

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA UNA  
PLANTA DE FABRICACIÓN DE CILINDROS METALICOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**JORGE VICTOR ADAMA GÓMEZ**

Promoción 1998-II

Lima – Perú

2011

Dedicado a mis padres Juan Félix y Leona,  
por orientarme y guiarme  
en el camino correcto.

A mi esposa Teófila Felicitas y a mis  
hijos Jorge, Susan y Camilo por  
brindarme el apoyo moral  
e incondicional.

## INDICE

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>3</b>
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. OBJETIVO	5
1.3. JUSTIFICACION	5
1.4. LIMITACIONES	5
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>6</b>
<b>GENERALIDADES DE AIRE Y VENTILADORES</b>	<b>6</b>
2.1. EL AIRE	6
2.2. LA VENTILACIÓN	7
2.2.1. Funciones de la ventilación	7
2.2.2. Conceptos y magnitudes	7
2.2.3. Unidades	9
2.2.4. Tipos de ventilación	9
2.2.4.1. Ventilación general	10
2.2.4.1.1. <i>Situación del extractor</i>	13
2.2.4.2. Ventilación localizada	14
2.2.4.2.1. <i>Captación localizada</i>	14
2.2.4.2.2. <i>Elementos de una captación localizada</i>	15
2.2.4.2.2.1. <i>Sistema de captación</i>	15
2.2.4.2.2.2. <i>Canalización de transporte</i>	16
2.2.4.2.2.3. <i>Principios de diseño de la captación</i>	17

2.2.5.	Circulación de aire por ductos	17
2.2.5.1.	Pérdida de carga	18
2.2.5.1.1.	<i>Tramos Rectos</i>	18
2.2.5.1.2.	<i>Conductos rectangulares</i>	20
2.2.5.1.3.	<i>Accidentes en la conducción</i>	22
2.2.5.2.	Cálculo de la pérdida de carga	22
2.2.5.2.1.	<i>Método del coeficiente “n”</i>	22
2.3.	VENTILADORES	24
2.3.1	Clasificación de los ventiladores	25
2.3.1.1.	Según su función	26
2.3.1.1.1.	<i>Ventiladores con envolvente</i>	26
2.3.1.1.2.	<i>Ventiladores murales</i>	26
2.3.1.1.3.	<i>Ventiladores de chorro</i>	26
2.3.1.2.	Según la trayectoria del aire en el ventilador	26
2.3.1.2.1.	<i>Ventiladores centrífugos</i>	26
2.3.1.2.2.	<i>Ventiladores axiales</i>	27
2.3.1.2.3.	<i>Ventiladores helicocentrífugos</i>	27
2.3.1.2.4.	<i>Ventiladores tangenciales</i>	27
2.3.1.3.	Según la presión del ventilador	27
2.3.1.3.1.	<i>Baja presión</i>	27
2.3.1.3.2.	<i>Mediana presión</i>	28
2.3.1.3.3.	<i>Alta presión</i>	28
2.3.1.4.	Según las condiciones de funcionamiento	28
2.3.1.4.1.	<i>Ventiladores corrientes</i>	28
2.3.1.4.2.	<i>Ventiladores especiales</i>	28
2.3.1.5.	Según el sistema de accionamiento de la hélice	28

2.3.1.6.	Según método de control de las prestaciones del ventilador	28
2.3.1.6.1.	<i>Con regulador de velocidad</i>	29
2.3.1.6.2.	<i>Con compuertas</i>	29
2.3.1.6.3.	<i>Con alabes de inclinación variable</i>	29
2.4.	CURVA CARACTERISTICA	30
2.5.	PUNTO DE TRABAJO	34
2.6.	LEYES DE LOS VENTILADORES	36
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>38</b>
<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN</b>		<b>38</b>
3.1.	VENTILACIÓN AMBIENTAL	38
3.1.1	Definición de la situación de la ventilación ambiental	38
3.1.2	Determinación de las necesidades	41
3.1.3	Solución propuesta	42
3.1.4.	Descripción producto recomendado	43
3.2.	VENTILACIÓN DE LAS CABINAS DE PINTURA	54
3.2.1	Definición de la situación	54
3.2.2	Determinación de necesidades	55
3.2.2.1.	Dimensionamiento de la ventilación de la cabina de pintura de cilindros	55
3.2.2.2.	Dimensionamiento de la ventilación de la cabina de pintura de tapas	57
3.2.3	Solución propuesta de ventilación	58
3.2.3.1.	Para la cabina de pinturas de cilindros	58
3.2.3.2.	Para la cabina de pintura de tapas	68

<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>77</b>
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>77</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>91</b>
<b>COSTOS</b>	<b>91</b>
5.1. METRADO BASE	91
5.2. PRESUPUESTO BASE	93
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>96</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>98</b>
BIBLIOGRAFIA	100
PLANOS	
APENDICE	

## PROLOGO

REYEMSA es una empresa líder en la fabricación de envases cilíndricos de acero laminado en frío con capacidad para envasar desde 3 hasta 60 galones, éstos pueden ser abiertos o cerrados. Posee una experiencia de más de 60 años con personal altamente especializado y trabajando con estándares internacionales.

La empresa está comprometida a reducir los impactos negativos al medio ambiente de sus actividades y como acción importante ha adoptado al gas natural como combustible en sus procesos productivos y en el manejo responsable de los residuos sólidos.

Los envases (cilindros y baldes) son fabricados con acero laminado en frío de primera calidad. Los espesores del acero varían desde 0,4 mm hasta 1,2 mm. Con la gran variedad de tamaño, espesor, tipo cierre o ajuste, de los cilindros y baldes, puede envasarse productos líquidos, viscosos, sólidos o en polvo.

Los acabados de los envases pueden ser pintados, barnizados, galvanizados y también adaptados a los requerimientos del cliente. Así mismo los tipos de cierres.

Como disolvente de las pinturas y barnices se utiliza thinner, un compuesto químico tóxico, que en gran parte es expulsado a la atmósfera por medio de extractores y

una parte queda en el ambiente donde labora el personal de fabricación y pintado de los envases, lo que ha motivado el interés de diseñar un sistema de ventilación general que cumpla con la norma de calidad de aire ambiental y un sistema de ventilación localizada que permita extraer el thinner del proceso de pintado.

Para el desarrollo del presente informe de suficiencia se ha propuesto cinco capítulos, cuyo contenido es el siguiente:

Capítulo 1, se presentan los antecedentes del proyecto, los objetivos, la justificación, los alcances y las limitaciones del proyecto.

Capítulo 2, se desarrolla los temas de aire, ventilación ambiental y localizada, circulación de aire por ductos y características de los ventiladores.

Capítulo 3, se efectúa el diseño del sistema de ventilación ambiental y ventilación de la cabina de pintura, definiendo la problemática y proponiendo la solución para el sistema de extracción e impulsión, determinándose el equipamiento a instalarse.

Capítulo 4, se ocupa del tema de impacto ambiental, se desarrolla brevemente las buenas prácticas de manufactura y lo que indica el ISO 14000.

Capítulo 5, se establece una estructura de costos en la implementación de los sistemas de ventilación a instalarse.

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto desarrollado, y la bibliografía correspondiente.

Finalmente se completa el proyecto con los planos y el apéndice correspondiente.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **1.1. ANTECEDENTES**

REYEMSA es una empresa líder en la fabricación de envases cilíndricos de acero laminado en frío con capacidad para envasar desde 3 hasta 60 galones, éstos pueden ser abiertos o cerrados. Posee una experiencia de más de 60 años con personal altamente especializado y trabajando con estándares internacionales.

Cuenta con un Sistema de Certificado de Gestión de Calidad ISO 9001:2000 para la fabricación y reacondicionamiento de cilindros de acero y está trabajando para obtener la certificación del SISTEMA INTEGRADO DE GESTION.

La empresa está comprometida a reducir los impactos negativos al medio ambiente de sus actividades y como acción importante ha adoptado al gas natural como combustible en sus procesos productivos y en el manejo responsable de los residuos sólidos.

Los envases (cilindros y baldes) son fabricados con acero laminado en frío de primera calidad según normas internacionales. Los espesores del acero varían desde 0,4 mm hasta 1,2 mm, dependiendo del producto a envasarse (desde 3 galones hasta 60 galones). Con la gran variedad de tamaño, espesor, tipo cierre o

ajuste, de los cilindros y baldes, puede envasarse productos líquidos, viscosos, sólidos o en polvo.

Los acabados de los envases pueden ser pintados, barnizados, galvanizados y también adaptados a los requerimientos del cliente. Así mismo los tipos de cierres.

Es importante mencionar que la empresa cuenta con un tipo de acabado para el envasado de productos alimenticios de GRADO ALIMENTARIO, aprobados por la FDA, que permite el contacto directo del envase con el producto.

Para garantizar la calidad del producto un envase debe cumplir básicamente las siguientes cualidades: Protección del producto, preservación e inviolabilidad del mismo, facilidad de almacenamiento, manipuleo y distribución.

REYEMSA se complementa con sus clientes otorgando los envases adecuados a sus necesidades para que lleguen en condiciones óptimas a sus destinos.

Como disolvente de las pinturas y barnices se utiliza thinner, un compuesto químico tóxico que en gran parte es expulsado a la atmósfera por medio de extractores y una parte queda en el ambiente donde labora el personal de fabricación y pintado de los envases, lo que ha motivado el interés de diseñar un sistema de ventilación general que cumpla con la norma de calidad de aire ambiental y un sistema de ventilación localizada que permita extraer y recuperar parte del thinner usado en el proceso de pintado.

## **1.2. OBJETIVO**

Diseñar un sistema de ventilación general que cumpla con la norma de calidad de aire ambiental para las personas que laboran en la fábrica (UNE-100011) y un sistema de ventilación localizada que permita extraer el thinner del proceso de pintado en una planta de fabricación de cilindros metálicos.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

REYEMSA Cuenta con un Sistema de Certificado de Gestión de Calidad ISO 9001:2000 para la fabricación y reacondicionamiento de cilindros de acero y está trabajando para obtener la certificación del Sistema Integrado de Gestión, que lo obliga a cumplir lo establecido en el ISO 14000 en cuanto a las buenas prácticas de manufactura y calidad ambiental.

## **1.4. LIMITACIONES**

El desarrollo del presente Informe de Suficiencia está enmarcado sólo al diseño del sistema de ventilación, aunque existe la posibilidad de recuperación del thinner extraído del proceso de pintado, lo que traería beneficios económicos para la empresa, este tema no será desarrollado en el presente informe.

## CAPITULO II

### GENERALIDADES DE AIRE Y VENTILADORES

#### 2.1. EL AIRE

El aire es un gas que envuelve la Tierra y que resulta absolutamente imprescindible para la respiración de todos los seres vivos. Está compuesto de una mezcla mecánica de varios gases, prácticamente siempre en la misma proporción y en la que destaca el Nitrógeno que es neutro para la vida animal y el Oxígeno, que es esencial para la vida en todas sus formas.

**Tabla 2.1:** Composición media del aire seco

<b>COMPONENTES DEL AIRE SECO</b> <b>(1,2928 kg/m<sup>3</sup>, a 0°C, 760 mm Hg)</b>					
	<b>Símbolo</b>	<b>En volumen (%)</b>	<b>En peso (%)</b>	<b>Cont. en el aire (g/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	78,08	75,518	976,30	1,2504
Oxígeno	O <sub>2</sub>	20,94	23,128	299,00	1,428
Argón	Ar	0,934	1,287	16,65	1,7826
Anhíd.carbónico	CO <sub>2</sub>	0,0315	0,4*10 <sup>-6</sup>	0,62	1,964
Otros		0,145	0,0178	0,23	-

Nótese que se cita “aire seco” y no simplemente “aire”. Esto se debe a que el aire que nos rodea es “aire húmedo”, que contiene una cantidad variable de vapor de agua que reviste gran importancia para las condiciones de confort del ser humano. Además del aire seco y vapor de aguas mencionadas, el aire que respiramos contiene otros elementos de gran incidencia sobre la salud. Estos son gases, humos, polvo, bacterias, etc.

## 2.2 LA VENTILACIÓN

Se entiende por ventilación la sustitución de una porción de aire, que se considera indeseable, por otra que aporta una mejora en pureza, temperatura, humedad, etc.

### 2.2.1 Funciones de la ventilación

La ventilación de los seres vivos, las personas entre ellos, les resuelve funciones vitales como el suministro de oxígeno para su respiración y a la vez les controla el calor que producen y les proporciona condiciones de confort, afectando a la temperatura, la humedad y la velocidad del aire.

La ventilación de máquinas o de procesos industriales permite controlar el calor, la toxicidad de los ambientes o la explosividad potencial de los mismos, garantizando en muchos casos la salud de los operarios que se encuentran en dichos ambientes de trabajo.

Para efectuar una ventilación adecuada se debe:

- a) Determinar la función a realizar (el calor a disipar, los tóxicos a diluir, los sólidos a transportar, etc.)
- b) Calcular la cantidad de aire necesaria.
- c) Establecer el trayecto de circulación del aire.

### 1.2.2 Conceptos y magnitudes

En el movimiento del aire a través de un ducto distinguiremos:

#### a) Caudal

La cantidad o caudal  $Q$  ( $m^3/h$ ) de aire que circula, la sección  $S$  ( $m^2$ ) del

conducto y la velocidad  $v$  (m/s) del aire, vienen ligados por la formula:

$$Q = 3600 v S$$

## **b) Presión**

El aire, para circular, necesita de una determinada fuerza que le empuje. Esta fuerza, por unidad de superficie, es lo que se llama Presión. En un fluido en movimiento existen tres clases de presión:

- **Presión estática (Pe)**

Es la que se ejerce en todas las direcciones dentro del conducto: en la misma dirección del aire, en dirección contraria y en dirección perpendicular, sobre las paredes del mismo.

La Presión Estática puede ser positiva, si es superior a la atmosférica o bien negativa, si está por debajo de ella.

- **Presión dinámica (Pd)**

Es la presión que acelera el aire desde cero a la velocidad de régimen. Se manifiesta sólo en la dirección del aire y viene relacionada con la dirección del mismo, aproximadamente por las formulas:

$$Pd = \frac{v^2}{16} \text{ (mm de c.d.a.)}$$

$$v = 4\sqrt{Pd} \text{ (m/s)}$$

La Presión Dinámica es siempre positiva.

- **Presión total (Pt)**

Es la presión que ejerce el aire sobre un cuerpo que se opone a su movimiento. Esta presión es suma de las dos anteriores.

$$Pt = Pe + Pd$$

### 2.2.3. Unidades

Las unidades de presión usadas en ventilación son:

1 mm c.d.a. (milímetro columna de agua)

1 Pa (Pascal)

Ambas, y la unidad industrial de presión, la atmósfera o  $\text{kg/cm}^2$ , se equivalen de la siguiente forma:

$$1 \text{ atmósfera} = 1 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 10.000 \text{ mm c.d.a.}$$

$$= 98 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm c.d.a.} = 9,81 \text{ Pascal}$$

$$= 0,0001 \text{ atmósfera}$$

En la práctica, aproximadamente:

$$1 \text{ mm c.d.a.} = 10 \text{ Pa}$$

### 2.2.4. Tipos de ventilación

Se pueden distinguir dos tipos de Ventilación: General y Localizada

**a) Ventilación general**, es la que se practica en un recinto, renovando todo el volumen de aire del mismo con otro de procedencia exterior.

**b) Ventilación localizada**, es la que pretende captar el aire contaminado en el mismo lugar de su producción, evitando que se extienda por el local. Las variables a tener en cuenta son la cantidad de polución que se genera, la velocidad de captación, la boca o campana de captación y el ducto a través del que se llevará el aire contaminado hasta el elemento limpiador o su descarga.

#### **2.2.4.1. Ventilación general**

A la hora de ventilar cualquier recinto hay que seguir los criterios normativos que afectan al local que se pretende ventilar. Las normativas que afectan a la ventilación de los locales industriales son los siguientes:

a) Ley de Prevención de Riesgos Laborales, que fija las “Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo”. Dentro de esta disposición, se especifica lo siguiente:

1. La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.

2. La exposición a los agentes físicos, químicos y biológicos del ambiente de trabajo se regirá por lo dispuesto en su normativa específica.

3. En los lugares de trabajo cerrados deberán cumplirse, en particular, las siguientes condiciones:

a) La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27°C.

La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros

estará comprendida entre 14 y 25°C.

b) La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por ciento, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por ciento.

c) Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:

1° Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.

2° Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.

3° Trabajos no sedentarios en ambientes no calurosos: 0,75 m/s.

Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.

d) La renovación mínima del aire en los locales de trabajo será de 30 metros cúbicos de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 metros cúbicos en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.

El sistema de ventilación empleado y, en particular, la distribución de las entradas de aire limpio y salidas del aire viciado, deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo.

4. A efectos de la aplicación de lo establecido en el apartado anterior, deberán tenerse en cuenta las limitaciones o condicionantes que

puedan imponer, en cada caso, las características particulares del lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que está ubicado.

En cualquier caso, el aislamiento térmico de los locales cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.

Si debemos ventilar un ambiente industrial en el cual el proceso de fabricación genera un determinado tipo de contaminante (humo, calor, humedad, disolventes, etc.) en cantidades molestas o perjudiciales y no es posible pensar en la utilización de sistemas de captación localizada para captar el contaminante en la fuente de producción, deberemos recurrir al empleo de la ventilación ambiental para lograr unos índices de confort adecuados.

No existirán ya unos estándares obligatorios pero si unos criterios comúnmente aceptados, basados en aplicar un determinado número de renovaciones/hora al volumen considerado, que se usarán para la solución de este tipo de problemáticas.

En efecto, en función del grado de contaminación del local se deberá aplicar un mayor o menor número de renovaciones/hora de todo el volumen del mismo, según se observa en la tabla 2.2.

Esta tabla se basa en criterios de Seguridad e Higiene en el trabajo y pretende evitar que los ambientes lleguen a un grado de

contaminación ambiental que pueda ser perjudicial para los operarios.

**Tabla2.2:** Renovaciones/hora recomendados para algunos locales

<b>Renovacion del aire en locales habitados</b>	<b>Renovaciones, hora N</b>
Laboratorios (con campanas localizadas)	6-8
Talleres de mecanizado	5-10
Fábricas en general	5-10
Aparcamientos	6-8
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20-30
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30-60
Talleres de pintura (mejor instalar campanas)	40-60

Hay que tener en cuenta que los valores de la tabla anterior son orientativos, y que en caso de instalaciones con elevado grado de contaminación, los caudales resultantes de la aplicación de la tabla pueden ser muy insuficientes.

#### **2.2.4.1.1. Situación del extractor**

La gran variedad de construcciones y de necesidades existentes disminuye la posibilidad de dar normas fijas en lo que se refiere a la disposición del sistema de ventilación.

Sin embargo pueden darse una serie de indicaciones generales, que fijan la pauta a seguir en la mayoría de los casos:

- a) Las entradas de aire deben estar diametralmente opuestas a la situación de los ventiladores, de forma que todo el aire utilizado cruce el área contaminada.

b) Es conveniente situar los extractores cerca del posible foco de contaminación, de manera que el aire nocivo se elimine sin atravesar el local.

c) Debe procurarse que el extractor no se halle cerca de una ventana abierta, o de otra posible entrada de aire, a fin de evitar que el aire expulsado vuelva a introducirse o que se formen bolsas de aire estancado en el local a ventilar.

#### **2.2.4.2. Ventilación localizada**

##### **2.2.4.2.1. Captación localizada**

Cuando en un local se originan gases, olores y polvo, aplicar al mismo los principios de la ventilación general, puede originar una instalación poco económica y en algunos casos poco efectiva debido a los grandes volúmenes de aire a circular y la extensión a todo el recinto de un problema que inicialmente estaba localizado.

En consecuencia, siempre que ello sea posible, lo mejor es solucionar el problema de contaminación en el mismo punto donde se produce mediante la captación de los contaminantes lo más cerca posible de su fuente de emisión, antes de que se dispersen por la atmosfera del recinto y sea respirado por los operarios.

Las aspiraciones localizadas pretenden mantener las sustancias molestas o nocivas en el nivel más bajo posible, evacuando directamente los contaminantes antes de que estos sean diluidos.

Una de las principales ventajas de estos sistemas es el uso de menores

caudales que los sistemas de ventilación general, lo que repercute en unos menores costes de inversión y funcionamiento.

Por último la ventilación por captación localizada debe ser prioritaria ante cualquier otra alternativa y en especial cuando se emitan productos tóxicos en cantidades importantes.

#### **2.2.4.2.2. Elementos de una captación localizada**

En una captación localizada serán necesarios los elementos siguientes: Sistema de captación, canalización de transporte del contaminante y sistema separador (En determinadas instalaciones)

##### **2.2.4.2.2.1. Sistema de captación**

El dispositivo de captación, que en muchos casos suele denominarse campana, tiene por objeto evitar que el contaminante se esparza por el resto del local, siendo este elemento la parte más importante de la instalación ya que una mala concepción de este dispositivo puede impedir al sistema captar correctamente los contaminantes o llevar, para compensar esta mala elección inicial, a la utilización de caudales, coste de funcionamiento y de instalación excesivos.

Para que el dispositivo de captación sea efectivo, deberán asegurarse unas velocidades mínimas de captación. Esta velocidad se define como: "La velocidad que debe tener el aire para arrastrar los vapores, gases, humos y polvo en el punto más distante de la campana".

**Tabla 2.3:** Velocidades de captación

<b>Características de la fuente de captación</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Velocidad de captación m/s</b>
Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto	Cocinas, Evaporación en tanques, Desengrasado	0,25-0,5
Desprendimiento a baja velocidad en aire tranquilo	Soldadura, Decapado, Talleres de galvanotecnia	0,5-1
Generación activa en zonas de movimiento rápido de aire	Cabinas de pintura	1-2,5

#### **2.2.4.2.2. Canalización de transporte**

Una vez efectuada la captación y para asegurar el transporte del aire contaminado, es necesario que la velocidad de éste dentro de la canalización impida la sedimentación de las partículas sólidas que se encuentran en suspensión. Así el dimensionado del conducto se efectuará según sea el tipo de materiales que se encuentren en suspensión en el aire, tal como puede verse en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4:** Valores mínimos de velocidades de transporte de aire contaminado en ductos

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VELOCIDAD (m/s)</b>
Gases, vapores		5-10
Humos	Humos de óxido de zinc y de aluminio	7-10
Polvos muy finos y ligeros	Felpas muy finas de algodón	10-13
Polvos secos y pólvoras	Polvos finos de caucho, de baquelita, felpas de yute, polvos de algodón, de jabón	13-18
Polvos industriales medios	Abrasivo de lijado en seco, polvos de amolar, polvos de yute, de grafito, corte de briquetas, polvos de arcilla, de calcáreo, embalaje o pesada de amianto en las industrias textiles	18-20
Polvos pesados	Polvo de toneles de enarenado y desmoldeo, de chorreado, de escariado	20-23
Polvos pesados o húmedos	Polvos de cemento húmedo, de corte de tubos de amianto-cemento, de cal viva	>23 o transporte neumático húmedo

### **2.2.4.2.2.3. Principios de diseño de la captación**

El rendimiento de una extracción localizada depende, en gran parte, del diseño del elemento de captación o campana. Se indican a continuación un conjunto de reglas para el diseño de los mismos:

- a) Colocar los dispositivos de captado lo más cerca posible de la zona de emisión de los contaminantes
- b) Encerrar la operación tanto como sea posible
- c) Instalar el sistema de aspiración para que el operario no quede entre éste y la fuente de contaminación
- d) Situar los sistemas de captado utilizando los movimientos naturales de las partículas
- e) Enmarcar las boquillas de extracción
- f) Repartir uniformemente la aspiración a nivel de la zona de captado.

### **2.2.5. Circulación de aire por ductos**

Para ventilar un espacio, un recinto o una máquina, ya sea impulsando aire o bien extrayéndolo, es muy corriente tener que conectar el ventilador/extractor por medio de un ducto, una tubería, de mayor o menor longitud y de una u otra forma o sección.

El fluir del aire por tal ducto absorbe energía del ventilador que lo impulsa/extrae debido al roce con las paredes, los cambios de dirección o los obstáculos que se hallan a su paso. La rentabilidad de una instalación exige que se minimice esta parte de energía consumida.

Como el consumo de un ventilador es directamente proporcional a la presión

total  $P_t$  a que trabaja, podemos constatar que, de no cuidar el diseño de una canalización, puede darse el caso de gastar mucha más energía de la necesaria.

#### **2.2.5.1 Pérdida de carga**

A la presión del aire necesaria para vencer la fricción en un conducto, que es la que determina el gasto de energía del ventilador, se le llama pérdida de carga. Se calcula a base de la longitud de la conducción, el llamado diámetro hidráulico, la velocidad y densidad del aire y el coeficiente de frotamiento, de la rugosidad de las paredes, de las dimensiones y la disposición del mismo.

##### **2.2.5.1.3. Tramos Rectos**

La forma práctica de hacerlo es recurriendo a nomogramas confeccionados en base a todo el bagaje técnico necesario y son válidos para conducciones con la rugosidad corriente en materiales habitualmente usados.

El nomograma de la Figura 2.1 muestra uno de ellos para secciones circulares y un coeficiente de fricción  $\lambda = 0,02$  (plancha de hierro galvanizada).

**CONDUCTOS CIRCULARES RECTILÍNEOS  
PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE**

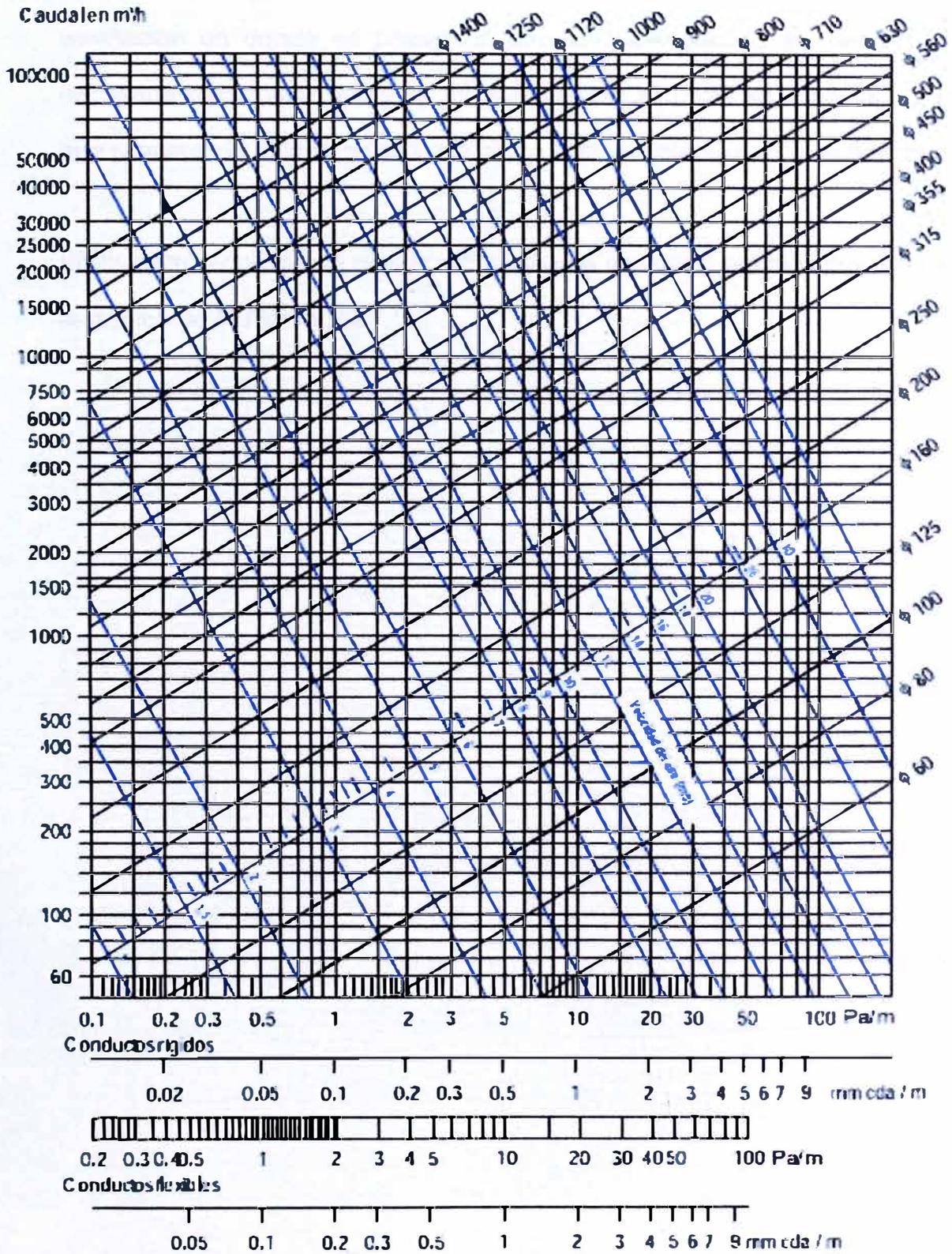


Figura 2.1: Nomograma para determinar pérdida de carga por rozamiento de aire.

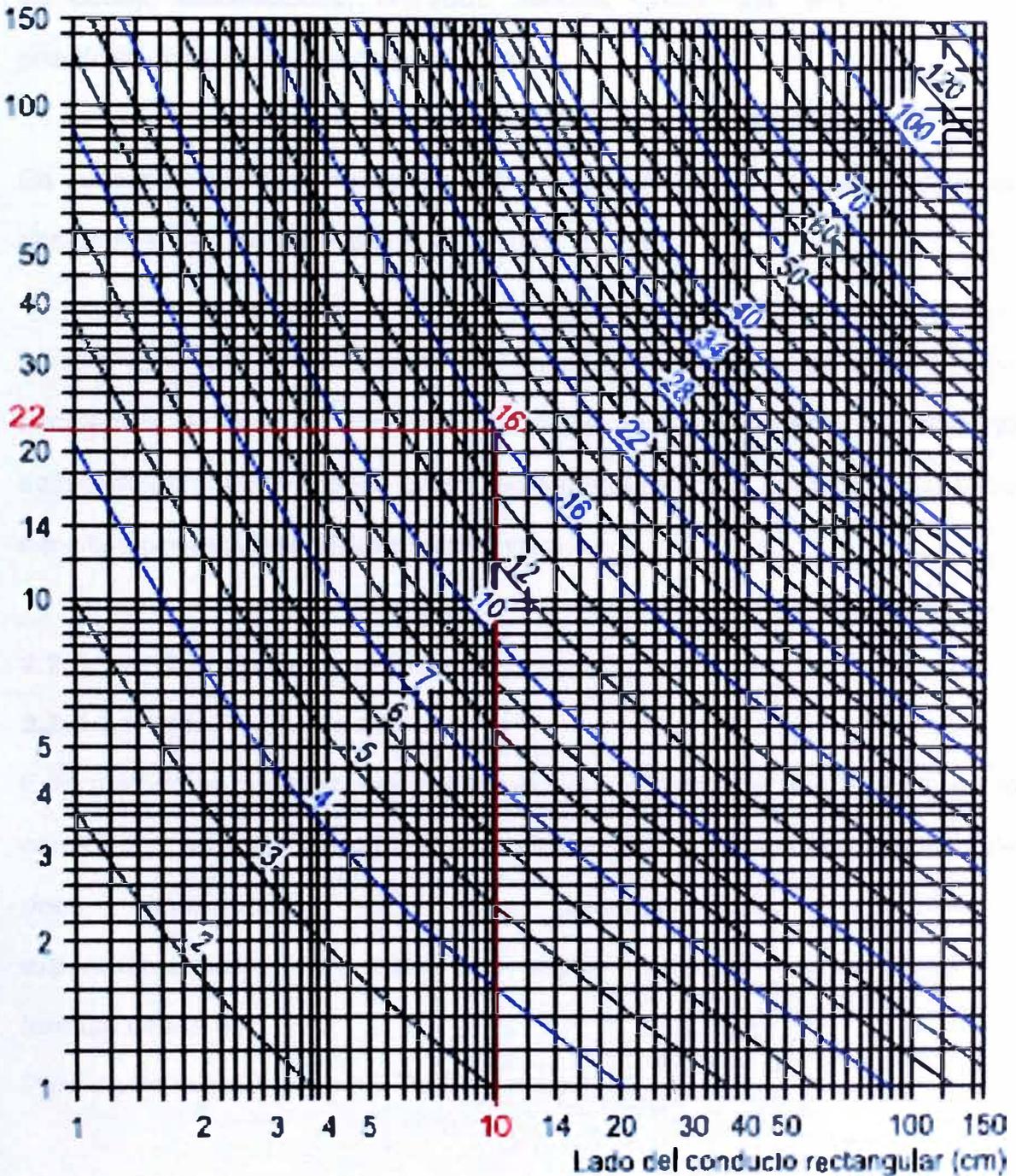
#### **2.2.5.1.4. Conductos rectangulares**

Si la sección del conducto no es circular, caso frecuente en instalaciones de ventilación en donde se presentan formas rectangulares o cuadradas, es necesario determinar antes la sección circular equivalente, esto es, aquella que presenta la misma pérdida de carga que la rectangular considerada.

El diámetro equivalente puede determinarse de forma práctica por medio de la grafica de la Figura 2.2

## DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR CON IGUAL PÉRDIDA DE CARGA

Lado del conducto rectangular (cm)



**Figura 2.2:** Diámetro equivalente de un conducto rectangular con igual pérdida de carga

### **2.2.5.1.5. Accidentes en la conducción**

Las canalizaciones de aire no siempre se componen de tramos rectos sino que a menudo se presentan accidentes en su trayectoria que obligan al uso de codos, desviaciones, entradas, salidas, obstáculos, etc., los cuales provocan una pérdida de carga adicional.

En consecuencia, será necesario calcular las pérdidas de cada uno de tales accidentes y sumarlas a las de los tramos rectos.

Existen diversos métodos para calcular la pérdida de carga debida a los accidentes de una canalización, siendo el más usado en los manuales especializados con muchos datos experimentales que permiten, con unas sencillas operaciones, determinar su valor.

### **2.2.5.2. Cálculo de la pérdida de carga**

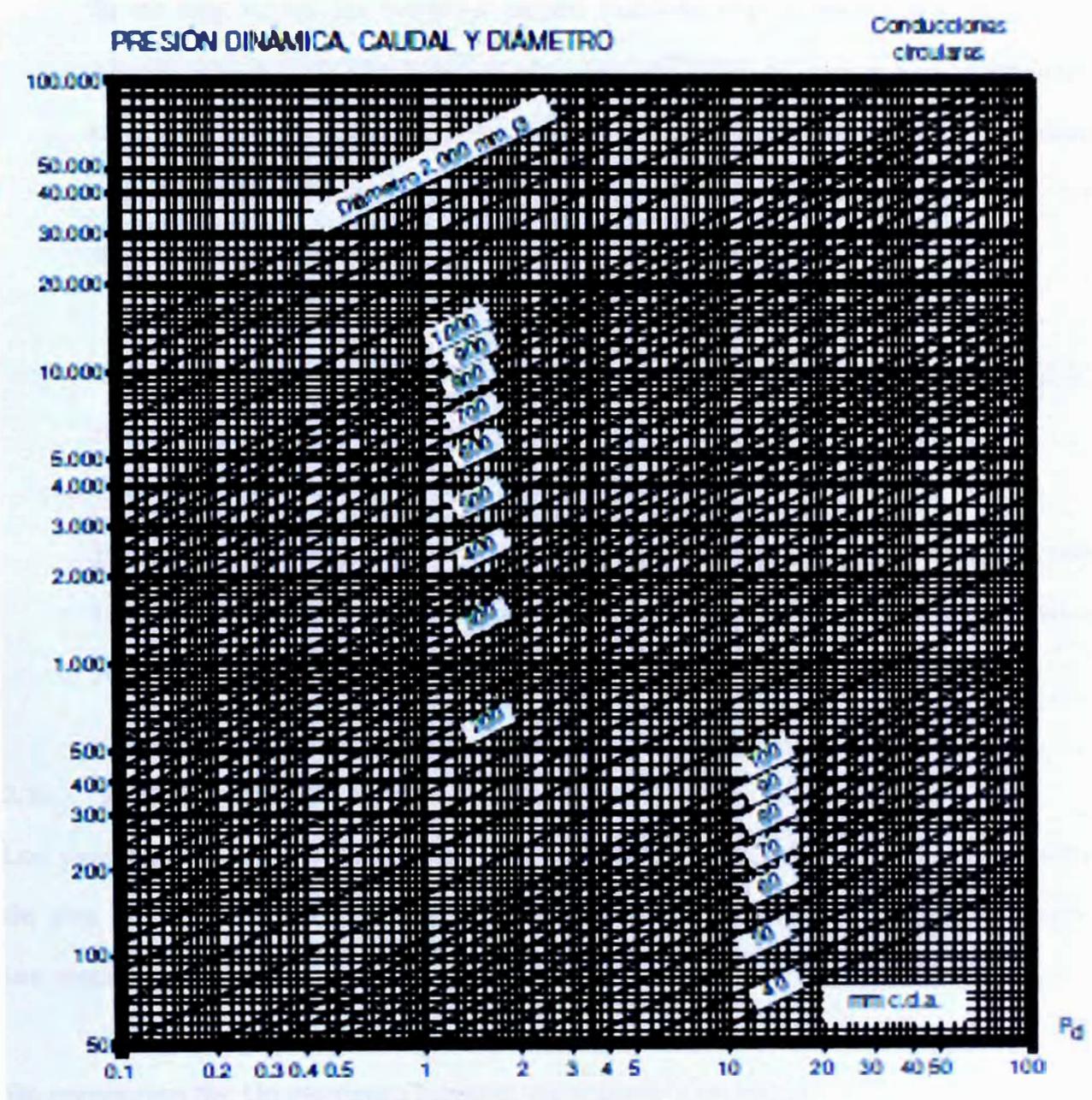
#### **2.2.5.2.1. Método del coeficiente “n”**

Este método se basa en calcular la pérdida de carga de un elemento de la conducción en función de la presión dinámica  $P_d$  del aire que circula y de unos coeficientes “n” de proporcionalidad, determinados experimentalmente, para cada uno según su forma y dimensiones. La formula usada es:

$$\text{Pérdida de carga} = \Delta P = n \times P_d \text{ (mm c.d.a.)}$$

De esta forma calcularemos uno a uno los accidentes de la conducción que, sumados a los de los tramos rectos, nos proporcionaran la pérdida de carga total del sistema de conducción.

La presión dinámica  $P_d$  que aparece en la fórmula puede hallarse fácilmente del siguiente modo. A partir del caudal de aire que circula  $Q$  ( $m^3/h$ ) y el diámetro del conducto  $d$  (m), en la grafica de la figura 2.1 determinaremos la velocidad  $v$  (m/s) del aire. Con este dato, y por la gráfica de la figura 2.3 encontraremos la presión dinámica  $P_d$  (mm c.d.a.) que necesitamos para aplicar la fórmula de la pérdida de carga.



**Figura 2.3:** Determinación de la presión dinámica  $P_d$

En el Apéndice B, desde la figura b12 hasta la figura b17, se muestran las figuras donde se proporcionan los coeficientes “ $n$ ” de pérdida de carga de diversos accidentes en la circulación de aire por conductos, desde su captación hasta la descarga. Deben evitarse los obstáculos que atraviesen una conducción de aire y en especial en los codos y bifurcaciones del flujo.

Si no hay forma de evitarlos deben cubrirse con protecciones de silueta aerodinámica para no provocar pérdidas elevadas de carga. Los obstáculos con frentes superiores a cinco centímetros deben carenarse con perfiles redondeados o, mejor, con siluetas de ala de avión, procurando que los soportes o apoyos sean paralelos a la vena de aire.

Todas las velocidades consideradas para el cálculo del coeficiente  $n$  están referidas a velocidades en el conducto  $V_c$ , la del diámetro  $D$  indicado.

En las campanas de captación, sean verticales u horizontales, la sección de la boca debe ser como mínimo el doble de la del conducto. En campanas rectangulares, “ $\alpha$ ” se refiere al ángulo mayor.

### **2.3. VENTILADORES**

Los ventiladores son máquinas rotatorias capaces de mover una determinada masa de aire, a la que comunican una cierta presión, suficiente para que pueda vencer las pérdidas de carga que se producirán en la circulación por los conductos.

Se componen de: Un elemento rotativo, un soporte y un motor

El elemento rotativo es la pieza del ventilador que gira en torno al eje del mismo. Puede ser una Hélice o un Rodete.

Lo llamaremos **Hélice** si la dirección de salida del aire impulsado es paralela al eje del ventilador (dirección axial). Generalmente la hélice puede mover gran cantidad de aire comunicando al mismo una discreta presión.

Lo llamaremos **Rodete** si la dirección de salida del aire impulsado es perpendicular al eje del ventilador. Generalmente los rodetes mueven un volumen de aire menor que las hélices, pero con una presión mucho mayor.

En los ventiladores de hélice, generalmente, el conjunto se compone también de una embocadura acampanada que mejora el rendimiento.

El motor es el componente que acciona la hélice o rodete.

Un ventilador, en la aceptación más amplia del vocablo, es una turbomáquina que recibe energía mecánica para mantener un flujo continuo de aire, u otro gas, con una presión de hasta 3.000 mm c.d.a.

### **2.3.1. Clasificación de los ventiladores**

Los ventiladores, denominados así de una forma amplia para todas sus concepciones, pueden clasificarse de formas muy diferentes, siendo la más común la siguiente:

### **2.3.1.1. Según su función**

#### **2.3.1.1.1. Ventiladores con envolvente**

Suele ser tubular, por lo que también se les denomina Tubulares y tienen por objeto desplazar aire dentro de un conducto, pueden ser:

##### a) IMPULSORES

Son los ventiladores en los que la boca de aspiración está conectada directamente a un espacio libre, estando la boca de descarga conectada a un conducto.

##### b) EXTRACTORES

Son los ventiladores en los que la boca de aspiración está conectada a un conducto y la boca de descarga está conectada a un espacio libre.

##### c) IMPULSORES-EXTRACTORES

Son los ventiladores en los que tanto la boca de aspiración como la de descarga están conectadas a un conducto.

#### **2.3.1.1.2. Ventiladores murales**

Conocidos también como, simplemente, Extractores, sirven para el traslado de aire entre dos espacios distintos, de una cara de pared a otra.

#### **2.3.1.1.3. Ventiladores de chorro**

Son aparatos que se utilizan cuando se necesita una determinada velocidad de aire incidiendo sobre una persona o cosa.

### **2.3.1.2. Según la trayectoria del aire en el ventilador**

#### **2.3.1.2.1. Ventiladores centrífugos**

En los que el aire entra en el rodete con una trayectoria esencialmente axial

y sale en dirección perpendicular.

Los rodetes de los ventiladores centrífugos pueden ser de tres tipos:

- a) Alabes radiales
- b) Alabes hacia adelante
- c) Alabes hacia atrás

#### **2.3.1.2.2. Ventiladores axiales**

En los cuales el aire entra y sale de la hélice con trayectorias a lo largo de superficies cilíndricas coaxiales al ventilador.

Las hélices de los ventiladores axiales pueden ser de dos tipos:

- a) Perfil delgado
- b) Perfil sustentador

#### **2.3.1.2.3. Ventiladores helicocentrífugos**

En los cuales la trayectoria del aire en el rodete es intermedia entre las del ventilador centrífugo y axial.

#### **2.3.1.2.4. Ventiladores tangenciales**

En los cuales la trayectoria del aire en el rodete es sensiblemente normal al eje, tanto a la entrada como a la salida del mismo, en la zona periférica.

### **2.3.1.3. Según la presión del ventilador**

#### **2.3.1.3.1. Baja presión**

Cuando la presión del ventilador es inferior a 72 mm c.d.a.

### **2.3.1.3.2. Mediana presión**

Cuando la presión del ventilador está comprendida entre 72 y 360 mm c.d.a.

### **2.3.1.3.3. Alta presión**

Cuando la presión del ventilador es superior a 360 mm c.d.a.

### **2.3.1.4. Según las condiciones de funcionamiento**

#### **2.3.1.4.1. Ventiladores corrientes**

Son los que efectúan el movimiento de aire no tóxico, no saturado, no inflamable, no corrosivo, no cargado de partículas abrasivas y que la temperatura no sobrepasa 80 °C (o 40 °C, si el motor se encuentra en la corriente de aire).

#### **2.3.1.4.2. Ventiladores especiales**

Son los diseñados para vehicular gases calientes, húmedos, corrosivos, para el transporte neumático, antiexplosivo, etc.

### **2.3.1.5. Según el sistema de accionamiento de la hélice**

Atendiendo al sistema empleado para el accionamiento de la hélice, es decir, si está accionada directamente por el motor, mediante correas, con motor de rotor exterior, etc.

### **2.3.1.6. Según método de control de las prestaciones del ventilador**

Atendiendo al sistema empleado para variar las prestaciones del ventilador, que puede conseguirse variando la velocidad del motor, mediante

compuertas, variando la inclinación de los álabes, tanto los de la hélice como los de la directriz de entrada, etc.

#### **2.3.1.6.1. Con regulador de velocidad**

Los reguladores varían las condiciones de la corriente de alimentación y con ello la velocidad del motor y, a la postre, la característica del ventilador.

Pueden ser de transformador, que varían la tensión de alimentación manteniendo su forma senoidal y variadores de frecuencia que aumentan o disminuyen ésta y por tanto la velocidad del motor.

#### **2.3.1.6.2. Con compuertas**

Las compuertas, siempre a la admisión del ventilador y mejor para centrífugos (los axiales las soportan mal) abren y cierran el paso al aire de entrada al aparato con lo que regula la característica del mismo.

#### **2.3.1.6.3. Con álabes de inclinación variable**

Se usa generalmente este método en ventiladores axiales, lográndose caudales muy ajustados a los objetivos fijados, pero exige una alta complejidad constructiva para la hélice de los mismos. Variando el ángulo de los álabes se logran regímenes distintos del ventilador pero hay que ir con cuidado con la capacidad del motor de accionamiento para no sobrepasarla y comprometer su seguridad. Los aparatos más sofisticados, y caros, de este tipo pueden variar la inclinación de sus álabes estando el aparato en funcionamiento, sin interrumpir su trabajo.

Sólo es aplicable este método en grandes ventiladores.

#### **2.4. CURVA CARACTERISTICA**

El ensayo de ventiladores tiene por objeto determinar la capacidad del aparato para transferir la potencia al aire que mueve.

El ventilador se hace funcionar a un régimen de giro constante, tomando valores de diferentes caudales movidos, según sea la perdida de carga que debe vencerse.

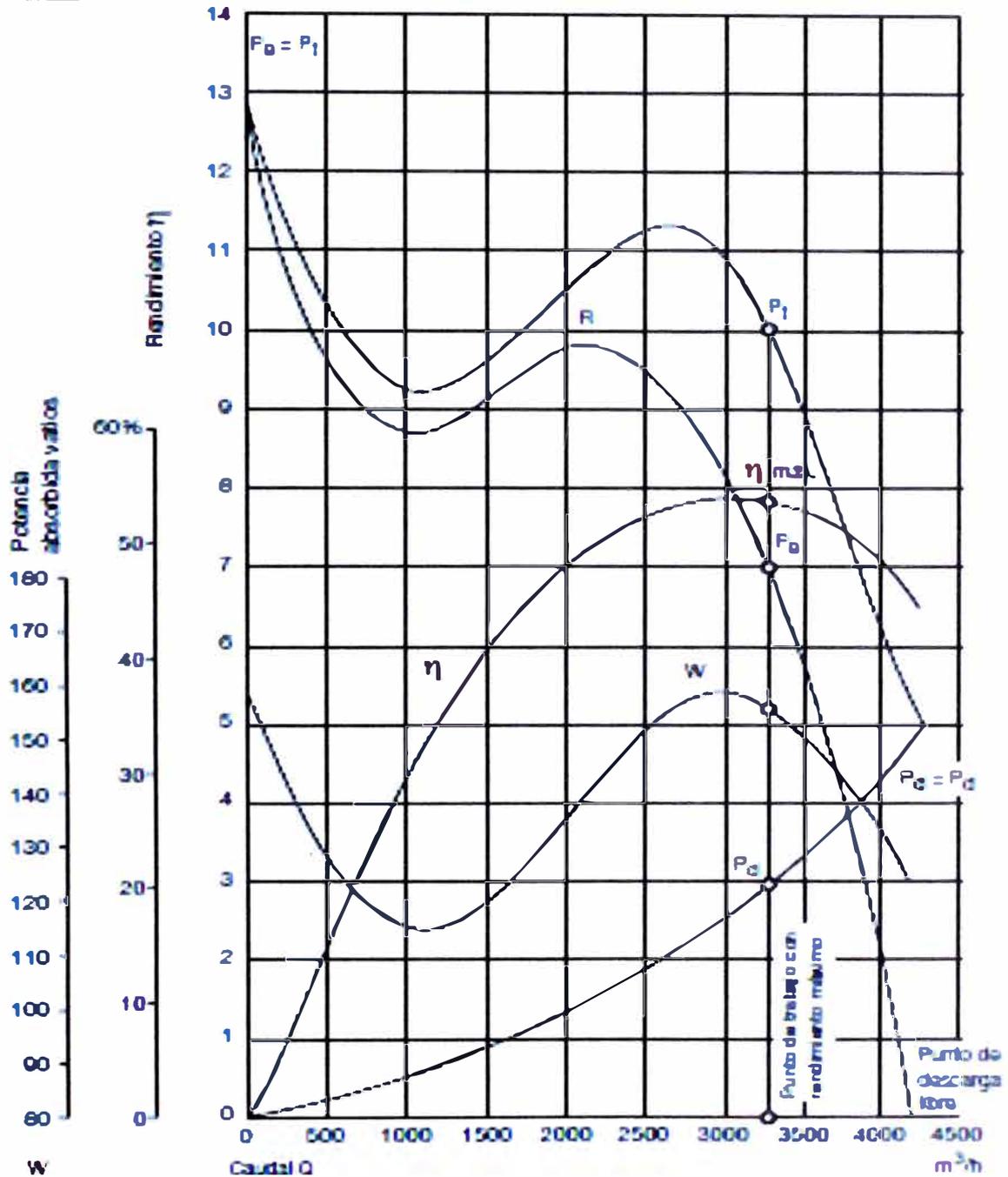
La curva característica de un ventilador se obtiene dibujando en unos ejes de coordenadas los distintos valores caudal-presión, obtenidos mediante ensayo en un laboratorio.

En la figura 2.4 tenemos representada una curva característica de un ventilador.

Observemos en primer lugar en la figura curvas diferentes. Cada una de ellas representa un valor distinto y su lectura se hace en las diferentes escalas que están a la izquierda de la figura.

## CURVA CARACTERÍSTICA DE UN VENTILADOR

PRESIONES P  
mm c.d.a.



**Figura 2.4:** Curva característica de un ventilador

Tres están relacionadas con la presión que da el ventilador para distintos caudales (son las denominadas  $P_t$ ,  $P_e$ ,  $P_d$ ).

Pe: es la Presión Estática

Pd: es la Presión Dinámica (debido a la velocidad)

Pt: es la Presión Total Cumpliéndose en todo momento

$$P_t = P_e + P_d$$

Obsérvese que a descarga libre, es decir cuando la Presión Estática (Pe) es nula, el ventilador da el máximo caudal que puede mover; en este punto la Presión Total es igual a la Dinámica ( $P_t = P_d$ ).

Asimismo, cuando el ventilador está obturado, es decir que da el mínimo caudal, la Presión Dinámica (Pd) es nula; en este punto, la Presión Total es igual a la Estática ( $P_t = P_e$ ).

Otra curva que podemos ver en el gráfico es: la curva de potencia absorbida (W), que leeremos en la escala vertical situada más a la izquierda (en vatios).

Esta curva nos da la potencia que consume el motor que acciona el ventilador, y podemos ver que presenta un máximo (en la figura corresponde al punto de caudal  $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

También tenemos representada la curva de rendimiento ( $\eta$ ), que se lee en % en la escala vertical intermedia, se puede ver que el rendimiento del ventilador depende del caudal que está moviendo.

El conjunto de estas curvas recibe el nombre de característica de un ventilador.

La característica de un ventilador es la mejor referencia del mismo, ya que siempre nos indicará su comportamiento según sea el caudal y la presión que esté dando.

El punto ideal de funcionamiento del ventilador, aquel para el que ha sido diseñado, es el correspondiente al máximo rendimiento. Cuanto más cerca de este punto trabaje el ventilador, más económico será su funcionamiento.

El punto R de la figura 2.4 se conoce como punto de desprendimientos, y la zona a la izquierda de éste es de funcionamiento inestable. Debe, por tanto, escogerse el ventilador de manera que el punto de trabajo esté a la derecha de R; de esta manera se evita la inestabilidad de funcionamiento.

Observemos la figura 2.5 en que se han representado las curvas características de los tipos fundamentales de ventilación, para poder comprender mejor su comportamiento.

Los tres ventiladores que se comparan tienen el mismo diámetro de rodete.

Podemos ver que, a igualdad de caudal impulsado ( $Q$ ), los ventiladores centrífugos dan más presión que los helicocentrífugos, y estos a su vez más que los helicoidales.

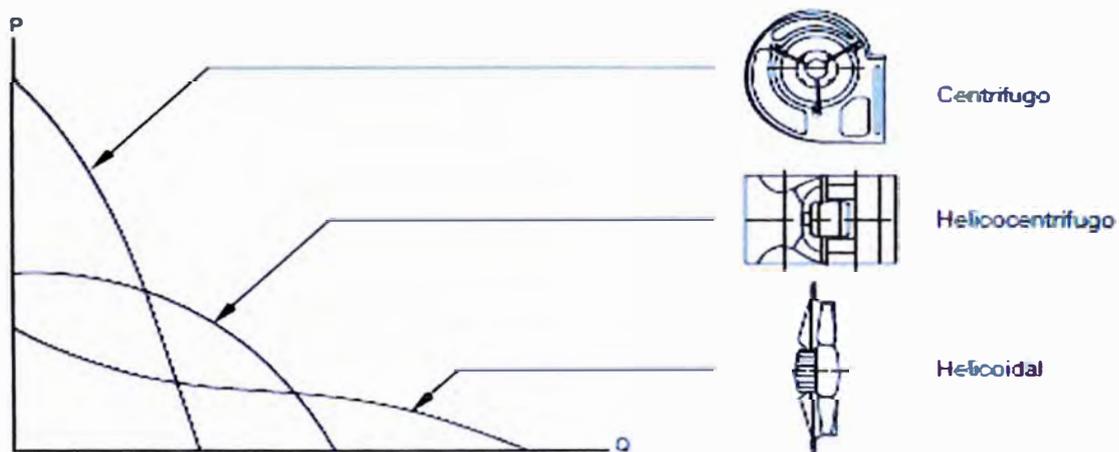
También se observa que, los centrífugos mueven caudales menores que los helicocentrífugos, y estos menos que los helicoidales.

Por tanto, puede aceptarse que los ventiladores más adecuados cuando los

caudales sean grandes y las presiones que deban vencer sean pequeñas son los helicoidales.

Este tipo de ventilador tiene además la ventaja de la facilidad de instalación.

Los ventiladores indicados para mover caudales pequeños pero a elevada presión son los centrífugos; finalmente, un caso intermedio es el de los ventiladores helicocentrífugos.



**Figura 2.5:** Curvas características de diferentes tipos de ventiladores

## 2.5 PUNTO DE TRABAJO

La curva característica del ventilador depende únicamente del ventilador, y solamente puede variar si el ventilador funciona a una velocidad de rotación distinta.

Puede aceptarse en principio que la curva característica es totalmente independiente del sistema de conductos al que se acople.

Sin embargo, hay que considerar que un ventilador puede funcionar moviendo distintos caudales y comunicándoles distintas presiones, de tal forma que todos los puntos posibles de funcionamiento se hallen representados sobre la curva (Pe).

Para saber exactamente en qué condiciones funcionará el ventilador, debemos conocer la curva resistente de la instalación, es decir, la curva que relaciona la pérdida de carga de la instalación con el caudal que pasa por ella.

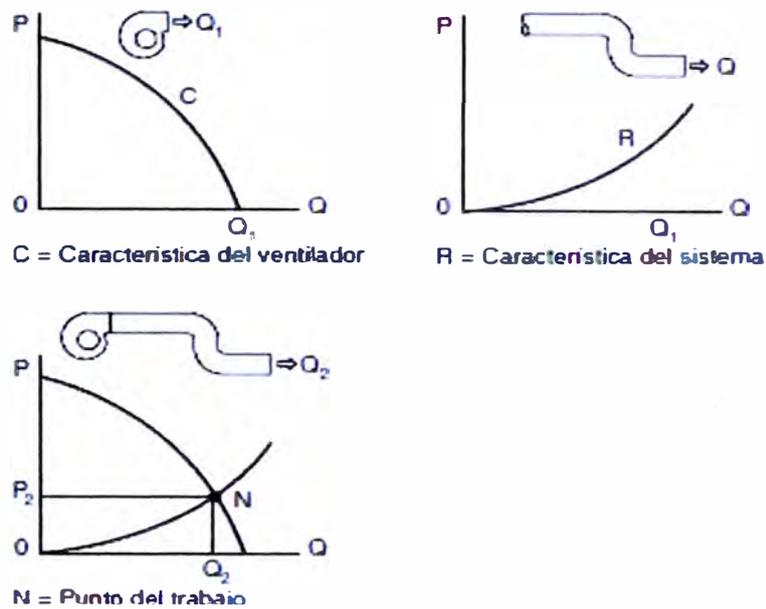
Podemos encontrar de forma fácil el punto de trabajo de un ventilador simplemente superponiendo las curvas características del ventilador y resistente del conducto según se indica en la figura 2.6.

Se puede comprobar que la pérdida de carga de una conducción varía proporcionalmente con el cuadrado del caudal según la fórmula:

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 \left[ \frac{Q_2}{Q_1} \right]^2$$

Por lo que, para encontrar la característica resistente y una vez hallada la pérdida de carga inicial ( $\Delta P_1$ ) a un determinado caudal ( $Q_1$ ), bastará con suponer un segundo caudal ( $Q_2$ ), para hallar un segundo punto de la característica resistente ( $\Delta P_2$ ). Si fuese necesario se podrían suponer más caudales con los que se hallarían, siempre para la misma instalación, nuevos puntos de pérdida de carga.

Uniando todos los puntos encontrados se representará la característica resistente de la instalación estudiada. La intersección entre la curva del ventilador y la característica resistente de la instalación nos dará el punto de trabajo.



**Figura 2.6:** Punto de trabajo del ventilador

## 2.6. LEYES DE LOS VENTILADORES

Las curvas características de los ventiladores siguen ciertas leyes, llamadas “leyes de los ventiladores”, que permiten determinar cómo varían caudal, presión y potencia absorbida por el ventilador al variar las condiciones de funcionamiento. Nosotros aplicamos estas leyes en el caso de la variación de velocidad de giro del ventilador:

El caudal es proporcional a la relación de velocidades:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left[ \frac{n_2}{n_1} \right]$$

La presión es proporcional al cuadrado de la relación de velocidades:

$$P_2 = P_1 \cdot \left[ \frac{n_2}{n_1} \right]^2$$

La potencia absorbida es proporcional al cubo de la relación de velocidades:

$$N_2 = N_1 \cdot \left[ \frac{n_2}{n_1} \right]^3$$

Mediante las relaciones anteriores podemos conocer los valores que toman las diferentes variables para diferentes regímenes de giro del ventilador.

Variando la velocidad de éste podemos conseguir que el caudal y la presión se ajusten a las necesidades de cada momento.

Debemos tener muy en cuenta de las curvas características de los ventiladores están siempre realizadas a las máximas revoluciones posibles. La regulación sólo se puede realizar disminuyendo la velocidad de giro del ventilador.

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN**

#### **3.1. VENTILACIÓN AMBIENTAL**

La empresa se encuentra localizada en el distrito de Lima Cercado, departamento de Lima, está dedicada a la fabricación de cilindros de diferentes capacidades y en la nave de producción, en la cual se desea realizar el trabajo de ventilación, se realizan procesos de corte, rolado, pintado del cilindro y sus tapas, ensamble y almacenado.

Las dimensiones de la nave están especificadas en el plano de planta y vista frontal presentado en el informe. En el primer diseño me avocaré a contemplar la ventilación ambiental de la nave en los procesos no tan críticos como corte, rolado, ensamble y almacenado, en el segundo diseño trataré sobre la ventilación de las cabinas de pintura.

##### **3.1.1 Definición de la situación de la ventilación ambiental**

Para la ventilación ambiental de la nave en los procesos no tan críticos como corte, rolado, ensamble y almacenado se ha considerado lo siguiente:

Por las condiciones de servicio en la nave se debe trabajar en un ambiente cerrado para evitar que el polvo del ambiente exterior ingrese. Por este motivo durante el verano la nave alcanza fácilmente temperaturas cercanas

a 30 °C, lo que ocasiona malestar en el personal que labora dentro de ella. A esto se añade la contaminación por la evaporación del thinner utilizado como solvente durante el proceso de pintado y a la agregación de calor debido a las cámaras de secado utilizados durante el proceso, lo que ha motivado a proponer la separación de estos ambientes para poder desarrollar un proyecto de ventilación técnica y económicamente adecuada.

Aquí expondremos brevemente los efectos del uso de solventes. De todas formas se debe consultar la información correspondiente de cada producto en particular.

Los efectos sobre la salud humana debido a la exposición a los solventes pueden incluir daño a la piel, hígado, sangre, sistema nervioso central y algunas veces pulmones y riñones. Debido a que los solventes suelen evaporarse con facilidad a la temperatura del ambiente, la mayor parte de la exposición a ellos resulta de los vapores que se respiran, así mismo, los solventes pueden absorberse dentro del cuerpo mediante contacto con la piel, aunque esto es una ruta de exposición menor para la mayoría de la gente. Los solventes que se derraman en la piel eliminan los aceites y grasas vitales de las células cutáneas, causando enrojecimiento, cuarteadas o la aparición de escamas en la piel. Una vez que se detiene la exposición generalmente la piel se cura por sí sola.

La inhalación de vapores de solventes, incluso por periodos muy cortos, puede producir irritación pulmonar y de garganta, edema pulmonar, mareos, visión borrosa, nerviosismo, somnolencia, confusión, latidos irregulares e

incluso inconsciencia y muerte. Muchos de estos síntomas pasan con rapidez cuando se detiene la exposición.

La exposición repetida a algunos solventes puede favorecer bronquitis crónica, daño permanente hepático y renal, y problemas neurológicos crónicos. Es factible que los solventes afecten la capacidad corporal para elaborar sangre, mientras que algunos pueden lesionar el sistema inmunológico. Se sospecha que muchos solventes clorados que se encuentran normalmente, incluyendo benceno, tricloroetileno, tetracloroetileno y cloruro de metilo, causan cáncer. De todas formas es necesario consultar la hoja de seguridad del producto en particular que se está utilizando para ser específico en los posibles daños a la salud y tomar las medidas correspondientes. El empleado, debe conocer los aspectos del cuidado de la salud en el manejo del solvente utilizado.

La legislación peruana considera residuos peligrosos a los solventes halogenados gastados utilizados en operaciones tales como: tetracloroetileno, tricloroetileno, cloruro de metileno, tricloroetano, tetracloruro de carbono, fluorocarbonos clorados. Los solventes gastados no halogenados también son considerados como peligrosos.

Algunos síntomas por la exposición repetida del thinner son: dolor de cabeza, náusea y falta de coordinación.

En el uso de solventes generalmente hay algunas medidas que deben ser consideradas: si hay contacto con los ojos levante los párpados y lave con

agua abundante por lo menos 15 minutos. Busque atención médica inmediatamente. Al contacto con la piel lave abundantemente con agua y jabón. Remueva la ropa contaminada. Si la irritación persiste busque atención médica. Si se ha inhalado moverse al aire fresco, si los efectos persisten buscar al médico.

Si se ingiere puede ser dañino o fatal, no induzca el vómito, y llame inmediatamente al médico. De preferencia consultar la hoja de seguridad específica del producto que está utilizando; por esta razón debemos eliminar el vertido intencional y prevenir los derrames accidentales de residuos peligrosos, mediante actividades preventivas y un manejo adecuado de los mismos durante el transporte y en el almacén.

### **3.1.2 Determinación de las necesidades**

La nave tiene forma de L y para el cálculo del volumen a desplazar se ha restado los dos volúmenes ocupados por las cámaras de pintura y el volumen ocupado de la oficina que no se encuentra dentro de la nave.

Para el cálculo del volumen a ventilar se considerará como longitud sólo con un decimal de aproximación al señalado en el plano, por consiguiente el volumen a considerar para la ventilación ambiental será:

$$13,8 \times 86,9 \times 7,2 + 0,5 \times 13,8 \times (9,7 - 7,2) \times 86,9 + 2 \times 7,9 \times 86,9 \times 3,6 + 7,9 \times 86,9 \times (5,7 - 3,6) - 7,9 \times (41,5 - 7) \times 3,6 - 7,9 \times 18 \times 3,6 - 7,9 \times 7 \times 3,6 = 14824,6 \text{ m}^3$$

Considerando como condición crítica el tema de temperatura estableceremos un número de renovaciones de aire, que cree una corriente de ésta suficiente para el confort del personal que labora en la empresa, de 15 veces, con lo que el parámetro de nuestro diseño quedaría:

$$14824,6 \times 15 = 222369 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 3.1.3 Solución propuesta

Por necesitarse una nave industrial presurizada, eliminación de contaminantes y olores que no afecten al personal de labora en la empresa, se sugiere un sistema de ventilación, con entrada de aire filtrado por el techo y distribución hacia la nave industrial por el cielo raso, con salidas de aire a razón de  $1 \text{ m}^2$  por  $\text{m}^3/\text{s}$  de caudal distribuido uniformemente y expulsión del aire por la parte baja de la pared a razón de  $0,25$  a  $0,3 \text{ m}^2$  por  $\text{m}^3/\text{s}$ .

El área total de las rejillas, para impulsión de aire, a ubicarse en el techo será:

$$222369 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \times \frac{1\text{m}^2}{1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 61,8 \text{ m}^2$$

Las rejillas pueden ser circulares o cuadradas y el número dependerá de lo que se encuentre en el mercado y su distribución será uniforme.

El área total de las rejillas, para expulsión de aire, a ubicarse en la parte baja de la pared será:

$$222369 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s} \times \frac{0,3m^2}{1 \frac{m^3}{s}} = 18,5 m^2$$

Las rejillas de expulsión estarán ubicadas preferentemente al frente de la pared donde estarán ubicados los ventiladores.

Por la longitud de la nave industrial, el gran volumen de aire a trasegar, para poder regular la ventilación de acuerdo a la necesidad y para que el nivel de ruido no fuese excesivo, se sugiere utilizar 6 cajas de ventilación del tipo CVTT a pocas revoluciones, con lo cual cada ventilador manejará 37061,5 m<sup>3</sup>/h.

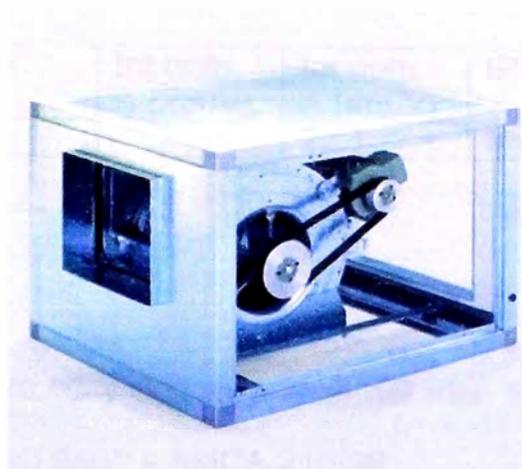
Estas cajas estarán instaladas en paralelo, en la pared del lado izquierdo entrando por la puerta principal, impulsando aire en el plenum del techo.

La pérdida de carga, en este caso será ocasionada principalmente por el filtro de entrada de aire, éste de acuerdo a tablas, se puede tomar conservadoramente 40 mm c.d.a. y 20 mm de c.d.a. por pérdidas en las rejillas de impulsión de aire, haciendo un total de 60 mm de c.d.a.

#### **3.1.4 Descripción producto recomendado**

Con los datos de caudal, presión, temperatura y altura de trabajo recurrimos al manual de ventiladores, para la selección correspondiente.

Del manual de ventiladores de Soler & Palau se obtiene la siguiente caja de ventilación centrífuga:



### Descripción

Caja de ventilación construida en chapa de acero galvanizado y aislamiento termoacústico de melamina, equipada con ventilador centrífugo de álabes adelante montado sobre soportes antivibratorios y junta flexible a la descarga, accionado por motor a transmisión trifásico IP55, marca S&P modelo CVTT-30/28 550 r.p.m. - 11 kW - 50Hz - 4p para un caudal [Q=36.205 m<sup>3</sup>/h] y presión estática [P<sub>st</sub>=57,3 mm c.d.a.].

<b>Punto Requerido</b>						
Caudal m <sup>3</sup> /h	Pr. Estática mm c.d.a.	Temperatura (°C)	Altura (m)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Frecuencia Hz	Tensión V
37.062	60,0	30	500	1,10	50	400

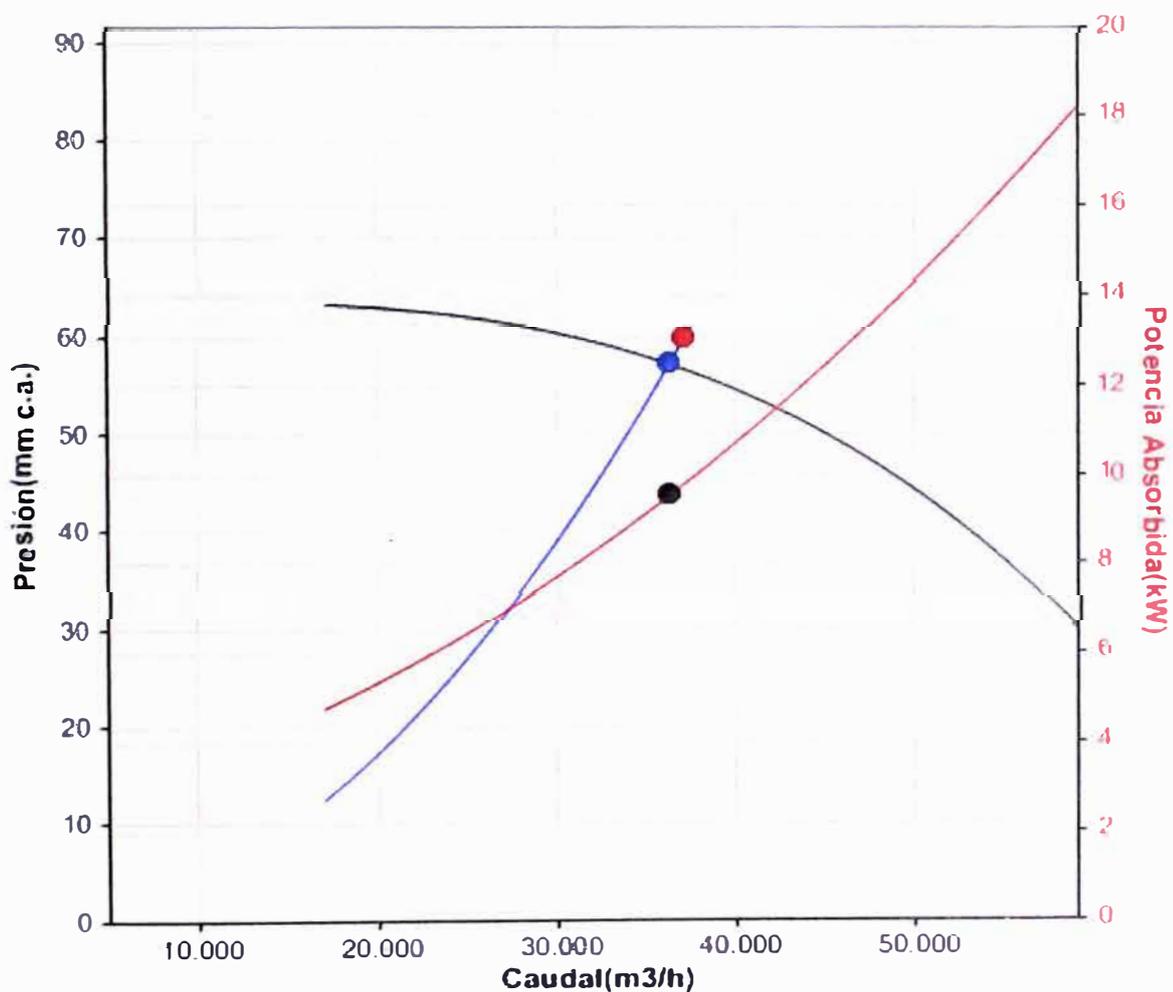
<b>Punto de Trabajo</b>						
Caudal m <sup>3</sup> /h	Pr. Est mm c.d.a.	Pr. Din mm c.d.a.	Pr. Tot mm c.d.a	Pot útil kW	Vel imp m/s	Vel vent r.p.m.
36.206	57,3	8,3	65,6	9,54	12,2	550

<b>Construcción</b>		
Tipo	Tamaño	Peso kg
CVTT	30/28	472

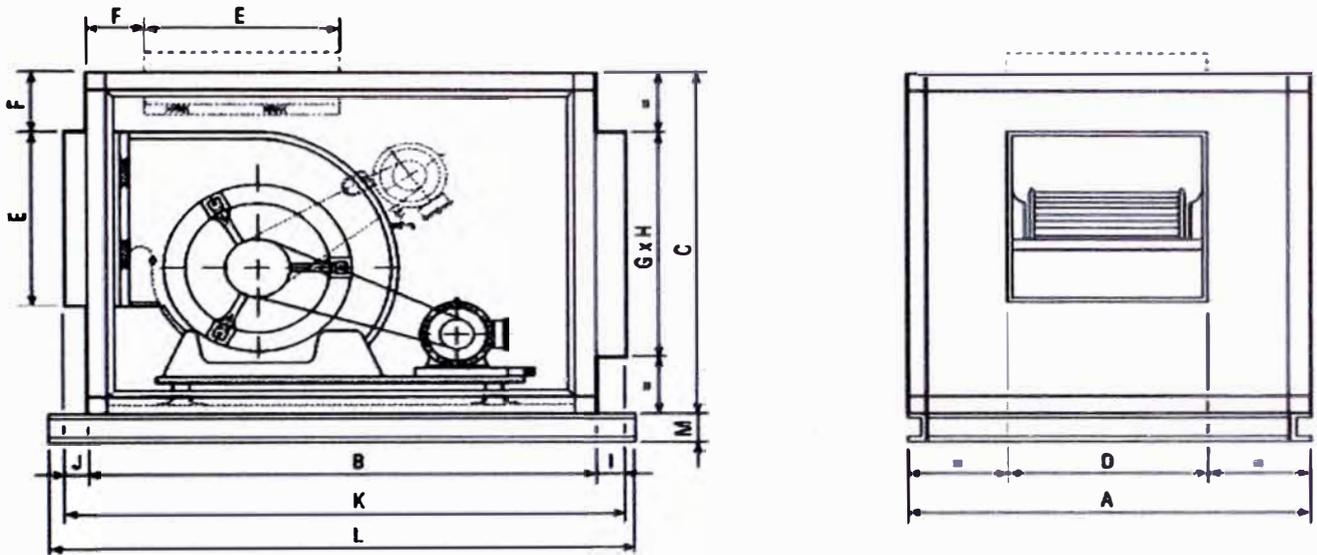
Características del Motor						
Vel Mot r.p.m.	Pot mot kW	Polos	Int nom A (230V)	Int nom A (400V)	IP	Certificación
1.455	11	4		22,1	IP-55	ST

### Curva característica

Aire Seco normal a 30 °C y 500 m a nivel del mar. Ensayos realizados de acuerdo a Normas: ISO 5801 y AMCA 210-99.



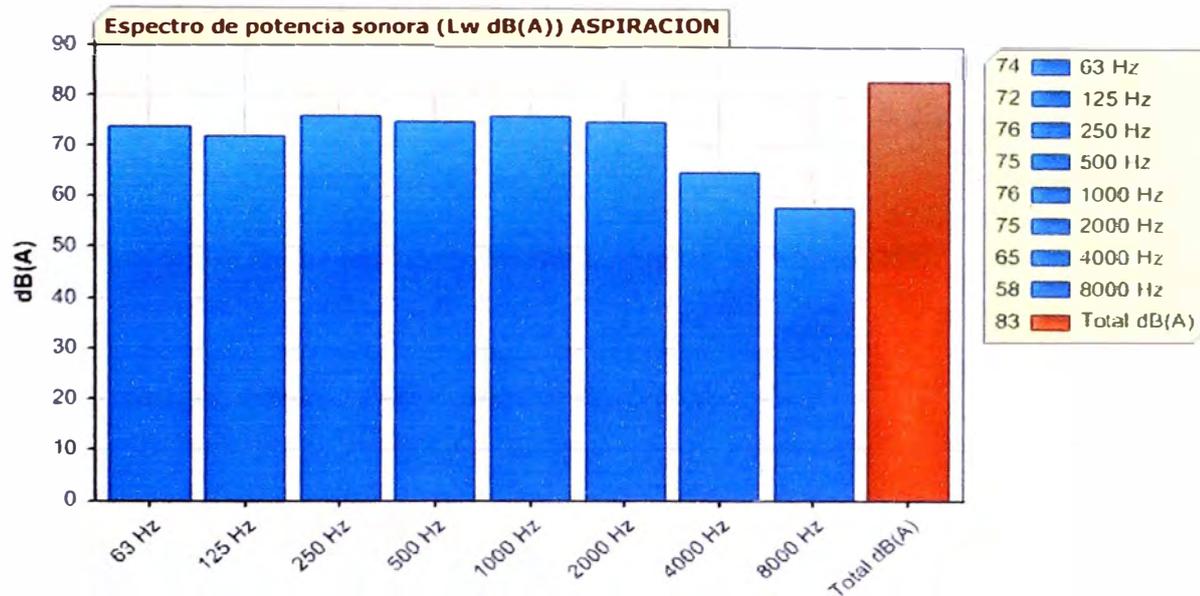
## Planos y dimensiones



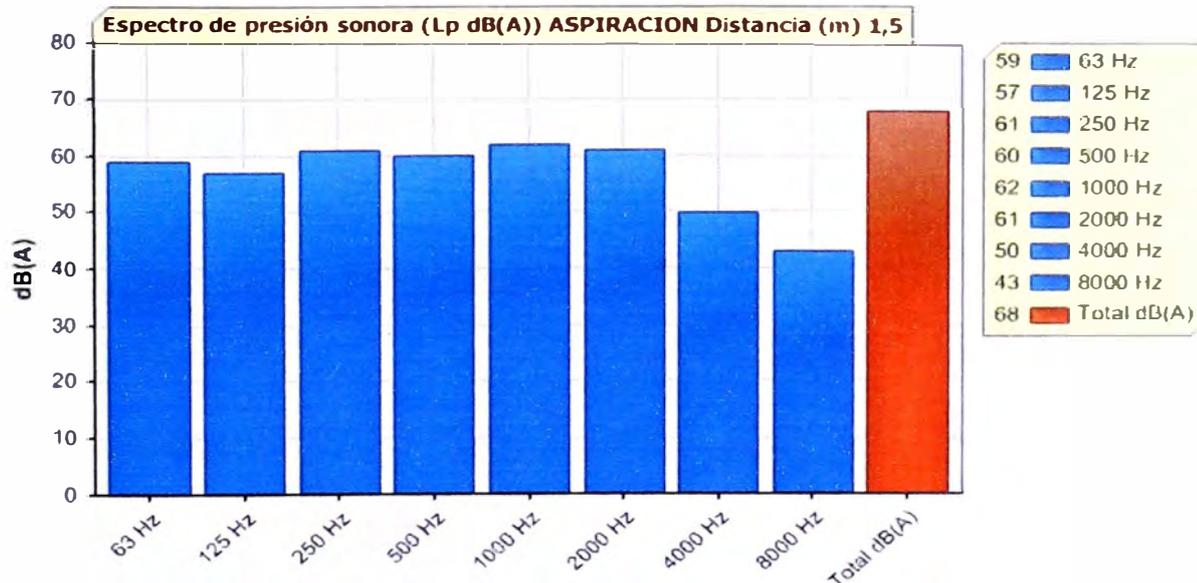
A	1700	F	150	K	1970
B	1900	G	1200	L	2060
C	1600	H	1200	M	80
D	870	I	40		
E	945	J	30		

### Espectro de la potencia sonora:

Espectro de potencia sonora (Lw dB(A)) ASPIRACION									
r.p.m.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total dB(A)
550	74	72	76	75	76	75	65	58	83



Espectro de presión sonora (Lp dB(A)) ASPIRACION Distancia (m) 1,5									
r.p.m.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total dB(A)
550	59	57	61	60	62	61	50	43	68

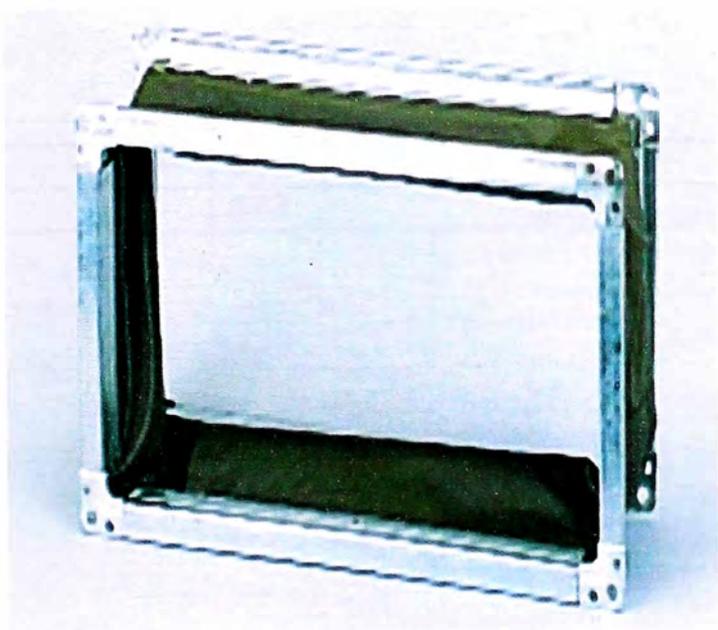


**Características del equipamiento**

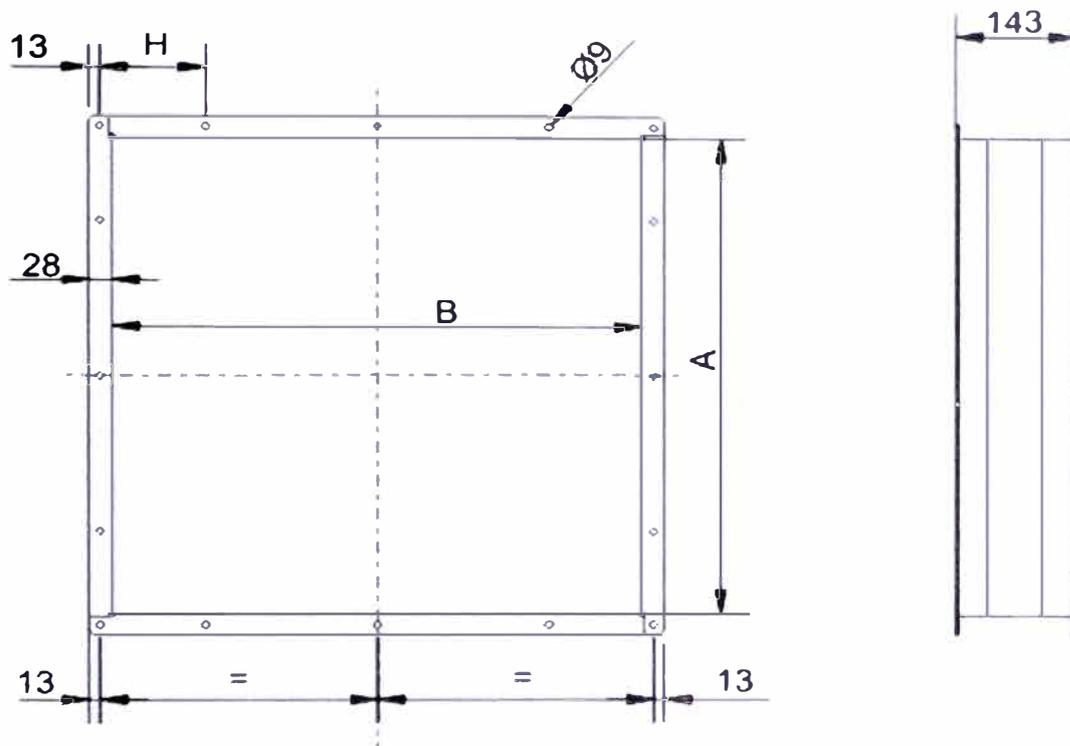
Caja de ventilación construida en chapa de acero galvanizado y aislamiento termoacústico de melamina, equipada con ventilador centrífugo de álabes adelante montado sobre soportes antivibratorios y junta flexible a la descarga, accionado por motor a transmisión trifásico IP55, marca S&P modelo CVTT-30/28 550 r.p.m. - 11 kW - 50Hz - 4p para un caudal [Q=36.205 m<sup>3</sup>/h] y presión estática [Pst=57,3 mm c.d.a.].

**Acoplamiento elástico rectangular en la impulsión.**

**Código: 5402035800 - ACOP RECT 30/28 IMP**



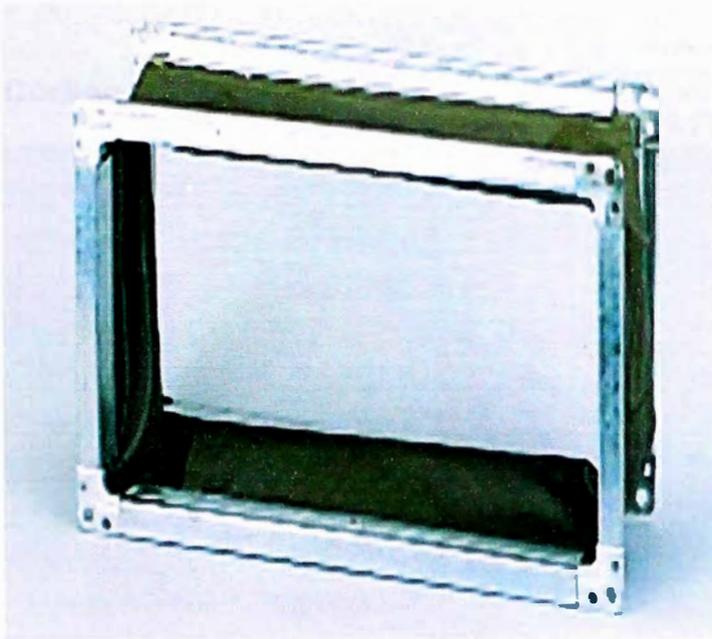
## Plano y dimensiones



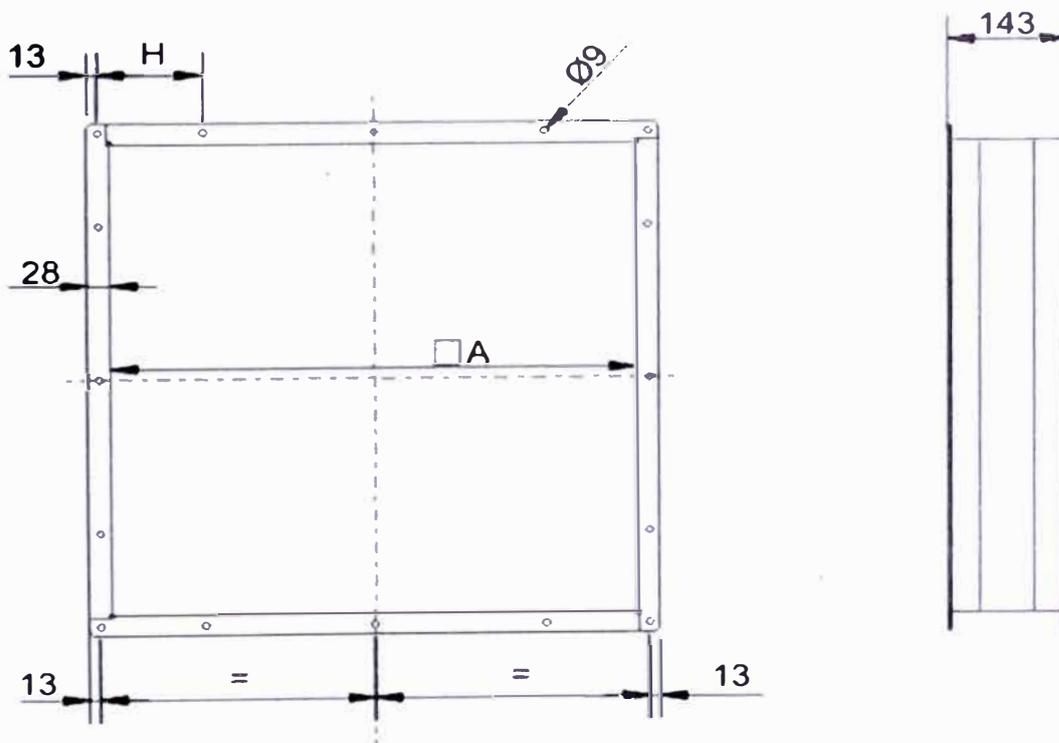
A	947	H	210
B	872	No	16

### Acoplamiento elástico rectangular en la aspiración.

Código: 5402036800 - ACOP RECT 30/28 ASP



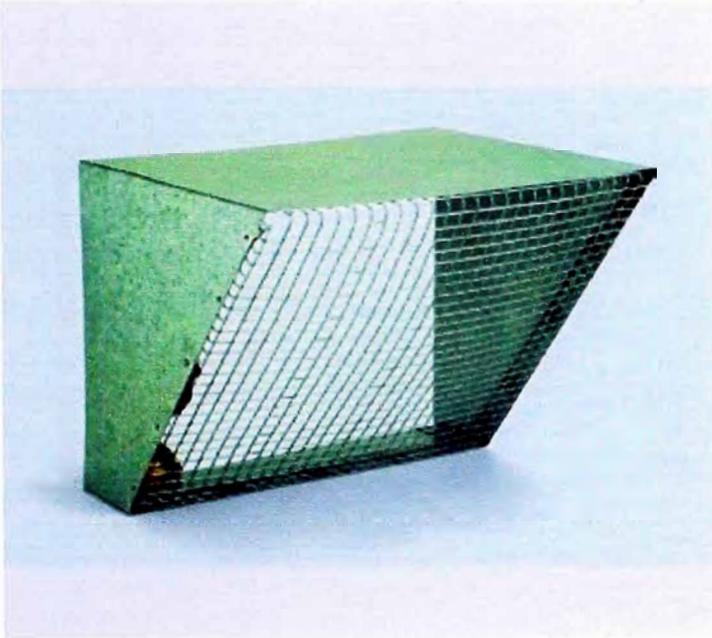
### Plano y dimensiones



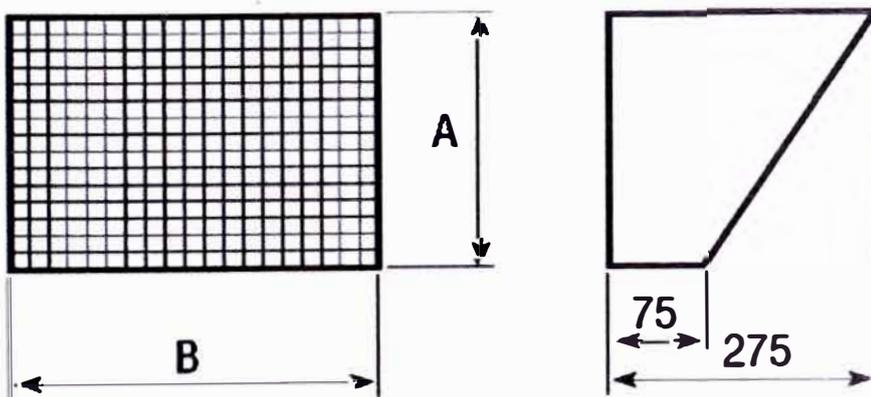
A	1202	No	16
H	247		

**Visera con malla para montar a la aspiración de las cajas. Este accesorio opcional se suministra montado en la caja.**

**Código 5137990700 - CVA-30**



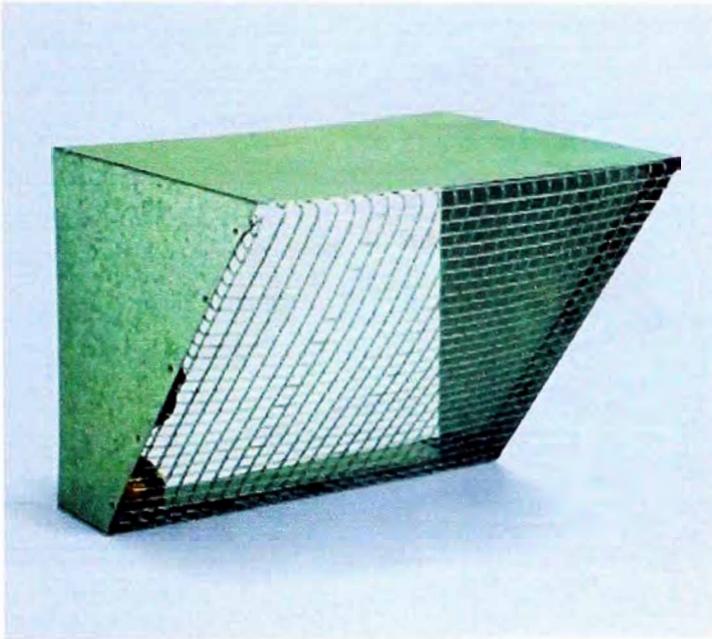
**Plano y dimensiones**



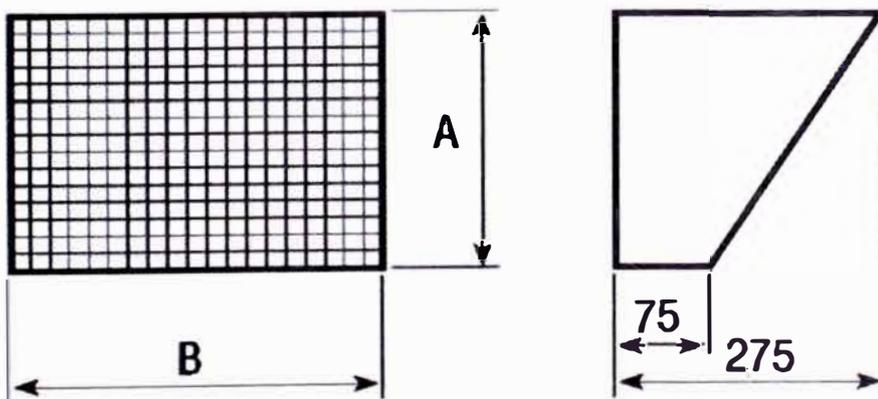
A	1203	B	1203
---	------	---	------

**Visera con malla para montar a la descarga de las cajas. Este accesorio opcional se suministra montado en la caja.**

**Código: 5137940200 - CVD-30**



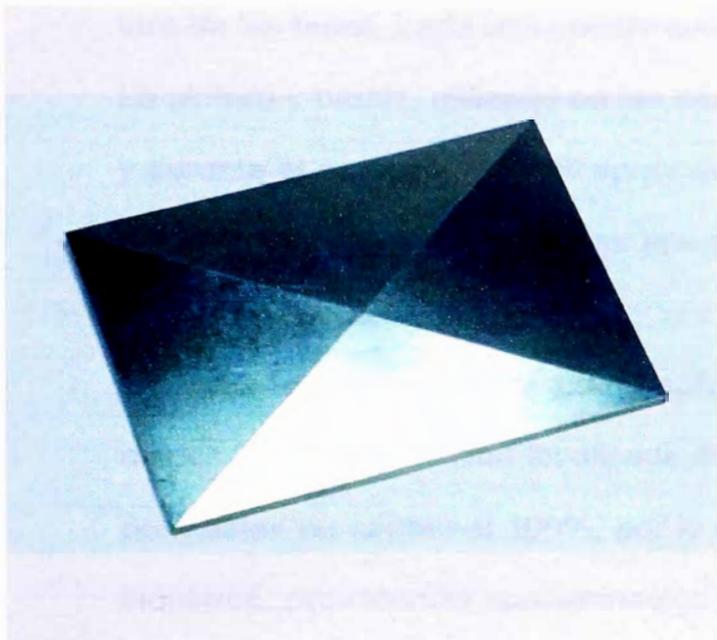
**Plano y dimensiones**



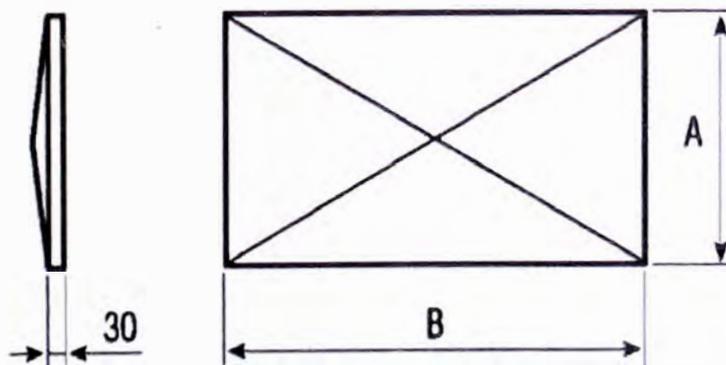
A	873	B	948
---	-----	---	-----

Tejadillo de protección para instalaciones en el exterior. Este accesorio opcional se suministra montado en la caja.

Código: 5137926100 - CTI-30



### Plano y dimensiones



A	1703	B	1903
---	------	---	------

## 3.2. VENTILACIÓN DE LAS CABINAS DE PINTURA

### 3.2.1. Definición de la situación

Existen dos áreas, en una de ellas se realiza el pintado de cilindros y en la otra de las tapas, cada una cuenta con un horno de secado.

La pintura y barniz utilizado en las cámaras de pintado es de tipo horneable y durante el proceso generan spray de pintura, vapor de solvente y calor, lo que crea la necesidad de ventilar esa zona.

El área de pintado utiliza como solvente thinner a razón de 10 galones diarios, tienen extracción localizada de solvente con campanas extractoras, pero éstas no captan el 100%, por lo que el solvente se esparce en la nave industrial, provocando contaminación en el personal que labora dentro de ella.

Además los hornos de secado incrementan la temperatura de la nave, teniendo temperaturas medidas cercanas al horno hasta de 35°C, lo que crea malestar en el personal y puede ocasionar un choque térmico cuando salgan de la nave industrial.

La empresa tiene instalado como extractor en la cámara de pintura de cilindros, un equipo centrífugo de 700mm de diámetro, caudal 10000 m<sup>3</sup>/h, con motor de 7,5HP 1740 RPM y presión de 100 mm c.d.a.

A la salida del horno de secado, de cilindros pintados, se encuentra instalado como extractor un equipo axial de 10500 m<sup>3</sup>/h de caudal, con motor de 1,8 HP, 1700 RPM y presión de 38 mm c.d.a.

En la zona de de pintado de tapas, tanto en la cámara de pintura como en el

horno de secado se encuentran instalados extractores de la misma característica que el instalado a la salida del horno de secado.

### **3.2.2. Determinación de necesidades**

Como las cabinas de pintura tienen extractores instalados y se desea ventilar el área debido principalmente a la presencia de residuos de solventes vaporizados y a la generación de calor de los hornos, se plantea confinar estas dos áreas en forma independiente y diseñar un sistema de ventilación por sobrepresión con toma de aire filtrado desde el techo de la nave e impulsión por la parte superior, para tratar en lo posible que los operarios que trabajen en el interior respiren los contaminantes producidos en el proceso de pintado, para la extracción se instalará en el suelo de la cabina un colector de dimensiones por determinar, para producir corrientes verticales y un movimiento envolvente del aire y se llevará al ambiente exterior por medio de un ducto.

Para naves industriales se propone de 40 a 60 renovaciones/hora del volumen total del local, se tomará 60 renovaciones por hora.

#### **3.2.2.1 *Dimensionamiento de la ventilación de la cabina de pintura de cilindros***

a) Caudal

$$7,9 \times (41,5 - 7) \times 3,6 \times 60 = 58870,8 \text{ m}^3/\text{h}.$$

b) Sección del colector en el suelo de la cabina, con expulsión del aire a razón de  $0,1 \text{ m}^2$  por  $\text{m}^3/\text{s}$

$$58870,8 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s} \times \frac{0,1m^2}{1 \frac{m^3}{s}} = 1,64 m^2$$

c) Velocidad en el conducto, se decide tomar 20 m/s, entonces la presión dinámica, de acuerdo a la gráfica de la figura b2 del apéndice B, será de 27 mm c.d.a.

d) Con el caudal de 58870,8 m<sup>3</sup>/h y la velocidad de 20 m/s y utilizando el nomograma de la figura 2.1, el diámetro del conducto circular será de 1000 mm y la pérdida de carga será de 0,3 mm c.d.a/m para los tramos rectos del conducto.

La longitud total del conducto es de 20 metros, con lo que la pérdida de carga por tramos rectos será:

$$20 \times 0,3 = 6 \text{ mm c.d.a.}$$

e) Los coeficientes de pérdidas de carga por accesorios son:

Campana: 0,25 (de acuerdo a la figura b15 del apéndice B)

Codos: 0,20 (de acuerdo a la figura b16 del apéndice B)

Sombrerete: 1,08 (de acuerdo a la figura b17 del apéndice B)

El circuito de ventilación llevará 2 codos una campana y un sombrerete, con lo cual la pérdida de carga por accesorios será:

$$(0,25 + 0,2 + 0,2 + 1,08) \times 27 = 46,71 \text{ mm c.d.a}$$

f) Pérdida de carga por filtros:

32 mm c.d.a.

g) La pérdida de carga de la instalación será:

$$6 + 46,71 + 32 = 84,71 \text{ mm c.d.a.}$$

### 3.2.2.2. Dimensionamiento de la ventilación de la cabina de pintura de tapas

a) Caudal

$$7,9 \times 18 \times 3,6 \times 60 = 30715,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Sección del colector en el suelo de la cabina, con expulsión del aire a razón de  $0,1 \text{ m}^2$  por  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$$30715,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \times \frac{0,1\text{m}^2}{1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 0,85 \text{ m}^2$$

c) La velocidad en el conducto, se decide tomar  $15 \text{ m/s}$ , entonces la presión dinámica, de acuerdo a la gráfica de la figura b2 del apéndice B, será de  $19 \text{ mm c.d.a.}$

d) Con el caudal de  $30715,2 \text{ m}^3/\text{h}$  y la velocidad de  $15 \text{ m/s}$  y utilizando el nomograma de la figura 2.1, el diámetro del conducto circular será de  $900 \text{ mm}$  y la pérdida de carga será de  $0,15 \text{ mm c.d.a./m}$  para los tramos rectos del conducto.

La longitud total del conducto es de  $20 \text{ metros}$ , con lo que la pérdida de carga por tramos rectos será:

$$20 \times 0,15 = 3 \text{ mm c.d.a.}$$

e) Los coeficientes de pérdidas de carga por accesorios son:

Campana: 0,25 (de acuerdo a la figura b15 del apéndice B)

Codos: 0,20 (de acuerdo a la figura b16 del apéndice B)

Sombrerete: 1,08 (de acuerdo a la figura b17 del apéndice B)

El circuito de ventilación llevará 2 codos una campana y un sombrerete, con lo cual la pérdida de carga por accesorios será:

$$(0,25 + 0,2 + 0,2 + 1,08) \times 19 = 32,87 \text{ mm c.d.a}$$

f) Pérdida de carga por filtros:

32 mm c.d.a

g) La pérdida de carga de la instalación será:

$$3 + 32,87 + 32 = 67,87 \text{ mm c.d.a.}$$

### **3.2.3. Solución propuesta de ventilación**

#### **3.2.3.1 *Para la cabina de pinturas de cilindros***

Dado el gran volumen de aire a trasegar y para que el nivel de ruido no sea excesivo, se prefiere suministrar el aire a la cabina con dos cajas de ventilación a transmisión del tipo CVTT a pocas revoluciones. Estas cajas estarán instaladas en paralelo

Con los datos de:

Caudal:  $58870,8 \text{ m}^3/\text{h} / 2 = 29435,4 \text{ m}^3/\text{h}$

Pérdida de presión Total: 84,71 mm c.d.a.

Temperatura: 35°C

Altura: 500 m.s.n.m.

Recurrimos al manual de ventiladores centrifugos de Soler & Palau, obteniéndose el siguiente resultado:



### Descripción

Caja de ventilación para trasegar aire a 400°C/2h con rodete de álabes hacia delante. Marca S&P modelo CVHT-30/28 600 r.p.m. - 11 kW - 50Hz - 4p para un caudal [Q=28.720 m<sup>3</sup>/h] y presión estática [Pst=80,6 mm c.d.a.].

<b>Punto Requerido</b>						
Caudal m <sup>3</sup> /h	Pr. Est mm c.a	Temperatura (°C)	Altura (m)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Frecuencia Hz	Tensión V
29.435	84,7	35	500	1,09	50	400

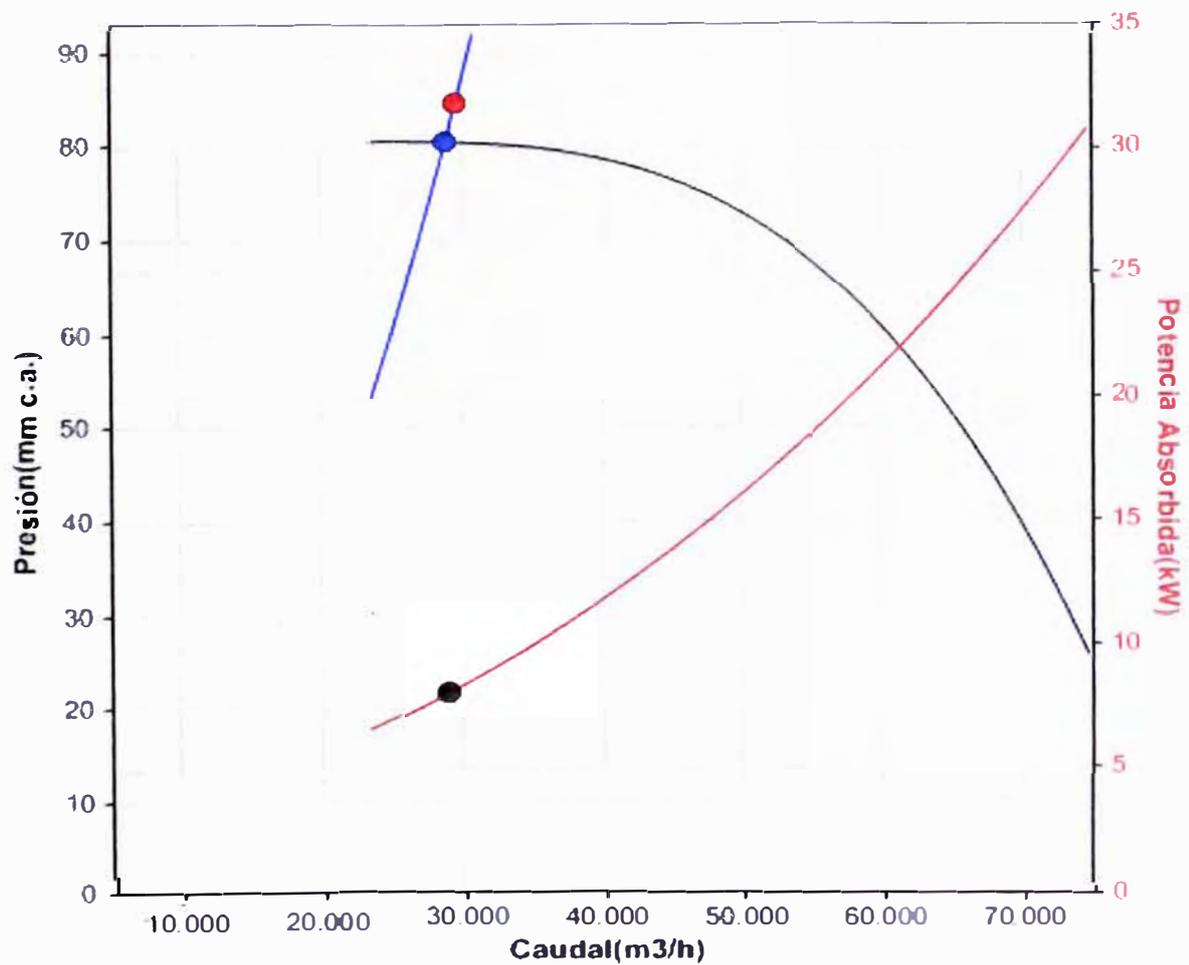
<b>Punto de Trabajo</b>						
Caudal m <sup>3</sup> /h	Pr. Est mm c.a.	Pr. Din mm c.a.	Pr. Tot mm c.a.	Pot útil kW	Vel imp m/s	Vel vent r.p.m.
28.720	80,6	5,1	85,7	8,18	9,6	600

<b>Construcción</b>		
Tipo	Tamaño	Peso kg
CVHT	30/28	648

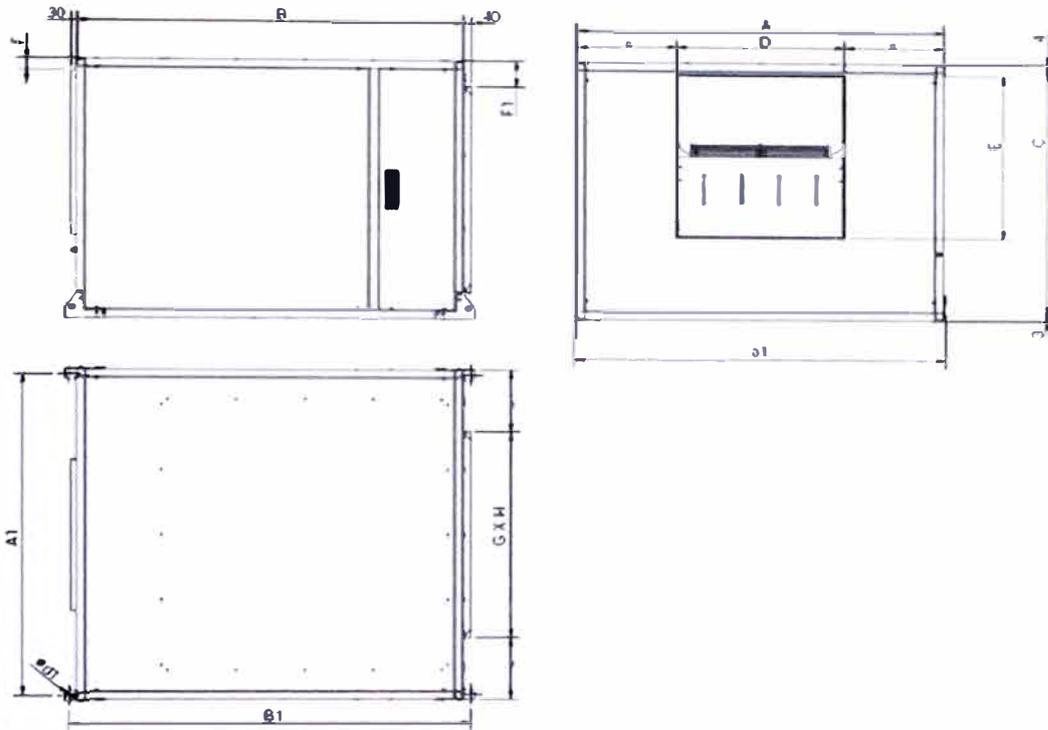
Características del Motor						
Vel Mot r.p.m.	Pot mot kW	Polos	Int nom A (230V)	Int nom A (400V)	IP	Certificación
1.455	11	4		22,1	IP-55	ST

### Curva característica

Aire Seco normal a 35 °C y 500 m a nivel del mar. Ensayos realizados de acuerdo a Normas: ISO 5801 y AMCA 210-99.



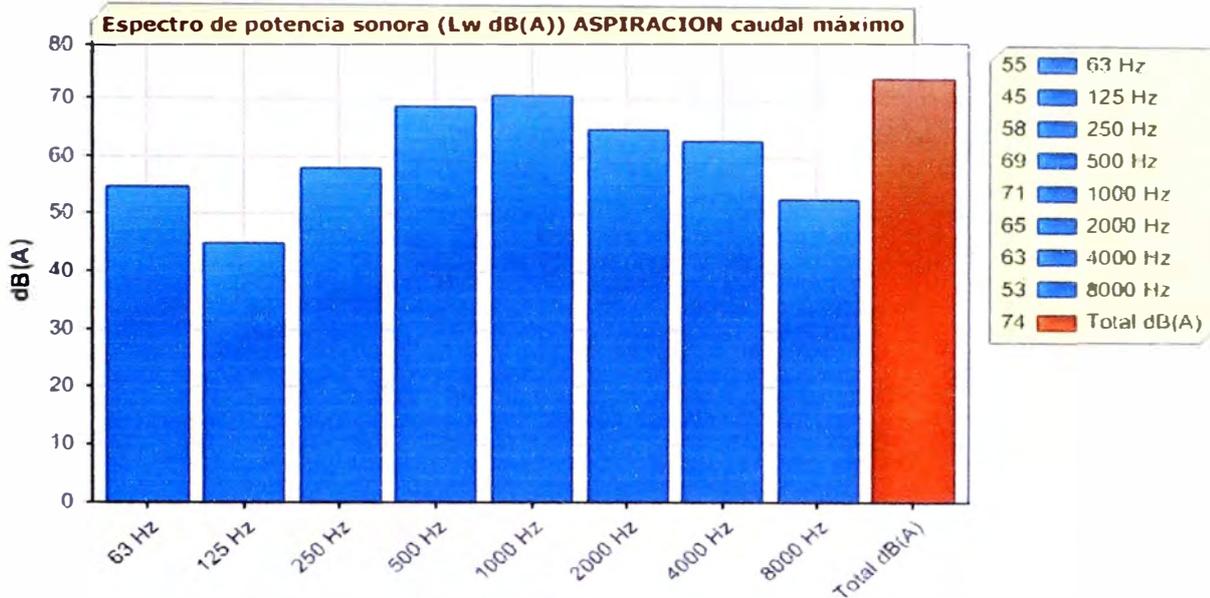
## Planos y dimensiones



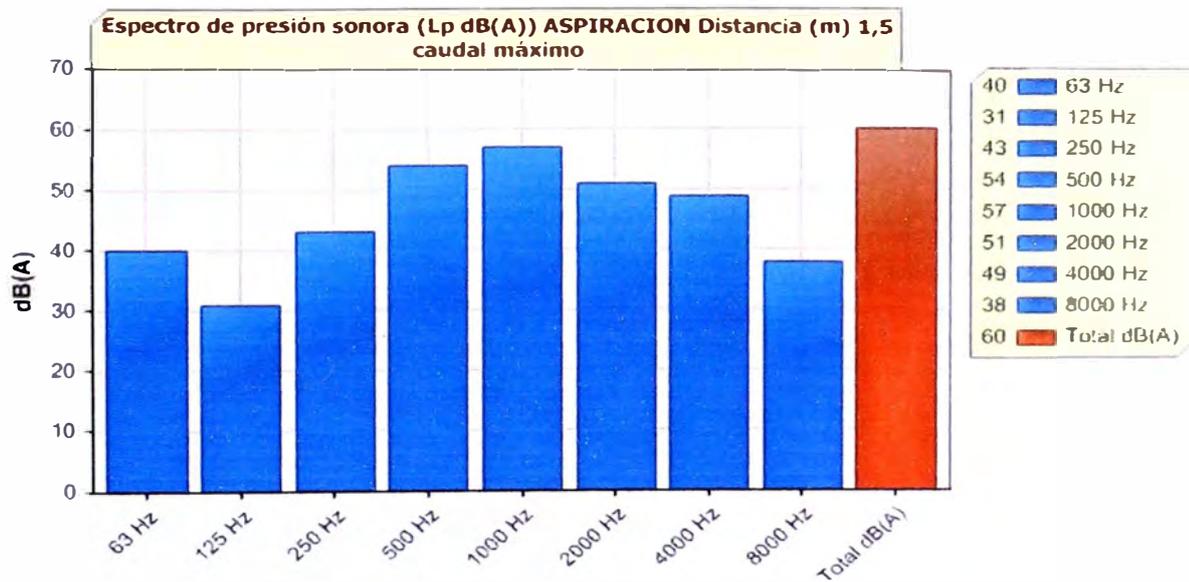
A	1914	B1	2084,2	F	65,5
A1	1856	C	1495,5	F1	147,75
a1	1937	D	874,5	GxH	1200x1200
B	2005	E	952,5	$\phi d1$	15

### Espectro de la potencia sonora en la aspiración

Espectro de potencia sonora (Lw dB(A)) ASPIRACION									
r.p.m.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total dB(A)
600	83	81	85	84	85	84	74	67	92



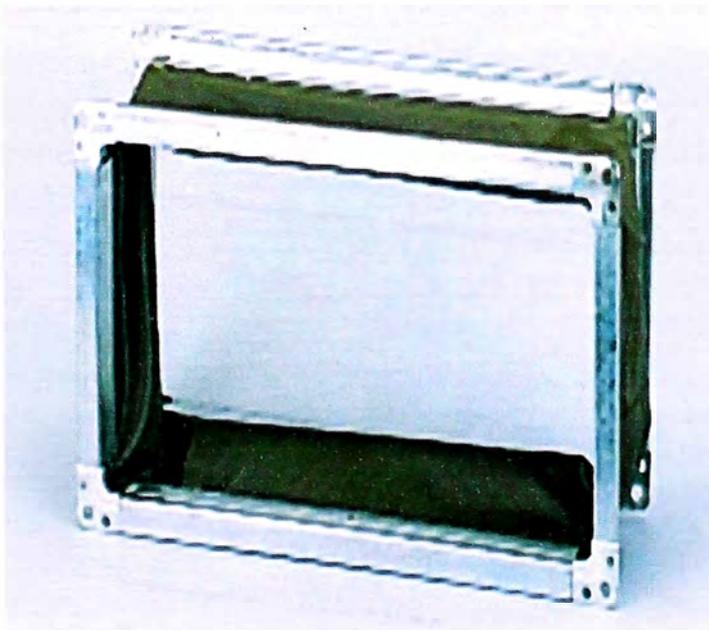
Espectro de presión sonora (Lp dB(A)) ASPIRACION Distancia (m) 1,5									
r.p.m.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total dB(A)
600	68	66	70	69	71	70	59	52	77



**Accesorios**

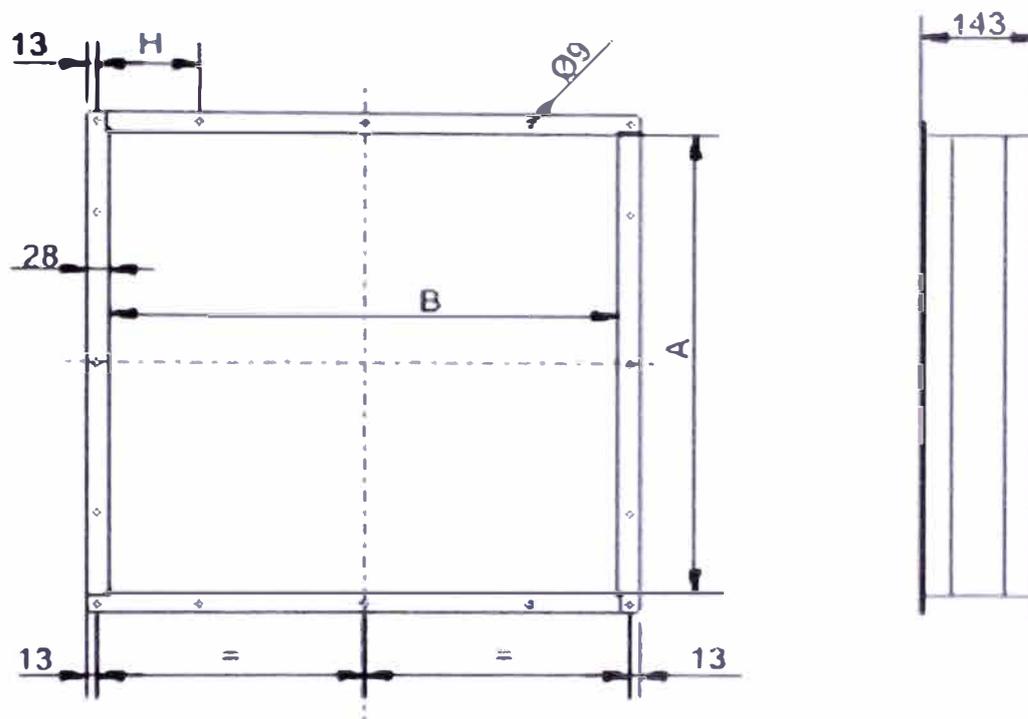
**Modelo: SPTR000116 - CVHT-30/28 600 r.p.m. - 11 kW - 50Hz - 4p**

**Acoplamiento elástico rectangular en la impulsión**



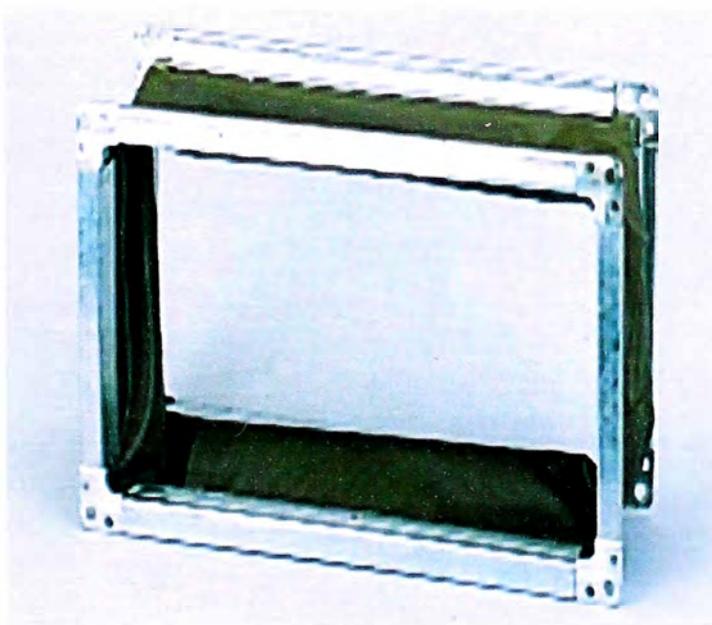
**Modelo: 5402033900 - ACOP RECT F400 30/28 IMP**

### Plano y dimensiones



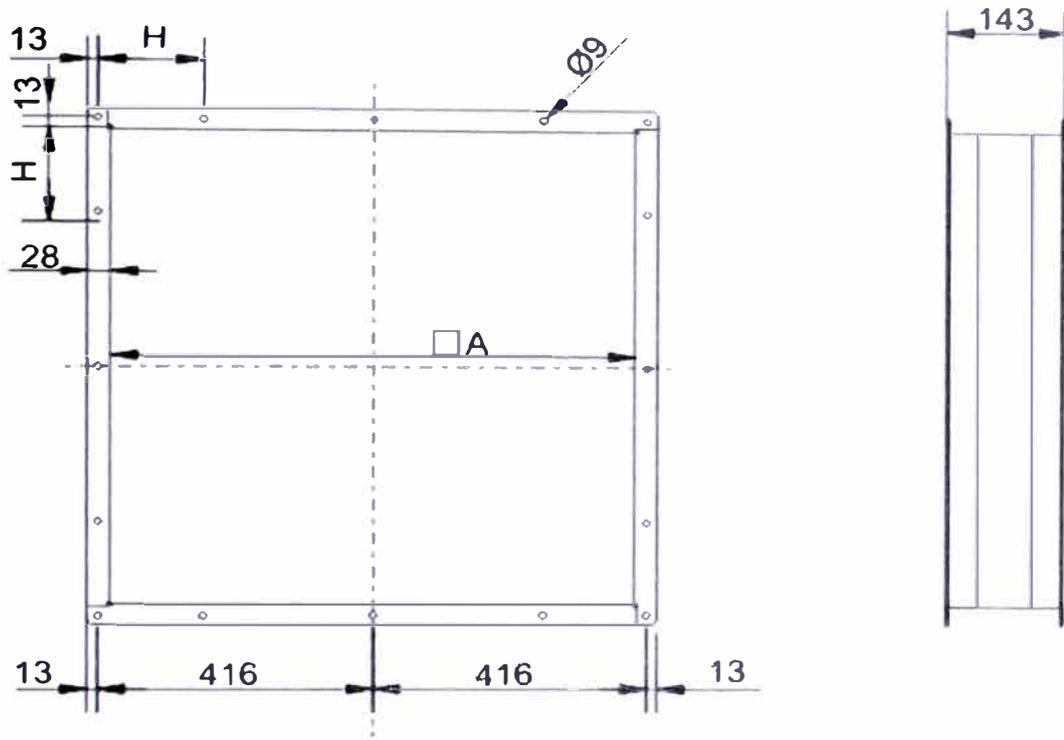
A	875	H	210
B	953	No	16

### Acoplamiento elástico rectangular en la aspiración



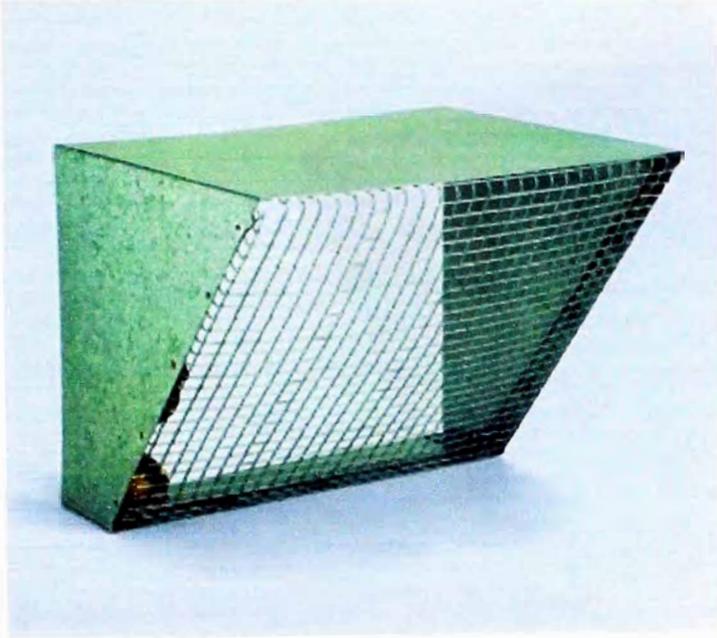
Modelo: 5402034800 - ACOP RECT F400 30/28 ASP

## Plano y dimensiones



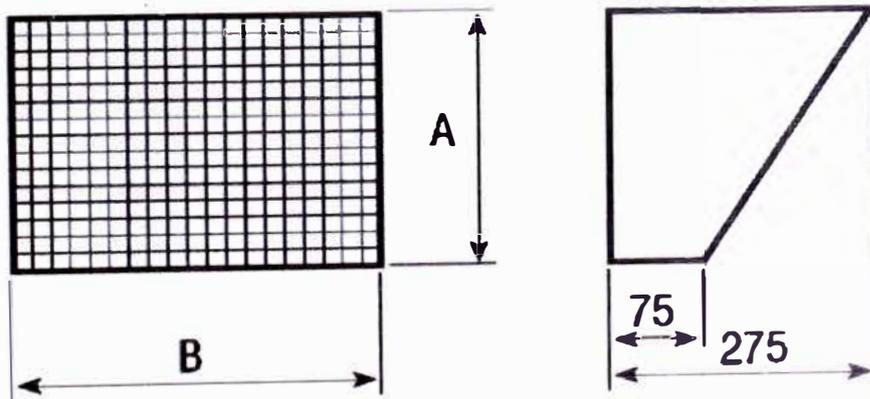
A	1202	No	16
H	247		

**Visera con malla para montar a la descarga de las cajas. Este accesorio opcional se suministra montado en la caja**

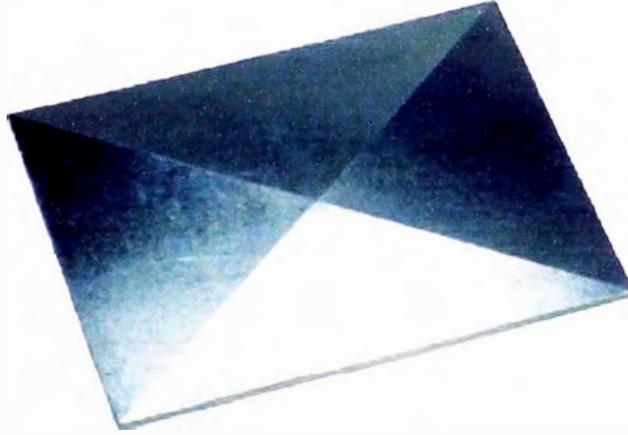


**Modelo: 5137940200 - CVD-30**

**Plano y dimensiones**

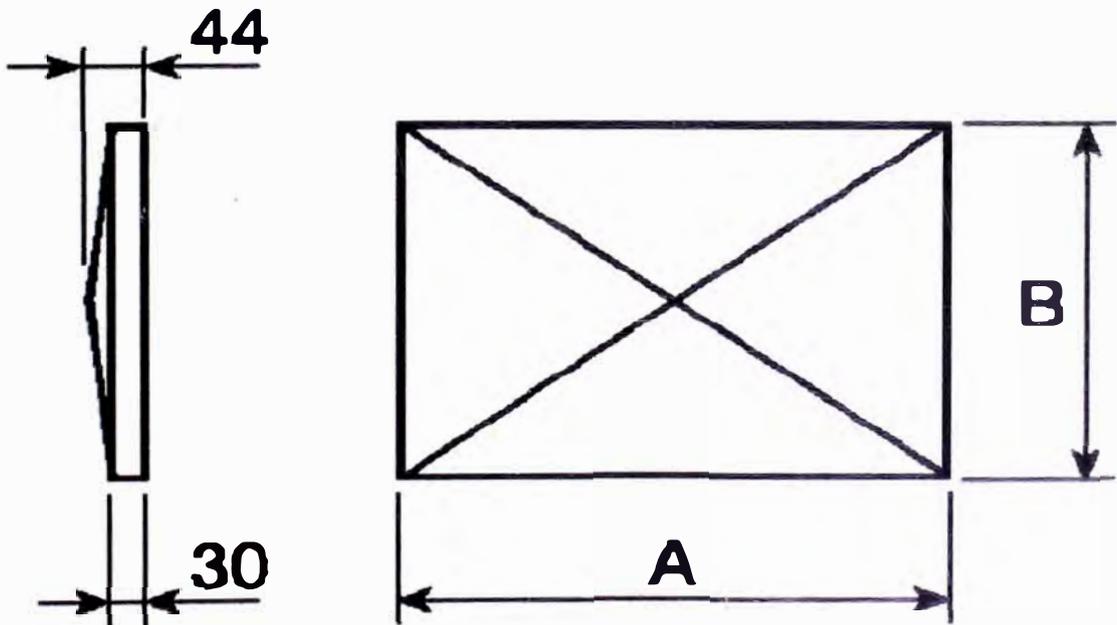


A	873	B	948
---	-----	---	-----

**Tejadillo de protección para instalaciones en exterior**

**Modelo: 5-5402024300 - CHTI-30/28**

**Plano y dimensiones**



A	2009,5	B	1918,5
---	--------	---	--------

### 3.2.3.2 Para la cabina de pintura de tapas

Con los datos de:

Caudal: 30715.2 m<sup>3</sup>/h

Pérdida de presión Total: 67,87 mm c.d.a.

Temperatura: 35°C

Altura m.s.n.m: 500 metros

Recurrimos al manual de ventiladores centrífugos de Soler & Palau, obteniéndose el siguiente resultado:

#### Descripción

Caja de ventilación para trasegar aire a 400°C/2h con rodete de álabes hacia delante. Marca S&P modelo CVHT-25/25 700 r.p.m. - 11 kW - 50Hz - 4p para un caudal [Q=29.222 m<sup>3</sup>/h] y presión estática [Pst=61,4 mm c.d.a.].

<b>Punto Requerido</b>						
Caudal m <sup>3</sup> /h	Pr. Est mm c.a.	Temperatura (°C)	Altura (m)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Frecuencia Hz	Tensión V
30.715	67,9	35	500	1,09	50	400

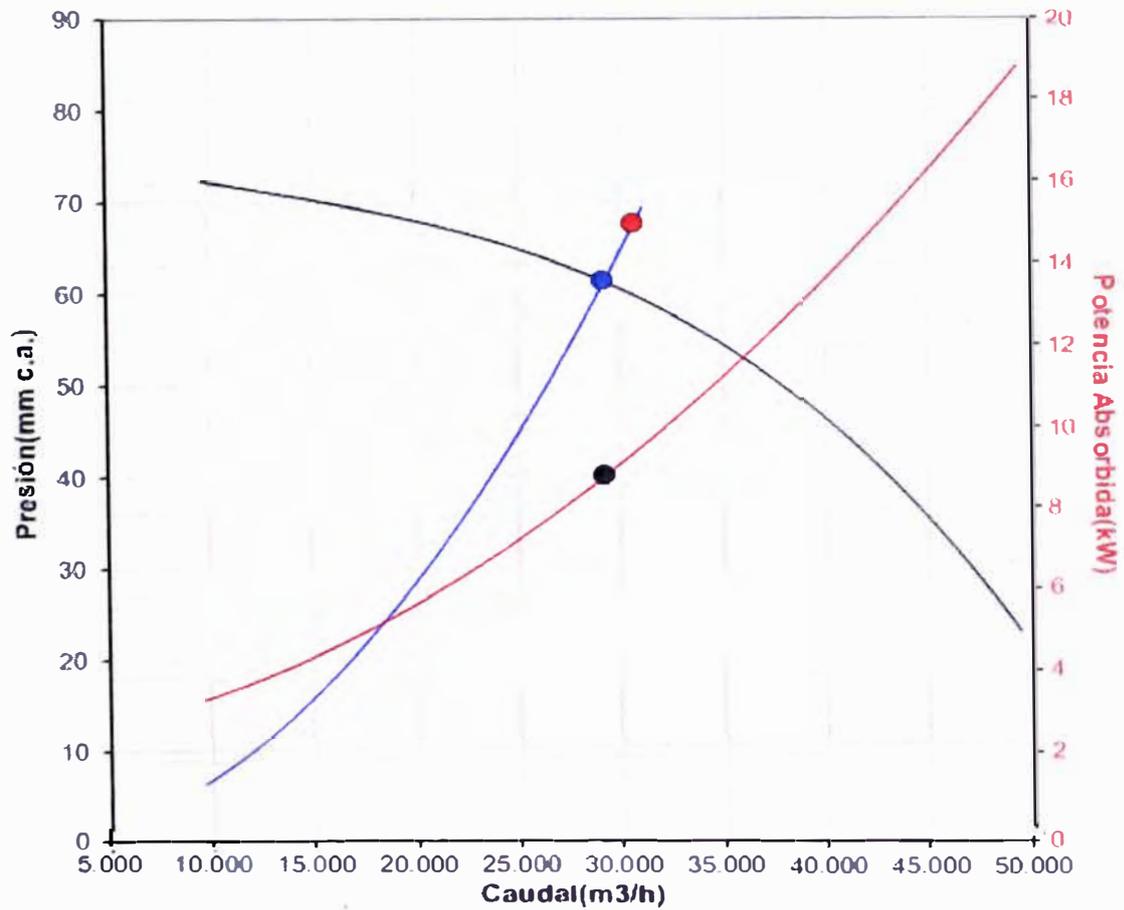
<b>Punto de Trabajo</b>						
Caudal m <sup>3</sup> /h	Pr. Est mm c.a.	Pr. Din mm c.a.	Pr. Tot mm c.a.	Pot útil kW	Vel imp m/s	Vel vent r.p.m.
29.222	61,4	8,9	70,3	8,89	12,6	700

<b>Construcción</b>		
Tipo	Tamaño	Peso kg
CVHT	25/25	330

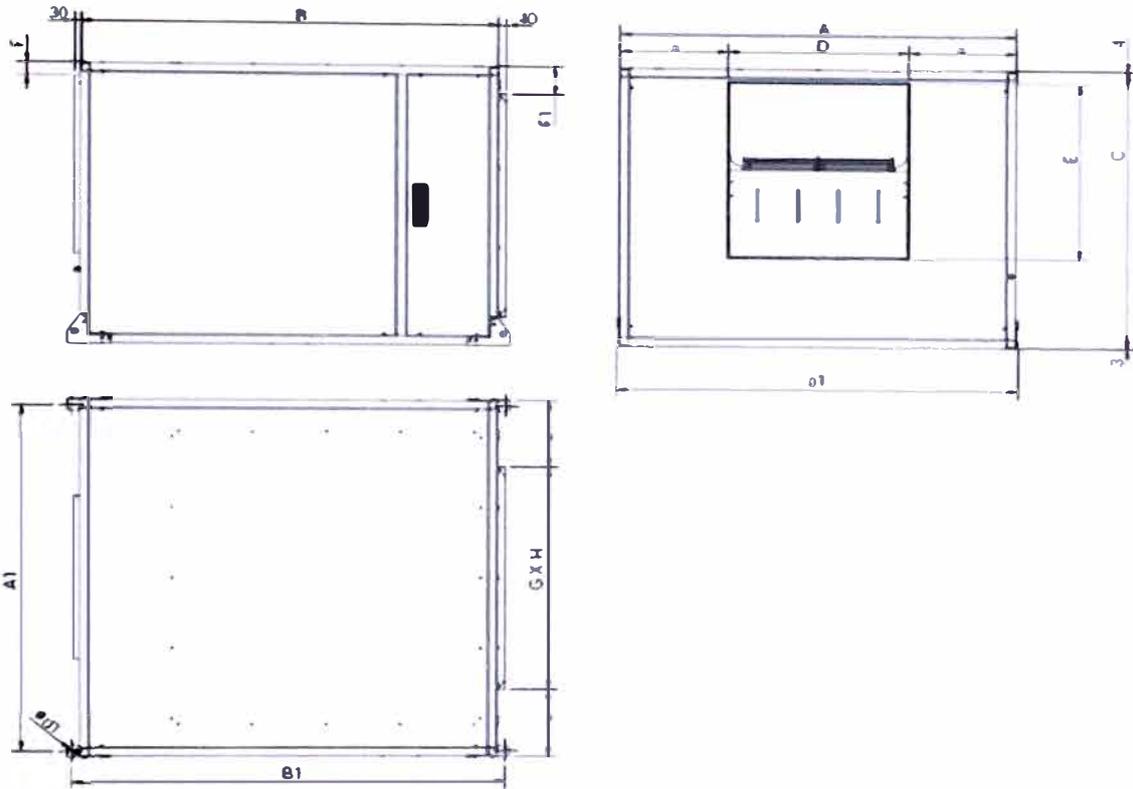
<b>Características del Motor</b>						
Vel Mot r.p.m.	Pot mot kW	Polos	Int nom A (230V)	Int nom A (400V)	IP	Certificación
1.455	11	4		22,1	IP-55	ST

### Curva característica

Aire Seco normal a 35 °C y 500 m a nivel del mar. Ensayos realizados de acuerdo a Normas: ISO 5801 y AMCA 210-99.



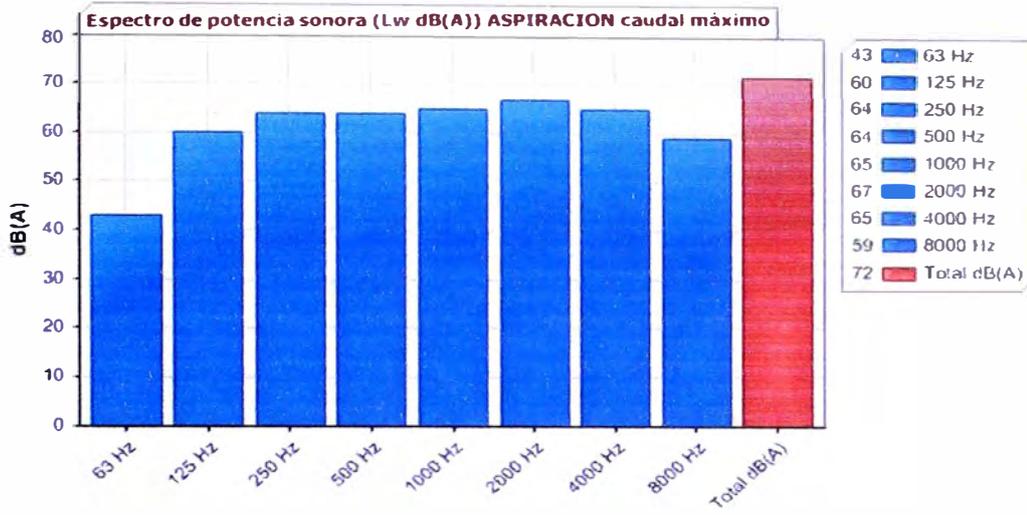
## Planos y dimensiones



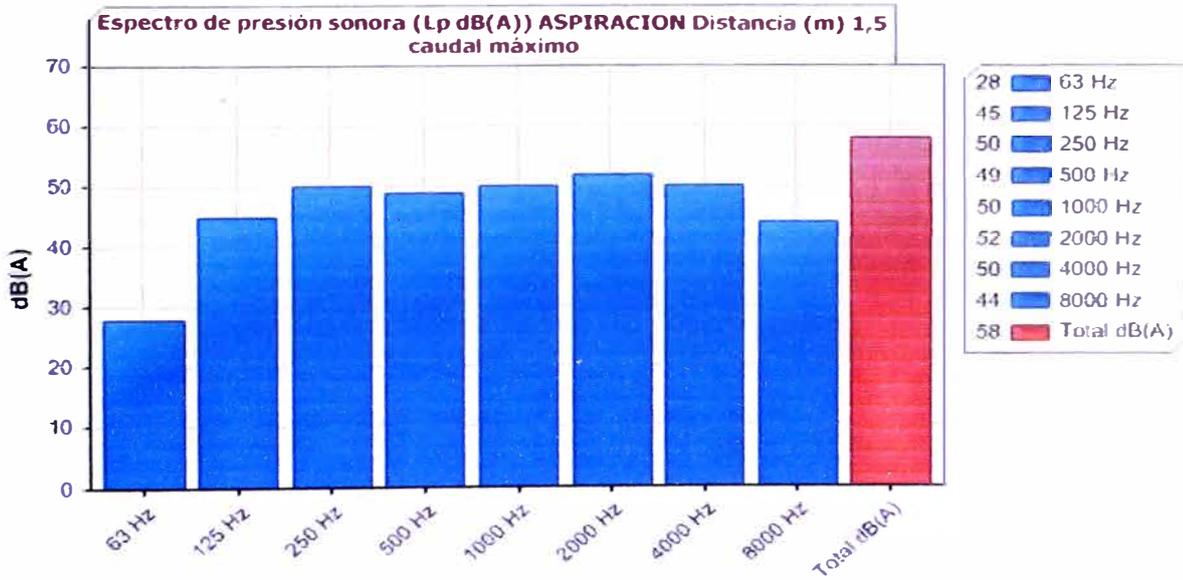
A	1697	B1	1879,5	F	65,5
A1	1639	C	1278	F1	139
a1	1720	D	801	GxH	1000x1000
B	1800	E	805	ød1	15

## Espectro de potencia sonora en la aspiración

Espectro de potencia sonora (Lw dB(A)) ASPIRACION									
r.p.m.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total dB(A)
700	82	80	84	83	84	83	74	66	91



<b>Espectro de presión sonora (Lp dB(A)) ASPIRACION Distancia (m) 1,5</b>									
r.p.m.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total dB(A)
700	67	65	69	68	70	69	59	51	76



## Accesorios

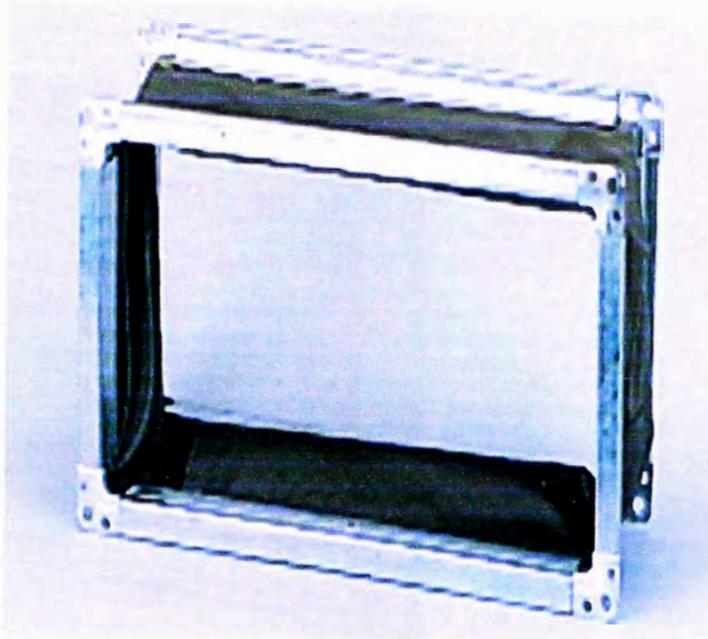
### Caja de ventilación



**Código: SPTR000115 - CVHT-25/25 700 r.p.m. - 11 kW - 50Hz - 4p**

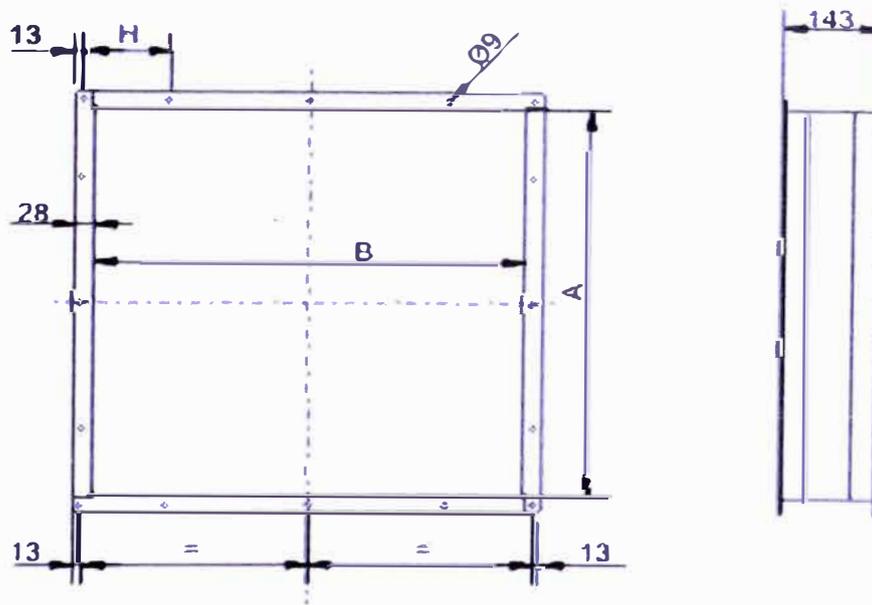
Caja de ventilación para trasegar aire a 400°C/2h con rodete de álabes hacia delante. Marca S&P modelo CVHT-25/25 700 r.p.m. - 11 kW - 50Hz - 4p para un caudal [Q=29.222 m<sup>3</sup>/h] y presión estática [Pst=61,4 mm c.a.].

## Acoplamiento elástico rectangular en la impulsión



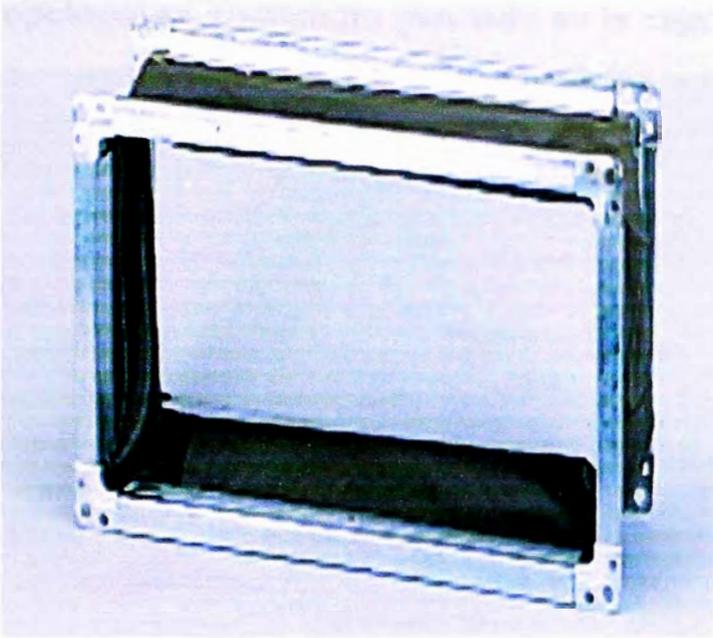
Código. 5402033800 - ACOP RECT F400 25/25 IMP

### Plano y dimensiones



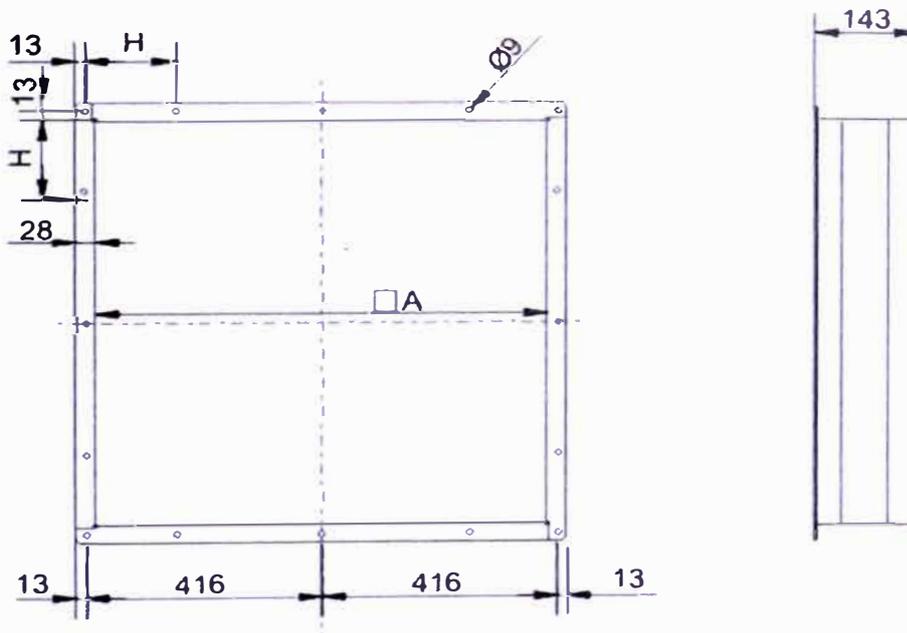
A	802	H	175
B	806	No	16

## Acoplamiento elástico rectangular en la aspiración



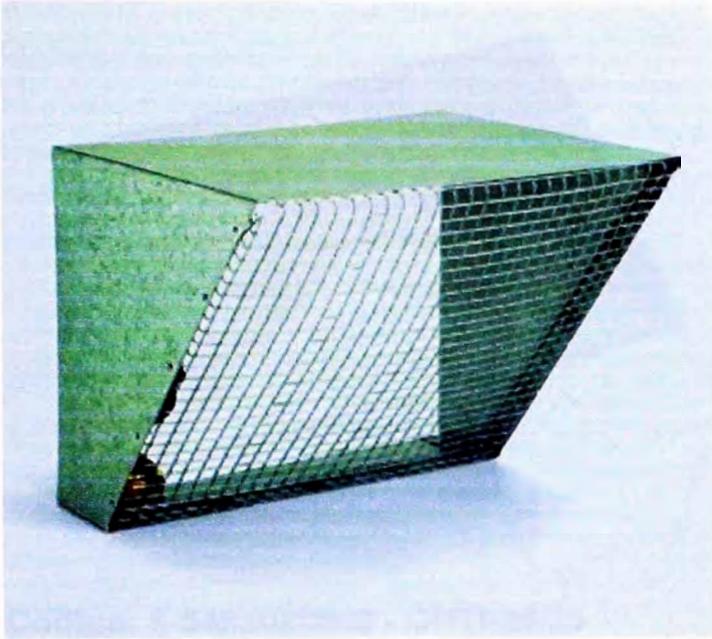
Código: 5402034700 - ACOP RECT F400 25/25 ASP

### Plano y dimensiones



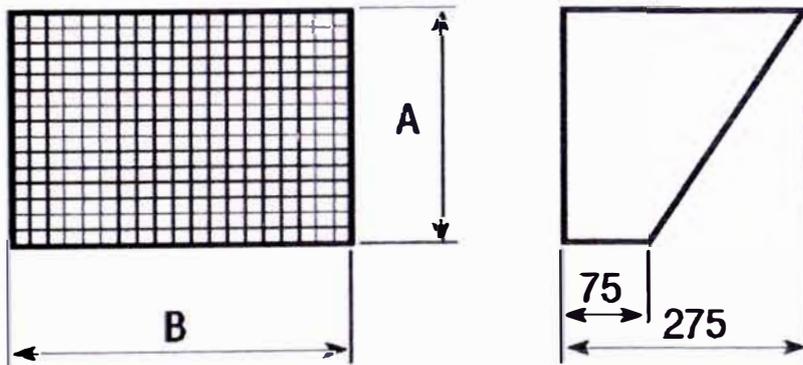
A	1002	No	16
H	208		

**Visera con malla para montar a la descarga de las cajas. Este accesorio opcional se suministra montado en la caja.**



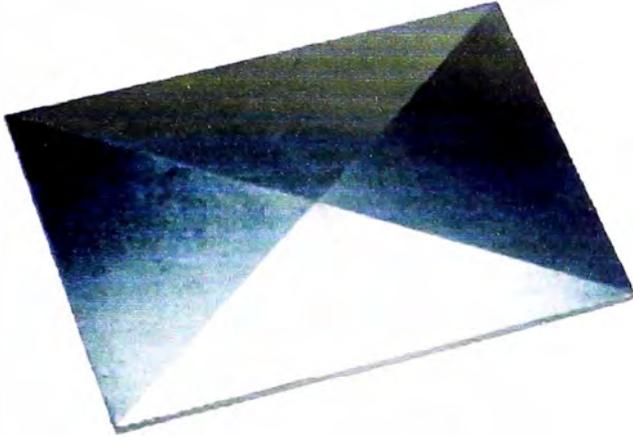
**Código: 5137939400 - CVD-25**

**Plano y dimensiones**



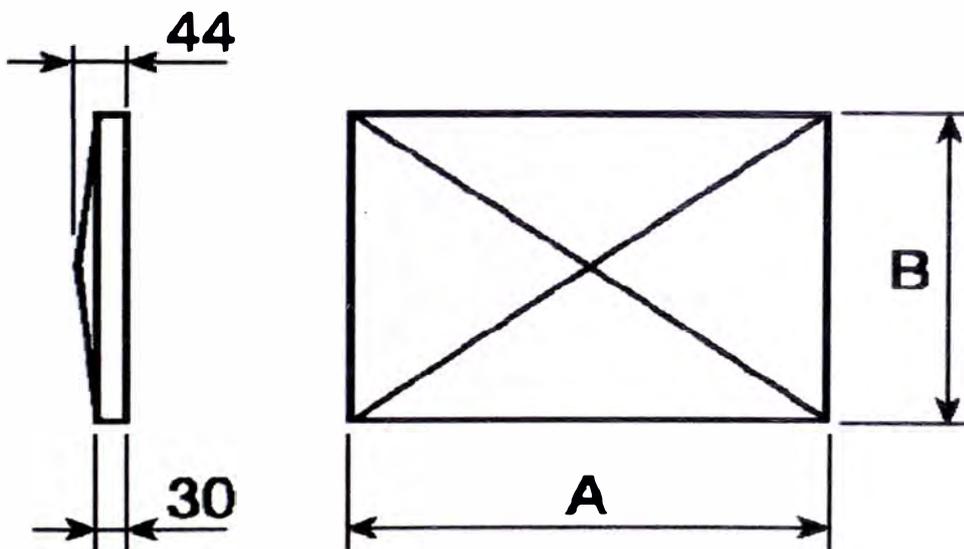
A	799	B	803
---	-----	---	-----

Tejadillo de protección para instalaciones en exterior.



Código: 5-5402023500 - CHTI-25/25

Plano y dimensiones



A	1804,5	B	1701,5
---	--------	---	--------

## CAPITULO IV

### IMPACTO AMBIENTAL

La calidad del aire para las personas que laboran en una nave industrial debe reunir condiciones de higiene y confort.

En la tabla 4.1 se presentan una lista de componentes indicando su peso molecular, peso específico, los límites de explosividad y su máxima concentración permitida. Parte de ellos forman parte del thinner acrílico usado como solvente en el proceso de pintado, como el xileno, metilpropilcetona, acetato de n-butilo, ciclohexano, n-butano, acetona.

**Tabla 4.1:** Límites de explosividad y máxima concentración de algunas materias.

Materias	Peso Molecular Pm	Peso específico Kg/dm <sup>3</sup>	Límites de explosividad Porcentaje en volumen		Máxima concentración	
			Inferior	Superior	p.p.m	mg/m <sup>3</sup>
Acetaldehído	44,05	0,821	3,97	57,00	100	180
Acetato de etilo	88,10	0,901	2,18	11,40	400	1400
Acetato de n-butilo	116,16	0,882	1,39	7,55	150	713
Acetona	58,08	0,792	2,55	12,80	1000	2400
Amoniaco	17,03	0,597	15,50	27,00	25	18
Benceno	78,11	0,879	1,4	7,10	10	30
Butano	58,12	2,085	1,86	8,41	800	1900
Cloroformo	119,39	1,478	No inflamable		10	50
Cloruro de etilo	64,52	0,921	3,6	14,80	1000	2640
Estireno	104,14	0,903	1,10	6,10	50	213
Éter etílico	74,12	0,713	-	-	400	1200
Metanol	34,04	0,792	6,72	36,50	200	260
Metilpropilcetona	86,13	0,816	1,55	8,15	-	-
Tolueno	93,12	0,866	1,27	6,75	100	375
Tricloroetileno	131,40	1,466	No inflamable		100	535
Xileno	106,16	0,881	1,00	6,00	100	435

El diseño desarrollado en el presente informe ha considerado los valores permitidos en la tabla 4.1 y propone sustituir el volumen del aire interior en la nave industrial; en el caso de ventilación general de 15 veces por hora el volumen calculado para este fin, y de 60 veces por hora en las cabinas de pintura.

Cabe mencionar que el aire tomado del medio ambiente será depurado mediante filtros para ambos casos y el aire rechazado al ambiente en el caso de ventilación general será sin tratamiento y en el caso de las cabinas de pintura se propone un sistema de recuperación de solvente antes de rechazarlo al medio ambiente.

El sistema de ventilación propuesto es de tipo presurizado, lo que crea un mejor ambiente de trabajo y confort, pero además, se recomienda efectuar una limpieza y desinfección en forma regular de las instalaciones porque de no hacerlo existe el peligro de difusión de contaminantes y microorganismos en toda la nave industrial, desarrollándose enfermedades alérgicas, pulmonares, irritaciones, escozores de ojos y jaquecas.

Pero aparte de los problemas que para la salud que puede acarrear un sistema de ventilación con mala conservación y limpieza precaria, existen múltiples causas que contribuyen a contaminar el aire interior de la nave, no sólo el ser humano con la expulsión de anhídrido carbónico de la respiración y el desprendimiento del olor corporal es el causante del deterioro de la calidad del aire, sino también de la disposición de los desechos originados durante el proceso de producción como sobrantes de pinturas, barnices, esmaltes, disolventes, endurecedores, adhesivos, materiales de higiene personal y de limpieza, contaminan de forma importante el aire interior.

Por lo que se recomienda recurrir a las buenas prácticas ambientales para dar cumplimiento a tres objetivos fundamentales:

- a) La mejora del medio natural.
- b) El fomento de una actividad industrial más respetuosa con los ecosistemas.
- c) La aplicación del principio de responsabilidad compartida en la conservación de la naturaleza.

Se debe lograr que la conciencia ambiental esté cada vez más presente en los diferentes niveles productivos.

Por tanto, resulta imprescindible acercar el medio ambiente a las actividades económicas y las actividades económicas, al medio ambiente. Y ambas, al progreso social.

En el proceso de pintado de cilindros se emplean pinturas, barnices, esmaltes, disolventes, endurecedores y adhesivos entre otros productos químicos nocivos y se generan emisiones contaminantes por partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles.

Otros residuos peligrosos son los filtros impregnados por restos de pintura, los restos de disolventes de limpieza, recipientes con pintura papeles y plásticos impregnados de pintura procedentes del enmascarado.

En este informe se pretende sensibilizar sobre la afección que generamos al medio ambiente, desde nuestras profesiones más comunes, aportando soluciones

mediante el conocimiento de la actividad y la propuesta de prácticas ambientales correctas.

El personal que trabaja en la producción de cilindros, controla y gestiona los stocks de productos, maneja y pone en servicio el proceso de pintado, y controla la calidad y el acabado de cada cilindro pintado, utilizando como recursos:

a) *Instalaciones:*

Ventilación, tomas de agua, iluminación natural y artificial, y acometida eléctrica en baja tensión.

b) *Equipo y maquinarias*

Cabinas de pintura, hornos de secado, pistolas de pintar, maquinaria de limpieza de pistolas, herramientas de limpieza.

c) *Material de consumo*

Disolventes, endurecedores, adhesivos, pigmentos, esmaltes, barnices y lacas, lijas, cintas adhesivas, bayetas antipolvo, esponjas, guantes de goma y nylon, gorro de pulir, ropa y mascarilla de pintor, gafas protectoras, crema para la cara, productos de abrillantado, filtros para la pintura, filtros para el aire, productos para desnaturalizar la pintura, trapos y material de limpieza, material absorbente de derrames, etc.

d) *Energía eléctrica y gas natural*

e) *Agua*

Generando deshechos de tipo:

- a) Asimilables a residuos urbanos: Restos de comidas, papel y cartón, residuos de embalajes, envases de productos no peligrosos, botellas de vidrio, latas.
- b) Residuos industriales inertes: trapos y telas no contaminadas.
- c) Residuos peligrosos: Restos de pintura, colorantes y pigmentos, catalizadores, disolventes, antioxidantes, mallas de filtro impregnadas de pintura, lodos de cabinas de pintura, trapos, papeles y plásticos de enmascarado impregnados de pintura, ropas y otros materiales impregnados con pinturas, productos peligrosos caducados, envases y recipientes con restos de pintura u otros productos peligrosos, aguas de lavado de las cabinas de pintado y de la limpieza de equipos, fangos de disolventes usados, residuos de limpieza de herramientas y equipos.

Generando problemas ambientales debido a:

- a) Preparar más pintura de la necesaria.
- b) La emisión de compuestos orgánicos volátiles de los disolventes.
- c) La pulverización de pintura.
- d) Adquirir productos con un embalaje excesivo.
- e) No reutilizar los disolventes usados.
- f) No cambiar los filtros con la frecuencia necesaria para que cumplan su función.
- g) No separar los distintos residuos según sus requisitos de gestión.

Por lo que se propone a llevar un plan de buenas prácticas en la utilización de los recursos en:

**Aprovisionamiento**

## a) Maquinaria, equipos y utensilios:

Adquirir equipos y maquinaria que tengan los efectos menos negativos para el medio y la salud de las personas (con recuperación de disolventes, con bajo consumo de productos, energía y agua, baja emisión de vapores, ruido y partículas, etc.).

b) Sustituir las pistolas convencionales de alta presión por las pistolas HVLP (de pulverización a alto volumen y baja presión) reduce el consumo de pintura y la producción de residuos.

**Materiales**

a) Solicitar a los proveedores que envasen los productos en recipientes fabricados con materiales reciclados, biodegradables y que puedan ser retornables o al menos reutilizables.

b) Comprar evitando el exceso de envoltorios y en envases de un tamaño que permita reducir la producción de residuos de envases.

**Productos químicos**

a) Conocer los símbolos de peligrosidad y toxicidad.

b) Comprobar que los productos están correctamente etiquetados, con instrucciones claras de manejo.

c) Elegir los productos entre los menos agresivos con el medio (pinturas de bajo contenido en disolvente y metales pesados como cromo, plomo, cadmio, etc., pinturas al agua; disolventes y endurecedores menos tóxicos, detergentes biodegradables, sin fosfatos ni cloro; limpiadores no corrosivos; etc.).

## **Almacenamiento**

- a) Cuidar las condiciones de ventilación y temperatura en el almacén.
- b) Garantizar que los elementos almacenados puedan ser identificados correctamente.
- c) Cerrar y etiquetar adecuadamente los recipientes de productos peligrosos para evitar evaporaciones, derrames y riesgos.
- d) Minimizar el tiempo de almacenamiento gestionando los “stocks” de manera que se evite la producción de residuos.
- e) Observar estrictamente los requisitos de almacenamiento de cada materia o producto.
- f) Aislar los productos peligrosos del resto.
- g) Mantener las distancias reglamentarias entre productos incompatibles.
- h) Evitar la caducidad de productos para evitar residuos.

## **Uso y consumo**

Reducir el consumo de pintura:

- a) Evitando el pulverizado sobrante.
- b) Preparando sólo las cantidades necesarias (calcular previamente con exactitud la superficie a pintar).
- c) Cuidando la preparación de las mezclas para evitar errores y con ello residuos

Reducir el consumo de disolventes:

- a) Utilizando productos de bajo contenido en disolventes.
- b) Priorizando, en lo posible, pinturas en base acuosa.

- c) Vaciando los recipientes que contienen pintura antes de proceder a su lavado.
- d) Lavando las pistolas en máquinas lavadoras que permitan la recuperación de disolvente.
- e) Reciclando los disolventes por medio de destiladores o a través de empresas que proporcionan ese servicio.

Otros materiales y equipos:

- a) Conocer detalladamente las características y utilizarlos de la forma más adecuada.
- b) Buscar la idoneidad también desde el punto de vista ambiental y, en su caso, valorar la posibilidad de sustitución.
- c) Emplear la maquinaria y las herramientas más adecuadas para cada trabajo disminuirá la producción de residuos.
- d) Tener en funcionamiento la maquinaria el tiempo imprescindible reducirá la emisión de ruido y contaminantes atmosféricos.
- e) Reutilizar, en lo posible, materiales y componentes, y también los envases.
- f) Separar los residuos y acondicionar un contenedor para depositar cada tipo de residuo en función de las posibilidades y requisitos de gestión.

Productos químicos:

- a) Emplear los productos químicos más inocuos y cuidar la aplicación y dosificación recomendada por el fabricante para reducir la peligrosidad y el volumen de residuos.
- b) Usar los productos cuidando de vaciar completamente los recipientes, botes y contenedores.

- c) Reutilizar los disolventes y las sustancias empleadas en la limpieza de equipos e instalaciones.
- d) Mantener tapados los recipientes con disolventes utilizados en la limpieza de pistolas y utensilios.

**Agua:**

- a) Controlar el agua de limpieza y reutilizar la si fuera posible.

**Energía:**

- a) Promover, en lo posible, soluciones que propicien la reducción del consumo energético.
- b) Optar por sistemas de alta eficiencia energética.

**Mantenimiento:**

- a) Renovar los filtros con la periodicidad necesaria para garantizar los sistemas de ventilación y extracción.
- b) Realizar revisiones regulares de los equipos y maquinaria para optimizar el consumo de productos, agua y energía.
- c) Realizar un mantenimiento que evite las fugas, derrames y pérdidas de materias y energía, así se disminuirá la producción de residuos.
- d) Controlar la acometida de agua para detectar fugas y evitar sobreconsumos de agua por averías y escapes.
- e) En el mantenimiento de instalaciones sustituir, en su caso, los materiales peligrosos para la salud y ambientalmente nocivos como amianto, plomo, PVC, etc.

**Buenas prácticas en el manejo de los residuos**

Se contribuye a una gestión ambientalmente correcta de los residuos:

- a) Adquiriendo productos que contengan materiales reciclados (ej. gafas protectoras de materiales plásticos reciclados).
- b) Utilizando elementos (ej. Cables sin PVC) cuyos desechos posean una elevada aptitud para ser reciclados.
- c) Gestionando desechos como restos de disolventes o recipientes y envases a través de las "Bolsas de subproductos".
- d) Rechazando los materiales que se transforman en residuos tóxicos o peligrosos al final de su uso como los elementos organoclorados (PVC, CFC).

Con un manejo de los residuos que evite daños ambientales y a la salud de las personas, y para ello:

- a) Informándose de las características de los residuos y de los requisitos para su correcta gestión.
- b) Cumpliendo la normativa lo que supone:

Separar correctamente los residuos.

Presentar por separado o en recipientes especiales los residuos susceptibles de distintos aprovechamientos o que sean objeto de recogidas específicas.

Depositar los residuos en los contenedores determinados para ello.

Seguir las pautas establecidas en el caso de residuos objeto de servicios de recogida especial.

**Residuos asimilables a urbanos**

Estos residuos son objeto de recogida domiciliaria para lo que se depositarán en los contenedores o se observarán las normas que en cada caso determine la comunidad de conformidad con la normativa legal vigente.

**Residuos industriales inertes**

En el interior de las instalaciones se han debido separar y depositar cada tipo de residuo en contenedores en función de las posibilidades de recuperación y requisitos de gestión.

En el traslado al exterior se puede, para este tipo de residuos, solicitar la recogida y transporte o la autorización para el depósito en el centro de tratamiento correspondiente o entregarlos a gestores autorizados.

### Residuos peligrosos

En las instalaciones de la actividad se debe:

- a) Separar correctamente los residuos.
- b) Identificar los contenedores con una etiqueta que por legislación debe incorporar:
  - Código de residuo.
  - Símbolo correspondiente según sea un producto nocivo, tóxico, inflamable, etc.
  - Nombre, dirección y teléfono del titular de los residuos.
  - Fecha de envasado (cuando se tiene el contenedor completo).
- c) Almacenar los residuos en contenedores adecuados, de un material que no sea afectado por el residuo y resistentes a la manipulación. El plazo máximo de almacenamiento es de seis meses (salvo autorizaciones, por escrito, del Departamento de Medio Ambiente).
- d) Colocar los contenedores de residuos peligrosos:

En una zona bien ventilada y a cubierto del sol y la lluvia, de forma que las consecuencias de algún accidente que pudiera ocurrir fueran las mínimas.

Separados de focos de calor o llamas, de manera que no estén juntos

productos que puedan reaccionar entre sí.

e) Dar de alta los residuos en un registro con los siguientes datos:

- Origen de los residuos.
- Cantidad, tipo de residuo y código de identificación.
- Fecha de cesión de los residuos (la de entrega a un gestor)
- Fecha de inicio y final del almacenamiento.

f) En el traslado al exterior:

Tanto los residuos peligrosos como los envases que los han contenido y no han sido reutilizados y los materiales (trapos, papeles, ropas) contaminados con estos productos deben ser entregados para ser gestionados por gestores autorizados.

Vertidos líquidos

**Cumplir la normativa**, Limitaciones al vertido de aguas residuales a colectores) y para ello:

- a) Poseer la autorización de vertido, del ministerio del Ambiente y de la municipalidad.
- b) Para los vertidos que por sus características (por debajo de las concentraciones máximas de contaminantes) no causan efectos perjudiciales en colectores y estaciones depuradoras, ni riesgos para el personal de mantenimiento de la red, ni alteran los procesos de depuración biológica de las aguas residuales, conviene solicitar a la entidad titular del colector la autorización de vertido a las redes de saneamiento públicas.
- c) En el caso de que los vertidos generados sobrepasen los límites establecidos de contaminantes, se deben efectuar en las instalaciones de la actividad los pretratamientos necesarios para garantizar las limitaciones establecidas.

d) Se deben instalar los dispositivos necesarios para toma de muestras y para medir el caudal de vertido.

e) Está prohibido verter a la red de colectores públicos:

Materias que impidan el correcto funcionamiento o el mantenimiento de los colectores.

Sólidos, líquidos o gases combustibles, inflamables o explosivos y tampoco irritantes, corrosivos o tóxicos.

Reducir los vertidos:

a) En cantidad controlando el agua de limpiezas y reutilizándola si fuera posible.

Emisiones atmosféricas

Cumplir la normativa vigente y para ello:

a) Comunicarlas a la Administración competente como actividades potencialmente contaminantes.

b) Disponer de dos libros de registro oficiales suministrados por la Administración:

- Libro de emisiones.
- Libro de mantenimiento.

c) En el libro de emisiones se deben registrar los resultados de los controles que es necesario realizar.

d) En el libro de mantenimiento deben constar las operaciones de mantenimiento realizadas en las instalaciones.

Reducir las emisiones:

1) Partículas y humos: Reducir las emisiones empleando los equipos y los filtros adecuados para captarlas.

2) Ruido: Reducir estas emisiones empleando maquinaria y utensilios menos ruidosos y manteniendo desconectados los equipos cuando no se estén

utilizando.

- 3) COV: Reducir estas emisiones utilizando productos con bajo contenido en disolventes y realizando las operaciones que los producen en zonas con instalaciones con capacidad de captarlas

## CAPITULO V

### COSTOS

Con los datos de selección de equipos y con la ayuda del plano de distribución de la nave industrial se procede a hacer el metrado base.

<b>METRADO BASE</b>			
<b>Obra</b>	Sistema de Ventilación General y de Cabinas de Pintura de Cilindros y Tapas		
<b>Propietario</b>	REYEMSA		
<b>Lugar</b>	Lima Cercado	<b>Departamento</b>	Lima
<b>Item</b>	<b>Descripción partida</b>	<b>Unidad</b>	<b>Metrado</b>
<b>1.00</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
1.01	Movilización de equipos y herramientas	Global	1,00
1.02	Trazo y replanteo	m <sup>2</sup>	2100
1.03	Transporte de materiales	kg	3800
1.04	Trabajos de albañilería	Punto	9,00
<b>2.00</b>	<b>EQUIPOS</b>		
2.01	Cajas de ventilación centrífuga, según especificaciones técnicas	Unidad	9,00
2.02	Instalación de accesorios y caja de ventilación	Unidad	9,00
<b>3.00</b>	<b>SISTEMA DE DUCTOS</b>		
3.01	Ducto de acero estructural de 3/16" de espesor y de 1000 mm de diámetro	ml	20
3.02	Ducto de acero estructural de 3/16" de espesor y de 900 mm de diámetro	ml	20
3.03	Construcción de Plenum	m <sup>2</sup>	2100
3.04	Rejillas para impulsión de aire	m <sup>2</sup>	61,8
3.05	Rejillas para expulsión de aire	m <sup>2</sup>	18,6
3.06	Codo 90° de 1000 mm de diámetro	Unidad	1,00
3.07	Codo 90° de 900 mm de diámetro	Unidad	1,00
3.08	Ducto de entrada de aire al ventilador de ventilación general, según diseño.	Unidad	1,00
3.09	Ducto de entrada de aire al ventilador de cabina de pintura de cilindros, según diseño.	Unidad	2,00

3.10	Ducto de entrada de aire al ventilador de cabina de pintura de tapas, según diseño.	Unidad	1,00
3.11	Campana de toma de aire para expulsión, cabina de pintura de cilindros.	Unidad	1,00
3.12	Campa de toma de aire para expulsión, cabina de pintura de tapas	Unidad	1,00
<b>4.00</b>	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
4.01	Conductor 3-1x10 mm <sup>2</sup> THW + 1x 6mm <sup>2</sup> (T)	ml	70,00
4.02	Salida de control	Unidad	9,00
4.03	Salida de fuerza para UE-01...9	Unidad	9,00
4.04	Salida de fuerza para UC-01...9	Unidad	9,00
4.05	Cajas de pase Pl.Galv. 4"x4"x2"	Unidad	9,00
4.06	Tableros	Unidad	3,00
4.07	Pozos de tierra	Unidad	2,00
<b>5.00</b>	<b>PRUEBAS</b>		
5.01	Pruebas de funcionamiento de equipos de ventilación	Equipo	9,00
5.02	Pruebas de balance de distribución de aire en las cabinas	Cabinas	3,00
5.03	Pruebas de Presurización en las cabinas	Cabinas	3,00

Con el metrado base y los precios averiguados en el mercado local se establece el presupuesto base que tendrá el sistema de ventilación general y las cabinas de pintura de cilindros y tapas.

<b>PRESUPUESTO BASE</b>						
<b>Obra</b>	Sistema de Ventilación General y de Cabinas de Pintura de Cilindros y Tapas					
<b>Propietario</b>	REYEMSA					
<b>Lugar</b>	Lima – Cercado // Departamento				Lima	
<b>Ítem</b>	<b>Descripción partida</b>	<b>Unidad</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>SUB TOTAL</b>
<b>1.00</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
1.01	Movilización de equipos y herramientas	Global	1,00	1200,00	1200,00	
1.02	Trazo y replanteo	m <sup>2</sup>	2100	0,70	1470,00	
1.03	Transporte de materiales	kg	4800	0,08	384,00	
1.04	Trabajos de albañilería	Punto	9,00	40,00	36,00	<b>3090,00</b>
<b>2.00</b>	<b>EQUIPOS</b>					
2.01	Cajas de ventilación centrífuga, según especificaciones técnicas	Unidad	9,00	6720,00	60480,00	
2.02	Instalación de accesorios y caja de ventilación	Unidad	9,00	1107,00	9963,00	<b>70443,00</b>
<b>3.00</b>	<b>SISTEMA DE DUCTOS</b>					
3.01	Ducto de acero estructural de 3/16" de espesor y de 1000 mm de diámetro	ml	20	325,00	6500,00	
3.02	Ducto de acero estructural de 3/16" de espesor y de 900 mm de diámetro	ml	20	315,00	6300,00	
3.03	Construcción de Plenum	m <sup>2</sup>	2100	9,50	19950,00	
3.04	Rejillas para impulsión de aire	m <sup>2</sup>	61,8	77,00	4758,60	
3.05	Rejillas para expulsión de aire	m <sup>2</sup>	18,6	77,00	1432,20	
3.06	Codo 90° de 1000 mm de diámetro	Unidad	1,00	320,00	320,00	
3.07	Codo 90° de 900 mm de diámetro	Unidad	1,00	320,00	320,00	
3.08	Ducto de entrada de aire al ventilador de ventilación general, según diseño.	Unidad	1,00	325,00	325,00	
3.09	Ducto de entrada de aire al ventilador de cabina de pintura de cilindros, según diseño.	Unidad	1,00	315,00	315,00	
3.10	Ducto de entrada de aire al ventilador de cabina de pintura de tapas, según diseño.	Unidad	1,00	315,00	315,00	
3.11	Campana de toma de aire para expulsión, cabina de pintura de cilindros.	Unidad	1,00	425,00	425,00	
3.12	Campa de toma de aire para expulsión, cabina de pintura de tapas	Unidad	1,00	425,00	425,00	<b>41385,80</b>

<b>4.00 INSTALACIONES ELECTRICAS</b>						
4.01	Conductor 3-1x10 mm <sup>2</sup> THW + 1x 6mm <sup>2</sup> (T)	ml	70,00	32,42	2269,40	
4.02	Salida de control	Unidad	9,00	40,54	364,86	
4.03	Salida de fuerza para UE-01...9	Unidad	9,00	110,38	993,42	
4.04	Salida de fuerza para UC-01...9	Unidad	9,00	125,35	1128,15	
4.05	Cajas de pase Pl.Galv. 4"x4"x2"	Unidad	9,00	30,00	270,00	
4.06	Tableros	Unidad	3,00	3797,00	11391,00	
4.07	Pozos de tierra	Unidad	2,00	800,00	1600,00	<b>18016,83</b>
<b>5.00 PRUEBAS</b>						
5.01	Pruebas de funcionamiento de equipos de ventilación	Equipo	9,00	60,00	540,00	
5.02	Pruebas de balance de distribución de aire en las cabinas	Cabinas	3,00	60,00	180,00	
5.03	Pruebas de Presurización en las cabinas	Cabinas	3,00	60,00	180,00	<b>900.00</b>
<b>Costo Directo Total</b>						<b>133835,63</b>
<b>Gastos Generales Administración y Dirección de obra 13%</b>						17398,69
<b>Utilidad 9%</b>						12045,21
<b>Subtotal</b>						<b>163279,53</b>
<b>I.G.V. 19%</b>						31023,11
<b>TOTAL DE PRESUPUESTO</b>						<b>194302,64</b>

Este costo permitirá a la empresa gestionar su certificación ambiental y avanzar en el área de desarrollo sostenible (ambiental, económico y social).

En el aspecto ambiental con el uso de la energía, reducción al mínimo las emisiones contaminantes a la atmósfera y al agua, y tener un manejo adecuado de los residuos sólidos y residuos peligrosos.

En el aspecto económico utilizando las buenas prácticas de manufactura darán un valor agregado al producto y el manejo de este costo debe ser considerado en los costos de operación de la planta.

En el aspecto social, protegiendo la salud de los trabajadores, evitando que éstos

se encuentren expuestos a materiales peligrosos en el trabajo, lo que ocasiona costos a la industria y gobierno, debido a la disminución de la productividad por el ausentismo del personal y por los servicios médicos.

## CONCLUSIONES

- 1) El sistema de ventilación propuesto es de tipo presurizado, lo que crea un mejor ambiente de trabajo y confort cumpliendo con la norma de calidad de aire ambiental para las personas que laboran en la fábrica (UNE-100011) y además un sistema de ventilación localizada que permite extraer el thinner del proceso de pintado en la planta de fabricación de cilindros metálicos.
- 2) La ventilación por captación localizada es prioritaria en este caso porque se emiten productos tóxicos de gran cantidad en el proceso de pintado.
- 3) En un proceso de pintado obliga a tener sistemas de ventilación localizada y general en las cámaras y debe ser del tipo presurizado.
- 4) La ventilación, en la que se controla la temperatura, la humedad y la velocidad del aire, les resuelve a las personas funciones vitales como el suministro de oxígeno para su respiración y a la vez les controla el calor que producen y les proporciona condiciones de confort.
- 5) En cuanto al número de renovaciones/hora del volumen del ambiente considerado no existen estándares obligatorios pero sí criterios comúnmente aceptados, basados en criterios de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- 6) Se ha propuesto que en las zonas donde se realice el proceso de pintado se construyan cabinas para aislarlos de la nave principal y poder realizar en ellos una ventilación localizada, lo que se traducirá en menores costes de inversión y funcionamiento.

- 7) El aire a trasegar es de gran volumen, luego para evitar el exceso de ruido, se usara varias cajas de ventilación en paralelo.
- 8) El aire tomado del medio ambiente será depurado mediante filtros y el aire rechazado al ambiente en el caso de ventilación general será sin tratamiento y en el caso de las cabinas de pintura se propone un sistema de recuperación de solvente antes de rechazarlo al medio ambiente.

## RECOMENDACIONES

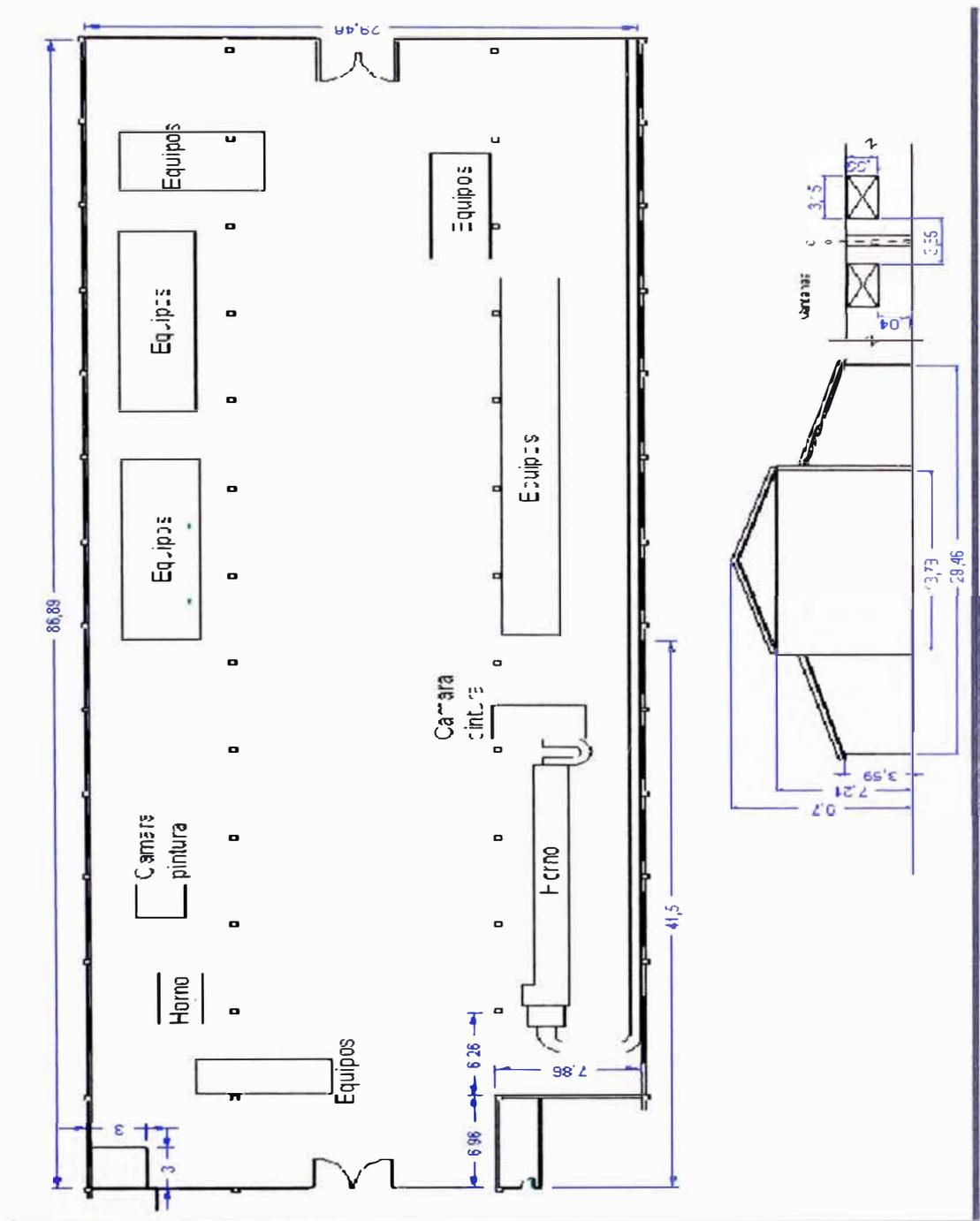
- 1) El sistema de ventilación propuesto es de tipo presurizado, lo que crea un mejor ambiente de trabajo y confort, pero además, se recomienda efectuar una limpieza y desinfección en forma regular de las instalaciones porque de no hacerlo existe el peligro de difusión de contaminantes y microorganismos en toda la nave industrial, desarrollándose enfermedades alérgicas, pulmonares, irritaciones, escozores de ojos y jaquecas.
- 2) En el proceso de pintado de cilindros se emplean pinturas, barnices, esmaltes, disolventes, endurecedores y adhesivos entre otros productos químicos nocivos y se generan emisiones contaminantes por partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles.
- 3) Otros residuos peligrosos son los filtros impregnados por restos de pintura, los restos de disolventes de limpieza, recipientes con pintura papeles y plásticos impregnados de pintura procedentes del enmascarado.
- 4) Se recomienda adquirir equipos y maquinaria que tengan los efectos menos negativos para el medio y la salud de las personas.
- 5) Solicitar a los proveedores que envasen los productos en recipientes fabricados con materiales reciclados, biodegradables y que puedan ser retornables o al menos reutilizables.
- 6) Se recomienda conocer detalladamente las características de los equipos, pinturas y solvente para poder utilizarlos de la forma más adecuada.

- 7) Se debe renovar los filtros con la periodicidad necesaria para garantizar los sistemas de ventilación y extracción.
- 8) Realizar un mantenimiento que evite las fugas, derrames y pérdidas de materias y energía, así se disminuirá la producción de residuos.
- 9) Informarse de las características de los residuos y de los requisitos para su correcta gestión.
- 10) Se recomienda de un libro de emisiones y otro de mantenimiento.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) **VENTILACION INDUSTRIAL**  
Generalitat Valenciana. Conselleria de Treball i Afers Socials. Direcció General de Treball. Paseo de la Alameda, 16. 46010 Valencia. ESPAÑA.
- 2) **INDUSTRIAL VENTILATION - A Manual of Recommended Practice.**  
Committee on Industrial Ventilation. P. O. Box 16153. Lansing. Michigan 48901 USA.  
American Conference of Governmental Industrial Hygienist. 6500 Glenway Avenue, Bldg. D - 7. Cincinnati, Ohio 45211 USA.
- 3) **FUNDAMENTOS DE VENTILACION INDUSTRIAL**  
V. V. BATURIN. Editorial LABOR S.A. Calabria, 235 - 239. Barcelona - 15. ESPAÑA.
- 4) **VENTILACION INDUSTRIAL - Descripción y diseño de los sistemas de ventilación industrial.**  
Rubens E. POCOVÍ – Universidad Nacional de SALTA. Ediciones MAGNA PUBLICACIONES. Catamarca 285. San Miguel de Tucumán. República Argentina
- 5) **VENTILACIÓN INDUSTRIAL**  
Carlos Alberto Echeverri Londoño  
Editorial Universidad de Medellín (Medellín, Colombia)  
Año de edición: 2011
- 6) **VENTILACION INDUSTRIAL CALCULO Y APLICACIONES**  
Carnicer Royo, E.  
Paraninfo, ediciones. 1º Edición- 2004.
- 7) **MANUAL PRACTICO DE VENTILACION INDUSTRIAL ESTATICA O NATURAL**  
Maldonado Ruiz, Manuel  
Editorial Dossat SA. Madrid.  
1º Edición 1995.
- 8) **VENTILACIÓN**  
Soler&Palau  
Edición 2010

**PLANOS**



**Plano 1:** Vista de planta y de perfil de la nave industrial

**APENDICE A**

**AIRE**

	AIRE LIMPIO, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AIRE CONTAMINADO, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Medida anual en una gran ciudad
Oxido de Carbono CO	máx. 1000	8.000 a 225.000
Dioxido de Carbono CO <sub>2</sub>	máx. 65.10 <sup>4</sup>	65 a 125.10 <sup>4</sup>
Anhidrido Sulforoso SO <sub>2</sub>	máx. 25	50 a 5.000
Comp. de Nitrogeno	NOx	máx. 12 15 a 600
Metano CH <sub>4</sub>	máx. 660	650 a 13.000
Particulas	máx. 20	70 a 700

**Tabla a1:** Aire limpio y aire contaminado

COMPONENTES DEL AIRE SECO (1'2928 kg/m <sup>3</sup> , a 0 °C 760 mm)					
	Simbolo	En volumen %	En peso %	Contenido en el aire, g/m <sup>3</sup>	Peso específico kg/m <sup>3</sup>
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	78'08	75'518	976'30	1'2504
Oxigeno	O <sub>2</sub>	20'94	23'128	299'00	1'428
Argón	Ar	0'934	1'287	16'65	1'7828
Anh. Carbónico	CO <sub>2</sub>	0'0315	0'4.10 <sup>-8</sup>	0'62	1'964
Otros		0'145	0'0178	0'23	-
					-

**Tabla a2:** Componentes del aire seco

# **APENDICE B**

# **VENTILACION**

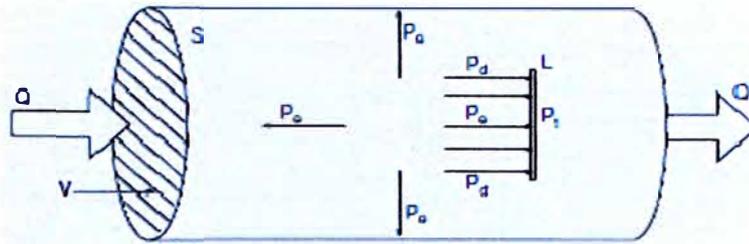


Figura b1: Presión estática, dinámica y total

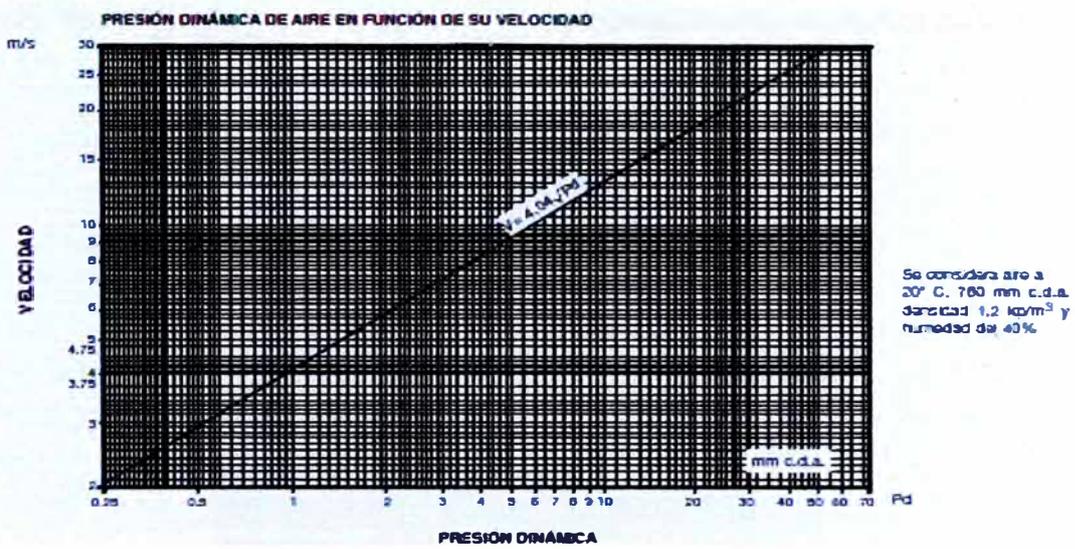


Figura b2: Presión dinámica de aire en función de su velocidad

CONVERSIÓN ENTRE DISTINTAS UNIDADES DE PRESIÓN							
	kp/m <sup>2</sup> mm c.d.a.	mm c.d.m.	kp/cm <sup>2</sup>	Presión atmosférica	bar	milibar	dinas/cm <sup>2</sup>
1 mm c.d.a.	1	0,07355	10 <sup>-4</sup>	10,337 · 10 <sup>-4</sup>	98 · 10 <sup>-6</sup>	98 · 10 <sup>-3</sup>	98,1
kp/m <sup>2</sup>							
1 mm c.d.m.	13,6	1	13,6 · 10 <sup>-4</sup>	13,15 · 10 <sup>-4</sup>	1,33 · 10 <sup>-3</sup>	1,334	1,334
1 kp/cm <sup>2</sup>	10.000	735,5	1	0,966	0,981	9,81 · 10 <sup>2</sup>	9,81 · 10 <sup>5</sup>
1 presión atm.	10.334	760	1,0334	1	1,013	1,013	1,01334 · 10 <sup>6</sup>
1 bar	10.200	750	1,02	0,985	1	1.000	10 <sup>6</sup>
1 milibar	10,2	0,75	1,02 · 10 <sup>-3</sup>	0,985 · 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	10 <sup>3</sup>

Tabla b1: Conversión entre distintas unidades de presión.

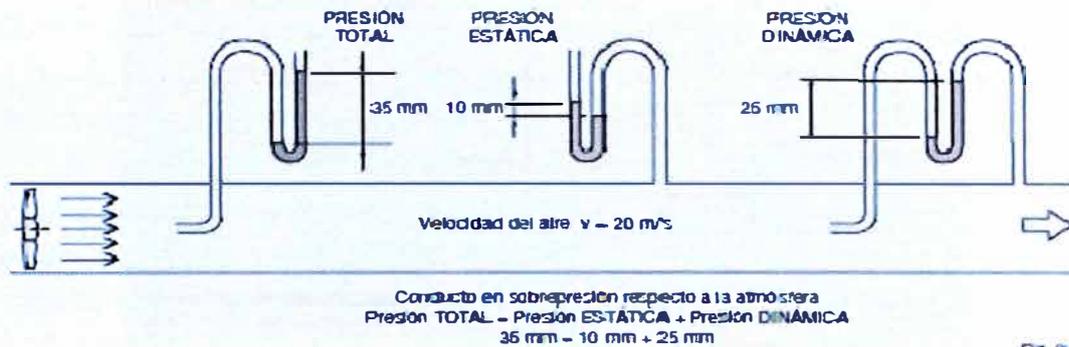


Figura b3: Método de medición de la presiones estática, dinámica y total.

Renovación del aire en locales habitados	Renovaciones/hora N
Catedrales	0.5
Iglesias modernas (techos bajos)	1 - 2
Escuelas, aulas	2 - 3
Oficinas de Bancos	3 - 4
Cantinas (de fabricas o militares)	4 - 6
Hospitales	5 - 6
Oficinas generales	5 - 6
Bar del hotel	5 - 8
Restaurantes lujosos (espequeados)	5 - 6
Laboratorios (con campanas localizadas)	6 - 8
Talleres de mecanizado	5 - 10
Tabernas (con cubas preseniles)	10 - 12
Fabricas en general	5 - 10
Salas de juntas	5 - 8
Aparcamientos	6 - 8
Salas de baile clásico	6 - 8
Discotecas	10 - 12
Restaurante medio (un tercio de fumadores)	8 - 10
Gastronomía	6 - 10
Ciubs privados (con fumadores)	8 - 10
Café	10 - 12
Cocinas domésticas (mejor instalar campana)	10 - 15
Teatros	10 - 12
Lavabos	13 - 15
Sala de juego (con fumadores)	15 - 18
Cines	10 - 15
Cafeterías y Comidas rápidas	15 - 18
Cocinas industriales (indispensable usar campana)	15 - 20
Lavanderías	20 - 30
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20 - 30
Tintorerías	20 - 30
Obradores de panaderías	25 - 35
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 - 60
Talleres de pintura (mejor instalar campana)	40 - 60

Tabla b2: Recomendaciones de renovaciones/hora en locales

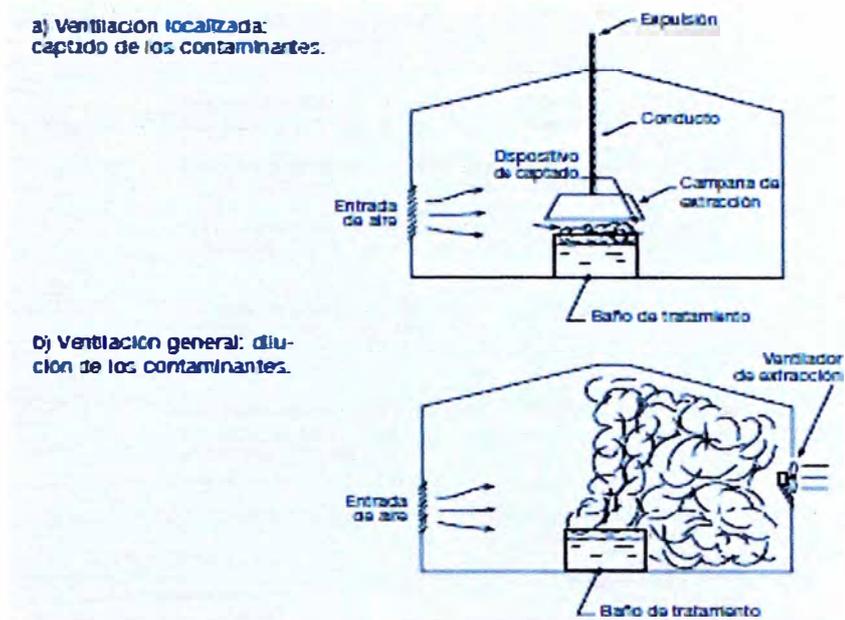
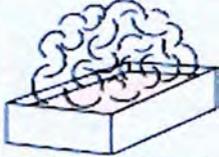
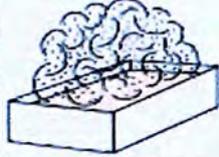


Figura b4: Ventilación localizada y general

Tipo de campana	Descripción	Caudal
	Campana simple	$Q = V(10x2+A)$
	Campana simple con pestaña	$Q = 0,75V(10x2+A)$
	Cabina	$Q = VA = VxVH$
	Campana elevada	$Q = 1,4 PVH$ p = perímetro H = altura sobre la operación
	Rendija múltiple. 2 o más rendijas.	$Q = V(10x2+A)$

Figura b5: Tipos de campana para la extracción de contaminantes

Únicamente gases y vapores	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/s
	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas. Evaporación en tanques. Desengrasado.	0,25 - 0,6
	Desprendimientos a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnía.	0,6 - 1
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 - 2,5
Con partículas sólidas en suspensión	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/s
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Trituradoras.	1 - 2,5
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerinado. Rectificado.	2,5 - 10

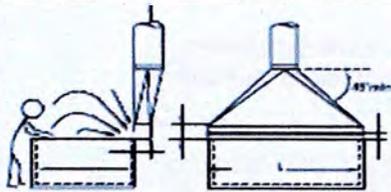
Se adoptarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:

<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
1. Pocas corrientes de aire en el local.	1. Corrientes turbulentas en el local.
2. Contaminantes de baja toxicidad.	2. Contaminantes de alta toxicidad.
3. Intermittencia de las operaciones.	3. Operaciones continuas.
4. Campanas grandes y caudales elevados.	4. Campanas de pequeño tamaño.

**Figura b6:** Velocidades de captación en el punto más distante de la campana

Gases, vapores		6 a 6(7)
Humos	Humos de óxido de zinc y de aluminio.	7 a 16(7)
Polvos muy finos y ligeros	Felpas muy finas de algodón.	10 a 13
Polvos secos y livianos	Polvos finos de caucho, de baquelita; felpas de yute; polvos de algodón, de jabón.	13 a 18
Polvos industriales medios	Abrasivo de lijabo en seco; polvos de amolar; polvos de yute, de grafito; mta. de turquesa; pintas de anillo; ca. calderas; embataje n pesaca de amianto en las industrias textiles.	18 a 20
Polvos pesados	Polvo de toneles de enarenado y desmoldeo, de chorroado de escarado.	20 a 23
Polvos pesados o húmedos	Polvos de cemento húmedo, de corte de tubos de amianto-cemento, de cal viva.	>23
Aumentamiento se adoptan velocidades de 10 m/s		o transporte neumático neumático

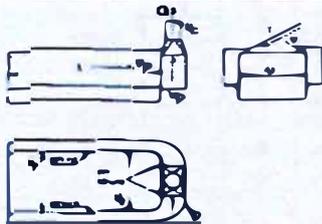
**Figura b7:** Velocidades mínimas en los ductos de transporte de aire contaminado



### TANQUES PARA RECUBRIMIENTOS ELECTROLÍTICOS

El caudal necesario:  
 $Q(m^3/h) = KLM$   
 $K =$  de 1.000 a 10.000,  
 usualmente de 3.000 a 5.000  
 $L, M$  en metros (m)

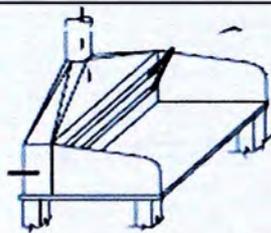
La velocidad de aire en la ranura:  
 $V_r > 10 \text{ m/s}$   
 Con esta captación se mantiene alejado el contaminante de la zona de respiración del operario.



### DESENGRASADO CON DISOLVENTES

$Q(m^3/h) = 820 LM L, M (m)$   
 Velocidad máx. ranura  $V_r = 5 \text{ m/s}$   
 Vel. máx. planum:  $V_p = 2.5 \text{ m/s}$   
 Vel. conducto  $V_c = 12$  a  $16 \text{ m/s}$   
 Pérdidas entrada:  
 $1,8 P_d$  ranura  $= 0,25 P_c$

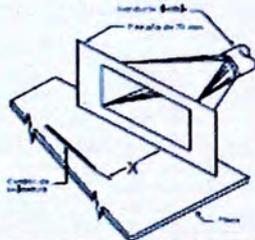
La tapa T debe cerrarse cuando no se usa. Debe preverse un conductor separado para la evacuación de los productos de la combustión, si los hubiere. Para el trabajo es necesario un suministro directo de aire para la respiración.



### VENTILACIÓN PARA SOLDADURA SOBRE BANCO FIJO

$Q = 2.000 \text{ m}^3/h$  por m de campana.  
 Longitud campana: La que requiera el trabajo a realizar.  
 Ancho banco: 0,6 m máximo.  
 Velocidad conducto:  $V_c = 12 \text{ m/s}$   
 Vel. en las ranuras:  $V_r = 5 \text{ m/s}$

Pérdidas entrada:  
 $= 1,8 P_d$  (ranura)  $= 0,25 P_d$  (conducto)  
 Velocidad máxima de la cámara  $V$  igual a la mitad de la velocidad en las ranuras.

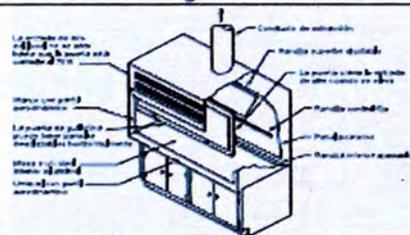


### EXTRACCIÓN LOCALIZADA PORTÁTIL PARA SOLDADURA

#### CAMPANA MÓVIL

$\bar{L}$ (cm)	Con pestaña o para conico	
	Conducto simple $m^3/s$	$m^3/s$
Hasta 150	0,16	0,12
150-225	0,25	0,26
225-300	0,43	0,47

- Velocidad en la cara abierta = 7,5 m/s
- Velocidad en conducto = 16 m/s
- Pérdida en la entrada conducto simple =  $0,93 P_{D_{conductor}}$
- Pérdida en la entrada con pantalla o cono =  $0,25 P_{D_{conductor}}$

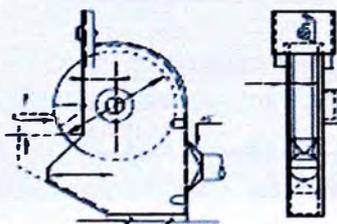


### CABINA DE LABORATORIO

#### CABINA CON PUERTA DE GUILLOTINA Y MARCO DE PERFIL AERODINÁMICO

- $Q = 0,3 - 0,76 \text{ m}^3/s/m^2$  de superficie total abierta en función de la eficacia de la distribución del aire aportado al local
- Pérdida en la entrada =  $0,6 P_D$
- Velocidad en conducto = 5 - 10 m/s según uso

Para velocidades mayores, prolongar la caperuza y colocar una plataforma de apoyo para piezas.



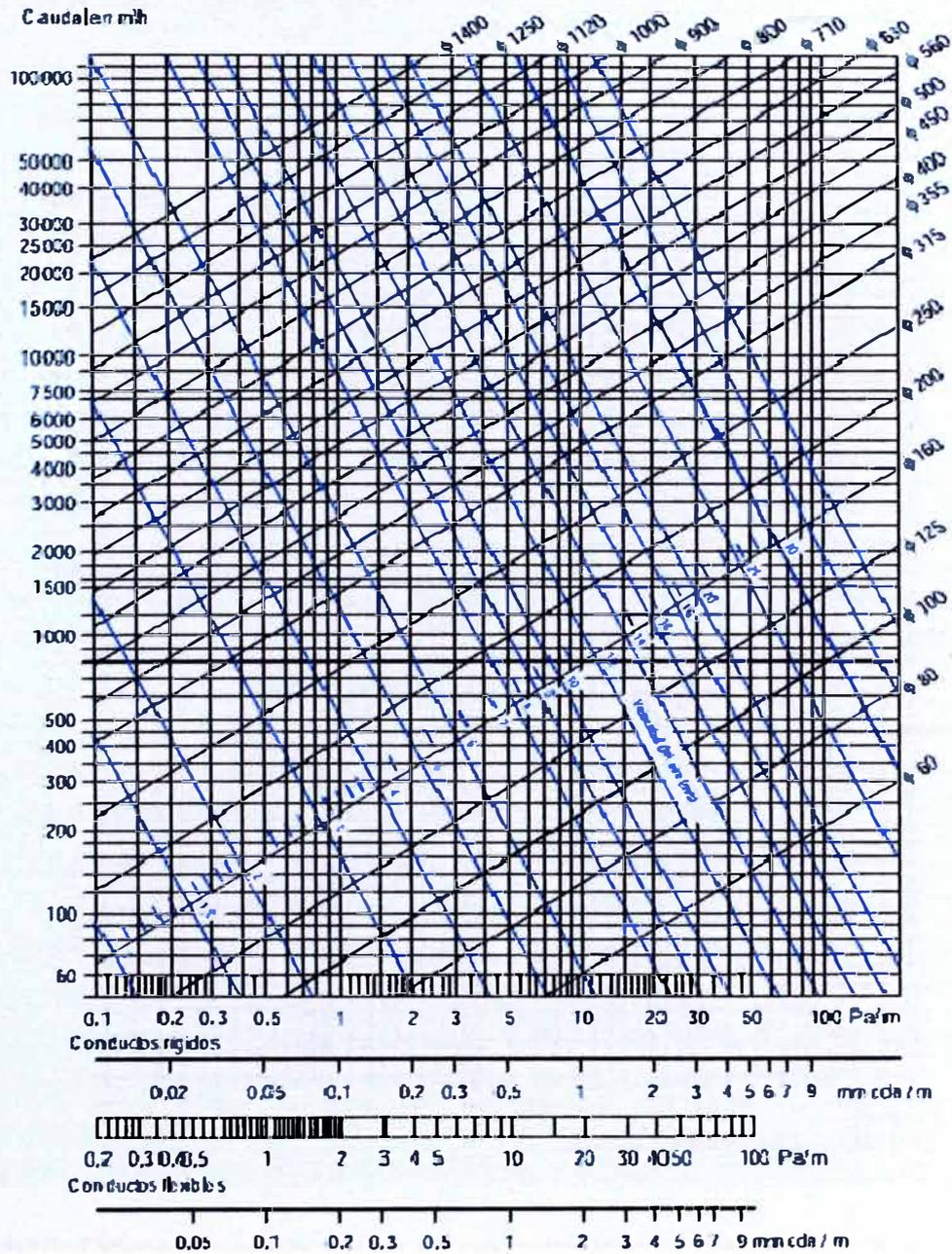
Diám. disco (mm)	Ancho (mm)	Velocidad extracción (m/s)			
		Bien cerrado	Poco abierta	Especial	Bien abierta
125	25	3,75	3,75	3,75	6,97
125 a 250	30	3,75	5,70	6,90	7,00
250 a 300	50	5,90	6,90	6,90	12,50
300 a 400	50	6,90	10,90	10,90	15,00
400 a 500	75	6,90	12,90	12,90	17,50
500 a 600	100	10,90	15,00	15,00	22,50
600 a 750	125	13,90	20,00	20,00	26,20
750 a 900	150	20,00	26,20	26,20	32,50

#### CAPTACIÓN DE POLVOS CAMPANA PARA MUELA DE DISCO

- Caperuza bien cerrada = Máx. 25% disco descubierto.
- Vel. mín.  $V_c = 23 \text{ m/s}$  ram  $V = 18 \text{ m/s}$  cond. pral.
- Pérdida de entrada:  
 $n = 0,65$  conex. recta  
 $n = 0,40$  conex. cónica

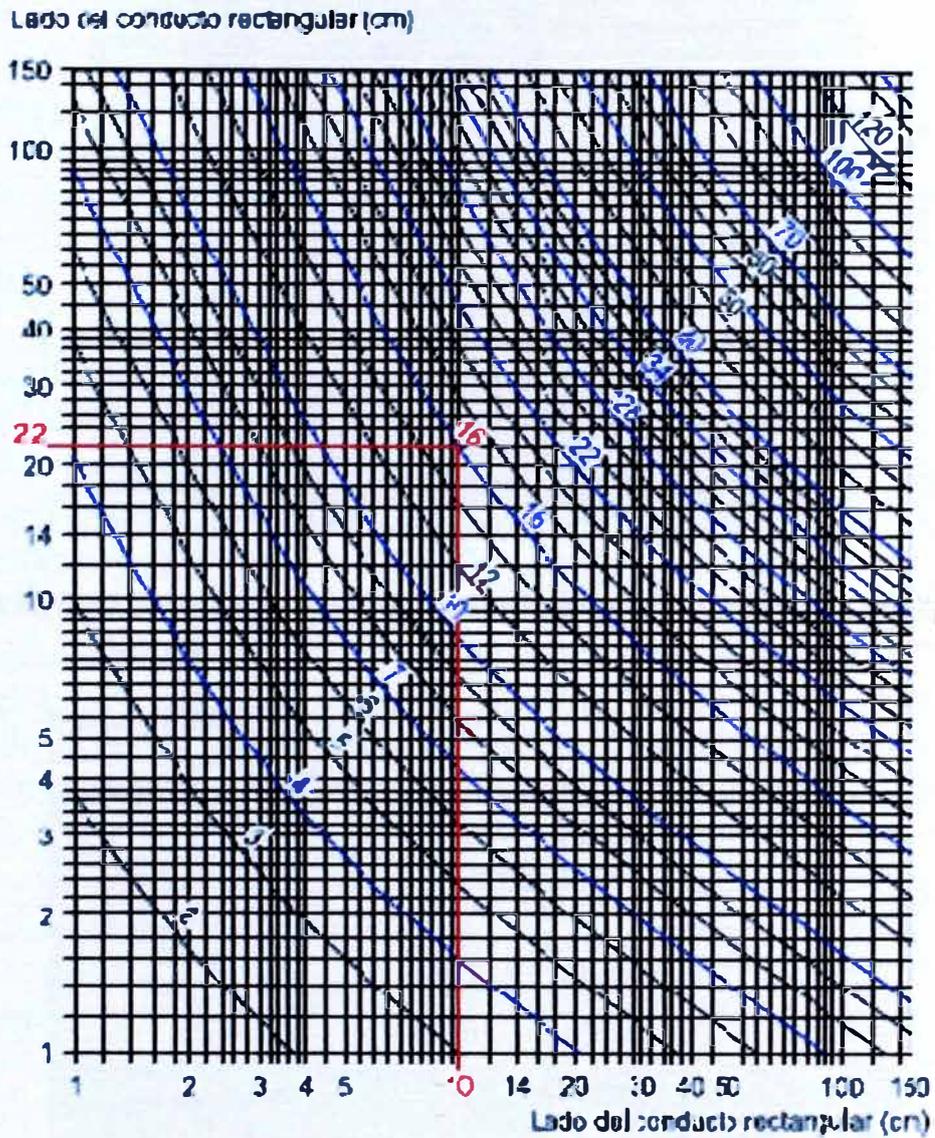
Figura b8: Casos de ventilación localizada en plantas industriales

**CONDUCTOS CIRCULARES RECTILÍNEOS  
PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE**

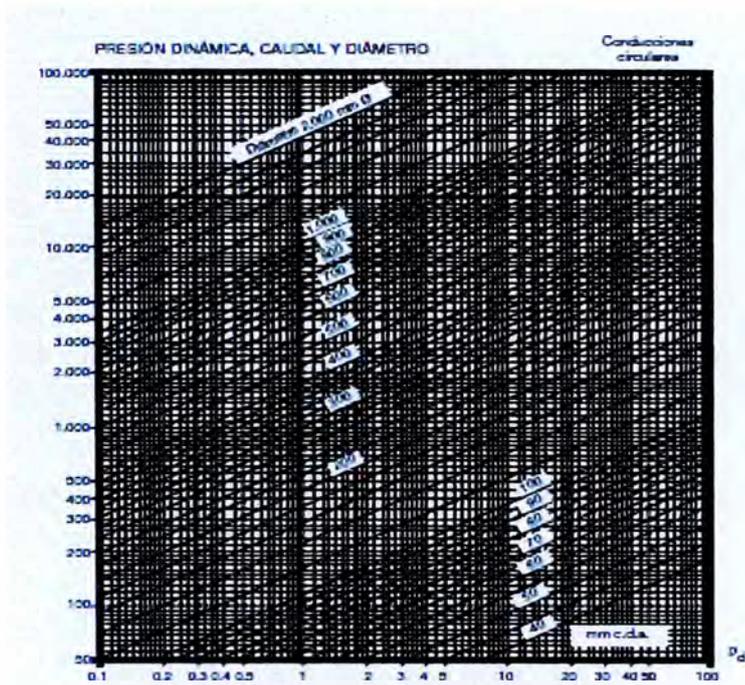


**Figura 9b:** Pérdida de carga por rozamiento del aire en conductos circulares rectos

## DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR CON IGUAL PÉRDIDA DE CARGA

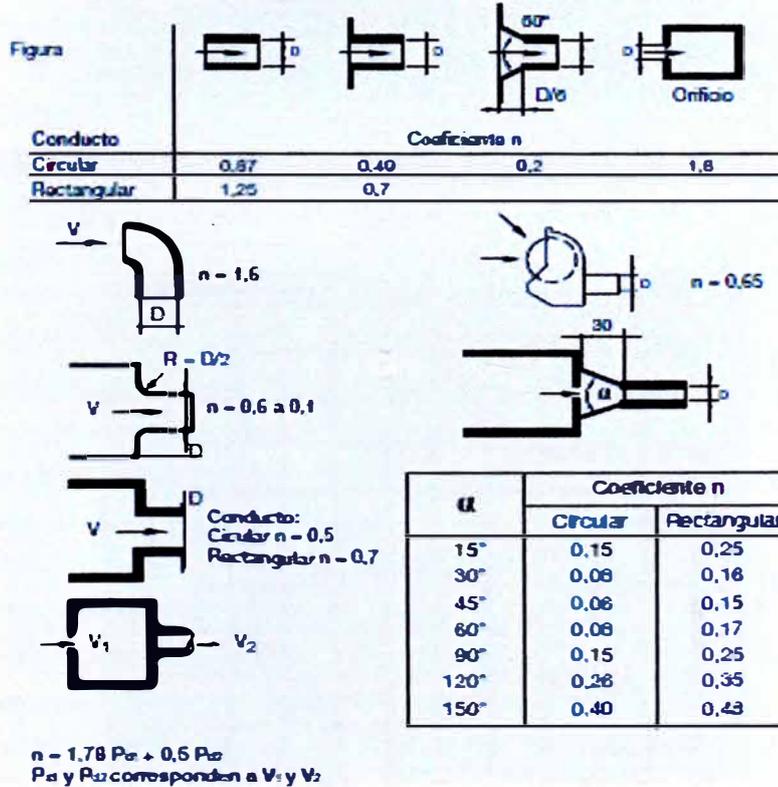


**Figura b10:** Diámetro equivalente de un conducto rectangular con igual pérdida de carga



**Figura b11:** Determinación de la presión dinámica en función del caudal y diámetro

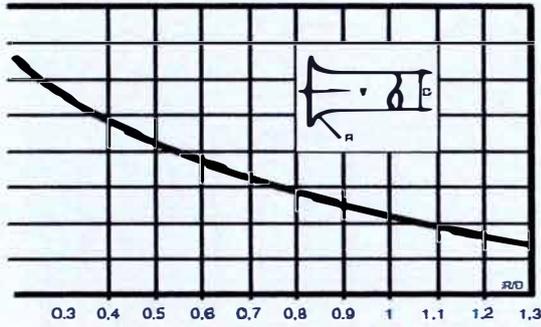
ENTRADAS VARIAS



**Figura b12:** Coeficiente n para entradas varias

ENTRADAS A CONDUCTOS

BOCA ACAMPANADA



BOCA CON REJILLA

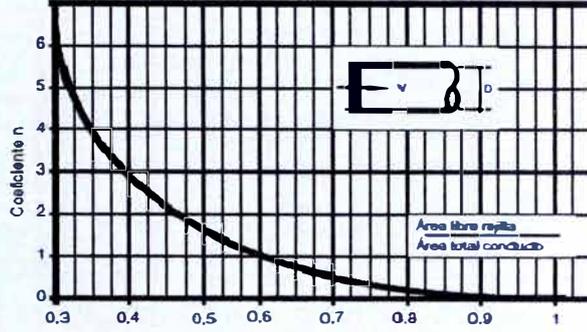


Figura b13: Coeficiente n para entradas a conductos

CUERPOS ATRAVESADOS EN EL CONDUCTO

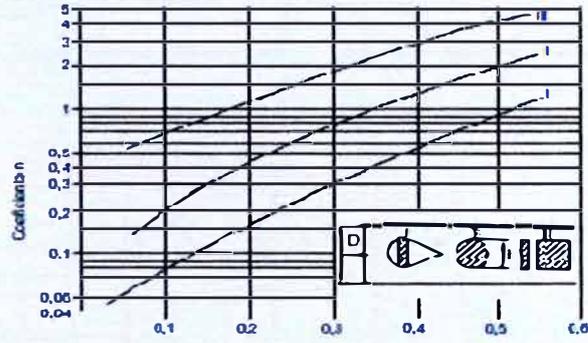


Figura b14: Coeficiente n para cuerpos atravesados en el conducto

CAMPANAS DE CAPTACIÓN

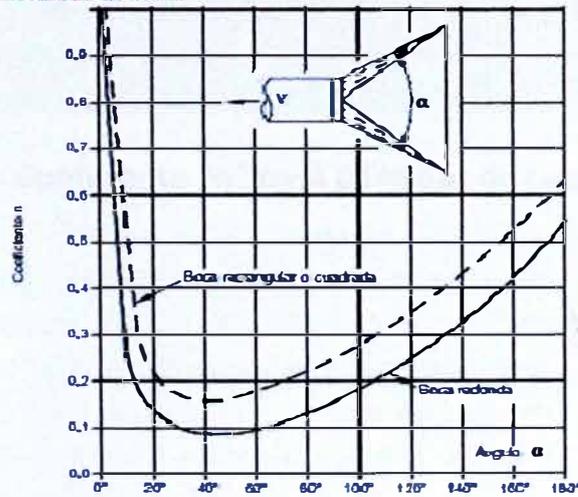


Figura b15: Coeficiente n para campanas de captación

COEFICIENTES DE PÉRDIDAS DE CARGA EN CODOS

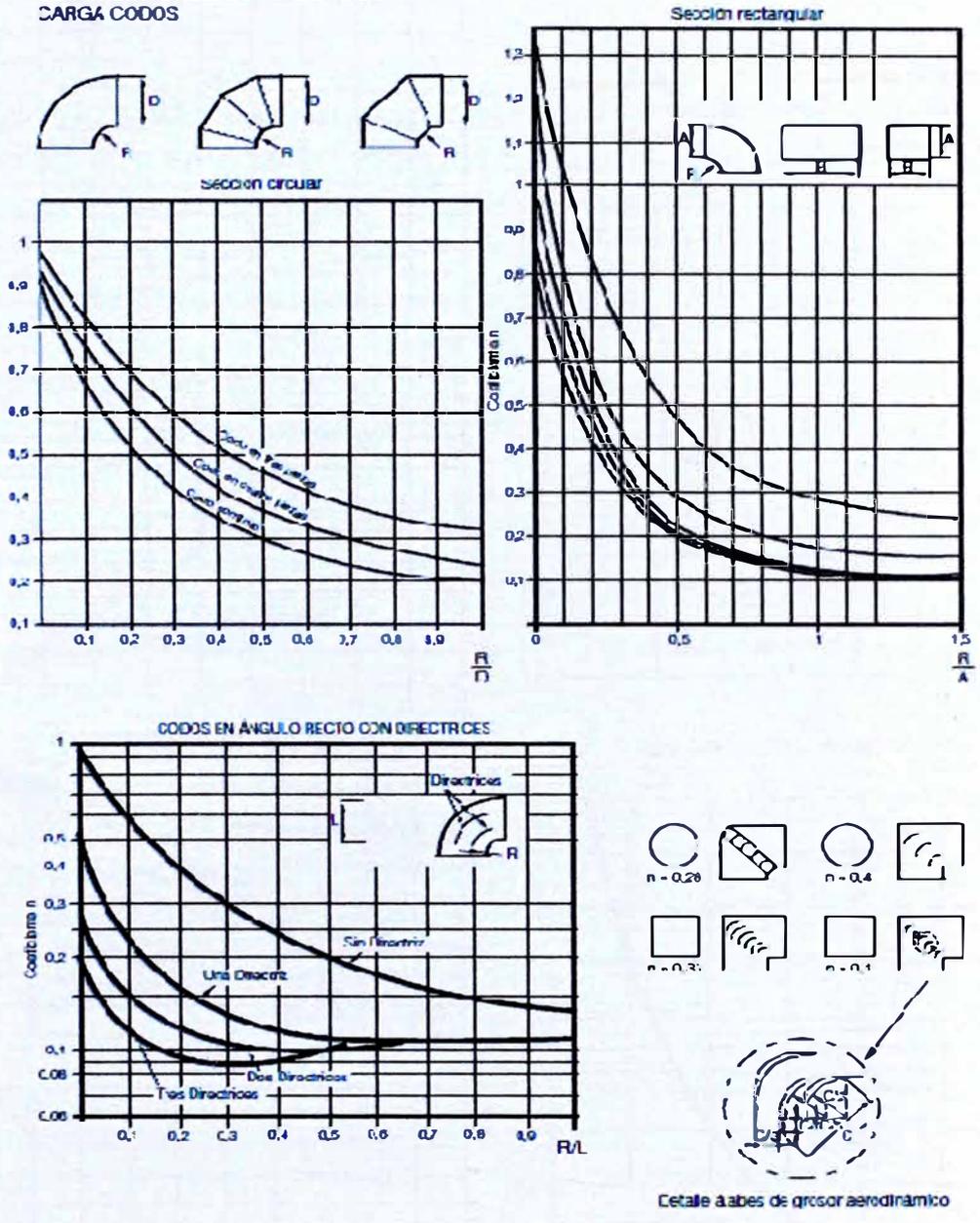
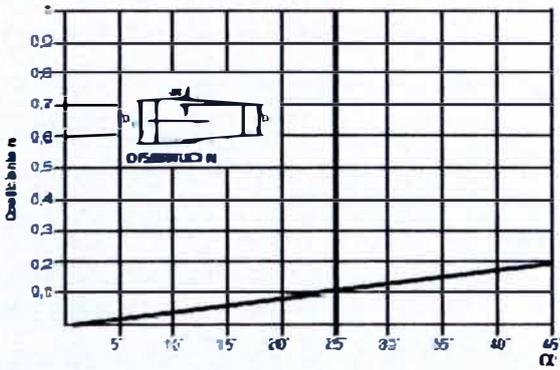
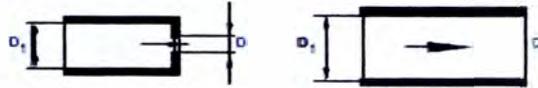


Figura b16: Coeficiente "n" para pérdidas de carga en codos

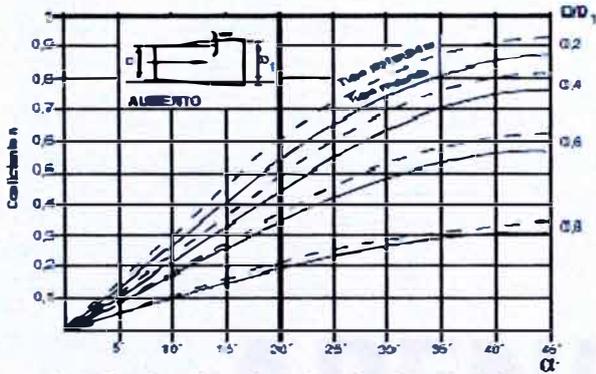
**CAMBIOS GRADUALES DE SECCION**



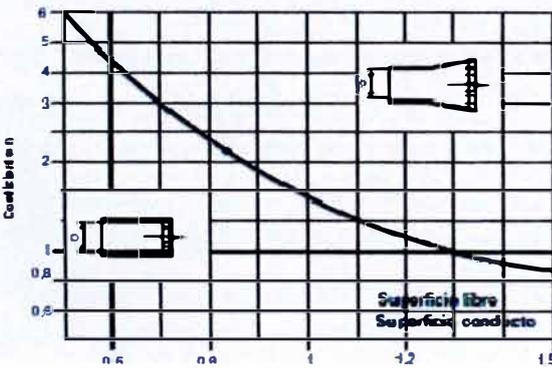
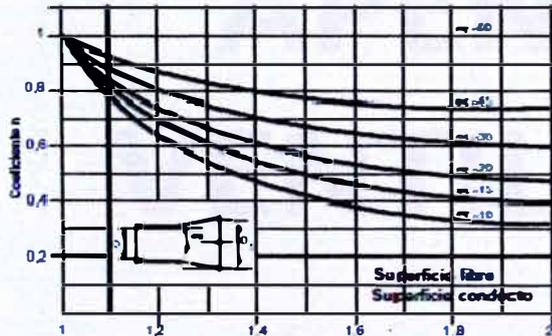
**SALIDAS DE CONDUCTOS**



D/D <sub>1</sub>	0,25	0,5	0,75	1
n	2,5	1,9	1,5	1



R/L	0	0,25	0,5	0,75	1
n	3	1,9	1,6	1,5	1,4



**SALIDA POR EL TEJADO**

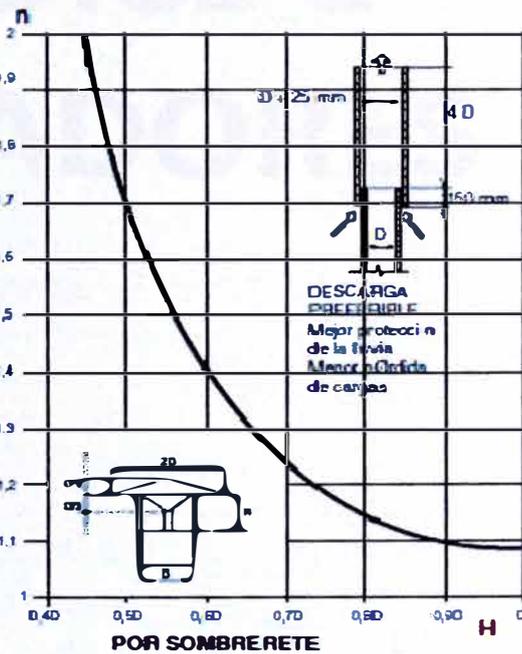


Figura b17: Coeficiente "n" para cambios graduales de sección

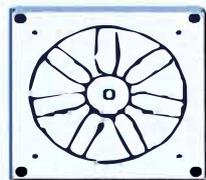
# **APENDICE C**

# **VENTILADORES**



Impulsor-Extractor

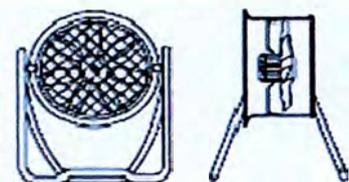
Fig. 4.4



Axial Mural

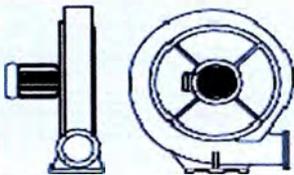


Fig. 4.5



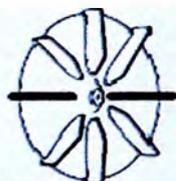
De chorro

Fig. 4.6



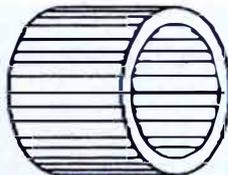
Centrifugo

Fig. 4.7



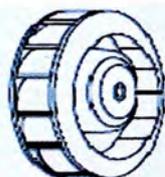
Rodeta  
Centrifugo alabes radiales

Fig. 4.8



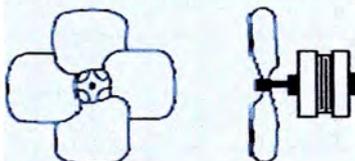
Rodeta  
Centrifugo alabes adelante

Fig. 4.9



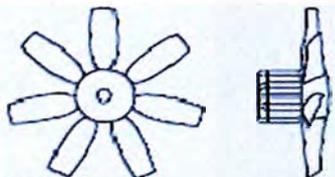
Rodeta  
Centrifugo alabes hacia atras

Fig. 4.10



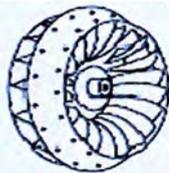
Hélice axial  
De perfil delgado

Fig. 4.11



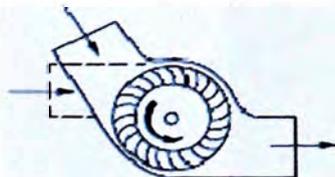
Hélice axial  
Perfil sustentador

Fig. 4.12



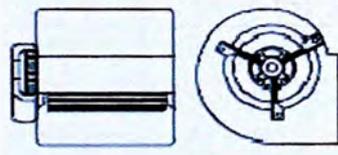
Rodeta  
Helicocentrífugo

Fig. 4.13



Tangencial

Fig. 4.14



Centrifugo. Baja presión

Fig. 4.15

Figura c1: Tipos de ventiladores

### PÉRDIDA DE CAUDAL CON LA LONGITUD

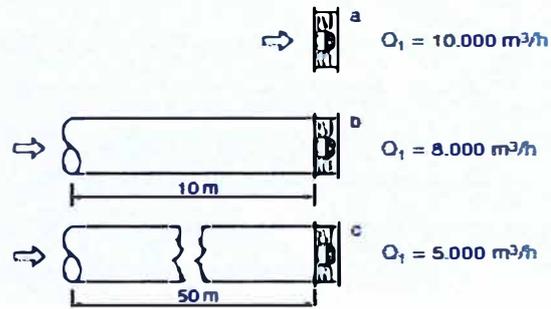


Figura c2: Pérdida de caudal con la longitud

### CURVA CARACTERÍSTICA DE UN VENTILADOR

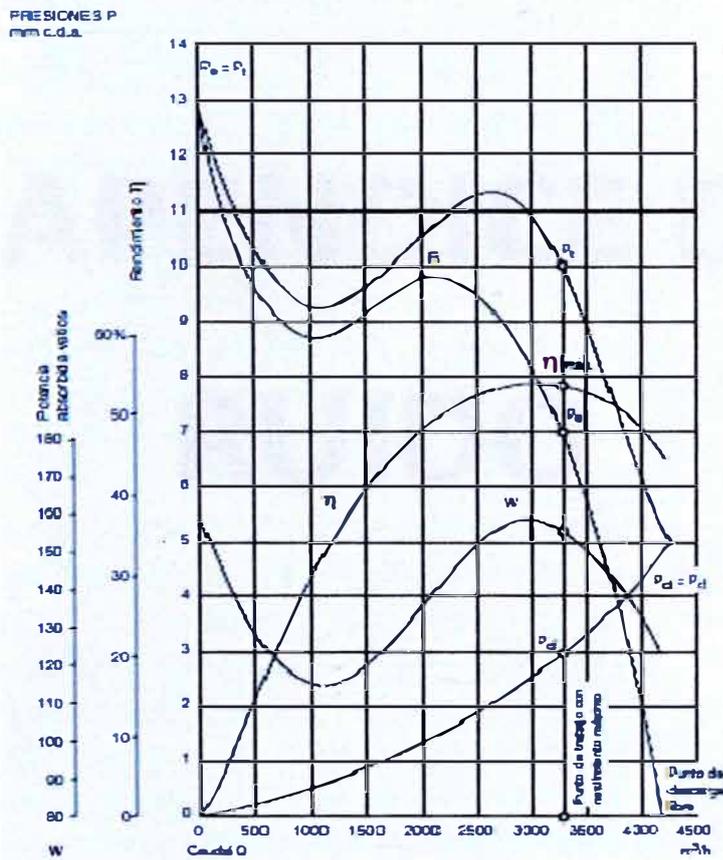


Figura c3: Curva característica de un ventilador

# **APENDICE D**

## **RUIDO**

	NPS	Ejemplos		NPS	Ejemplos
Ruido ENSORDECEDOR	120 dB	Trueno	Ruido MEDIO-RUÍDO	60 dB	Casa tranquila
	150 dB	Disparo de un cañón Estallido de un neumático Sibido de vapor Crisis grave industrial		50 dB	Oficina tipo medio Automóvil silencioso Oficina tranquila Vivienda de tipo medio
MUY FUERTE	100 dB	Tren en un túnel Calle con tráfico denso	SUAVE	40 dB	Estaciones públicas Comodora rural
	200 dB	Fábrica muy ruidosa Cabinas mando de un avión Alzar voces al aire		30 dB	Conversación tranquila Cruje de papel Sibido humano
FUERTE	80 dB	Oficina ruidosa Ferretería al trabajar	MUY SUAVE	20 dB	Iglesia tranquila Noche silenciosa en el campo
	70 dB	Máquina de escribir Aparato ruidoso a pleno volumen		10 dB	Habitación a prueba de ruidos
	60 dB	Taller de tipo medio		0 dB	Límite mínimo del oído

Figura d1: Tipos de ruido

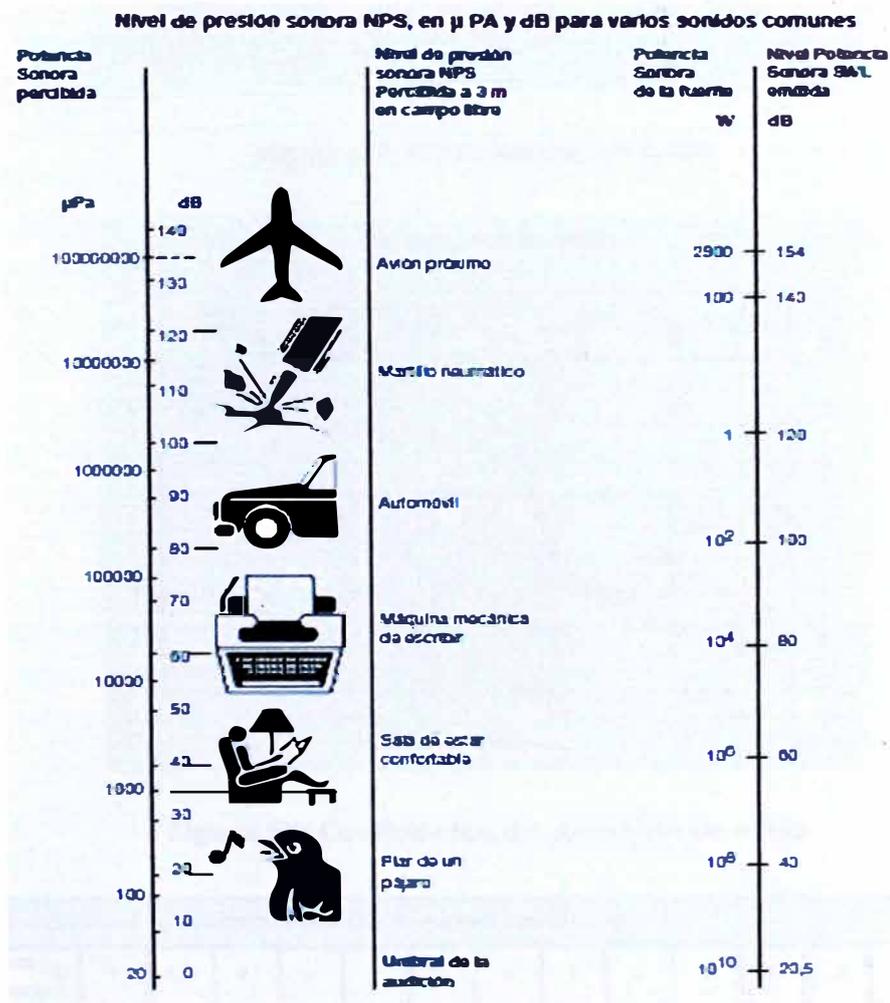


Figura d2: Nivel de presión sonora para varios sonidos comunes

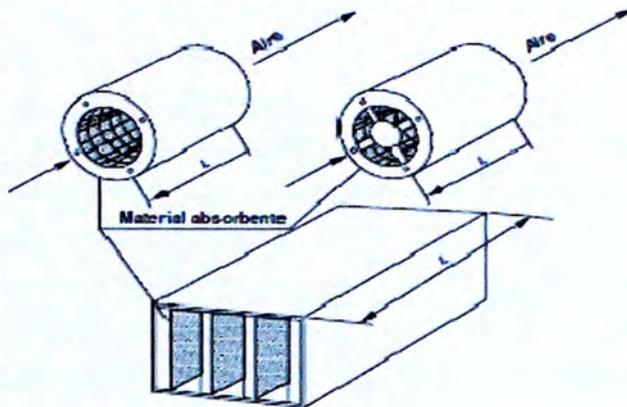


Fig. 5.2

El valor de la atenuación en cualquiera de ellos se pueda calcular mediante la fórmula siguiente:

$$dB = 1,05 a^{1,4} \frac{P^2}{S}$$

- a = Coeficiente de absorción que podemos deducir de la fig. 4.21 para cada frecuencia.
- P = Perímetro del conducto forrado de material absorbente.
- S = Superficie libre.
- L = Longitud del silenciador.

Figura d3: Atenuadores de ruido

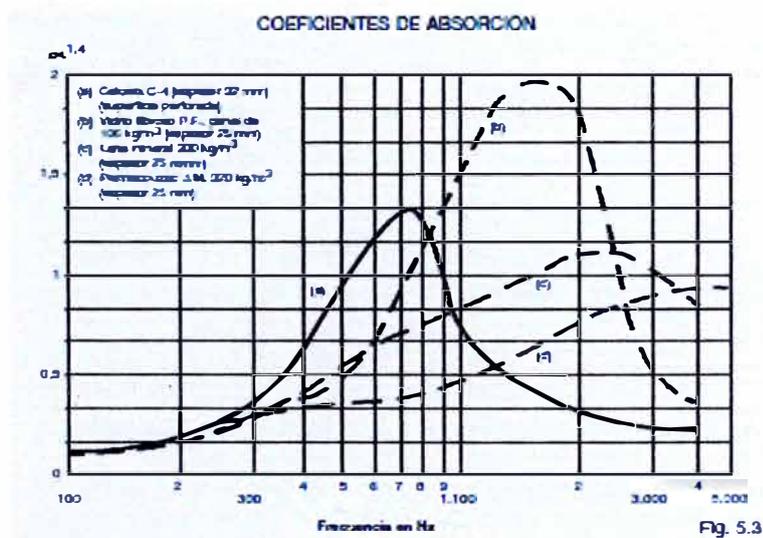


Fig. 5.3

Figura d4: Coeficientes de absorción de ruido

ATENUACIÓN DEL RUIDO POR LA DISTANCIA AL VENTILADOR EN CAMPO LIBRE															
Distancia a la fuente de ruido m	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
Atenuación dB (A)	11	14,5	17	20	23	25	26	28	29	30	31	34	37	39	40

Figura d5: Atenuación del ruido por la distancia al ventilador en campo libre