

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“MONTAJE DEL NUEVO SISTEMA DE  
VENTILACIÓN PARA LA UNIDAD MINERA SAN  
RAFAEL – MINSUR S.A.”**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**MANUEL CLEMENTE ZUAZO ROMUCHO**

**PROMOCION 1992-II**

**LIMA – PERU**

**2012**

**TABLA DE CONTENIDOS:**  
**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL:**  
**MONTAJE DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACION UNIDAD MINERA**  
**SAN RAFAEL- MINSUR S.A.**

	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
	<b>Prologo</b>	1
<b>1.0</b>	<b>Introducción</b>	2
1.1	Antecedentes de la Empresa	2
1.2	Objetivos	3
1.3	Justificación	3
1.4	Alcances	3
<b>2.0</b>	<b>Generalidades</b>	5
2.1	Ubicación	5
2.2	Accesos	6
2.3	Climatología y Recursos Naturales	7
2.4	Reseña Histórica de la Mina	7
2.5	Geología y Reservas	8
2.5.1	Geología	8
2.5.1.1	Estratigrafía	8
2.5.1.2	Rocas Intrusas	9
2.5.2	Depósitos Minerales	9
2.5.2.1	Estructura de las Vetas	10
2.5.3	Geología Económica	10
2.5.3.1	Mineralogía	10

2.5.3.2	Zonamiento Mineralógico	13
2.5.3.3	Secuencia de Mineralización	13
2.6	Minería y Metalurgia	13
<b>3.0</b>	<b>Principios Básicos de Ventilación Mínera</b>	<b>16</b>
3.1	Objetivo	16
3.2	Flujo de Aire	17
3.2.1	Ley Cuadrática de Ventilación	17
3.2.2	Aire Atmosférico	18
3.2.3	Aire de Mina	18
3.2.4	Densidad del aire y Gravedad Específica	18
3.2.5	Viscosidad	20
3.2.6	Flujo de Aire	20
3.2.7	Tipo de Movimiento de Aire	21
3.3	Resistencia de los Conductos de Ventilación	21
3.4	Estudio de la Presión	22
3.5	Circuitos Básicos en Ventilación de Minas	24
3.6	Ventilación Natural	25
3.7	Ventilación Mecánica	27
3.7.1	Clasificación de Ventiladores	28
3.7.2	Selección de Ventiladores para Minas	29
3.8	Aplicaciones Prácticas	29
3.8.1	Levantamiento de Ventilación de una Mina	29
3.8.1.1	Objetivos	29
3.8.1.2	Ingreso y Salida de Aire	29
3.8.1.3	Cantidad de Aire Necesaria	30

3.8.1.4	Diagnostico de Circuitos	32
3.8.1.5	Condiciones Ambientales	33
3.8.1.6	Evaluación de las Condiciones Termo-Ambientales	33
3.8.1.7	Factores de Ventilación	33
<b>4.0</b>	<b>Aspectos Generales del Proyecto</b>	<b>34</b>
4.1	Condiciones Ambientales en el Umbral	34
4.2	Acceso al Área de Trabajo	34
4.3	Estudio del Suelo	34
4.4	Obras Civiles	37
4.4.1	Alcance del Trabajo Civil estructural	37
4.4.2	Concreto Estructural y Refuerzos	38
4.5	Alcance de las Obras mecánicas	41
<b>5.0</b>	<b>Fabricación de la Estación de Ventilación</b>	<b>43</b>
5.1	Generalidades Sobre Fabricación de las Estructuras Metálicas	43
5.2	Antecedentes de los Sistemas de Ventilación en Mina	44
5.2.1	Descripción de la Línea de Ventilación	45
5.2.2	Sistema Funcional de la línea de Ventilación	46
5.2.3	Conceptos sobre los Elementos de Línea	47
5.3	Ingeniería de Detalle	50
5.4	Procesos de Fabricación	51
5.5	Supervisión y Aseguramiento de la Calidad	55
5.6	Descripción Constructiva de la Línea de Ventilación	55
5.7	Revestimientos Protectores: Pinturas	62

<b>6.0</b>	<b>Montaje de la Estación de Ventilación</b>	<b>67</b>
6.1	Plan de Montaje General	67
6.2	Movimiento de Tierras	70
6.3	Excavación, relleno y compactación para cimentaciones	73
6.4	Morteros de Nivelación	74
6.5	Traslado de los Productos Terminados hacia la Obra	78
6.6	Descripción del Plan de Montaje General	79
6.7	Descripción del Plan de Montaje de la línea de Ventilación	82
6.8	Recursos Humanos	85
6.9	Equipos y Herramientas Usados Durante el Montaje	87
6.10	Otros Elementos Usados Durante el Montaje	91
6.11	Preparación de la Superficie para el Montaje de los Elementos	93
6.12	Nivelación y Trazo de Ejes de Bases de Elementos	94
6.13	Montaje de Estructuras Metálicas	95
6.14	Montaje de Ductos	97
6.15	Montaje de Equipos Mecánicos	98
6.16	Montaje de los Ventiladores	105
6.17	Plan de Puesta en Marcha	111
<b>7.0</b>	<b>Costos del Proyecto</b>	
	CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	129
	BIBLIOGRAFÍA	133
	APENDICES	135

## PROLOGO

El presente trabajo consta de siete capítulos empezando por dar un resumen de los conceptos principales involucrados primero con la minería luego incidiendo en los procesos de fabricación y montaje de los equipos.

**En el capítulo 1** se presenta la introducción, los antecedentes, el objetivo del trabajo y sus limitaciones.

**En el capítulo 2** se cubren los aspectos generales que conciernen a la ubicación y principales características de la mina.

**En el capítulo 3** hacemos una descripción de los principios de la ventilación, desde la teoría, para después enfocarse en las aplicaciones mineras.

**En el capítulo 4** damos unos conceptos generales sobre los aspectos generales del proyecto.

**En el capítulo 5** vemos lo relativo a la fabricación de la estación de ventilación.

**En el capítulo 6** se desarrolla lo concerniente al montaje e instalación de la estación de ventilación.

**En el capítulo 7** se dan los costos relacionados al proyecto de una forma general.

Se finaliza con las conclusiones y observaciones del presente trabajo.

Tenemos que hacer un reconocimiento a todas las personas e instituciones que han hecho posible la realización de este trabajo y que esperamos sea de alguna utilidad en la profundización de los conocimientos de ingeniería de nuestro país.

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

Últimamente la minería en el Perú se ha vuelto una de las actividades económicas que ha tenido un auge como producto de la creciente demanda mundial de materias primas, por consiguiente, también ha sido necesario hacer mejoras en los procesos de producción para así obtener altos estándares de calidad en cuanto a todos los procesos de producción. La apertura de los mercados y el proceso de globalización obligan a las empresas a realizar este tipo de mejoras para poder optimizar sus operaciones, obteniendo beneficios a corto, mediano plazo y largo plazo.

#### **1.1 Antecedentes de la Empresa**

Acero Operadores Industriales S.A.C. es una empresa metalmeccánica instalada de dentro de lo que eran las instalaciones de FAMIA INDUSTRIAL S.A., por lo que cuenta con una infraestructura adecuada para todo tipo de trabajo en acero. Tiene una capacidad de producción instalada de 250 TM. / mes de acero. Acero Operadores Industriales S.A.C. pone al servicio de la industria productos con tecnología de marcas reconocidas a través de sus licencias de fabricación y de sus representaciones. La división de ingeniería cuenta con profesionales altamente calificados en Diseño, Producción y Control de Calidad de acuerdo a las Normas Nacionales e Internacionales.

El personal obrero está conformado por técnicos caldereros altamente capacitados con años de experiencia en el ramo, y soldadores con homologación en diferentes posiciones y proceso de soldadura.

## **1.2 Objetivos**

El objetivo del presente trabajo es fabricar y realizar montaje del sistema de ventilación en la nueva planta de ventilación de la minera San Rafael perteneciente a la compañía MINSUR S.A.

Para cumplir con los objetivos se ha elaborado procedimientos de fabricación y montaje, de la forma más adecuada, cumpliendo normas.

## **1.3 Justificación**

Las razones principales de la ventilación minera son: por el oxígeno necesario para la respiración, para la dilución y remoción del polvo, para la dilución y remoción de gases nocivos, y para la reducción de temperaturas. Es así como la ventilación provee un ambiente de trabajo seguro y confortable. Por eso el objetivo de la ventilación minera es proporcionar a la mina un flujo de aire en cantidad y calidad suficiente para diluir contaminantes en todos los lugares donde está trabajando el personal, y además cumplir con el Reglamento de Salud e Higiene en Minería en lo referente a ventilación y salud ambiental.

## **1.4 Alcances**

Para dar una visión más amplia del trabajo se ha dado una breve descripción de los procesos que están relacionados estrechamente con la fabricación y montaje mecánicos que es el tema principal de nuestro trabajo, por



eso damos unos conceptos sobre la parte geológica, minera, sobre la parte civil estructural y finalmente algunos conceptos sobre parte eléctrica.

El alcance de este trabajo está limitado las condiciones especiales encontradas en el lugar del montaje teniendo en cuenta las condiciones locales encontradas, como por ejemplo altitud, temperatura, presión, clima etc., además de acuerdo al personal involucrado tanto de la propia mina como de los contratistas.

Los alcances de este proyecto demanda un personal calificado en las fabricaciones con alto dominio de conceptos de calderería y un grupo de soldadores calificados para cumplir las normas, como también personal calificado para el montaje cumpliendo condiciones medicas específicas para soportar los niveles de altura y amplio conocimiento sobre la especialización técnica.

Son limitaciones del proyecto las condiciones de transporte al área de montaje, la trochas de ingreso no permite el traslado de tráileres, ni carga pesada, pues la trocha tienen curvas muy cercanas y tiene paredes laterales con rocas grandes, solo se permiten el traslado en volquetes. Las limitaciones en carga generan a 5 km. de distancia del área de trabajo traslado de carga de tráileres a volquetes, y movimientos lentos y seguros para el cuidado de la carga.

Son limitaciones del proyecto, el uso de la chimenea principal, ocasionando responsabilidad de interior mina sobre la situación del montaje. Los trabajos el Montaje tienen que ser consultados y programados con anticipación, pues un efecto de cierre total o parcial en la chimenea principal ocasionaría, el exceso de contaminación en el interior de la mina como posibles casos de asfixia.

## CAPITULO 2

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación

La unidad minera San Rafael de la Compañía Minera MINSUR S.A. se encuentra ubicada en el Distrito de Antauta, Provincia de Melgar, Departamento de Puno, en la parte sur oriental del Perú, cuyas coordenadas geográficas son:

Longitud                                -70° 19' 7.07907"

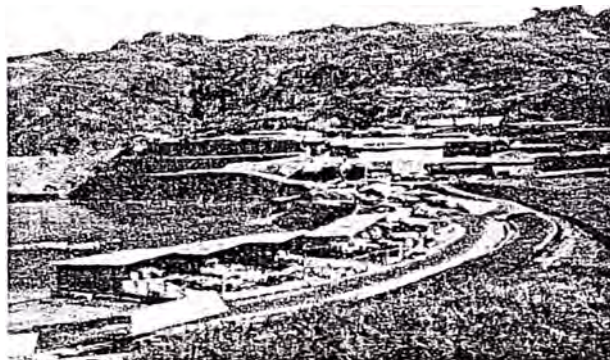
Latitud                                    -14° 13' 41.67466"

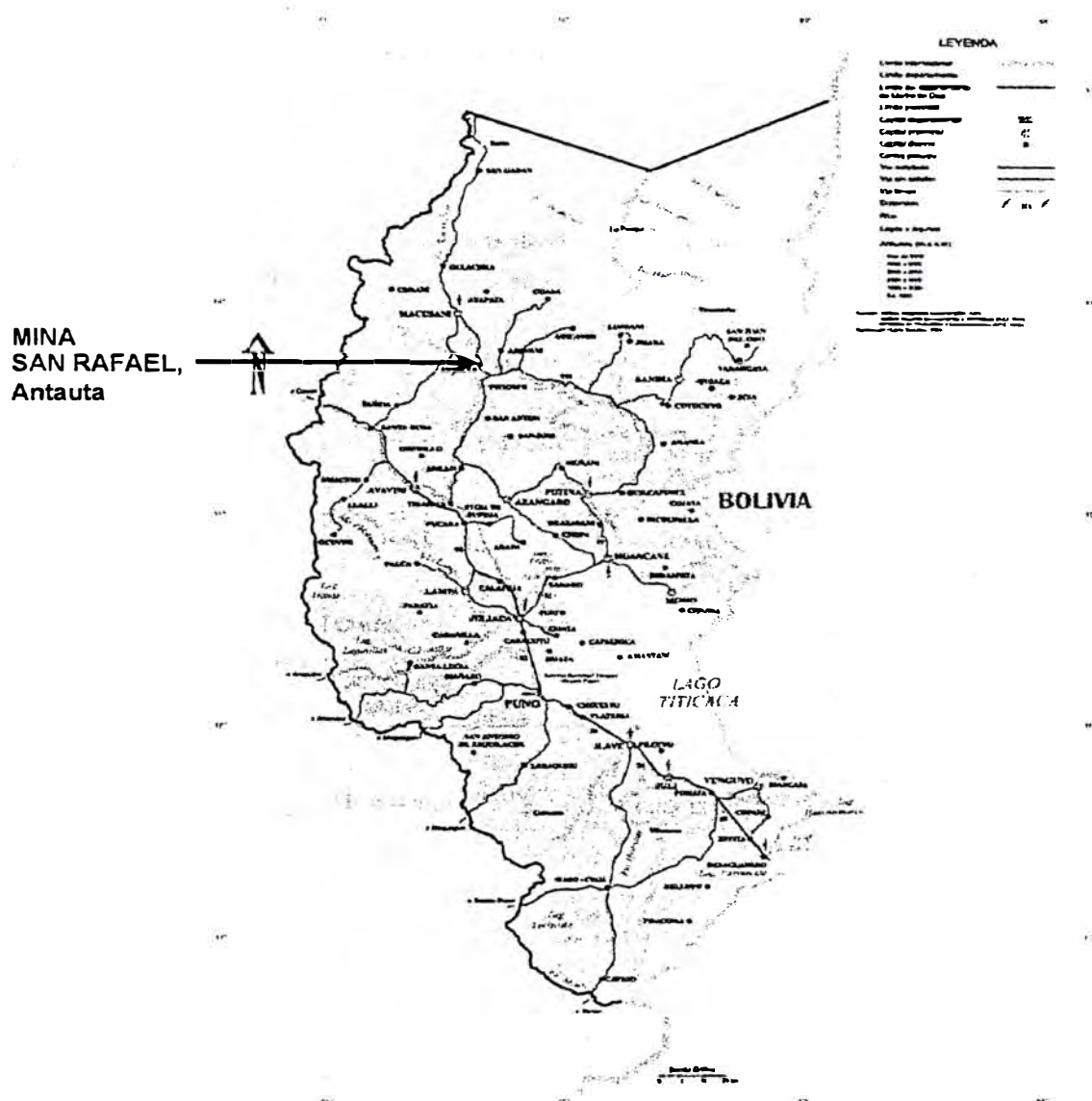
Coordenadas U. T. M. : Zona: 19

Norte                                      8426610.011

Este                                        357724.619

Altura                                      4532.301 m. s. n. m.





Las labores mineras se realizan en las faldas del nevado Quenamari, la bocamina se encuentra a 4,523 m. s. n. m. Los campamentos se encuentran distribuidos en diferentes niveles: 4400 (Cumani) 4500 (Campamento Central – Planta Concentradora), 4600, 4730, 4800 m. s. n. m.

## 2.2 Accesos

El acceso es por varios medios:

Por vía terrestre se viaja desde Juliaca por una carretera afirmada que pasa por la localidad de Tirapata, sigue hacia Macusani, San Antón, Antauta, Cumani

y finalmente San Rafael haciendo un total de 183 Km., aproximadamente en 7 horas de viaje.

Por vía aérea en la ruta Lima – Arequipa – Juliaca o también en vuelo directo de 2 horas, en la avioneta de la empresa que llega hasta la localidad Cumani.

### **2.3 Climatología y Recursos Naturales**

#### **Clima**

El clima es frígido, típico de altitud, existiendo dos estaciones bien definidas: la época de lluvias abundantes comprendido entre los meses de Diciembre a Abril y la época seca entre Mayo a Noviembre que es con pocas precipitaciones.

Durante ambos periodos la temperatura es baja llegando a acercarse a cero y no sobrepasa los 21 °C.

#### **Recursos Naturales**

La vegetación es típica de la Puna, con pastizales de ichu, por arriba de los 4500 m. s. n. m. ya no existe vegetación.

Como el clima es frígido, no existe agricultura en los lugares cercanos, la vegetación propia de las alturas sirve de forraje de las pequeñas cantidades de auquénidos y lanares que hay en la Zona. El abastecimiento de alimentos para el consumo humano proviene de lugares alejados.

### **2.4 Reseña Histórica**

Los primeros denuncios de la zona se realizaron en el año de 1940 por la Compañía GRACE.

La unidad minera San Rafael fue explotada esporádicamente por pequeños mineros interesados únicamente en cobre; merece especial mención el Sr.

Manuel González Polar quien puso especial empeño en la prospección del nevado Quemari y a su cateador el Sr. Rafael Avendaño, descubridor de la veta que lleva su nombre en 1947.

Luego por el año de 1950 la LAMPA MINING COMPANY prosiguió con los trabajos mineros hasta el año de 1966, en este año la compañía MINSUR Sociedad Limitada compró la concesión para trabajar en el yacimiento hasta el año de 1976. Fue entonces que la compañía MINSUR S.A. prosigue el trabajo hasta la actualidad.

Actualmente el producto principal es el estaño y es el primer productor en Sudamérica y el tercer a nivel mundial.

## **2.5 Geología y Reservas**

### **2.5.1 Geología**

Las rocas presentes varían desde el Paleozoico inferior hasta el Cenozoico. Los sedimentos antiguos se encuentran fuertemente Plegados y fallados, las rocas presentes son las filitas, pizarras y cuarcitas, siendo más abundante la pizarra, estos sedimentos han sido instruidos por cuerpos batolíticos de edad Triásica y por stocks terciarios de composición granítica, además se observá uná cubiertá de material Cuaternario fluvio-glacial que cubre las litologías mencionadas.

#### **2.5.1.1 Estratigrafía**

En la unidad minera de San Rafael se observan las siguientes rocas:

##### **Paleozoico inferior:**

Se encuentran filitas y cuarcitas que son correlacionadas con la Formación Sandía.

Las filitas se encuentran como un casquete sobre el intrusito.

### **Paleozoico superior:**

Se le ubica en discordancia angular y rodeado a la zona del intrusivo, se compone de areniscas y lutitas del Grupo Ambo (Mississipiano), estas son cubiertas en forma discordante por calizas y lutitas del Grupo Tarma (Pensilvaniano), las que a su vez son cubiertas por calizas masivas y lutitas del Grupo Copacabana que pertenece al Pérmico. El Grupo Copacabana asimismo está cubierto en forma discordante por las Capas Rojas y rocas volcánicas del Permico Superior al Triasico Inferior pertenecientes al Grupo Mitu.

#### **2.5.1.2 Rocas Intrusas**

El intrusito principal que se encuentra en la zona es el pórfido monzonítico cuarcífero, este forma parte de un batolito que ocupa una amplia extensión llamada "Intrusito Aricoma".

En el nevado Quenamani se encuentran afloramientos de diversas rocas intrusitas entre las que se tienen el Pórfido Monzonítico San Rafael, la Granodiorita Porfirítica Mariano, la Lutita Cuarcífera San Rafael y la Lutita Cuarcífera Porfirítica Andes Peruanos.

#### **2.5.2 Depósitos minerales**

La mineralización en el Distrito minero de San Rafael ha sido provocada por soluciones hidrotermales que rellenaron fracturas y produjeron reemplazamientos en el intrusito. La mineralización principal es de estaño y cobre en San Rafael y poli metálica en Quenamari con estaño, plomo, zinc, plata, y cobre.

La veta San Rafael tiene un rumbo promedio de N 30-60 W y un buzamiento de 40-75 NE y una longitud de 3 Km. Sus afloramientos son delgados con un promedio de 0.5 m.

### **2.5.2.1 Estructuras de las vetas**

#### **Estructuras externas:**

La estructura mas común es el lazo cimoides: las vetas individuales (San Rafael, Vicente) o entre varias vetas (San Rafael, Vicente, Jorge) que al unirse al Norte forman la veta Umbral. Los ramales son parte de los lazos cimoides. Presentan cuerpos de brecha con turmalina rellenas con casiterita botroidal, calcita y cuarzo.

#### **Estructuras internas:**

La caja techo de la veta San Rafael es generalmente un plano de fracturas bien definido, se observan geodas y drusas en varios tramos. El relleno de fracturas es más definido en las filitas.

### **2.5.3 Geología Económica**

Las vetas son estructuras mineralizadas que pueden ser económicamente rentables. La veta San Rafael es la rentable y explorable.

#### **2.5.3.1 Mineralogía**

En la unidad minera San Rafael existe una variedad de minerales y podemos clasificarlos de la siguiente manera:

#### **Minerales de Mena:**

Encontramos los siguientes minerales:

**Casiterita ( $\text{SnO}_2$ )**

Es de color marrón café, pardo oscuro, ocurre en forma escarapelada, botroidal y a veces en diseminaciones. Es la mena de estaño.

**Caicopirita ( $\text{Cu FeS}_2$ )**

Su color es amarillo latón intenso, se encuentra en masa compacta, en forma de granos irregulares con inclusiones de casiterita y en forma de venillas. Es la mena principal de cobre.

**Novelita ( $\text{CuS}$ )**

Color azul definido, ocurre en masas pulverulentas, tiene brillo metálico.

**Calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ )**

Viene a ser un mineral secundario de los sulfuros de cobre, su color gris de plomo y su brillo es metálico.

**Bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ )**

Su color es rojo oscuro, en el medio ambiente se cubre de una patina eflorescente, su brillo es semi metálico.

**Cubanita ( $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ )**

Su color es similar al de la pirrotita, es magnética y tiene brillo metálico.

**Minerales de ganga**

Tenemos los siguientes:

**Esclerita ( $\text{ZnS}$ )**

Es de la variedad de la marmitita, su color es pardo oscuro.



**Galena (PbS)**

Es de color gris de plomo, tiene brillo metálico es frágil . Se presenta en cristales cúbicos y en forma diseminada.

**Pirita (FeS<sub>2</sub>)**

Es de color amarillo latón, su brillo es metálico.

**Arsenopirita (AsFe<sub>2</sub>)**

Su color es blanco de plata, es frágil, los cristales son de aspecto prismático, aciculares.

**Fluorita (CaF<sub>2</sub>)**

Es de color violáceo, tiene brillo vítreo, se presenta en cristales octohédricos y cúbicos.

**Cuarzo (SiO<sub>2</sub>)**

Es el mineral más común, es de color lechoso, en ocasiones hialino o con recubrimiento de óxidos de hierro. Se presenta frecuentemente bien cristalizado, las drusas y las macías de cuarzo son frecuentes, también se observa el cuarzo rellenando fracturas en forma masiva.

**Marcasita (FeS<sub>2</sub>)**

Pertenece al grupo de la pirita, es de color amarillo latón verdusco.

**Pirrotita (FeS<sub>1-x</sub>)**

Es de color pardo rojizo, son escasos en la mina.

**Clorita (Silicato de Magnesio)**

Es un mineral de alteración y se encuentra en el intrusito, en las cajas vetas.

### **2.5.3.2 Zonamiento mineralógico**

En la veta San Rafael existe un marcado zonamiento vertical, el cobre abunda en la parte superior (sobre el nivel 666), cobre-estaño en agujas (entre los niveles 666 y 533) y estaño madera, estaño botroidal y estaño oscuro en la parte inferior (debajo del nivel 533).

### **2.5.3.3 Secuencia de la mineralización**

El mineral económico principal es la casiterita ( $\text{SnO}_2$ ) del que se obtiene el estaño y en menor proporción: estañita, calcopirita, galena.

Se han diferenciado 5 eventos principales de mineralización hipogénicos en la veta San Rafael, que contribuyeron a la secuencia de mineralización.

#### **Primera etapa:**

Vetas de cuarzo y turmalina.

#### **Segunda etapa:**

Casiterita botroidal – cuarzo cloritas (evento más importante).

#### **Tercera etapa:**

Calcopirita, estaño en agujas, cuarzo – cloritas.

#### **Cuarta etapa:**

Vetas de cuarzo calcitas (cuarzo fechoso).

**“Las reservas actuales en la Mina San Rafael bordean los 14 millones de toneladas métricas con una ley promedio de 4.85 % de estaño en el presente año 2005 “.**

## **2.6 Minería y metalurgia**

### **Minería**

**Explotación:** La explotación del yacimiento San Rafael es subterránea y se aplican dos sistemas de minado:

- a. Convencional: Basado en el método *Shrinkage* o almacenamiento provisional, que prácticamente es la base de la producción. El corte se efectúa en *gradines* rectos invertidos, con una altura variable de 3 m.
- b. Mecanizado: En su modalidad *trackless*. Este sistema se encuentra en su etapa inicial, efectuándose las rampas de desarrollo.

### **Perforación:**

Es el sistema de minado convencional se utiliza perforadores Jacklegs. La característica de los trabajos es que no se requiere sostenimiento de madera, por la resistencia y estabilidad de la roca encajonante. Las galerías tienen una sección promedio de 2.20 x 2.20 m.

### **Transporte:**

Para el acarreo de mineral se usan carros mineros de 1.1 Tm., empujados por trabajadores. En otros niveles se utilizan locomotoras Diesel especialmente para llevar el mineral desde el *ore pass* (echadero) a las tolvas de almacenamiento de gruesos de la planta concentradora.

### **Ventilación:**

La ventilación es natural, a excepción del nivel 600, donde se utiliza ventilación mecánica.

### **Suministro de agua:**

En la mina San Rafael una de las dificultades que se tiene que vencer es la escasez de agua para los niveles superiores en la época de estiaje; lo que obliga a almacenar tanques y también a bombear agua a las zonas de mayor escasez.

## **Metafurgía**

La unidad minera San Rafael opera con una planta de beneficio en dos etapas:

- a. Una etapa de flotación selectiva para minerales de cobre con una capacidad teórica de 350 TM./ día; y
- b. Una etapa de concentración gravimétrica para minerales de estaño con una capacidad de 350 TM./ día.

### **Recepción y trituración.**

El proceso se inicia en la tolva de gruesos que tiene tres divisiones de 120 Tm. cada una. De ahí se alimenta a dos trituradoras, una de quijadas marca Denver, y otra cónica marca Symons.

### **Molienda.**

Se realiza con un molino de bolas, de donde pasa a otro para la remolienda.

### **Flotación.**

De la molienda, el mineral pasa por el acondicionador para llegar al banco de celdas de flotación, obteniéndose concentrados de cobre. Los relaves pasan a las mesas de concentración gravimétrica para obtener concentrados de estaño.

## CAPITULO 3

### PRINCIPIOS BASICOS DE VENTILACION MINERA

A continuación proporcionaremos los conocimientos técnicos básicos de ventilación comprometidos con el mundo minero tan complejo y difícil, sobre todo en minas subterráneas donde las condiciones de ventilación, ambientales y de salud son desfavorables debido principalmente a:

Consumo de explosivos, uso de equipos diesel, presencia de material particulado o polvo, causado por el manipuleo del material roto (mineral y desmonte), la diversidad de labores (chimeneas, cruceros, fajeos, etc.), a la profundidad de las minas, a la cantidad de personal que labora en cada una de ellas, etc.

#### **3.1 Objetivo**

Proporcionar a la mina un flujo de aire en cantidad y calidad suficiente para diluir contaminantes, a límites seguros en todos los lugares donde el personal está en trabajo y cumplir con el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, en lo referente a Ventilación y salud ambiental.

En países como E.E.U.U. la responsabilidad del Control de la Ventilación minera es del Ingeniero de Ventilación.

En las minas del Perú, la responsabilidad es compartida; en algunas minas lo realiza el Ingeniero de Seguridad, en otras el Jefe de Sección y en pocas el Ingeniero de Ventilación.

### **3.2 Flujo de Aire**

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

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

El aire en interior de mina es muy diferente al aire atmosférico. Este aire al pasar por la mina, cambia en su composición: la cantidad de oxígeno disminuye, la de anhídrido carbónico aumenta, además, se agregan al aire diversos gases ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}$ ), vapores y polvos. Se considera que el aire de mina se compone: de aire atmosférico, de gases activos (gases explosivos o nocivos que se forman en las labores mineras) y de aire muerto (mezcla de anhídrido carbónico 5 – 15 % y nitrógeno 95 – 85 % en exceso comparado con el aire atmosférico). El contenido de aire muerto varía, en el aire de mina, desde unos decimos hasta algunas unidades por ciento. Para estudiar el flujo de aire de mina es necesario que se analicen ciertos criterios técnicos.

#### **3.2.1 Ley Cuadrática de Ventilación (ecuación de Atkinson)**

Donde  $H$  es resistencia de ventilación, esta resistencia se opone al paso del aire a una labor por la cual  $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$  de aire circula en una de presión igual a  $1 \text{ mm}$

$$H = R \times Q^2$$

H = Presión del aire (pulgadas de agua)

R = Resistencia practica (Kg. seg<sup>2</sup> / m<sup>8</sup>)

Q = Flujo de aire (m<sup>3</sup>/min.)

### 3.2.2 Aire Atmosférico:

Composición:

OXIGENO	20.93 %
NITROGENO	79.04 %
ANHIDRIDO CARBONICO	0.03 %
	100.00 %

Características:

Densidad: 0.075 lb./pie<sup>3</sup>

1 m<sup>3</sup> a 0 ° C y 760 mm de Hg.: 1.293 kg.

En la altura el contenido porcentual de oxígeno disminuye ↘ ↙

Nunca se le encuentra seco siempre contiene humedad.

### 3.2.3 Aire de Mina

Denominamos aire de mina, al aire atmosférico, que al ingresar a la mina sufre una serie de alteraciones, si son pequeñas lo podemos considerar como aire fresco, si las alteraciones son considerables lo consideramos una mezcla de gases, vapores generalmente con partículas de material (polvo ambiental en suspensión), al que denominamos aire viciado.

### 3.2.4 Densidad de Aire y Gravedad Específica

#### Densidad del Aire

$$\rho = \frac{1.325 \times PB}{460 + T}$$

Donde:

$\rho$  = Densidad del aire (lb. / pie<sup>3</sup>)

$PB$  = Presión Barométrica (Pulgadas de Mercurio)

$T$  = Temperatura del aire (° F)

#### Gravedad Específica

$$G = \frac{0.465 \times P - 0.176 \times h \times P_s}{T} \quad (\text{Kg/m}^3)$$

Donde:

$G$  = Gravedad Especifica, (Kg. /m<sup>3</sup>)

$P$  = Presión barométrica en mm de Hg.

$P_s$  = Presión del aire saturado, en mm de Hg.

$h$  = Humedad relativa en fracción (%)

$T$  = Temperatura en ° K

#### Presión

$$P = (P_o \times \rho \times H) \times S$$

Donde:

$P$  = Presión

$P_o$  = Presión atmosférica normal

$\rho$  = Densidad del aire

$H$  = Altura de la columna de aire



S = Superficie

### Temperatura

Grados Fahrenheit °F =  $9/5$  °C + 32

Grados Celsius °C =  $5/9$  (°F - 32)

Las temperaturas absolutas se miden en grados Kelvin ° K, en la escala centígrada y grados Rankine ° R para la escala Fahrenheit.

°K = °C + 273.16

°R = °F + 459.69

### 3.2.5 Viscosidad

$$\mu = \frac{F \times L}{A \times v}$$

Donde:

$\mu$  = Coeficiente de viscosidad (Poise)

F = Fuerza de fricción (Dinas)

L = Distancia (m)

A = Superficie de contacto del fluido (m<sup>2</sup>)

v = Velocidad (m/s)

### 3.2.6 Flujo de Aire

$$Q = V \times A$$

Donde:

Q = flujo de aire (m<sup>3</sup>/min.)

V = Velocidad del flujo de aire (m/min.)

A = Área de la sección del ducto (m<sup>2</sup>)

El flujo está referido al movimiento del aire para ventilar labores y que esta corriente de aire fluya de un modo constante y sin interrupciones.

### **3.2.7 Tipo de Movimientos de Aire**

**Movimiento Lamínar:** Cuando las distintas partículas del fluido se mueven paralelamente en trayectorias separadas o capas bien ordenadas.

**Movimiento Turbulento:** Donde las partículas del fluido se mezclan continuamente formando remolinos, dando una apariencia totalmente irregular.

#### **Numero de Reynolds**

Reynolds estableció un coeficiente (Re), que relaciona la velocidad (V), diámetro (d), densidad ( $\rho$ ) y la viscosidad dinámica ( $\mu$ ) de un fluido a través de las tuberías.

$$Re = \frac{V \times d \times \rho}{\mu \times g}$$

Si Re es menor de 2320 el movimiento es laminar

Si Re es mayor de 2320 el movimiento es turbulento

### **3.3 Resistencia de los Conductos de Ventilación**

#### **Clases de Resistencia:**

1. Resistencia o pérdida de presión por fricción.

$$R = \frac{K \times \rho \times P \times L}{A^3}, \quad (\text{Kg} \times \text{sg}^2 / \text{m}^6)$$

2. Resistencia o pérdida de presión por choque

$$R = \frac{K \times \rho \times P \times Le}{A^3} \quad (\text{Kg} \times \text{sg}^2 / \text{m}^6)$$

#### **Unidades de Resistencia:**

$R =$  Resistencia ( $\text{kg s}^2 / \text{m}^6$ )

$K =$  Factor de fricción ( $\text{kg s}^2 / \text{m}^4$ )

$P =$  Perímetro (m)

$L$  = Longitud (m)

$L_e$  = Longitud equivalente (m)

$A$  = Área del ducto o conducto ( $m^2$ )

### Factores que Afectan la Resistencia en los Ductos:

Diámetro del ducto ( $l/d^5$ )

Longitud (m)

Factor de fricción y rugosidad de un ducto

Densidad del aire

### Algunos Valores de Resistencia para Ventilación:

Puertas : 5 - 50  $N\cdot s^2 / m^8$  (típica = 20  $N\cdot s^2 / m^8$ )

Tapones : 1000 - 10000  $N\cdot s^2 / m^8$  (típico = 2500  $N\cdot s^2 / m^8$ )

Tabique de ventilación y cortinas: 1 - 5  $N\cdot s^2 / m^8$  (típico = 2.5  $N\cdot s^2 / m^8$ )

Mamparas: 50 - 5000  $N\cdot s^2 / m^8$  (típica = 1500  $N\cdot s^2 / m^8$ )

### 3.4 Estudio de la Presión

$$H = R \times Q^2$$

#### Clases de Presión

##### 1. Presión de velocidad:

$$H_v = \frac{\rho \times V^2}{2}$$

$H_v$  = Presión de velocidad (Pa)

$V$  = Velocidad del aire (m/seg.)

$\rho$  = Densidad del aire ( $kg/m^3$ )

## 2. Presión Estática.

Es la presión ejercida por el aire en las paredes del ducto, la cual tiende a forzarlas al expandirse. Se le denomina estática porque así no haya movimiento del aire, esta presión siempre va a existir.

## 3. Presión Total.

Se define como la suma de las presiones de velocidad y de la presión estática.

$$H_T = H_s + H_v$$

### Potencia del Aire

Para que una cantidad conocida de aire circule a través de un Sistema, se requiere de cierta presión. La potencia de este flujo se conoce como poder del aire:

$$W_a = \frac{H \times Q}{1000} \quad (\text{kW})$$

$W_a$  = Poder del aire (Kw)

$H$  = Presión (Pa)

$Q$  = Caudal de aire (m<sup>3</sup>/s)

### Ecuación de Bernoulli:

$$P_1 + \frac{\rho_1 \times V_1^2}{2} + \rho_1 \times g \times H_1 = P_2 + \frac{\rho_2 \times V_2^2}{2} + \rho_2 \times g \times H_2$$

Dónde:

$P$  = Presión absoluta (kPa)

$\rho$  = Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = Velocidad (m/s)

$g$  = Aceleración gravitacional (m/s<sup>2</sup>)

H = Elevación (m)

Los puntos "1" y "2" indican los flujos hacia arriba y hacia abajo

**En forma general:**

$$(P_1 - P_2) + (\rho_1 \times H_1 - \rho_2 \times H_2) + k_1 \times \rho_1 \times \frac{V_1^2}{2g} - k_2 \times \rho_2 \times \frac{V_2^2}{2g} = H_r$$

Donde K es coeficiente de energía cinética.

La diferencia de presiones  $P_1 - P_2 = H_f$  es la creada por un ventilador

La diferencia de presiones  $\rho_1 H_1 - \rho_2 H_2 = H_n$  es la creada por tiro natural

y la diferencia de presiones:

$$k_1 \times \rho_1 \times \frac{V_1^2}{2g} - k_2 \times \rho_2 \times \frac{V_2^2}{2g} = H_r \quad \text{es la creada por la velocidad del flujo.}$$

En forma reducida:  $H_f \pm H_n \pm \Delta H_v = H_r$

### **Métodos para medir la Presión**

Se pueden utilizar diferentes métodos para medir la presión:

1. Medición de las presiones a través de las exclusas.
2. Método de manguera arrastrada.
3. Método de Densidad (conocido también con el nombre del Barómetro)
4. El de Volumen Completo - Volumen reducido.

## **3.5 Circuitos Básicos en Ventilación de Minas**

1. Circuitos en Serie
2. Circuitos en Paralelo

### **Circuitos en Serie**

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

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

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$$

### **Circuitos en Paralelo**

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

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

$$\frac{1}{\sqrt{R_T}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}$$

## **3.6 Ventilación Natural**

### **Acción del Tiro Natural:**

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

En minas profundas, la dirección y el movimiento del flujo de aire, se produce debido a las siguientes causas:

- Diferencia de presiones, entre la entrada y salida.
- Diferencia de temperaturas durante las estaciones.
- Efectos de la caída del agua, en las chimeneas.

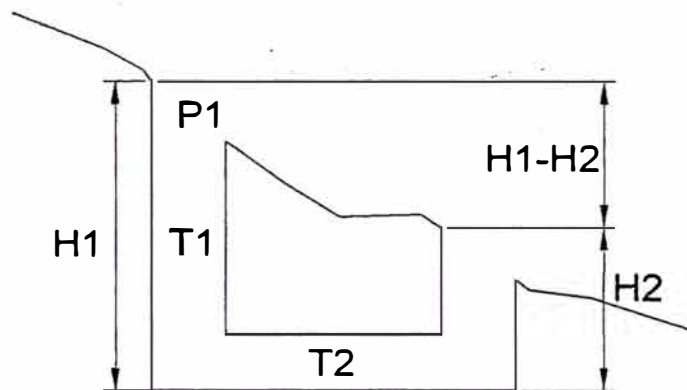
### **Determinación del Flujo de Ventilación Natural**

$$Q = \sqrt{\frac{5.2 H n \times A^3}{K \times P(L + Le)}}$$

Donde:

- $H_n$  = Presión natural  
 $K$  = Factor de fricción  
 $P$  = Perímetro del ducto o galería  
 $L$  = Longitud del ducto o galería  
 $L_e$  = Longitud equivalente.

### Croquis



### Presión: Ventilación Natural

1. Cuando la Densidad del aire se incrementa progresivamente y no linealmente hacia el fondo de la columna.

$$P_n = P_1 \left[ e^{\frac{g}{R} \left( \frac{H_1 - H_2}{T_s} \right) + \frac{H_2}{T_2}} - e^{\frac{gH_1}{RT_1}} \right]$$

- $P_n$  = Presión natural  
 $P_1$  = Presión barométrica en el nivel superior  
 $H$  = Diferencia de nivel (m)  
 $T$  = Temperatura absoluta (° C)  
 $R$  = Constante del aire 290 J / kg ° K

$g$  = Aceleración de la gravedad  $9.81 \text{ m / s}^2$

$T_s$  = Temperatura de la superficie

2. Basándose en la diferencia de temperaturas:

$$H_n = \frac{T_U - T_D}{5.2T} \times \rho$$

$T$  = Promedio de temperatura absoluta =  $\frac{T_U + T_D}{2}$

$\rho$  = Densidad del aire en el punto de referencia deseado

### **Medición Práctica de la Presión de Ventilación Natural**

La presión de ventilación natural puede ser medida directamente, para lo cual será necesario seleccionar una galería (preferentemente horizontal) por la cual circule todo el aire que fluye a través a la mina. Si se interrumpe el flujo momentáneamente por medio de un tabique, bastara medir la presión manométrica que existe a través del mismo para obtener la presión de ventilación natural. Hay que tener en cuenta que para efectuar esta medición, deberá asegurar que todos los ventiladores que existen en la mina estén apagados.

### **3.7 Ventilación Mecánica**

Consiste en el uso de ventiladores que son Turbo maquinas utilizadas para inducir el flujo de aire en las labores mineras o lugares confinados, con la finalidad de remover el aire contaminado. La ventaja sobre la Ventilación Natural es que se puede regular fácilmente y obtener la cantidad de aire deseado



### **3.7.1 Clasificación de los Ventiladores**

#### **Ventiladores centrífugos**

En estos ventiladores el aire entra por el canal de aspiración que se encuentra a lo largo de su eje, atrapado por la rotación de una rueda con aletas. Sus características son:

- Ofrecen la más alta presión estática
- Ofrecen un flujo mediano
- Sus eficiencias varían entre 60 y 80%
- Pueden trabajar a altas velocidades
- Son ventiladores que pueden considerarse “quietos” si se observan sus curvas características
- Producen menos ruido que las axiales
- Son ventiladores rígidos
- Son más sencillas
- Son más costosas

#### **Ventiladores Axiales**

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

También se les llama ventiladores de hélice. Sus características son las siguientes:

- Presión estática media
- Ofrecen el más alto flujo de aire
- Eficiencia entre 70 y 80%
- Son capaces de trabajar a las velocidades (RPM) más altas.
- Presentan una gama de fuerte inflexión e inestabilidad
- Producen los niveles de ruido más altos
- Son más flexibles, es decir versátiles

- Son más baratos y compactos

### **3.7.2 Selección de Ventiladores para Minas**

Existen dos elementos básicos a conocer para la selección de un ventilador

- 1.- Las necesidades de aire para inyectar o extraer
- 2.- La caída de presión de la mina

Las necesidades de aire de la mina deben calcularse previamente, cuando se realiza un Levantamiento de Ventilación.

La caída de presión de la mina también se determina después de haber efectuado la distribución de las corrientes de aire a través de los conductos existentes, donde interviene la resistencia de cada uno de los labores.

## **3.8 Aplicaciones Prácticas**

### **3.8.1 Levantamiento de la Ventilación de una Mina**

Es una parte del estudio integral de ventilación.

#### **3.8.1.1 Objetivos.**

- Diagnostico Integral de circuitos de ventilación.
- Determinar las necesidades de aire.
- Monitoreo de las condiciones Ambientales de la mina: evaluar los contaminantes físicos y químicos.
- Evaluación de las condiciones termo – ambientales.
- Proyectos de mejoras.

### 3.8.1.2 Admisión y Salida del Aire

La entrada y la salida de aire de toda la mina, se realiza tomando medidas del flujo del aire que ingresa por galerías, chimeneas, piques, etc. del mismo modo se mide la salida del aire en las diferentes labores (galerías, chimeneas, piques, labores antiguas,), para toda la mina y para cada zona trabajo.

La cantidad de aire que ingresa a la mina debe ser suficiente, para cubrir las necesidades de aire que la mina requiere.

### 3.8.1.3 Cantidad de Aire Requerida

Se determina acuerdo al número de personas presentes en la mina por guardia, de acuerdo a la cantidad de equipos diesel que ingresan a la mina, de acuerdo al consumo de explosivos y de acuerdo a las altas temperaturas en los ambientes de trabajo.

**De Acuerdo al Número de Personas:**

$$Q_1 = q \times n$$

$Q_1$  = cantidad de aire necesario para el personal (m<sup>3</sup>/min)

$q$  = cantidad de aire mínimo por persona (m<sup>3</sup>/min) según el Reglamento de Seguridad e Higiene en Minería.

$n$  = número de personas presentes en la mina por guardia.

#### **Necesidades de Aire a Diferentes Altitudes Mineras**

**Para Respiración del Personal:**

De 0.00 msnm a 1500 msnm 3.0m<sup>3</sup>/min.

de 1501 " " 3000 " 4.2 "

de 3001 " " 4000 " 5.1 "

de 4001 " " + " 6.0 "

### De Acuerdo al Uso de Equipo Diesel

$$Q_2 = K \times N$$

$Q_2$  = Cantidad de aire para uso de equipos diesel ( $m^3/min.$ ).

$K$  = 3.0 ( $m^3/min.$ ) Cantidad de aire necesario por cada HP.

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

### Para Uso de Explosivos

$$Q_3 = V \times n \times A$$

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

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

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

$A$  = Área promedio de la sección de las labores en niveles en trabajo ( $m^2$ ).

### Para Mantener Óptimas las Condiciones Ambientales:

$$Q_4 = V \times n \times A$$

$Q_4$  = Cantidad de aire para mantener condiciones ambientales ideales ( $m^3/min$ )

$V$  = Velocidad del aire usando valores de acuerdo a la tabla

$n$  = Número de niveles en trabajo, con temperaturas

elevadas.

A = Área promedio de la sección de la labor (m<sup>2</sup>).

**Cantidad Total de Aire:**

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

#### **3.8.1.4 Diagnóstico de los Circuitos**

Se corrigen los circuitos de ventilación existentes y se crean circuitos de ventilación de acuerdo a las zonas en trabajo y a la existencia de ductos o conductos (gaerías, cruceros, piques, chimeneas, etc.)

Se corrigen los circuitos de ventilación existentes incidiendo en:

- Puertas de ventilación
- Cortinas
- Tabiques
- Tapones

Se crean circuitos de ventilación:

- Corriendo cruceros
- Comunicando chimeneas
- Instalando ventiladores secundarios

### **3.8.1.5 Condiciones Ambientales**

Se monitorea la calidad del aire que respira el personal en cada área de trabajo de la mina (medición del % de oxígeno)

Se analiza la calidad del aire en las diferentes labores (monitoreo de contaminantes químicos: gases, material particulado)

### **3.8.1.6 Evaluación de las Condiciones Termo-Ambientales**

- Medición de Temperaturas (bulbo seco y bulbo húmedo)
- Monitoreo de material en partículas
- Evaluación de niveles de ruido

### **3.8.1.7 Factores de la Ventilación**

- El caudal
- La resistencia
- La presión
- La velocidad
- El sentido del flujo
- La distribución de un volumen de aire

## CAPITULO 4

### ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

#### 4.1 Condiciones Ambientales en el Umbral

La zona de trabajo se conoce como el *UMBRAL*, pues es el lugar de salida de gases más alto de la mina. Esta presenta varios orificios de salida de los gases contaminantes que son reemplazados por aire fresco, pero el que se encuentra a mayor altura es el Umbral. El umbral presenta una perforación de 5000mm de diámetro y posee una caída vertical de 800 metros.

#### 4.2 Acceso al Área de Trabajo

El Umbral se encuentra ubicado a 8.9 Km. al nor-oeste de las instalaciones de la mina San Rafael y se accede al lugar mediante una trocha carrozable.

Se presentan dos lugares para subir hasta el Umbral:

##### **Acceso de Ruta Interna**

Esta ruta es entrando por la mina, se comienza desde Antauta, Cumani, zona 600 y se sube por la trocha de la antigua zona de extracción de Cobre, y se llega al Umbral. Solo se sube en camionetas 4x4 en 45 minutos desde Antauta, y camiones cortos de bajo tonelaje, ya que la región no permite el desplazamiento de carga farga y pesada por las pendientes, y curvas angostas limitadas por cerros rocosos, y trocha de piedra que originan el patinado de las llantas cuando comienza a llover y nevar. En camión se sube en 2 horas.

### **Acceso de Ruta Externa**

Esta ruta comienza del cruce de ingreso a Antauta con la carretera a Macusani, se llega hasta zona TRES CRUCES y se ingresa a un desvío por el que se traslada hasta el Umbral. Esta ruta voitea todo el Cerro Quenamari, su trocha es ancha, permite curvas de radio largo y tiene poca pendiente, su trocha es adecuada para carga pesada, los trailers pueden llegar hasta 3 Km. antes de llegar al umbral y después ejecutar trasbordo, para ser trasladados mediante camiones Hiab de 10 tons. Las camionetas 4x4 realizan la ruta en 2 horas, los trailers en 4 horas y el camión Hiab en 1 hora de trasbordo.

### **4.3 Estudio del Suelo**

El suelo del área de trabajo está conformado en general por rellenos superficiales con espesores variables comprendidos entre 0.80 y 3.00 m en promedio, consistente en gravas limosas arcillosas, pobremente gradadas, continuando la roca pizarrosa medianamente fracturada.

La cimentación de las estructuras es la siguiente:

#### **Ventiladores**

Los ventiladores se cimentaron en la roca competente, por medio de bloques de concreto a una profundidad de desplante de 3.50 m (5067.78 msnm) para una capacidad portante admisible de:

$$q = 13.00 \text{ Kg. /cm}^2$$



### **Mangas de Ventilación**

Las mangas de ventilación se cimentaron en la roca medianamente fracturada por medio de zapatas conectadas:

$$q= 10.00 \text{ Kg. /cm}^2$$

### **Pórticos Puente Grúa**

El pórtico grúa se cimentó en la roca competente, por medio de zapatas armadas aisladas, empotradas en la roca a una profundidad comprendida entre 1.80 y 3.00 m para una capacidad portante admisible de:

$$q= 10.00 \text{ Kg. /cm}^2$$

Se empleó cemento portland tipo II en la preparación de concreto de los cimientos. Se recomienda la construcción de un muro de contención para dar estabilidad a los rellenos que conforman la plataforma actual, coincidente con el muro cerco proyectado; dicho muro estará empotrado en la roca competente para una capacidad portante admisible de la roca de:

$$q= 10.00 \text{ Kg. /cm}^2$$

Los rellenos necesarios para completar la plataforma actual hasta el muro de contención proyectado, estarán conformados por el material de cantera tipo afirmado, en capas de 0.30 m de espesor, compactados al 95% de la Máxima Densidad seca del Proctor Modificado.

#### **4.4 Obras Cíviles**

##### **4.4.1 Alcance del Trabajo Civil Estructural**

- Conformación y ejecución de la cama de relleno de material granular compactado sobre el plataformado que ejecuta MINSUR S.A. de acuerdo a planos.
- Un cerco perimétrico metálico de seguridad con sus respectivos podios, alambres de púas etc., de acuerdo a los planos estándares.
- La canaleta de concreto armado para agua de lluvia con su respectivo desagüe
- La cimentación para estructura concreto de monorriel de 10 Tm.
- Dos estructuras de concreto armado monolíticas para soportar los dos ventiladores, los motores de accionamiento de los ventiladores, plataforma metálica para acceso y mantenimiento, incluido embebidos, estas estructuras monolíticas se apoyaran en un dado de concreto simple que a su vez se apoyaran en roca.
- Una cimentación con cinco pedestales de concreto armado para soportar el ducto metálico de ventilación, como en el caso anterior, la cimentación se apoya en un dado de concreto simple que llega hasta la roca.
- Una losa de concreto armado incluyendo sus juntas, que rodea las estructuras monolíticas y los pedestales citados anteriormente.
- Una base de concreto armado que servirá de apoyo al transformador existente reubicado con su respectiva parrilla.
- Una losa de concreto armado con pedestales corridos para apoyar el cuarto eléctrico.

El contratista de construcción Civil ejecutó la actividad de movimiento de tierras localizado que comprende la excavación manual o con maquinaria de las cimentaciones y estructuras monolíticas.

El contratista de construcción Civil ejecutó los trabajos de excavación hasta encontrar roca, para el caso de las cimentaciones de las estructuras del teclé de 10 Tm., las dos estructuras monolíticas que soportan el ventilador y los motores, y los de los pedestales de los ductos de ventilación.

El contratista de construcción civil una vez ejecutada la construcción de las cimentaciones, ejecutó el relleno estructural compactado alrededor de estas hasta alcanzar el nivel señalado en plano.

#### **4.4.2 Concreto Estructural y Refuerzos**

El contratista civil deberá cumplir con los alcances de las especificaciones:

- Construcción de concreto simple y reforzado.
- Muestreo, pruebas e inspección de concreto y construcción del concreto.
- Detallamiento, suministro e instalación de pernos de anclaje e insertos para las estructuras.
- Detallamiento, fabricación y ubicación de las barras de refuerzo. Incluyendo los soporces y accesorios de refuerzo.

Se dispondrá durante el trabajo de las siguientes referencias:

- Reglamento Nacional de Construcciones
- Uniform Building Code, edición de 1997
- ACI (American Concrete Institute) :

ACI 301-89 Specification for Structural Concrete for Buildings.

ACI 302-89 Guide for Concrete Floor and Slab Construction.

ACI 305R-91 Hot Weather Concreting.

ACI 306R-88 Cold Weather Concreting.

ACI 318-99 Building Code Requirements for Reinforced Concrete.

ACI 347R-88 Guide to Formwork for concrete.

En cuestión de enfrentamiento las especificaciones prevalecen sobre las referencias.

## **Suministros**

### **Concreto**

La recepción del concreto ya mezclado en el camión, cumple los requerimientos del ACÍ.

Los aditivos plastificantes e incorporador de aire serán agregados solamente en la planta de preparación, cuando sean autorizados por el ingeniero, mientras que los aceleradores y retardadores podrán ser agregados en la planta de preparación o en terreno, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Referirse a ASTM C-260 y C-494 como guía.

Se agregaran aditivos plastificantes de amplio rango al concreto en sitio de la obra, solo si están especificados.

### **Acero de Refuerzo**

El acero de refuerzo debe ser preparado para el transporte de tal manera que mantenga su calidad y limpieza durante el envío. Los materiales deberán ser adecuadamente protegidos para evitar daños durante el viaje.

El almacenamiento del acero de refuerzo debe ser sobre terreno y protegido de la suciedad, los aceites y las grasas.

## **Productos**

Cualquier producto que no estuviera en el siguiente listado de materiales debió ser presentado al ingeniero para su revisión y aprobación. El producto que no este en este listado, no fue usado sin la autorización escrita del ingeniero.

**Adhesivo epóxico:** Consta de dos componentes, 100 por ciento sólidos y 100 por ciento de componentes reactivos adecuado para ser utilizado en superficies secas o húmedas, Euco Epoxy Nro 452MV o 620 de la compañía Euclid Chemical Co. o Sikadur "Hi-Mod" de la compañía Sika Chemical Co. ó equivalente aprobado.

**Barrera protectora:** Se recomienda película de polietileno limpia de 0.3 mm o plástico reforzado con tela para aplicaciones bajo temperaturas bajo cero.

**Reparación del Acabado:** Auto-nivelación, polímero modificado para superficie de alta resistencia, Thin Top SL de la compañía Euclid Chemical Co. o equivalente aprobado.

**El resane de mortero:** consiste en un revestimiento cementoso de polímero modificado de flujo libre equivalente a Euco Thin Coat de la compañía Euclid Chemical Co.

**Componente para curado y elementos adicionales:**

- No se usaron componentes de curado liquido
- Utilizar una película de polietileno: ASTM C171 de 0.3 mm de espesor, limpia, de color blanco opaco o negra.

**Productos para juntas de concreto**

- Imprimante de juntas
- Un imprimante resinoso de líquidos penetrantes, para ser usada con uretano y sellante epoxico como el U Seal Joint Sealant 3203 Primer de Burke Co. o similar aprobado.

- Sellos de agua: los sellos de agua deben ser del tipo dumbbell o centerbutb y deben ser hechos de PVC extruido (Clorhidrato de polivinilo) con un ancho mínimo de 150 mm a menos que se especifique otra cosa.
- Reffeno de Juntas: ASTM D994, fibra bituminosa impregnada de 12 mm y 25 mm de espesor.
- Sellante de juntas:
  1. Los sellantes de juntas deben estar de acuerdo a las disposiciones de ACI 504R
  2. Juntas de expansión y aislamientos: autonivelantes, sellantes de poliuretano de dos componentes, como el U-Seal Joint Sealant 3202 Hand-Mix, Non-Sag por Burke Co.
  3. Juntas de Control y construcción: Resistente a la corrosión, resina sólida de dos componentes para corte de juntas con serrucho de corte suave, como el Edge.

#### **4.5 Alcance de Obras Mecánicas**

Es el siguiente:

- La ingeniería de taller
- Suministro de materiales y fabricación de ductos, bifurcación, codo, soportes, compuertas de inspección, maflas de seguridad, soportes, coplas para instrumentos, silletas de anclaje, plataformas y escaleras mostrados en los planos respectivos.
- Pruebas neumáticas e hidrostáticas de ductos y accesorios
- Limpieza y pintado de ductos y accesorios
- Transporte de los ductos y accesorios desde el taller hasta el Umbral en la mina San Rafael
- Instalación de anclajes de los ventiladores y motores

- Limpieza, desengrase, engrase y pintura (retoque) de todos los equipos proporcionados por MINSUR S.A.
- Transporte de los equipos suministrados por MINSUR S.A. desde el almacén ubicado en la mina hasta el pique el Umbral.
- Montaje de los equipos suministrados por MINSUR S.A. (2 ventiladores incluyendo motores, flexible de entrada, freno, compuertas de cierre automático y polipasto para mantenimiento de 10 Tm.) que se encuentran listados en el *Packing List*.
- Suministro de pernos, empaquetaduras y montaje de ductos y accesorios
- Pintura (retoque) de los ductos y accesorios
- Pruebas de pre-arranque
- Asistencia al personal de Howden, fabricante de los ventiladores en las pruebas de los mismos.
- Asistencia a MINSUR en el arranque de la estación principal.

## CAPITULO 5

### FABRICACION DE LA ESTACION DE VENTILACION

#### **5.1 Generalidades sobre Fabricación de Estructuras Metálicas del Proyecto**

Los ductos, accesorios y soportes de la línea de ventilación, así como también los elementos estructurales para mantenimiento como son las plataformas, puentes grúas y escaleras de acceso, se fabricaron en las instalaciones de la empresa AOISAC (ACERO OPERADORES INDUSTRIALES SAC), durante su fabricación se pasó por los siguientes procesos: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, arenado y pintura. Durante todos los procesos se mantuvo un control estricto ejecutada por Área de Aseguramiento de la calidad.

Para un mejor control del producto y minimización del trabajo en obra se realizó los pre-ensambles y pruebas en taller.

La empresa contratista AOISAC se adjudicó en este proyecto lo siguiente: La ingeniería de detalle, fabricación y montaje mecánico, incluyendo la supervisión y la elaboración de los dossiers de calidad.

Los materiales usados dentro del proceso tienen certificación y son controlados por el área de aseguramiento de la calidad. Este control también abarca a los consumibles y elementos de seguridad usados durante el proceso. Los consumibles como la soldadura pasan un control estricto durante todo su



empleo. La pintura y el proceso de arenado son sumamente controlados, pues depende de ella la durabilidad de las estructuras y elementos de ventilación.

## **5.2 Antecedentes de los Sistemas de Ventilación en Mina**

La ventilación existente en la mina era insuficiente, pues presentaba una alta cantidad de monóxido y minerales suspendidos en el interior de la mina. Esto originaba que el trabajo en el interior mina sea muy pesado para los obreros. El sistema antes de la nueva estación principal era el siguiente:

En la entrada al interior de la mina se colocaban ventiladores axiales, que se aumentaba su velocidad a medida que se iba siendo más difícil la respiración en la zona. Estos se controlaban en cada una de las zonas, para verificar el grado de contaminación. El aire viciado retirado por ventiladores axiales, no era suficiente para mantener condiciones ambientes aptas para un buen desenvolvimiento de los trabajadores. En las paredes del interior de mina se notaba la presencia del monóxido arrojado por los equipos de carga y perforación. Se sentía la alta presencia de monóxido en el ambiente así como la suspensión del polvo minero. Con la finalidad de mejorar los niveles de vida en el interior mina, y siguiendo los criterios de los programas de seguridad minera aplicados por MINSUR S.A. la minera se vio en la necesidad de mejorar este sistema por uno nuevo que tenga un control monitoreado desde el interior de la mina y con las técnicas de automatización necesarias, y con su propio sistema de energización en caso de averías de la línea eléctrica.

El primer paso en la implantación del nuevo sistema, fue la perforación de un túnel en forma vertical de 1300 metros, que se comunica con todos los niveles de extracción del interior mina. Este túnel elaborado en la zona el Umbral posee un diámetro de 5000 mm, para lo cual se contrato una empresa sudafricana con

amplia experiencia en dicha materia. En la decisión del sistema de ventilación se contrato a la empresa canadiense con sucursal en el Perú AMEC, el cual realizó la ingeniería y ejecutó la supervisión del proyecto. La empresa AMEC teniendo experiencias del mismo sistema de ventilación en minas de AUSTRALIA propuso la ventilación mediante 2 extractores centrífugos con una capacidad de 306,000 m<sup>3</sup>/hr cada uno, que trabajaban en forma paralela. Estos operan los dos a la vez como cada uno por separado. Con la operación de uno de ellos bastaba para alimentar de aire suficiente el interior de mina y en las mejores condiciones. En la decisión de disponer de un fabricante de los ventiladores AMEC dispuso de la contratación de la empresa HOWDEN, por su amplia experiencia en la fabricación de ventiladores centrífugos en la minería, y de alta eficiencia. HOWDEN también proveería las puertas abatibles y los damper de ingreso. En la decisión sobre los motores eléctricos se eligió a la empresa GEVISA la cual proveería de 2 motores eléctricos de 350 CV a 715 RPM. En la línea de Controles Eléctricos y Automatización dispuso de la ABB ASEA BROWN BOVERI S.A. En construcción Civil la minera solicitó se contratara los servicios de AESA CONSTRUCCIONES S.A. y para la parte mecánica a ACERO OPERADORES INDUSTRIALES SAC. ACERO OPERADORES INDUSTRIALES SAC se encargaría de la fabricación de los ductos de ventilación, soportes, estructuras de mantenimiento, y el montaje de estos como también de los ventiladores y motores. Seguidamente ejecutaría las pruebas en vacío y con carga de la línea de ventilación hasta que quede totalmente operativo.

### **5.2.1 Descripción de la Línea de Ventilación**

La línea de ventilación nace en la perforación llamada el Umbral que tiene 5000 mm de diámetro al nivel de 5072.814 msnm., en el cual nace un codo de 3800 mm de diámetro, que se une con una bifurcación con salidas de 2500 mm de

diámetro. En las salidas de las bifurcaciones se instalan puertas abatibles que se abren con el vacío originado por los ventiladores. Las puertas abatibles se juntan con ductos rectos de 2500mm de diámetro que llevan unas compuertas laterales para obtener datos de los gases a retirar. Luego estos ductos se unirán a los ventiladores radiales mediante damper de ingreso que se regulan para que se abran a medida que arranque el ventilador. Los gases viciados son extraídos por los ventiladores y se arrojan al medio ambiente

### **5.2.2 Sistema Funcional de la Línea de Ventilación**

El aire viciado del interior mina es retirado por la perforación vertical del Umbral a una velocidad máxima de 306,000 m<sup>3</sup>/hr. por cada ventilador. El aire viciado que sale por los ventiladores presenta gran cantidad de vapor, partículas de monóxido y polvo de mineral.

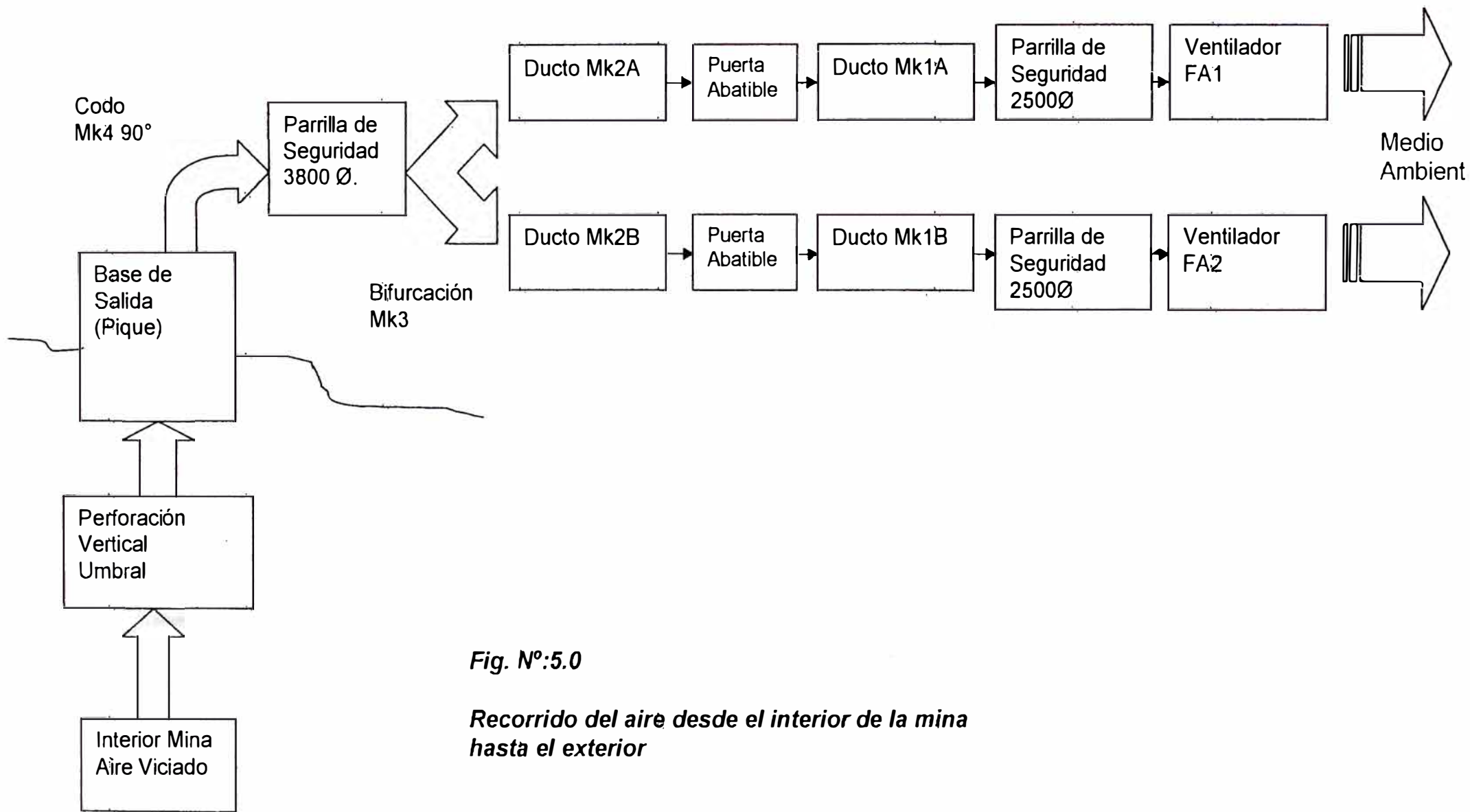
El aire necesario para mantener buenas condiciones ambientales dentro del interior mina se monitorea mediante dispositivos de mando que abren los damper de ingreso de los ventiladores.

Los ventiladores al extraer el aire del interior mina originan un vacío que en forma inmediata es reemplazado por aire nuevo y fresco que ingresa por todos los lados o aberturas que la mina posee.

Los ventiladores centrífugos están diseñados para trabajar independientemente, generalmente se dispone del uso del otro ventilador en caso de mantenimiento.

En caso de mantenimiento los ventiladores presentan una plataforma, así como también del uso de un puente grúa monorraíl de 10 Tm.

***El sistema de la línea de Ventilación es el siguiente:***



**Fig. N°:5.0**

**Recorrido del aire desde el interior de la mina hasta el exterior**

diámetro. En las salidas de las bifurcaciones se instalan puertas abatibles que se abren con el vacío originado por los ventiladores. Las puertas abatibles se juntan con ductos rectos de 2500mm de diámetro que llevan unas compuertas laterales para obtener datos de los gases a retirar. Luego estos ductos se unirán a los ventiladores radiales mediante damper de ingreso que se regulan para que se abran a medida que arranque el ventilador. Los gases viciados son extraídos por los ventiladores y se arrojan al medio ambiente

### **5.2.2 Sistema Funcional de la Línea de Ventilación**

El aire viciado del interior mina es retirado por la perforación vertical del Umbral a una velocidad máxima de 306,000 m<sup>3</sup>/hr. por cada ventilador. El aire viciado que sale por los ventiladores presenta gran cantidad de vapor, partículas de monóxido y polvo de mineral.

El aire necesario para mantener buenas condiciones ambientales dentro del interior mina se monitorea mediante dispositivos de mando que abren los damper de ingreso de los ventiladores.

Los ventiladores al extraer el aire del interior mina originan un vacío que en forma inmediata es reemplazado por aire nuevo y fresco que ingresa por todos los lados o aberturas que la mina posee.

Los ventiladores centrífugos están diseñados para trabajar independientemente, generalmente se dispone del uso del otro ventilador en caso de mantenimiento.

En caso de mantenimiento los ventiladores presentan una plataforma, así como también del uso de un puente grúa monorraíl de 10 Tm.

***El sistema de la línea de Ventilación es el siguiente:***

**Parrilla de Seguridad de 3800 mm.-** Estas son fabricadas en acero inoxidable con malla de hierro AISI 316 de 1/2" a 400mm de cocada. La finalidad de esta malla es contener los diferentes elementos arrastrados por el ventilador para que no lleguen al mismo y originen daños en la cantidad de flujo a extraer. La fuerza del ventilador origina la presencia de plásticos y maderas, y otros elementos de baja densidad. Se encuentra emperrada entre el Codo MK4 y la Bifurcación MK3.

**Bifurcación MK3.-** Este se empalma con el codo a un diámetro de 3800 mm y se bifurca en 2 salidas simétricas de 2500mm de diámetro. Este se puede descomponer en 3 partes. Se usa a para separar el flujo en 2 partes, pero cuando sólo trabaja un ventilador este arrastra todo el aire viciado y lo direcciona hacia el que está trabajando.

**Ducto MK2A/ MK2B.-** Este ducto continua a la bifurcación, tiene 2500 mm de diámetro interior. Posee en su interior un anillo de ángulo el cual direcciona el flujo de agua en las paredes hacia una caja de drenaje que al momento de llenarse comienza a accionar un ducto de rebose que elimina el exceso de agua.

**Puertas Abatibles.-** Son puertas accionadas mediante el vacío originado por los ventiladores. Estas puertas se encuentran cerradas cuando no tienen ingreso de aire pues tienen unas contrapesas que las mantienen cerradas. El ventilador al originar vacío hace que se venza la resistencia de la contrapesa y la puerta se comienza a abrir. Esta tiene 2500 mm de diámetro interior y se encuentra entre los ductos MK2 y MK1.

**Ducto MK1A/ MK1B.-** Este se encuentra entre el damper de ingreso y la puerta abatible. Cada ducto esta formado de 2 tramos de 3000 mm de longitud y 2500 mm de diámetro interior. Además estas poseen escotillas de supervisión en las cuales se pueden tomar muestras del flujo existente en cualquier momento. También las

escotillas sirven para ingresar a la zona interna cuando el ventilador está parado y se presenta una avería en la línea.

**Parrilla de Seguridad de 2500 mm.-** Estas son fabricadas en acero inoxidable con malla de hierro AISI 316 de 1/2" con 400 mm de cocada. La finalidad de esta malla es contener los diferentes elementos arrastrados por el ventilador para que no llegue al ventilador y origine daños al mismo perturbando al flujo a extraer. La fuerza del ventilador origina la presencia de plásticos y maderas, y otros de baja densidad. Este es la línea final de seguridad o protección a los ventiladores. Se encuentra entre el damper de ingreso y el ducto MK1.

**Damper de Ingreso.-** Es una válvula que controla la cantidad de aire que puede extraer el ventilador. Sus movimientos o aberturas son monitoreados desde el interior de mina. Está fabricado por la empresa HOWDEN y está hecho de un acero de alta resistencia.

**Ventilador FA-1/FA-2.-** Es el elemento principal de la línea de ventilación, tiene cada uno la velocidad máxima de extracción de 306,000 m<sup>3</sup>/hr. Este incluye la junta flexible

### 5.3 Ingeniería de Detalle

Se realiza bajo los planos de Ingeniería Básica elaborados por AMEC- PERU S.A.C, y normas internacionales como:

- AISC (American Institute of Steel Construction)
- AISI (American Iron and Steel Institute)
- ASTM (American Society for Testing and Materials)
- AWS (American Welding Society)
- SJI (Steel Joint Institute)
- OSHA (Occupational Safety and Health Act)
- Reglamento Nacional de la Construcción,

Se levantaron planos para la fabricación, definiendo espesores, medidas finales, y criterios técnicos importantes para la ejecución del proyecto.

#### **5.4 Procesos de Fabricación**

Los planos de Ingeniería de detalle pasaron al Departamento de Producción, donde se registran y se cargan a las diferentes áreas de producción. Allí se determinan los tiempos que ha de desarrollarse todos los planos, que conforman un proyecto. Las áreas del departamento de producción son las siguientes:

**Habilitado:** Área que se encarga del trazo, corte, dobléz y rolado de las planchas, ángulos y platinas. La empresa consta de los siguientes equipos para habilitado:

- 01 pantógrafo para corte por Oxicorte o plasma de planchas de 3/16" hasta 4".
- 01 cizalla hidráulica de corte de planchas A-36 de 2mm hasta 6 mm de espesor con longitud máxima de 3000 mm
- 01 cizalla hidráulica de corte de planchas A-36 de 5mm hasta 13 mm de espesor con longitud máxima de 3000mm
- 01 cizalla manual de corte de plancha A-36 hasta 2 mm de espesor con longitud máxima 2000 mm
- 05 carritos de oxicorte marca Victor
- 02 plegadoras excéntricas de planchas A-36 de 1.5 mm hasta 6 mm de espesor con longitud máxima 3000 mm
- 01 plegadora hidráulica de planchas A-36 de 5 mm hasta 16 mm de espesor con longitud máxima 3000 mm



- 01 plegadora manual de planchas A-36 hasta 2 mm de espesor con longitud máxima 2000 mm
- 01 roladora manual de planchas A-36 hasta 5 mm de espesor con ancho 1000 mm
- 01 roladora eléctrica de planchas A-36 hasta 5 mm de espesor con ancho 3000 mm
- 01 roladora eléctrica de planchas A-36 hasta 16 mm de espesor con ancho 3000mm
- 01 roladora eléctrica de planchas A-36 hasta 19 mm de espesor con ancho 3000 mm
- 02 sierras eléctricas de 18"
- 02 sierras cintas 24"
- 01 sierra radial de disco de 12"
- 01 sierra cinta automática de 18"
- 02 punzonadoras hidráulicas para agujeros hasta 25mm en plancha A-36 de 19 mm de espesor.
- 01 punzonadora y cizalla múltiple marca Boutillon , realiza agujeros hasta 40 mm en plancha A-36 de 25 mm de espesor
- 04 prensas excéntricas de 60 Tm., para cortar ángulos hasta 4" x 4"x 3/8" y agujeros de diferentes formas y espesores.
- 01 prensa hidráulica de 200 Tm. Para enderezado de vigas, y embutido, esfirado y corte de planchas.
- 06 taladros de fresadores de diferentes formas. Para perforaciones donde no entran las punzonadoras o especiales.

**Calderería:** Área que se encarga del armado de estructura, ductos, equipos y maquinas para los diferentes sectores de la industria. Se cuenta con personal altamente calificado y con años de experiencia. También elabora los trazos especiales antes del habilitado. Ejecuta la presentación de los equipos y ejecuta las pruebas con apoyo del personal mecánico y eléctrico. En esta área el personal cuenta con las siguientes herramientas y equipos:

- 30 maquinas de soldar LINCOLN RX-520
- 20 equipos de Oxicorte marca VICTOR
- 05 carritos de oxicorte marca Victor
- Variedad de herramientas por grupos: escuadras de 24" Stanley, escuadras de tope de 8" Stanley, tiralíneas, cordeles, templadores, rayadores, combas, martillos, cinceles, turbinetas, esmeriles 7" de diámetro y de 4" de diámetro, etc.

**Soldadura:** Área que se encarga de la soldadura de los diferentes elementos armados, para lo que la empresa cuenta con personal homologado en las diferentes posiciones de soldadura. El grupo de soldadores que labora en la empresa es de la siguiente forma:

- 02 soldadores en todas las posiciones en Arco Manual, MIG/MAG, Tubular y TIG.
- 06 soldadores en todas las posición en arco manual, MIG/MAG y tubular.
- 06 soldadores en posición 3G en arco manual.
- 10 soldadores en posición 1G, estos son personal oficial, que solo se dispone en caso de emergencia.
- 02 operadores para soldadura por Arco Sumergido.

**Limpieza Mecánica:** Área que se encarga eliminar los excesos de soldadura existente en los elementos fabricados, ocasionados durante el armado y la soldadura. También es el área donde se codifica los elementos mediante tipos metálicos. Allí se elaboran los remates finales de soldadura y enderezado. Se realiza la última revisión total de la estructura por Control de Calidad antes de la pintura. Para esta etapa se emplean: maquinas de soldar, combas, cinceles, esmeriles, turbinetas, cordeles, tipos metálicos, etc.

**Arenado:** Área en que se prepara la superficie para el pintado. El arenado elimina los diferentes residuos en la superficie del metal dejándolo listo para la aplicación de la pintura.

**Pasivación:** se refiere a la formación de una película relativamente inerte, sobre la superficie de un material (en este caso el metal), que lo enmascara en contra de la acción de agentes externos. Aunque la reacción entre el metal y el agente externo sea termodinámicamente factible a nivel macroscópico, la capa o película pasivante no permite que éstos puedan interactuar, de tal manera que la reacción química o electroquímica se ve reducida o completamente impedida.

**Pintura:** Área en que se aplica el acabado final, la pintura lo define el cliente de acuerdo al lugar donde van a trabajar los equipos y al grado de durabilidad deseado.

**Embalaje:** Área donde se aplica el etiquetado final del elemento, además la cubierta o forma en que debe ser transportado de acuerdo a los requerimientos del cliente. Al final el producto es transportado a la zona de productos terminados para su despacho final.

### **5.5 Supervisión y Aseguramiento la de Calidad**

La supervisión es realizada por los departamentos de producción y control de calidad. El departamento de producción controla sus tiempos de producción y el control de avances por plano y producto, así como la llegada de materiales y consumibles según la carga de los planos, de tal manera que no se origine una falta de abastecimiento. El departamento de control de calidad se encarga de controlar que el producto avance de acuerdo a los planos y según las normas con las pruebas que cubran la conformidad ya sea por material, medidas, y calidad de soldadura.

### **5.6 Descripción Constructiva de la Línea de Ventilación**

La línea de ventilación cuenta con los siguientes elementos:

- 01 base de salida,
- 01 codo MK4,
- 01 parrilla de seguridad de 3800 mm de diámetro,
- 01 bifurcación MK3,
- 02 ductos MK2,
- 02 puertas abatibles,
- 02 ductos MK1,
- 02 escotillas de supervisión MK5,
- 02 parrillas de seguridad de 2500 mm de diámetro,
- 02 damper de ingreso y
- 02 ventiladores FA.

Los siguientes elementos de la línea fueron importados:

- ✓ 02 puertas abatibles,

- ✓ 02 damper de ingreso y
- ✓ 02 ventiladores FA.

Todo lo demás fue fabricado por AOISAC. A esta fabricación también se incluyen las plataformas de mantenimiento, escaleras de acceso, estructura y viga monorraíl de puente grúa.

Se adjuntan algunos planos en los apéndices para ver el ensamble general de la línea así como los elementos independientes a fabricar.

Entonces determinaremos los procesos constructivos de los elementos de la línea de ventilación y de las estructuras:

### **Base de Salida**

La base de salida se fabricó de acero A-36, es una base cuadrada de 5000 mm por lado, para lo cual se usara un marco de canales laminado C10"x30 lb., forrado con plancha de 5/16" y en el centro con una abertura interior de 3800 mm de diámetro, en el cual se tiene una brida superior de plancha de 3/8" para acoplar con el codo. Se ejecutaran agujeros 21 mm de diámetro en la parte inferior de los canales para servir de anclaje con el piso de la chimenea. Para su fabricación se ejecutaron los siguientes procesos: Habilitado, armado, soldadura y limpieza mecánica, finalmente arenado y pintura. La base para un adecuado traslado a obra se ejecutara en 02 partes, para ensamblar y soldar en obra.

### **Codo MK4**

Accesorio de ducto de 3800 mm de diámetro interior, fabricado en acero A-36 en plancha de 1/4" , los refuerzos en plancha de 5/16" y las bridas en general de

plancha de  $\frac{3}{8}$ " . Solo la brida inferior esta fabricada de plancha de  $\frac{5}{8}$ ". El elemento se fabricara para su traslado en 06 partes para emperrar en obra. En el interior posee 06 aletas que van paralelas entre ellas se usan para direccional y disminuir la turbulencia del flujo, estas se fabricaran en plancha de  $\frac{1}{4}$ ". Los procesos a ejecutar son: habilitado, armado, soldadura y limpieza mecánica, y finalmente arenado y pintado.

### **Parrilla de Seguridad de 3800 mm.**

Accesorio fabricado de una platina tipo brida  $\frac{5}{8}$ "x3" en acero inoxidable AISI 316, con una malla de barra de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro de 400x400 mm. La brida tiene 60 agujeros de  $\frac{11}{16}$ " y se encuentra ubicado entre las bridas del codo y la bifurcación. Los procesos a ejecutar son: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica y pasivado.

### **Bifurcación MK3**

La bifurcación es de 3800 mm de diámetro interior a dos salidas de 2500 mm de diámetro interior. El material es acero A-36, la bifurcación es de plancha de  $\frac{1}{4}$ " y en los cortes planos en la parte superior e inferior es de  $\frac{5}{16}$ ". Las bridas son de  $\frac{3}{8}$ " y los refuerzos son de  $\frac{5}{16}$ ". La bifurcación para un fácil traslado se fabrico de 03 partes, listos para emperrar en obra. Los procesos a ejecutar son: habilitado, armado, limpieza mecánica, arenado y pintura.

### **Ductos MK2**

Son dos ductos de 2500 mm de diámetro que se encuentran entre la salida de la bifurcación y las puertas abatibles. Esta tiene en el interior un anillo de ángulo  $\frac{3}{4}$ " x  $\frac{3}{4}$ "x  $\frac{1}{8}$ " que sirve como un elemento de condensado del agua que se

encuentra en las paredes del ducto. El agua cae una caja de drenaje que luego es eliminado mediante válvulas. El ducto es fabricado de plancha de  $\frac{1}{4}$ ", sus bridas de  $\frac{3}{8}$ " y los refuerzos de  $\frac{5}{16}$ ". La caja de drenaje es empernado al ducto mediante bridas de plancha de  $\frac{5}{16}$ " y la caja está fabricada de plancha de  $\frac{1}{4}$ ". Esta caja posee un orificio de respiro de  $\frac{1}{4}$ " y en el inferior una válvula bola de 1" de diámetro para el drenaje. Los procesos a ejecutar son: Habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, arenado y pintura.

### **Ductos MK1**

Son 2 ductos de 2500 mm de diámetro unidos en 02 tramos empernados. Están fabricados de acero A-36 en plancha de  $\frac{1}{4}$ ", las bridas son de  $\frac{3}{8}$ " y los refuerzos de  $\frac{5}{16}$ ". Esta se encuentra entre la puerta abatible y el damper de ingreso, además se ramifican por un lado con la escotilla de supervisión. Además en su parte superior presentan acoples soldados para medición de presión diferencial. Los procesos empleados en la ejecución son: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, arenado y pintura.

### **Escotillas de Supervisión MK5**

Son dos escotillas de supervisión y se fabricaron de acero A-36 de plancha de  $\frac{1}{4}$ ", en un lado lleva una brida y al otro una tapa que se sella herméticamente, en el interior al lado de la brida también va otra tapa hermética. Las tapas son fabricadas de plancha de  $\frac{5}{16}$ " al igual que las bridas. Las escotillas son de un diámetro de 1000 mm.

### **Parrillas de Seguridad de 2500 mm**

Accesorio fabricados de una platina tipo brida 5/8"x3" en acero inoxidable AISI 316, con una malla de barra de 1/2" de diámetro de 400 x 400 mm. La brida tiene 48 agujeros de 9/16" y se encuentra ubicado entre las bridas del codo y la bifurcación. Los procesos a ejecutar son: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica y pasivado.

### **Soportes de Ductos, Codos y Bifurcación**

Todos los soportes de los ductos son fabricados de material acero A-36, tienen de base una plancha de 1/2" y empalma con el ducto en plancha de 5/16", además el cuerpo es de plancha de 3/8" y los atiesadores son de plancha de 1/2". Los procesos aplicados son: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, arenado y pintura.

### **Columna de Soporte de Escotillas**

Las escotillas aparte de tener su soporte tienen una columna de sujeción pues no se ha diseñado pedestal alguno para esta por ocupar mucho espacio. La columna está fabricada de una viga A-36 de W6 x 15 lbs. Los procesos a ejecutar en ella son: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, arenado y pintura.

### **Plataforma de Maniobras**

Las plataformas de Maniobras son de dos tipos: una para ejecutar la supervisión en las escotillas y otra para realizar trabajo en las volantes de los actuadores del damper de ingreso. Estas son fabricadas de ángulos de 3"x 3"x 5/16", posee 4 patas de plancha de 5/16" y en la parte superior esta protegido por una parrilla *grating* de platinas de 1 1/4"x 3/16" aserrada. Además para subir a la



zona de maniobra va una escalera y posee 03 barandas de seguridad. Las plataformas son 04, 02 de cada uno de los tipos. Para su ejecución se emplearon los siguientes procesos: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, arenado y pintura.

### **Plataforma de Maniobras del Ventilador**

Estas plataformas son para ejecutar maniobras en la zona del ventilador, en el caso de haber algún problema en el desenvolvimiento del equipo, por ejemplo: fallas en los rodamientos y en el balanceo, también para las constantes pruebas y chequeos del equipo.

La plataforma va anclada en la base de concreto de la zona motriz del ventilador, y está fabricada de perfiles de acero A-36, este tiene como elemento principal los canales C6"x8.2 lbs., arriostrado mediante ángulos 3"x 3"x 1/4", y se ancla mediante planchas de 3/8". Además para tener una mejor resistencia usa soporte de vigas WT4"x9 lbs., anclados, tipo repisa.

Se incluye barandas emperradas alrededor de cada plataforma y para poder subir se emplea una escalera de gato. Para poder transitar se emplea parrillas grating de 1 1/4" x 3/16" aserradas.

La plataforma consta de 2 conjuntos y para un mejor traslado, va en 3 partes cada una, y con la zona de unión cubiertas para soldadura en obra. Los procesos a ejecutar son: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, arenado y pintura.

### **Estructura del Soporte de Monorriel**

La estructura soporte de monorriel está formada de 6 columnas de viga W14"x109 lbs., arriostre laterales de viga WT 5"x11 lbs., y vigas de amarre de tubo de 4"x 4" x 1/4". En la parte superior posee vigas W24"x94 lbs., que se apoyan entre las

columnas formando pórticos. Las vigas superiores se unen mediante vigas W16"x50 lbs. WT6"x15 lbs. y W12"x35 lbs. Las vigas superiores, las vigas W16"x50 lbs y las vigas W12"x35 lbs. se perforan en la ala inferior para llevar empernada la viga monorriel.

Las columnas y las vigas superiores están reforzadas para soportar las cargas laterales en sus esquinas superiores mediante vigas WT5"x11 lbs., además las columnas usan planchas de 1" como plancha base y las vigas usan planchas de arriostamiento de 3/8". Las vigas se amarran a las columnas mediante ángulos de 4"x4"x5/16".

Todas las vigas en general se unen mediante pernos A-325 de 3/4", los agujeros para soportar la viga monorriel son de 28 mm de diámetro, esto es para perno de 1" de diámetro. Los procesos de ejecución para la fabricación de todos sus elementos son los siguientes: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, arenado y pintura.

### **Plataforma de Maniobras para Polipasto de 10 TM.**

El polipasto de 10 toneladas al trasladarse por la viga monorriel puede presentar averías, por lo que el diseño contempla la fabricación de una plataforma para ejecutar los posibles mantenimientos en esta línea. El polipasto se instala con la finalidad de disminuir los tiempos de mantenimiento de los ventiladores FA.

La plataforma es fabricada con acero A-36, empleando como estructura principal el canal C6"x13 lbs. , con arriostamiento de ángulo de 3"x3"x1/4" y parrillas grating de platina de 1 1/4"x 3/16". Para llegar a la plataforma se emplea una escalera de gato; la plataforma esta contorneada por barandas de seguridad y además por un techo contra las lluvias.

El techo de la plataforma se sostiene mediante columnas W6"x15 lbs. , que inician en la misma plataforma y otras en las vigas superiores de la estructura

soporte. Las calaminas se empernan en canales de plancha doblada de C6"x3"x3 mm. Toda la plataforma va empernada y se traslada en piezas sueltas a obra. En la ejecución se emplean los siguientes procesos: habilitado, armado, limpieza mecánica, arenado y pintura.

### **Viga Monorriel**

La viga monorriel se fabrica con planchas de acero A-36 con las siguiente medidas: W16"x8"x32 mm x13 mm. Esta presenta tramos curvos y rectos que hace imposible el transporte, por lo que se tendrá que enviar a obra en partes para ser unidos a obra mediante soldadura.

La viga se ejecuta y presentara en forma total en taller, se realizaran los agujeros para unirlo con la estructura soporte y se colocara en sus extremos los refuerzos para los topes con sus respectivos agujeros. Los procesos empleados para su fabricación son: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, enderezado, pre-ensamble, perforación, arenado y pintura.

### **Estructura de la Sub estación Eléctrica**

La estructura se fabricó para usarse como protección de un transformador, se fabricaron 4 columnas de tubo cuadrado de 4"x4"x3/16" y 4 paneles con malla tipo gallinero de diámetro 1/8"x2" de cocada, uno de los cuales lleva puerta. Los paneles se fabrican con los corte en los extremos listos para soldar en obra.

La estructura en la parte superior cuenta con un techo de vigas empernables y calaminas. Para mantener la cuadratura del techo colocan también templadores de hierro liso de 5/8" de diámetro. Los procesos empleados para la fabricación serán: habilitado, armado, soldadura, limpieza mecánica, arenado y pintura.

## **5.7 Revestimientos Protectores: Pinturas**

Se aplican los siguientes códigos y normas:

- Steel Structures Painting Council, Surface Preparation Specification (SSPC)
- NACE (National Association of Corrosion Engineers) TH-01-70
- NOSA Safety Colours
- DIN-2403 Norma Alemana, Código de Colores para Sistemas de Tuberías.
- CGSB 85-GP-16M Painting Galvanized Steel.
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration) Standard 1910.144.
- ANSI (American National Standards Institute) 253.1. Safety Color Code for Making Physical Hazards.

Se empleó solo personal calificado en la aplicación de la pintura, con un mínimo de cinco años.

Las fases de trabajo incluyen:

- Preparación de la superficie
- Tratamiento Previo.
- Mezclado de Pinturas.
- Aplicación de revestimientos primarios y de terminación.
- Acondicionamiento de la superficie entre capas de revestimientos.
- Protección para manejo y transporte.
- Retoque.

### **Ejecución**

#### **Preparación de la superficie**

- a. Previo al arenado abrasivo se procede a la protección de todo equipo que pudiera dañarse con el arenado, polvo o partículas.
- b. La superficie de acero a pintar está libre de astillas, costras de laminación, asperezas, rebabas o filos, óxido, aceite o materia extraña.

- c. Los bordes quemados y cortados son afisados en el terreno. La escoria o incrustaciones, fundente y salpicaduras se sacan completamente.
- d. Si hay algún material extraño luego de la preparación se lo retira antes de pintar. En caso de que haya oxidación se limpia nuevamente la superficie.

### **Pintura Imprimante y de Terminación**

- a. Se aplica la pintura de acuerdo a las indicaciones del fabricante.
- b. A menos que se indique lo contrario, el espesor de la película seca DFT (Dry Film Thickness o EPS) para cada mano de pintura no excede el valor indicado en el esquema de pintura indicado más 30%. El mínimo DFT por pintura debe cumplir con el SSPC-PA2.
- c. La pintura imprimante se aplica dentro de ocho horas contadas a partir del término del arenado.
- d. Antes de la aplicación de la pintura de terminación, se limpia la superficie de aplicación de todo residuo superficial no compatible mediante un procedimiento apropiado como brochas o escobillas de cerdas suaves, chorros de agua, o enjuagando con agua limpia.
- e. Las superficies en donde se realizará soldadura en terreno llevan solo una capa de imprimante de taller a menos de 50 mm de distancia a cada lado del cordón de soldadura. No se pintan las superficies de terminación de maquinarias, pero se protegen contra la corrosión mediante anticorrosivos que se quitan antes del montaje.
- f. No se usan diluyentes
- g. No se pintan las superficies que quedaran embebidas en concreto.
- h. No se pintan las superficies no metálicas o no ferrosas.

- i. La aplicación es mediante brocha, rodillo o equipo de pulverización, según el fabricante.
- j. Las superficies que llevan aislamiento solo llevan una adecuada capa de pintura imprimante.

**Esquema de pintura utilizado:**

SSD: Acero sujeto a exposición moderada en interiores y exteriores:

1. Preparación Superficial: SSPC – SP6 Arenado comercial.
2. Sistema de Pinturas: Imprimante Epoxico y Poliuretano de terminación.

<b>Fabricante</b>	<b>Producto</b>	<b>Nominal EPS (mils)</b>	<b>* Número de Capas</b>	<b>Espesor total (mils)</b>
Ameron	Imprimante - Amercoat 385 **93/121	5.00	1.00	
	Terminación - Amercoat 450 HS **93/121	2.00	1.00	7.00

\* Numero sugerido de capas

\*\* Resistencia a la temperatura (continuo – esporádico) en °C. Calor seco.

\*\*\* Epoxico.

## Esquema de Colores

Se aplican los siguientes colores de terminación al proyecto:

Esquema de Pinturas de terminación para tuberías, estructuras, inserto y cercos:

Descripción	Color
Estructura metálica, soporte de tecla de 10 Tm., incluido placas bases y monorriel, base de soporte del ducto de ventilación. Estructura de la subestación y ducto de ventilación.	Naranja – RAL 2008
Barandas, insertos, braquetes de plataformas y cercos perimétricos de seguridad, incluyendo todas las mallas	Amarillo Seguridad – RAL 1018
Todas las parrillas	Negro – RAL 9011

## CAPITULO 6

### MONTAJE DE LA ESTACION DE VENTILACION

#### 6.1 Plan de Montaje General

##### A. Partidas de obras civiles, concreto y acero estructural

###### Trabajo de campo

- 1001 Verificación Topográfica
- 1002 Trabajos provisionales para Suministros eléctrico
- 1210 Excavación con Maquinarias
  - 1211 Zapatas de estructuras de monorriel
  - 1212 Fundación de soportes para ventiladores
  - 1213 Fundación para ductos de ventilación
- 1220 Excavación Manual
  - 1221 Canaleta de drenaje
  - 1222 Losa de cuarto eléctrico
  - 1223 Soporte de Subestación
- 1130 Eliminación de material excedente
- 1150 Material de préstamo
  - 1151 Relleno granular selecto con grava de 1.5"
  - 1152 Relleno con piedra chancada de 3/4"
- 1270 Relleno compactado para estructuras

###### Mejoras de campo

- 1820 Cercos de seguridad y puertas

###### Concreto vaciado en Obras (incluye encofrado)

- 2110 Concreto pobre  $f_c=100$  kg/cm<sup>2</sup> en falsa zapata
- 2120 Fundaciones  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en zapatas y canaletas
- 2124 Fundación de equipos ventiladores y ductos  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>



2150 Pedestales monorriel y ductos  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$

2170 Losa de concreto y juntas de expansión

Insertos y Pernos de anclaje (incluye tuercas y arandelas)

2310 Pernos de Anclaje

2320 Embebidos e Insertos

2330 Acero de refuerzos  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

Estructuras

2510 Acero Estructural Pesado ( $60 \text{ kg/m} < w$ )

2511 Vigas, columnas y monorriel en estructura de monorriel 10 tons., incluye placas bases, llaves de corte, pernos, angulos de conexión.

2520 Acero Estructural Mediano ( $30 \text{ kg/m} < w < 60 \text{ kg/m}$ )

2521 Vigas en estructura monorriel de 10 tons (incluye perno, y angulos de conexión)

2522 Base de soportes de ductos de ventilación (incluye soldadura de terreno)

2530 Acero Estructural Ligero ( $w < 30 \text{ kg/m}$ )

2531 Plataforma de Mantenimiento de Monorriel (incluye perfiles y, barandas,)

2532 Plataforma de mantenimiento de ventiladores y motores (incluye barandas)

2533 Estructura de cobertura de transformador en subestación eléctrica (incluye grating, pernos, soldaduras de terreno, malla de seguridad)

2534 Miscelaneas: Escaferas, escaferas de gato, soporte (incluye barandas, soldadura de terreno, grating aserrados, pernos, etc)

Especialidades Estructurales

2610 Morteros de nivelación en pedestales, en bases de acero de ductos.

Arquitectura

2811 Cobertura zinc-aluminizada TR-4  $e=0.5 \text{ mm}$  PRECOR

2812 Cobertura zinc-aluminizada TR-4  $e=0.8 \text{ mm}$  PRECOR

## B. Partidas de Fabricación y Montaje Mecánico

### Ductos

- 4150 Suministro, fabricación y pruebas de ductos
  - 4151 Suministros, fabricación, acabado y pruebas de ductos MK1A
  - 4152 Suministros, fabricación, acabado y pruebas de ductos MK1B
  - 4153 Suministros, fabricación, acabado y pruebas de ductos MK2A
  - 4154 Suministros, fabricación, acabado y pruebas de ductos MK2B
  - 4155 Suministros, fabricación, acabado y pruebas de BIFURCACION MK3
  - 4156 Suministros, fabricación, acabado y pruebas de CODOS MK4
  - 4157 Suministros, fabricación, acabado de parrillas de seguridad 2500mm de diámetro.
  - 4158 Suministros, fabricación, acabado de parrillas de seguridad 3800mm de diámetro.
  - 4159 Suministros, fabricación, acabado y pruebas de escotillas
- 4160 Montajes de Ductos
  - 4161 Montaje de ductos MK1A
  - 4162 Montaje de ductos MK1B
  - 4163 Montaje de ductos MK2A
  - 4164 Montaje de ductos MK2B
  - 4165 Montaje de bifurcacion MK3
  - 4166 Montaje de codo MK4
  - 4167 Montaje de parrillas de seguridad 2500mm
  - 4168 Montaje de parrillas de seguridad 3800mm
  - 4169 Montaje de escotillas

### Ventiladores

- 4570 Montaje de Equipos

4571 Montaje de ventiladores Howden 306,000  
m3/hr 200 mmCA FA-1/FA-2

4572 Montaje de Motor eléctrico 350CV

4573 Montaje de puerta abatible 2500mm

Equipo para manejo de materiales

4770 Polipasto Monorriel

4771 Instalación de polipasto 10 tons. HT-1

6500 Puesta a tierra

Pre-comisionamiento/ Comisionamiento y Arranque

9810 Mano de obra por Pre-comisionamiento

9811 Pre-comisionamiento en Ventiladores FA-1 y  
FA-2

9820 Mano de obra por comisionamiento y arranque

9821 Comisionamiento en Ventiladores FA-1 y FA-2

9850 Consumibles en Pre-comisionamiento y  
Comisionamiento

9851 Ventiladores FA-1 y FA-2

9860 Materiales y Equipos de prueba

9861 Ventiladores FA-1 y FA-2

C. Partidas Generales

Construcción de Instalaciones Temporales

9110 Instalaciones de Oficinas

9150 Instalaciones de almacenamiento

9160 Talleres y Garages

Distribuíbles

9510 Movilización y desmovilización

9511 Embalaje

9512 Transporte de ductos y accesorios de fabrica hasta el  
Umbral

9513 Transporte de ventiladores, motores, puertas abatibles  
y polipasto desde San Rafael hasta el Umbral.

## **6.2 Movimiento de Tierras**

Se describe a continuación la excavación y construcción del relleno y terraplén requeridos para obtener el plataformado acabado del lugar, indicados en los planos o necesarios según el contrato.

### **Actividades Relacionadas**

#### **Plan Seguro de Excavación**

Se suministra según el contrato, un plan seguro de excavación para revisión y aprobación a no menos de diez días en la fecha del cronograma para el comienzo de las operaciones de excavación. En el se indican los sistemas, métodos y técnicas empleadas para asegurar que los muros laterales de la excavación serán apropiadamente resguardados para proteger al personal, y a las instalaciones existentes en la vecindad del trabajo.

#### **Plan de Control del Agua**

Análogo al anterior, se indican los sistemas, métodos y técnicas empleadas para el control de agua, sea subterránea o escurrida en la superficie durante el trabajo.

#### **Ejecución**

Antes de comenzar el trabajo se hace un examen previo y completo del sitio para tomar conocimiento de las condiciones en que debe ser realizado el trabajo.

#### **Control Prevención y Abatimiento de la Erosión y Enlodamiento**

Se implementan medidas para el control, prevención y abatimiento de la erosión y acumulación de fodo para esa área según los códigos aplicables.

#### **Excavación**

Se remueve el suelo, roca y otros materiales según sea necesario para lograr los plataformados de acabado, sub-plataformados u otros límites de excavación indicados.

Se acumulan en montículos los materiales satisfactorios excavados que sean excesos a las cantidades requeridas para la construcción de los rellenos y terraplenes necesarios. Se eliminan los materiales de exceso fuera del lugar de trabajo.

Luego que se ha completado la excavación al plataformado de acabado requerido se vuelve a compactar los materiales que permanecerán pero que se hayan aflojado o de lo contrario alterado por las operaciones de excavación, a una condición firme y estable, y a una densidad igual o superior a la del material no alterado de los alrededores.

### **Excavación en Roca**

Se remueve la roca encontrada en las áreas que requieran excavación usando métodos mecánicos para reducir la roca a fragmentos de tamaños manejables.

Se excava la roca a una profundidad de no menos de 0.30 m debajo del plataformado de acabado indicado. Se aplica relleno de respaldo a áreas sub-recorridas con materiales satisfactorios.

Donde el talud del plataformado de acabado sea de mayor pendiente a 1 en la vertical y a 8 en la horizontal, se excava la roca hasta el plataformado de acabado.

En áreas que serán pavimentadas, se remueven las rocas hasta una profundidad de no menos de 75 mm debajo de la superficie del sub plataformado del pavimento. La superficie de roca que queda esta libre de venas o puntas proyectantes.

### **Cunetas y Canales**

Se construyeron cunetas y canales nuevos y modificados para cumplir con niveles de plataformado, gradas y secciones rectas indicadas en los planos

## **Rellenos y Terraplenes**

Se construyen rellenos y terraplenes colocando y compactando materiales adecuados en forma sucesiva, capas uniformes y horizontales no mayores a 200 mm sueltas de espesor.

## **Compactación**

Se compactan los materiales colocados en los rellenos y terraplenes a no menos del 95% de la Densidad Proctor Modificada.

Se ajusta el contenido de humedad según sea necesario para lograr una condición apropiada para la compactación. Para los materiales cohesivos, el contenido de humedad al momento de la compactación debe estar dentro de 2 puntos porcentuales del óptimo.

## **Drenaje de la Superficie**

Se conducen las operaciones de excavación, relleno y respaldo de tal manera y secuencia que el drenaje apropiado se mantiene todo el tiempo dentro y alrededor del área de trabajo.

## **Rodillado de Prueba**

Existen áreas de rodillado de prueba designadas en los planos o según el contrato, para que sea a prueba de rodadura con un rodillo de llantas neumáticas de 15 toneladas (peso grueso mínimo). Se cubren las áreas designadas con un mínimo de dos pases usando un rodillo. Donde el ancho del área que sea a rodillado de prueba sea más del 25% de la longitud del área, se da una segunda pasada del rodillo en una dirección perpendicular a la de la primera pasada.

## **Plataforma de Acabado**

Se recorta y da plataformado de acabado a la superficie de las áreas involucradas en el trabajo cubiertas por esta especificación hasta dentro de  $\pm 30$  mm

del plataformado requerido. La superficie resultante es suave y sin huellas de vehículos, bordes de traslape, depresiones y otras irregularidades.

### **6.3 Excavación, relleno y compactación para cimentaciones**

#### **Materiales**

**Material de Préstamo:** cumple con los requerimientos especificados

**Material de Relleno Seleccionado:** Cualquier tipo de suelo clasificado según ASTM D 2487 o ASTM D 2488, como GW, SW, GP o SP con no más del 12% pasando malla N° 200.

#### **Ejecución**

##### **Examen Preliminar del Lugar**

Previo a la excavación se examina el área para verificar la ubicación y alcances indicados en los planos y chequear la existencia y ubicación de cualquier estructura u otro ítem que pudiera interferir con las obras.

##### **Seguridad en la excavación**

Se proveen equipos y materiales para estabilizar la excavación con el fin de garantizar la seguridad de los operadores y proteger las instalaciones existentes. Los sistemas, métodos y técnicas aplicadas estarán de acuerdo a los requerimientos aplicables por la OSHA y otros códigos aplicables.

##### **Control del Agua**

Se hace el control del flujo de agua durante la excavación para evitar su acumulación, de modo de asegurar que el fondo y los lados permanezcan firmes y estables durante las operaciones de construcción.

## **Excavación**

Se excavan *pits* para construcción de cimentaciones vaciadas en el sitio y otras estructuras, con el fin de que la colocación del concreto garantice la solidez de la estructura.

La base de la excavación es re-compactada y no tienen material suelto o no compactado antes de colocar el concreto.

Cuando el fondo de la cimentación descansa sobre una superficie de suelo excavada se tiene especial cuidado de no perturbar el suelo virgen en el fondo de la excavación y se protege el suelo de los cambios en el contenido de humedad.

## **Relleno y Compactación**

Luego de la completar la construcción de la estructura, incluyendo el curado se rellena la excavación para restituir la rasante final, se rellena y compacta con material de relleno satisfactorio o material granular seleccionado, en capas horizontales uniformes no mayores de 6", compactando cada capa con una densidad seca uniforme, no menor del 95% del Proctor modificado.

Se coloca y compacta el relleno en forma simétrica alrededor de la estructura, a fin de evitar que se desarrollen empujes no balanceados sobre la misma.

## **Control de la Humedad**

Se compacta el material de relleno a un contenido de humedad factible con el material usando el equipo de compactación apropiado.

## **Control de Calidad**

Se monitorean todos los trabajos que implican alguna estructura en el sitio, de acuerdo a las especificaciones, códigos y estándares aplicables.



#### **6.4 Morteros de Nivelación**

Se describe la elaboración y aplicación de morteros usados entre los apoyos de las estructuras y las fundaciones (placas bases de columnas o estructura de base de equipos).

#### **Materiales**

##### **Mortero Arena-Cemento**

- Agua, potable, limpia y libre de impurezas como aceite, ácidos, materia vegetal, álcalis y sales.
- Cemento Portland, ASTM C150, Tipo I o Tipo II, sin aire incorporado.
- Arena, ASTM C33.
- Agregados, ASTM C33, tamaño número 8.

##### **Mortero Arena-Cemento Sin Retracción**

Premezclado y proporcionado, el producto fabricado consiste en una mezcla de cemento, arena y materiales inertes.

##### **Mortero Epoxico sin Retracción**

Consiste en una fórmula especial de resina, endurecedor y agregados. Al mezclar estos elementos, se forma 100% de Mortero Sólido.

## **Equipos**

### **Mezclador de Mortero**

El mortero es mezclado con paletas móviles dentro del tambor, no se usan mezcladores con aletas fijas a un tambor giratorio.

### **Mortero Bombeado**

El bombeo se hace con una bomba de diafragma i de pistón, no se aceptará bomba de hélice.

## **Ejecución**

- Se verifica que la superficie de concreto está libre de hielo, escarcha, suciedad, grasa, aceite, restos de fraguado, pintura, material impregnado; y materiales sueltos o extraños que afecten una buena adherencia o resistencia del mortero.
- Se verifica que en una nueva aplicación de concreto esté completamente curado con la resistencia especificada en el proyecto.
- Se verifica que en las superficies de las fundaciones a ser groutadas estén niveladas dentro de 12 mm.
- Se verifica que la superficie de concreto está mojada para recibir el mortero fresco.
- Se verifica que las placas bases están sin oxido, aceite u otras sustancias dañinas: totalmente pintada es aceptable.
- Se verifica que la superficie del concreto, al recibir el mortero epóxico sin retracción está seca.

- Se verifica que las placas bases de la fundación están en nivel correcto.
- Se verifican que los materiales del mortero, no están húmedos y no contienen aire incorporado, sino se retiran estos materiales.
- Se verifica que la resina del mortero epoxico sin retracción no está cristalizada: si es así se retira el material cristalizado.

## **Instalación**

### **Mortero con Base Cemento**

- **Mezcla**

- Se usa un mezclador de argamasa o una carretilla
- Se mezcla el mortero cerca del área que esta siendo concretada y se aplica de manera rápida y continua.
- Se lava el mezclador con agua limpia
- Se mezcla la cantidad de mortero justa para el trabajo.
- No se agrega mezcla o ingredientes no especificados para el mortero.
- Se agregan los componentes secos y se mezclan sin agua, se agrega una cantidad de agua potable previamente medida no menos de tres ni más de cinco minutos y se coloca inmediatamente.

- **Colocación**

- El mortero puede ser seco, fluido o bombeado al lugar.
- Se coloca el mortero dentro de su tiempo de duración, se rechaza el mortero si se pasó el tiempo.
- Se coloca el mortero rápida y continuamente para evitar la segregación, perdidas o prematuro fraguado, no se coloca el mortero en capas.

- Se coloca el mortero por un solo lado de la placa para no tapar la salida de aire.
- Se coloca el mortero de un lado largo de la base del equipo para el otro lado, en una sola dirección.
- Si el mortero tiene que ser aplicado a través de un orificio, se coloca el mortero por un orificio continuamente hasta que haya pasado a un segundo orificio y así en el próximo de manera similar.
- **Mortero Fluido**
- Se usa un recipiente con tapa removible con un plano inclinado para que el mortero vaya directo debajo de la base del equipo, para disminuir la formación de burbujas.
- Se llena el recipiente hasta el borde y se vierte el mortero hasta que tope con la placa base, continuando hasta que el mortero se levante por sobre el fondo de la placa base en el lado más distante.
- **Mortero Bombeable**
  - Se usa en instalaciones grandes; en bases con llave de corte, atiesadores o con otras obstrucciones, para morteros a gran distancia, o cuando no es posible, agujeros de ventilación.
  - Se enjuaga la bomba, manguera y boquilla, viendo que esté limpio el tapón de limpieza, probando la bomba antes de comenzar.
  - Se inicia la colocación del mortero desde el punto más alejado del espacio a llenar
  - Se continúa colocando el mortero hasta que se escurra a lo largo de todo el perímetro y a través de todo el agujero interior de ventilación y el agujero del mortero.

- **Curado**

- Se deja los encofrados puestos por lo menos 24 horas para el mortero fluido y tres horas para los otros morteros.
- Se mantiene el mortero húmedo a lo menos durante los tres días posteriores a la aplicación y se protege para que no se reseque rápidamente.
- Se cura al mortero de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

## **6.5 Traslado de los Productos Terminados a la Obra**

Los productos terminados en planta AOISAC, se trasladaron a la Obra mediante trailers y camas bajas, según fuera el ancho y altura de la carga.

Todos los productos enviados por trailers se transportaron por la carretera a Macusani, y de allí ingresaba por las montañas a la mina. El material era dejado en la zona conocida como *Tres Cruces* y de allí era remolcado en camiones *Hiab* de 12 toneladas para recién poder ser trasladados a la zona del umbral.

Los viajes de Lima a la Obra demoraban 3 días, y los viajes con remolques con camión *Hiab* duraban 4 horas, pero por trailer eran 3 remolques.

Los traslados por el interior de la Mina solo eran con camionetas 4x4, por lo angosto y la elevada pendiente que tiene la trocha. Todo elemento o equipo que ingresaba al interior de la mina y pasaba por control de almacén de MINSUR tenía que salir de la mina e ir por carretera a Macusani para llegar a su objetivo: el umbral. Los elementos que tuvieron que pasar este control fueron: Todos los elementos de los extractores (ventiladores) propiamente dichos, damper, puertas abatibles, los motores, transformadores y tableros de control.

## **6.6 Descripción del Plan de Montaje General de la Obra**

Los trabajos concernientes a la obra comenzaron en Enero del 2005 y terminaron en Agosto del 2005, siendo los elementos destinados al montaje los siguientes:

1. Los extractores (ventiladores) propiamente dichos con sus carcasas y rotores.
2. Los motores de los extractores, con sistema de frenos.
3. La línea de ductos para alimentar los extractores
4. Los dampers de ingreso
5. Las puertas abatibles
6. Los diferentes sistemas de soportes y base de los equipos y ductos.
7. La estructura principal para monorraíles
8. La viga monorraíl
9. El monorraíl
10. La plataforma de mantenimiento de monorraíl y su escalera de acceso.
11. Las plataformas de mantenimiento de los ventiladores
12. Las plataformas de mantenimiento de escotillas y de dispositivos de control de damper de ingreso.
13. Caseta para transformadores
14. Techo para caseta de tableros de control

**El plan de montaje para toda la operación era el siguiente:**

1. Levantamiento del campamento, con una oficina, un almacén, y un comedor. También la instalación de los servicios higiénicos.
2. Determinación del B.M. (Banco de Marca), verificación y trazo de los diferentes cimientos para colocar las bases y los soportes en sus 03 coordenadas.
3. Instalación de columnas de la estructura principal para monorraíl
4. Montaje de vigas y arriostres de estructura principal
5. Montaje de soportes de ductería de línea de ventilación
6. Montaje de base de carcasa de extractor (ventiladores)
7. Montaje de base de motor.
8. Nivelación, alineamiento y torquedo de estructura principal de monorraíl.
9. Montaje de ductos de línea extracción
10. Montaje de carcasa y rotor de extractor (ventilador)
11. Montaje del motor
12. Grouteado de columnas de estructura principal
13. Nivelación y alineamiento de motores y rotor de los ventiladores.
14. Torquedo y ajuste de los diferentes pernos entre la carcasa, motor y rotores.
15. Grouteado de la base de carcasa de ventilador y base de motor.
16. Montaje del damper de ingreso
17. nivelación, alineamiento y torquedo de ductería de línea de ventilación.
18. Grouteado de base soportes de ducterías de línea de extracción.
19. Armado y Montaje de viga monorraíl
20. Montaje de escafera y plataforma de mantenimiento de monorraíl
21. Montaje de polipasto de monorraíl de 10 Tm.

22. Montaje de plataformas de mantenimiento de los extractores (ventiladores)
23. Montaje de plataformas de mantenimiento de escotillas
24. Montaje de dispositivos de control del damper de ingreso.
25. Instalación de caseta de transformadores
26. Instalación de techo de caseta de tableros de control
27. Verificación de nivelación y alineamiento de motor y rotor.
28. Ajuste de pernos de base soportes de ductería, de base de carcasa de ventilador y de la base del motor.
29. Ajuste de pernos de base de columnas de estructura principal.
30. Grouteado de plataformas de mantenimiento.
31. Pruebas en vacío y con carga de monorraíl
32. Pruebas en vacío del damper de ingreso con dispositivo de mando
33. Pruebas en vacío de puertas abatibles.
34. Montaje de freno y pruebas en vacío
35. Pruebas de extractores (ventiladores) con puerta abatible cerrada y escotillas abiertas
36. Pruebas de extractores (ventiladores) con carga.
37. Entrega de Obra.

#### **6.7 Descripción del plan de montaje de la línea de Ventilación**

La línea de ventilación, incluye todos los elementos, ya sean ductos y equipos que están directamente ligados al paso del flujo que en este caso es aire de la mina. En el montaje de la línea de ventilación sea tenido que seguir la siguiente secuencia:

1. Verificación topográfica y trazo de los niveles de todas bases soportes de los ductos, base de carcasa de ventilador y base de motor sobre las cimentaciones y pedestales.



2. Verificación topográfica de salida de chimenea y trazo de coordenadas y niveles según la línea de ventilación.
3. Montaje de base soporte de ductos.
4. Montaje de base de carcasa de ventilador.
5. Montaje de base de motor.
6. Montaje de cuerpo inferior de carcasa de ventiladores FA-1 y FA-2.
7. Instalación de chumaceras y acoplamiento a rotor de los ventiladores.
8. Instalación de acoplamiento a motores de 350 HP.
9. Montaje de rotores de alta eficiencia.
10. Montaje de motores de 350 HP.
11. Montaje de difusor de ventilador.
12. Montaje de los 2 cuerpos superiores de carcasa de los ventilador FA-1 y FA-2.
13. Montaje de los damper de ingreso para ventiladores y junta de expansión.
14. Montaje de parrilla de seguridad de 2500 en el damper de ingreso.
15. Montaje de ductos MK1A y MK1B.
16. Ensamble y montaje de ductos MK2A y MK2B con puertas abatibles de 2500 de diámetro.

17. Ensamble y montaje de bifurcación MK3, incluye parrilla de seguridad de 3800 mm de diámetro.
18. Montaje de base de salida de chimenea.
19. Ensamble y montaje de codo MK4.
20. Verificación final de línea central de ventiladores, alineamiento final de ductos y ajuste de bases soporte de ductos.
21. Alineamiento y nivelación de rotor, difusor y carcasa de ventilador respecto al eje central de ductos de ventilación.
22. Nivelación final de base de motor.
23. Alineamiento y nivelación de motor y rotor.
24. Alineamiento y nivelación de base de salida de chimenea.
25. Modificaciones al Codo MK4 y a la base de salida de chimenea según terreno.
26. Torqueado de pernos de ductos, carcasa, difusor, junta de expansión y damper de ingreso.
27. Soldadura de base soporte con ductos.
28. Grouteado de base soporte de ductos.
29. Grouteado de base de carcasa de Ventilador, base de motor y base de salida de chimenea.
30. Retiro de parte superior de codo MK4.

31. Ajuste de pernos de base de ductos, base de salida de chimenea, base de carcasa de ventilador y base de motor con sus respectivos anclajes.
32. Alineamiento y nivelación final de motor con rotor.
33. Instalación de la caja de drenaje de ductos MK2A y MK2B.
34. Instalación de Escotilla de Supervisión MK5A y MK5B.
35. Instalación de Dispositivo de mando del damper de ingreso.
36. Ajuste de la carrera del damper de ingreso con el control manual del dispositivo de mando.
37. Instalación del mecanismo de freno.
38. Instalación Eléctrica de los equipos a los tableros de Control.
39. Pruebas en vacío de los motores, dispositivo de mando y del damper de ingreso, y mecanismo de freno.
40. Prueba de Ventiladores con el damper de ingreso abierto, puertas abatibles cerradas y escotilla abiertas.
41. Pruebas de Ventiladores con el damper de ingreso cerrado y abriéndose después de un periodo de 30 segundos.
42. Montaje de parte superior de codo MK4.
43. Prueba con Carga Real, el dampér de ingreso abriéndose en forma gradual, puertas abatibles operativas, y escotillas cerradas. Pruebas individuales y en conjunto.

44. Ajuste final de periodo de apertura del damper de ingreso.
45. Verificación de los rangos de vibración de los diferentes componentes (motor, chumaceras, y carcasa) con el equipo portátil SKF y el tablero de control.
46. Acta de entrega de los diferentes componentes de la línea de Ventilación, con protocolos de control.

### **6.8 Recursos Humanos**

La empresa AOISAC cuenta con personal con una amplia experiencia en el campo de la metalmecánica tanto en fabricación como montaje de estructuras y equipos. AOISAC es una empresa que deriva de la Empresa FAMILIA INDUSTRIAL SAC, que estuvo liderando por muchos años la Metalmecánica.

El personal seleccionado para esta operación según las exigencias de la compañía minera MINISUR es el siguiente:

- 01 Ingeniero Residente
- 01 Administrador
- 01 ingeniero de Seguridad
- 01 técnico electricista
- 01 técnicos mecánicos en alineamiento de maquinas
- 01 asistente de mecánico
- 01 jefe de montaje
- 01 maniobrista

- 04 armadores montajistas
- 08 oficiales montajistas
- 02 soldadores homologados
- 01 maestro pintor
- 04 ayudantes
- 01 albañil grouteador
- 01 chofer de camioneta
- 01 chofer de movilidad de personal
- 01 chofer de camion *Hiab*

Todo el personal de obra cuenta con sus respectivas pruebas médicas requeridas por la minera, en planilla y seguro contra riesgo. El personal obrero: ayudantes, albañil grouteador y chofer de movilidad de personal, fueron contratados en la zona de Antauta para evitar problemas con la comunidad. Los ayudantes, el albañil grouteador y el maestro pintor se incorporaron al grupo en el último mes de operación.

### **6.9 Equipos y Herramientas usados durante el Montaje**

La lista de equipos y herramientas usados durante el trabajo de montaje es el siguiente:

- 01 camión Hiab de 12 toneladas.
- 01 camioneta 4x4 Toyota

- 01 Custer de 32 pasajeros
- 01 compresora de 150 libras
- 06 maquinas de soldar Lincoln RX 520
- 01 carro de oxicorte marca Victor
- 04 equipos de oxicorte marca Lincoln completos
- 06 botellas de gas propano de 45 kg.
- 15 botellas de oxigeno de 10 m<sup>3</sup>
- 08 esmeriles Bosch de 7" de diámetro
- 04 esmeriles Bosch de 4 1/2" de diámetro
- 01 rectificadora Bosch
- 02 taladros magnéticos marca FEIN
- 20 juegos de andamio normalizados completos
- 08 escaferas embonables de 5mts de longitud
- 02 escaleras de aluminio de 3 mts de longitud
- 01 teodolito completo
- 01 tablero eléctrico principal con 04 salidas
- 02 tableros eléctrico secundarios de 02 salidas trifásicas y 02 salidas monofásicas
- 02 extensiones trifásicas de 02 salidas

- 04 extensiones monofásicas de 04 salidas
- 12 juegos de arneses con doble línea de vida de amortiguamiento normalizados
- 04 retractíles
- 02 eslingas de 4 toneladas
- 02 eslingas de 2 toneladas
- 04 grilletes de 1"
- 04 grilletes de  $\frac{3}{4}$ "
- 04 grilletes de  $\frac{1}{2}$ "
- 200 metros de soga de  $\frac{3}{4}$ " para vientos
- 04 juegos de cable de línea de vida de 12mts.
- 08 juegos de cable de línea de vida de 8mts
- 04 juegos de cable de línea de vida de 4mts
- 08 combas de 04 lbs
- 02 combas de 20 lbs
- 12 picofas
- 04 lampas
- 02 picos
- 04 barretas

- 02 carretillas
- 08 escuadras de 24" Stanley
- 05 escuadras de tope de 12" Stanley
- 01 calibrador Mitutoyo de 12"
- 02 escuadras de combinación
- 01 compás de calderero
- 02 templadores de 1"
- 08 juegos de prensa de 8"
- 08 juegos de prensas de 4"
- 04 cordeles de nylon de 0.9 mm x100mts
- 08 cincefes de  $\frac{3}{4}$ "
- 08 puntas de 1"
- 02 arco de sierra de 12"
- 01 serrucho para madera
- 01 taladro eléctrico de  $\frac{1}{2}$ "
- 04 kit de llaves mixtas de  $\frac{1}{4}$ " a 2"
- 02 llaves Stilson
- 04 llaves francesas



- 01 torquímetro para  $\frac{1}{2}$ "
- 02 torquímetro para  $\frac{3}{4}$ "
- 02 juegos de dados de  $\frac{1}{4}$ " a 2"
- 01 gage (calibrador) de roscas
- 01 gage (calibrador) de láminas milimétricas
- 01 gage (calibrador) de láminas en pulgadas
- 02 relojes comparador Mitutoyo
- 01 nivel de precisión Mitutoyo
- 04 niveles de 24" Stanley de aluminio
- 02 gatas hidráulicas de 30 TM.
- 01 gata hidráulica de 2 TM.
- 02 winchas metálicas Stanley de 30 mts.
- 04 winchas metálicas Stanley de 8 mts.
- 08 winchas metálicas Stanley de 5 mts.
- 01 amperímetro de pinzas
- 01 calibrador de espesores de pintura en seco.

## **6.10 Otros Elementos Usados Durante el Montaje**

Se considera otros elementos importantes durante el montaje: los consumibles, los elementos usados durante el pintado, y los accesorios de seguridad personal.

Los consumibles del trabajo de acero fueron:

- Soldadura 7018 de 1/8", 5/32" y 3/16"
- Soldadura 6011 de 1/8"
- Discos de desbaste de 7" de diámetro x 1/4"
- Discos de corte de 7" de diámetro x 1/8"
- Botellas de oxígeno de 10 m<sup>3</sup>
- Botellas de gas propano de 45 kg.
- Lunas transparentes para caretas de soldar
- Lunas negras N° 12 para caretas de soldar
- Boquillas de oxicorte Victor N° 2
- Porta electrodos de 600 A.
- Carbones de esmeril de 7".
- Carbones de esmeril de 4 1/4"
- Chisperos

**Los accesorios de seguridad usados por el personal son normalizados siendo los siguientes:**

- Cascos de seguridad con barbiquejos
- Lentes de seguridad
- Tapones de oído

- Zapato de seguridad
- Vestimenta con cinta reflexiva
- Caretas de soldar
- Caretas de esmerilar
- Mandil de soldador
- Escarpines de soldador
- Mangas de soldador
- Guantes de cuero para ayudantes
- Guantes de cuero para soldadores
- Zapatos dieléctricos para Electricista
- Lentes de oxicorte

***Sistema de pintado:***

- Pintura Macroepoxic Sherwin Williams
- Difuyente P33
- Thinner acrilico
- Lijas de acero N° 40
- Lijas de acero N° 60
- Lijas de acero N° 80
- Escobillas manual de acero

- Escobilla de acero circular trenzado
- Lijas circulares para esmeriles
- Trapo industrial
- Waype
- Cinta engomada de 1" y 2"

#### **6.11 Preparación de la Superficie para el Montaje de los Elementos**

La operación de montaje considera la definición de los lugares donde se van a montar los diferentes elementos, donde van a ir las bases y soportes, es decir en que pedestal y cimientos deben instalarse.

Lo primero que debe hacerse es definir donde van a estar los elementos, con esta definición comenzamos a ver las superficies donde nos vamos a apoyar. Esta superficie donde nos vamos a apoyar debe estar limpia, plana y sólida, para el ingreso del grouting.

La superficie debe estar apta para el ingreso de nuestro soporte o base, de no ser así, esta debe limpiarse, y en el caso de desmoronarse con facilidad el concreto debe consultarse a la Supervisión, en este caso AMEC, para que realice las coordinaciones con el contratista de la Construcción Civil.

En nuestro caso se hizo las coordinaciones antes y los señores de la construcción civil ejecutaron la limpieza y las reparaciones antes que ingresemos. Lo que hicimos solo fue sacar el polvillo existe, y comenzar los trazos.

#### **6.12 Nivelación y Trazo de Eje de Bases de Elementos**

Lo primero que se hace fue verificar los puntos B.M. (Bancos de Marca) y definir sus coordenadas. Con el punto definido usamos el teodolito para jalar los valores a la línea de los ejes principales, con trazo sobre el suelo y las paredes de los pedestales y cimientos. Teniendo trazado los ejes sobre todos los muros comenzamos a llevar las alturas de B.M. sobre los pedestales y cimientos, y sobre puntos que nosotros consideremos estratégicos para determinar futuras medidas importantes.

Hechos los trazos sobre los pedestales y cimientos, definimos los valores sobre las partes superiores del concreto para saber cuánto le falta a nuestra cara de concreto para llegar a la parte inferior de las bases metálicas, y este valor le damos a las tuercas de grado 2 para que sirvan solo como topes de las bases de soportes.

El criterio de aplicar las tuercas en la parte inferior, lo realizamos sobre todos los soportes de ducto y en general en las otras bases excepto en los pedestales para columnas de la estructura principal se usara laminas de planchas metálicas, al igual que las bases de carcasa de ventilador y base de motor.

### **6.13 Montaje de Estructuras Metálicas**

#### **Trabajo incluido:**

Se incluyen las siguientes operaciones:

- Descarga y almacenaje de estructura metálica
- Montaje de acero estructural.
- Provisión e instalación de placas niveladoras y cuñas.
- Provisión y aplicación de mortero de nivelación
- Provisión de productos consumibles durante las operaciones de soldadura.

- Provisión y montaje de arriostramientos provisionales durante el montaje.
- Provisión y montaje de piezas misceláneas de acero no incorporado al concreto.
- Montaje de estructuras misceláneas.
- Retoques de pintura.

### **Ejecución**

- El montaje del acero estructural se hace de acuerdo con los planos de ingeniería, planos de montajes y especificaciones aprobadas.
- Para el montaje del acero estructural y trabajos relacionados se cumple con el código AISC Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, ANSI Safety Requirements for Steel Erection y los requerimientos especificados. Se confirman las dimensiones antes de armar las piezas.
- Se realizan cantidades moderadas de pre-armado, despiezado y cortes para permitir el ajuste apropiado de los elementos de la estructura.
- Se proporciona tuercas de nivelación, placas de nivelación y planchas de acero de relleno (laminas) bajo las placas base de las columnas para fijarlas en la elevación y alineamiento correcto antes de aplicar el mortero de nivelación. Se aplica el mortero de nivelación lo antes posible luego de que las columnas han sido aplomadas y antes de aplicar alguna carga axial o momento a las placas base.
- Las tolerancias de montaje no exceden de aquellas indicadas en la sección 7.11 de la AISC Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, salvo que sea especificado o indicado en los planos de diseño. Prevalece la tolerancia más severa.

- Se diseña e instala en caso necesario arriostamientos temporales adicionales o anclajes que se necesiten para soportar la carga impuesta durante el montaje en concordancia con la secuencia de montaje requerida o utilizada al final de cualquier periodo de trabajo, de acuerdo al manual de seguridad de la OSHA y revisado por AMEC. El mínimo de arriostamiento temporal vertical proporcionado serán de dos cuerdas de cable de acero en diagonal, de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, con tensores colocados cada tres tramos en cada dirección o como se indique en los planos. Salvo indicación contraria, la estabilidad permanente de la estructura depende de las otras partes del edificio, como por ej. El techo y las paredes. Los puntales y riostras temporales se mantienen en su lugar hasta que estas otras partes del edificio hayan sido terminadas.

## **6.14 Montaje de Ductos**

### **Preparación**

Antes de empezar se inspecciona las cimentaciones para asegurarse de que son aceptables para el trabajo.

### **Alineamiento**

Se tiene en cuenta que los ductos están alineados para llegar a los ventiladores los cuales son los equipos principales del sistema.

Según el progreso del montaje, el trabajo se asegura colocando los anclajes o pernos que resisten el viento y los esfuerzos de erección.

### **Instalación de Pernos de Anclaje del Ventilador y Motor**

Se instalan los pernos de anclaje de los ventiladores y motores según indicaciones de planos y del plano Howden D1.273.1440, incluyendo manual de montaje, operación y mantenimiento Howden 20676-01.

Se hacen los retoques de pintura necesarios.

### **Tolerancias en el Casco**

- Plomada: el valor máximo de la desviación en plomada de la parte superior a una pared relativa al nivel del piso no excede  $1/200$  de la altura total del ducto.
- Redondez: El radio de los ductos medido 300 mm (12") por encima de una esquina en el piso no excede  $\pm 12$  mm (1/2").
- Los desalineamientos de las planchas y las soldaduras a tope no exceden el 25% del espesor de la plancha.

### **Tolerancia en las Boquillas**

Las boquillas de los ductos (excepto las puertas de inspección) se instalan siguiendo las siguientes tolerancias:

- Proyección desde el caso exterior del ducto hasta la cara de la brida:  $\pm 5$  mm (3/16").
- Elevación o localización radial:  $\pm 6$  mm (1/4").
- Inclinación de la brida en algún plano, medida sobre un diámetro perpendicular no excede  $\pm 0.5^\circ$ , pero no excede 2 mm (1/16").
- La orientación de los agujeros de las bridas:  $\pm 2$  mm (1/16").

### **Limpieza y Pintura**

Cada ducto es cuidadosamente limpiado interior y exteriormente, estando libre de grasa, restos de soldadura (escorias), polvo y se pinta de acuerdo a la especificación y planos correspondientes.



## **6.15 Montaje de Equipo Mecánico**

Los trabajos incluyen el servicio completo para el montaje, pruebas en vacío, ajustes y calibración del equipo. Motores eléctricos, elementos de seguridad y todos aquellos que se requieran para que cada unidad entre en operación.

### **Materiales y Equipos**

Los materiales y equipos suministrados y/o instalados son nuevos y del tipo recomendado, según se estipula en los documentos del Contrato.

### **Mortero**

Se usa mortero de acuerdo a las indicaciones de los planos civiles.

### **Aceite para limpieza y lubricantes**

Se usó lubricantes y aceites para limpieza recomendados por el fabricante del equipo y/o aprobado por AMEC (PERU) S.A.

### **Empaquetadura para Sellos**

Se usó empaquetadura para sellos Garlock EPDM IFG 5507 o similar.

### **Acero estructural**

Se empleó acero estructural que reúne los requerimientos de la especificación ASTM A-36.

### **Electrodos para Soldadura**

Se utilizaron electrodos para soldadura compatible con los metales base y de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones AWS y ASTM.

## **Pernos de Anclaje**

Los pernos de anclaje no instalados durante el vaciado son del tipo "Hilti HKB" (Taco de Expansión), cuando se tenga espacio apropiado entre pernos y el borde de fijación, en caso contrario se usa pernos "Hilti HVA" (taco químico).

## **Pernos y Tuercas**

Los pernos y tuercas son de acero ASTM A-325 y acero inoxidable según norma ASTM A-304.

## **Lainas**

Se usaron varios espesores de lainas de acero inoxidable laminado.

## **Instalación**

### **Requerimientos generales de Montaje**

Preparación de Montaje: La preparación incluye entre otras las siguientes actividades:

- Limpieza y revisión de la cimentación.
- Verificación de la geometría y estado de los pernos de anclaje
- Nivelación y aplome.
- Alineación.
- Mortero
- Verificación de las Holguras.
- Revisión y limpieza de las bridas de conexión, si el equipo lo requiere.
- Instalación de las empaquetaduras adecuadas.
- Conexión de las bridas de unión.

- Conexión de las tuberías (cuando corresponde)
- Apriete de los pernos de anclaje.
- Montaje de los motores eléctricos.
- Instalación de los protectores de seguridad.
- Revisión de todos los elementos que componen el equipo.

La nivelación y el alineamiento de todo equipo se realiza dentro de las tolerancias indicadas en los planos o de acuerdo a las instrucciones especificadas por el fabricante. Cuando el equipo viene recibido como una unidad ya armada en fábrica se revisa su alineamiento y se ajusta correctamente de ser necesario. La verificación final del alineamiento se realiza en presencia de AMEC (PERU) S.A. Todas las partes se limpian enteramente de polvo, arenilla o cualquier materia extraña antes de proceder a su instalación. Todos los agujeros y canales de lubricación se examinan y limpian cuando es necesario.

Cada vez que el trabajo se detuvo durante la instalación del equipo todas las aberturas pequeñas de acceso y los terminales de tubería se protegen con cubiertas temporales hechas de cinta, madera o planchas metálicas.

Los espacios libres alrededor de todo equipo son verificados antes de su instalación.

No se admiten alteraciones al equipo para facilitar su montaje a menos que AMEC (PERU) S.A. lo haya aprobado por escrito.

En la instalación de equipos que tienen ejes con chumaceras fijas y con collar de fijación se tiene cuidado de asegurar que el deslizamiento axial del extremo móvil del eje está dentro de los límites especificados por el fabricante.

Antes de entregar el equipo en servicio se instala las guardas y dispositivos de seguridad para proteger las partes móviles expuestas, tales como: sistemas motrices con fajas en V, cadenas y acoplamientos, poleas, etc.

### **Fajas Trapezoidales (en V)**

En la instalación de este tipo de fajas se considera lo siguiente:

- Los canales en V de las poleas se limpian de todo aceite, grasa u oxido.
- Las poleas acanaladas en V están correctamente alineadas y sus ejes tienen perfecto paralelismo.
- Las fajas se montan a mano sin hacer uso de herramientas que puedan dañarlas.
- Las fajas no se fuerzan sobre las poleas acanaladas. Para su instalación fácil y suave se acorta la distancia entre centros de poleas.

Las fajas se tensan apropiadamente así:

- Se ajusta el tensor hasta que las fajas hasta que las fajas están asentadas en sus canales.
- Con el sistema motriz detenido, se aplica una fuerza (perpendicular al centro de la luz de la faja) necesaria para reflectar la faja. Dicha fuerza se aplica mediante un dinamómetro y se compara con los valores indicados por el fabricante para una deflexión de faja específica.

### **Tecles y Polipastos**

Se verifica el alineamiento que indica el fabricante del polipasto, barras conductoras y colectores, para asegurar una operación suave del tecla y del carro.

Se prueba la operación del fecle a lo largo de todo el rango de izaje y también a través de todo el rango de traslación del carro.

### **Ductos y Otros Equipos Fabricados con Planchas (calderería)**

Los ductos y otros equipos fabricados con planchas se montan con arriostramientos provisionales, donde sea necesario, para absorber todas las cargas a las cuales están sometidos durante el montaje.

En las piezas, un escariado, corte y/o ajuste moderado es aprobado para corregir pequeños desajustes ( $\pm 1.5$  mm) siempre que estos no resulten en perjuicio de la resistencia o apariencia del trabajo terminado.

Todas las bridas se proporcionan con empaquetaduras de material adecuado y de un espesor mínimo de 1/8 pulgadas (3 mm).

La inspección y prueba consiguiente se ejecutan después que los chutes y elementos fabricados con planchas han sido instalados con objeto de asegurar una operación adecuada, verificando que están en concordancia con los Planos del Proyecto, así como también la instalación adecuada de los revestimientos, conexiones de tuberías y elementos mecánicos, con los espacios libres adecuados para su operación, verificando la limpieza de los sistemas.

### **Lubricación y Limpieza**

Todos los equipos son lubricados de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Todas las chumaceras y reductores que vienen pre lubricados de fabrica son inspeccionados para asegurarse de que tienen la cantidad requerida de lubricante. Cualquier grasa u otro componente usado para proteger los equipos durante el embarque y almacenamiento se limpia con solventes o limpiadores adecuados.

Todas las tuberías de lubricación y conexiones proporcionadas con los equipos son sometidos a un baño químico antes del uso para que las tuberías y conexiones

estén limpias y libres de laminilla del maquinado, grasa, mugre, fundente, salpicaduras de soldadura, oxidación y otras contaminaciones.

### **Pernos de Montaje**

Todos los pernos y tornillos son apretados uniformemente sin sobre tensionar la rosca.

Todos los pernos de montaje, como los pernos estructurales, pernos de chumaceras, pernos de bases, pernos de anclaje, etc. se revisan con llave de torque para asegurar que tengan el apriete correspondiente a la calidad del perno.

Es imprescindible el reajuste de los pernos para cumplir con los requerimientos previos a la puesta en marcha de los equipos.

Los hilos de perno expuestos al agua o ambientes corrosivos y previstos para futuro desmontaje por mantenimiento o reemplazo, son lubricados con grafito y aceite antes de apretarlos.

Todas las elevaciones y cotas de ubicación de pernos son revisadas antes del comienzo de la instalación del equipo.

### **Mortero de Nivelación**

Antes de poner el mortero de nivelación todas las placas bases de los equipos se asientan adecuadamente sobre *laminas* metálicas niveladas, alineadas y fijadas, fuertemente apretadas y/o al torque especificado con los pernos de anclaje. Las laminas son colocadas de manera que soportan la carga y eviten la deflexión cuando se aprietan las tuercas.

Las superficies de concreto se pican para proveer una superficie adecuada para una buena unión entre el hormigón de cimentación y el mortero de nivelación. Se limpian las camisas de los pernos de anclaje antes de asentar el equipo y antes de poner el mortero. Las bases de hormigón se saturan con agua para evitar que estas absorban humedad desde el mortero durante el fraguado.

El mortero es del tipo Sika Grout o equivalente, y se coloca según las indicaciones del fabricante e indicaciones de los planos civiles.

### **Soldadura**

Al efectuar una soldadura, se instala un cable de tierra de forma que la corriente no pase por alguna chumacera.

Se siguen las prácticas estándares y compatibles con el material que se va a soldar de acuerdo a lo indicado en las normas AWS.

El filete de soldadura tiene un espesor mínimo de 0.7 veces el espesor del elemento a unir, a menos que se indique de otro modo en los planos del proyecto.

Se tiene especial cuidado con el control de la temperatura, tanto ambiental como del metal base de las planchas o elementos a unir. Las soldaduras y sus procedimientos se ciñen estrictamente a las especificaciones técnicas de montaje particulares y todo lo que no se contradiga con ellas se regirá por el código AWS.

### **Retoque de Pintura**

En estos trabajos se cumplen con las especificaciones de pinturas S-SP-003, especialmente en lo que concierne a preparación de superficies y tipos de pintura.

## **6.16 Montaje de los Ventiladores**

### **Preparación para el Montaje:**

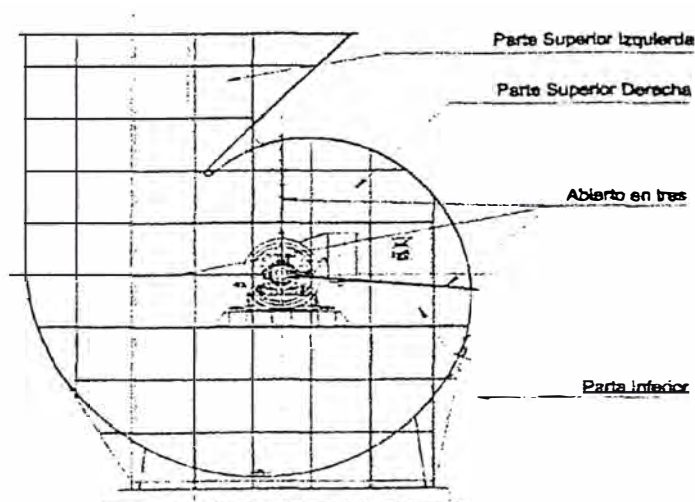
Antes de comenzar el montaje se supone que los operadores se han familiarizado con los componentes que van a ser instalados utilizando el manual y sus planos respectivos proporcionados por el fabricante. Las partes se marcan con la numeración indicada en el plano de ensamble.

### Verificación de la Cimentación

Se verificó que la fundación estaba de acuerdo con lo indicado en el plano de referencia. La rigidez mínima necesaria para la fundación es de  $8.76 \times 10^8$  N/m en la dirección horizontal y  $2.5 \times 10^9$  N/m en la dirección vertical.

Se determina la línea de centro del ventilador sobre la fundación y se marca. Esta línea de centro es utilizada como referencia durante toda la etapa de montaje.

### Identificación de las partes de la carcasa



Vista frontal de la carcasa (lado del accionamiento) con sus partes identificadas.

**Fig N° 6.1 Partes de la Carcasa**

### Instalación de la Parte Inferior de la Carcasa

Utilizando una grúa se levantó la parte inferior de la carcasa y se fijó en la posición adecuada por medio de anclajes apropiados.

### Montaje de la Base para Motor y descansos

Utilizando una grúa apropiada, se levanta la base y se fija en la posición adecuada por medio de anclas.



### **Montaje del pedestal**

Utilizando una grúa adecuada, se levanta el pedestal y se fija en la posición adecuada por medio de anclajes.

### **Montaje del Descanso**

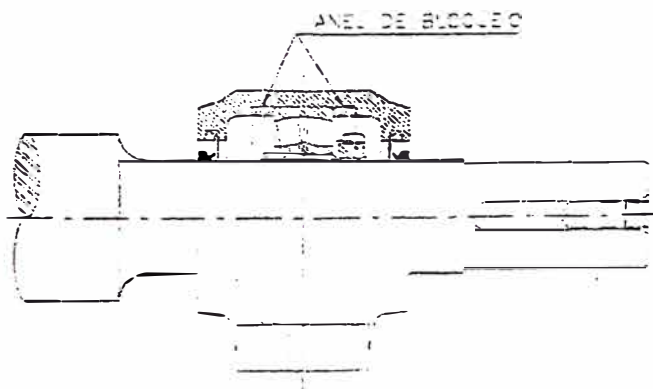
Empleando una grúa adecuada, se levanta la parte inferior del descanso y se fija en la posición apropiada, sobre el pedestal, por medio de tornillos. Se finaliza el montaje con la fijación de la mitad superior del descanso después del montaje del conjunto girante.

### **Montaje del Conjunto Rotatorio**

Se utiliza una grúa adecuada, se levanta el eje montado con el rotor, rodamientos con collar de fijación (se mantienen los collares sueltos para facilitar la alineación) y también el medio acoplamiento.

Se fija el cono de aspiración a la carcasa y después se coloca el rotor en su posición adecuada respetando las holguras entre el rotor y el cono aspirante conforme al dibujo incluido en el fig. 6.1 .

Después de la colocación del rotor, se aprieta la tuerca de fijación y se traba el anillo. Se montan los dos anillos de bloqueo conforme al dibujo de la fig. 6.2.



*OBS. Los anillos de bloqueo deberán ser montados solamente del lado del motor.*

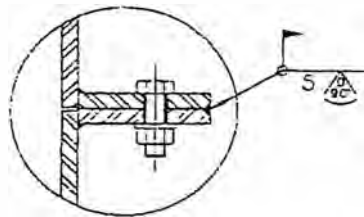
**Fig. N ° 6.2 Montaje de anillo de Bloqueo**

### **Montaje de la Parte Superior Izquierda de la Carcasa**

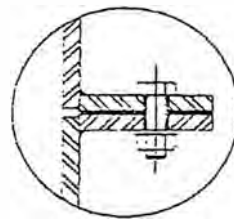
Se ajusta la posición del cono aspirante de manera que obedezca a las holguras indicadas en el plano de referencia y se fija la carcasa del ventilador utilizando los anillos de presión.

Usando equipo adecuado para izamiento y transporte se levanta la carcasa superior izquierda y se coloca con cuidado sobre la carcasa inferior fijándolas por medio de tornillos.

Con las bridas de la carcasa dividida debidamente posicionadas se finaliza la unión de esta división con la soldadura de sellado según la figura mostrada. Ver fig. 6.3.



**Fig. N° 6.3 Soldadura de Carcaza**



**Fig N° 6.4 Union con empaquetadura**

### **Montaje de la Parte Superior Derecha de la Carcasa**

Se prosigue la fijación del cono aspirante a la parte de la carcasa superior derecha utilizando anillos de presión.

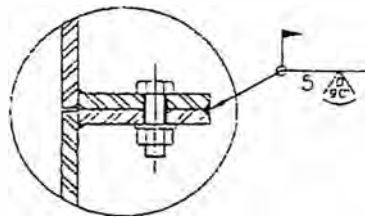
Se rellenan las bridas de la carcasa con material de sellado. Utilizando equipo adecuado para izamiento y transporte se levanta la carcasa superior izquierda y se la coloca con cuidado sobre la carcasa inferior asegurándola por

### **Montaje de la Parte Superior Izquierda de la Carcasa**

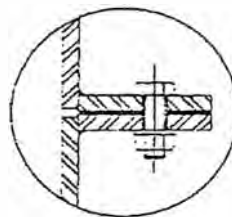
Se ajusta la posición del cono aspirante de manera que obedezca a las holguras indicadas en el plano de referencia y se fija la carcasa del ventilador utilizando los anillos de presión.

Usando equipo adecuado para izamiento y transporte se levanta la carcasa superior izquierda y se coloca con cuidado sobre la carcasa inferior fijándolas por medio de tornillos.

Con las bridas de la carcasa dividida debidamente posicionadas se finaliza la unión de esta división con la soldadura de sellado según la figura mostrada. Ver fig. 6.3.



**Fig. N° 6.3 Soldadura de Carcasa**



**Fig N° 6.4 Union con empaquetadura**

### **Montaje de la Parte Superior Derecha de la Carcasa**

Se prosigue la fijación del cono aspirante a la parte de la carcasa superior derecha utilizando anillos de presión.

Se rellenan las bridas de la carcasa con material de sellado. Utilizando equipo adecuado para izamiento y transporte se levanta la carcasa superior izquierda y se la coloca con cuidado sobre la carcasa inferior asegurándola por

medio de tornillos con torque adecuado. Notar que este bipartido permitirá la entrada y salida del rotor. Ver fig. 6.4.

### **Montaje del Sellado entre la carcasa y el eje**

Se coloca y aprieta la junta para el eje con cuidado para no dañar los elementos de sellado.

### **Montaje del Damper**

Para la instalación del damper de succión se coloca el material de sellado en la brida de succión del ventilador.

Se coloca cuidadosamente el damper en la brida y se procede a su fijación utilizando tornillos, tuercas y anillos apropiados. Se tiene en cuenta el sentido correcto de la abertura de las aspas para que esté en concordancia con el sentido de rotación del rotor según la figura 6.5. Se repite los ítems anteriores para la instalación del damper de descarga.

### **Montaje del Motor**

Utilizando una grúa adecuada, se levanta al motor con el medio acoplamiento y se lo coloca en la base por medio de los tornillos de reglaje (observar la holgura de 5 mm entre los cubos del acoplamiento. Se siguen las instrucciones del fabricante del motor para su montaje.

### **Montaje del Acoplamiento**

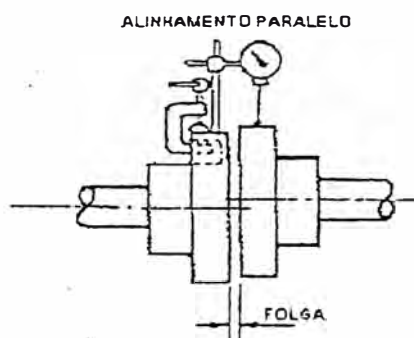
Se siguen rigurosamente los desalineamientos angulares, paralelos y holguras máximas según las instrucciones del fabricante. La alineación se realiza por medio de un reloj comparador, según indicación.

La alineación del eje y de los descansos del ventilador determina la posición de la mitad del acoplamiento del ventilador, cualquier arreglo se haría por medio del movimiento del motor, sea lateralmente a través de los tornillos de ajuste de la base, o en el nivel por medio de la colocación de calzas de latón o acero (laminas).

En caso de alineación correcta los lados de acoplamiento deben ser paralelos y los cubos concéntricos.

**Alineación Paralela:** Se fija el soporte del indicador con su pin de contacto en la superficie a ser alineada en el cubo opuesto. Se mueve al eje donde se encuentra el indicador y se hace la lectura en cuatro puntos. Encima, en cada lado y abajo.

Una diferencia entre dos lecturas radiales significa que el motor debe ser desplazado, si hay diferencia entre las lecturas de las partes superior e inferior, el motor debe ser levantado o descendido, agregando o quitando la misma dimensión por medio de calzas debajo de los cuatro pedestales. El valor de cada corrección es la semidiferencia entre las dos lecturas. Ver fig. 6.5.



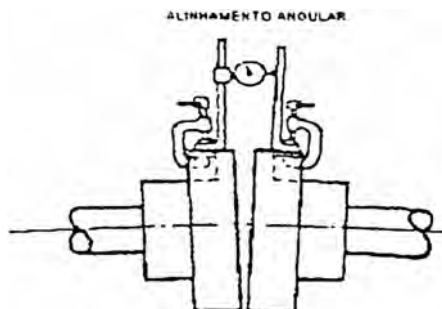
**Fig. N° 6.5 Alineamiento Paralelo**

**Alineación Angular:** Se fija el soporte del indicador en los cubos. Se mueven simultáneamente los dos ejes, de modo que las cuatro lecturas se hagan entre los mismos dos puntos sobre los cubos. Ver fig. 6.6.

Se ajusta la posición del motor hasta que se obtenga la lectura alrededor de todo el acoplamiento. Así se ajusta la holgura entre ambos lados.

Una vez ajustada la alineación del conjunto, se coloca y se fija las protecciones del acoplamiento utilizando los tornillos apropiados.

Las desalineaciones angulares, paralelas y holguras máximas se siguen rigurosamente, según las indicaciones del fabricante. Se consulta para el caso el manual respectivo.



**Fig. N° 6.6 Alineamiento Angular**

### **Instalación Eléctrica**

Una vez concluido el montaje mecánico, se procede a la instalación eléctrica del motor y de la instrumentación asociada a ella y al ventilador.

Observación: se necesita probar el sentido de giro del motor conforme a la placa de dirección localizada en la carcasa del ventilador.

*No se realiza ninguna soldadura empleando el conjunto de la carcasa, base del motor, pedestal o eje, como tierra, pues podría afectar los rodamientos de los descansos del ventilador y del motor eléctrico.*

#### **6.17 Plan de Puesta en Marcha**

Consiste en las siguientes etapas:

- Culminación de Trabajos Mecánicos
- Pruebas Pre-Operacionales
- Comisionamiento

## **Culminación de Trabajos Mecánicos**

Se define como el momento en que los trabajos de instalaciones o montaje del sistema han finalizado completamente y han sido terminados de acuerdo al contrato.

Es requisito de que todos los sistemas mecánicos, de tuberías, eléctricos instrumentación y de PLC estén completos.

La principal responsabilidad recae sobre el contratista, bajo la supervisión y coordinación del supervisor de obras de AMEC. Luego de la aceptación del aviso de culminación, el cuidado, custodia y control del proyecto pasará a manos de MINSUR S.A.

Se incluyen todas las disciplinas: civil, estructural, mecánica, tuberías, eléctrica, instrumentación.

- **Concreto Estructural y Estructuras de Acero:** se verifica principalmente los siguiente:
  - Los pernos de anclaje de equipos y ductos
  - El montaje de estructuras de acuerdo a las planos
  - Que los materiales de acero estructural no tengan materias extrañas
  - Que las placas base de las columnas tengan un mortero de nivelación aplicado correctamente.
  - El apriete o torquedo de los pernos de las conexiones.
  - Los gratings de piso de acuerdo a los planos.
  - Soldaduras
  - Retoque de Pintura.

- **Mecánica:** consiste en pruebas e inspecciones que permiten concluir que los equipos se instalaron, nivelaron, colocaron sobre los morteros, se aplicaron las pinturas de retoque, lubricaron sus accesorios necesarios de acuerdo a las especificaciones del proyecto. La culminación del trabajo en esta fase se verifica con pruebas e inspecciones que pueden abarcar lo siguiente:
  - Culminación de los “punch lists” de construcción.
  - Emisión de “Checklists” del equipo, incluyendo:
    - Informes de nivelación y de grouteado.
    - Registros de alineamiento
    - Registros de lubricación
    - Informes de limpieza interna de ductos
    - Verificación de rotación del motor
    - Informes de operación del sistema de seguridad.
- **Sistemas de Tuberías:** se prueban hidrostáticamente, se limpian internamente, se conectan al equipo y/o a los instrumentos los cuales también están calibrados y colocados en los puntos de configuración (seteo). Se verificará con los siguientes informes:
  - Culminación de los “punch lists” de construcción.
  - Aceptación de la línea de la tubería.
  - Cierre de la línea de la tubería
  - Calibración de los instrumentos.



- Verificación de los instrumentos
- Pruebas hidrostáticas.
- Limpieza interna de la tubería
- Pintura externa
- **Eléctricas:** Todas las pruebas eléctricas se realizan conforme a las especificaciones de AMEC y a los estándares NETA (National Electrical Testing Association) incluyendo lo siguiente:
  - Inspecciones visuales
  - Inspecciones Mecánicas
  - Resistencia al aislamiento
  - Rotación de Fase
  - Registro de pruebas de funcionamiento del motor
  - Relación de transformación de los transformadores
  - Polaridad de los transformadores
  - Cableado eléctrico, resistencia de aislamiento y continuidad
  - Pre-calibración de instrumentos
  - Calibraciones/establecimiento/tamaño de los fusibles y relays.
  - Puesta a tierra.
- **Instrumentación:** se incluyen las siguientes pruebas:

- Pantallas
- Control Automático/Manual
- Alarmas
- Cableado de lazos de Instrumentación
- Calibración de Instrumentos
- Funcionamiento de lazos

### **Pruebas Pre-Operacionales**

Son pruebas de funcionamiento de los equipos y sistemas completos sin carga. Es durante esta fase que se verifican todos los aspectos operacionales de cada sistema de ventilación y sus interconexiones con la planta.

La principal responsabilidad recae sobre el supervisor de obras de AMEC y el personal de operaciones de la mina. La participación de los contratistas estará limitada a la rectificación de cualquier deficiencia que se presente.

Se incluyen las pruebas de los equipos en forma manual desde el PLC en forma independiente y como sistemas durante el "*trial run*" según el manual del fabricante y como se indica a continuación.

### **Pruebas de Equipos Individuales**

Se verifica el ingreso y salida (I/O) del PLC y los componentes de los equipos y, se someten como mínimo a dos horas de pruebas de funcionamiento sin carga y con control manual. Se verifica todos los elementos de protección del cableado eléctrico antes de la prueba.

El cable de control I/O y la verificación lógica pueden incluir lo siguiente:

- Verificación de las direcciones digitales de ingreso y salida

- Verificación de la calibración y funcionalidad de los dispositivos analógicos e I/O.
- Verificación de las funciones de protección del circuito.
- Verificación de los sistemas de unión
- Verificación visual del funcionamiento del software para establecer el trabajo y protección adecuados.
- Verificación del software por parte de los vendedores.

La verificación de los lazos del circuito I/O analógico y digital se realiza desde el campo hacia el panel I/O y desde el panel I/O hacia el monitor del PLC. La verificación se monitorea en el PLC del programador y en campo por el electricista de las pruebas pre-operacionales. Se aplica un procedimiento de seguridad:

- El área a ser probada se libera para las pruebas y todos los frenos de los equipos en funcionamiento se cierran para garantizar la seguridad.
- Durante la verificación de las señales digitales de salida (DO) y señales analógicas de salida (AO) el programador fuerza una señal del PLC para abrir y cerrar los contactos o para simular una señal de 4 a 20 mA. El electricista en campo verifica la señal en campo desde los contactos o instrumentos correspondientes.
- Durante la verificación de las señales digitales de ingreso (DI) y señales analógicas de Ingreso (AI) el electricista en campo simula una señal adecuada desde el campo y el programador verifica que el monitor del PLC muestra la ilustración correcta.
- La comunicación se realiza por radio.
- El programador registra y resuelve todos los problemas del software.

Todos los softwares son verificados y los circuitos de diagramas básicos individuales resaltados para indicar una prueba exitosa. Los problemas son ingresados en un "punch list" para que el contratista lo rectifique.

### **Pruebas de Sistemas**

Luego de verificado el funcionamiento de cada equipo se prueba el funcionamiento bajo el control del PLC. Antes de operar el sistema se cumple con los siguientes requisitos:

- Todo equipo dentro del sistema ha sido probado con respecto a rotación y funcionamiento en campo en 2 horas, como mínimo.
- Todos los ingresos y salidas digitales y analógicas de los controladores programables correspondientes dentro del sistema han sido verificados en cuanto a lo correcto del cableado y que los equipos en campo están funcionando.
- Las operaciones simuladas de todo el equipo e instrumentos en el sistema incluyen la protección del cableado eléctrico y la verificación lógica.

### **Comisionamiento**

Llamada también puesta en marcha propiamente dicha de los equipos de ventilación comienzan cuando estos se prueban con carga al haberse obtenido niveles de velocidad nominal adecuados para cada sistema, llevándose la operación hasta la capacidad de diseño.

Estas operaciones son responsabilidad de MINSUR con el apoyo del supervisor de obras de AMEC. La participación de los contratistas estuvo limitada a la rectificación de cualquier deficiencia que se presente.

Cada sistema de ventilación se hizo operativo con la incorporación del fluido de trabajo (comisionamiento). Cuando se incorpore el fluido hay suficiente personal

en campo para atestiguar el funcionamiento de los equipos y accesorios claves. Se supervisa esta etapa desde el monitor del PLC. Algunos pasos seguidos son:

- Puesta en marcha del control: los operadores inician al sistema desde el PLC de acuerdo con el manual y procedimiento de puesta en marcha y operación. El personal en campo es testigo del funcionamiento de cada equipo e informará al operador.
- Incorporación del fluido: cuando el operador está satisfecho con el estado e indicadores, se incorporará el fluido y el personal de campo es testigo del movimiento.
- Ajustes: luego de que el fluido ha sido procesado a través del sistema, el operador y el personal de campo determinan los ajustes y correcciones necesarias. Las proporciones de carga, intervalos, rastreo de flujo, etc., son anotados y se identifican las correcciones.

### **Aceptación**

La culminación de los trabajos mecánicos en la primera fase significa la culminación y entrega de los sistemas a MINSUR. Si existiesen asuntos de diseño o construcción en campo que no han sido corregidos a satisfacción de MINSUR, este último podría aceptar el trabajo de manera provisional indicando las objeciones por escrito y detallando los requerimientos para su aceptación.

Debido a que la aceptación involucra a la Mina San Rafael, a los contratistas y a AMEC, se hizo necesario la presencia de un representante de cada organización durante todas las inspecciones que se realizan a los trabajos; entonces los campos pueden ser etiquetados y no debe desarrollarse ningún trabajo sin la autorización escrita de la mina excepto cuando el equipo o trabajo ha sido aceptado de manera provisional.

Para la aceptación de la instalación de los equipos mecánicos, eléctricos y de instrumentación se utilizarán los formatos correspondientes adecuados.

Después de realizadas las inspecciones y luego de que la operación en vacío ha sido atestiguada, se acepta el trabajo por sistemas. Se prevé una aceptación parcial ocurrirá al final de la fase II.

La aceptación de puesta en Marcha por parte de la mina ocurre cuando el equipo ha sido operado con carga, el flujo de ventilación para cada sistema ha sido establecido, etc., y ha empezado la operación normal.

## **CAPITULO 7**

### **COSTOS DEL PROYECTO**

A continuación presentamos unas tablas con toda la relación de trabajos y sus respectivos costos.

## Tarifa de Mano de Obra

Proyecto N° 143674

Obra: Ejecucion de la Obra EPCM de la Nueva Estacion Principal de Ventilación-Mina San Rafael

Propietario: MINSUR

Contratista: ACERO OPERADORES INDUSTRIALES S.A.C.

Item	Descripcion	Unidad	Costo Directo (US \$)	Gastos Generales (US\$) (15.00%)	Utilidad % (15.00%)	Total US \$/hr
<b>1.00</b>	Clasificación Mano de Obra					
1.01	Capataz	HH	3,255.90	488.39	488.39	4,232.68
1.02	Operario	HH	12,867.50	1930.13	1930.13	16,727.76
1.03	Oficial	HH	8,456.84	1268.53	1268.53	10,993.90
1.04	Peón	HH	26,879.08	4031.86	4031.86	34,942.80
1.05	Otros	HH	784.00	117.6	117.6	1,019.20
			52,243.32			
<b>TOTAL</b>						<b>67,916.34</b>

Nota: Se incluye toda la mano de obra a utilizarse en el trabajo



2170 Losa						
2171 Concreto en losa de piso $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	m3	18.5			135.57	2,508.05
2172 Juntas de contról (incluye sello de sika flex o sim.)	ml	40.0			6.33	253.20
2173 Juntas de expansion (incluye relleno de tecnopor y selló sika flex o sim.)	ml	66.8			7.17	478.96
<b>Insertos y Pernos de Anclaje (incluye Tuercas y Arandelas)</b>						
2310 Pernos de Anclaje						
2311 Pernos de Anclaje en pedestales de zapatas diam. 1"x 750 mm tipo B1	unidad	24.0	1.0	24.0	4.14	99.36
2312 Pernos de Anclaje en pedestales soporte de ductos de ventilacion	unidad	32.0	1.0	32.0	4.14	132.48
2313 Pernos de Anclaje en pedestales subestacion diam. 1/2"x350 mm tipo	unidad	40.0	1.0	40.0	4.14	165.60
2314 Pernos de Anclaje quimicos en base de acero soporte de ducto de ventilacion	unidad	18.0	1.0	18.0	4.14	74.52
2320 Embebidos e Insertos						
2321 Insertos para apoyo de grating en subestación	kg	60.0	1.0		4.14	248.40
2330 Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .						
2331 Acero de refuerzo en falsa zapata de estructura de soporte de monorriel	kg	451.0			1.33	599.83
2332 Acero de refuerzo en falsa zapata de soporte de ventiladores	kg	332.0			1.33	441.56
2333 Acero de refuerzo en falsa zapata de ductos de ventilacion	kg	808.0			1.33	1,074.64
2334 Acero de refuerzo en zapatas soporte monorriel	kg	358.0			1.33	476.14
2335 Acero de refuerzo en pedestales de zapatas soporte de monorriel	kg	414.0			1.33	550.62
2336 Acero de refuerzo en cimentacion de soporte de ventiladores	kg	9136.0			1.33	12,150.88
2337 Acero de refuerzo en cimentacion de soporte de ductos de ventilacion	kg	4487.0			1.33	5,967.71
2338 Acero de refuerzo en pedestales de soporte de ductos de ventilacion	kg	970.0			1.33	1,290.10
2339 Acero de refuerzo en losa de piso	kg	1330.0			1.33	1,768.90
2340 Acero de refuerzo en canaleta de drenaje	kg	747.0			1.33	993.51
2341 Acero de refuerzo en subestacion	kg	250.0			1.33	332.50
2342 Acero de refuerzo en cuarto electrico	kg	220.0			1.33	292.60
<b>Estructuras</b>						
2510 Acero estructural pesado (60 kg/m < w)						
2511 Vigas, columnas y monorriel en estructura de monorriel 10 Trn. Incluye placas bases, llaves de corte, pernos, angulos de conexión,	kg	23713.0	1.0	23713.0	3.42	81,098.46
2520 Acero estructural mediano (30 kg/m < w < 60 kg/m)						
2521 Vigas en estructura monorriel 10 Trn (incluye pernos, ángulos de c)	kg	313.0	1.0	313.0	3.42	1,070.46
2522 Base de soporte de ductos de ventilacion (incluye soldadura de terreno)	kg	3539.0	1.0	3539.0	3.42	12,103.38
2530 Acero estructural ligero (w < 30 kg/m)			1.0			
2531 Plataforma de mantenimiento de monorriel (incluye perfiles, barandas	kg	3878.0	1.0	3878.0	3.42	13,262.76

<b>Concreto vaciado en obra (incluye encofrado)</b>							
2110	Concreto pobre						
2110	'Concreto pobre f'c = 100 kg/cm <sup>2</sup> + 30% PG 8" TM en falsa zapata de	m3	36.0		82.95	2,986.20	
2111	'Concreto pobre f'c = 100 kg/cm <sup>2</sup> + 30% PG 8" TM en falsa zapata de	m3	77.6		92.07	7,144.63	
2112	'Concreto pobre f'c = 100 kg/cm <sup>2</sup> + 30% PG 8" TM en falsa zapata de	m3	138.2		92.07	12,724.07	
2113	'Solado de concreto pobre f'c = 100 kg/cm <sup>2</sup> en canaleta de drenaje	m3	3.7		82.56	305.47	
2120	Fundaciones						
2121	'Concreto fundacion de zapatas de soporte de monorriel f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	12.0		147.45	1,769.40	
2122	'Concreto de fundacion de soporte de transformador en subestacion f'c = 210	m3	6.9		147.45	1,017.41	
2123	'Concreto fundacion cuarto electrico f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	4.5		147.45	663.53	
2124	'Concreto en canaleta de drenaje f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> (incluye instalacion	m3	9.2		144.89	1,332.99	
2140	Fundaciones de Equipo						
2141	'Concreto fundacion de estructura soporte de los ventiladores f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	114.2		147.45	16,838.79	
2142	'Concreto fundacion soporte de ductos de ventilacion f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	74.7		147.45	11,014.52	
2150	Pedestales						
2151	'Concreto de Pedestales de zapatas de soporte de monorriel f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	2.7		147.45	398.12	
2152	'Concreto de Pedestales de soporte de ductos de ventilacion f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	36.5		147.45	5,381.93	
2170	Losa						
2171	'Concreto en losa de piso f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	18.5		135.57	2,508.05	
2172	Juntas de control (incluye sello de sika flex o sim.)	ml	40.0		6.33	253.20	
2173	Juntas de expansion (incluye relleno de tecnopor y sello sika flex o sim.)	ml	66.8		7.17	478.96	
<b>Insertos y Pernos de Anclaje (incluye Tuercas y Arandelas)</b>							
2310	Pernos de Anclaje						
2311	'Pernos de Anclaje en pedestales de zapatas diam. 1"x 750 mm tipo B1	unidad	24.0	1.0	24.0	4.14	99.36
2312	'Pernos de Anclaje en pedestales soporte de ductos de ventilacion	unidad	32.0	1.0	32.0	4.14	132.48
2313	'Pernos de Anclaje en pedestales subestacion diam. 1/2"x350 mm tipo	unidad	40.0	1.0	40.0	4.14	165.60
2314	'Pernos de Anclaje quimicos en base de acero soporte de ducto de ventilacion	unidad	18.0	1.0	18.0	4.14	74.52
2320	Embebidos e Insertos						
2321	Insertos para apoyo de grating en subestacion	kg	60.0	1.0		4.14	248.40
2330	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm <sup>2</sup>						
2331	'Acero de refuerzo en falsa zapata de estructura de soporte de monorriel	kg	451.0			1.33	599.83
2332	'Acero de refuerzo en falsa zapata de soporte de ventiladores	kg	332.0			1.33	441.56
2333	'Acero de refuerzo en falsa zapata de ductos de ventilacion	kg	808.0			1.33	1,074.64
2334	'Acero de refuerzo en zapatas soporte monorriel	kg	358.0			1.33	476.14
2335	'Acero de refuerzo en pedestales de zapatas soporte de monorriel	kg	414.0			1.33	550.62
2336	'Acero de refuerzo en cimentacion de soporte de ventiladores	kg	9136.0			1.33	12,150.88
2337	'Acero de refuerzo en cimentacion de soporte de ductos de ventilacion	kg	4487.0			1.33	5,967.71
2338	'Acero de refuerzo en pedestales de soporte de ductos de ventilacion	kg	970.0			1.33	1,290.10

2339	Acero de refuerzo en losa de piso	kg	1330.0			1.33	1,768.90
2340	Acero de refuerzo en canaleta de drenaje	kg	747.0			1.33	993.51
2341	Acero de refuerzo en subestacion	kg	250.0			1.33	332.50
2342	Acero de refuerzo en cuarto electrico	kg	220.0			1.33	292.60
<b>Estructuras</b>							
2510	Acero estructural pesado (60 kg/m <w)						
2511	Vigas, columnas y monorriel en estructura de monorriel 10 Tm. Incluye placas bases, llaves de corte, pernos, ángulos de conexión,	kg	23713.0	1.0	23713.0	3.42	81,098.46
2520	Acero estructural mediano (30 kg/m < w < 60 kg/m)						
2521	Vigas en estructura monorriel 10 Tm (incluye pernos, ángulos de c)	kg	313.0	1.0	313.0	3.42	1,070.46
2522	Base de soporte de ductos de ventilación (incluye soldadura de terreno)	kg	3539.0	1.0	3539.0	3.42	12,103.38
2530	Acero estructural ligero (w<30 kg/m)					1.0	
2531	Plataforma de mantenimiento de monorriel (incluye perfiles, barandas	kg	3878.0	1.0	3878.0	3.42	13,262.76
2532	Plataforma de mantenimiento de ventiladores y motores (incluye barandas	kg	725.0	1.0	725.0	3.54	2,566.50
2533	Estructura de cobertura de transformador en subestacion eléctrica (incluye grating, pernos, soldadura de terreno, malla de seguridad,	kg	1327.0	1.0	1327.0	3.54	4,697.58
2534	Misceláneas: escaleras, escaleras de gato, soportes (incluye barandas, soldadura de terreno, grating aserrado, pernos, etc.)	kg	525.0	1.0	525.0	3.54	1,858.50
<b>Especialidades Estructurales</b>							
2610	Morteros						
2611	Mortero de nivelación en pedestales de estructura soporte de monorriel	lt	37.5			2.09	78.38
2612	Mortero de nivelación en pedestales en soportes de ducto de ventilación	lt	396.8			2.09	829.31
2613	Mortero de nivelación en base de acero soporte de ducto de ventilación	lt	1365.0			2.09	2,852.85
2614	Mortero de nivelación en pedestales de subestacion	lt	30.0			2.09	62.70
<b>Arquitectura</b>							
2811	Cobertura zinc-aluminizada TR-4 e=0.5 mm tipo PRECOR o sim. En s	m2	23.2	1		60.75	1,409.40
2812	Cobertura zinc-aluminizada TR-4 e=0.8 mm tipo PRECOR o sim. En t	m2	5.0	1.0		60.75	303.75

2339	Acero de refuerzo en losa de piso	kg	1330.0			1.33	1,768.90
2340	Acero de refuerzo en canaleta de drenaje	kg	747.0			1.33	993.51
2341	Acero de refuerzo en subestacion	kg	250.0			1.33	332.50
2342	Acero de refuerzo en cuarto eléctrico	kg	220.0			1.33	292.60
<b>Estructuras</b>							
2510	Acero estructural pesado (60 kg/m <w)						
2511	Vigas, columnas y monorriel en estructura de monorriel 10 Tm. Incluye placas bases, llaves de corte, pernos, ángulos de conexión,	kg	23713.0	1.0	23713.0	3.42	81,098.46
2520	Acero estructural mediano (30 kg/m < w < 60 kg/m)						
2521	Vigas en estructura monorriel 10 Tm (incluye pernos, ángulos de c)	kg	313.0	1.0	313.0	3.42	1,070.46
2522	Base de soporte de ductos de ventilación (incluye soldadura de terreno)	kg	3539.0	1.0	3539.0	3.42	12,103.38
2530	Acero estructural ligero (w<30 kg/m)						
2531	Plataforma de mantenimiento de monorriel (incluye perfiles, barandas	kg	3878.0	1.0	3878.0	3.42	13,262.76
2532	Plataforma de mantenimiento de ventiladores y motores (incluye barandas	kg	725.0	1.0	725.0	3.54	2,566.50
2533	Estructura de cobertura de transformador en subestacion eléctrica (incluye grating, pernos, soldadura de terreno, malla de seguridad,	kg	1327.0	1.0	1327.0	3.54	4,697.58
2534	Misceláneas: escaleras, escaleras de gato, soportes (incluye barandas, soldadura de terreno, grating aserrado, pernos, etc.)	kg	525.0	1.0	525.0	3.54	1,858.50
<b>Especialidades Estructurales</b>							
2610	Morteros						
2611	Mortero de nivelación en pedestales de estructura soporte de monorriel	lt	37.5			2.09	78.38
2612	Mortero de nivelación en pedestales en soportes de ducto de ventilación	lt	396.8			2.09	829.31
2613	Mortero de nivelación en base de acero soporte de ducto de ventilación	lt	1365.0			2.09	2,852.85
2614	Mortero de nivelación en pedestales de subestacion	lt	30.0			2.09	62.70
<b>Arquitectura</b>							
2811	Cobertura zinc-aluminizada TR-4 e=0.5 mm tipo PRECOR o sim. En s	m2	23.2	1		60.75	1,409.40
2812	Cobertura zinc-aluminizada TR-4 e=0.8 mm tipo PRECOR o sim. En t	m2	5.0	1.0		60.75	303.75

<b>B. Partidas de Fabricación y Montaje Mecanico</b>						
<b>Ductos</b>						
<b>4150 Suministro, fabricación y Prueba de ductos</b>						
4151	Suministro, fabricación, acabado y pruebas de ductos MK1A	unidad	1.0	3,460.0	3,460.00	7,058.40
4152	Suministro, fabricación, acabado y pruebas de ductos MK1B	unidad	1.0	3,460.0	3,460.00	7,058.40
4153	Suministro, fabricación, acabado y pruebas de ducto MK2A	unidad	1.0	1,435.0	1,435.00	2,927.40
4154	Suministro, fabricación, acabado y pruebas de ducto MK2B	unidad	1.0	1,435.0	1,435.00	2,927.40
4155	Suministro, fabricación, acabado y pruebas de bifurcación MK3	unidad	1.0	4,500.0	4,500.00	9,180.00
4156	Suministro, fabricación, acabado y pruebas de codo MK4	unidad	1.0	7,260.0	7,260.00	14,810.40
4157	Suministro, fabricación, acabado de parrillas de seguridad 2500 Ø	unidad	2.0	120.0	240.00	511.20
4158	Suministro, fabricación, acabado de parrillas de seguridad 3800 Ø	unidad	1.0	195.0	195.00	415.35
4159	Suministro, fabricación, acabado y pruebas de escotillas	unidad	2.0	445.0	890.00	1,815.60
<b>4160 Montaje de Ductos</b>						
4161	Montaje de Ductos MK1A	unidad	1.0	3,460.0	3,460.00	5,466.80
4162	Montaje de Ductos MK1B	unidad	1.0	3,460.0	3,460.00	5,466.80
4163	Montaje de Ducto MK2A	unidad	1.0	1,435.0	1,435.00	2,267.30
4164	Montaje de Ducto MK2B	unidad	1.0	1,435.0	1,435.00	2,267.30
4165	Montaje de bifurcación MK3	unidad	1.0	4,500.0	4,500.00	7,110.00
4166	Montaje de codo MK4	unidad	1.0	7,260.0	7,260.00	11,616.00
4167	Montaje de parrilla de seguridad 2500 Ø	unidad	2.0	120.0	240.00	384.00
4168	Montaje de parrilla de seguridad 3800 Ø	unidad	1.0	195.0	195.00	312.00
4169	Montaje de escotillas	unidad	2.0	445.0	890.00	1,424.00
<b>Ventiladores</b>						
<b>4570 Montaje de Equipos</b>						
4571	Montaje de ventilador Howden 306,000 m <sup>3</sup> /hr 200 mmCA FA-1/FA-2	unidad	2.0	10,900.0	21,800.00	34,880.00
4572	Montaje de motor eléctrico 350 CV	unidad	2.0	4,105.0	8,210.00	12,561.30
4573	Montaje de Puerta Abatible 2500 Ø	unidad	2.0	590.0	1,180.00	1,805.40
<b>Equipo para manejo de materiales</b>						
<b>4770 Polipasto Monorriel</b>						
4771	Instalación de polipasto 10 Tm HT-1	unidad	1.0	490.0	490.00	749.70
<b>6500 Puesta a tierra</b>						
6510	Excavación de Zanja 0.75x0.50 m, en tierra dura	m	140.0			427.00
6511	Suministro e Instalación de Conductor de cobre desnudo, temple blan	m	110.0			1,300.20
6512	Suministro e Instalación de Conductor de cobre desnudo, temple blan	m	100.0			694.00

6513 Ejecución de soldadura exotermica en "T", cable/cable 4/0 AWG -2/0	un	4,0			46,5	186,00
6514 Ejecución de soldadura exotermica en "T", cable/cable 4/0 AWG -4/1	un	18,0			49,4	889,20
6515 relleno de zanja con tierra vegetal (top soil)	m3	14,0			18,78	262,92
6516 relleno de zanja con tierra de prestamo, compactado	m3	38,5			17,14	659,89
<b>Pre-comisionamiento/Comisionamiento y Arranque</b>						
9810 Mano de Obra por Pre-comisionamiento						
9811 Pre-comisionamiento en ventiladores FA-1 y FA-2	glb	1,0	10.900,0	10.900,00	0,55	5.995,00
9820 Mano de Obra por Comisionamiento y Arranque						
9821 Comisionamiento en Ventiladores FA-1 y FA-2	glb	1,0	10.900,0	10.900,00	0,55	5.995,00
9850 Consumibles en Pre-comisionamiento y Comisionamiento						
9851 Ventiladores FA-1 y FA-2	glb	1,0	10.900,0	10.900,00	0,2	2.180,00
9860 Materiales y Equipos de Pruebas.						
9861 Ventiladores FA-1 y FA-2	glb	1,0	10.900,0	10.900,00	0,25	2.725,00
<b>GP Partidas Generales:</b>						
<i>Construccion de Instalaciones Temporales</i>						
9110 Instalaciones de Oficina	glb	1,0			600	600,00
9150 Instalaciones de Almacenamiento	glb	1,0			800	800,00
9160 Talleres, Garages	glb	1,0			700	700,00
<i>Distribuibles</i>						
9510 Movilizacion y desmovilización	glb	1,0			4042,99	4.042,99
9511 Embalaje	glb	1,0	22.875,0	22.875,0	0,09	2.058,75
9512 Transporte de ductos y accesorios de fábrica hasta el Umbral	glb	1,0	22.875,0	22.875,0	0,28	6.405,00
9513 Transporte de ventiladores, motores, puertas abatibles y polipasto desde San	glb	1,0	31.680,0	31.680,0	0,14	4.435,20
<b>SUBTOTAL</b>						<b>434.123,70</b>
<b>Impuestos</b>						
9670 Gastos Generales	%	15,00				65.118,56
9680 Utilidad	%	15,00				65.118,56
<b>Total sin IGV</b>						<b>564.360,82</b>

## Detalle de Gastos Generales

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo US\$	Total US\$
<b>1.0</b>	<b>Remuneraciones</b>				
	Ingenieros Jefe de Proyecto	Días	78.00	66.00	5148.00
	Ingenieros de Campo y Control de Calidad	Días	78.00	60.00	4680.00
	Ingenieros de seguridad	Días	78.00	40.00	3120.00
	Dibujantes	Días	60.00	22.00	1320.00
	Administrador	Días	78.00	18.00	1404.00
	Laboratorista de Suelos y Concreto	Días	30.00	15.00	450.00
	Almacenero	Días	78.00	15.00	1170.00
					<b>17,292.00</b>
<b>2.0</b>	<b>Pasajes y Viaticos</b>				
	Pasajes Aereos (Lima-Juliaca-Lima)	Und	15.00	190	2850
	Viaticos Personal Técnico (3 personas)	Días	240.00	10	2400
	Viaticos Personal administrativo (3 personas)	Días	156.00	5	780
	Viaticos personal obrero (36 personas)	Días	3120.00	3.03	9453.6
	Transporte de Personal Obrero (Antauta-Obra-Antauta) (36 personas)	Días	78.00	100	7800
					<b>23,283.60</b>
<b>3.0</b>	<b>Implementos y Accesorios de Seguridad</b>				
	Personal Administrativo	Und	8.00	150	1200
	Personal Obrero	Und	60.00	110	6600
					<b>7,800.00</b>
<b>4.0</b>	<b>Materiales No Incluidos en Costo Directo</b>				
<b>5.0</b>	<b>Equipos y Maquinaria no incluido en Costo Directo</b>				
	Alquiler de camioneta	Días	78.00	80	6240
	Equipo de laboratorio para densidades de campo	Días	78.00	25	1950
	Equipo de laboratorio para toma de muestras y control de concreto	Días	78.00	18	1404
					<b>9,594.00</b>
<b>6.0</b>	<b>Equipos y Materiales de Oficina</b>				
	Computadora	Global	1.00	500	500
	Impresora	Global	1.00	120	120
	Escritorio (Incluye sillas)	Global	1.00	100	100
	Gastos de útiles de escritorio, copias, etc.	Global	1.00	228.53	228.53
	Calefactores	Global	6.00	40	240
					<b>1,188.53</b>
<b>7.0</b>	<b>Seguros</b>				
	Seguro (Total M.O.: US\$ 18,624.00 x 1.5%)	Global	1.00	259.38	259.38
	Seguro (Total M.O.: US\$ 67,916.34 x 1.5%)	Global	1.00	1018.75	1018.75
					<b>1,278.13</b>
<b>8.0</b>	<b>Otros</b>				
	Utiles de Ingeniería	Und	1.00	332.5	332.5
	Diseño de Mezcla	Und	3.00	100	300
	Rotura de Probetas	Und	90.00	10	900
	Visita de Obra	Global	1.00	760	760
	Gastos Notariales	Global	1.00	50	50
	2 Baños Portátiles	Und	78.00	30	2340
					<b>4,682.50</b>
	<b>TOTAL US\$</b>				<b>65,118.76</b>

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Finalizando con el trabajo se concluye lo siguiente:

1. Se completó satisfactoriamente todos los procesos en cuanto a la fabricación y montaje de todos los equipos y estructuras, incluyendo la parte civil, no habiendo mayor dilación en cuanto al cumplimiento de las fechas para la entrega del trabajo.
2. Cuando hubo de realizarse el montaje del codo que conectaba con la salida de la descarga de la mina se comprobó de que había un tramo de ducto faltante que no había sido especificado en los planos, este faltante fue fabricado e instalado en campo no constituyendo un serio obstáculo en la consecución del proyecto.
3. Para colocar la parte final de la cobertura del codo que implicaba la conexión y sellado final con el escape de gases procedente de la mina, hubo de realizarse una coordinación especial con la Gerencia debido a que era una operación clave para hacer que las emanaciones procedentes del interior de la mina sean efectivamente extraídos por los ventiladores, esta operación tenía que hacerse coordinadamente con las otras áreas involucradas de la mina por que iba a tener repercusiones generales. Se tuvo generar un plan de trabajo bien detallado y considerando todos los recursos posibles, con el apoyo de la minera para evitar fallas en los tiempos. Se concluye con una buena coordinación entre todos los involucrados se llegan a excelentes resultados.



4. Realizadas las pruebas vibratoriales en todas las parte de los extractores se pudo determinar que la vibración en cada rotor era muy pequeña y esta dentro de los rangos mínimos. Habiendo realizado los controles previos en los armados y alineamientos del rotor, como las nivelaciones de las bases antes y después de grouteado dentro de los rangos tolerados se obtienen buenos resultados finales en las pruebas vibratoriales.
5. Una vez terminado el montaje y hechas todas las pruebas donde se mostraba la operación satisfactoria del equipo, pasado un cierto tiempo, se empezó a registrar pequeños problemas con el balanceo del rotor del ventilador. Se hizo un examen cuidadoso de las posibles causas, por lo que tuvo que desmontarse las carcasas. Luego de la inspección se observo que unos pequeños orificios que estaban en el rotor y que se pensaba eran producto de la fabricación del componente los que dejaban filtrar agua y humedad del ambiente que al congelarse producían el desbalanceamiento detectado por el sistema de instrumentación de la maquina. Se sellaron los orificios y el equipo recupero su balanceo. No todo fabricante de equipo sus productos son buenos y tiene que chequearse antes de usar.
6. Siempre que se fabrica los grupo de soldadores tiene que ser calificados según los trabajos a realizar y certificarse bajos normas. El fabricante , grupos de calderería tienen que tener personal especializado, y para trabajos de *figuras difíciles es mejor realizar maquetas a escala y no generar gastos de material.*

## RECOMENDACIONES

Finalizando el trabajo se tuvo que generar las siguientes recomendaciones para próximos proyectos semejantes:

1. Siempre que se ejecute un montaje de estructura o equipos es importante que se ubique los puntos BM definidos por el topógrafo de la parte de construcción civil. Luego se tiene que verificar los puntos de los diferentes lugares de montajes, definiendo si los pedestales y base de anclaje están de acuerdo, caso contrario el civil tiene que modificar antes que comience el montaje.
2. Los trabajos que puedan ocasionar daños humanos tienen que controlarse con alta precisión, tienen que elaborarse planes de trabajos previos , y tiene que reunirse con todos los involucrados, para así todos sepan lo que se esta realizando. Es el caso del cierre de la chimenea el umbral, donde los interior mina tuvieron que ampliar sus líneas de ventiladores axial e ir monitoreando los trabajos con su jefe de seguridad.
3. El personal seleccionado para montaje no sólo tiene que cumplir la parte medica de control sino también haber realizado trabajos a los mismos niveles de altura, pues se presenta un alto numero de deserción de personal por enfermedades respiratorias y estomacales.
4. El personal de montaje en Obra, según un análisis con respecto al personal de montaje en Lima, por situación del clima trabaja aun 30% de su operatividad. Esta consideración es muy importante porque mejoraría en los presupuestos próximos.

5. En montaje de equipos, se recomienda realizar análisis previos de la forma de cómo se va montar, que equipos de apoyo tenemos para izarlo y el personal si cumple las condiciones, en caso contrario adaptarlo según la situación.
6. Los mecánicos especialistas en los alineamientos de equipos deben estar desde el inicio , para que vayan llevando los datos desde las bases, pues así en los pasos finales no se tendrá errores, y siempre se obtendrá DATOS DE ALINEAMIENTO Y ANALISIS VIBRACIONAL dentro de los rangos.
7. Los equipo de terceros deben tener información de sus dossiers de calidad, incluyendo pruebas. Elementos que son balanceados y rotativos, si tienen zonas cerradas y selladas deben verificarse su hermeticidad, Tal es el caso del rotor que presento fallas después de entregarlas por cuestión error del fabricante.
8. Una fabricación de estructuras y equipos, con un diseño y ejecución de planos revisados, y un buen control de calidad por procesos genera un buen producto. La forma de verificar si los planos ejecutados están bien, es mediante un pre-ensambles. Generalmente los pre-ensambles generan un 30% de horas hombres de la fabricación.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Referencias: (últimas ediciones):**

1. AISC (American Institute of Steel Construction), Especificación AISC para Edificios de Acero Estructural, Código AISC para Practicas Estándar para Edificios y Puentes de Acero.
2. AISI (American Iron and Steel Institute), Especificaciones para el Diseño de Miembros estructurales Moldeados en Frio.
3. ASTM (American Society for Testing and Materials), A1-92 Standard Specification for Carbon Steel Tie Rails.
4. AWS (American welding Society), Structural welding Code (AWS D1.1-94).
5. OSHA (Occupational Safety and Health Act).
6. SJI (Steel Joint Institute), Specification for Open web Joists.
7. Reglamento Nacional de Construcciones.
8. AWWA (American Water Works Association) D.100 (Ultima Publicación).
9. API (American Petroleum Institute), Standard 650 Welded Steel tanks for Oil Storage.
10. API (American Petroleum Institute), Standard 2000. Guide for Venting Atmospheric and Low Pressure Storage Tank.
11. API Electrical Bounding and Grounding Requirements.
12. NFPA, National Fire Protection Association, Code N° 30 Flammable and Combustible Liquids.

13. ASHRAE, American society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.
14. ACGIH, Industrial Ventilation American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
15. SSPC, Structural Steel Painting Council.
16. ACI, American Concrete Institute
17. ANSI, American National standards Institute
18. AGNU, American Gear Manufacturers Association.
19. CMMA Crane Manufacturer's Association of America
20. CEMA Conveyor Equipment Manufacturer's Association
21. MPTA Mechanical Power Transmission Association
22. RSHM, Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.
23. ASTIER J.L. (1975) "Geofísica aplicada a la Hidrogeología, Editorial Paraninfo, Madrid España.
24. Howden Ventiladores, Manual de Montaje, Operación y Mantenimiento, Pacific Machinery Corporation, Mine Ventilation Fan Minsur S.A., Howden Ventiladores Ltda. 04/20.676-01, Ventilador centrífugo Z92349.02.00 S0V4T SH-TAA 13/12/2004.

**APENDICE I**  
**PLANO DISPOSICION GENERAL**  
**(LAYOUT)**

**APENDICE III**  
**FOTOS SOBRE EL MONTAJE**

