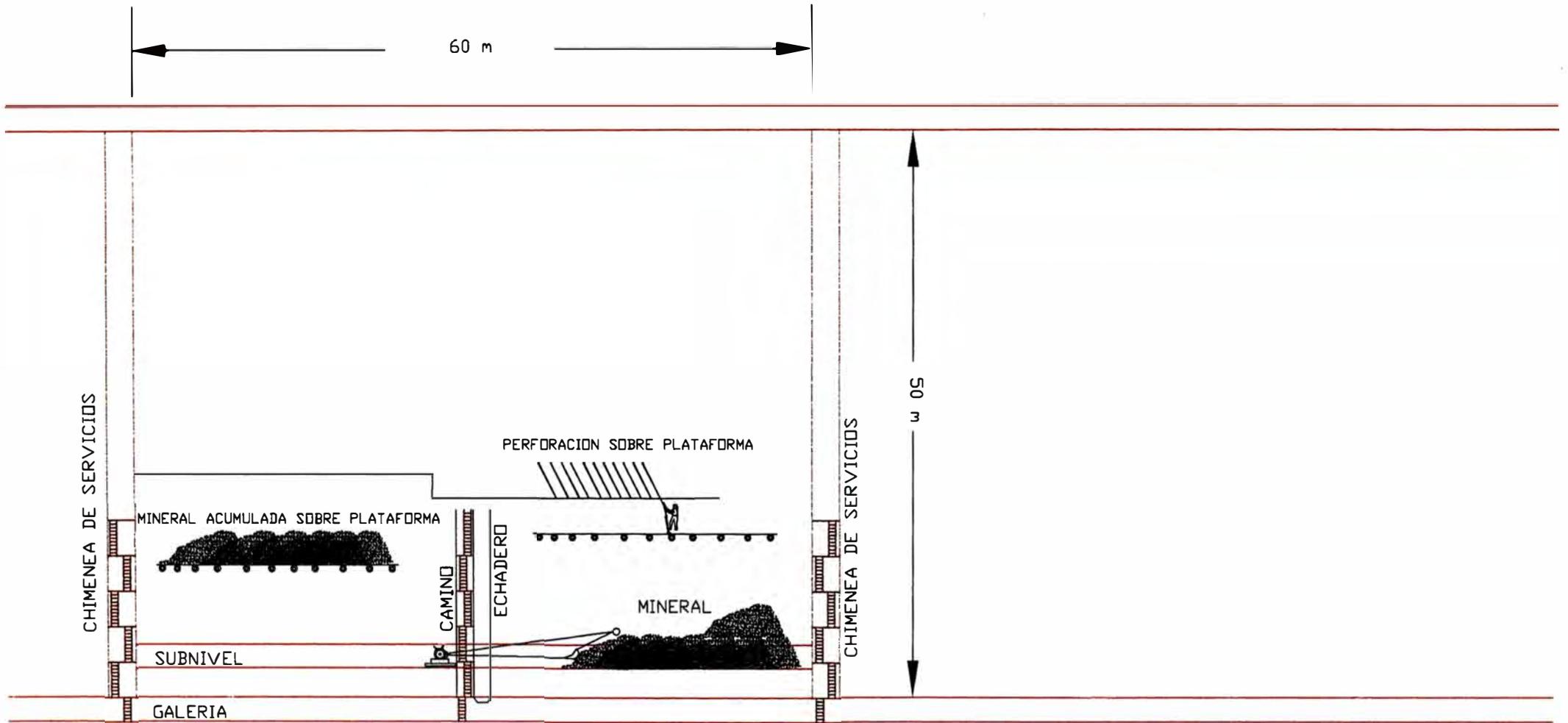
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS  
**CORTE Y RELLENO  
 ASCENDENTE CONVENCIONAL**

POR:  
 ORLANDO BRAVO ARTEAGA

PLANO N°: 4

FECHA: SETIEMBRE 1999

ESCALA: 1 / 500



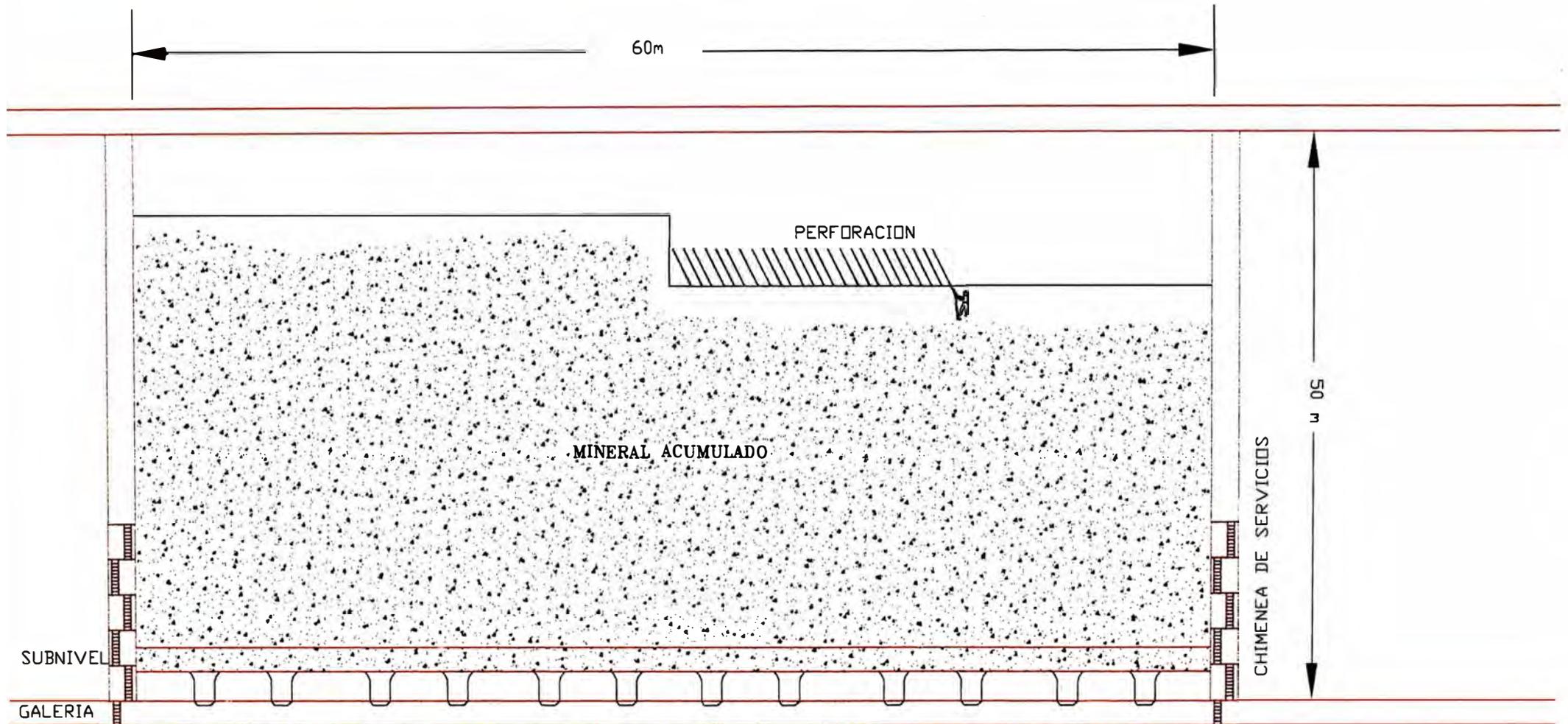
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS  
**OPEN STOPING**  
**ALMACENAMIENTO SOBRE PLATAFORMA**

POR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA

PLANO N°: 5

FECHA: SETIEMBRE 1999

ESCALA: 1 / 500



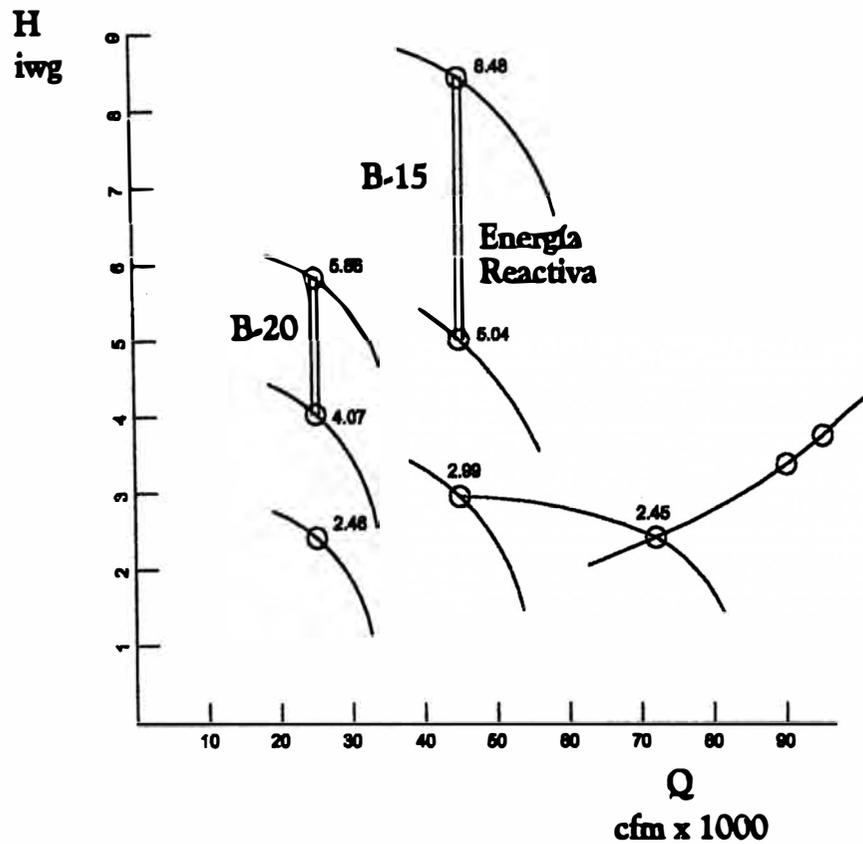
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS  
**ALMACENAMIENTO PROVINCIONAL  
 SINKAGE**

POR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA

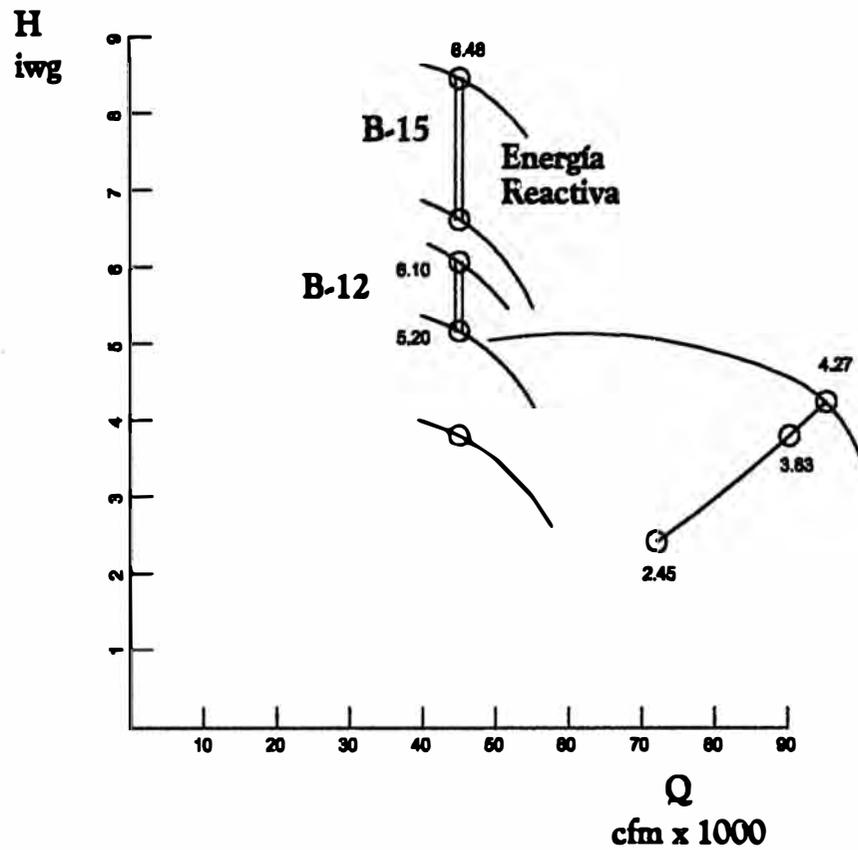
PLANO N°: 6

FECHA: SETIEMBRE 1999

ESCALA: 1 / 500



Ventiladores B-15 y B-20 en Paralelo



Ventiladores B-15 y B-12 en Paralelo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS

RENDIMIENTO ACTUAL DE PARES DE VENTILADORES EN RAMPA N° 1

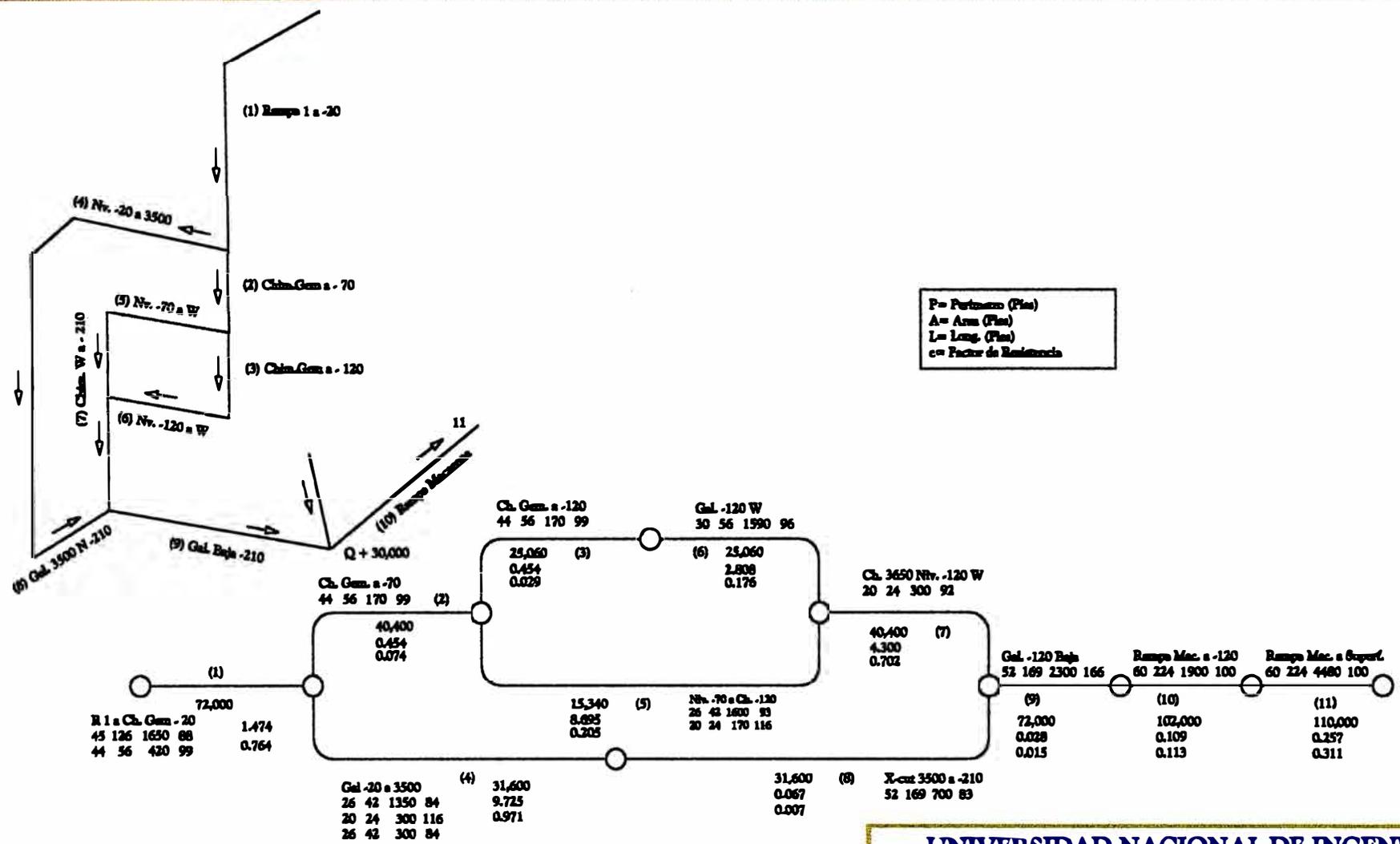
POB: ORLANDO BRAVO ARTEAGA

FIGURA: VA-01

FECHA: ALCATA, SETEMBRES 1999

ESCALA:

P= Partesmo (Pies)  
 A= Area (Pies)  
 L= Long. (Pies)  
 c= Factor de Resistencia



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS**

**PERSPECTIVA Y DIAGRAMA DE FLUJO**  
**TRONCAL DE VENTILACIÓN**

POR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA  
 FECHA: SEPTIEMBRE 1999

FIGURA: VA-02  
 ESCALA:

## CAUDALES, MANGAS Y POTENCIA DE VENTILADORES EN TRAMOS DE 300 MTS (A 4600 m.s.n.m.)

H(ftwg) D(pulg)	1.5		3.0		4.5		6.0		7.5	
	cfm	HP	cfm	HP	cfm	HP	cfm	HP	cfm	HP
18	2350	1.0	3325	2.8	4070	5.2	4700	7.9	5260	11.1
20	3060	1.3	4330	3.7	5300	6.7	6120	10.3	6840	14.4
24	4820	2.0	6820	5.8	8350	10.6	9650	16.3	10780	22.7
30	8430	3.6	11920	10.1	14600	18.5	16860	28.4	18850	39.7
36	13300	5.6	18810	15.8	23040	29.1	26600	44.8	29240	62.6

Elegir ventilador y mangas adecuados. Para los caudales indicados la manga puede ser de un diámetro mayor, nunca menor.  
Los ventiladores más aparentes para frentes en Arcata son:

	Manga
A-13 A-16 B-1 A-17 A-8	10200 cfm y 15 HP 24"
B-3 B-2 B-4 B-7	8000 cfm y 9 HP 24"
H-5 H-1 H-2 H-6 H-3 H-4 H-17 S/N	7000 cfm y 18 HP 24"
A-10 A-11	6000 cfm y 10 HP 20"
B-8	6600 cfm y 12 HP 20"
B-5 B-10 B-11 B-6	10000 cfm y 12 HP 30"

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS**

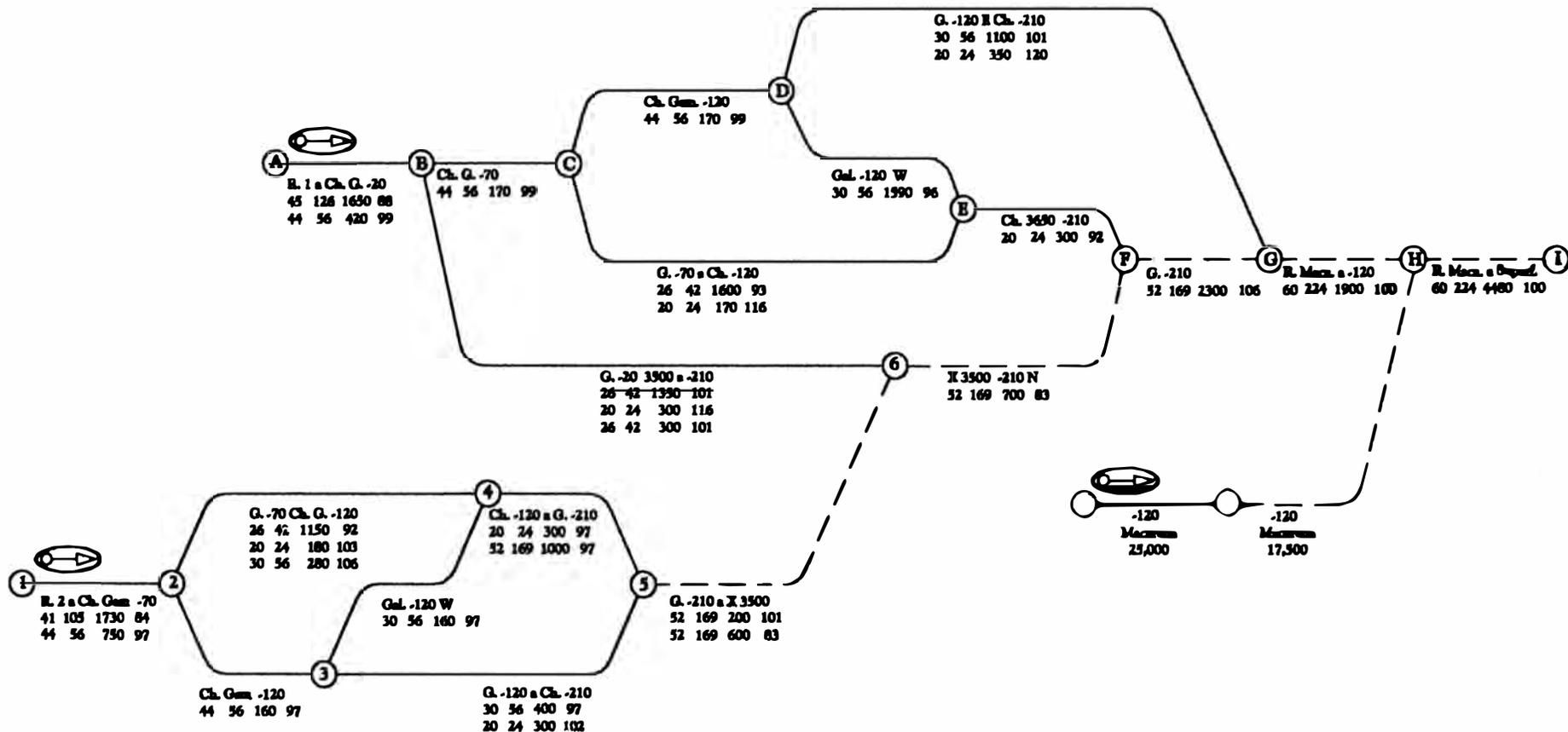
**MANGAS DE VENTILACION Y CAPACIDAD  
DE VENTILADORES**

POR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA

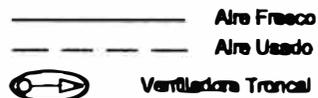
FIGURA: VA-03

FECHA: ARCATA, SETIEMBRE 1999

ESCALA:



Trayecto	
---	P A L c
P =	Perímetro (Pies)
A =	Área (Pies <sup>2</sup> )
L =	long. (Pies)
c =	Factor de resistencia



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

### F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS

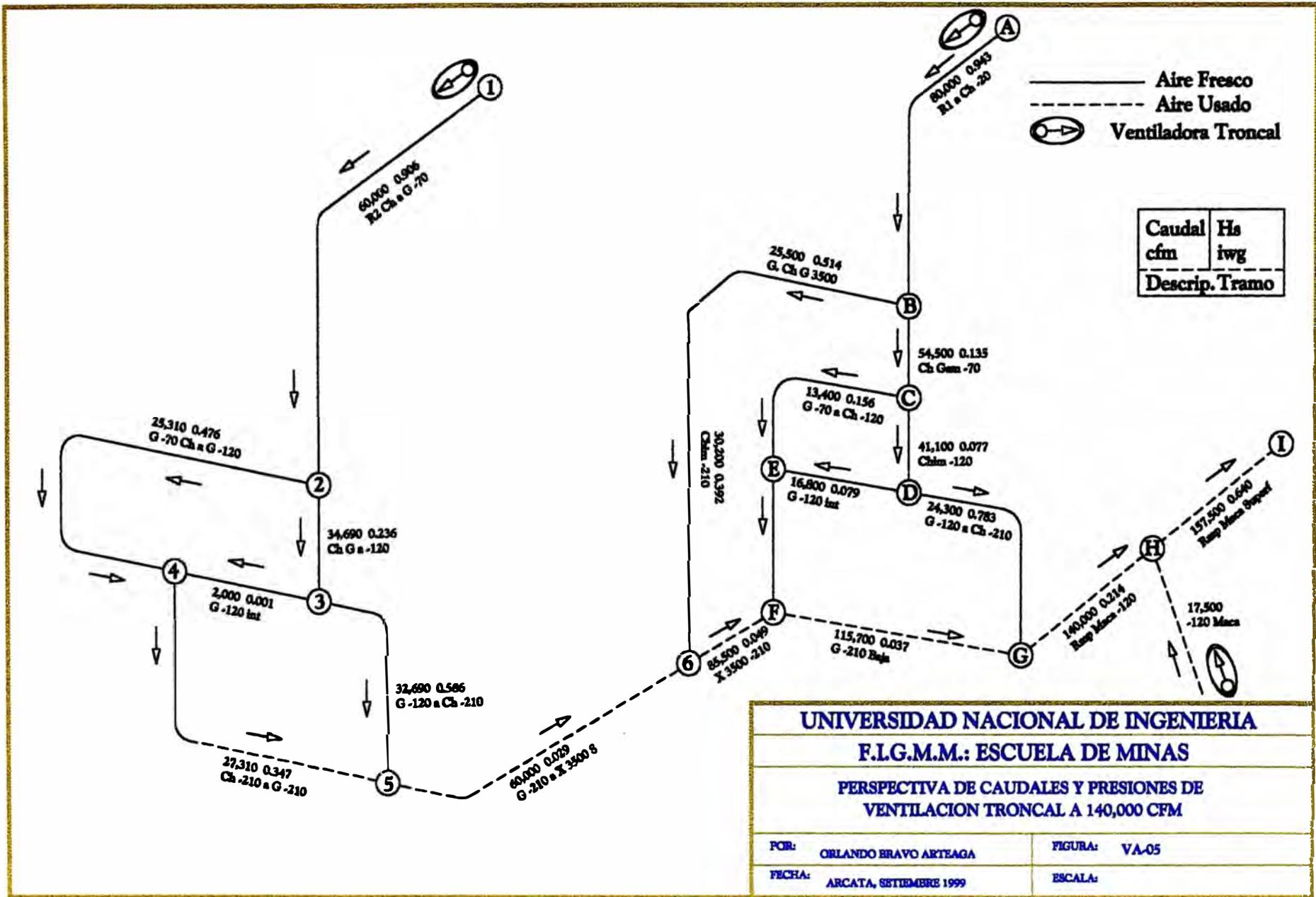
#### PARAMETROS DE FLUJO TRONCAL PROYECTADO A 140,000 C.F.M.

FOR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA

FIGURA: VA-04

FECHA: ALCATA, SEPTIEMBRE 1999

ESCALA:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS

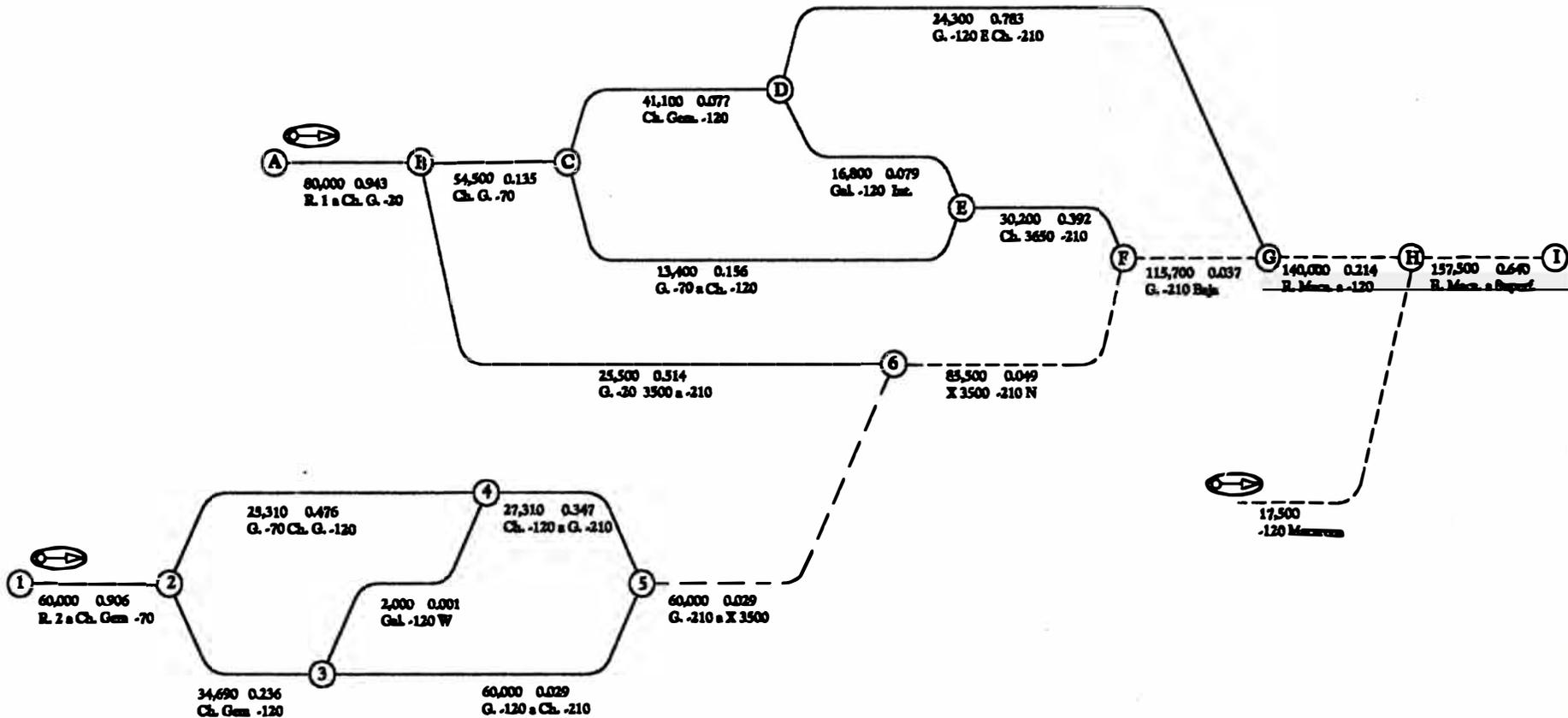
PERSPECTIVA DE CAUDALES Y PRESIONES DE VENTILACION TRONCAL A 140,000 CFM

POR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA

FIGURA: VA-05

FECHA: ARCATA, SEPTIEMBRE 1999

ESCALA:



Caudal	Hs
cfm	hwg
Descrip.	Tramo



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**F.I.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS**

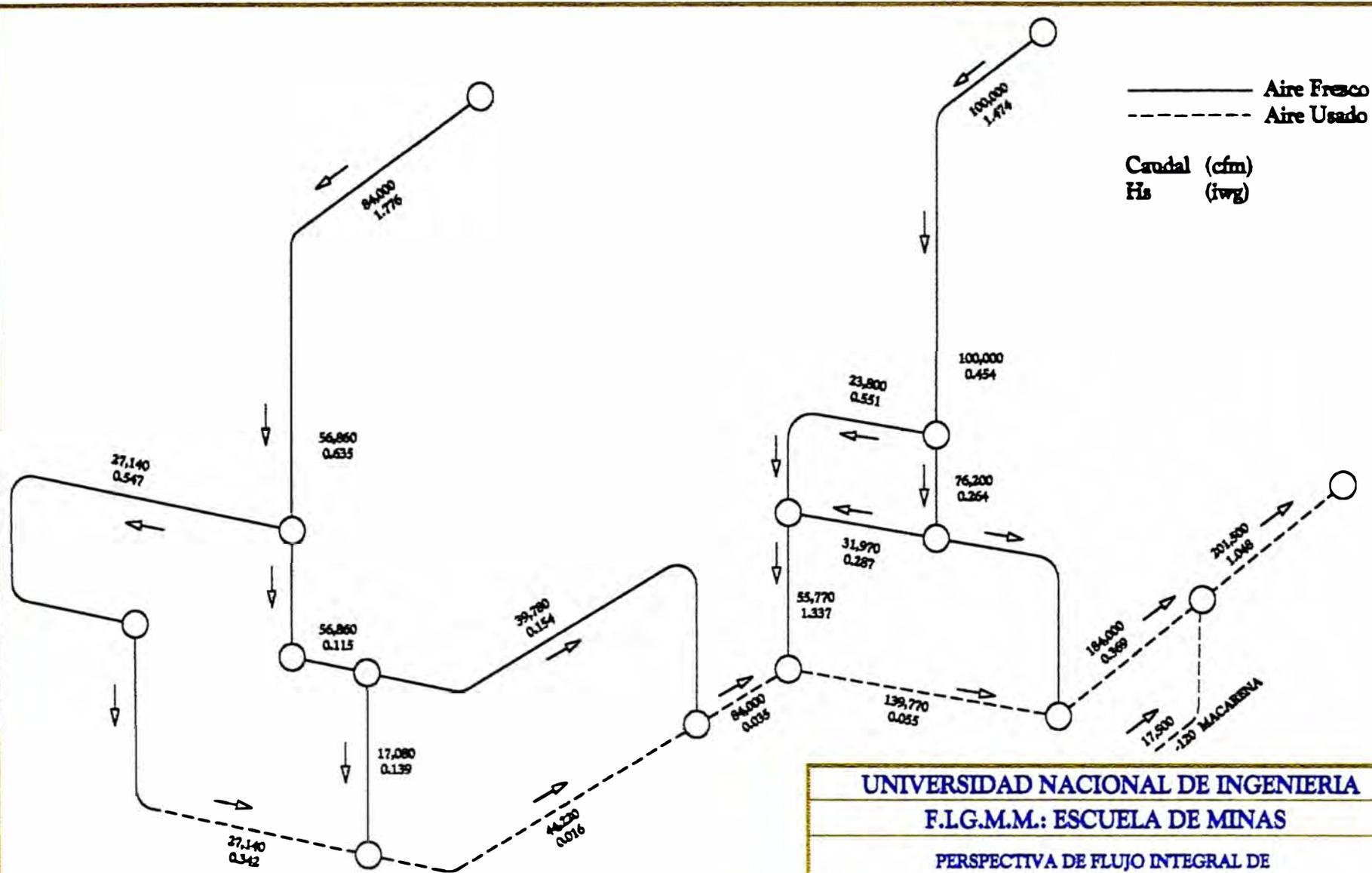
**DIAGRAMA DE FLUJO Y PRESIONES DE VENTILACION  
TRONCAL PROYECTADO A 140,000 C.F.M.**

FOR: CRLANDO BRAVO ARTRAGA

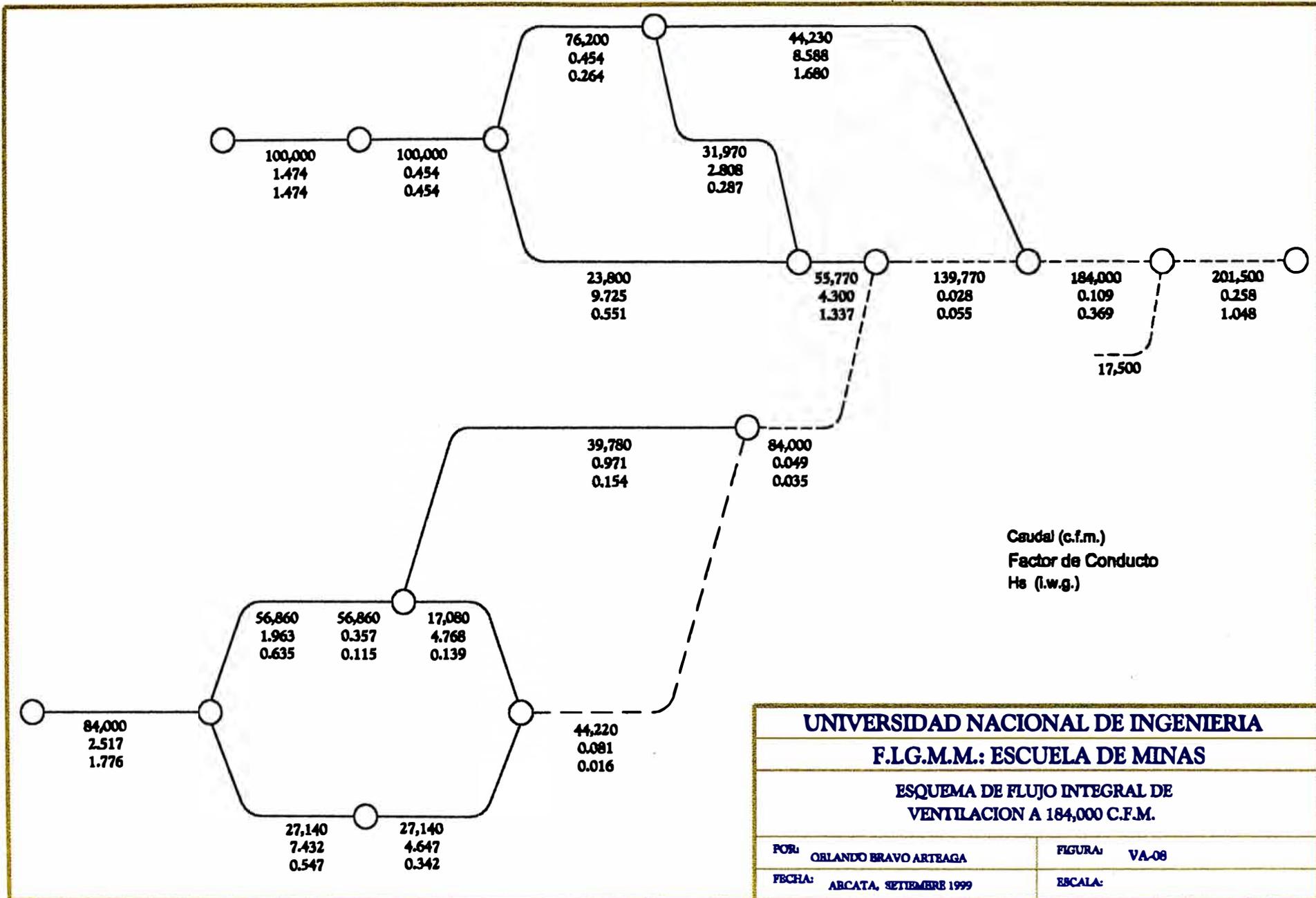
FIGURA: VA-06

FECHA: ARCATA, SETIEMBRE 1999

ESCALA:



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	
<b>F.L.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS</b>	
<b>PERSPECTIVA DE FLUJO INTEGRAL DE VENTILACION A 184,000 CFM</b>	
POR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA	FIGURA: VA-07
FECHA: ARCATA, SETIEMBRE 1999	ESCALA:



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**F.L.G.M.M.: ESCUELA DE MINAS**

**ESQUEMA DE FLUJO INTEGRAL DE VENTILACION A 184,000 C.F.M.**

FOR: ORLANDO BRAVO ARTEAGA

FIGURA: VA-08

FECHA: AREATA, SETIEMBRE 1999

ESCALA: