

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO E INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN
PARA LOS LABORATORIOS DE COBRE Y
ZINC PARA LA COMPAÑÍA MINERA
ANTAMINA EN HUARMAY -ANCASH”**

**INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECANICO**

MAINSHE DAINE GUILLÉN HUAYTA

**Callao, Febrero, 2018
PERU**

DEDICATORIA

A mis padres por apoyarme de diversas formas para lograr culminar mi carrera, a mi esposa e hija quienes son el motivo por la cual sigo instruyendome. A ustedes con aprecio.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios quien me ha guiado siempre, a mi asesor el Mg. Eliseo Páez Apolinario por valiosa información brindada en base a su experiencia y a mi familia porque sin su apoyo este esfuerzo hubiese sido infructuoso.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	01
NOMENCLATURA.....	03
ÍNDICE DE FIGURAS.....	04
ÍNDICE DE TABLAS.....	06
INTRODUCCIÓN.....	07
I. OBJETIVOS.....	08
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	08
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	08
II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	09
III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	12
IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA.....	14
4.1 DESCRIPCIÓN DEL TEMA.....	15
4.2 ANTECEDENTES.....	15
4.2.1 A nivel internacional.....	15
4.2.2 A nivel nacional.....	17
4.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
4.4 JUSTIFICACIÓN.....	20
4.5 MARCO TEÓRICO.....	20
4.5.1 Principios de ventilación.....	20
4.5.1.1 Ventilación general o ambiental.....	20
4.5.1.2 Según los equipos de distribución.....	22
4.5.2 Principios de diseño y transporte de aire en ductos.....	23
4.5.3 Cálculo de ventiladores centrífugos.....	30
4.5.3.1 Ventilador Centrífugo.....	31
4.5.3.2 Criterios de selección de un ventilador centrífugo.....	33
4.5.3.3 Cálculo de potencia del motor eléctrico.....	36
4.5.3.4 Cálculo del esfuerzo admisible.....	37
4.5.4 Norma de ventilación para edificaciones.....	38
4.5.5 Criterios y recomendaciones de instalación.....	41
4.6 FASES DEL PROYECTO.....	44
4.6.1 Distinguir el cumplimiento y especificación del diseño según normativa.....	44
4.6.1.1 Levantamiento de plano de los laboratorios.....	44
4.6.1.2 Cálculo del caudal a extraer.....	45
4.6.2 Determinar la distribución de líneas de ventilación para cada laboratorio.....	45
4.6.2.1 Dimensionamiento de ductos.....	45
4.6.2.2 Selección de rejillas de extracción.....	50

4.6.2.3 Cálculo de pérdidas en el sistema.....	52
4.6.3 Selección de ventilador centrífugo.....	55
4.6.4 Procedimiento de instalación del proyecto de ventilación.....	58
V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO.....	67
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
6.1 CONCLUSIONES.....	69
6.2 RECOMENDACIONES.....	71
VII. REFERENCIALES.....	72
VIII. ANEXOS Y PLANOS.....	74
8.1 DOCUMENTOS.....	74
8.1 PLANOS DE INSTALACIÓN.....	74

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidades
Δp_f	Pérdida de presión por fricción	Pa
f	Factor de fricción	-
L	Longitud	m
D_h	Diámetro hidráulico	mm
ε	Rugosidad absoluta del material del conducto	mm
Re	Número de Reynolds	-
C_o	Coefficiente de pérdida de presión	-
Δp_d	Pérdidas dinámicas	Pa
Δp_T	Caída de presión total	mm.c.d.a
ρ	Densidad del fluido	Kg/m^3
u	Velocidad del fluido	m/s
Q	Caudal de fluido	m^3/h
P_v	Potencia requerida por el ventilador	KW
Q_v	Caudal del ventilador	L/s
Δp	Caída de presión del sistema	Pa
η_v	Eficiencia del ventilador	%
P_{em}	Potencia entregada por el motor	KW
η_t	Eficiencia de la transmisión	%
σ	Esfuerzo admisible	$Kg-f/m^2$
P	Fuerza axial	$Kg-f$
A	Área de la sección transversal	m^2
F.S.	Factor de servicio	-
H_f	Pérdida de presión	In c.d.a
l	Longitud del ducto	Ft
C	Coefficiente de fricción	-
V	Velocidad de aire	Ft/min
V_o	Velocidad de entrada a la transición	Ft/min
V_f	Velocidad de salida en la transición	Ft/min

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Mapa de ubicación de la empresa Cime Comercial.....	10
Fig. 2.2 Organigrama de la empresa Cime Comercial.....	11
Fig. 4.1 Ventilación general o ambiental.....	21
Fig. 4.2 Ventilación por sobrepresión.....	22
Fig. 4.3 Ventilación por depresión	23
Fig. 4.4 Pérdida de presión en transiciones en accesorios.....	29
Fig. 4.5 Coeficientes de pérdida en accesorios.....	30
Fig. 4.6 Ventilador centrífugo.....	31
Fig. 4.7 Curva característica del ventilador.....	33
Fig. 4.8 Curva del sistema de ventilación.....	34
Fig. 4.9 Curva característica del sistema de ventilación y el ventilador.....	34
Fig. 4.10 Representación gráfica de las presiones estáticas.....	35
Fig. 4.11 Vista de planta del 1er Piso de los laboratorios de Cobre y Zinc.....	44
Fig. 4.12 Diagrama del cálculo de pérdida por fricción en pulgada de agua por 100 Ft.	47
Fig. 4.13 Diagrama para calcular el diámetro de ductos redondos equivalentes.....	48
Fig. 4.14 Software Ductsizer.....	49
Fig. 4.15 Dimensionamiento de ducto con el software.....	49
Fig. 4.16 Vista de planta del techo del laboratorio de Zinc.....	52
Fig. 4.17 Vista de planta del 1er piso del laboratorio de Zinc.....	53
Fig. 4.18 Vista de corte D-D del laboratorio de Zinc.....	54
Fig. 4.19 Pases en el techo de cada laboratorio.....	59

Fig. 4.20 Armado de ductos.....	60
Fig. 4.21 Instalación de ductos.....	61
Fig. 4.22 Instalación del tablero eléctrico en su soporte.....	62
Fig. 4.23 Pintado de ductos.....	63
Fig. 4.24 Instalación de rejillas de extracción para ambos laboratorios.....	64
Fig. 4.25 Instalación final de equipos extractores y ductos.....	65
Fig. 4.26 Instalación de pulsadores manuales en cada laboratorio.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Renovaciones para locales de permanencia y trabajo.....	39
Tabla 4.2 Renovaciones para locales especiales.....	40
Tabla 4.3 Cálculo del caudal de aire de los ambientes de Cobre y Zinc.....	45
Tabla 4.4 Niveles de sonido aceptables para diversas actividades.....	50
Tabla 4.5 Selección de rejillas de retorno/ extracción.....	51
Tabla 4.6 Cálculo de pérdida por caída de presión en ductos para el laboratorio de Zinc.	55
Tabla 4.7 Parámetros de selección de ventiladores.....	56
Tabla 4.8 Ventiladoresseleccionados.....	57
Tabla 5.1 Hoja de presupuesto del proyecto de ventilación de los laboratorios de Cobre y Zinc.....	67
Tabla 5.2 Metrado de ductos del proyecto de ventilación de los laboratorios de Cobre y Zinc.....	68

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas relevantes en el país es la contaminación del medio ambiente laboral por este motivo se hace necesario tratar este proyecto según la normativa nacional y a la solicitud del cliente a quien se le brinda el servicio.

Este informe se centra en dimensionar y realizar el sistema de ventilación dentro de los laboratorios de Cobre y Zinc, minerales provenientes de la mina en Yanacancha ubicado en la provincia de Ancash de la compañía minera Antamina, con el fin de mantener condiciones de operación en laboratorio aceptables, además de prever la salud de los operarios y disminuir las condiciones de humedad en el ambiente.

La metodología para el desarrollo del trabajo se usó como base las recomendaciones de la normativa peruana considerado en el Reglamento Nacional de edificaciones (RNE) 2014, Ministerio de Vivienda, EM 030 Instalaciones de ventilación, donde se realizó el levantamiento de planos de los laboratorios de cobre y zinc con el que se realizó el cálculo del caudal de aire a extraer. El diseño se basó en definir el dimensionamiento de ductos, rejillas de extracción, cálculo de pérdida presión en el sistema de ductería para la selección del ventilador centrífugo. Como parte final se brinda el proceso seguido para la instalación de todo el sistema de ventilación en cada laboratorio.

I. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño e instalación de sistemas de ventilación para los laboratorios de cobre y zinc para la compañía minera Antamina en Huarmey- Ancash.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Distinguir el cumplimiento y especificación del diseño según normativa peruana para el cálculo de ventilación mecánica.
- Determinar la distribución de líneas de extracción para cada laboratorio y una adecuada ubicación de rejillas de extracción.
- Dimensionar los ductos por medio del Software Ductsizer.
- Proponer cálculo y selección de equipos especializados.
- Identificar las recomendaciones de diseño e instalación del sistema de ventilación en los laboratorios.

II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

CIME COMERCIAL S.A. fundada el 10 de Octubre del año 1991 en la ciudad de Lima por los Ingenieros Vicente López Giraldo y Percy Neira Zegarra, principales accionistas y gerentes como una empresa especializada en el desarrollo de proyectos de ingeniería mecánica, eléctrica y electrónica.

MISIÓN

Brindar soluciones integrales confiables y eficientes a organizaciones medianas y grandes de diferentes sectores a través de las líneas de productos y servicios actuales, construyendo relaciones sólidas con proveedores.

VISIÓN

Ser la empresa líder en el mercado brindando soluciones integrales en sistemas de aire acondicionado y seguridad electrónica en base a productos y servicios soportados por socios estratégicos de negocios que son líderes en el mercado nacional e internacional.

Datos generales de la empresa:

- Razón social de la empresa: CIME COMERCIAL S.A. con RUC 20117322751, con representante legal Ing. Vicente López Giraldo.

- Ubicación: Av. Industrial N° 132-126, Ate – Lima, con dirección electrónica: cime@cime.com.pe.

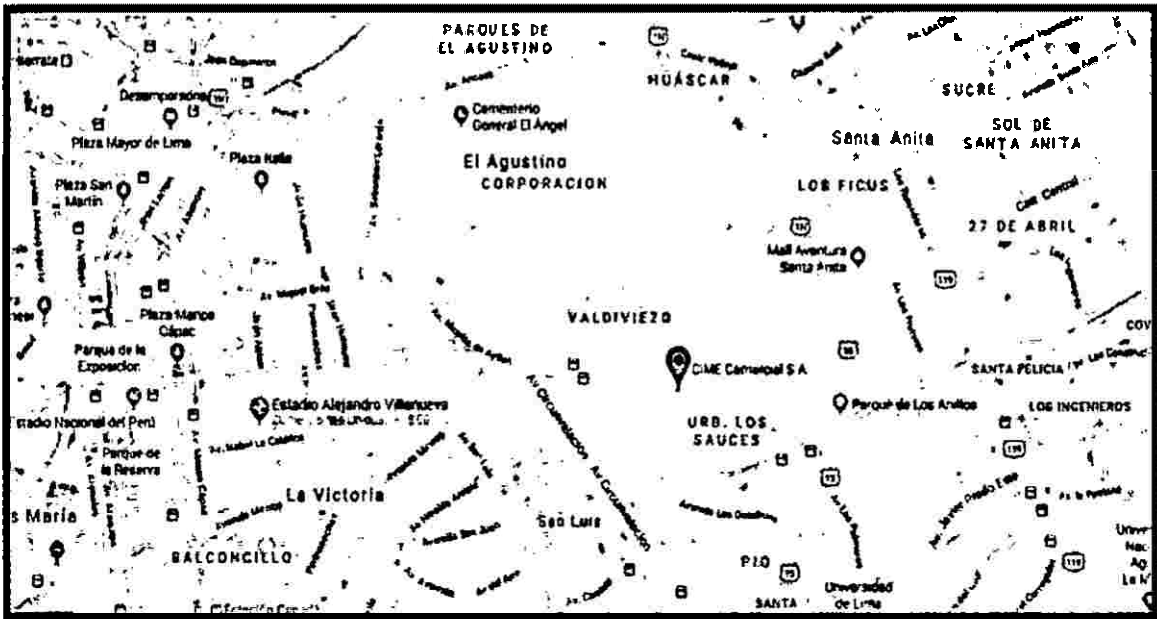


Figura 2.1 Mapa de ubicación de la empresa Cime Comercial S.A.¹

- Tamaño de la empresa: Mediana empresa, con un promedio de 300 trabajadores y con un promedio de volumen de ganancias de s/. 7'826,041.55 (Mediana empresa entre 100 a 499 trabajadores y entre 1700 UIT a 2300 UIT).

¹ Fuente: <http://planos.paginasamarillas.com.pe>

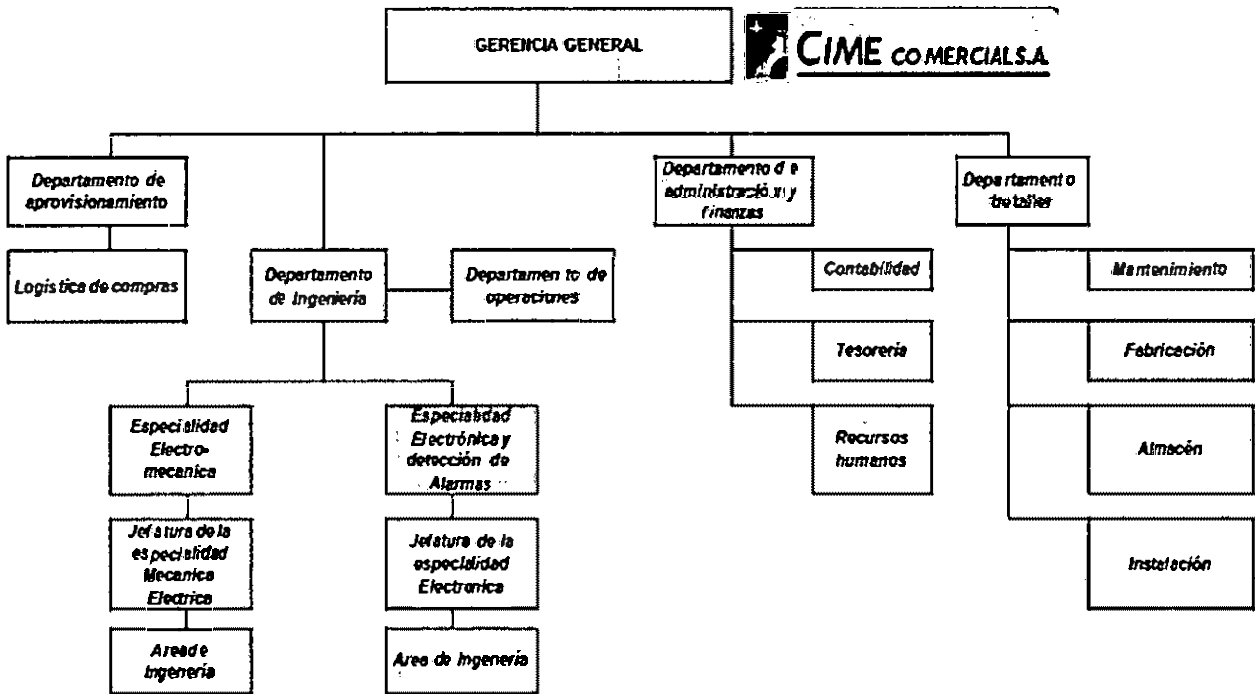


Figura 2.2 Organigrama de la empresa Cime Comercial²

Según el organigrama de la empresa mi desempeño se basó como proyectista de sistemas de aire acondicionado en el área de ingeniería; siendo mis principales funciones: Diseñar y Supervisar proyectos de sistemas de aire acondicionado y ventilación.

² Fuente: Cime Comercial S.A.C.

III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

El giro de la empresa es realizar proyectos en sistemas de aire acondicionado, seguridad electrónica y estructuras metálicas utilizadas principalmente en telecomunicaciones, minería e industrias.

Asimismo, brinda a sus clientes, servicios de asesoría, ingeniería de diseño, instalación, soporte técnico de reparación y mantenimiento, así como entrenamiento al personal técnico de sus clientes.

Entre los principales proyectos de la empresa se encuentran:

- Proyecto por el Suministro e instalación del Sistema Troncalizado de Radios en Cerro Quebrada Honda, que consiste de una Torre Autosoportada Triangular de 30mts., de un Shelter 3x3x2.5mts., Grupo Electrónico de Control de Generación Variable, Aire Acondicionado (1+1), Cerco perimétrico - Mina Toquepala. Cliente: Southern Perú (Costo del proyecto: S/ 496,079.85).
- Proyecto "Lima Project" por el suministro e instalación de climatización y ventilación en el Taller Workshop, Taller exterior, edificio oficinas administrativas, edificio de servicios (Vestuarios y comedor) y edificio auxiliares en las oficinas de la empresa SANVIK. Cliente: H y HE Contratistas Generales SAC (Costo del proyecto: S/ 745,944.15).
- Proyecto de instalación de Fan Coil, Cajas VAV, extractores y cambio de serpentín de Chiller para todas las oficinas administrativas de

Aspersud - la molina. Cliente: ASPERSUD (Costo del proyecto: S/ 782,861.94).

Mis actividades desarrolladas en los siguientes proyectos son:

- Proyecto de suministro e instalación de ventiladores de aire para las Salas de Cu y Zn del LABORATORIO QUÍMICO - Campamento de CÍA. MINERA ANTAMINA en Puerto punta Lobitos – Huarney.

Mi labor fue diseñar y supervisar la instalación de extractores de aire y ductería.

- Proyecto de suministro, instalación y puesta en servicio de 01 Sistema de ventilación forzada para las salas de la Estación Base Celular (EBC) – Telefónica.

Mi labor fue realizar mediciones de consumo energético de los equipos de aire acondicionado existentes, con un software de medición (ANALIZADOR DE REDES Q4-METREL), antes y después de la instalación de los nuevos equipos de ventilación mecánica.

- Proyecto de suministro, instalación y puesta en servicio de 02 equipos de Aire Acondicionado para las salas de Conmutación de la Unidades Remotas de Abonados (URA)

Mi labor fue realizar mediciones de consumo energético de los equipos de aire acondicionado existentes, con un software de medición (ANALIZADOR DE REDES Q4-METREL), antes y después de la instalación de los nuevos equipos de aire acondicionado.

IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA

Realizar el diseño e instalación del sistema de ventilación para los laboratorios de cobre y zinc para la compañía minera Antamina en Huarmey, tomando como base los planos de infraestructura de cada laboratorio.

Determinar la distribución de líneas de extracción para cada laboratorio, tomando en consideración el insuflamiento mecánico, dimensión de rejillas de extracción y su ubicación.

Distinguir el cumplimiento y especificación del diseño según normativa vigente, considerando el Reglamento Nacional de edificaciones 2014.

Proponer el cálculo y selección de equipos especializados, tomando en consideración los principios que rigen el transporte de fluidos y las pérdidas primarias y secundarias en las líneas de extracción.

Realizar las recomendaciones de la instalación de los equipos de ventilación y los materiales que se emplearán para su ejecución.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TEMA

El proceso de ventilación consiste en el insuflamiento de aire fresco desde del medio ambiente a través del equipo de ventilación ubicado en la azotea del laboratorio de cobre hacia el interior de este. Este equipo de ventilación a usarse es un ventilador centrífugo para cada laboratorio, accionado de forma manual por el usuario, extrayendo el aire por medio de rejillas de extracción, llevada por ductos de fierro galvanizado divididos en ramales y es expulsada al exterior del laboratorio desde la azotea.

4.2 ANTECEDENTES

Desde tiempos muy remotos la ventilación en los ámbitos de labor se ha dado a conocer con más énfasis debido a las diversas situaciones de riesgo en las que muchos obreros, en todas partes del mundo, han tenido que lidiar para tener un ambiente apropiado para su correcto desenvolvimiento de sus labores.

4.2.1 A nivel internacional:

- Plinio El Viejo (23 D.C. – 79 D.C.), Médico romano, hace referencia a los peligros inherentes en el manejo del Zinc y del Azufre y propuso lo que puede haber sido el primer equipo de protección respiratoria, fabricado con vejigas de animales, que se colocaban sobre la boca y nariz para impedir la inhalación de polvos. Otros

científicos e investigadores en los siglos posteriores efectuaron valiosos estudios relacionados con las condiciones laborales, las características de los medios ambientales de trabajo y las enfermedades que aquejaban a los trabajadores y sus familias.

- Georg Bauer (1494-1555), considerado como primer Ingeniero Metalúrgico Alemán, autor del tratado "De Re Metallica" (Editado en Latín) en 1556. En el libro 7, se refiere a la ventilación en las Minas, realizando algunas sugerencias para mejorarla y menciona la fabricación de máscaras respiratorias, además de los accidentes en las Minas y sus causas.
- Bernardino Ramazzini (1633-1714), Médico Italiano, considerado como el Padre de la Salud ocupacional, hace referencia en su publicación "De morbis artificum diatriba" (Tratado sobre las enfermedades laborales) en 1700. En el cual ofrece un examen minucioso de las afecciones propias de los distintos oficios que existían antes de la Revolución industrial, contiene conceptos de prevención para evitar o disminuir los efectos de la exposición a sustancias tóxicas.
- En EUA publica en 1970, "La ley de seguridad e higiene ocupacional", cuyo objetivo es asegurar en lo máximo posible que todo hombre y mujer trabaje en lugares seguros y saludables, lo cual permitirá preservar su integridad. Esta ley es posiblemente el documento más importante que se ha emitido a favor de la

seguridad y la higiene, ya que cubre con sus reglamentos, requerimientos de casi todas las ramas industriales, los cuales han sido tomados por muchos otros países.

- En la tesis titulada: "Diseño de un sistema de extracción localizada de gases y polvos del proceso de reconstrucción mecánica de turbinas hidráulicas y su manejo para el control de impacto ambiental Hidroagoyan", presentada por Lorena Beatriz Chimbo Pérez y Leandro Rafael Ortiz Cabezas en la Escuela superior politécnica de Chimborazo (Ecuador), para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico en el año 2012, sostiene que: Es importante que la empresa garantice un ambiente laboral seguro a su personal, libre de riesgos y contaminación, cumpliendo así con las legislaciones y normativas vigentes con respecto a la seguridad, higiene, salud ocupacional y medio ambiente, en todo su proceso productivo (página 02).

4.2.2 A nivel nacional:

La constitución política del Perú garantiza la salud de las personas en cualquier ámbito incluido en el laboral, la seguridad y la salud en el trabajo, es una condición básica, para la protección social y el trabajo decente.

- Primer Reglamento en Seguridad Industrial (1965), Reglamentaba la Apertura y Control Sanitario de Plantas Industriales, en 1985 se

da la Resolución Suprema 021-83-TR que regula las Normas Básicas de Seguridad e Higiene en Obras de Edificación, en 2001, para sector Minero se dicta, el D.S. 046-2001-EM Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.

- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minería (2011), obliga al empleador a la identificación de peligros y evaluación de riesgos en la actividad Minera, a la capacitación y en temas relacionados a los trabajos de alto riesgo, manejo de sustancias peligrosas, reporte de accidentes, con tiempo perdido, incapacitantes y fatales. Entre otras acciones de seguimiento y mejora continua.
- En la tesis titulada: "Instalación de ventilación de laboratorios con extracción de gases", presentada por Allan Walter Flores Morales en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PERU), para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico en el año 2009, indica que: La industria minera actual hace uso de diversos procesos químicos y mecánicos para la extracción y refinamiento del mineral explotado, por lo que es fundamental la investigación de este tipo de procesos en un laboratorio.

La gran mayoría de estos procesos originan desechos, tales como gases, humos, y vapores, etc., los cuales pueden ser peligrosos (Para el personal que labora) si son manejados de manera

irresponsable, por lo que se hace necesario su tratamiento (página 01).

- En la tesis titulada: "Evaluación de la situación actual del sistema de ventilación y propuesta para su optimización en la mina subterránea carbonífera Mi Grimaldina I - Cajamarca – 2016", presentada por Edwin Eduardo García Agama en la Universidad Privada del Norte (PERU), para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en el año 2016, indica que:

Cada vez más las empresas del sector de la industria minera nacional están comprometidos con la seguridad, es decir están conscientes de que sus operaciones tienen impactos, a la salud de los trabajadores, ambientales y sociales y hacer que estas sean positivas y contribuyan al desarrollo sostenido en los trabajadores, población y su entorno... deberá estar dotada de aire limpio de acuerdo a las necesidades del personal, las maquinarias, para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudiera afectar la salud del trabajador. (página. 01).

4.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Existe un sistema de ventilación mecánica para los laboratorios de cobre y zinc para la compañía minera Antamina en Huarney - Ancash?

4.4 JUSTIFICACIÓN

Razones por la cual se hace la ventilación de los laboratorios referidos:

- Mantener condiciones de operación en los laboratorios de cobre y zinc para cumplir con las recomendaciones brindadas en la normativa nacional.
- Prever la salud de los operarios, por el bien de su integridad y la de su familia.
- Mantener las condiciones de humedad por renovación de aire fresco en el laboratorio.

4.5 MARCO TEÓRICO

4.5.1 Principios de ventilación

4.5.1.1 Ventilación general o ambiental

Este tipo de ventilación consiste en el ingreso de un caudal de aire exterior, con el fin de diluir los contaminantes y reducir sus concentraciones a niveles inferiores a los límites permisibles. El aire inyectado al ambiente se propaga y se mezcla con los contaminantes presentes para posteriormente ser extraído y expulsado al exterior. Sin embargo, de encontrarse una fuente de contaminación concreta, el flujo de aire hace que este contaminante se esparza por el ambiente antes de ser extraído del mismo.

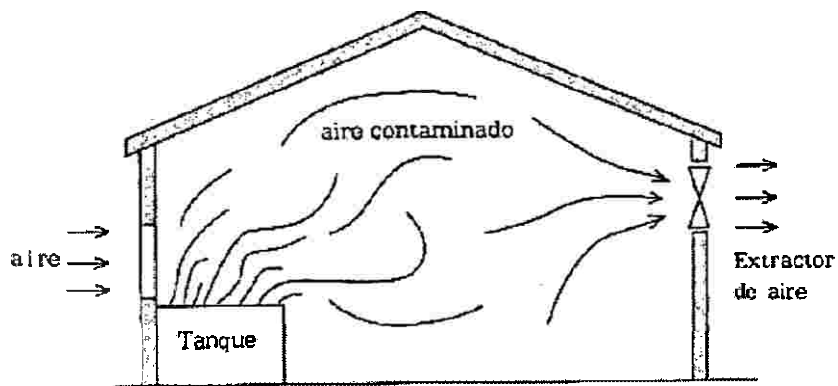


Figura 4.1 Ventilación general o ambiental³

La instalación de un sistema de ventilación generalmente mecánica contiene una gran parte de intuición, sin embargo, se pueden enumerar los siguientes principios:

- ✓ Aplicable a contaminantes de baja toxicidad, rápida difusión y pequeñas emisiones.
- ✓ Localizar los puntos de extracción lo más cerca posible de las fuentes de contaminación.
- ✓ Colocar los puntos de inyección y de extracción de tal manera que se fuerce una corriente general de aire a través de las zonas contaminadas.
- ✓ Es preferente utilizar una extracción mecánica y una entrada natural.
- ✓ Evitar el reingreso del aire extraído asegurando que la toma de aire para inyección se encuentre alejada de la descarga.

³ Fuente: (Echeverri 2011:18)

4.5.1.2 Según los equipos de distribución

- **Por sobrepresión**

El ingreso de aire al ambiente se realiza mediante inyección mecánica. La principal ventaja de este sistema es que el aire de aportación viene directamente del exterior.

Consiste en causar una sobrepresión en el local obligando al aire contaminado a salir a través puntos de acceso. Sin embargo, para largos recorridos, puede provocar altas concentraciones de aire contaminado.

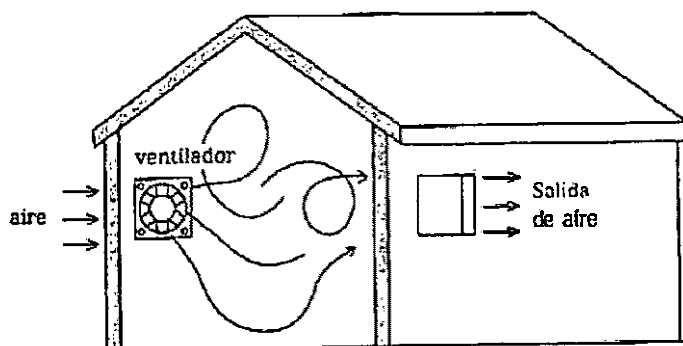


Figura 4.2 Ventilación por sobrepresión⁴

- **Por depresión**

En este tipo de sistema, la salida de los gases se realiza mediante extracción mecánica y la entrada de aire se realiza debido a la diferencia de presión que se genera. Este sistema es el más utilizado debido a que tiene la ventaja de poder controlar la descarga, a través

⁴ Fuente: (Echeverri 2011:18)

de una red de conductos, hasta un lugar apropiado acorde con la normativa nacional vigente.

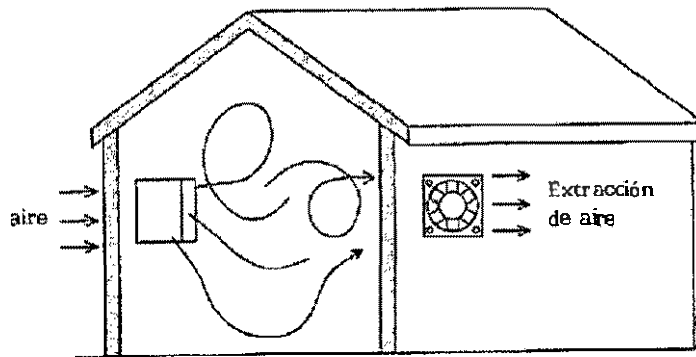


Figura 4.3 Ventilación por depresión⁵

- **Mixta**

Este sistema permite una óptima distribución de aire por el interior del ambiente permitiéndole llegar a todos los rincones. Al encontrarse la inyección y extracción trabajando simultáneamente, ambos deberán impulsar o inyectar la misma cantidad de aire, causando el cambio completo del mismo en el interior del ambiente.

4.5.2 Principio de diseño y transporte de aire en ductos

El traslado del aire en sistemas de ventilación forzada es por medio de ductos. El criterio de cálculos de un sistema de ductos se basa en consideraciones económicas y prácticas. Es posible trasladar el aire a través de los ductos a velocidades bajas y por ende resultarían en pérdidas menores, con lo que se obtiene menor consumo de energía

⁵ Fuente: (Echeverri 2011: 18)

por parte de los ventiladores. También es posible hacer circular el aire a velocidades elevadas, con pérdidas mayores y un gran consumo energético por parte del ventilador.

Resulta tentador concluir que el primero de estos casos es el más beneficioso por el ahorro energético, pero para poder lograr esto es necesario ductos de gran tamaño, lo que se resume en altos costos. Mientras que para el segundo de los casos los ductos son más pequeños y los costos disminuyen considerablemente.

Pero, también es cierto que al momento de diseñar y escoger un sistema de ductos es necesario tomar en cuenta otros factores de importancia tales como vibraciones y ruidos en ductos; y por último, el espacio requerido para paso de ductos. Para cuando no existan limitantes muy estrictas que prácticamente obliguen a escoger un determinado tamaño de ducto; se han estandarizado algunas condiciones, como velocidad del aire en los ductos, para ser más fácil y cómoda la selección. Como se dijo anteriormente, se pueden utilizar ducto de baja velocidades, como ductos de altas velocidades.

Los sistemas de distribución de ventilación se encuentran divididos en tres categorías de presión: baja, media y alta. Estas divisiones se encuentran en distintas clase de ventiladores como se indica a continuación:

- Baja Presión, hasta 90mm.c.a. (3.5 pulg. de c.a.)

- Mediana Presión, desde 90 hasta 180mm.c.a (3.5 a 7 pulg. de c.a.)
- Alta Presión, desde 180 hasta 300mm.c.a (7 a 11.8 pulg. de c.a.)

Estos rangos de presión son de presión total, incluyendo pérdidas a través de las unidades de aire, ductos y los difusores de suministro.

En todo sistema de ventilación, los ventiladores deben ser capaces de vencer las pérdidas ofrecidas por los ductos y todos los accesorios que contenga. Para lograr diseñar un sistema de ductos se han generado algunas reglas y parámetros que se recomiendan seguir. En general se procede con el siguiente criterio:

- a) Los ductos deben seguir, en lo posible, la ruta más directa;
- b) Los cambios de dirección pronunciados deben evitarse.
- c) Si los ductos son rectangulares, no deben ser muy aplanados, es ideal que los ductos sean totalmente cuadrados, una relación máxima entre la longitud mayor y la longitud menor es de 4 a 1.

- **Cálculo de pérdidas primarias**

Para el cálculo de la pérdida por fricción a lo largo de todo el sistema de ductería, se deben tomar diferentes factores en cuenta, tales como: velocidad del aire, tamaño del ducto, rugosidad de la superficie interior y longitud del ducto.

La siguiente ecuación muestra la relación que tienen todos estos factores, en el cálculo de pérdida de fricción:

$$\Delta p_f = \frac{1000 f L}{D_h} * \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.1)^6$$

Donde:

Δp_f = Pérdida de presión por fricción, en Pa.

f = Factor de fricción

L = Longitud del ducto, en m.

D_h = Diámetro hidráulico, en mm.

Para flujo laminar, el factor de fricción f es función únicamente del Número de Reynolds. Sin embargo, para flujo turbulento el factor de fricción depende de otras variables. Colebrook presenta la siguiente ecuación para determinar el factor de fricción:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \text{Log} \left(\frac{\varepsilon}{3.7 D_h} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (4.2)^7$$

Dónde:

ε = Rugosidad absoluta del material del conducto, en mm.

Sin embargo, como no puede ser resuelta explícitamente, se pueden utilizar métodos iterativos o aproximaciones. La más utilizada es la aproximación de Swamce-Jain:

$$f = 0.25 \left(\text{Log} \left(\frac{\varepsilon}{3.7 D_h} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right)^{-2} \quad (4.3)^8$$

⁶Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

⁷ Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

Las pérdidas de presión en conductos largos se expresa de la siguiente forma:

$$H_f = \left(\frac{H_f}{100}\right) * l \quad (4.4)^8$$

Donde:

H_f = Pulgadas en columna de agua

l = Longitud del ducto en pies

$H_f/100$ = Pérdidas por fricción en pulgadas de agua por 100 pies de largo.

Las pérdidas de presión en conexiones de conductos se expresa de la siguiente forma:

$$H_f = C * \left(\frac{V}{4000}\right)^2 \quad (4.5)^{10}$$

Donde:

C = Coeficiente de fricción

V = Velocidad de aire en pies/minuto

H_f = Pérdida de presión en pulgadas.

⁸Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

⁹Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

¹⁰ Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

- **Cálculo de pérdidas secundarias**

Las pérdidas secundarias son resultado del cambio de la trayectoria del flujo del aire o cambios en la sección que atraviesan causados por los accesorios y otros equipos.

Para determinar las caídas de presión por un accesorio, se utiliza un coeficiente adimensional C_o que tiene el mismo valor en flujos similares en términos de dinámica.

$$C_o = \frac{\Delta p_d}{p_d} \quad (4.6)^{11}$$

Donde:

C_o = Coeficiente de pérdida de presión

Δp_d = Pérdidas dinámicas, en Pa.

La presión secundaria, o de velocidad, depende de la velocidad del fluido.

$$P_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (4.7)^{12}$$

Según la ecuación de Darcy - Weisbach, señala que en un tramo de ducto compuesto por accesorios y tramos rectos, la caída de presión total se representa mediante la siguiente expresión:

¹¹ Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

¹² Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

$$\Delta P_T = \left(\frac{1000 \cdot f \cdot L}{D_h} + \sum C_o \right) \cdot \left(\frac{\rho \cdot U^2}{2} \right) \quad (4.8)^{13}$$

Las pérdidas de presión en transiciones se expresa de la siguiente forma:

$$H_f = 11 \left(\left(\frac{V_o}{400} \right)^2 - \left(\frac{V_f}{4000} \right)^2 \right) \quad (4.9)^{14}$$

Donde:

V_o = Velocidad de entrada a la transición.

V_f = Velocidad de salida en la transición.

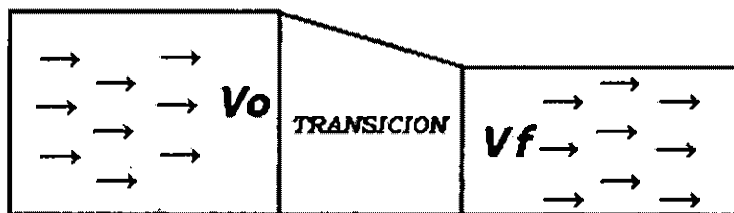


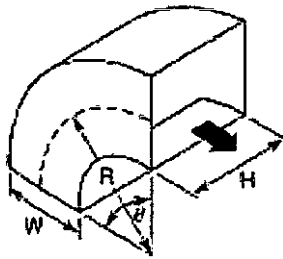
Figura 4.4 Pérdida de presión en transiciones en accesorios¹⁵

A continuación se muestran las tablas de coeficientes de pérdidas en los diferentes tipos de accesorios para conductos de aire usados para el cálculo de pérdidas secundarias.

¹³ Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

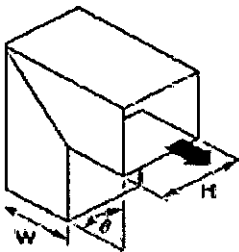
¹⁴ Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

¹⁵ Fuente: Propia



r/W	H/W										
	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	8
0,5	1,5	1,40	1,30	1,20	1,10	1,10	0,98	0,92	0,89	0,85	0,83
0,75	0,57	0,52	0,48	0,44	0,40	0,39	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44
1	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,18	0,19	0,20	0,27	0,21
1,5	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
2	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15

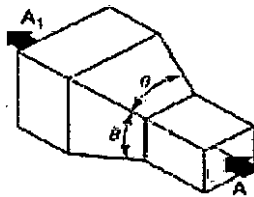
$\theta = 90^\circ$



theta	H/W					
	0,5	0,75	1,0	2,0	3,0	4,0
20	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
30	0,17	0,17	0,16	0,15	0,13	0,13
45	0,37	0,36	0,34	0,31	0,28	0,27
60	0,59	0,57	0,55	0,52	0,46	0,43
75	0,87	0,84	0,81	0,77	0,67	0,63
90	1,30	1,20	1,20	1,10	0,96	0,92

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

C en codo rectangular



A1/A	theta					
	30	45	60	90	120	180
2	0,25	0,29	0,31	0,32	0,33	0,30
4	0,50	0,56	0,61	0,63	0,63	0,63
6	0,58	0,68	0,72	0,76	0,76	0,75
≥10	0,59	0,70	0,80	0,87	0,85	0,86

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

C en transición rectangular

Figura 4.5 Coeficientes de pérdida en accesorios ¹⁶

¹⁶ Fuente: ASHRAE 2005:35.28

4.5.3 Cálculo de Ventiladores centrífugos

4.5.3.1 Ventilador Centrífugo

Los ventiladores centrífugos son turbomáquinas en los cuales el aire ingresa al rotor generalmente con una trayectoria axial y sale en dirección perpendicular. El rotor posee álabes adheridos al mismo por los cuales circula en aire hacia afuera a causa de la “fuerza centrífuga”, abandonando el rotor con una velocidad mayor a la de entrada. La energía recibida por el aire proviene del momento ejercido por el eje giratorio acoplado a un motor. El rendimiento mecánico de un ventilador centrífugo varía entre el 45 y 84% debido a la presencia de remolinos y choques causados por el cambio de dirección del aire.

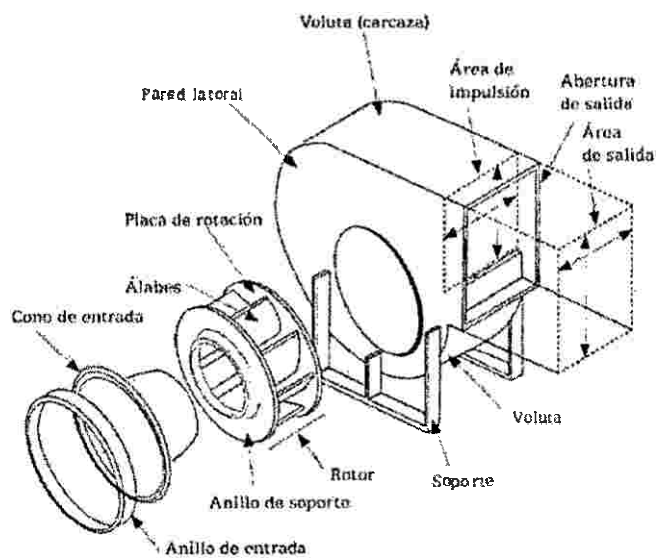


Figura 4.6 Ventilador centrífugo¹⁷

¹⁷ Fuente: (Echeverri 2011:132)

Su principal clasificación se basa en el ángulo de los álabes del rotor, debido a que determinan la característica de la velocidad de giro. La presión generada por un ventilador es función del movimiento o velocidad frontal del aire en la punta de la aleta.

Por ello, se pueden mencionar los siguientes tipos de rotores:

- Con álabes curvados hacia atrás. Los álabes se encuentran inclinados en dirección opuesta al giro del rotor. Se utilizan comúnmente para altas velocidades de trabajo a baja potencia, generando altas eficiencias y bajos niveles de ruido. Sus aplicaciones comunes son para sistemas generales de calefacción, ventilación y aire acondicionado que requieren desde bajas hasta altas presiones estáticas. Este tipo de rotores se subdividen según la forma del álabe: álabes de grosor uniforme, álabes aerodinámicos y álabes radiales.
- Con álabes curvados hacia adelante. Poseen sus álabes inclinados en la dirección de rotación. Requieren poco espacio y bajas velocidades en la punta del álabe. Son normalmente diseñados para trabajos de baja a media presión como son los sistemas de calefacción y aire acondicionado. No son recomendados para ambientes con partículas que puedan adherirse a los álabes, debido a que causan turbulencia.

4.5.3.2 Criterios de selección de un ventilador centrífugo

La selección de un ventilador no solo depende de encontrar un ventilador que cumpla con los requerimientos de presión y caudal sino todos los aspectos de la instalación como son el flujo de aire, temperatura de operación y montaje. La información necesaria para realizar una correcta selección es proveída por el fabricante. Algunos fabricantes dan a conocer el funcionamiento de sus equipos mediante las curvas características de ventilación. Dicha curva del ventilador consiste en una gráfica presión-caudal para distintas velocidades del rotor.

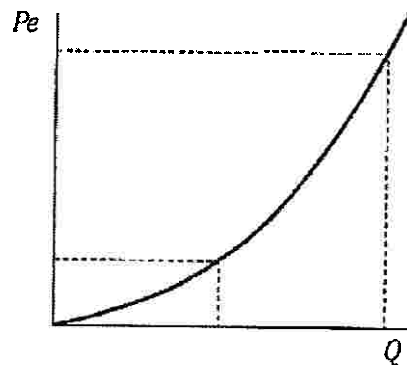


Figura 4.7 Curva característica del ventilador¹⁸

Sin embargo, algunos fabricantes presentan la información mediante tablas indicando las dimensiones, la presión estática, el caudal, la velocidad de rotación y la potencia consumida.

Por otro lado, la curva característica de un sistema de ventilación es la representación gráfica de la presión requerida en función del caudal

¹⁸ Fuente: (Echeverri 2011:137)

que circula por dicho sistema. Su conocimiento ayuda a visualizar cómo se selecciona un ventilador.

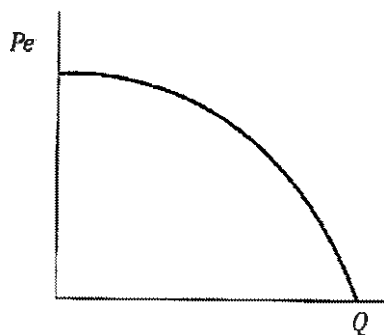


Figura 4.8 Curva del sistema de ventilación¹⁹

Al superponer ambas curvas, del sistema y del ventilador, el punto de corte que se obtiene se le denomina punto de operación o de trabajo. Por lo tanto, el ventilador solo podrá funcionar a una determinada velocidad para el sistema donde se utilice. Para otros ventiladores, las curvas pasarán por el mismo punto de operación cuando los rotores giren a una velocidad diferente.

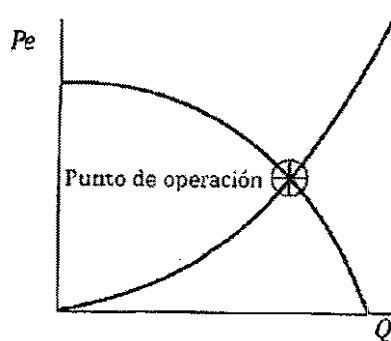


Figura 4.9 Curva característica del sistema de ventilación y el ventilador²⁰

¹⁹ Fuente: (Echeverri 2011:137)

El ventilador a escoger será aquel que tenga una velocidad de rotación que coincida con el punto de operación del sistema para que proporcione el caudal y presión requeridos.

La Figura 4.10 representa una curva tipo en la que se han representado gráficamente las presiones estáticas, que representan las pérdidas de carga, las totales y dinámicas. También se representa una curva de rendimiento mecánico del aparato.

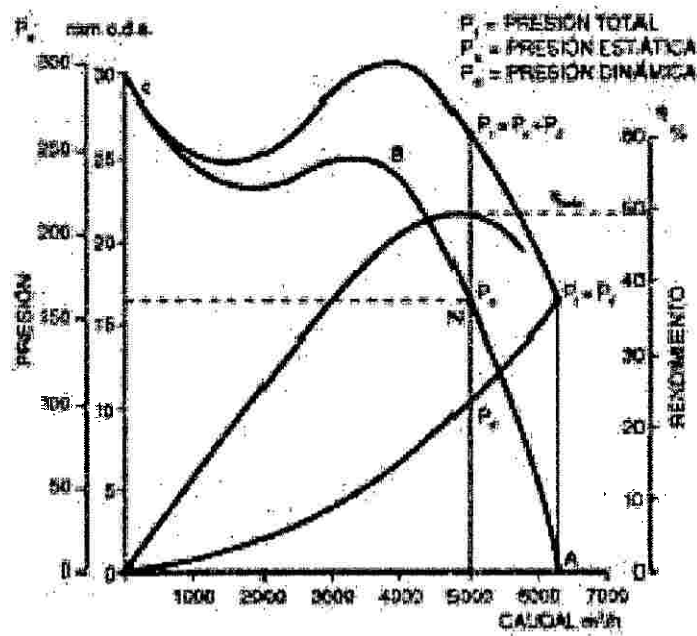


Figura 4.10 Representación gráfica de las presiones estáticas²¹

²⁰ Fuente: (Echeverri 2011:137)

²¹ Fuente: (Echeverri 2011:137)

Tomando como referencia la figura anterior, la zona de trabajo idónea de un ventilador es el tramo A-B de su característica. Entre B y C su funcionamiento es inestable, el rendimiento desciende rápidamente y aumenta notablemente el ruido; por ello en muchos catálogos se representa sólo el tramo eficaz de funcionamiento obviando el tramo hasta la presión máxima.

4.5.3.3 Cálculo de potencia del motor eléctrico.

Para seleccionar el motor eléctrico que accionará el ventilador será necesario primero determinar la potencia que requiere el mismo. Se puede determinar mediante la siguiente ecuación.

$$P_v = \frac{Q_v * \Delta p}{10^6 * \eta_v} \quad (4.10)^{22}$$

Dónde:

P_v = Potencia requerida por el ventilador, en kW.

Q_v = Caudal del ventilador, en l/s.

ΔP = Caída de presión del sistema, en Pa.

η_v = Eficiencia del ventilador

El motor entregará dicha potencia mediante un elemento de transmisión. La potencia que deberá entregar el motor eléctrico deberá

²² Fuente: (Edgar Pita 1994:10)

considerar la eficiencia de la transmisión. Se asumirá una eficiencia de transmisión de 95%.

$$P_{em} = \frac{P_v}{\eta_t} \quad (4.11)^{23}$$

Dónde:

P_{em} = Potencia entregada por el motor, en kW.

η_t = Eficiencia de la transmisión.

Con dicha potencia de trabajo, se podrá seleccionar un ventilador con una potencia nominal mayor.

4.5.3.4 Cálculo del esfuerzo admisible

Las fuerzas internas de un elemento están ubicadas dentro del material por lo que se distribuyen en toda el área; justamente se denomina esfuerzo a la fuerza por unidad de área, la cual se denota con la letra griega sigma (σ) y es un parámetro que permite comparar la resistencia de dos materiales, ya que establece una base común de referencia.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4.12)^{24}$$

Donde:

P = Fuerza axial (Kg-f);

²³ Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

²⁴ Fuente: (Edgar Pita 1994:2)

A = Área de la sección transversal (m^2)

Cabe destacar que la fuerza empleada en la ecuación (4.12) debe ser perpendicular al área analizada y aplicada en el centroide del área para así tener un valor de σ constante que se distribuye uniformemente en el área aplicada; existe otro tipo de ecuación que determine el esfuerzo para las otras fuerzas, ya que los esfuerzos se distribuyen de otra forma.

4.5.4 Norma de ventilación para edificaciones

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) para el Ministerio de Vivienda, en el apartado "Condiciones mínimas de calidad de aire interior para el diseño de sistemas de ventilación en edificaciones" indica lo siguiente:

"Las edificaciones dispondrán de medios para que sus ambientes se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual, durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

Los sistemas de ventilación producen condiciones de estado del aire en los ambientes a los que se aplican. Dichas condiciones de estado, deben sujetarse a los valores determinados en la Tabla 4.1 y Tabla 4.2".²⁵

²⁵ Fuente: (Diario EL PERUANO 2014: EM 030)

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES POR HORA (Cantidad)
Talleres de decapado	5-15
Tintorerías	10-20
Locales de pintura a pistola	20-50
Garajes:	
- pequeños	10-15
- grandes	5-8
Hospitales:	
- Grupo de quirófanos	5-12
Cocinas:	
- Cocinas de tamaño medio:	
H = 3 a 4 m	20-30
H = 4 a 6 m	15-20
- Cocinas grandes	
H = 3 a 4 m	20-30
H = 4 a 6 m	15-30
Laboratorios	8-15
- Aspiración de digestores	200-400
Salas de medición y de verificación	8-15
Naves de montaje	4-10
Lavanderías	
- Sala de lavado	15-20
- Sala de planchado	10-15
- Sala de calandria o prensado de ropa	10-15
Talleres en general	3-8
Taller de barnizado	10-20

Tabla 4.1 Renovaciones para locales de permanencia y trabajo²⁶

²⁶ Fuente: (Diario EL PERUANO 2014: EM 030)

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES POR HORA (Cantidad)
Baños	
- públicos	10-15
- en fábricas	8-10
- en oficinas	5-8
- en viviendas	3-4
Locales de trabajo	3-8
Salas de Exposiciones	2-3
Bibliotecas, Archivos	4-8
Oficinas	4-8
Duchas	10-15
Guardarropas	4-6
Restaurantes	5-10
Piscinas cubiertas	3-5
Aulas	6-8
Cantinas	6-8
Grandes almacenes	6-10
Cines y teatros	
- con prohibición de fumar	4-6
- sin prohibición de fumar	5-8
Hospitales	
- Salas de reconocimiento y de tratamiento	3-5
- Salas de hospitalización	2-5
- Baños	5-8
- Aseos	8-15
Cocinas	
- Cocinas: h = 2,5 a 3,5 m	15-25
Tiendas	6-8
Escuelas	
- Aulas	4-5
- Pasillos, cajas de escaleras	2-3
- Aseos	5-8
- Gimnasios	2-3
- Piscinas de aprendizaje cubiertas	2-3
- Baños y lavados	5-8
Salas de actos	6-12
Salas de juntas	5-10

Tabla 4.2 Renovaciones para locales especiales²⁷

²⁷ Fuente: (Diario EL PERUANO 2014: EM 030)

4.5.5 Criterios y recomendaciones de instalación

- **Extractor centrífugo:**

La voluta y envoltorio será construido de plancha de acero de un calibre mínimo de 14 gage, (2.0 mm) unidos con soldadura continua. Será del tipo centrífugo.

El rodete será del tipo non—overloading; con paletas inclinadas hacia atrás (backward inclined type), el cual será balanceado estática y dinámicamente como un solo conjunto con su eje. Será construido de acero de un calibre mín. de 14 gage. Deberá ser balanceado de acuerdo con AMCA estándar 204-96 (Balance quality and vibration levels fans) y estará unido mecánicamente a su eje por medio de chaveta.

El eje será de acero e irá apoyado en chumaceras con rodamientos de lubricación permanente.

Los motores serán para trabajo pesado, con rodamientos de lubricación permanente. Llevará protección térmica entre las bobinas, el aislamiento de las bobinas será de clase "B" F.S. (Factor de servicio)= 1.15. El motor estará montado sobre una base metálica con un mecanismo para tensar las fajas.

Las fajas serán fabricadas resistentes al calor y la grasa. Deberán de ser del tipo no estáticas.

Los equipos se suministrarán e instalarán con los respectivos amortiguadores de vibración recomendado por el fabricante.

Las Certificaciones que deberán de cumplir son: AMCA (Air and Sound performance) y UL (Underwriters Laboratories) 705.

- **Ductos de fierro galvanizado**

Se fabricarán e instalarán de conformidad con los tamaños y recorridos mostrados en planos, la totalidad de los ductos metálicos para ventilación. Para la construcción de los ductos se emplearán planchas de fierro galvanizado ARMCO tipo zinc - grip o similar.

En general, se seguirán las normas recomendadas por SMACNA (Sheet metal and air conditioning contractors national association, inc.)

- **Rejillas de extracción**

Serán de aletas inclinadas y las rejillas llevarán un dámper de hojas opuestas, fabricado con plancha galvanizada de 1/40" para rejillas mayores a 18".

- **Conexiones eléctricas**

Se empleará tuberías Conduit galvanizada pesada americana y cajas Condulet cuando la instalación sea a la vista, pudiendo ser tubería plástica pesada únicamente cuando la instalación sea empotrada.

Será parte de la instalación eléctrica la instalación de todo el sistema de control, los arrancadores magnéticos y las botoneras de arranque ubicadas en lugares accesibles. La conexión eléctrica en general seguirá las normas técnicas establecidas en el RNE en este rubro.

- **Montaje e izaje de equipos**

La instalación corresponderá en montar los equipos en los lugares indicados en planos, se deberá utilizar equipos de levante apropiados, cumpliendo todas las normas de seguridad pertinentes a este tipo de trabajo, se considerará los seguros necesarios para los equipos hasta la colocación en sus lugares definitivos.

- **Pruebas y Arranque del sistema**

Para las pruebas y regulaciones se ceñirá a las instrucciones de los fabricantes. Una vez que el sistema de distribución de aire se encuentre en operación, deberá balancearse conforme a los caudales de aire que especifican los planos, utilizándose instrumentos para la medición de las velocidades en el interior de los conductos y medición de caudales de aire en difusores y rejillas. Para la medición de la velocidad del aire en los conductos se emplearán tubos de Pitot.

Para la medición del caudal de aire en las rejillas se emplearán Balómetro (Medidor de caudal de aire directo)²⁸

²⁸ Fuente: Gutiérrez Castillos Ingenieros S.A.C.

4.6 FASES DEL PROYECTO

4.6.1 Distinguir el cumplimiento y especificación del diseño según normativa.

4.6.1.1 Levantamiento de plano de los laboratorios

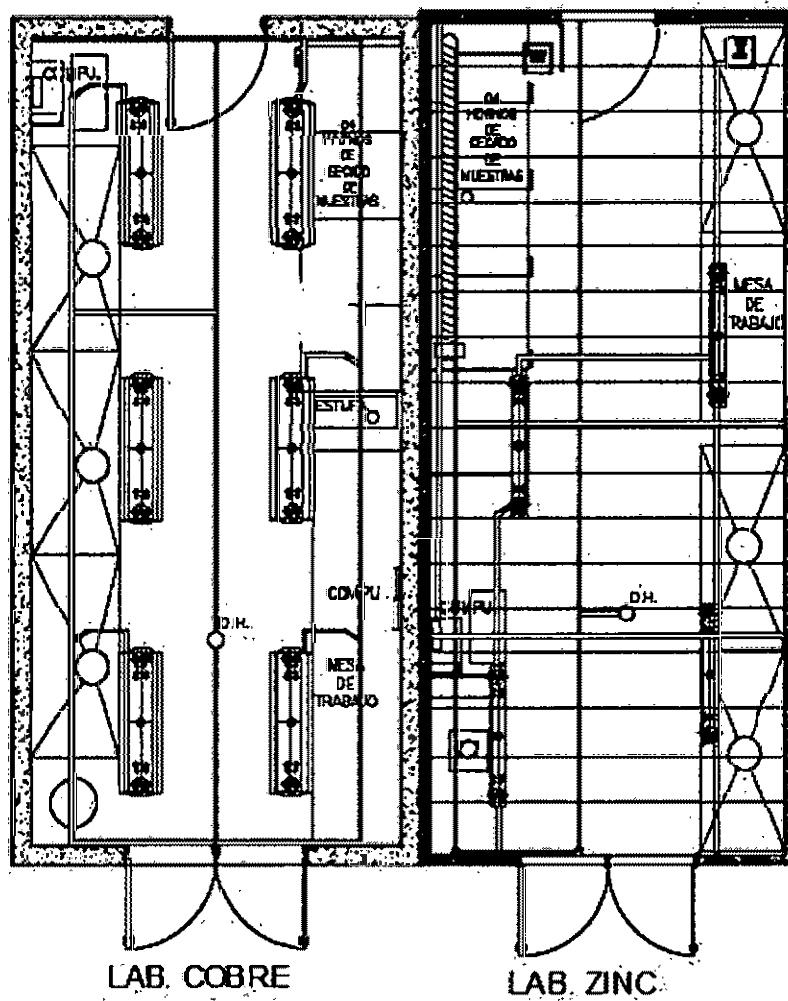


Figura 4.11 Vista de planta del 1er Piso de los laboratorios de Cobre y Zinc²⁹

²⁹ Fuente: Cime Comercial S.A.C.

4.6.1.2 Cálculo del caudal a extraer

CLIENTE :	COMPañA MINERA ANTAMINA- PUERTO PUNTALOBITOS (PPL) - HUARMEY	FECHA: 18/07/2016
LOCAL :	Laboratorios Químicos de Cobre y Zinc	CLIMA : VERANO
<hr/>		
Largo:	7.19m	23.57 Pie.
Ancho:	3.80m	12.47 Pie.
Altura Sala:	3.20m	10.50 Pie.
<hr/>		
Volumen:	3,085.71 Pie ³ .	
Renovación:	35.00 Cambio/Hora.	
Caudal de Aire:	1,800.010 CF.M.	

Tabla 4.3 Cálculo del caudal de aire de los ambientes de Cobre y Zinc³⁰

4.6.2. Determinar la distribución de líneas de ventilación para cada laboratorio.

4.6.2.1 Dimensionamiento de ductos

Para cada área se debe considerar una cantidad de aire, en ello va incluida la capacidad equivalente y caudal necesaria. Encontramos varios métodos por el cual se puede dimensionar los conductos como el método de igual fricción el cual se utiliza en este proyecto, el método de recuperación estática y por medio de ductulador³¹.

³⁰ Fuente: Cime Comercial S.A.C.

³¹ Un ductulador es una herramienta que se utiliza para determinar las dimensiones de los conductos para el aire acondicionado en los sistemas de climatización.

Usando el método de igual fricción de dimensionamiento de conductos seleccionamos un valor para la pérdida de presión por fricción por longitud de ducto, y se mantiene constante para todas las secciones de ducto del sistema. El valor que se selecciona se basa en general en la velocidad máxima permisible en el conducto cabezal que sale del ventilador, para evitar demasiado ruido.

Este método consiste en:

- Selección de un valor de pérdida de presión por fricción por longitud de ducto. Para este diseño se utiliza el valor de $H_f/100\text{pies} = 0.1$ pulgadas.
- Selección de valor de caudal máximo permisible.
- Diseño de ductería usando gráficas, tablas y formulas.

La grafica de la Figura 4.12 representa las pérdidas por fricción para flujo de aire en conductos redondos de lámina galvanizada. También se usa la gráfica de la Figura 4.13 para encontrar la equivalencia del diámetro de ducto redondo para obtener un conducto rectangular.

Estas graficas son adecuadas para conductos de acero galvanizado con flujo de aire normal y un promedio de 40 uniones por cada 100 pies.

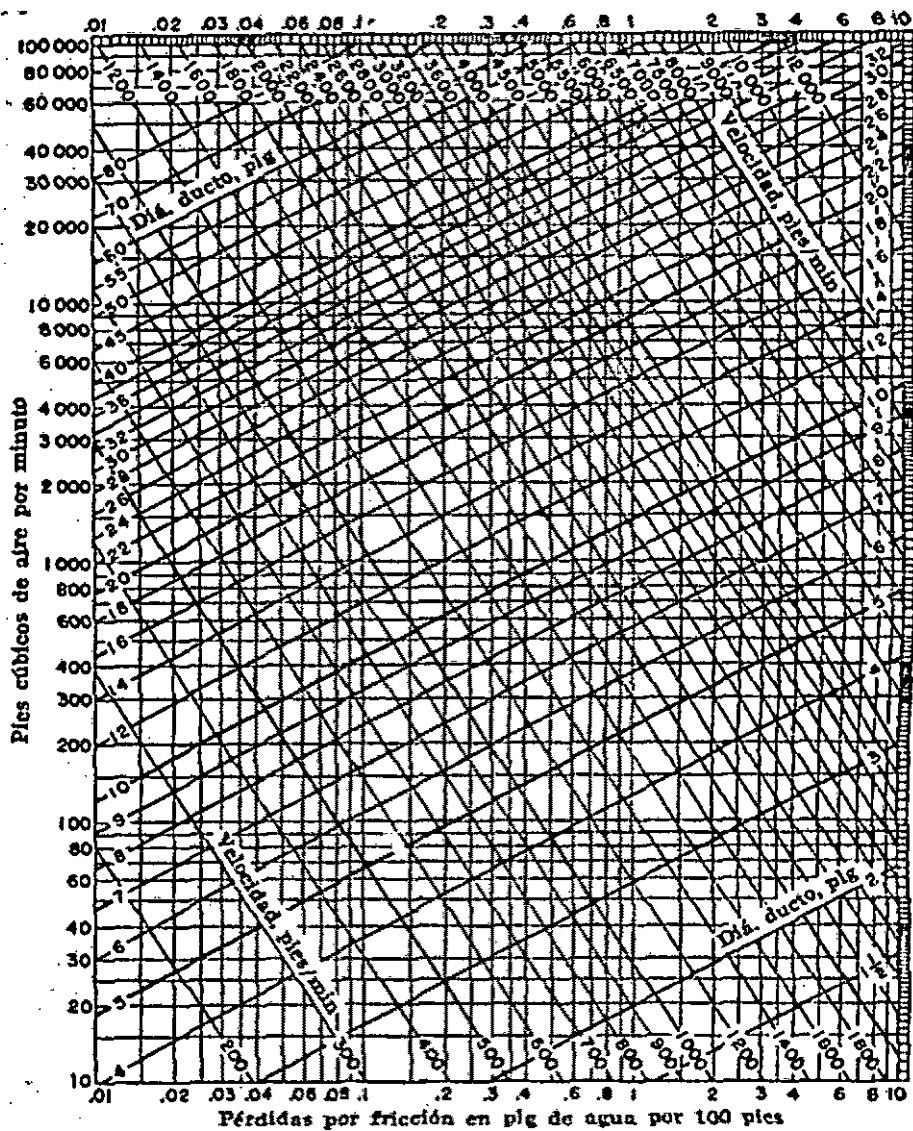


Figura 4.12 Diagrama del cálculo de pérdida por fricción en pulgada de agua por 100

ft³²

³² Fuente: (Edgar Pita 1994:8)

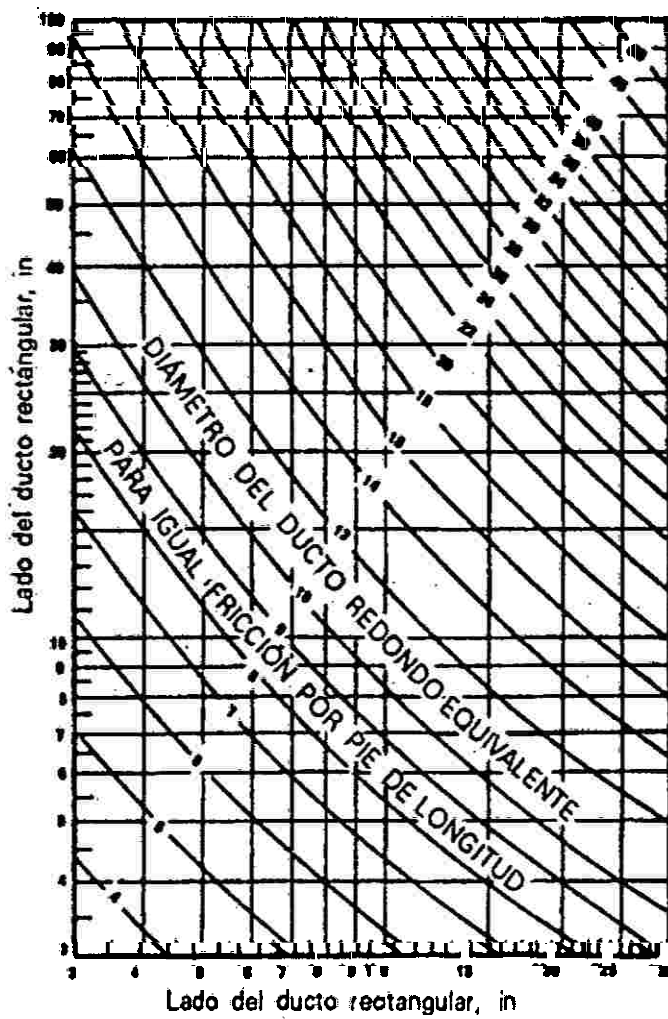


Figura 4.13 Diagrama para calcular el diámetro de ductos redondos equivalentes³³

El software usado para realizar el dimensionamiento del ducto de ventilación es el Design Tools Ductsizer Version 6.4 por McQuay International.

³³ Fuente: (Edgar Pita. 1994:8)



Figura 4.14 Software Ductsizer³⁴

DesignTools DuctSizer... — □ ×

Exit Print Clear Units About

68°F Air STP

Fluid density 0.075 lb/ft³
 Fluid viscosity 0.0432 lb/ft-h
 Specific Heat 0.24 Btu/lb°F
 Energy factor 1.08 Btu/h°F-cfm

Flowrate 500 cfm
 Headloss 0.133 in.WC/100 ft
 Velocity 900 fpm
 Equivalent diameter 10.1 in

Duct size 10 in X 10 in

Equivalent Diameter 10.93 in
 Flow Area 0.6518 ft²
 Fluid velocity 767.1 ft/min
 Reynolds Number 72.793
 Friction factor 0.02218
 Velocity Pressure 0.0367 in.WC
 Head Loss 0.089 in.WC/100 ft

McQuay[®]
 Air Conditioning
 www.mcquay.com

El software nos brinda la temperatura por defecto

Se introduce el caudal a través del ducto

Velocidad del fluido en el ducto

Pérdida de presión por fricción por longitud de ducto.

Dimensión de ducto.

Figura 4.15 Dimensionamiento de ducto con el Software Ductsizer³⁵

³⁴ Fuente: Software Ductsizer

³⁵ Fuente: Software Ductsizer

4.6.2.2 Selección de rejillas de extracción

Es necesario que al momento de seleccionar las rejillas de extracción de aire, se considere los factores de ruido en decibeles a 5 pies (1.5 mt) de altura.

Tipo de Aplicación	DECIBEL ES DB	
Auditorios para concierto.	25	35
Teatros y óperas.	35	45
Estudios de grabación.	25	35
Salas de conferencias y juntas.	30	40
Bancos.	40	55
Salas de cómputo.	50	65
Casas y departamento.	35	45
Bibliotecas.	25	35
Salones de clases.	35	45
Laboratorios.	40	50
Arenas, bolches, gimnasios, albercas.	40	50
Hospitales.	30	40
Hoteles.	35	45
Industrias.	60	80
Oficinas.	35	45
Restaurantes.	40	55
Tiendas departamentales (Supermercados).	45	65

Tabla 4.4 Niveles de sonido aceptables para diversas actividades³⁵

³⁵Fuente: Cime Comercial S.A.C.

**■ Louvered Face Return
500 / 600 / 700 Series
500FF / 600FF / 700FF Series**



Performance Data – Models 535, 635, 735 / 535FF, 635FF, 735FF

Core Area Sq. ft	Nominal Size	Core Velocity Velocity Pressure Negative s.p.	10				20				30				40			
			200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
0.15	7x4	cfm	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
	8x5	NC	—	—	—	19	24	28	32	36	39	41	43	45	47	49	51	53
0.18	8x4	cfm	36	54	72	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306
	7x6	NC	—	—	—	19	25	29	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
0.22	10x4	cfm	44	66	88	110	132	154	176	198	220	242	264	286	308	330	352	374
	8x8	NC	—	—	—	26	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1.00	50x6	cfm	560	840	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2800	3080	3360	3640	3920	4200	4480	4760
	36x8	NC	—	—	—	22	28	34	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66
2.00	50x8	cfm	710	1065	1420	1775	2130	2485	2840	3195	3550	3905	4260	4615	4970	5325	5680	6035
	42x8	NC	—	—	—	23	29	34	39	42	45	49	52	55	58	61	64	67

Tabla 4.5 Selección de rejillas de Retorno/Extracción³⁷

Al calcular la cantidad de caudal que requerirán los laboratorios, esto es 1800 CFM, se realiza la distribución de aire usando dos rejillas de extracción con un caudal de 900 CFM, para cada laboratorio, de las tablas 4.4 y 4.5 se tiene rejillas de 24"x12" y 20"x14" para ruidos menores a 40Db.

³⁷ Fuente: (Price 2012: D-26)

4.6.2.3 Cálculo de pérdidas en el sistema

Para hallar la caída de presión que requerirá vencer el equipo de extracción se realiza calculando la suma total de todas las pérdidas primarias (Ductos) y secundarias (Accesorios y rejillas) en el ramal más largo que recorre el aire desde su ingreso hasta la salida del extractor, es por ello que se tomó como sector de cálculo el recorrido que realiza el aire en el extractor EC-02 (Según las figuras siguientes).

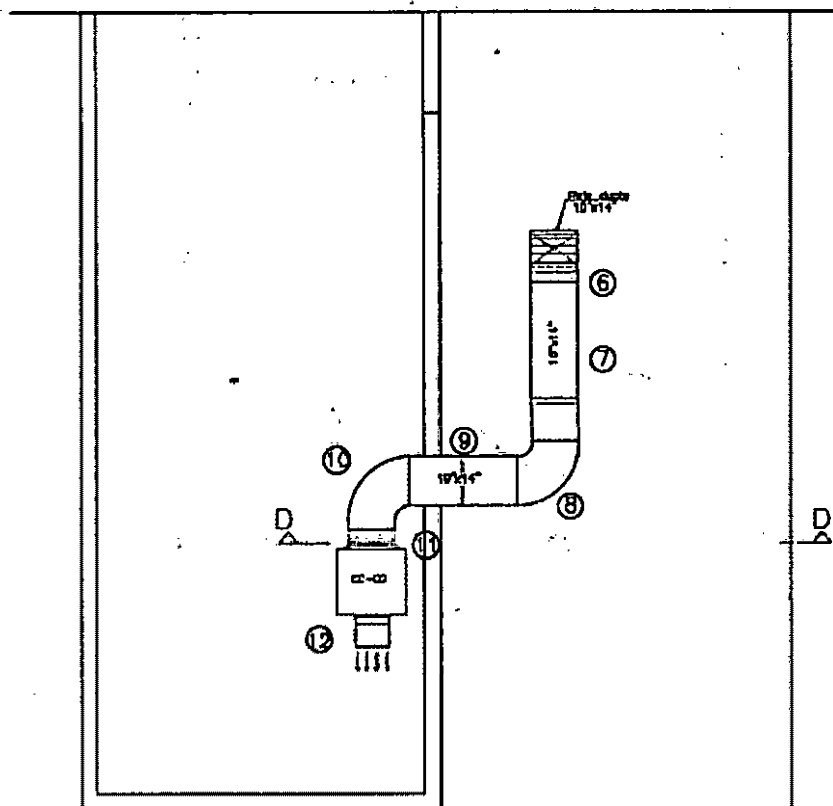
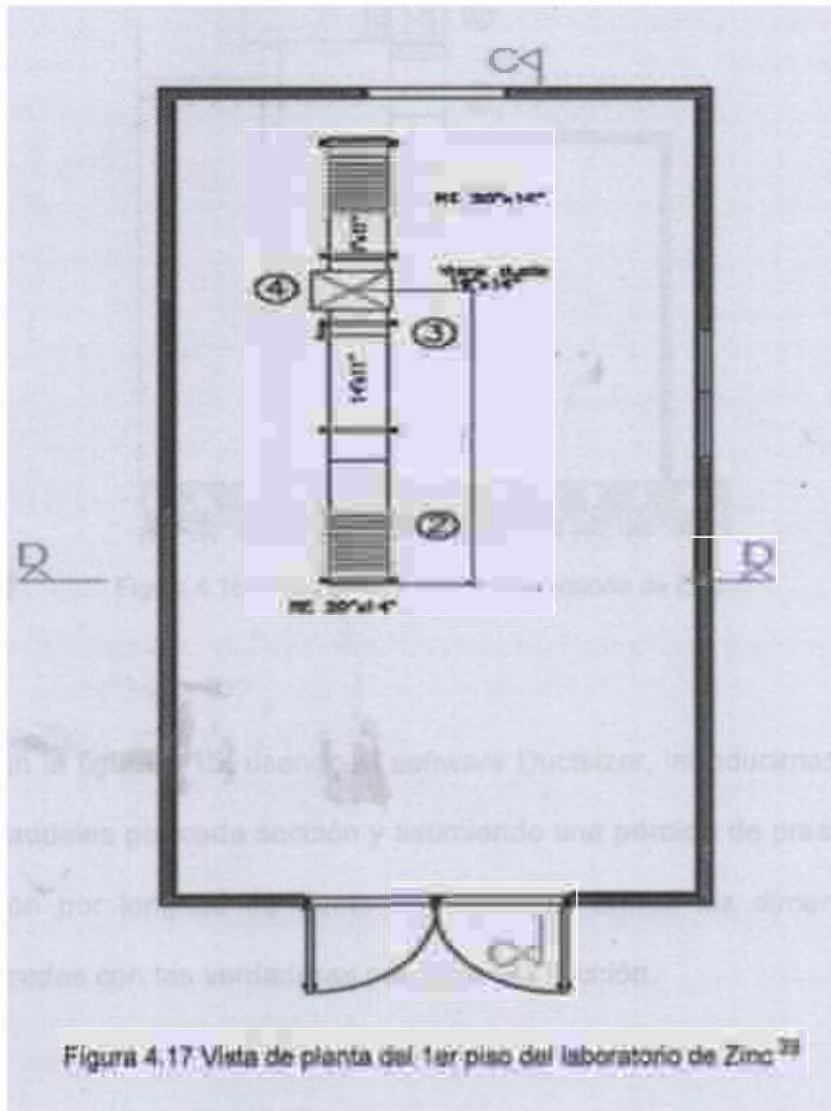


Figura 4.16 Vista de planta del techo del laboratorio de Zinc³⁸

³⁸ Fuente: Cime Comercial S.A.C.



³⁹ Fuente: Cime Comercial S.A.C.

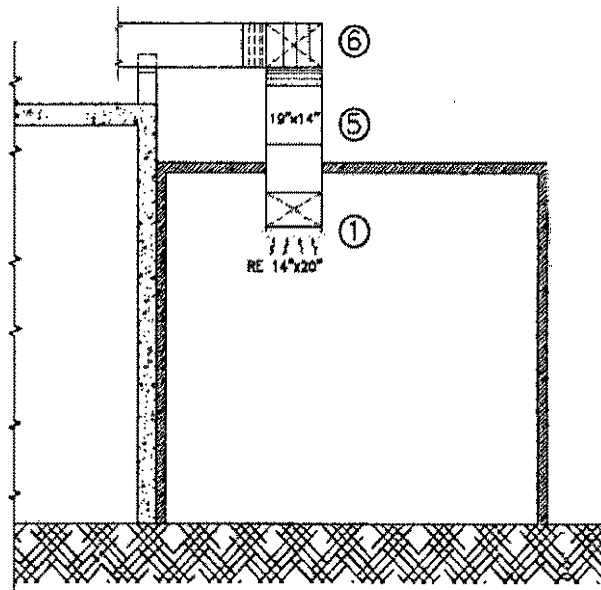


Figura 4.18 Vista de corte D-D del laboratorio de Zinc ⁴⁰

Según la figura 4.15, usando el software Ductsizer, introducimos todos los caudales por cada sección y asumiendo una pérdida de presión por fricción por longitud de ducto de 0.1, nos brinda las dimensiones mostradas con las verdaderas pérdidas por sección.

⁴⁰ Fuente: Fuente: Cime Comercial S.A.C.

Sección	Componente	Flujo CFM	Velocidad (Ft/min)	Velocidad (m/s)	C (Coef. perd. en accesorio)	Dimensiones ductos(pulg.)			Long. (Ft)	Long. (m)	Hf (in c.d.a)
1	Rejilla de Ext. 14"x 20"	900									0.097
2	Codo recto 90°	900	900	4.57	1.2	14	x	11			0.016
2 - 3	Ducto	900	900	4.57		14	x	11	8.92	2.719	0.009
4	Transformación doble vía	1800	1044.3	5.31	0.9						0.010
4 - 5	Ducto	1800	1044.3	5.31		19	x	14	5.36	1.633	0.005
6	Codo recto 90°	1800	1044.3	5.31	1.2						0.018
6 - 7	Ducto	1800	1044.3	5.31		19	x	14	9.02	2.75	0.008
8	Codo recto 90°	1800	1044.3	5.31	1.2						0.018
8 - 9	Ducto	1800	1044.3	5.31		19	x	14	7.77	2.37	0.007
10	Codo 90°	1800	1044.3	5.31	1.2						0.018
11	Ducto flexible	1800	1044.3	5.31	1.69						0.037
12	Ducto	1800	1044.3	5.31		19	x	14	1.31	0.4	0.001
	Malla metálica	1800									0.250
Pérdida por caída de presión:											0.50

Tabla 4.6 Cálculo de pérdida por caída de presión en ductos para el lab. de Zinc⁴¹

Según la tabla 4.6 notamos que el cálculo de estas pérdidas nos da una caída de presión de 0.5 in c.d.a en el tramo más largo y con mayor presencia de accesorios.

4.6.3 Selección de ventilador centrífugo

Los parámetros para la selección de los ventiladores para cada laboratorio se presentan en la tabla 4.7

⁴¹ Fuente: Propia

Parámetro	Unidades	Lab. Zinc	Lab. Cobre
Caudal de ventilación	cfm	1800	1900
Caídas de presión	in c.d.a.	1.2	1.2
Temperatura del aire	° C	20	20
Densidad del aire	kg/m ³	1.293	1.293

Tabla 4.7 Parámetros de selección de ventiladores⁴²

Un ventilador debe ser seleccionado considerando la aplicación que tendrá. Los ventiladores suelen ser fabricados de acero o de aluminio.

Tomando en consideración los temas de costos, se seleccionará un ventilador de aluminio.

Por otra parte, los ventiladores axiales trabajan a bajas caídas de presiones y los sistemas se encuentran en el rango de presión media, por ello se seleccionará un ventilador centrífugo. Sin embargo, también es importante definir el tipo de rotor. Los rotores de alabes curvados hacia adelante no son recomendados para ambientes polvorientos y giran a baja velocidad, por lo que el sistema de transmisión sería más costoso. Los de alabes curvados hacia adelante son comúnmente usados para el transporte de material, debido a que por su configuración, evita la acumulación de partículas sobre los álabes. A su vez, los de álabes curvados hacia atrás también presentan problemas de adhesión de partículas. Sin embargo, este no es un problema ya

⁴² Fuente: Propia

que la cantidad de partículas sólidas es muy poca en comparación con sistemas industriales. Además, debido a su alta eficiencia y mayor velocidad de giro, un ventilador con rotor de álabes curvados hacia atrás se presenta como una mejor solución en lugar que uno radial o de curvado hacia adelante.

Con estos valores se podrán seleccionar los ventiladores para el sistema de extracción de cada uno de los laboratorios. Los Ventiladores seleccionados se indican en la tabla 4.8.

Parámetro	Unidades	Lab. Zinc	Lab. Cobre
Marca	-	Lau conaire	Lau conaire
Modelo	-	A10 /10 ACE	A10 /10 ACE
Potencia del motor	HP	0.75	0.75
Peso Bruto	Kg	49	49
Velocidad de giro	RPM	1700	1700
Tipo	-	Centrífugo en gabinete	Centrífugo en gabinete
Transmisión	-	Faja y polea	Faja y polea

Tabla 4.8 Ventiladores seleccionados⁴³

Una vez seleccionado el tipo de ventilador y sus características es necesario contrastar las cargas vivas del equipamiento instalado en el techo, peso del Ventilador 1 y ventilador 2 son iguales a 49 kg (Ver tabla 4.8) a esto se le suma el peso del soporte metálico igual a 4kg, luego el peso total es 102 Kg-f ocupando un área de 0.76m * 0.72m.

⁴³ Fuente: Propia,

Según la ecuación (4.12):

Donde:

$$P = 49+49+4 = 102\text{Kg-f}$$

$$A = 0.76 * 0.72 = 0.5472 \text{ m}^2$$

Se tiene:

$$\sigma = \frac{102}{0.5472} = 186.4 \text{ Kg} - f / \text{m}^2$$

Teniendo en consideración que de acuerdo a los estudios de resistencia en el techo del laboratorio de cobre puede soportar una carga viva de $300 \text{ Kg-f} / \text{m}^2$. Considerando este último dato concluimos que el techo del laboratorio de cobre soportará el peso de los ventiladores.

4.6.4 Procedimiento de instalación del proyecto de ventilación

Se ha elaborado el diseño e instalación de este proyecto de acuerdo a lo indicado por el operador de contrato, y en base a la visita técnica a sus instalaciones, considerado el suministro e instalación de una unidad de extracción de aire por cada laboratorio previsto para una renovación de 35 Cambios por hora (Renovaciones de aire solicitado por el cliente).

A continuación describimos las actividades realizadas:

- Se solicitó los permisos de trabajo al supervisor de área, para realizar los pases en los techos de los laboratorios de Cu y Zn por donde pasarán los ductos de extracción. Ver Figura 4.19.

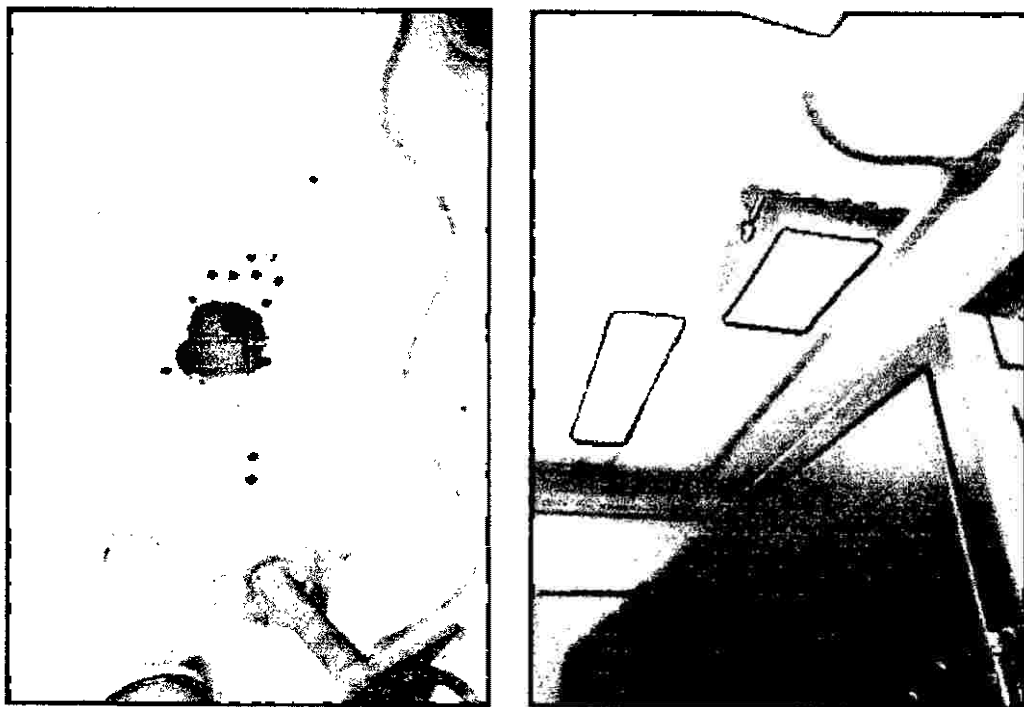


Figura 4.19 Pases en el techo de cada laboratorio⁴⁴

⁴⁴ Fuente: Cime Comercial S.A.

- Se procedió con el armado de todos los ductos en la azotea del laboratorio de Cobre (Techo de concreto armado) para ambos laboratorios. Ver Figura 4.20.



Figura 4.20 Armado de ductos⁴⁵

⁴⁵Fuente: Cime Comercial S.A.

- Se instalaron los ductos fabricados en plancha de fierro galvanizado por los pases practicados en los techos de cada laboratorio. Ver Figura 4.21.



Figura 4.21 Instalación de ductos⁴⁶

⁴⁶ Fuente: Cime Comercial S.A.

- Se fijó el tablero de control de los extractores, sobre sus soportes, de capacidades eléctricas 220V, Trifásico, 60Hz y 0.75 HP. Ver Figura 4.22.

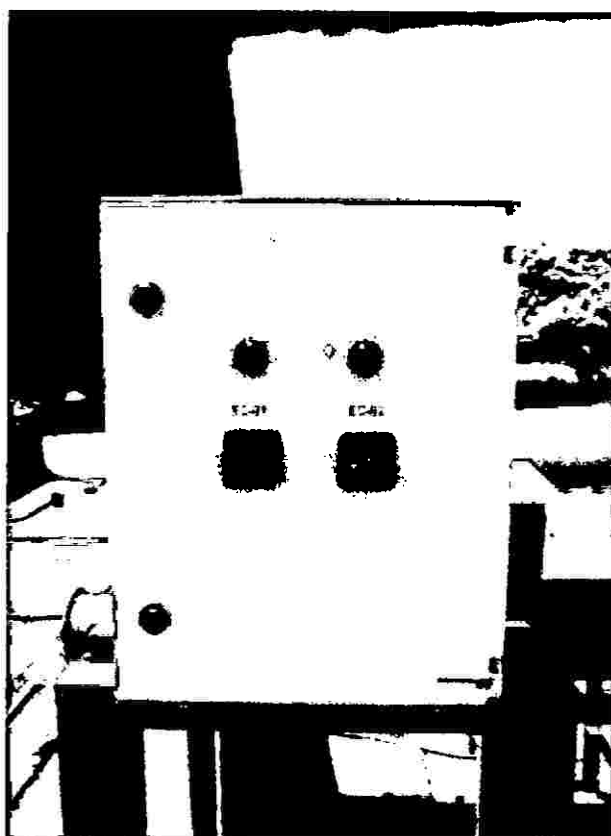


Figura 4.22 Instalación del tablero eléctrico en su soporte ⁴⁷

⁴⁷ Fuente: Cime Comercial S.A.

- Se procedió con el pintado de ductos tanto para los que irán en el exterior como en el interior de cada laboratorio. Ver Figura 4.23.



Figura 4.23 Pintado de ductos ⁴⁸

⁴⁸ Fuente: Cime Comercial S.A.

- Se colocó las rejillas de extracción de aire, de plancha galvanizada lisa de color blanco en los ductos ubicados en el interior del laboratorio de Cobre y Zinc respectivamente. Ver Figura 4.24.



Figura 4.24 Instalación de rejillas de extracción para ambos laboratorios⁴⁹

⁴⁹Fuente: Cime Comercial S.A.

- Se embonó los ductos con los equipos extractores con su base metálica y anclajes en el techo del laboratorio de Cobre. Ver Figura 4.25.



Figura 4.25 Instalación final de equipos extractores y ductos⁵⁰

⁵⁰ Fuente: Propia

- Posteriormente se realizó todas las interconexiones eléctricas de fuerza y control incluyendo los pulsadores manuales del tipo ON/OFF para cada extractor en los respectivos laboratorios. Ver Figura 4.26.

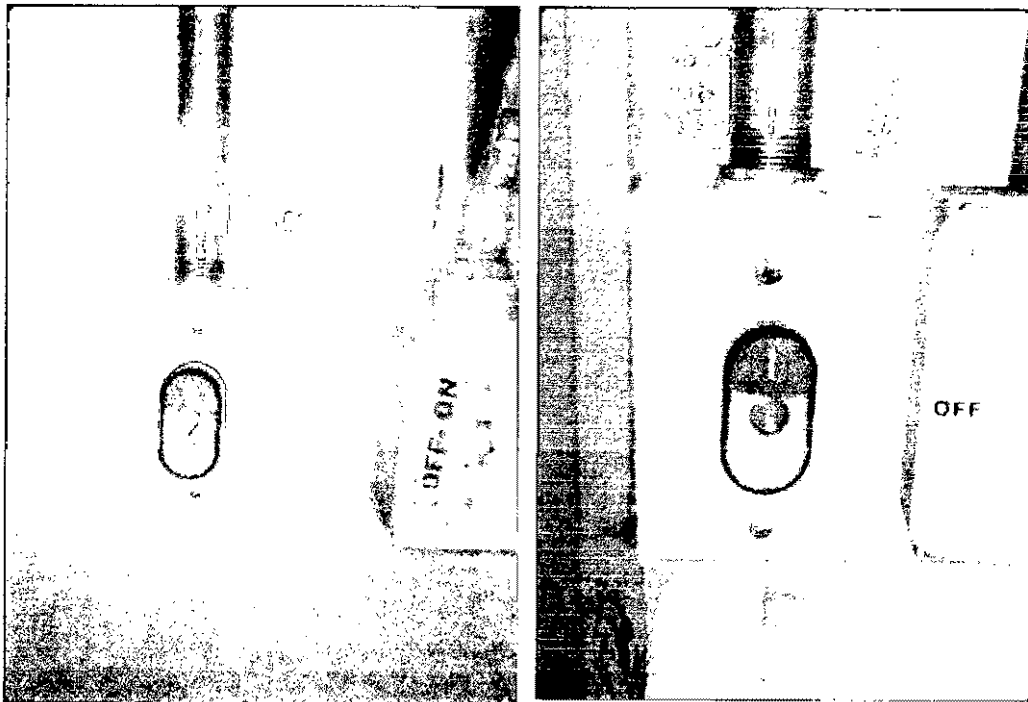


Figura 4.26 Instalación de pulsadores manuales en cada laboratorio⁵¹

⁵¹ Fuente: Propia

V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO

Srs.:	Compañía Minera Antamina S.A.					C/ME N°669-16
Ref.:	Solicitud de Cotización Y2716 - P.R°111023: Suministro e instalación de extractores de aire para las Salas de Cu y Zn del Laboratorio Química (está requisición reemplaza la 110816) - Campamento de PPL - Huarmey.					Ata, 18/07/2016
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO PARCIAL US\$	PRECIO TOTALES US\$
1.00	SUMINISTRO DE EQUIPOS-ACCESORIOS:					
1.01	Unidad de Extracción de Aire forzada del Tipo Centrifugo en gabinete, se incluye rodete con aletas curvadas e inclinadas hacia adelante, transmisión por fajas y poleas. Código de Ubicación: EC-01 / EC-02 Marca Blower: Lau ó Similar (USA). Modelo: A 10/10 Caudal de Aire: 1,800 CFM. Presión Estática: 0.5 Pulg. de c.a. Potencia: Moto eléctrico - TGM: 0.75 HP. - 1700 RPM. Características Eléctricas: 220v/1Ø/60Hz.	Und.	2.00	860.69	1,721.39	1,721.39
2.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE MATERIALES:					
2.01	Suministro e instalación de ductos de extracción de aire, fabricados en plancha de fierro galvanizado liso incluye uniones flexibles, soportes y/o colgadores, anclajes.	Kgr.	212.78	4.05	861.75	
2.02	Rejillas de Extracción de aire, de plancha galvanizada lisa de color blanco.	Pulg2	1,152.00	0.34	388.80	
2.03	Montaje de la Unidad de Extracción de aire, incluye Base metálica, anclajes, así mismo la interconexión eléctrica a una distancia máxima de 1mt. Consiste de material para la conexión eléctrica de fuerza con conductores 2HTHW +1 TW (tierra) incluye tubería conduit, tablerito con contactor + Relay térmico regulable, transformador de control, e ITM de 2x15A. Con comando para la puesta en marcha de un selector del tipo ON/OFF.	Global	200	738.45	1,476.90	2,727.45
3.00	OTROS:					
3.01	Transporte desde Lima - Huarmey - Lima, de Equipos, materiales y herramientas.					Sera proporcionado por Antamina.
3.02	Alojamiento y alimentación de nuestro personal técnico.					Sera proporcionado por Antamina.
3.03	Transporte de nuestro personal técnico desde Lima - Huarmey - Lima.					Sera proporcionado por Antamina.
3.04	Apertura de pasos y resanes para los ductos de extracción de aire.	Global	2.00	152.55	305.10	
3.05	Varios como: Equipo para trabajo de protección de personal (EPP) indicado por Antamina, certificados, seguros especificatos por Antamina del personal técnico. No se incluye ni en su pervisor.	Global	1.00	702.17	702.17	1,007.27
				Sub-Total:.....	US\$	5,456.11
				+ I.G.V.(18%).....	US\$	982.10
				TOTAL:.....	US\$	6,438.21

Tabla 5.1 Hoja de presupuesto del proyecto de ventilación de los laboratorios de Cobre y Zinc ⁵²

⁵² Fuente: Propia

METRADO DE DUCTOS RECTANGULARES, y REJILLAS - PARA PRESUPUESTO

Cliente: CIAMINERAANTAMINA

FECHA: Ato. 15/07/2016

Tamaño (") de Ductos	Espesor Plancha PPG*		Gauge:	Factor	Peso de la Plancha
	Pulg.	mm			
0 12	1/54"	0.5	# 26	4.07	Kg/m2
13 36	1/40"	0.6	# 24	4.86	Kg/m2
37 70	1/27"	0.9	# 22	7.22	Kg/m2
71 72	1/24"	1.0	# 22	7.99	Kg/m2
73 am se	1/20"	1.2	# 20	9.58	Kg/m2

INGRESAR DATOS

A (LADO MAYOR)

B (LADO MENOR)

L (LONGITUD)

35 % Desperdicio.

DIMENSIONES		Cont.	LONGITUD	0.5 mm	0.6 mm	0.8 mm	0.9 mm	1.0 mm	Parcial	Parcial
A*	B*	#	MTS.	1/54"	1/40"	1/27"	1/24"	1/20"	Kg.	m2 Lana

Dif-Parcial	RR-Parcial
Pulg2.	Pulg2.

Ventilador: [] _FC_ -0 1

Enlucido con Cemento:

				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Solo con Lana de Vidrio y Foil de aluminio:

	24	12	1	4.00	0.00	7.32	0.00	0.00	0.00	
	14	12	1	3.000	0.00	3.96	0.00	0.00	0.00	
	0	0	1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0	0	1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Dif.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
R.I.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
RR.	24	12	2	0.35	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00	
RAF.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
					0.00	12.56	0.00	0.00	0.00	
				PESO(KG)	0.0	61.0	0	0.00	0.00	82.39

0.00
0.00
576

Ventilador: [] EC-02

Enlucido con Cemento:

				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Solo con Lana de Vidrio y Foil de aluminio:

	24	12	1	8.00	0.00	14.63	0.00	0.00	0.00	
	14	12	1	3.000	0.00	3.96	0.00	0.00	0.00	
	0	0	1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0	0	1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Dif.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
R.I.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
RR.	24	12	2	0.35	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00	
RAF.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
					0.00	19.87	0.00	0.00	0.00	
				PESO(KG)	0.0	96.6	0	0.00	0.00	130.39

0.00
0.00
576

Aislamientos termicos de Ductos Total en m2: 0.00
 Fabricacion de Ductos- Total en Kgr: 212.78
 Difusores- R. D.- R.R. Total en Pulg2:

Dif-Parcial	RR-Parcial
Pulg2.	Pulg2.
0.00	1,152.00

Tabla 5.2 Metrado de ductos del proyecto de ventilación de los laboratorios de Cobre y Zinc ⁵³

⁵³ Fuente: Propia

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se identificó que el flujo de aire de ventilación para locales de permanencia y trabajo (Laboratorios) recomendado en el RNE es de 8 a 15 renovaciones por hora (Ver tabla 4.1), tomando este aspecto y por lo sugerido por el cliente se consideró a 35 renovaciones por hora, asegurando así una mayor renovación de aire en el recinto.
- En la distribución de líneas de extracción se mostró que a mayor cantidad de accesorios (Codos, reducciones, doble vía, uniones, rejillas, entre otros) genera mayor caída de presión que las generadas por longitud recto de ducto (Ver tabla 4.6) y esto se ve reflejado al evaluar las pérdidas totales en el Sistema para la selección del equipo ventilador.

La experiencia nos señaló que una adecuada ubicación de las rejillas de extracción cercanas a las fuentes generadoras de aire contaminado nos generaría mejores condiciones laborales para el personal en cada laboratorio y un adecuado barrido de aire en el ambiente laboral.

- Se reforzó el dimensionamiento de los ductos (Antes por medio de tablas y diagramas) por medio del software Ductsizer donde nos facilitó a precisión la caída de presión en ductos con un caudal de aire en CFM dado.

- Se realizó la selección de ventiladores centrífugos teniendo como información base el caudal de aire y la caída de presión que tendrá que vencer el equipo de ventilación para lograr la expulsión del aire sin dificultad por la azotea.
- Conociendo las consideraciones de diseño, izaje y el fabricante del equipamiento, se produjo todo el proceso de instalación del proyecto en cuestión.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se aconseja considerar un equipo de ventilación adicional con filtros (En sus respectivas cajas portafiltros) en cada laboratorio para asegurar que el aire de ingreso en estos ambientes sea más limpio y asegurar una optimización de ventilación en todo el recinto.
- Hacer mantenimiento preventivo periódicamente a cada sistema para prevenir posible corrosión en los ductos y equipos que puedan generar mayores pérdidas por fricción en un tiempo futuro.

VII. REFERENCIALES

- CHIMBO PÉREZ, Lorena Beatriz y ORTIZ CABEZAS, Leandro Rafael. ***Diseño de un Sistema de Extracción Localizada de Gases y Polvos del Proceso de Reconstrucción Mecánica de Turbinas Hidráulicas y su Manejo para el Control de Impacto Ambiental (Hidroagoyán)***. Tesis de titulación. Ecuador. Escuela superior politécnica de Chimborazo. 2012.
- FLORES MORALES, Allan Walter. ***Instalación de ventilación de laboratorios con extracción de gases***. Tesis de titulación. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2009.
- GARCÍA AGAMA, Edwin Eduardo. ***Evaluación de la situación actual del sistema de ventilación y propuesta para su optimización en la mina subterránea carbonífera Mi Grimaldina I***. Tesis de titulación. Perú. Universidad Privada del Norte. 2016.
- TORRES MELGAREJO, Mario André. ***Diseño de un sistema de ventilación para estacionamiento subterráneo de tres niveles***. Tesis de titulación. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2014.
- Air-Conditioning and Refrigeration Institute, the National Institute of Standards and Technology, and the U.S. Green Building Council. ***User's manual ANSI/ASHRAE Standard 62.1- 2004 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality***. Estados Unidos. Editorial American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. Primera edición. Inc. 2005.
- ECHEVERRI LONDOÑO Carlos Alberto. ***Ventilación industrial***. Colombia. Sello Editorial Universidad de Medellín. Primera edición. 2011.
- PITA Edgar G. ***Acondicionamiento de aire Principios y sistemas***. México. Editorial Continental. Segunda edición. 1994.
- PRICE, Gerry . ***The Science of Comfort***. Estados Unidos. Editorial Price industries. Tercera edición. 2012.

- **BIOGRAFÍAS Y VIDAS. Plinio el Viejo.** Disponible en: https://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/plinio_elviejo.htm. Consultada el 11 de diciembre del 2017.
- **ENCICLOPÉDIA BRITÁNICA. Georgius Agricola.** Disponible en: <https://www.britannica.com/biography/Georgius-Agricola>. Consultada el 11 de diciembre del 2017
- **HISTORIA DE LA MEDICINA. Bernardino Ramazzini.** Disponible en: <http://www.historiadelamedicina.org/ramazzini.html>. Consultada el 16 de diciembre del 2017
- **TOXIPEDIA. Ley de Seguridad y Salud Ocupacional de 1970 (OSHA).** Disponible en: <http://www.toxipedia.org/pages/viewpage.action?pageId=15925271>. Consultada el 16 de diciembre del 2017.
- **OBOLOG. La historia de la Prevención de Riesgos Laborales en el Perú.** Disponible en: <http://ongsisoma.obolog.es/historia-prevencion-riesgos-laborales-peru-1951438>. Consultada el 22 de diciembre del 2017.
- **EL PERUANO. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.** Disponible en: <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-de-seguridad-y-salud-ocupacional-en-mine-decreto-supremo-n-024-2016-em-1409579-1/>. Consultada el 22 de diciembre del 2017.


VIII. ANEXOS Y PLANOS

8.1 DOCUMENTOS

- ANEXO A-1 Especificaciones técnicas
- ANEXO A-2 Informe de instalación
- ANEXO A-3 Metrado
- ANEXO A-4 Presupuesto

8.2 PLANOS DE INSTALACIÓN


- PLANO IM-01: INSTALACIONES MECÁNICAS LABORATORIOS DE COBRE Y ZINC – PLANTA AZOTEA
- PLANO IM-02: INSTALACIONES MECÁNICAS LABORATORIOS DE COBRE Y ZINC – PLANTA 1ER NIVEL, CORTE A Y CORTE B

	<i>Suministro e instalación de extractores de aire para las Salas de Cu y Zn del Laboratorio Químico - Campamento de PPL – Huarmey.</i>		CIME COMERCIAL
		Rev.: 0	
	Fecha: 30/12/16	Página 1 de 2	

Servicio de Suministro e instalación de extractores de aire para las Salas de Cu y Zn del Laboratorio Químico (Esta requisición reemplaza la PR°110816) - Campamento de PPL– Huarmey - PR°111023.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

EXTRACTORES CENTRÍFUGOS

	<i>Suministro e instalación de extractores de aire para las Salas de Cu y Zn del Laboratorio Químico - Campamento de PPL - Huarney.</i>		CIME COMERCIAL
		Rev.: 0	
	Fecha: 30/12/16	Página 2 de 2	

EXTRACTOR CENTRÍFUGO EN GABINETE (EC-01 / EC-02)

1. DATOS TECNICOS:

Código: EC-01 / EC-02

Marca Blower: Lau ó Similar (USA).

Modelo: A 10/10

Caudal de Aire: 1,800 CFM.

Presión Estática: 0.5 Pulg. de c.a.

Potencia: Motor eléctrico -TGM: 0.75 HP. - 1,700 RPM.

Características Eléctricas: 220v/1Ø/60Hz.

2. COMPONENTES:

2.1. Gabinete:

El gabinete metálico será construido de plancha galvanizado con espesor mínimo de calibre 18.

Llevará tapas atornilladas con empaquetaduras de neopreno.

Lleva en la base el motor, el mecanismo para ajustar la faja y la protección de la plancha de plancha galvanizada

2.2. Rodete:

El rodete será centrífugo de la entrada doble, será de hojas inclinadas hacia delante (Forward inclined airfoil type), construido de plancha galvanizada.

2.3. Motor:

Los motores para el trabajo pesado, con los rodamientos de lubricación permanente. El motor lleva la protección térmica entre las bobinas, el aislamiento de las bobinas será de clase "B" factor de servicio = 1.15.

2.4. Rodamientos:

Los rodamientos para el trabajo pesado de lubricación permanente y seleccionada para una duración mínima de 100.000 horas.

2.5. Fajas y poleas:

El accionamiento del rodete es por medio de las mangas y de las poleas, siendo la polea motriz de paso variable, Deberán de tipo no estática.



*Suministro e instalación de extractores de aire
para las Salas de Cu y Zn del Laboratorio
Químico - Campamento de PPL - Huarney.*

**CIME
COMERCIAL**

Rev.: 0

Fecha: 30/12/16

Página 1 de 6

Servicio de Suministro e instalación de extractores de aire para las Salas de Cu y Zn del Laboratorio Químico (Esta requisición reemplaza la PR°110816) - Campamento de PPL - Huarney - PR°111023.

INFORME FINAL:

PARA: DARLY LINO P. / SARA GARCÍA O.

O.S: 070685

UBICACIÓN: ANTAMINA - PPL. HUARMEY- LABORATORIOS QUIMICOS DE COBRE Y ZINC.

FECHA: 30/12/2016

SUPERVISOR A CARGO: MAINSHE GUILLÉN HUAYTA

1. INTRODUCCION.


Hemos elaborado el diseño e instalación de este proyecto de acuerdo a lo indicado por nuestro operador de contrato, y en base a nuestra visita técnica a sus instalaciones.

Observando que por cada sala Cobre (Cu) y Zinc (Zn) se cuenta con un horno eléctrico, mediante sugerencias de ustedes, en esta oportunidad hemos considerado el suministro e instalación de una Unidad de Extracción de aire por cada laboratorio previsto para una renovación de 35 Cambios por hora.

Servicio que fue realizado por la Empresa CIME Comercial SA.

2. INSTALACIONES REALIZADAS.

A continuación describimos las actividades realizadas.

DESCRIPCION	IMAGEN 01
<ul style="list-style-type: none">- Se solicitó los permisos de trabajo al supervisor de área, para realizar los pases en los techos de los laboratorios de Cu y Zn por donde pasarán los ductos de extracción. Ver IMAGEN 01.	

- Se procedió con el armado de los ductos para ambos laboratorios, ver **IMAGEN 02**



IMAGEN 02

- Se procedió con la instalación de los ductos fabricados en plancha de fierro galvanizado liso por los pases practicados en los techos, así con los soportes del tablero eléctrico. Ver **IMAGEN 03**.

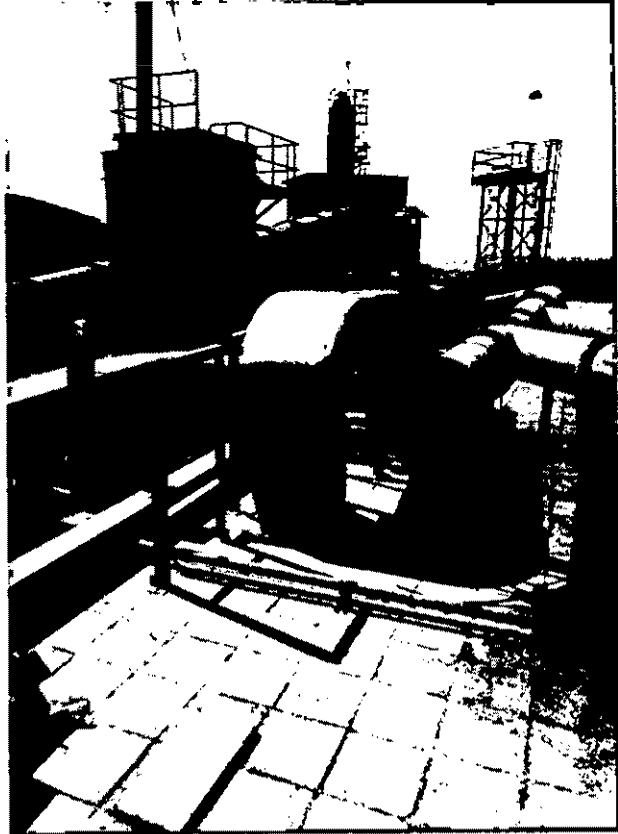


IMAGEN 03

- Se instaló el tablero de control de los extractores, sobre sus soportes, de capacidades eléctricas 220V, Monofásico, 60Hz y 1.5Kw. Ver **IMAGEN 04**.



Suministro e instalación de extractores de aire
para las Salas de Cu y Zn del Laboratorio
Químico - Campamento de PPL- Huarney.

CIME
COMERCIAL

Rev.: 0

Fecha: 30/12/16

Página 4 de 6

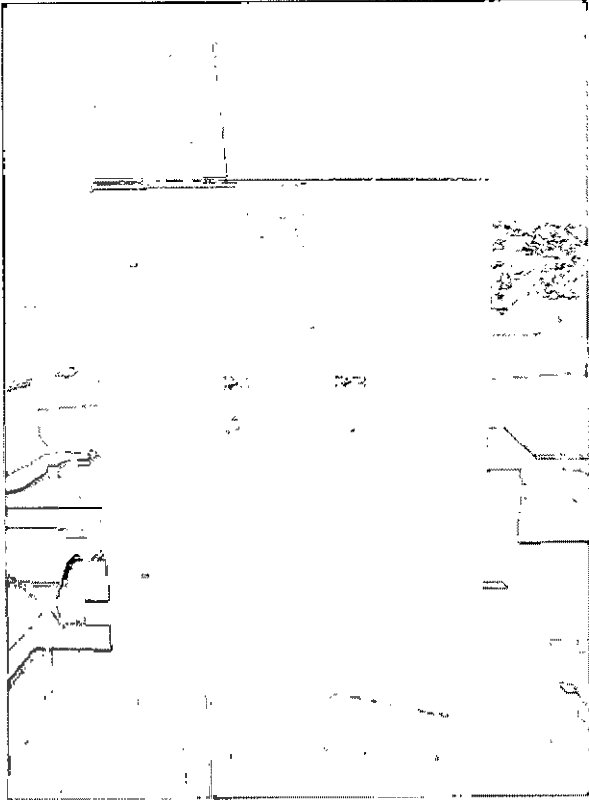


IMAGEN 04

- Se procedió con el pintado de ductos tanto para los que irán en el exterior como en el interior de cada laboratorio. Ver **IMAGEN 05**.

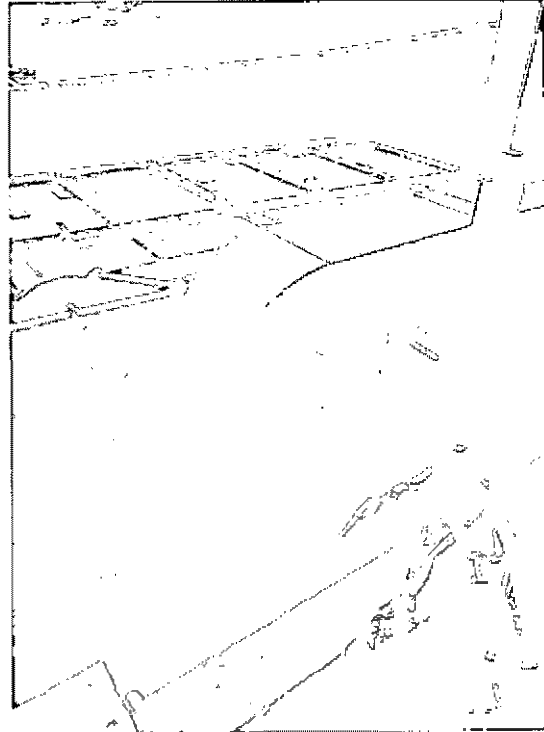


IMAGEN 05

- Se colocó las rejillas de extracción de aire de plancha galvanizada lisa de color blanco en los ductos ubicados en el interior del laboratorio de Cu y Zn respectivamente, ver **IMAGEN 06 y 07**.

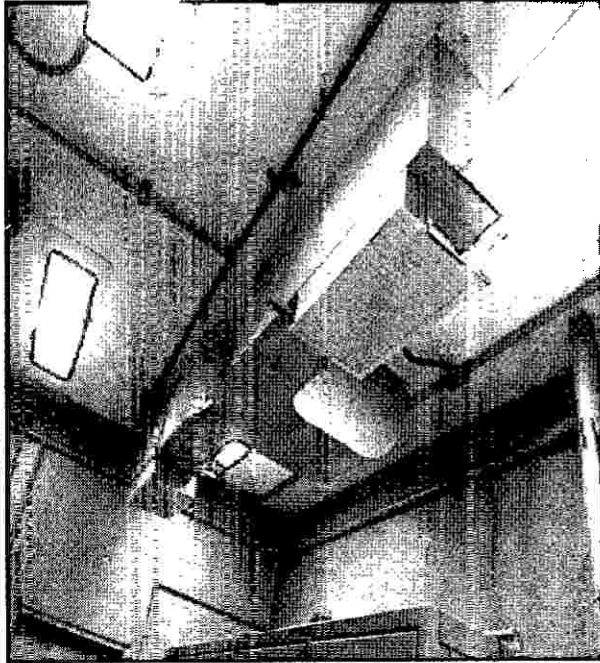


IMAGEN 06

- Se embonó los ductos con los equipos extractores con su base metálica y anclajes en el techo del laboratorio de Cu. ver IMAGEN 08.

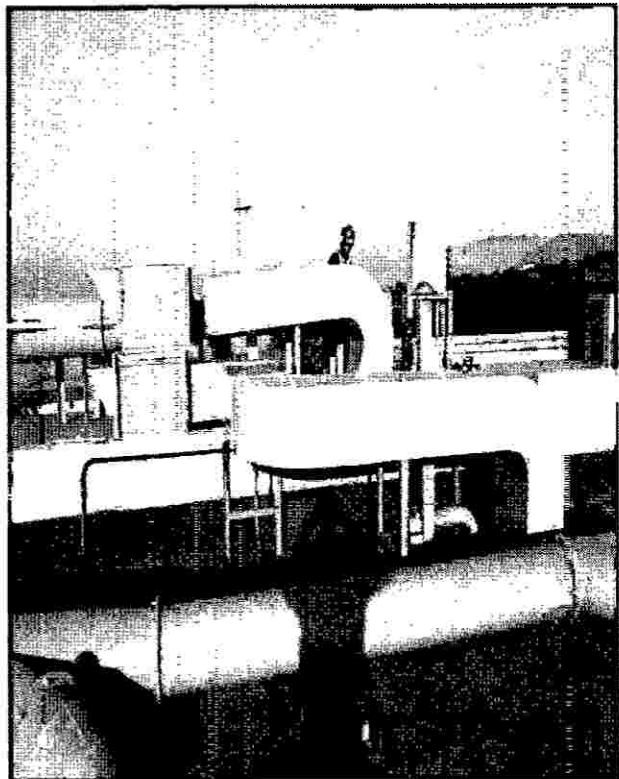


IMAGEN 08

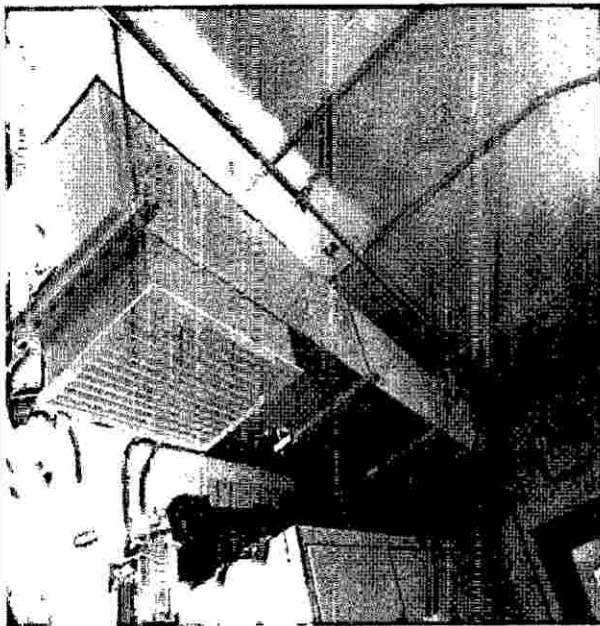


IMAGEN 07

- Posteriormente se realizó todas las interconexiones eléctricas de fuerza incluyendo los pulsadores manuales del tipo ON/OFF para cada extractor. Ver **IMAGEN 09**

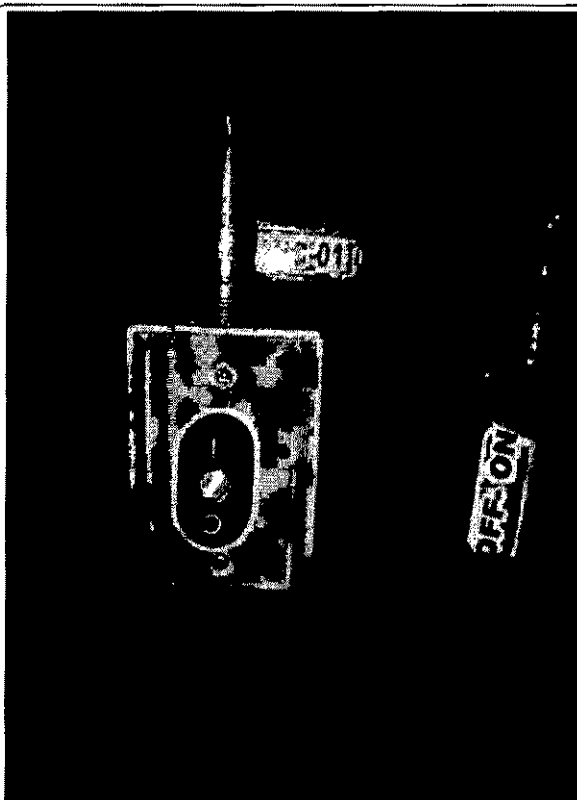


IMAGEN 09

METRADO DE DUCTOS RECTANGULARES, y REJILLAS - PARA PRESUPUESTO

Cliente: CIA MINERA ANTAMINA - HUARMEY
 FECHA: Ate, 15/07/2016

Tamaño (") de Ductos	Espesor Plancha F*G*		Gauge:	Factor Peso de la Plancha	
	Pulg.	mm.			
0 12	1/54"	0.5	# 26	4.07	Kg/m2
13 36	1/40"	0.6	# 24	4.86	Kg/m2
37 70	1/27"	0.9	# 22	7.22	Kg/m2
71 72	1/24"	1.0	# 22	7.99	Kg/m2
73 a mas	1/20"	1.2	# 20	9.58	Kg/m2

INGRESAR DATOS:
A (LADO MAYOR)
B (LADO MENOR)
L (LONGITUD)
35 % Desperdicio.

DIMENSIONES		Cant.	LONGITUD	0.5mm.	0.6mm.	0.8mm.	0.9mm.	1.0mm.	Parcial	Parcial
A"	B"	#	MTS.	1/54"	1/40"	1/32"	1/27"	1/24"	Kg.	m2.Lana

Dif-Parcial	RR-Parcial
Pulg2.	Pulg2.

Ventilador:

EC-01

 Enlucido con Cemento:

				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

0.00

Solo con Lana de Vidrio y Foil de aluminio:

	24	12	1	4.00	0.00	7.32	0.00	0.00	0.00
	14	12	1	3.000	0.00	3.96	0.00	0.00	0.00
	0	0	1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	0	1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dif.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R.I.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RR	24	12	2	0.35	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00
R.A.F.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					0.00	12.56	0.00	0.00	0.00
				PESO(KG)	0.0	61.0	0	0.00	0.00

0.00

82.39

0.00

0.00

576

Ventilador:

EC-02

 Enlucido con Cemento:

				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

0.00

Solo con Lana de Vidrio y Foil de aluminio:

	24	12	1	8.00	0.00	14.63	0.00	0.00	0.00
	14	12	1	3.000	0.00	3.96	0.00	0.00	0.00
	0	0	1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	0	1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dif.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R.I.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RR	24	12	2	0.35	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00
R.A.F.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flex.	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					0.00	19.87	0.00	0.00	0.00
				PESO(KG)	0.0	96.6	0	0.00	0.00

0.00

130.39

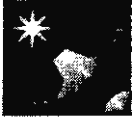
0.00

0.00

576

Aislamientos termicos de Ductos Total en m2: 0.00 0.00
 Fabricacion de Ductos- Total en Kgr: 212.78
 Difusores -R.D. - R.R. Total en Pulg2:

0.00 1,152.00



C I M E C O M E R C I A L S . A .

AV. INDUSTRIAL # 132 LIMA 03 - PERU TELEF. : (51)(1)326-0601 FAX: 326-4879
e-mail: cime@cime.com.pe

METRADO - OFERTA:

Srs: **Compañía Minera Antamina S.A.**

CIME N°669-16

Ref: **Solicitud de Cotización Y2716 - PR°111023: Suministro e instalación de extractores de aire para las Salas de Cu y Zn del Laboratorio Química (está requisición reemplaza la 110816) - Campamento de PPL-Huarmey.**

Ate, 18/07/2016

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO PARCIAL US\$	PRECIO TOTALES US\$
1.00 SUMINISTRO DE EQUIPOS -ACCESORIOS:						
1.01	Unidad de Extracción de Aire forzada del Tipo Centrifugo en gabinete, se incluye rodets con aletas curvadas e inclinadas hacia adelante, transmisión por fajas y poleas. Código de Ubicación: EC-01/EC-02 Marca Blower: Lau 6 Similar (USA). Modelo: A 10/10 Caudal de Aire: 1,800.CFM. Presión Estática: 0.5 Pulg. de c.a Potencia: Motor eléctrico - TGM: 0.75 HP. - 1,700 RPM. Características Eléctricas: 220v/1Ø/60Hz.	Und.	2.00	860.69	1,721.39	1,721.39
2.00 SUMINISTRO E INSTALACION DE MATERIALES:						
2.01	Suministro e instalación de ductos de extracción de aire, fabricados en plancha de fierro galvanizado liso. Incluye uniones flexibles, soportes y/o colgadores, anclajes	Kgr.	212.78	4.05	861.75	
2.02	Rejillas de Extracción de aire, de plancha galvanizada lisa de color blanco	Pulg2	1,152.00	0.34	388.80	
2.03	Montaje de la Unidad de Extracción de aire, incluye Base metálica, anclajes, así mismo la interconexión eléctrica a una distancia máxima de 1mt. Consiste de material para la conexión eléctrica de fuerza con conductores 2#THW +1 TW (tierra) incluye tubería conduit, tablerito con contactor + Relay térmico regulable, transformador de control, e ITM de 2x15A. Con comando para la puesta en marcha de un selector del tipo ON/OFF.	Global	2.00	738.45	1,476.90	2,272.45
3.00 OTROS:						
3.01	Transporte desde Lima - Huarmey - Lima, de Equipos, materiales y herramientas					Sera proporcionado por Antamina.
3.02	Alojamiento, alimentación de nuestro personal técnico.					Sera proporcionado por Antamina.
3.03	Transporte de nuestro personal técnico desde Lima- Huarmey - Lima.					Sera proporcionado por Antamina.
3.04	Apertura de pases y resanes para los ductos de extracción de aire.	Global	2.00	152.55	305.10	
3.05	Varios como Equipo para trabajo de protección de personal (EPP) indicado por Antamina, certificados, seguros especificados por Antamina del personal técnico. No se incluye ningún supervisor.	Global	1.00	702.17	702.17	1,007.27
				Sub-Total:.....	US\$	5,456.11
				+I.G.V.(18%).....	US\$	982.10
				TOTAL:.....	US\$	6,438.21

Ing. Vicente López Giraldo
Gerente General