

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO DE  
26 000 PIES CÚBICOS POR MINUTO DE CAUDAL,  
PARA LA EXTRACCIÓN DE RESIDUOS DE MADERA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

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

**JUAN GUILLERMO TENORIO VIVAR**

**PROMOCIÓN 2009-II**

**LIMA-PERÚ**

**2 013**

La elaboración de este informe fue posible gracias a la ayuda y generoso apoyo de toda mi familia. Especialmente dedico este trabajo a mi papá Guillermo Tenorio Garayar y a mi mamá Nora Vivar Conde por darme educación, valores y amor.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PISOS DE MADERA</b>	5
2.1. <b>MATERIA PRIMA.</b>	5
2.1.1. <b>Clasificación.</b>	6
2.1.1.1. Maderas duras.	6
2.1.1.2. Maderas blandas.	7
2.1.2. <b><u>Propiedades.</u></b>	8
2.1.3. <b><u>Composición química.</u></b>	9
2.1.4. <b><u>Equilibrio higroscópico.</u></b>	10
2.1.5. <b><u>Especies.</u></b>	10
2.2. <b>PROCESO DE FABRICACIÓN.</b>	13
2.2.1. <b><u>Descripción del proceso de secado de madera.</u></b>	14
2.2.2. <b><u>Descripción del proceso de manufactura.</u></b>	16
2.2.2.1. <b><u>Diagramas de flujo.</u></b>	17
2.2.2.2. <b><u>Maquinaria.</u></b>	18

<b>2.3.</b>	<b>PRINCIPALES PRODUCTOS.</b>	23
2.3.1.	Pisos Machimbrados.	23
2.3.2.	Incadex.	23
2.3.3.	<u>Parquet.</u>	24
<b>2.4.</b>	<b>RESIDUOS GENERADOS EN LA MANUFACTURA.</b>	24
2.4.1.	<u>Despunte</u> s de madera.	25
2.4.2.	Viruta.	25
2.4.3.	Aserrín.	26
2.4.3.1.	Harina de madera.	26
2.4.3.2.	Tamaño de las <u>partículas.</u>	27

## **CAPÍTULO III.**

### **IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS.**

<b>3.1.</b>	<b>IMPACTOS PROVOCADOS POR LOS RESIDUOS DE MADERA.</b>	28
3.1.1.	<u>Aspectos productivos.</u>	28
3.1.2.	<u>Aspectos ambientales.</u>	29
3.1.3.	<u>Seguridad y salud ocupacional</u> de los involucrados.	31
<b>3.2.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.</b>	32

## **CAPITULO IV.**

### **EXTRACCIÓN NEUMÁTICA.**

<b>4.1.</b>	<b>TIPOS DE SISTEMAS SEGÚN SU PRESIÓN DE OPERACIÓN.</b>	34
4.1.1.	<u>Sistemas de presión negativa o de vacío.</u>	35

<b>4.1.2.</b>	<b><u>Sistemas de presión positiva.</u></b>	36
<b>4.1.3.</b>	<b><u>Sistemas combinados de presión negativa y positiva.</u></b>	36
<b>4.2.</b>	<b>SISTEMA DE EXTRACCIÓN GENERAL.</b>	37
<b>4.3.</b>	<b>SISTEMA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA.</b>	37
<b>4.4.</b>	<b>PARÁMETROS DE DISEÑO.</b>	37
<b>4.4.1.</b>	<b><u>Velocidad de succión.</u></b>	37
<b>4.4.2.</b>	<b><u>Velocidad de transporte.</u></b>	38
<b>4.5.</b>	<b>MÉTODO PARA EQUILIBRAR EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA.</b>	38
<b>4.5.1.</b>	<b><u>Método de equilibrio por compuertas.</u></b>	39
<b>4.5.2.</b>	<b><u>Método de equilibrio por diseño.</u></b>	39
<b>4.6.</b>	<b>PÉRDIDA DE PRESIÓN.</b>	40
<b>4.6.1.</b>	<b><u>Presión dinámica.</u></b>	40
<b>4.6.2.</b>	<b><u>Pérdidas de presión por fricción gas-pared en conductos.</u></b>	41
<b>4.6.2.1.</b>	<b><u>Pérdidas de presión por fricción en tramos rectos.</u></b>	41
<b>4.6.2.2.</b>	<b><u>Pérdidas de presión localizada debido a accesorios.</u></b>	41
<b>4.7.</b>	<b>COMPONENTES.</b>	42
<b>4.7.1.</b>	<b><u>Tuberías.</u></b>	42
<b>4.7.2.</b>	<b><u>Dispositivos de captación.</u></b>	43
<b>4.7.2.1.</b>	<b><u>Determinación del caudal de aspiración.</u></b>	43
<b>4.7.3.</b>	<b><u>Dispositivos de separación sólido-gas.</u></b>	44
<b>4.7.3.1.</b>	<b><u>Cámaras de sedimentación.</u></b>	45
<b>4.7.3.2.</b>	<b><u>Ciclones.</u></b>	47
<b>4.7.3.3.</b>	<b><u>Filtros (de tela, perforados o fibrosos).</u></b>	49

4.7.3.4.	<u>Electro filtros (Precipitadores electrostáticos).</u>	50
4.7.4.	<u>Ventiladores Centrífugos.</u>	51
4.7.4.1.	<u>Rendimientos y potencias.</u>	52
4.7.5.	<u>Silos.</u>	53

## **CAPÍTULO V.**

### **DISEÑO DEL SISTEMA.** 54

5.1.	SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA SEGÚN LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	54
5.2.	DISTANCIA DE TRANSMISIÓN.	55
5.3.	SELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DE CAPTACIÓN Y DE TRANSPORTE.	59
5.4.	DISPOSITIVOS DE CAPTACIÓN.	60
5.5.	CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS.	63
5.6.	CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE PRESIÓN EN LOS DUCTOS.	66
5.7.	SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE SEPARACIÓN SÓLIDO-GAS.	71
5.8.	SELECCIÓN DEL CICLÓN DE ALTA EFICIENCIA.	72
5.8.1.	<u>Caída de presión en el ciclón.</u>	73
5.9.	SELECCIÓN DEL FILTRO DE MANGAS.	75
5.9.1.	<u>Área Neta de filtración.</u>	75
5.9.2.	<u>Determinación de la carga específica.</u>	76
5.9.3.	<u>Tipo de la tela y dimensión de la manga.</u>	81
5.9.4.	<u>Caída de presión Estimada.</u>	83
5.10.	SELECCIÓN DEL VENTILADOR.	85

## **CAPÍTULO VI.**

### **COSTOS. 89**

**6.1. SISTEMA DE DUCTOS. 90**

**6.2. VENTILADORES CENTRÍFUGOS. 93**

**6.3. CICLONES DE ALTA EFICIENCIA. 94**

**6.4. FILTRO DE MANGAS. 94**

**6.5. SILO. 95**

**6.6. PLATAFORMA DEL SILO. 95**

### **CONCLUSIONES 96**

### **BIBLIOGRAFÍA 98**

### **ANEXOS 99**

#### **ANEXO A: TABLAS 100**

**A.1: Velocidad de captación. 101**

**A.2: Velocidades de transporte recomendadas de acuerdo a los materiales. 102**

**A.3: Principios de diseño de campanas de captación. 103**

**A.4: Perdida de carga por rozamiento del aire en conductos circulares rectilíneos. 104**

**A.5: Coeficientes de pérdidas en codos. 105**

<b>A.6:</b> Coeficientes de pérdidas en empalmes y en sombretes.	106
<b>A.7:</b> Coeficientes o factores de pérdidas en campanas de captación.	107
<b>A.8:</b> Espesor de plancha en pulgadas, para la fabricación de ductos, según las normas SMACNA.	108
<b>A.9:</b> Espesor de plancha en milímetros, para la fabricación de ductos, según las normas SMACNA.	109
<b>ANEXO B: MANUALES Y CATÁLOGOS</b>	110
<b>B.1:</b> Manual de ciclones Alanco.	111
<b>B.2:</b> Características técnicas de la Tela poliéster, Fabricante Renner.	113
<b>B.3:</b> Catalogo de motores eléctricos Delcrosa.	114
<b>ANEXO C: PLANOS</b>	121
<b>C.1:</b> Disposición general del sistema.	122
<b>C.2:</b> Estructura de apoyo de los ciclones.	123
<b>C.3:</b> Accesorios del sistema de ductos de la sección 1.	124
<b>C.4:</b> Accesorios del sistema de ductos de la sección 2.	125
<b>C.5:</b> Silo Hermético de 140 m <sup>3</sup> de capacidad.	126
<b>ANEXO D: HOJAS DE CÁLCULO</b>	127
<b>D.1:</b> Cálculo de la pérdida de presión debido a los ductos de la sección 1.	128
<b>D.2:</b> Cálculo de la pérdida de presión debido a los ductos de la sección 2.	129



## PRÒLOGO

El presente informe trata de la implementación de un sistema de extracción de residuos de madera, generados en el proceso de fabricación de pisos de madera realizado en la planta de manufactura de una empresa fabricante de pisos de madera ubicada en Lurín.

El sistema que se ha decidido utilizar es un sistema de extracción neumático de presión combinada, utilizado frecuentemente en la industria maderera. El informe consta de 6 capítulos necesarios para la ejecución del proyecto.

En el capítulo I, se describe la importancia que tienen los sistemas neumáticos de extracción como una alternativa de solución para mejorar las condiciones de operatividad en la planta manufacturera, el objetivo del trabajo, sus alcances, y la metodología de cálculo para la definición de sus componentes.

En el capítulo II, se describe el proceso productivo de los pisos de madera fabricados en la empresa maderera, para lo cual empieza con la descripción de la materia prima, luego se desarrolla el estudio del proceso productivo propiamente dicho y se presentan las máquinas que participan en dicho proceso, por último se describe los productos fabricados y los residuos generados en el proceso.

En el capítulo III, se analiza los impactos a la producción y calidad del proceso así como también los aspectos medioambientales, de seguridad y de salud ocupacional, que generan la acumulación de residuos de madera. Luego se analiza y plantea la solución más adecuada, a fin de mitigar los impactos que traen consigo, la presencia de residuos de madera, así mismo se describe la manera más adecuada de aprovecharlos.

En el capítulo IV, se presenta los conceptos de los sistemas neumáticos de extracción.

En el capítulo V, se muestra el proceso de diseño y selección de los equipos del sistema mediante la combinación de uso de modelos matemáticos y datos de prueba, obtenidos desde instalaciones de prueba y de experiencias en plantas reales. El objetivo es garantizar la extracción de residuos de madera desde su foco de generación en cada una de las 12 máquinas manufactureras distribuidas en la planta de fabricación de pisos y luego transportarlos a un silo de colección para su posterior reutilización.

En el capítulo VI, trata sobre la evaluación de los costos necesarios para la implementación del sistema.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El proceso de transformación de madera en pisos, se ejecuta con la ayuda de máquinas manufactureras las cuales se encargan de realizar el dimensionamiento y acabado superficial de la madera de acuerdo al modelo de piso de madera que se requiere fabricar. Como sub producto de este proceso se obtienen residuos de madera tales como viruta, aserrín, polvo y despuntes, los cuales al acumularse en su foco de generación ocasionan problemas de salud, seguridad ocupacional, pérdidas de producción y calidad del producto, etc.

El sistema, razón del presente informe, fue implementado con la finalidad de darle un manejo adecuado a los residuos de madera, previamente mencionados, mediante la utilización de una corriente de aire que opere con presión negativa en la captación, que los remueva y extraiga desde los focos de generación hasta un silo temporal, para que puedan ser reutilizados posteriormente como materia prima de aglomerados, combustible, fertilizante, etc.

Los beneficios esperados con la implementación del sistema son:

- Protección de afecciones en las vías respiratorias, alergias y otras enfermedades al personal que se encuentre dentro de la periferia de la fábrica.
- Mitigación del riesgo de incendios en la planta.
- Mitigación del ruido en la planta.
- Incremento en la vida útil de la maquinaria.
- Mejoramiento de la calidad del producto.
- Preservación del medioambiente.
- Aprovechamiento de los residuos de madera como materia prima en otros procesos, logrando así ingresos económicos adicionales para la empresa maderera.

El diseño del sistema neumático para la extracción de residuos de madera se basa en los criterios actuales de ventilación industrial y transporte neumático, los cuales contemplan el uso de equipos y accesorios adecuados para tal fin. Los cálculos se realizaron mediante la combinación de uso de modelos matemáticos y datos de prueba, obtenidos desde instalaciones de prueba y de experiencias en plantas reales.

## CAPÍTULO II

# DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PISOS DE MADERA

### 2.1 MATERIA PRIMA.

La madera es un conjunto de tejidos vegetales que forman el tronco, las ramas y las raíces de vegetales leñosos. Históricamente la madera viene siendo usada desde hace miles de años en la construcción de viviendas, como combustible, en la fabricación de embarcaciones, armas, etc.

El tronco de los árboles posee diferentes zonas, entre las cuales podemos distinguir el duramen o corazón y la albura o leño, ya que es de estas 2 zonas de donde se extrae la madera como material tecnológico. Haciendo un corte transversal en el tronco de un árbol distinguimos las siguientes partes:

- **Médula:** Es la zona central del tronco. Posee escasa resistencia, por lo que, generalmente, no se utiliza en la obtención de madera.

- **Duramen o corazón:** En esta zona, la madera es seca, dura, consistente y de color más oscuro. Es la parte del tronco que proporciona la madera más dura y de mejor calidad.
- **Albura o leño:** De esta zona también se aprovecha la madera, aunque ésta es más clara y menos resistente que la madera extraída del corazón.
- **Cámbium:** Es una capa fina que sigue a la albura. Tiene como función la formación de la nueva madera en el tronco del árbol.
- **Corteza:** Es la capa más exterior del tronco. Protege a la planta de las agresiones externas.

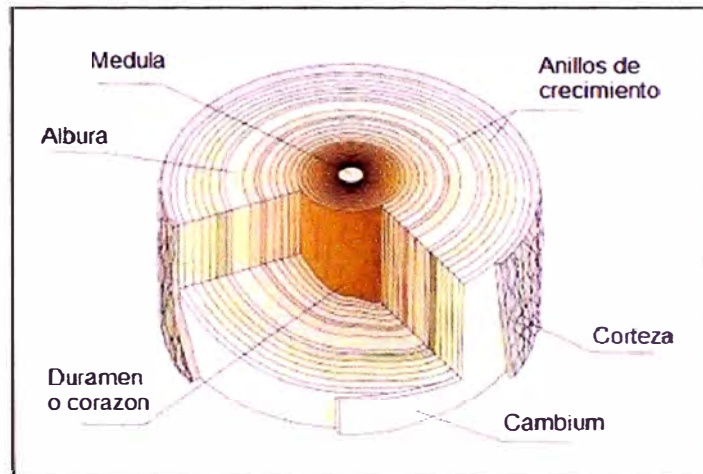


Figura 2.1: Partes de un tronco.

### 2.1.1. Clasificación.

La clasificación internacional usual es: maderas duras y blandas.

#### 2.1.1.1. Maderas duras.

Proceden de árboles de hoja caduca normalmente su crecimiento es muy lento, suelen tener colores más oscuros y mayor densidad

que las maderas blandas Son maderas duras el roble, la haya, el arce, el fresno, el cerezo, etc.



Figura 2.2: Maderas duras.

#### 2.1.1.2. Maderas blandas.

Las maderas blandas proceden, en general, de árboles con la hoja en forma de aguja. Las maderas blandas son más ligeras, de colores más claros que las maderas duras. Son también más baratas y fáciles de trabajar. Algunos ejemplos son el pino, el abeto, el chopo, el álamo, el abedul, la balsa, el tilo, etc.

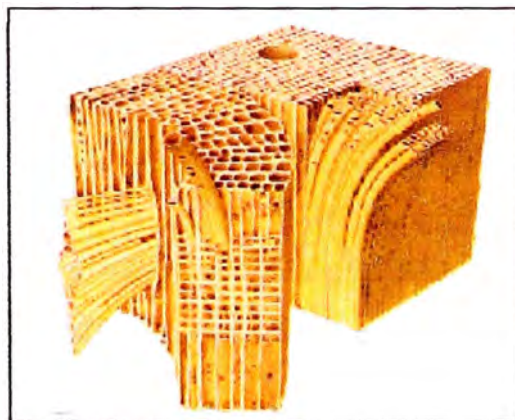


Figura 2.3: Maderas blandas.

### 2.1.2. Propiedades

Las propiedades de la madera dependen de varios factores entre los que se encuentran: las condiciones del terreno en que se desarrollan, de su edad, crecimiento, cantidad de humedad, composición, proceso de secado y varían en las distintas partes del tronco que consideramos. Desde el punto de vista de madera como materia transformada, las características fundamentales son la higroscopia, anisotropía y densidad.

- Anisotropía: Ciertas propiedades físicas y mecánicas no son las mismas en todas las direcciones que pasan por un punto determinado, varían en función de la dirección en la que se aplica el esfuerzo.

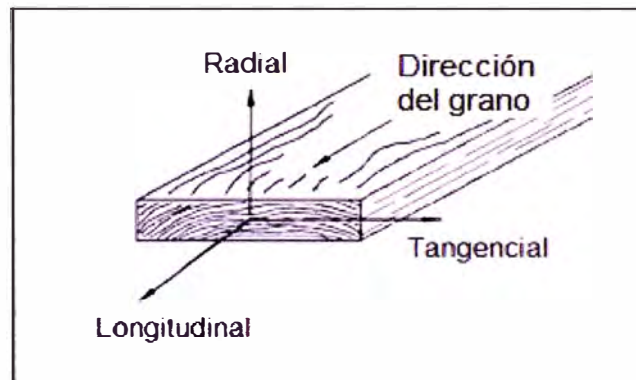


Figura 2.4: Direcciones en un punto de una tabla

- Higroscopia: Es la capacidad que tiene la madera para absorber humedad de la atmósfera que la rodea y de retenerla en forma de agua líquida o vapor de agua.



- Densidad: Es una característica física expresada por la relación entre la masa de un cuerpo y su respectivo volumen. De esta propiedad dependen estrechamente otras propiedades, como la resistencia mecánica, grado de variación dimensional por la pérdida o absorción de agua, poder calorífico, etc.

### **2.1.3. Composición química.**

Las principales fracciones químicas que forman cualquier especie de madera son la celulosa, la hemicelulosa y la lignina cada una de las cuales posee características propias.

La celulosa constituye aproximadamente el 50 % de la masa anhidra de la madera. Las cadenas de celulosa se enlazan entre sí mediante puentes de hidrogeno y a su vez se agrupan constituyendo las denominadas microfibrillas que confieren a la madera su elevada rigidez y se encuentran embebidas en una matriz formada por hemicelulosas y lignina.

Las hemicelulosas constituyen aproximadamente la quinta parte de la masa anhidra de la madera. Son heteropolimeros constituidos por un pequeño grupos de azúcares y algunos de sus derivados .Su función dentro de la celulosa es la unión entre micro fibrillas celulósicas y la lignina.

La lignina constituye aproximadamente el 25 % de la masa anhidra de la madera .es un polímero tridimensional compuesto por unidades

de fenilpropano, unidas entre sí mediante enlaces carbono-carbono o enlaces de tipo éter. Es la sustancia encargada de la cohesión de las células, reforzándolas mecánicamente, proporcionándoles elasticidad y protegiéndolas de las pérdidas de agua y de ataques de agentes xilófagos.

#### **2.1.4. Equilibrio higroscópico.**

Es un fenómeno que está presente en todo cuerpo poroso y se produce por la capacidad de éstos, de absorber agua del ambiente y entregarla en forma de vapor, si las presiones de vapor internas del cuerpo no son iguales que las del aire que lo rodea.

#### **2.1.5. Especies.**

En el caso particular de fabricación de los pisos de madera, la empresa maderera donde se implementó el proyecto utiliza especies de madera dura, con densidades de hasta 920 kg/m<sup>3</sup>, altamente resistentes a los elementos naturales y a los agentes biológicos para así cumplir estándares de la Asociación Nacional de Pisos de Madera (NWFA).

A continuación se mencionan las especies más utilizadas como materia prima para la fabricación de pisos de madera.

Tabla 2.1: Características de la especie Cumahuay.

NOMBRE CIENTÍFICO	Vochysia spp
FAMILIA	Leguminosae (Faboideae)
ORIGEN	Tropical / Sudamérica
COLOR	Café rojizo oscuro
GRANO	Entrecruzado
TEXTURA	Áspera
BRILLO	Mediano a alto
VETADO	Pronunciado de tipo espigado
OLOR	no distintivo
DENSIDAD (kg/m3)	890

Tabla 2.2: Características de la especie Shihuahuaco.

NOMBRE CIENTÍFICO	Dipteryx sp
FAMILIA	Fabaceae
ORIGEN	Tropical / Sudamérica
COLOR	amarillo, rojo y marrón
GRANO	Entrecruzado
TEXTURA	gruesa
BRILLO	medio alto
VETADO	arcos superpuestos
OLOR	característico
DENSIDAD (kg/m3)	870

Tabla 2.3: Características de la especie Estoraque sin olor.

NOMBRE CIENTÍFICO	Myroxylon frondosus
FAMILIA	Fabaceae
ORIGEN	Tropical / Sudamérica
COLOR	rojizo claro
GRANO	Recto a entrecruzado.
TEXTURA	media a fina
BRILLO	alto
VETADO	arcos superpuestos y satinado en bandas
OLOR	característico
DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	780

Tabla 2.4: Características de la especie Pau Mulatoi.

NOMBRE CIENTÍFICO	Apuleia leiocarpa
FAMILIA	Caesalpinioi deae
ORIGEN	Tropical / Sudamérica
COLOR	<i>Beige amarillo</i>
GRANO	Entrecruzado
TEXTURA	Media
BRILLO	Moderado
VETADO	Poco definido
OLOR	Sin olor
DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	800

Tabla 2.5: Características de la especie Lapacho.

NOMBRE CIENTÍFICO	Tabebuia spp
FAMILIA	Bignoniaceae
ORIGEN	Tropical / Sudamérica
COLOR	pardo verdoso
GRANO	recto
TEXTURA	<i>fina</i>
BRILLO	bajo
VETADO	poco diferenciado
OLOR	ausente
DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	920

## 2.2 PROCESO DE FABRICACIÓN.

El proceso de fabricación de los pisos de madera empieza en Oxapampa donde la empresa maderera cuenta con aserraderos en “Joint venture” distribuidos estratégicamente para facilitar las tareas de acopio y dar tratamiento adecuado y oportuno a la madera, es aquí donde se predimenciona la madera de tal modo que se facilite su traslado, tratamiento térmico y almacenamiento.

La madera predimencionada llega a la fábrica de pisos ubicada en Lurín donde es clasificada y almacenada en forma de castilletes para así pasar por un proceso de secado, con el fin de que los futuros pisos logren tener humedad de equilibrio higroscópico de acuerdo a las condiciones del medio ambiente de donde va a ser instalado; seguidamente la madera pasa por un

proceso de manufactura ,donde la madera es transformada en pisos de madera, finalmente los pisos son clasificados, empaquetados y trasladado a los almacenes dispuestos.



Figura 2.5: Castilletes de madera.

### **2.2.1. Descripción del proceso de secado de madera.**

La madera es un material higroscópico, esta cualidad permite que intercambie humedad con el medio ambiente que lo rodea, para que esto no genere inconvenientes ,tales como cambios de dimensiones de la madera, se debe realizar un proceso de secado para obtener una humedad de equilibrio higroscópico que disminuirá considerablemente sus movimientos (contracciones e hinchamientos) cuando esté en servicio. Otras de las ventajas técnicas del secado son: resistencia a la pudrición, resistencia mecánica, reducción de peso, inmunización, conservación del color, mejor adherencia para acabados, mejor calidad de maquinado.

El proceso de secado que se usa en la empresa maderera donde se implemento el proyecto, es el de secado por calor en cámaras, debido a que este proceso permite tener control de humedad presión y temperatura en todo momento, con esto se logra obtener al final del proceso el porcentaje de humedad deseado sin que el producto presente alabeos ni roturas, otra de las ventajas de este proceso es que se tiene el capital en circulación en todo momento por la rapidez con que se logra el secado.

La empresa maderera cuenta con 10 cámaras de secado, las cuales están provistas de radiadores, por las que transita aceite térmico que permiten calentar el aire del alrededor, el cual circula transversal gracias a los ventiladores instalados en la parte superior de la cámara. Para regular la humedad se dispone de un dispositivo el cual permite aumentar la humedad mediante inyección de vapor de agua el cual es generado por el generador de vapor.

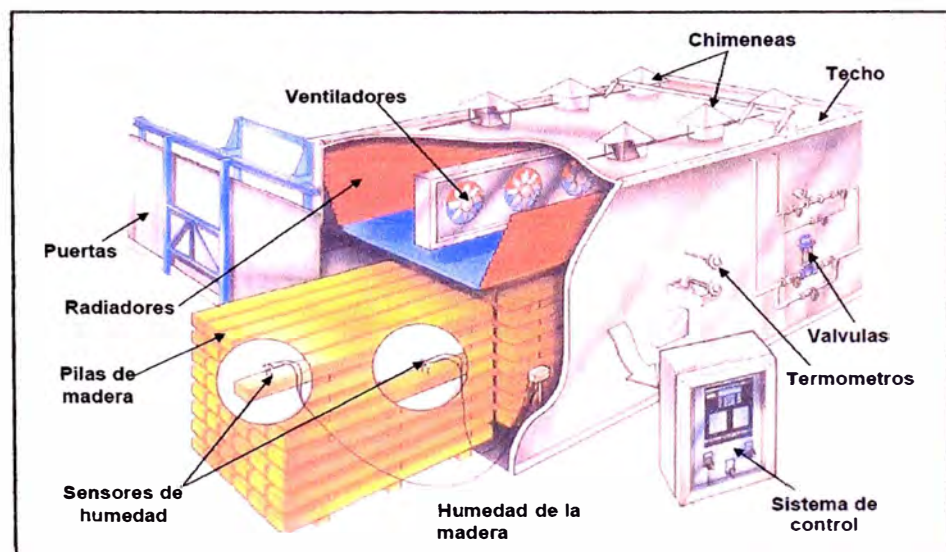


Figura 2.6: Cámara de secado.

La caldera usada para calentar el aceite térmico usa como combustible biomasa, en este caso residuos de madera (viruta, aserrín, trozos de madera).

### **2.2.2. Descripción del proceso de manufactura.**

Luego de que se termina con el proceso de secado, la madera predimensionada y tratada térmicamente es llevada a la planta de fabricación de pisos en donde esta pasa por diversos procesos de manufactura, a través de diferentes tipos de máquinas que se encargan de destruir las fibras que la componen, con el objetivo de obtener pisos de madera con dimensiones y acabados superficiales específicas. Las máquinas en la planta de fabricación de pisos están distribuidas en 2 secciones.

En la primera sección se fabrican parquet, tablas e incadex y está conformado por las siguientes máquinas:

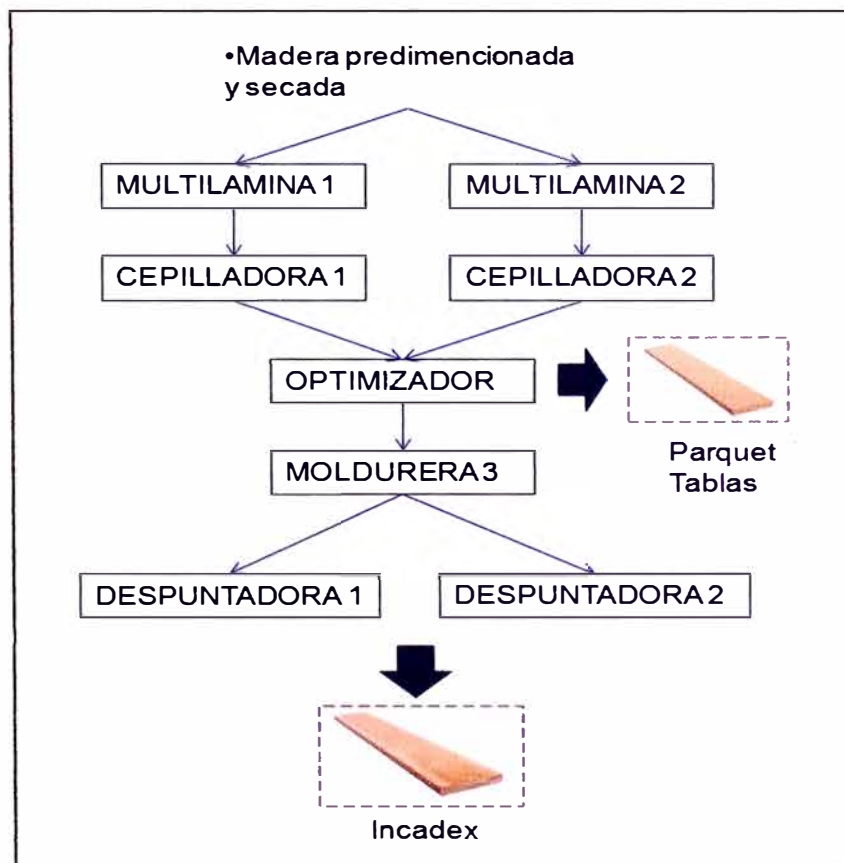
- Multilámina 1.
- Cepilladora 1.
- Multilámina 2.
- Cepilladora 2.
- Optimizador.
- Moldurera 3.
- Despuntadora 1.
- Despuntadora 2.



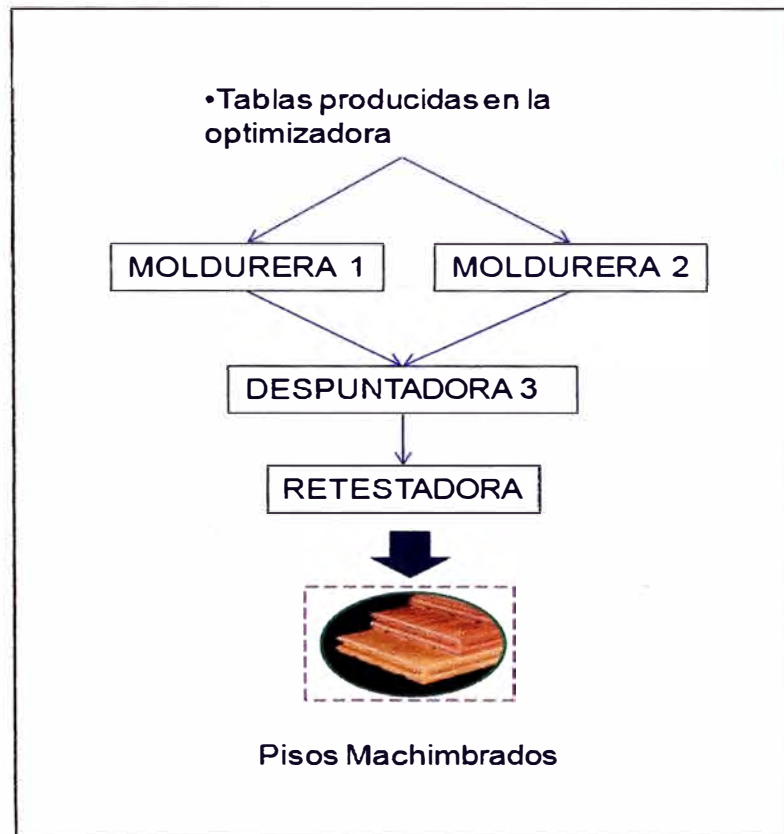
En la segunda sección, se toman tablas producidas en la sección 1 y se fabrican pisos machimbrados, esta sección está conformada por las siguientes máquinas:

- Moldurera 1.
- Moldurera 2.
- Despuntadora 3.
- Retestadora.

#### 2.2.2.1. Diagramas de flujo.



Esquema 2.1: Diagrama de flujo de la sección 1.



Esquema 2.2: Diagrama de flujo de la sección 2.

#### 2.2.2.2. Maquinaria.

A continuación se mencionan las máquinas que forman parte del proceso de fabricación de los pisos de madera, cada una con la descripción de su funcionamiento.

- **Despuntadora o sierra radial:** Esta máquina tiene como función realizar dimensionado en longitud de la madera, saneando la madera que recibe, buscando obtener el máximo rendimiento de la madera.



Figura 2.7: Sierra radial.

- **Multilamina:** Es herramienta con múltiples cierras circulares las cuales permiten realizar cortes longitudinales, es decir permite sanear los cantos y obtener el ancho exacto que se requiere de la madera.



Figura 2.8: Multilamina

- **Cepillo:** Es usado para pulir o cepillar la Madera aserrada, obteniendo caras lisas, con dimensiones exactas. Para realizar esto la máquina dispone de 2 mesas (entrada y salida) cuya altura puede regularse, entre la que se dispone de un eje porta cuchillas. La mesa de salida debe estar perfectamente enrasada con respecto a las cuchillas, y la de entrada debe de estar unas decimas por debajo para que cuando pase la madera por las cuchillas irán cortado esa diferencia de altura entre las mesas.

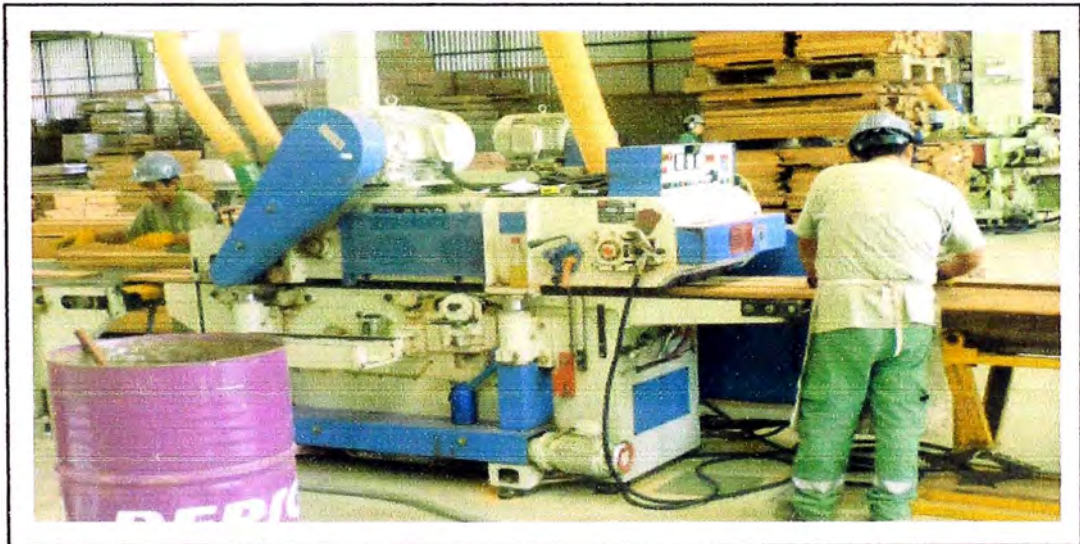


Figura 2.9: Cepillo

- **Optimizadora:** Es un sistema tronizador automatizado el cual corta con una tolerancia de entre 0,8 y 1,5 mm, además este sistema cuenta con un scanner el cual representa una alternativa muy interesante, en las líneas de optimización, en vez de la marcación manual de defectos y de calidad. Con respecto al tronzado manual los optimizadores permiten aumentar el rendimiento de la madera y aumentar las ganancias de la empresa.



Figura 2.10: Optimizador

- **Molduradora:** Es un cepillo especial para hacer molduras y/o machimbres posee 7 cabezales con los cuales se pueden hacer diferentes tipos de perfiles con altísima precisión.

En la empresa maderera donde se implementó el proyecto, existen tres, la primera de ellas es la Moldurera Weinig Profimat la cual es usada para fabricar incadex (decking para exteriores) y su función es realizar biselados a los cantos y ranuras antideslizantes a una de las caras. Las otras dos son Moldureras son Unimat y son usadas para fabricar pisos sólidos o machimbrados y su función es realizar machimbrado a los cantos y ranurados a una de las caras.



Figura 2.11: Moldurera

- Retestadora: Esta máquina es utilizada para realizar pisos sólidos o machimbrados únicamente, siendo esta máquina la que realiza el último proceso de transformación de los pisos mencionados, su función consiste en hacer el machimbrado a los lados transversalmente opuestos del piso de madera.



Figura 2.12: Retestadora.

## 2.3 PRINCIPALES PRODUCTOS.

### 2.3.1. Pisos Machimbrados.

Son machihembrados 4 lados y trabajados bajo las normas y los estándares de la Asociación Nacional de Pisos de Madera (NWFA).

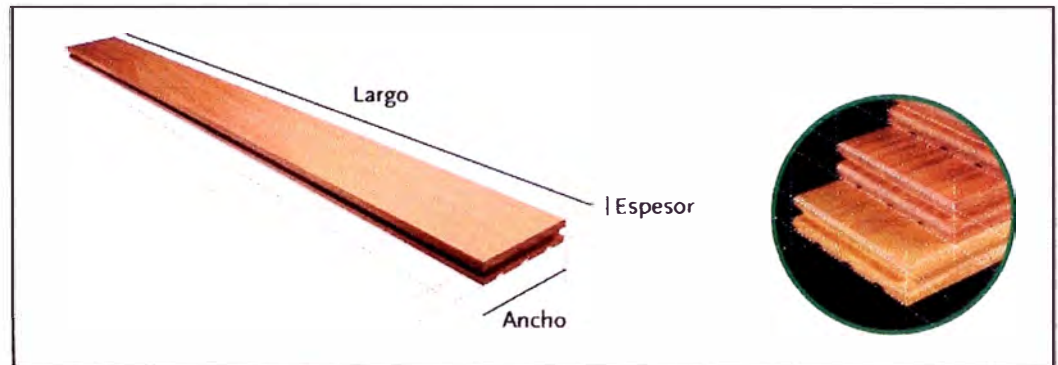


Figura 2.13: Piso machimbrado.

### 2.3.2. Incadex.

Es un piso exterior de alta calidad con biselados a los cantos y ranuras antideslizantes a una de las caras, extremadamente denso, rico en color, resistente al fuego, a las termitas y también altamente durable.

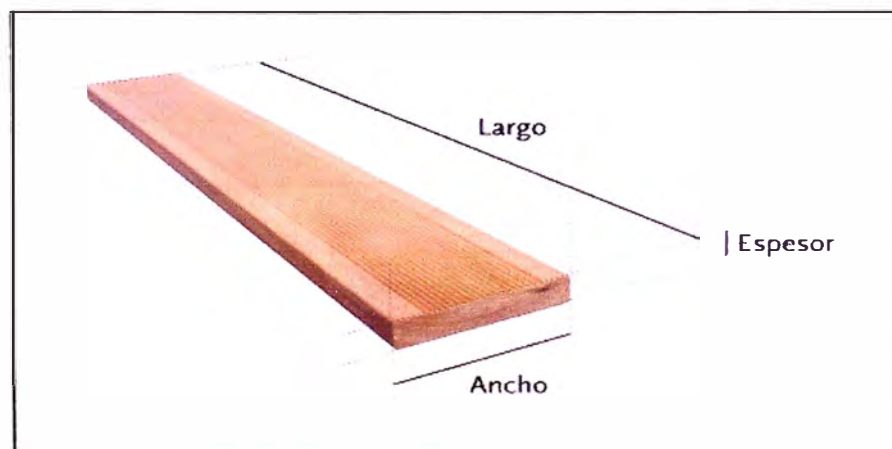


Figura 2.14: Piso Incadex.

### 2.3.3. Parquet.

El parquet es una alternativa más económica de pisos de especies finas de madera. Son pisos cepillados en las cuatro caras con un excelente acabado.

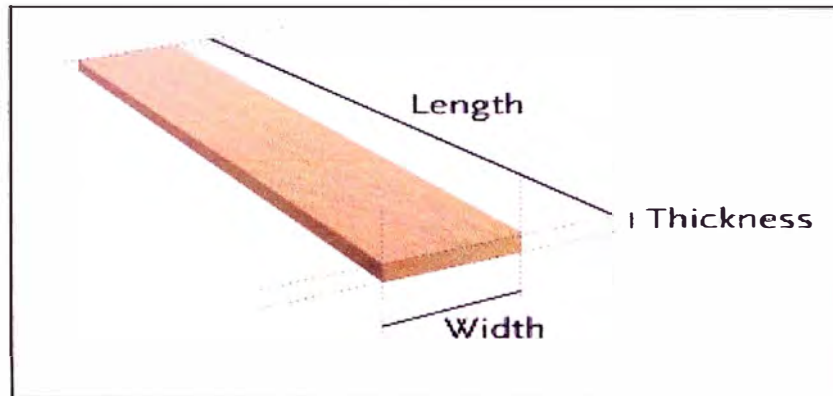


Figura 2.15: Piso Parquet.

## 2.4 RESIDUOS GENERADOS EN LA MANUFACTURA.

El proceso continuo de fabricación de pisos de madera, implica que se obtengan como sub productos a residuos de madera tales como aserrín, viruta, polvo y despuntes, los cuales tienen como foco de generación las cuchillas de las máquinas manufactureras.

A continuación se describen los residuos generados en el proceso de fabricación de pisos de madera.

- Despuntes de madera.
- Viruta.
- Aserrín.



#### 2.4.1. Despunte de madera.

Estos son generados en la despuntadora, en el proceso de realizar dimensionado en longitud y en la multilamina en el proceso de dimensionar y sanear los cantos. Estos residuos son fácilmente colectados manualmente debido a que son trozos de forma recta y de dimensiones que van desde varios centímetros a más de un metro.



Figura 2.16: Despunte de madera.

#### 2.4.2. Viruta.

Cinta delgada de madera, de espesor variable, obtenida por corte de una pieza en la dirección de la fibra, por medio del cepillado o de la moldurera.



Figura 2.17: Viruta.

### 2.4.3. Aserrín.

Es la especie de polvo, más o menos grueso, que se desprende de la madera cuando la asierran.



Figura 2.18: Aserrín.

#### 2.4.3.1. Harina de madera.

Está formada por partículas muy finas, producidas a partir de desperdicios de madera en diversos tipos de clasificadores según tamaños, por medios mecánicos o neumáticos. Algunas de las aplicaciones de la harina de madera son:

En industrias plásticas para polvo de moldeo y termoplásticos para la automoción, en industria de fundición refractaria, como pulimento de metales, como cama absorbente para animales domésticos, etc.



Figura 2.19: Harina de madera.

#### 2.4.3.2. Tamaño de las partículas.

Las partículas menores de  $0,1 \mu$  se comportan como moléculas de gas, efectúan un movimiento Browniano y no tienen una velocidad de caída medible. Las partículas cuyo tamaño fluctúa entre  $0,1$  y  $1 \mu$  tienen una velocidad de caída calculable, pero tan baja, que para los fines prácticos es despreciable. Las corrientes de aire tienen mayor influencia sobre los movimientos de dichas partículas que la fuerza de gravedad. Las partículas en el rango de  $1$  a  $10 \mu$  caen con una velocidad constante y calculable en aire quieto (Ley de Stokes). Sin embargo, su mantenimiento en el aire puede deberse a corrientes del mismo. Las partículas mayores de  $10 \mu$  caen rápidamente y pueden mantenerse en el aire cerca de donde se generan y bajo ciertas condiciones.

## **CAPÍTULO III**

### **IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS**

La acumulación de residuos de madera en las cuchillas de las máquinas de la planta de manufactura de los pisos de madera, y la inexistencia de un sistema adecuado que los retire, generan problemas como averías en las máquinas manufactureras, ambiente de trabajo hostil para los operarios, desperdicio de una gran cantidad de combustible, deficiencia en la calidad de los pisos de madera, etc.

#### **3.1 IMPACTOS PROVOCADOS POR LOS RESIDUOS DE MADERA.**

##### **3.1.1. Aspectos productivos.**

A continuación se mencionaran los impactos y sus consecuencias:

- Menor tiempo de vida útil de los filos de las cuchillas, esto ocasionará el aumento los tiempos de parada por afilado o cambio.
- Averías en las cuchillas, debido a la acumulación de residuos de madera, genera paradas imprevistas para realizar limpieza.
- Se genera un ambiente hostil a los operadores de las máquinas, lo cual repercute en su rendimiento.

- Los cortes realizados por las cuchillas de las distintas máquinas manufactureras a las maderas se hace deficiente, lo que genera baja calidad de los pisos fabricados.

Además de la pérdida de productividad y calidad, se pierden ingresos económicos adicionales debido a que se deja de aprovechar una parte o todos los residuos generados, debido a que se dificulta su clasificación y ya no pueden ser aprovechados como combustible biomásico o en otros usos como la agricultura, en la fabricación de tableros aglomerados, etc.

### **3.1.2. Aspectos ambientales.**

El proceso de mecanizado de la madera conlleva a la generación residuos sólidos, los cuales de no tener una gestión y manejo adecuado ocasionarán la contaminación del entorno en el cual la empresa maderera opera, lo que incluye el aire, el agua y la tierra, la flora y la fauna. Además el ruido producido por los dispositivos mecánicos de corte, fresado, cepillado y machimbrado empleados en la industria de la madera se acentúa al acumular residuos de madera.

Según las normas vigentes la empresa generadora de residuos solidados debe manejarlos a través de un sistema que incluya, los siguientes procesos:

- Minimización de residuos.
- Segregación en la fuente.
- Reaprovechamiento.
- Almacenamiento
- Recolección.
- Comercialización.
- Transporte.
- Tratamiento.
- Transferencia.
- Disposición final.

### **3.1.3. Seguridad y salud ocupacional de los involucrados.**

Los trabajadores de las empresas madereras están expuestos a diversos riesgos para el sistema respiratorio, causados por el polvo de madera, los componentes volátiles de la madera, los mohos y bacterias en suspensión. La exposición laboral al aserrín se ha relacionado con una gran variedad de efectos para el sistema respiratorio superior e inferior debido al tamaño de las partículas generadas por las operaciones de las industrias madereras, la nariz es el destino natural de los efectos de la exposición al polvo de madera.

Se han documentado muy diversos efectos en los senos nasales, como rinitis, sinusitis, obstrucción nasal, hipersecreción nasal y eliminación mucociliar deficiente. La exposición al polvo de madera se ha relacionado también con efectos para el tracto respiratorio

inferior como el asma, la bronquitis crónica y la obstrucción respiratoria crónica. Las especies de coníferas y frondosas, maderas duras y blandas, procedentes de climas tropicales y templados se han asociado a efectos tanto para el tracto respiratorio superior como para el inferior.

Los efectos para la salud varían según la especie de árbol, se sospecha que puedan deberse a los productos químicos naturales, conocidos como extractivos, que también varían según la especie, mientras que los extractivos de mayor peso molecular permanecen en el polvo durante las operaciones de transformación de la madera, otros, los extractivos más ligeros, tales como los monoterpenos, se volatilizan fácilmente durante las operaciones de secado en cámara, aserrado y retestado. Los mohos que se desarrollan en la madera son otro riesgo natural con posibles efectos perjudiciales, el efecto común por la exposición por mohos, es la fiebre por inhalación, también conocida como síndrome tóxico del polvo orgánico, caracterizada por crisis agudas de fiebre, malestar, dolores musculares y tos. Los efectos irritantes o alergénicos del polvo de madera, y otros materiales no se limitan al sistema respiratorio, por ejemplo, los estudios que comunican síntomas nasales suelen indicar una mayor incidencia de irritación ocular.

Se ha demostrado la relación de las dermatitis con el polvo de más de 100 especies diferentes de árboles, algunas de ellas especies comunes de maderas duras, maderas blandas y especies tropicales.

La presencia de aserrín, las astillas y otros residuos expulsados por las sierras puede provocar lesiones oculares y de otro tipo en los trabajadores que llevan a cabo las operaciones o en otros.

El aserrín y otros productos pulverulentos del proceso, plantean un peligro de incendio y explosión en la fábrica. Para minimizar este peligro, el polvo puede eliminarse por medios manuales o, preferiblemente, recolectarse por medio de sistemas de ventilación por aspiración localizada y recogerse en filtros de mangas o ciclones.

### **3.2 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.**

No sólo es necesario recoger la madera por razones ambientales sino, también, para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y sociológicos. La tendencia empresarial en el sector de la fabricación prioriza invertir en una óptima gestión de los residuos ya que esto ayudará a un mejor aprovechamiento de la materia prima pudiendo reutilizar así aquellos materiales que en un momento dado están catalogados como desperdicios.

En la fábrica de pisos se requiere de un sistema, que en su primera etapa retire los residuos de madera desde su fuente de generación y luego los transporte a un colector temporal, el cual debe tener la capacidad volumétrica adecuada para este fin, finalmente este sistema debe ser capaz de suministrar, de manera limpia, los desechos colectados a camiones, hornos, etc. Para su reutilización y/o disposición final.



La presencia de aserrín, las astillas y otros residuos expulsados por las sierras puede provocar lesiones oculares y de otro tipo en los trabajadores que llevan a cabo las operaciones o en otros.

El aserrín y otros productos pulverulentos del proceso, plantean un peligro de incendio y explosión en la fábrica. Para minimizar este peligro, el polvo puede eliminarse por medios manuales o, preferiblemente, recolectarse por medio de sistemas de ventilación por aspiración localizada y recogerse en filtros de mangas o ciclones.

### **3.2 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.**

No sólo es necesario recoger la madera por razones ambientales sino, también, para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y sociológicos. La tendencia empresarial en el sector de la fabricación prioriza invertir en una óptima gestión de los residuos ya que esto ayudará a un mejor aprovechamiento de la materia prima pudiendo reutilizar así aquellos materiales que en un momento dado están catalogados como desperdicios.

En la fábrica de pisos se requiere de un sistema, que en su primera etapa retire los residuos de madera desde su fuente de generación y luego los transporte a un colector temporal, el cual debe tener la capacidad volumétrica adecuada para este fin, finalmente este sistema debe ser capaz de suministrar, de manera limpia, los desechos colectados a camiones, hornos, etc. Para su reutilización y/o disposición final.

La manera más adecuada y usada para la remoción y transporte de residuos de madera, en la industria maderera, es usando una corriente de aire de presión negativa proveniente de ventiladores centrífugos.

## **CAPÍTULO IV**

### **EXTRACCIÓN NEUMÁTICA**

En los sistemas de extracción neumática se usa un gas como medio para la extracción de polvos, gases y/o partículas a granel ,el gas usado generalmente es el aire, sin embargo en el caso que se requiera extraer partículas inflamables, es conveniente usar un gas inerte como el nitrógeno.

Estos sistemas tienen la característica de que son sistemas cuya operación es sencilla, son flexibles en cuanto a dirección y distancia, tienen un bajo costo de mantenimiento, son limpios, resultan fáciles y económicas realizar redirecciones y/o ampliaciones en el sistema por cambios en la posición de puntos de acopio o destino.

#### **4.1 TIPOS DE SISTEMAS SEGÚN SU PRESIÓN DE OPERACIÓN.**

El movimiento de los materiales se produce dentro de las tuberías, debido a la diferencia de presión entre el comienzo y el final de los ductos. De acuerdo con esta diferencia de presión se distinguen tres tipos de sistema:

#### 4.1.1 Sistemas de presión negativa o de vacío.

En estos sistemas, también llamados de vacío, la presión absoluta del gas en la línea de transporte es menor que la atmosférica.

Sobre todo en el transporte de productos tóxicos y de materiales peligrosos, un sistema de presión negativa puede ser la mejor opción, ya que este impide que el polvo escape de la cañería. En estos esquemas el material es captado libremente, mientras que requiere de una válvula rotatoria a la entrada de los equipos de descarga, por esta razón son ampliamente utilizados cuando se tienen múltiples puntos de captación y un único punto de descarga. Sin embargo en los puntos de recepción de sólidos debe colocarse un dispositivo de separación como un filtro o un ciclón. La principal desventaja de este sistema es que solo puede ser usado cuando las distancias de transporte son cortas.

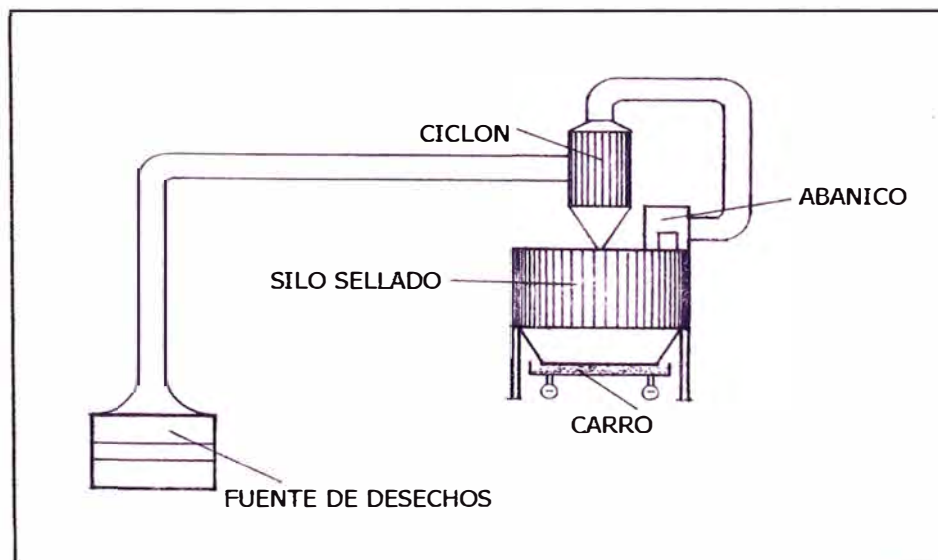


Figura 4.1: Sistema neumático de presión negativa o de vacío.

#### 4.1.2 Sistemas de presión positiva.

El generador de gas es el primer componente, tiene la desventaja de que la succión es un tanto baja. En este tipo de sistemas, la presión absoluta del gas dentro de la tubería es siempre mayor que la atmosférica. Esta configuración es la más utilizada, sobre todo en sistemas de descarga múltiple.

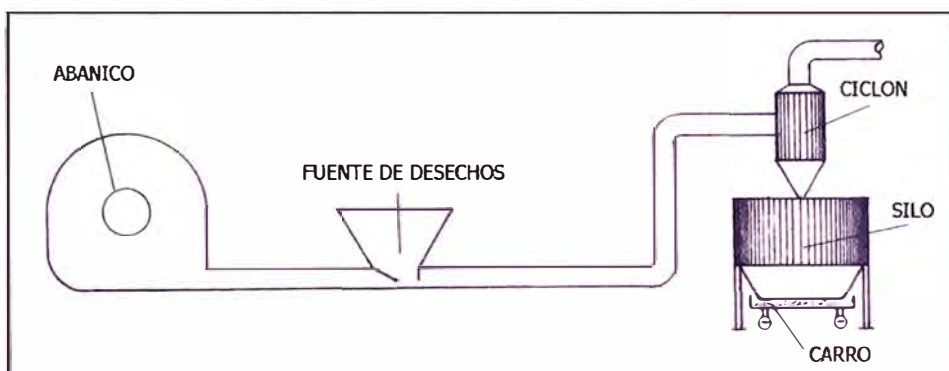


Figura 4.2: Sistema neumático de presión positiva.

#### 4.1.3 Sistemas combinados de presión negativa y positiva.

Esta forma de operación combina las ventajas de ambos sistemas.

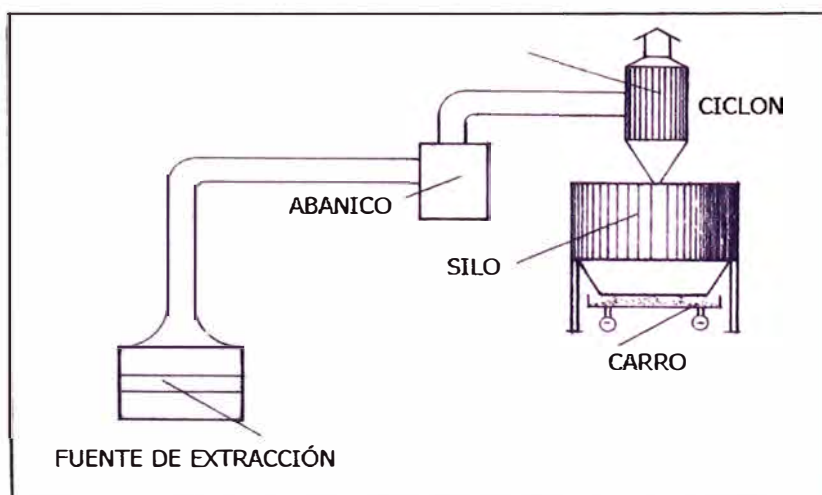


Figura 4.3: Sistema neumático combinado.

## **4.2 SISTEMA DE EXTRACCIÓN GENERAL.**

Se emplean para el control del ambiente térmico y/o para eliminar los contaminantes generados en un área o a través de un barrido de un espacio con gran cantidad de aire .Cuando se emplea para dilución de un ambiente (control de contaminantes), el aire debe ser suficiente para que reduzca la concentración a niveles seguros .En muchos casos el aire contaminado es descargado al medio ambiente .Para compensar el aire extraído se utilizan sistemas de impulsión que funcionan asociados al de extracción.

## **4.3 SISTEMA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA.**

La aspiración o extracción localizada se basa en el principio de capturar el contaminante en o muy cerca de su origen .Es el método de control más utilizado por su eficacia .Los requisitos de estos sistemas son: un generador de corriente de gas, uno o más dispositivos de captación, tuberías de transmisión y uno o más receptores con dispositivos para separar el material transportado y el gas portador.

## **4.4 PARÁMETROS DE DISEÑO.**

### **4.4.1 Velocidad de succión.**

Los sistemas de extracción localizada se diseñan para captar y eliminar contaminantes antes que se difundan al ambiente general del local del trabajo .La campana es el elemento esencial para crear un flujo de aire que capture eficazmente al contaminante y lo transporte hacia ella. La velocidad de succión o captura es la mínima velocidad del aire producida por la campana para dirigir y capturar el

aire hacia ella .La velocidad del aire lograda es función del caudal de aire aspirado y de la forma de la campana.

#### **4.4.2 Velocidad de transporte.**

En el transporte del material en las tuberías se debe conservar cierta mínima velocidad del aire para evitar que se asiente y mantenerlo en suspensión y fluyendo.

Una velocidad demasiado baja impedirá la transmisión de material y velocidades innecesariamente altas aumentará la caída de presión, aumentaran la abrasión y por lo tanto, será necesario energía adicional para vencer esa resistencia aumentando el costo de operación. Cuando el asentamiento se produce en el plano horizontal, es conocida como ruptura y cuando el asentamiento se produce en el plano vertical, se llama asfixia o bloqueo. Para un diámetro dado de tubería y caudal de sólidos, la velocidad de ruptura siempre es mayor que la velocidad de bloqueo. Por lo tanto, en un sistema de transporte compuesto por tramos verticales y horizontales, se seleccionará la velocidad del gas a fin de evitar la ruptura; de esta forma también se evitará el bloqueo.

#### **4.5 MÉTODO PARA EQUILIBRAR EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA.**

Para lograr la distribución adecuada del caudal total entre las campanas de captación, se dispone de dos métodos de cálculo: el método de equilibrio por compuertas y el método de equilibrio por diseño.

#### 4.5.1 Método de equilibrio por compuertas.

En este método el criterio de diseño consiste en calcular los diámetros de los conductos utilizando la ecuación:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4*Q}{\pi*v}} \quad (4.1)$$

Donde el caudal (Q) es el caudal de diseño de la respectiva campana de captación y (v) es la velocidad de transporte correspondiente al material captado. En cada empalme se suman los caudales de las corrientes aportadas por los conductos que concurren al mismo, y con este nuevo caudal y la velocidad de transporte elegida se calcula el área y el diámetro del troncal. Este cálculo se reitera hasta llegar al punto de descarga del sistema. Con estos diámetros así calculados, se diseña el sistema y se lo instala, con el agregado de compuertas de regulación, a la salida de cada campana. Cuando el sistema se pone en funcionamiento, las compuertas se ajustan para lograr el caudal de diseño en cada campana. El ventilador instalado debe tener la potencia adecuada para satisfacer las necesidades del sistema.

#### 4.5.2 Método de equilibrio por diseño.

El método propuesto consiste en lograr la distribución de los caudales en los distintos tramos, que deben ser iguales o mayores que los caudales de diseño, sin el empleo de las compuertas de regulación. El cálculo comienza en las campanas conectadas a conductos con mayores resistencias, y a partir del caudal de diseño



establecido para cada una de ellas, se elige la velocidad de transporte mínima adecuada al contaminante generado y se calcula el área y las dimensiones de cada conducto que concurren a un mismo nudo. A partir de las longitudes de los tramos rectos y de los accesorios de esos conductos, se calculan las pérdidas de presión de los mismos y se las comparan entre sí. Si no son iguales, es decir que no se logra el equilibrio de presión estática en el nudo considerado, se modifican las variables de cálculo hasta lograr dicho equilibrio. A partir de allí se sigue avanzando siguiendo el trazado de los conductos, nudo a nudo, hasta terminar en la descarga del sistema. Cada vez que se llega a un nudo debe verificarse el cumplimiento del equilibrio de la presión estática, siguiendo el camino desde cada una de las campanas consideradas hasta el nudo analizado.

#### **4.6 PÉRDIDA DE PRESIÓN.**

En transportes en fase diluida la pérdida de presión principalmente se debe a la aceleración del gas desde cero, a la fricción gas-pared, y a la fricción partícula – pared, usualmente, se considera que la fricción gas-pared es independiente de la presencia de sólidos, por lo que se puede estimar por separado.

##### **4.6.1 Presión dinámica.**

Es la presión que acelera el aire desde cero a la velocidad de régimen. Se manifiesta solo en la dirección del aire y viene

relacionada con la dirección del mismo, por la fórmula 4.2, expuesta en términos de metros de altura de columna de aire (m Aire):

$$P_d = \frac{V_a^2}{2 \cdot g} \quad (4.2)$$

Donde:

$V_a$  : Velocidad del aire (m/s).

$P_d$ : Presión dinámica (m Aire).

#### **4.6.2 Pérdidas de presión por fricción gas-pared en conductos.**

##### **4.6.2.1 Pérdidas de presión por fricción en tramos rectos.**

Una de las formas de calcular las pérdidas de presión en tramos rectos 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 del anexo A.3, es válido para secciones circulares y un coeficiente de fricción = 0,02 (plancha de fierro galvanizada).

$$\Delta P_{\text{tramo recto}} = \text{Long. ductos} \times \text{Perd. por metro} \quad (4.3)$$

##### **4.6.2.2 Pérdidas de presión localizada debido a accesorios.**

Las pérdida de presión localizada debido a la presencia de codos, empalmes y los cambios de sección (estrechamientos o

ensanchamientos de los conductos, transición de conductos circulares a rectangulares y viceversa, etc.).

El método de coeficientes, se basa en calcular la caída de presión de un elemento de la conducción en función de la presión dinámica por aceleración del aire que circula y de unos coeficientes de proporcionalidad, determinados experimentalmente, para cada uno según su forma y dimensiones. La fórmula usada es:

$$\Delta P_{\text{accesorios}} = K \times P d \quad (\text{mm H}_2\text{O}) \quad (4.4)$$

K, es un valor numérico a dimensional, que representa el coeficiente o factor de pérdida, y que depende del tipo de accesorio considerado.

## 4.7 COMPONENTES.

### 4.7.1 Tuberías.

Es importante que no se use tubería menor de 100 mm de diámetro (4"), ya que se dan muchas pérdidas de presión y velocidad por fricción o roce. Los materiales que se emplean para la fabricación de la tubería pueden ser:

- Hierro galvanizado.
- Hierro negro.

- PVC (policloruro de vinilo o simplemente vinilo). Si se utiliza este material, debe tomarse en cuenta que no esté cerca de líneas de conducción eléctrica, para no generar campos eléctricos que puedan causar accidentes.
- Manguera de poliuretano con espiral de acero zincado o cobreado, es conveniente colocarlos en la salida de las máquinas, para evitar tanto el ruido como el deterioro del tubo metálico, provocado por la vibración de las máquinas.

#### **4.7.2 Dispositivos de captación.**

El dispositivo de captación, que en muchos casos suele denominarse campana, tiene por objeto evitar que el material 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 a la utilización de caudales, coste de funcionamiento y de instalación excesivos.

##### **4.7.2.1 Determinación del caudal de aspiración**

Para campanas laterales de boca circular, cuadrada o rectangular, estas últimas con una relación ancho a largo ( $W / L$ ) igual o mayor que 2, el caudal de aspiración viene dado por la expresión:

$$Q = V * (10 * X^2 + A) \quad (4.5)$$

Donde:

Q: Caudal de aire a aspirar por la campana.

V: Velocidad de control en el eje de la campana a una distancia  $x$  de la boca.

X: Distancia a la boca de la campana.

A: Área del frente o boca de la campana.

#### **4.7.3 Dispositivos de separación sólido-gas.**

Los dispositivos de separación sólido-gas dentro del sistema tienen dos funciones: La primera es recuperar la mayor cantidad de material a partir de un flujo de gas o aire y dirigirlo a un destino temporal de donde se pueda disponer posteriormente. La segunda es minimizar la contaminación del entorno de trabajo del sistema.

La elección del dispositivo de separación sólido-gas debe realizarse teniendo en cuenta principalmente la cantidad de partículas del material involucrado, el rango de tamaños de las partículas del material, la eficiencia de separación y el costo de operación. En general partículas más pequeñas requieren más esfuerzo y costo para ser removidas.

La eficacia del separador, es la relación expresada en porcentaje entre el peso de material retenido o separado y el peso de material entrante. También puede definirse como la razón porcentual de la diferencia entre los contenidos de material inicial y final (antes y después de la separación) al contenido inicial.

$$n = \frac{\text{masa de material separada}}{\text{masa de material entrante}} \quad (4.6)$$

La tabla 4.1 muestra la diferencia de eficiencias en los distintos tipos de colectores, dando una idea de la importancia de cada tipo de mecanismo que utilizan estos dispositivos en su tarea por atrapar el material transportado.

Tabla 4.1.

TIPO DE SEPARADOR	$\eta$ MÁX.	TAMAÑO MÍNIMO DE PARTÍCULA CAPTURADA (MICRONES)
Cámaras de gravedad	20 – 60	200
Separadores centrífugos o ciclones	80 – 95	5 a 60
Filtro de mangas	99	0,25
Electro filtros	95 – 99	0,25 a 1,0

Esta tabla sólo se debe utilizar como referencia debido a que la eficiencia de los colectores puede variar con la forma de las partículas, densidad, concentración, características del flujo de gas y en algunos casos, el tamaño del dispositivo colector.

#### 4.7.3.1 Cámaras de sedimentación.

Es el equipo más simple para separar sólidos de una corriente de gas o aire, su operación consiste en que el flujo de gas cargado se expanda dentro de una gran cámara reduciendo su velocidad y ocasiona que las partículas se asienten por gravedad.

Las ventajas que posee este sistema es el bajo costo de construcción y mantenimiento, larga duración y una baja caída de presión en el rango de aproximadamente 0,1 pulgadas de altura de columna de H<sub>2</sub>O. Estos equipos se usan principalmente para separación de material relativamente grueso.

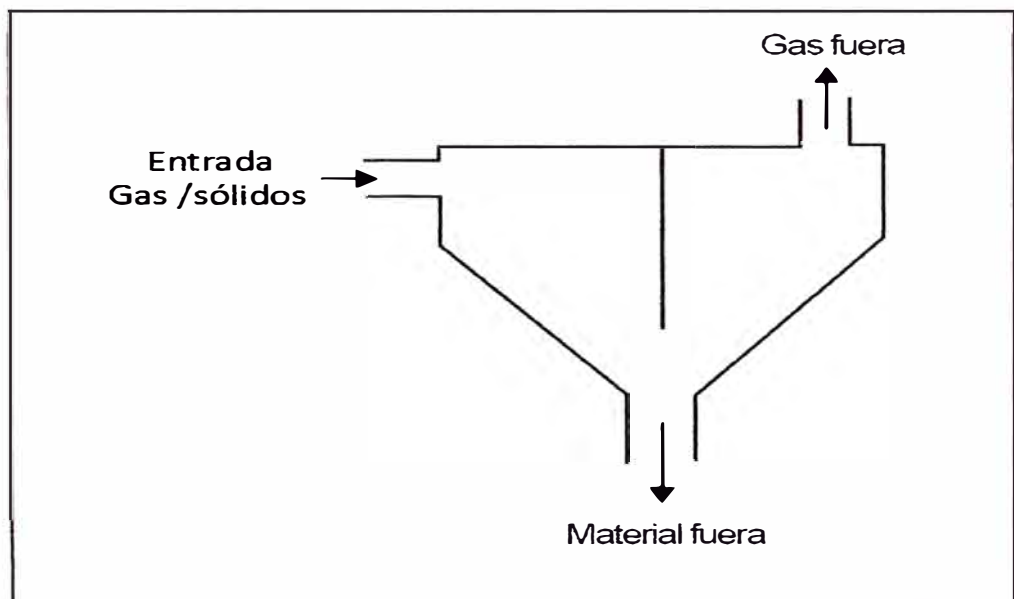


Figura 4.4: Sistema básico.

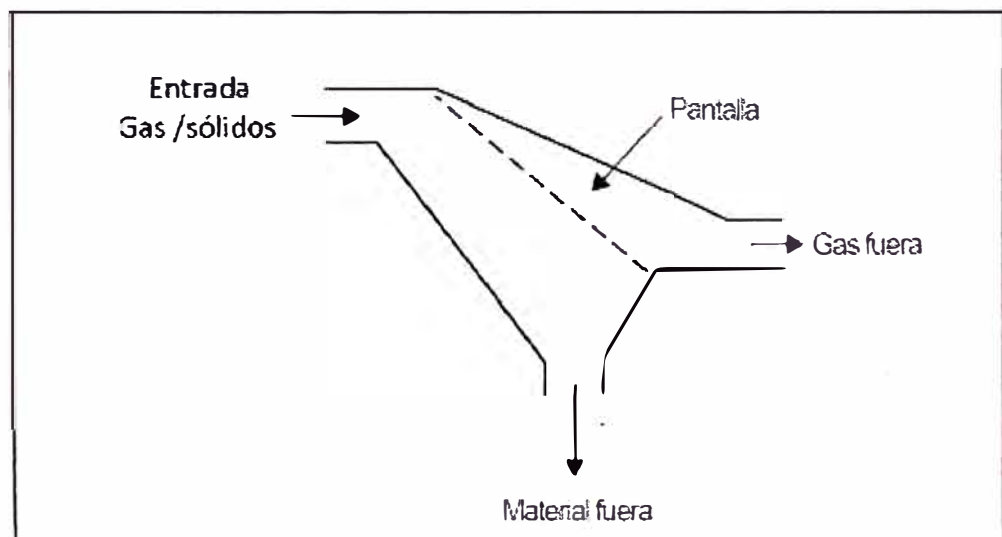


Figura 4.5: Diseño que incorpora una pantalla.

#### 4.7.3.2 Ciclones.

En estos dispositivos el gas cargado entra en la cámara superior tangencialmente y desciende en espirales hasta el ápice de la sección cónica, luego asciende en un segundo espiral, con diámetro más pequeño, y sale por la parte superior a través de un ducto vertical centrado. Los sólidos se mueven radialmente hacia las paredes, se deslizan por las paredes, y son recogidos en la parte inferior.

El diseño apropiado de la sección cónica del ciclón obliga al cambio de dirección del vórtice descendente, el vórtice ascendente tiene un radio menor, lo que aumenta las velocidades tangenciales; en el cono se presenta la mayor colección de partículas, especialmente de las partículas pequeñas al reducirse el radio de giro.

Sus principales ventajas son la compacidad, la sencillez de fabricación, fácil mantenimiento y elevada eficacia. Los ciclones son adecuados para separar partículas con diámetros mayores de  $5 \mu\text{m}$ ; aunque partículas muchos más pequeñas, en ciertos casos, pueden ser separadas.



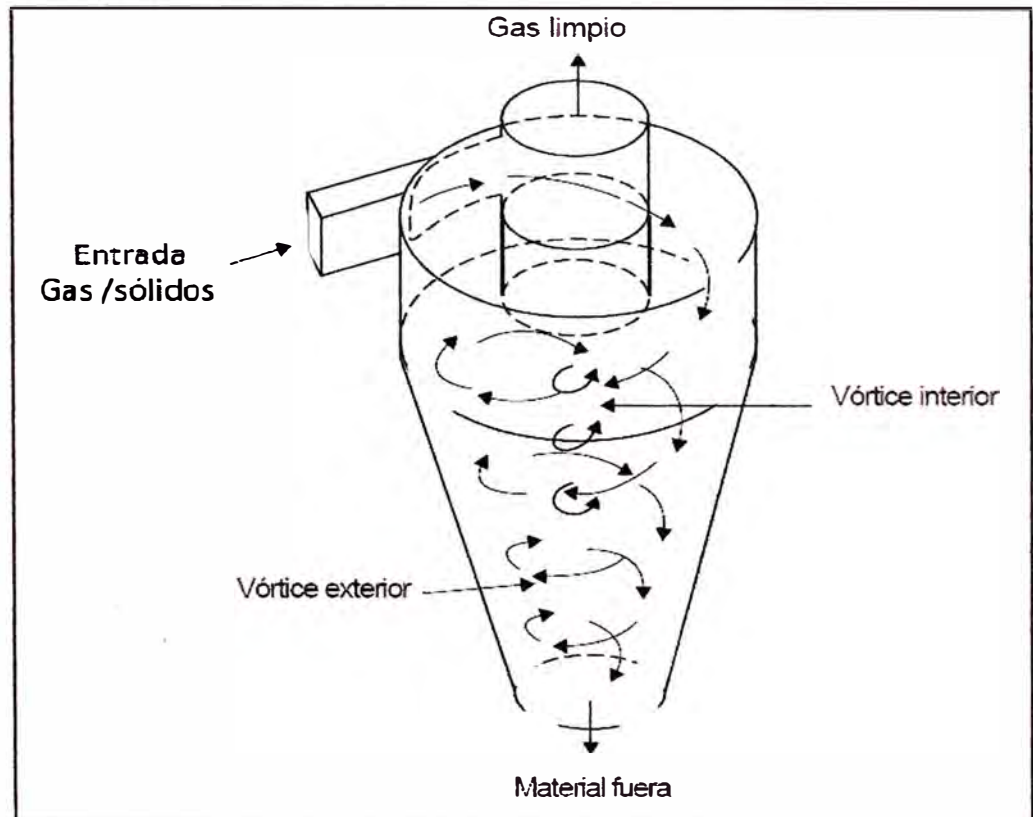


Figura 4.6: Principio de funcionamiento de un ciclón.

El diseño de un ciclón se basa normalmente en familias de ciclones que tienen proporciones definidas. Las principales familias de ciclones de entrada tangencial son:

- Ciclones de alta eficiencia.
- Ciclones convencionales.
- Ciclones de alta capacidad.

Los ciclones de alta eficiencia están diseñados para alcanzar mayor remoción de las partículas pequeñas que los ciclones convencionales, pueden remover partículas de 5  $\mu\text{m}$  con eficiencias hasta del 90%, pudiendo alcanzar mayores eficiencias con

partículas más grandes. Sin embargo tienen mayores pérdidas de presión, lo cual requiere de mayores costos de energía.

Los ciclones de alta capacidad están garantizados solamente para remover partículas mayores de  $20\ \mu\text{m}$ , aunque en cierto grado ocurra la colección de partículas más pequeñas. Se ha reportado que los multiciclones han alcanzado eficiencias de recolección de 80 a 95 % para partículas de  $5\ \mu\text{m}$ .

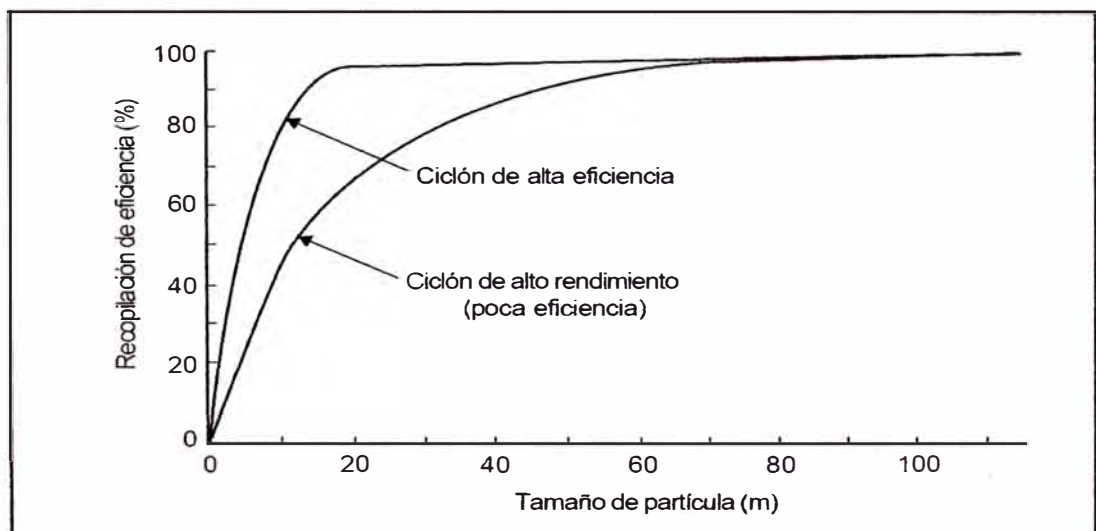


Figura 4.7: Eficiencia de recolección Vs Tamaño de partícula.

#### 4.7.3.3 Filtros (de tela, perforados o fibrosos).

En estos dispositivos el aire cargado de polvo pasa siguiendo caminos tortuosos a través de telas, hojas de papel, etc. El polvo es interceptado gracias a las fuerzas de inercia debidas a los cambios de dirección que experimenta la corriente a través del filtro y también por gravedad y difusión.

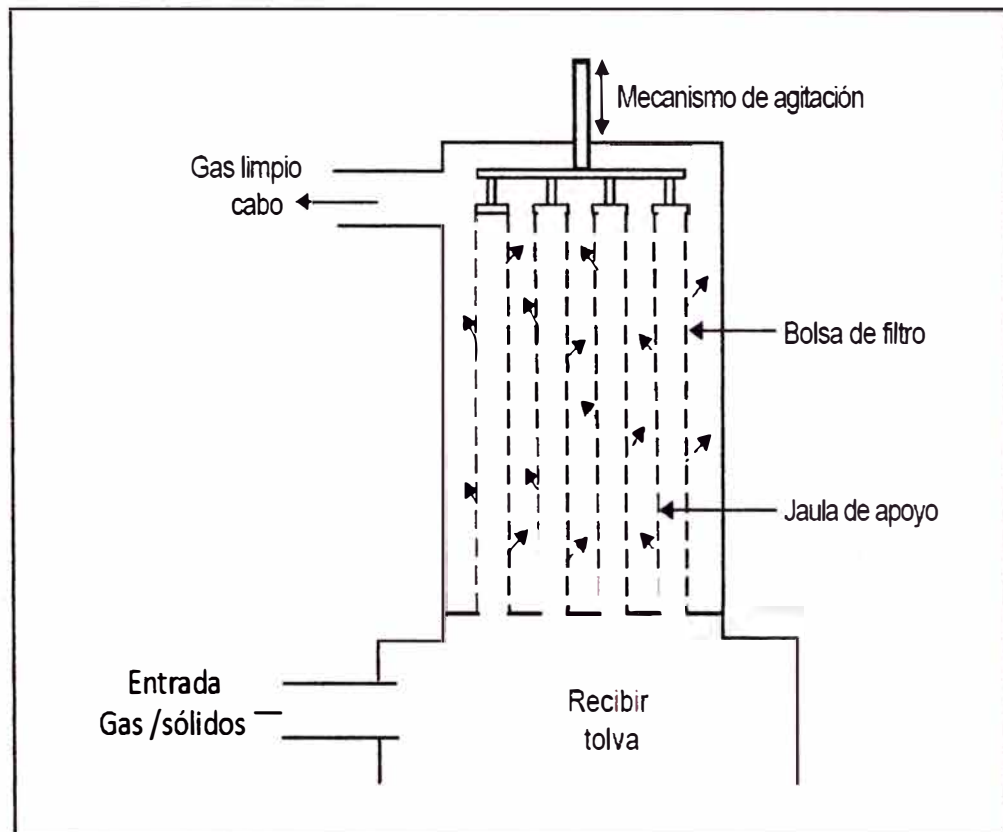


Figura 4.8: Principio de funcionamiento de los filtros.

#### 4.7.3.4 Electro filtros (Precipitadores electrostáticos).

En estos dispositivos las partículas se cargan eléctricamente por medio de un campo eléctrico de alto voltaje para después ser atraídos por un electrodo en el que se descargan.

Cuando ningún sistema es capaz de proporcionar el grado de purificación requerido se emplea un aparato que combine 2 o más de los efectos mencionados.

#### 4.7.4 Ventiladores Centrífugos.

Los ventiladores centrífugos son turbo máquinas que absorben energía mecánica y la transforman mediante la fuerza centrífuga en energía de presión, comunicándole un incremento de presión a un gas. Existen seis tipos de ventiladores centrífugos que usualmente se utilizan en la industria.

- Ventilador centrífugo con álabes de perfil de avión.
- Ventilador centrífugo con álabes curvados hacia atrás.
- Ventilador centrífugo con álabes inclinados hacia atrás.
- Ventilador centrífugo con álabes con punta radial.
- Ventilador centrífugo con álabes curvados hacia adelante.
- Ventilador centrífugo con álabes radiales.

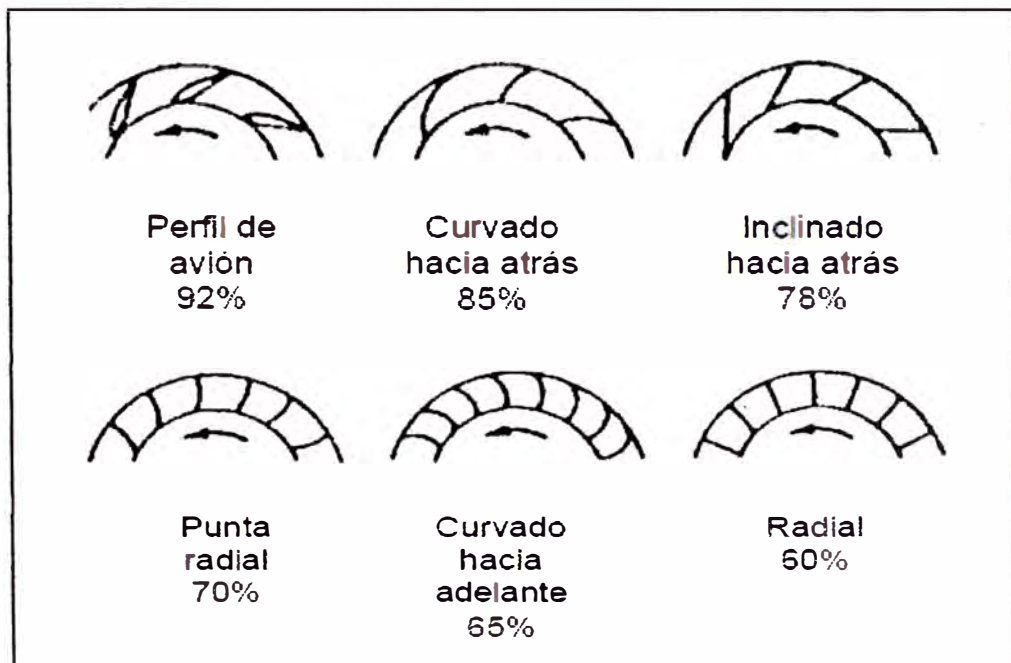


Figura 4.9: Tipos de Rodete.

#### 4.7.4.1 Rendimientos y potencias.

Los rendimientos en un ventilador centrífugo se pueden clasificar en tres grupos:

- El rendimiento hidráulico ( $\eta_h$ ) tiene en cuenta todas y sólo las pérdidas hidráulicas. Estas pérdidas disminuyen la energía específica útil que el ventilador comunica al aire y consiguientemente la altura útil. Éstas se producen por el rozamiento del aire con las paredes del ventilador y por el desprendimiento de la capa límite en los cambios de dirección y en toda forma difícil al flujo.
- El rendimiento volumétrico ( $\eta_v$ ) tiene en cuenta todas y sólo las pérdidas volumétricas. Éstas se producen por pérdidas de caudal al exterior.
- El rendimiento mecánico ( $\eta_m$ ) tiene en cuenta todas y sólo las pérdidas mecánicas. Éstas se producen por rozamientos en los rodamientos y accionamiento de auxiliares. La multiplicación de los tres rendimientos anteriores da como resultado el rendimiento total ( $\eta_{tot}$ ).

$$\eta_{tot} = \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_m \quad (4.7)$$

La potencia de accionamiento o potencia en el eje es la potencia mecánica que el ventilador absorbe. La expresión hidráulica de la potencia de accionamiento es la siguiente:

$$P = \frac{\Delta P_{tot} \cdot Q}{102 \cdot \eta_{tot}} \quad (4.8)$$

La potencia eléctrica o potencia del motor eléctrico depende de la eficiencia eléctrica del motor y se define usualmente con la siguiente expresión:

$$P_e = (1,2 - 1,3)P \quad (4.9)$$

#### **4.7.6 Silos.**

En este caso, los silos permiten depositar el material. Existen básicamente dos tipos de silos:

- Los no herméticos, es decir, aquellos en que la tubería de descarga de aire limpio puede estar abierta al ambiente, sin causar problema al sistema de extracción, como en el caso del sistema de succión-impulsión.
- Los herméticos, se caracterizan por ser completamente cerrados, para no permitir la reducción de caudal en la fuente, como en el caso de un sistema de succión.

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO DEL SISTEMA**

Como se mostró en el capítulo 2, la planta de fabricación de pisos de madera tiene dos secciones, por razones operacionales se consideró que cada una de las secciones, tengan un sub-sistema neumático de extracción independiente, cada uno con su propio sistema de ductos, ventilador y dispositivo separación sólido-gas, pero con un silo de descarga común.

#### **5.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA SEGÚN LA PRESIÓN DE OPERACIÓN.**

Se seleccionó un sistema de extracción combinado (presión negativa en la captación y presión positiva en la descarga).

En la captación se optó por usar presión negativa debido a que ésta ayuda a la limpieza de la superficie y alrededores de donde se generan los residuos de madera e impide que estos escapen de las tuberías, manteniendo de esa manera, la maquinaria y el ambiente limpios. Además al tener 13 puntos de succión es conveniente, puesto que estos sistemas no necesitan de ninguna válvula rotativa en la captación.

En la descarga se optó por un sistema de presión positiva con el fin de que no se use alguna válvula rotativa o cualquier otro dispositivo que impida el ingreso de aire, y también para aprovechar la estructura del silo de colección como base del ventilador centrífugo.

## **5.2 DISTANCIA DE TRANSMISIÓN.**

Para especificar la distancia se tuvo en cuenta la ubicación de los puntos de succión en cada máquina manufacturera, la ubicación de los ventiladores y la ubicación del silo de descarga de residuos de madera. Las posiciones de los ventiladores y del silo fueron elegidas con el fin de evitar gastos innecesarios de tubería, facilitar la reutilización de los residuos de madera en otros procesos y por la disponibilidad de espacio en la periferia de la planta.

También fue importante definir la orientación de la tubería, el número de curvas y su geometría, para esto se tuvo en cuenta algunas recomendaciones que se presentan a continuación:

- Los codos deben tener un radio mínimo de 2 ó 2,5 veces el diámetro del ducto, para evitar pérdidas por el roce y las turbulencias durante el paso del material. Además, deben tener un número de secciones de acuerdo al radio del codo, para evitar al máximo la fricción ó el roce por las paredes del codo; cuanto mayor sea el número de secciones se produce menor pérdida de presión y velocidad como consecuencia del roce.



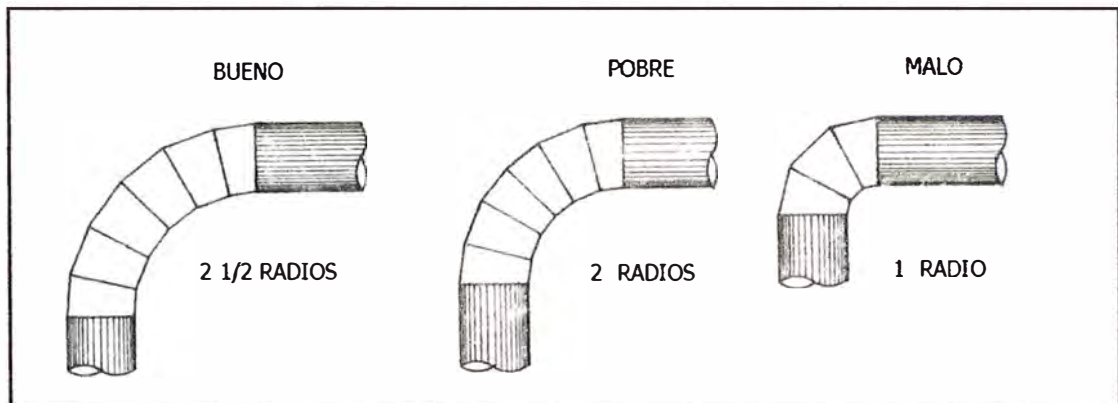


Figura 5.1: Codos y sus respectivos radios.

- En lo posible se debe evitar la entrada de un ramal, a una tubería primaria con un diámetro pequeño. Es recomendable que esa área de entrada no sea menor que dos veces el área de la tubería principal.

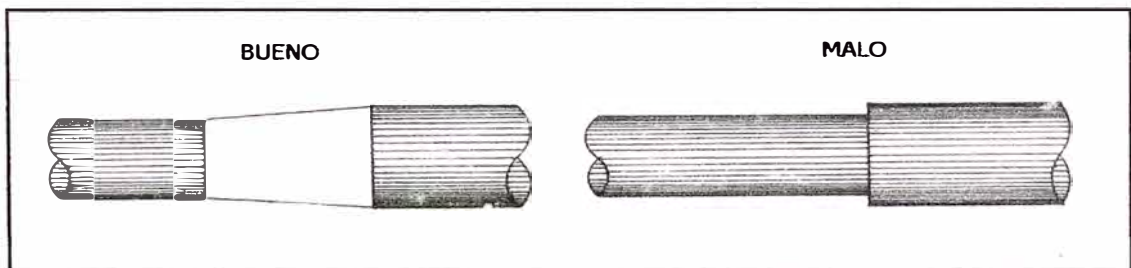


Figura 5.2: Entradas con ampliación.

- Se recomienda evitar las entradas verticales debido a la turbulencia que causaría. Por lo tanto, se debe procurar un ángulo de entrada a la tubería principal que comprenda entre los 15 a 30 grados; eliminando así muchas pérdidas de presión y velocidad por la turbulencia generada.

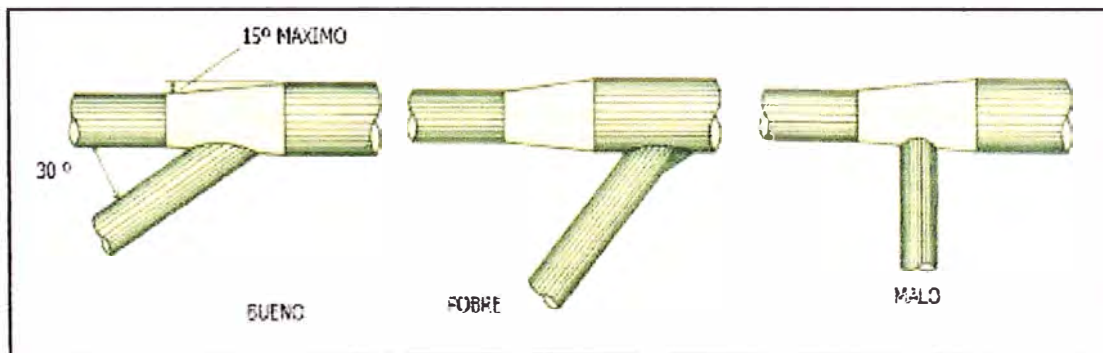
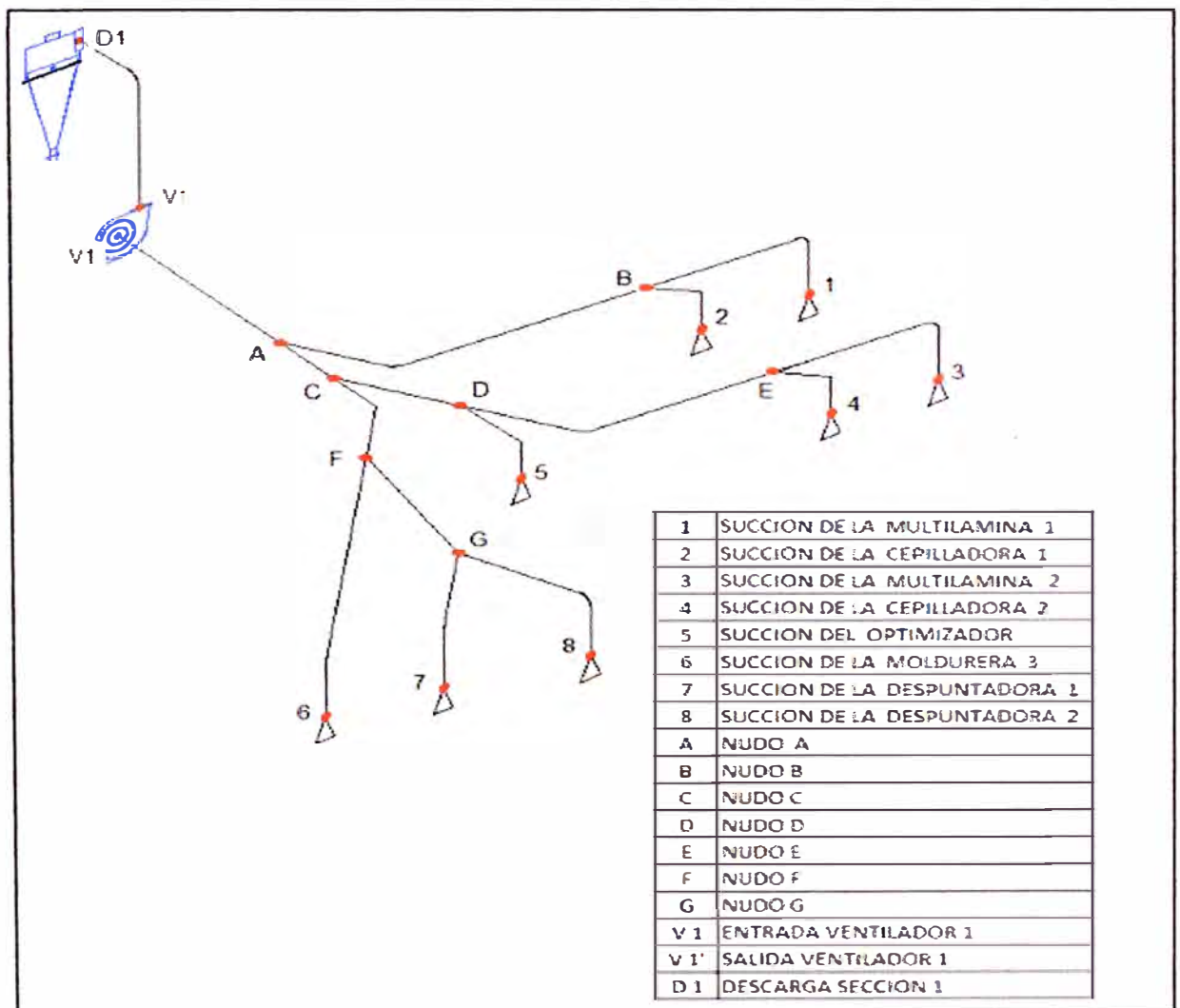


Figura 5.3: Entradas con ángulos.

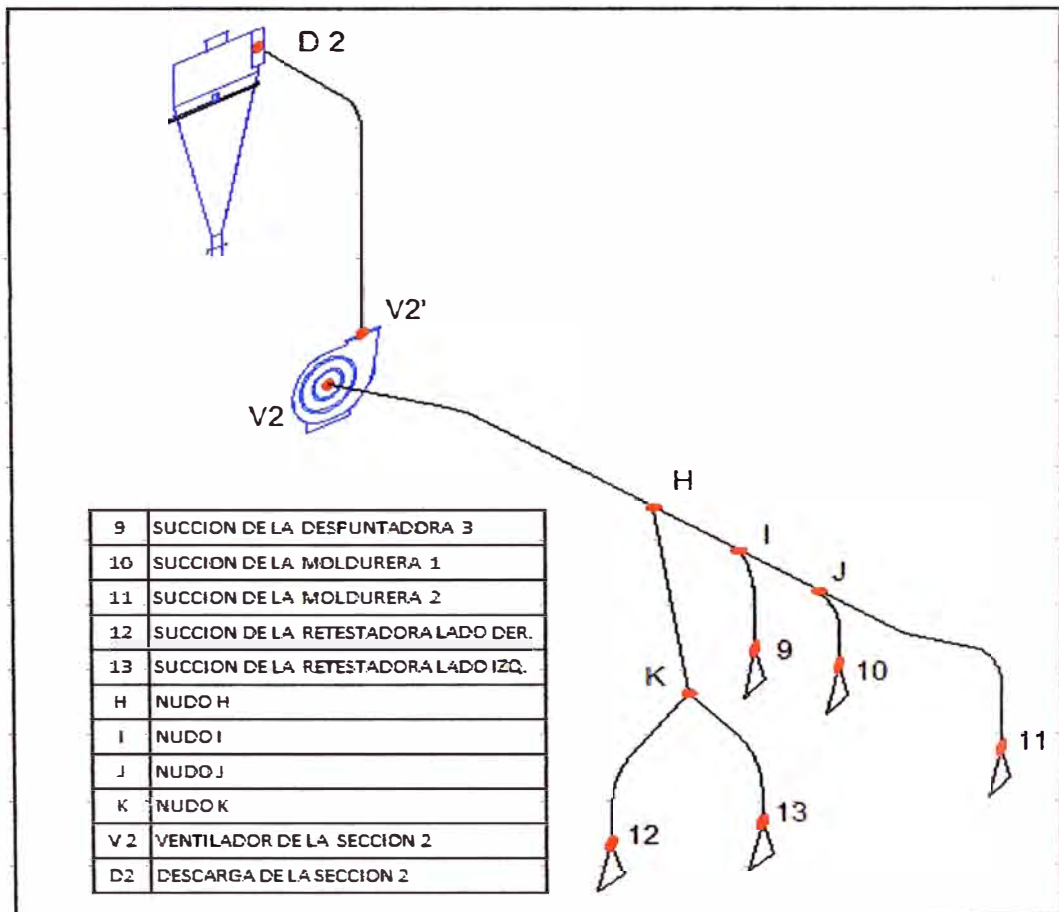
A continuación se presentan los esquemas de distribución de los ductos del sistema neumático de presión combinada:



Esquema 5.1: Distribución de los ductos de la sección 1.

Tabla 5.1: Longitudes de tramos rectos y accesorios de la sección 1.

TRAMO	TRAMOS RECTOS (mm)			ACCESORIOS	
	HORIZONTAL	VERTICAL	DIAGONAL	CODOS	EMPALMES
1-B	9 700	1 500		1-90° (R/D=2,5)	
2-B		1 250	500 <30°	1-30° (R/D=2,5)	1-30°
3-E	9 700	1 500		1-90° (R/D=2,5)	
4-E		1 250	500 <30°	1-30° (R/D=2,5)	1-30°
5-D	7 600	1 500		1-90° (R/D=2,5)	1-30°
6-F	24 200	1 500		1-90° (R/D=2,5)	
7-G	9 100	1 500		1-90° (R/D=2,5)	1-30°
8-G	7 600	1 500		1-90° (R/D=2,5)	1-30°
B-A	27 200			1-60° (R/D=2,5)	1-30°
E-D	25 300			1-60° (R/D=2,5)	
D-C	6 300				
G-F	9 000				1-30°
F-C	11 000			1-41° (R/D=2,5)	
C-A	6200				
A-V 1	12 900				
V 1'-D	1 300	13 000		1-90° (R/D=2,5)	



Esquema 5.2: Distribución de los ductos de la sección 2.

Tabla 5.2: Longitudes de tramos rectos y accesorios de la sección 2.

TRAMO	TRAMOS RECTOS (mm)			ACCESORIOS	
	HORIZONTAL	VERTICAL	DIAGONAL	CODOS	EMPALMES
9-I	2 500	1 500		1-30° (R/D=2,5)	2 500
10-K		1 250	500	1-30° (R/D=2,5)	
11-K	7 500	1 500		1-90° , 1-24°(R/D=2,5)	7 500
12-J	8 000	1 500		1- 90° (R/D=2,5)	8 000
13-J	6 400	1 500		1- 90° (R/D=2,5)	6 400
K-I	5 000				5 000
I-H	5 000				5 000
J-H	15 500				15 500
H -V 2	16 600			1 - 24°(R/D=2,5)	16 600
V 2'-D	1 300	13 000		1-90° (R/D=2,5)	1 300

### 5.3 SELECCIÓN DE LAS VELOCIDADES DE CAPTACIÓN Y TRANSPORTE.

Para la selección de la velocidad de captación se recurrió a la tabla del anexo A.1. Y se eligió la velocidad de 2,5 m/s, la cual corresponde a la velocidad de captación del aire con partículas solidas en suspensión producidas en zonas de movimiento rápido de aire en una operación continua.

Para la selección de la velocidad de transporte del sistema se recurrió a la tabla del anexo A.2, la cual muestra las velocidades recomendadas para el transporte neumático de algunos productos. Para la viruta de madera, el rango de velocidad del aire recomendable, está entre 4 000 y 6 000 FPM. Para los cálculos posteriores se usara 6 000 FPM (30,48 m/s) que corresponde a las especies de maderas con mayor densidad.

#### 5.4 DISPOSITIVOS DE CAPTACIÓN.

La captación de residuos de madera en cada máquina manufacturera se realiza mediante campanas circulares, las cuales vienen montadas cerca de las cuchillas, para cumplir la función de captarlos de manera localizada utilizando sus movimientos naturales y evitando que se propaguen.

El número de campanas y su dimensión varía según sea el número de cuchillas y caudal de residuos generados de cada máquina manufacturera. La manera de enlazar las campanas al del sistema neumático de extracción, es utilizando mangueras flexibles, las cuales son resistentes a la abrasión y absorben la vibración de las máquinas.

En la tabla 5.3 y 5.4 se muestran los valores tomados de las campanas de captación de las máquinas manufactureras.

Tabla 5.3: Campanas de captación en la sección 1.

ÍTEM	MÁQUINA	CAMPANAS DE CAPTACIÓN			DISTANCIA DE SUCCIÓN (mm)
		CANTIDAD	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	
1	MULTILÁMINA 1	2	178	24 829	100
2	CEPILLADORA 1	3	152	18 242	100
3	MULTILÁMINA 2	2	178	24 829	100
4	CEPILLADORA 2	3	152	18 242	100
5	OPTIMIZADOR	2	152	18 242	100
6	MOLDURERA 3	6	152	18 242	90
7	DESPUNTADORA 1	2	127	12 668	90
8	DESPUNTADORA 2	2	127	12 668	90

Tabla 5.4: Campanas de captación en la sección 2.

ÍTEM	MÁQUINA	CAMPANAS DE CAPTACIÓN			DISTANCIA DE SUCCIÓN (mm)
		CANTIDAD	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	
9	DESPUNTADORA 3	2	127	12 668	90
10	MOLDURERA 1	8	127	12 668	90
11	MOLDURERA 2	8	127	12 668	90
12	RETESTADORA LADO DER.	3	127	12 668	100
13	RETESTADORA LADO IZQ.	3	127	12 668	100

A continuación se muestra el cálculo del caudal de extracción, para la multilamina 1 usando la fórmula 4.5, considerando la velocidad de captación 2,5 m/s y los valores de la tabla 5.3.

$$Q = 2,5 * (10 * 0,1^2 + 0,024829) = 0,3120725 \frac{m^3}{s} = 661 \text{ CFM}$$

$$Q_{Total} = Q * N^{\circ} \text{campanas} = 661 * 2 = 1\ 322 \text{ CFM}$$

A continuación se presentan las tablas de resumen con los valores hallados, para ambas secciones.

Tabla 5.5: Caudales de extracción de la sección 1.

ÍTEM	MÁQUINA	CAUDAL DE EXTRACCIÓN (CFM)
1	MULTILÁMINA 1	1 322
2	CEPILLADORA 1	1 879
3	MULTILÁMINA 2	1 322
4	CEPILLADORA 2	1 879
5	OPTIMIZADOR	1 253
6	MOLDURERA 3	3 154
7	DESPUNTADORA 1	992
8	DESPUNTADORA 2	992
CAUDAL TOTAL		12 795

Tabla 5.6: Caudales de extracción de la sección 2.

ÍTEM	MÁQUINA	CAUDAL DE EXTRACCIÓN (CFM)
9	DESPUNTADORA 3	992
10	MOLDURERA 1	3 969
11	MOLDURERA 2	3 969
12	RETESTADORA LADO DER.	1 790
13	RETESTADORA LADO IZQ.	1 790
CAUDAL TOTAL		12 512

Los valores de los caudales calculados para las secciones 1 y 2 son de 12 795 y 12 512 CFM. Respectivamente, se ha considerado usar el valor de 13 000 CFM. Para cada sección, para el dimensionamiento de los equipos que se mostrarán más adelante, para considerar algunas fugas de aire, pequeñas ampliaciones, caídas de presiones, etc.

## **5.5 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS.**

Para el presente proyecto se calculará el diámetro de los ductos del sistema siguiendo la metodología de equilibrio por compuertas debido a que resulta conveniente para este proyecto por lo siguiente:

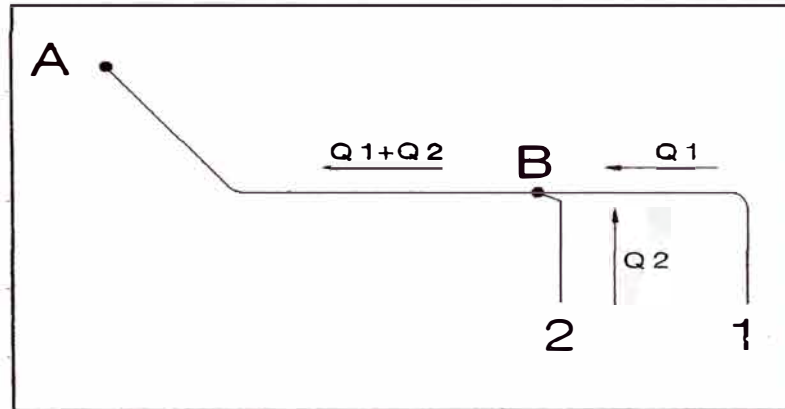
- Permite a los operarios de producción o a quien corresponda regular el flujo de aire mediante compuertas para eliminar succión innecesaria de las máquinas que no estén operando, propiciando así el ahorro energético.
- Permiten una mayor flexibilidad para futuros cambios.
- Se permiten pequeñas variaciones respecto al esquema inicial del proyecto.

Sin embargo, se tiene que prestar atención a las siguientes desventajas:

- Los operarios pueden alterar las posiciones de las compuertas, para obtener condiciones de confort regulando la intensidad de las corrientes de aire producidas por cada punto de succión, con los consiguientes problemas debido al mal funcionamiento del sistema.
- Cuando se transportan polvos, en las compuertas parcialmente cerradas se pueden producir abrasiones, debido al aumento de la velocidad en el conducto, que las deterioran y deben luego ser reemplazadas, con el inconveniente de tener que equilibrar nuevamente el sistema.
- Los conductos se pueden obstruir si la compuerta está muy cerrada.
- Se puede conseguir el equilibrio con el caudal teórico de diseño, pero el consumo de energía es casi siempre mayor debido a la existencia de las compuertas, que producen resistencias adicionales al sistema.



A continuación se presenta el cálculo del diámetro de la troncal B-A donde convergen los tramos 1-B y 2-B correspondiente al sistema de ductos de la sección 1.



Esquema 5.3: Troncal A-B y ramales 2-B y 1-B.

Los puntos de captación 1 y 2, con sus respectivos ductos que concurren a un empalme, que se denominará nudo B, aspiran los caudales  $Q_1$  y  $Q_2$ , según lo indicado en el Esquema 5.3, mediante el ventilador de la sección 1.

En cada empalme se suman los caudales de las corrientes aportadas por los conductos que concurren al mismo, en este caso  $Q_1$  y  $Q_2$  y se obtiene el caudal en la troncal.

De la Tabla 5.5 se tiene que  $Q_1 = 1\,322$  CFM,  $Q_2 = 1\,879$  CFM, por lo tanto el caudal en la troncal es la suma, la cual resulta 3 201 CFM.

Teniendo en cuenta que la velocidad de transporte elegida es 6 000 FPM y usando la ecuación que deriva de la ecuación de continuidad del caudal volumétrico (Ecuación 4.1):

$$D_{B-A} = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 3\,201}{\pi \cdot 6\,000}} = 0,82 \text{ pies} = 251 \text{ mm}$$

Este cálculo se reitera hasta llegar al punto donde está la descarga del sistema en ambas secciones.

A continuación se presenta la tabla de resumen con los valores hallados y redondeados, para ambas secciones:

Tabla 5.7: Diámetro y caudales en las tuberías de la sección 1.

TRAMO	CAUDAL DE AIRE EN EL DUCTO (CFM)	DIÁMETRO DEL DUCTO (mm)
1-B	1 322	160
2-B	1 879	190
3-E	1 322	160
4-E	1 879	190
5-D	1 253	160
6-F	3 154	250
7-G	992	140
8-G	992	140
B-A	3 202	250
E-D	3 202	250
D-C	4 454	300
G-F	1 985	200
F-C	5 139	320
C-A	9 593	430
A-V1	12 795	500
V1'-D1	12 716	500

Tabla 5.8: Diámetro y caudales en las tuberías de la sección 2.

TRAMO	CAUDAL EN EL DUCTO (CFM)	DIÁMETRO DEL DUCTO (mm)
9-I	992	140
10-K	3 969	280
11-K	3 969	280
12-J	1 790	190
13-J	1 790	190
K-I	7 939	400
I-H	8 931	420
J-H	3 581	260
H-V 2	12 512	500
V 2'-D2	12 512	500

Con los valores de diámetro, se diseñó el sistema mostrado en el plano de planta (Anexo C.1), una vez instalado el sistema se colocaron compuertas de regulación, en cada campana. Cuando el sistema se puso en funcionamiento, las compuertas se ajustaron para lograr el caudal de diseño en cada punto de captación.

## 5.6 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE PRESIÓN DEBIDO A LOS DUCTOS

Tomando en cuenta que la concentración en el presente sistema es aproximadamente  $2 \text{ m}^3$  de aire por 1 kg de material, solo se tomo en cuenta las pérdidas de presión por la fricción gas-pared.

A continuación se presenta el cálculo de la pérdida de presión debido al tramo de tuberías desde la captación de los residuos de madera, del lado derecho de la retestadora hasta la descarga de la sección 2. (Tramo "12-D2").

Tabla 5.9 : Componentes del tramo "12-D2".

TRAMO	DIÁMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	TRAMOS RECTOS (mm)		ACCESORIOS	
			HORIZONTAL	VERTICAL	CODOS	EMPALMES
12-J	190	30,48	8 000	1 500	1- 90° (R/D=2,5)	1-30°
J-H	260	30,48	15 500			1-30°
H-V 2	500	30,48	16 600		1 - 24°(R/D=2,5)	
V 2'-D 2	500	30,48	1 300	13 000	1-90° (R/D=2,5)	

- Cálculo de la presión dinámica.

Usando la ecuación 4.2, se obtiene la presión dinámica expresada en metros de altura de columna de aire (m Aire):

$$P d = \frac{V_a^2}{2g} = \frac{30,48^2}{2 \cdot 9,81} = 47,35 \text{ m Aire.}$$

La presión dinámica, expresada en metros de altura de columna de agua (m H<sub>2</sub>O) es:

$$P d = \frac{V_a^2}{2g} \cdot \frac{\gamma_a}{\gamma_w} \text{ (m H}_2\text{O).}$$

Donde:

$\gamma_a$ : Peso específico del aire (kgf /m<sup>3</sup>). En condiciones normales de temperatura y presión, 21 ° C y 1 atm,  $\gamma_a = 1,2 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3}$

$\gamma_w$ : Peso específico del agua (kgf /m<sup>3</sup>).

$$\text{Entonces, } P d = 47,35 \cdot \frac{1,2}{1000} = 0,05682 \text{ m H}_2\text{O} = 56,82 \text{ mm H}_2\text{O}$$

- Cálculo de las pérdidas de presión en los tramos rectos.

Del nomograma mostrado en el Anexo A.4, se encuentra la pérdida de presión por metro de tubería y usando la ecuación 4.3 ,se obtiene los valores de pérdida de presión en los tramos rectos del tramo “12-D2”.

Tabla 5.10.

TRAMO	LONGITUD (m)	PÉRDIDA DE PRESIÓN POR METRO	$\Delta P$ mm H <sub>2</sub> O
12-J	9,5	6,0	57,0
J-H	15,5	3,7	57,4
H-G2	16,6	1,7	28,2
V 2'-D	14,3	1,7	24,3

$$\Delta P_{\text{tramo recto}} = 57 + 57,4 + 28,2 + 24,3 = 166,9 \text{ mm H}_2\text{O}$$

- Cálculo de las pérdidas de presión en accesorios.

Tabla 5.11: Accesorios y coeficientes de perdida del tramo “12-D2”

ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
2 Codo de 90°-R/D= 2,5	K 90 = 0,22
1 Codo de 24°-R/D= 2,5	K 24 = 24/90*K 90 =0,059
2 Empalmes de $\alpha = 30^\circ$	k emp = 0,18

Las pérdidas de presión localizadas se obtienen utilizando la ecuación (4.4) y usando las tablas del anexo A.5 y A.6:

$$\Delta P_{\text{accesorios}} = (2 * 0,22 + 0,059 + 2 * 0,18) * 56,82 = 48,8 \text{ mm H}_2\text{O}$$

- Cálculo de las pérdidas de presión en la captación:

En la captación se tienen pérdidas debido a las campanas y mangueras flexibles. El cálculo de las pérdidas en las campanas, se realizó en función de la presión dinámica por aceleración del aire que circula.

De la tabla 5.4 se tiene:

N° de campanas= N° de mangueras =3

Ángulo de la campana  $\alpha = 60^\circ$ , del gráfico del anexo A2, se obtiene el valor del coeficiente  $F=0,1$ .

Reemplazando en la ecuación 4.4:

$$\Delta P = F * PD = 0,1 * 56,82 = 5,7 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$\Delta P_{\text{Campanas}} = 3 * 5,7 = 16,9 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Para el cálculo de las pérdidas en las mangueras flexibles, se ha considerado que la pérdida de presión por metro es 1,5 mm H<sub>2</sub>O y su longitud es estándar para todas las máquinas igual a 2 metros.

$$\Delta P_{\text{mangueras}} = N^\circ * \text{Long.} * \text{Perd. Por metro} = 3 * 2 * 1,5 = 9 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$\Delta P_{\text{Captación}} = \Delta P_{\text{Campanas}} + \Delta P_{\text{mangueras}} = 16,9 + 9 = 26 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Teniendo los valores de las pérdidas de presión en los tramos rectos, accesorios y en los dispositivos de captación correspondientes, se obtiene la pérdida de presión total debido a la conducción en el tramo "12-D2".

$$\Delta P = \Delta P_{\text{tramo recto}} + \Delta P_{\text{accesorios}} + \Delta P_{\text{Captación}}$$

$$\Delta P = 166,9 + 48,8 + 26 = 241,4 \text{ mm H}_2\text{O}$$

De manera similar, se calculan los demás valores de pérdida de presión debido a la conducción desde los puntos de succión hasta el punto de descarga.

Tabla 5.12 : Pérdida de presión debido a la conducción en la sección 1.

MÁQUINA	TRAMO	$\Delta P$ TRAMO RECTO mm H <sub>2</sub> O	$\Delta P$ ACCESORIOS mm H <sub>2</sub> O	$\Delta P$ CAPTACIÓN mm H <sub>2</sub> O	$\Delta P$ mm H <sub>2</sub> O
MULTILÁMINA 1	1-D1	225,3	43,6	17,3	286,1
CEPILLADORA 1	2-D1	184,7	33,0	26,0	243,6
MULTILÁMINA 2	3-D1	252,7	43,8	17,3	313,7
CEPILLADORA 2	4-D1	183,7	43,7	26,0	253,4
OPTIMIZADOR	5-D1	144,4	45,5	17,3	207,1
MOLDURERA 3	6-D1	187,4	30,7	51,9	270,0
DESPUNTADORA 1	7-D1	211,5	51,2	17,3	279,9
DESPUNTADORA 2	8-D1	201,0	51,2	17,3	269,4

Tabla 5.13 : Pérdida de presión debido a la conducción en la sección 2.

MÁQUINA	TRAMO	$\Delta P$ TRAMO RECTO mm H <sub>2</sub> O	$\Delta P$ ACCESORIOS mm H <sub>2</sub> O	$\Delta P$ CAPTACIÓN mm H <sub>2</sub> O	$\Delta P$ mm H <sub>2</sub> O
DESPUNTADORA 3	9-D2	93,7	38,6	17,3	149,6
MOLDURERA 1	10-D2	79,0	30,2	69,2	178,4
MOLDURERA 1	11-D2	125,0	31,7	69,2	225,9
RETESTADORA LADO DERECHO	12-D2	166,9	48,8	26,0	241,6
RETESTADORA LADO IZQUIERDO	13-D2	157,3	47,1	26,0	230,3

En los sistemas de extracción, para todos los caminos que comienzan en los distintos puntos de captación y terminan en un mismo nudo, la pérdida de presión estática es siempre la misma, por lo que la presión que gobierna será la mayor en cada sección.

Para la sección 1, la pérdida de presión debido a la conducción incluyendo los dispositivos de captación es 313,7 mm H<sub>2</sub>O.

Para la sección 2, la pérdida de presión debido a la conducción incluyendo los dispositivos de captación 241,6 mm H<sub>2</sub>O.

## **5.7 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE SEPARACIÓN SÓLIDO- GAS**

Como se mostró en el capítulo anterior, para la selección del sistema de separación sólido – gas se dispone de una amplia gama de equipos de entre los cuales se debe seleccionar teniendo en cuenta el grado de separación requerida, cantidad, naturaleza y rango de tamaño del material involucrado y el costo de operación.

Para el presente proyecto se ha seleccionado un ciclón de alta eficiencia como separador primario para cada sección, debido a lo siguiente:

- Los materiales a separar tiene un rango de tamaño desde alrededor de 1 micra, correspondiente a la harina de madera, hasta tamaños de varios centímetros correspondiente a la viruta.



- La fase de transporte de los materiales es diluida con una concentración aproximadamente de 2 m<sup>3</sup> de aire por 1 kg de material.
- Conviene recuperar la mayor cantidad de los residuos de madera debido a que por razones medioambientales, de seguridad y salud es necesario no dejarlos escapar al medio ambiente, además su recuperación constituye un ingreso económico adicional para la empresa maderera pues estos se venden a terceros y también son usados como combustibles dentro del proceso de secado de madera.
- Los ciclones son dispositivos que tienen un bajo costo de construcción y mantenimiento, además tienen una elevada eficiencia.

Para evitar que el polvo de madera de tamaño de partículas menores a las 5 micras escape a través del ducto superior del ciclón al ambiente y origine riesgo para la salud y seguridad así como contaminación medioambiental, se colocará un filtro de mangas como separador secundario a continuación del ciclón.

## **5.8 SELECCIÓN DEL CICLÓN DE ALTA EFICIENCIA.**

Recurriendo al manual de ciclones de alta eficiencia comerciales de la firma Alanco (Anexo B.1) y teniendo en cuenta que el caudal de aire es 13 000 CFM se seleccionó el modelo RC-90 .A continuación se muestran las dimensiones:

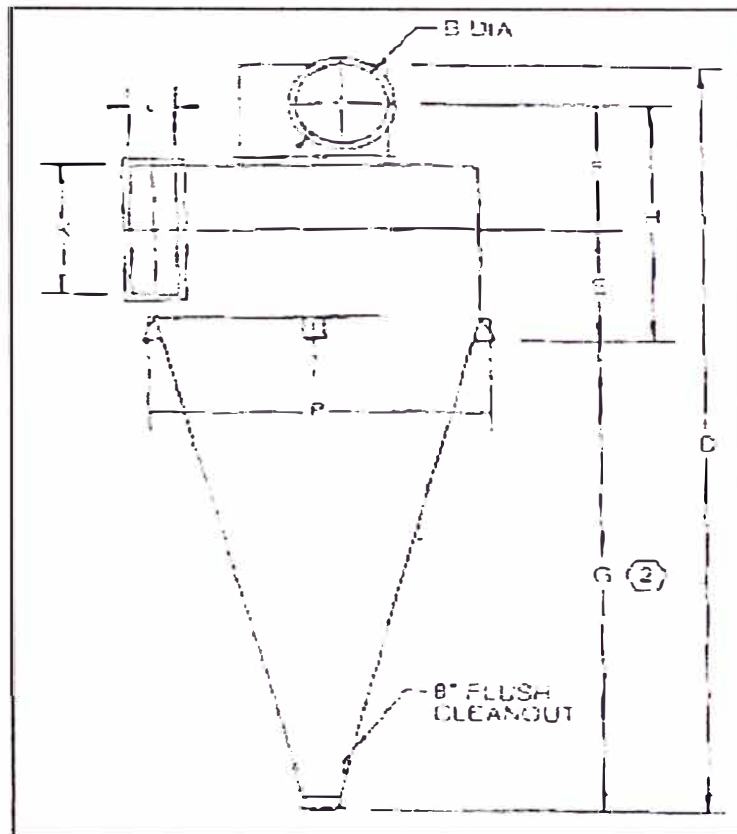


Figura 5.4: Ciclón de alta eficiencia marca Alanco.

Tabla 5.14: Medidas en pulgadas del ciclón modelo RC-90.

MEDIDAS EN PULGADAS															ÁNG. DEL CONO
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	
90	26	10	254	39	41	161	80	25	42	13	45	45	94	8	77°

### 5.8.1 Caída de presión en el ciclón.

La caída de presión en el ciclón se debe a las pérdidas a la entrada y salida, y pérdidas de energía cinética y fricción. En este caso se calculó a partir de la gráfica de la figura 5.5 y resultó ser 3 pulgadas de columna de agua.

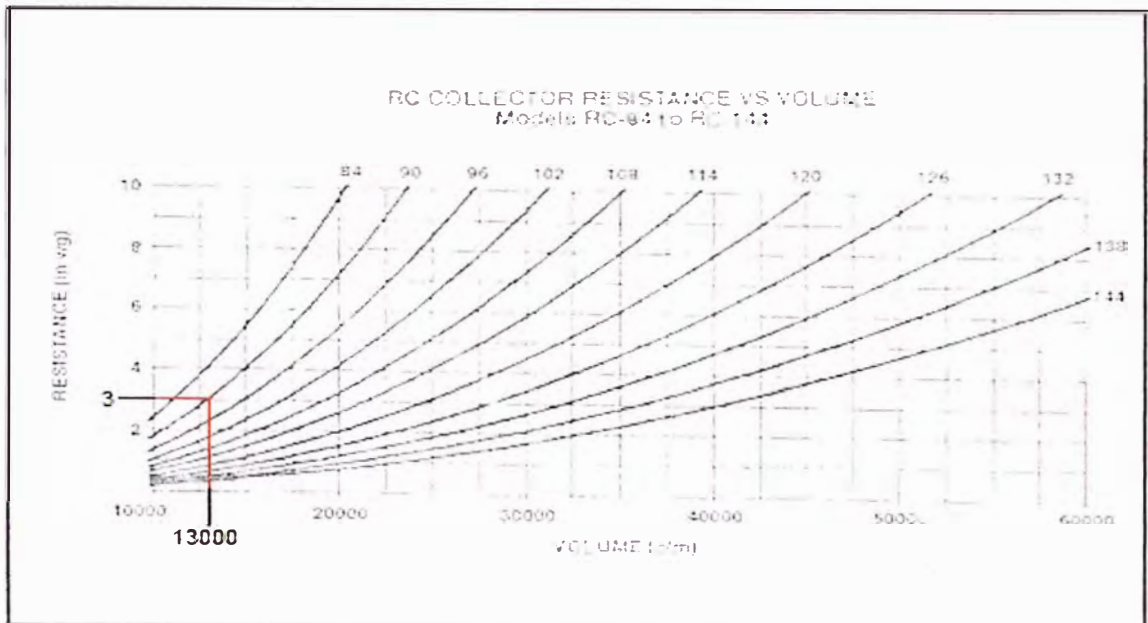


Figura 5.5: Pérdidas de presión Vs. Caudal.

Debido a que el sistema neumático es operado bajo presión positiva en la descarga, no es necesario sellar el ducto de descarga de material del ciclón en contra de la presión atmosférica con algún dispositivo.

La velocidad del aire en la entrada al ciclón en este caso es 17,4 m/s que resulta de la división del caudal (13 000 CFM) entre la sección de entrada al ciclón ( $K \times L$ ).

La velocidad del aire a la salida del ciclón en este caso es 17,9 m/s que resulta de la división del caudal (13 000 CFM) entre la sección de salida al ciclón ( $\pi \cdot B^2 / 4$ ).

## 5.9 SELECCIÓN DEL FILTRO DE MANGAS.

A continuación se muestra la selección del filtro de mangas para lo cual se realizó, el cálculo, la selección del área neta de filtración, el número y material de la tela de las mangas y la estimación de la pérdida de presión.

El material a separar del flujo de aire es harina de madera, la cual tiene un tamaño que se encuentra en el rango de 0,1 a 5 micras.

### 5.9.1 Área Neta de filtración.

Es el área activa en operación en un momento dado, mientras que el área filtrante total es el área empleada en el filtro que incluye aquella área que puede salir de servicio en un momento dado por mantenimiento o limpieza.

$$A_n = \frac{Q}{K_A} \quad (5.1)$$

Donde:

$A_n$ : Área neta. (pie<sup>2</sup>)

Q: Caudal de aire. (CFM)

$K_A$ : Carga específica. (Pie<sup>3</sup>/min)/pie<sup>2</sup>

El área filtrante total de la tela, se determina multiplicando un factor (Tabla 5.15) por el área neta de la tela.

Tabla 5.15: Factor para obtener el área total del área neta<sup>1</sup>.

ÁREA NETA DE TELA $A_n$ ( $Pie^2$ )	FACTOR PARA OBTENER EL ÁREA TOTAL DE LA TELA $A_t$ ( $Pie^2$ )
1 - 4 000	2
4 001 - 12 000	1,5
12 001 - 24 000	1,25
24 001 - 36 000	1,17
36 001 - 48 000	1,125
48 001 - 60 000	1,11
60 001 - 72 000	1,1
72 001 - 84 000	1,09
84 001 - 96 000	1,08
96 001 - 108 000	1,07
108 001 - 132 000	1,06
132 001 - 180 000	1,05
180 001+	1,04

### 5.9.2 Determinación de la carga específica ( $K_A$ ).

Para la determinación de la carga específica se usó el procedimiento propuesto por Milton N. Kraus por lo cual se debe considerar lo siguiente:

- Tipo de polvo.
- Tipo de uso de la instalación de filtrado.
- Granulometría del polvo.
- Contenido de polvos en el gas o aire.

<sup>1</sup> Kraus, Milton n., "Bag houses selecting, specifying and testing industrial dust collectors", Chemical Engineering, April 1979, p. 133.

Todos estos aspectos influyen directamente sobre la carga específica ( $K_A$ ) y se pueden correlacionar mediante factores según la siguiente fórmula:

$$K_A = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (5.2)$$

- Carga específica ( $K_A$ ).

Representa el caudal del gas o aire que fluye a través de la unidad de área de material para una caída de presión específica. Por lo general se expresa en:

a)  $(\text{Pie}^3/\text{min})/\text{Pie}^2$  Para una caída de presión de 3,5 pulgadas de agua en la tela.

b)  $(\text{m}^3/\text{min})/\text{m}^2$  Para una caída de presión de 80 mm de agua en la tela.

- Factor de material ( $K_1$ ).

Considera las propiedades y características del material que influyen en la formación del queque durante el proceso de filtrado y de limpieza de las mangas.

Tabla 5.16: Factor según las características del material<sup>2</sup>.

FACTOR, K1				
15	12	10	9	6
Mezcla de queque	Asbesto	Alúmina	Tintes	Carbón activado
Polvo de cartón	Materiales fibrosos	Carbón fino	Polvo de metal	Carbón negro
Cocoa	Yeso	Cemento	Óxidos de metal	Detergentes
Alimentos	Cal	Pigmento cerámico	Pigmentos	Humos
Harina	Sal	Polvo de ladrillo	Plásticos	Leche en polvo
Granos	Arena	Polvo de arcilla	Resinas	Jabones
Polvo de cuero	Talco	Carbón	Silicatos	
Tabaco		Caolín	Almidón	
		Polvo de minerales		

- Factor de uso ( $K_2$ ).

Considera el tipo de proceso de suministro de polvo al filtro de mangas y los inconvenientes que ocasionan las variaciones de la carga de polvo.

Tabla 5.17: Factor de contenido de polvo<sup>3</sup>.

PROCESO	FACTOR K2
Alivio de puntos de transferencia, Transportadores, Estaciones de empaque, etc.	1
Recolección de productos Sistemas de ventilación en molienda, secadores, clasificadores, etc.	0,9
Procesos de filtración de gas Secadores de rocío, hornos, reactores, etc.	0,8

<sup>2</sup> Kraus, Milton n., "Bag houses selecting, specifying and testing industrial dust collectors", Chemical Engineering, April 1979, p. 140.

<sup>3</sup> Lb id, p. 141

- Factor de temperatura ( $K_3$ ).

Considera el aumento de la viscosidad del aire a altas temperaturas.

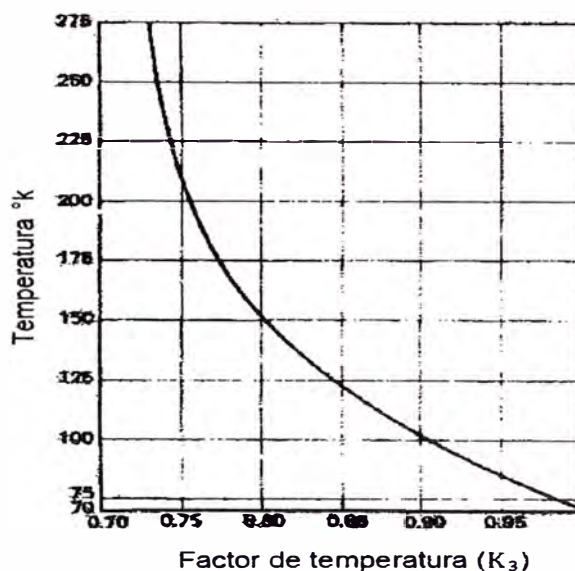


Figura 5.6: Factor de corrección para temperaturas elevadas<sup>4</sup>.

- Factor de tamaño de las partículas ( $K_4$ ).

Considera la tendencia de las fumarolas y polvos finos a obstruir las telas más rápidamente que las partículas gruesas.

Tabla 5.18: Factor de tamaño de partículas<sup>5</sup>.

TAMAÑO	FACTOR $K_4$
Mayor a 100 micrones	1,2
Entre 50 y 100 micrones	1,1
Entre 10 y 50 micrones	1
Entre 3 y 10 micrones	0,9
Menor a 3 micrones	0,8

<sup>4</sup> Kraus, Milton n., "Bag houses selecting, specifying and testing industrial dust collectors", Chemical Engineering, April 1979, p. 139.

<sup>5</sup> Lb id, p 141.



- Factor de contenido de polvo ( $K_5$ ).

Considera el efecto de la carga de polvo sobre la tasa de filtrado.

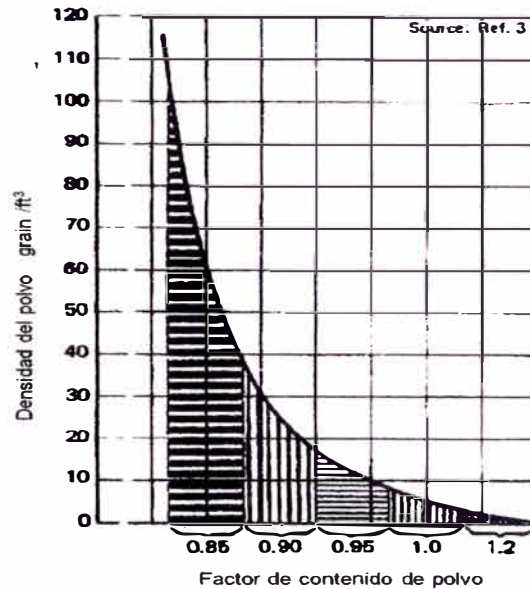


Figura 5.7: Factor contenido de polvo <sup>6</sup>

A continuación se muestra el cálculo del área neta de filtración.

Seleccionando los valores de acuerdo a las tablas mostradas y reemplazo en la ecuación 5.2 y 5.1.

$K_1 = 15$  : Harina de madera.

$K_2 = 0,8$  : Filtración de gas.

$K_3 = 1$  : Aire a 20 °C <> 68°F.

$K_4 = 1,2$  : Rango de tamaño de 1 a 5 micras.

$K_5 = 0,85$  : Densidades mayores a los 500 Kg/m<sup>3</sup>.

<sup>6</sup> Kraus, Milton n., "Bag houses selecting, specifying and testing industrial dust collectors", Chemical Engineering, April 1979, p. 140.

El material escogido para la confección de las mangas fue el poliéster tipo 351 (Anexo B.2) por lo económico que resulta y por su buena resistencia al desgaste abrasivo.

Tomando en cuenta el espacio disponible para el montaje, se consideró, las siguientes dimensiones de mangas:

Longitud =8,5 m, Diámetro =0,3 m

Para la determinación el número de mangas, se tiene:

$$N_{mangas} = \frac{A_{total}}{A_{Mangas}} \quad (5.6)$$

$$A_{total} = 4\ 248,36\ pie^2 = 394,7\ m^2$$

$$A_{Mangas} = \pi \cdot D \cdot L = 3,1416 * 0,3 * 8,5 = 8\ m^2$$

$$N_{mangas} = \frac{394,7}{8} = 50$$

- Para facilidad de cambio de las mangas, éstas se dispondrán en 2 grupos de 25.
- La limpieza de las mangas se realizara mediante un dispositivo mecánico de vibración como el que se muestra en la figura 4.8 y se realizara cuando los ventiladores estén apagados por un lapso de tiempo de 15 a 20 minutos cada 5 horas.

$$K_A = 15 * 0,8 * 1 * 1,2 * 0,85 = 12,24$$

$$A_n = \frac{26\,000}{12,24} = 2\,124,18 \text{ pie}^2$$

De la tabla 5.15, el factor que se multiplica al área neta, para determinar el área filtrante total de la tela es 2.

$$A_T = 2\,124,18 * 2 = 4\,248,36 \text{ pie}^2$$

### 5.9.3 Tipo de la Tela y dimensión de la manga

Para la selección del material para la fabricación de filtros, se empezará con la especificación del rango de tamaños de la partícula, su naturaleza y la temperatura de la corriente de aire.

Tabla 5.19: Materiales para la fabricación de mangas<sup>7</sup>.

FIBRA	TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN	RESISTENCIA ÁCIDA	RESISTENCIA ALCALINA	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
Algodón	180°F	Baja	Muy buena	Muy buena
Lana	200°F	Muy buena	Baja	Buena
Nylon	200°F	Bueno	Excelente	Excelente
Acrílico	260°F	Excelente	Bueno	Bueno
Polipropileno	200°F	Excelente	Excelente	Excelente
Poliétileno	150°F	Excelente	Excelente	Muy bueno
Teflón	500°F	Excelente	Excelente	Bueno
Fibra de vidrio	550°F	Bueno	Bueno	Regular
Poliéster	275°F	Bueno	Bueno	Bueno

<sup>7</sup> Alden, John L., Design of industrial ventilation systems, 5<sup>th</sup> Edition, Industrial Press Inc., New York, 1982, p. 170

#### 5.9.4 Caída de presión Estimada.

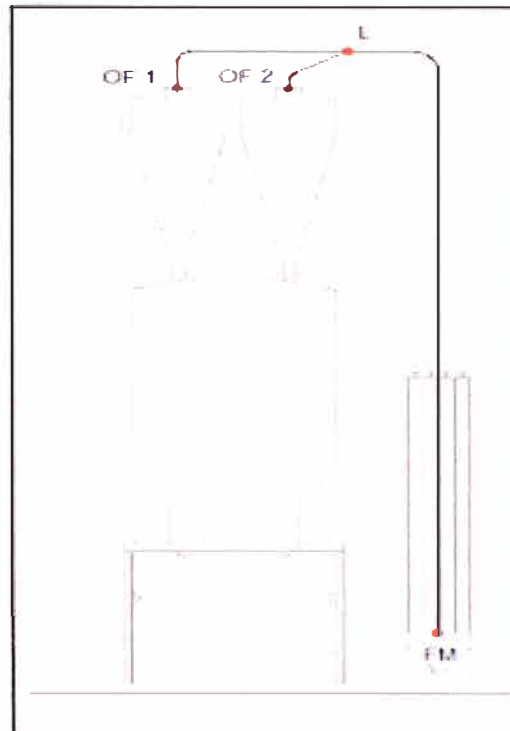
La caída de presión se debe al flujo que ingresa y sale por los ductos de entrada y salida, la caída de presión del compartimiento donde están alojadas las mangas, y la caída de presión a lo largo de las mangas. La caída de presión en el compartimiento y ductos de entrada y salida para diseños convencionales se encuentra en un rango de 1 a 2 pulg.H<sub>2</sub>O y la caída de presión a lo largo de las mangas puede alcanzar valores de hasta 10 pulg.H<sub>2</sub>O.

Para el filtro de mangas seleccionado se considera una caída de presión de 4,5 pulg.H<sub>2</sub>O para cada conjunto de 25 mangas.

Una vez definido las dimensiones del filtro de mangas, ciclón y teniendo una estimación de la altura del silo de colección ahora se muestra el sistema de ductos que conducen el aire con harina de madera, desde la salida de los ductos superiores de los ciclones hacia el ducto de ingreso al filtro de mangas y están conformados por los siguientes componentes, como se muestra en el esquema 5.4.

Tabla 5.20

TRAMO	DIÁMETRO (mm)	TRAMOS RECTOS (m)			ACCESORIOS	
		HORIZONTAL	VERTICAL	DIAGONAL	CODOS	EMPALMES
OF2-L	660			2 200	1- 30° (R/D=2.5)	1-30°
OF 1-L	660	5 800	1 400		1- 90° (R/D=2.5)	
L-FM	934	2 370	31 000		1- 90° (R/D=2.5)	



Esquema 5.4.

Los ramales OF1 - L y OF2 - L tienen un diámetro de 26 pulgadas correspondiente al modelo de ciclón seleccionado, con la velocidad del aire velocidad del aire 17,9 m /s (3 524 FPM).

La troncal L-FM tiene que tener un diámetro para un caudal de 26 000 CFM, usando la fórmula 4.1, el diámetro de dicha troncal es:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 26\,000}{\pi \cdot 3\,524}} = 3,065 \text{ pies} = 934 \text{ m m}$$

La caída de presión de estos ductos se calculó con el método descrito en el sub-capítulo 4.6, obteniendo el siguiente cuadro de resumen 5.21.

Tabla 5.21.

TRAMO	CÁLCULO DE $\Delta P$ EN TRAMOS RECTOS			CÁLCULO DE $\Delta P$ EN ACCESORIOS			$\Delta P$ mm H <sub>2</sub> O
	TRAMO RECTO (m)	CAÍDA DE PRESIÓN / METRO	$\Delta P$ mm H <sub>2</sub> O	P d mm H <sub>2</sub> O	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS	$\Delta P$ mm H <sub>2</sub> O	
OF2-L	2,2	0,5	1,1	19,6	0,3	5,0	6,1
OF1-L	7,2	0,5	3,6	19,6	0,2	4,3	7,9
L-FM	33,37	0,4	13,348	19,6	0,2	4,3	17,7

Por lo tanto la caída de presión en la línea de transporte de aire con harina de madera hacia el filtro de mangas para:

- La sección 1 es 16,75 mm H<sub>2</sub>O.
- La sección 2 es 14,95 mm H<sub>2</sub>O.

### 5.10 SELECCIÓN DEL VENTILADOR.

Después de haber definido el sistema de conducción y los dispositivos de separación sólido-gas, es necesario seleccionar el dispositivo que proporcionará al aire la energía necesaria para vencer las pérdidas y así poder extraer los residuos de madera de un punto a otro dentro del sistema definido.

El ventilador centrífugo con rotor de álabes rectos radiales (Figura 5.8) es el dispositivo que se adecua para la aspiración y transporte de aire polvoriento incluido materiales.

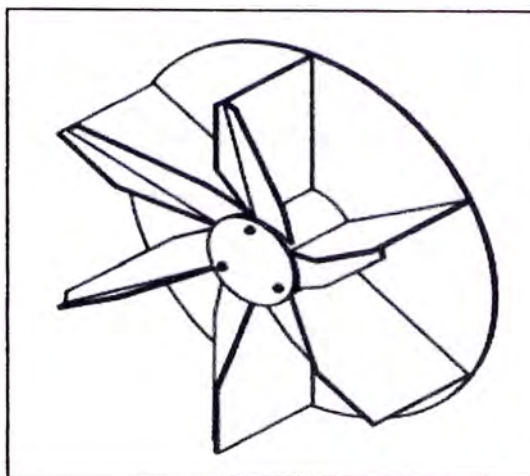


Figura 5.8: Rotor de álabes rectos radiales.

Para la selección del modelo de ventilador, en los catálogos comerciales usualmente, se necesita conocer presión estática ( $P_e$ ) y el caudal.

De los cálculos anteriormente presentados se puede calcular la presión estática en cada sección del sistema:

Tabla 5.22.

ELEMENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	PÉRDIDA DE PRESIÓN ESTÁTICA, $\Delta P$ mm H <sub>2</sub> O	
	SECCIÓN 1	SECCIÓN 2
Línea de transporte de residuos de madera	313,7	241,6
Ciclón	76,2	76,2
Filtro de mangas	114,3	114,3
Línea de transporte de aire con harina de madera hacia el filtro de mangas	16,8	15
$\Delta P$ Estática( mm H <sub>2</sub> O )	521	447,1
$\Delta P$ Estática ( Pulg.H <sub>2</sub> O )	20,5	17,6

Para la sección 1, se tiene:  $P_t = 23$  Pulg. $H_2O$  (Considerando posibles fugas de aire, ampliaciones, etc.), Caudal = 13 000 CFM. De acuerdo al catalogo de la empresa Soler y Palau, el modelo que se adecua es el SPSU 50 - 99 (motor de 4 polos).

Para la sección 2, se tiene:  $P_t = 19$  Pulg. $H_2O$  (Considerando posibles fugas de aire, ampliaciones, etc.), Caudal = 13 000 CFM. De acuerdo al catalogo de la empresa Soler y Palau, el modelo que se adecua es el SPSU 50 - 95 (motor de 4 polos).

A continuación se presentan las curvas de los ventiladores, indicando los puntos de operación.

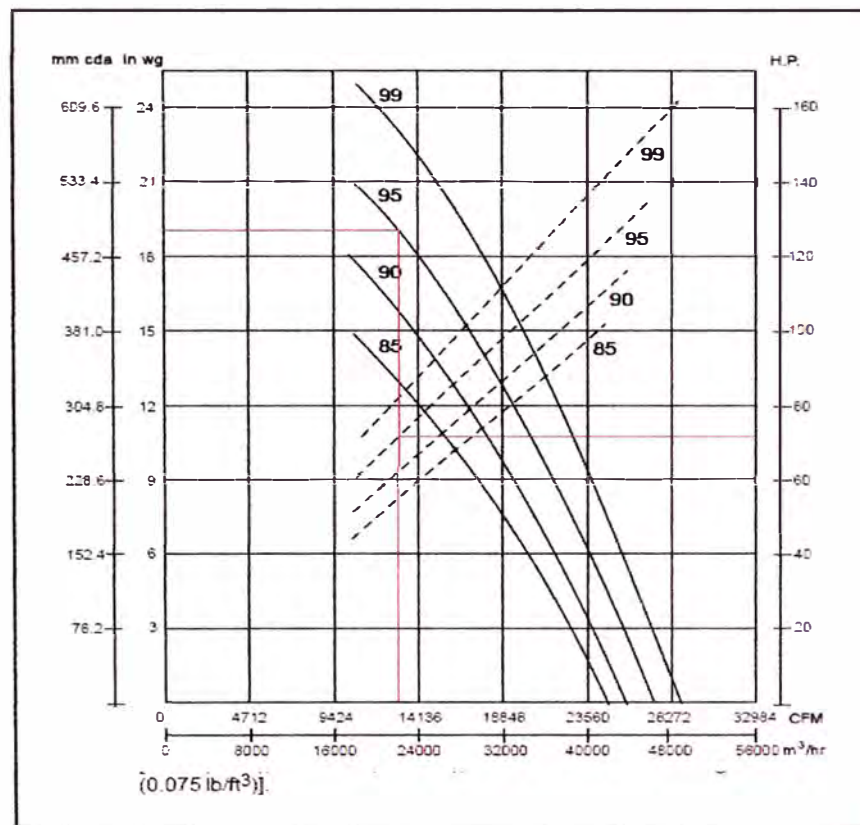


Figura 5.9: Punto de operación del ventilador SPSU 50 – 95.



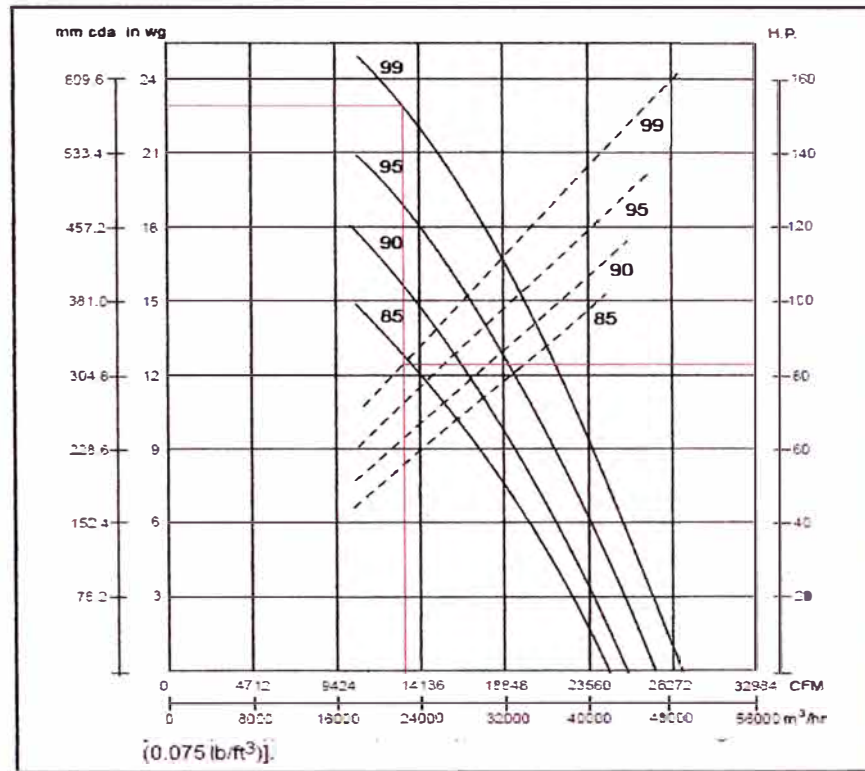


Fig. 5.10: Punto de operación del ventilador SPSU 50 – 99.

## CAPÍTULO VI

### COSTOS

En el siguiente capítulo se describirá brevemente el presupuesto necesario para la ejecución del sistema neumático para la extracción de residuos de madera. La tabla 6,1 muestra el resumen de costos que significaría el desarrollo y posterior montaje del sistema neumático para la extracción de residuos de madera utilizando empresas dedicadas al rubro.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SUB-TOTAL	TOTAL
01	Sistema de Ductos	58 738	
02	Ventiladores centrífugos y tablero eléctrico	87 300	
04	Ciclones de alta eficiencia y estructura de apoyo	20 700	
05	Filtro de mangas	24 000	
06	Silo	78 000	
07	Plataforma para silo	62 000	
	TOTAL EN NUEVOS SOLES		

Tabla 6.1: Resumen de Costos.

## 6.1 SISTEMA DE DUCTOS.

El sistema de ductos está constituido por tramos rectos y accesorios con los diámetros calculados en el capítulo 5. Los tramos rectos fueron fabricados con plancha de fierro galvanizado de espesor según las normas SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association). Se conectaron cada 1,2 metros, con pernos autorroscantes y cada 3,5 metros con bridas fabricadas con plancha de fierro negro de espesor 3/16 ". Los accesorios están constituidos por los codos, empalmes y campanas (donde convergen las mangueras flexibles de cada máquina manufacturera), fueron fabricados con plancha de fierro galvanizado de 2 mm de espesor.

Tabla 6.2: Costo de los tramos rectos de la sección 1.

ÍTEM	TRAMO	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (m)	COSTO (S/.)
1	1-B	160	11	965
2	2-B	190	2	159
3	3-E	160	11	965
4	4-E	190	2	159
5	5-D	160	9	784
6	6-F	250	26	2 593
7	7-G	140	11	879
8	8-G	140	9	754
9	B-A	250	27	2 745
10	E-D	250	25	2 553
11	D-C	300	6	687
12	G-F	200	9	835
13	F-C	320	11	1 236
14	C-A	430	6	808
15	A-V 1	500	13	1 829
16	V 1'-D	500	14	2 028
Sub-Total				19 981

Tabla 6.3: Costo de los tramos rectos de la sección 2.

ÍTEM	TRAMO	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (m)	COSTO (S/.)
1	9-I	140	4	332
2	10-K	280	2	185
3	11-K	280	9	952
4	12-J	190	10	865
5	13-J	190	8	720
6	K-I	400	5	627
7	I-H	420	5	644
8	J-H	260	16	1 589
9	H-V 2	500	17	2 354
10	V 2'-D	500	14	2 028
Sub-Total				10 296

Tabla 6.4: Costo de los accesorios de la sección 1.

ÍTEM	ACCESORIO	DIÁMETRO (mm)	GRADO	COSTO (S/.)
1	CODO 1	320	41°	282
2	CODO 2,3	250	60°	454
3	CODO 4	250	90°	240
4	CODO 5,6	190	60°	432
5	CODO 7,8,9	160	90°	651
6	CODO 10,11	140	90°	426
7	EMPALME 1	500	30°	505
8	EMPALME 2,3	430	30°	962
9	EMPALME 4	250	30°	364
10	EMPALME 5	320	30°	434
11	EMPALME 6	300	30°	424
12	EMPALME 7	200	60°	350
13	CAMPANA 1,2	160		500
14	CAMPANA 3,4	190		600
15	CAMPANA 5	160		250
16	CAMPANA 6	250		500
17	CAMPANA 7,8	140		400
Sub-Total				7 775

Tabla 6.5: Costo de los accesorios de la sección 2.

ÍTEM	ACCESORIO	DIÁMETRO (mm)	GRADO	COSTO (S/.)
1	CODO 1	500	90°	406
2	CODO 2	500	24°	289
3	CODO 3	280	30°	219
4	CODO 4	280	90°	252
5	CODO 5	280	24°	219
6	CODO 6	140	90°	213
7	CODO 7,8	190	90°	436
9	EMPALME 1	500	30°	550
10	EMPALME 2	425	30°	469
11	EMPALME 3	400	30°	463
12	EMPALME 4	260	55°	370
13	CAMPANA 1	140		200
14	CAMPANA 2.3	280		1 000
16	CAMPANA 4,5	190		600
Sub-Total				5 686

El sistema de ductos fue instalado a una altura de 4,5 metros respecto al piso de la planta, asegurado firmemente a muros y/o al techo con soportes de ángulo de fierro negro de 2x2x1/8" y con colgadores de fierro negro liso de 3/8", roscado 2" de longitud.

Sistemas de ductos Sección 1	1 X 27 756 = 27 756
Sistemas de ductos Sección 2	1 X 15 982 = 15 982
Montaje	1 X 15 000 = 15 000
Total en Nuevos Soles	= 58 738

## 10.5. VENTILADORES CENTRÍFUGOS.

Los ventiladores seleccionados fueron centrífugos de álabes rectos de 13 000 CFM cada uno.

Para la sección 1 el ventilador tiene una presión estática de 19 Pulg.H<sub>2</sub>O con motor Delcrosa de 4 polos de 100 HP.

Para la sección 2 el ventilador tiene una presión estática de 22 Pulg.H<sub>2</sub>O con motor Delcrosa de 4 polos de 100 HP.

Fueron instalados con dispositivos anti vibratorios en sus bases, a fin de no transmitir vibraciones hacia la plataforma, además se instalaron juntas flexibles de lona para la conexión a la boca de aspiración y descarga con la finalidad de evitar la transmisión de vibraciones al sistema de ductos.

El tablero eléctrico fue el IP 55, norma IEC 52, fosfatizado por inmersión. Los componentes y dispositivos eléctricos cumplen las normas vigentes incluyendo un arrancador suave para cada ventilador.

Ventiladores Centrífugos sección 1	1 X 24 300 = 24 300
Ventiladores Centrífugos sección 2	1 X 25 000 = 25 000
Tablero eléctrico	1 X 35 000 = 35 000
Instalación	1 X 3 000 = 3 000
Total en Nuevos Soles	= 87 300

### 10.6. CICLONES DE ALTA EFICIENCIA.

Para ambas secciones se selecciono el ciclón de alta eficiencia modelo Alanco RC-90, los cuales están provistos por una válvula de compuerta en la descarga, para ser cerrada cuando la sección correspondiente al ciclón no esté operando. Incluye una estructura para el soporte de los ciclones una fabricada con tubo cuadrado de 3 x 1/4", la cual se muestra en el plano del Anexo C.2.

Ciclones	2 x 6 750 =	13 500
Estructura	1 x 5 200 =	5 200
Montaje	1 x 2 000 =	2 000
Total en Nuevos Soles		= 20 700

### 10.7. FILTRO DE MANGAS.

El filtro de mangas seleccionado está compuesto por 50 mangas de poliéster de 0,3 m de diámetro por 8,5 m de longitud.

Con compuerta tipo rasera para descargar el polvo, con cuello para amarrar saco.

La estructura de del filtro de mangas fue anclado usando 4 pernos de expansión en cada pata.

Filtro de mangas	1 X 22 000 =	22 000
Montaje	1 X 2 000 =	2 000
Total en Nuevos Soles		= 24 000

### 10.8. SILO.

El silo fue fabricado con planchas de acero estructural A-36 de ¼ "de espesor. En la parte inferior el silo cuenta con una compuerta para la descarga de los residuos de madera a un camión, y 2 tolvas para la alimentación de los transportadores helicoidales que alimentan a las calderas biomásicas de los cuartos de secado de madera. Además en la parte interior, el silo tiene un sombrero tipo chino encima de la compuerta para aliviar el peso y permitir la descarga de los residuos de madera.

Silo	1 X 63 000 = 63 000
Montaje	1 X 15 000 = 15 000
Total en Nuevos Soles	= 78 000

### 10.9. PLATAFORMA DEL SILO.

La plataforma del silo fue fabricado con vigas de acero A-36, de acuerdo al diseño realizado por especialistas.

Plataforma	1 X 56 000 = 56 000
Montaje	1 X 6 000 = 6 000
Total en Nuevos Soles	= 62 000



## CONCLUSIONES

1. La implantación del sistema permite la colección de los residuos de madera de tal modo que facilita su utilización y venta, generando ingresos económicos importantes para la empresa.
2. La implantación del sistema ayuda la preservación de la salud y seguridad del personal involucrado a la planta de fabricación de pisos.
3. Con la implantación del sistema se logro mejorar la calidad del producto fabricado, y la preservación de la maquinaria.
4. Con la instalación de compuertas en las campanas se logro ahorrar energía cuando alguna máquina no estaba en funcionamiento.
5. Se logró evitar gastos innecesarios de tubería y pérdida de presión, al colocar el silo donde se descargan los residuos de madera lo más cerca que se pudo a la planta de fabricación de pisos.
6. Es recomendable que la maquinaria mantenga su lugar dentro de la planta, ya que el cambio de lugar de una máquina puede conllevar generalmente a un cambio total del sistema.
7. Debido a la naturaleza higroscópica de la madera, los residuos colectados en el silo se compactan y hacen difícil la tarea de descarga, por lo que es recomendable la instalación de un sistema descompactador dentro del silo.

8. El uso de tablas y gráficos con datos obtenidos de instalaciones de prueba y de experiencias en plantas reales fue muy útil para el diseño del sistema neumático de extracción de residuos de madera.
9. Siguiendo la metodología de equilibrio por compuertas se logra el equilibrio de los caudales en cada campana y permite tener más versatilidad para futuras modificaciones.
10. El uso de la presión negativa en la captación de los residuos de madera ayuda a la limpieza de la superficie y alrededores de donde se generan e impide que estos escapen de las tuberías.
11. El costo de la adquisición y el montaje e instalación de los componentes del sistema neumático para extracción de residuos de madera con una capacidad de 26 000 CFM requiere una inversión aproximada de 330 738 nuevos soles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alden, John L. *Design of industrial ventilation systems, 5th Edition*, Industrial Press Inc, New York, 1982.
- B. Velan, "Pneumatic Conveying System Types and Components", powder, handling & processing, Volume 5, No. 4, November 1993.
- Demers Paul, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.
- D.Mills, *Pneumatic conveying design guide, Second edition*, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
- E. Carnicer Royo, Madrid 1994. *Ventilación Industrial Cálculo y Aplicaciones*, Editorial Paraninfo S.A.
- F. Cabrejos , *Transporte neumático de materiales sólidos a granel*, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
- Fischer, John, *Practical Pneumatic Conveyor Design*, June 1958.
- Kraus, Milton n., "Bag houses selecting, specifying and testing industrial dust Collectors", *Chemical Engineering*, April 1979.
- Pedelaborde, C, *Manual Curso de Ventilación industrial*, 2007.
- Soler y Palau, *Manual práctico de ventilación*, México 2011.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A: TABLAS**

**A.1:** Velocidad de captación.

**A.2:** Velocidad de transporte recomendada de acuerdo a los materiales.

**A.3:** Principios de diseño de campanas de captación.

**A.4:** Pérdida de carga por rozamiento del aire en conductos circulares rectilíneos.

**A.5:** Coeficientes de pérdidas en codos.

**A.6:** Coeficientes de pérdidas en empalmes y en sombretes.

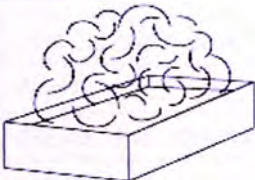

**A.7:** Coeficientes o factores de pérdidas en campanas de captación.

**A.8:** Espesor de plancha en pulgadas, para la fabricación de ductos, según las normas SMACNA.

**A.9:** Espesor de plancha en milímetros, para la fabricación de ductos, según las normas SMACNA.

## ANEXO A.1

### VELOCIDAD DE CAPTACIÓN

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 - 0,5
	Desprendimientos a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnia.	0,5 - 1
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 - 2,5
Con partículas sólidas en suspensión 	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.	Esmerilado. 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.

**Fuente: Manual Práctico de ventilación, Soler y Palau, México 2011**

## ANEXO A.2

### VELOCIDAD DE TRANSPORTE RECOMENDADA DE ACUERDO A LOS MATERIALES

MATERIALES	VELOCIDAD			
	desde	desde	hasta	Hasta
	FPM	m/seg	FPM	m/seg
Viruta de madera	4500	22,9	6000	30,5
Aserrín	4000	20,3	6000	30,5
desechos de trituradora	4500	22,9	6500	33,0
corcho	3500	17,8	5500	27,9
algodón	4000	20,3	6000	30,5
Lana	4500	22,9	6000	30,5
Yute	4500	22,9	6000	30,5
cáñamo	4500	22,9	6000	30,5
semilla de algodón	4000	20,3	6000	30,5
polvo	3500	17,8	6000	30,5
Avena	4500	22,9	6000	30,5
Fibra vegetal seca	4500	22,9	6000	30,5
Maíz	5000	25,4	7000	35,6
Trigo	5000	25,4	7000	35,6
Azúcar	5000	25,4	6000	30,5
Sal	5500	27,9	7500	38,1
Polvo de carbón	4500	22,9	6000	30,5
ceniza , escoria	6000	30,5	8500	43,2
Cal	5000	25,4	7000	35,6
Cemento	6000	30,5	9000	45,7
Papel	5000	25,4	6000	30,5
Granos de café	3500	17,8	6000	30,5
Arena	6000	30,5	9000	45,7
polvos secos	2500	12,7	3500	17,8
Gases y humos	2000	10,2	3000	15,2

**Fuente: Manual Práctico de ventilación, Soler y Palau.  
México 2011**

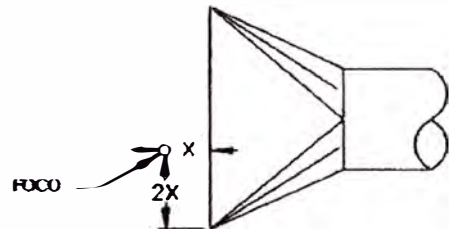
### ANEXO A.3

### PRINCIPIOS DE DISEÑO DE CAMPANAS DE CAPTACIÓN



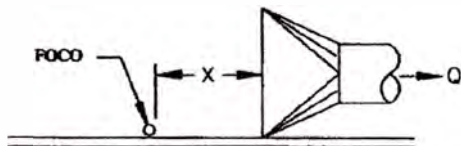
CAMPANA LIBREMENTE SUSPENDIDA

$$Q = V(10X^2 + A)$$



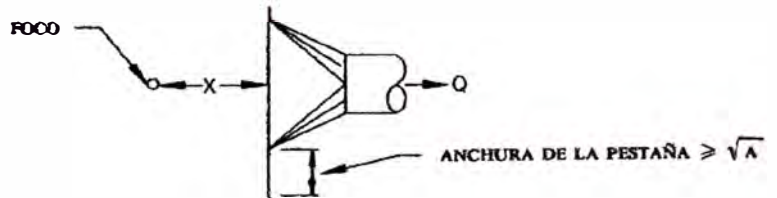
CAMPANA GRANDE

CAMPANA GRANDE, X PEQUEÑO - LA DISTANCIA X, MEDIDA PERPENDICULARMENTE A LA BOCA DE LA CAMPANA, LA DISTANCIA AL BORDE DE LA CAMPANA NO HA DE SER INFERIOR A 2 X



CAMPANA APOYADA SOBRE UNA MESA O EL SUELO

$$Q = V(5X^2 + A)$$



CAMPANA CON PESTAÑA ANCHA

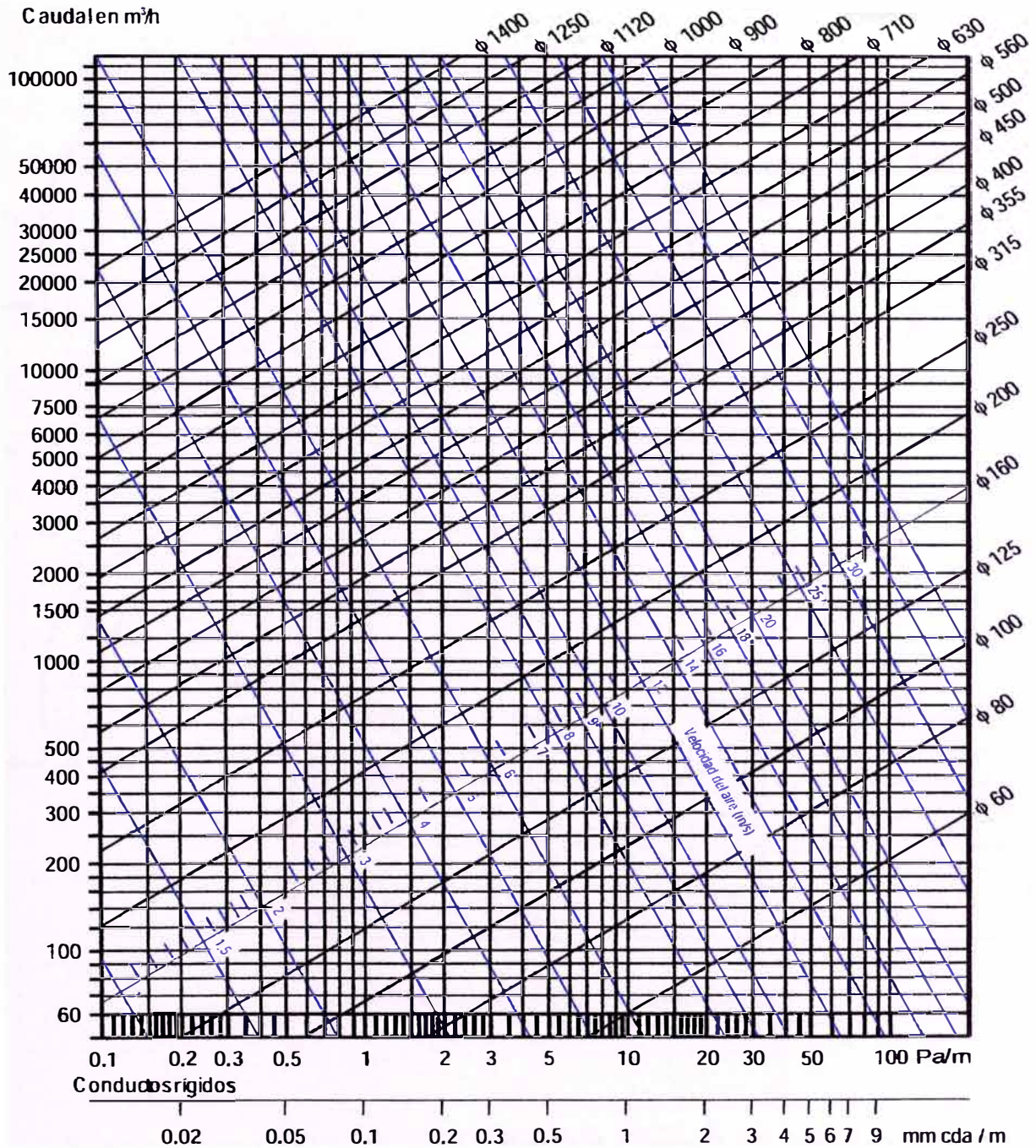
$$Q = V 0.75(10X^2 + A)$$

Fuente: Curso de Ventilación industrial, Carlos Luis Pedelaborde, 2007



## ANEXO A.4

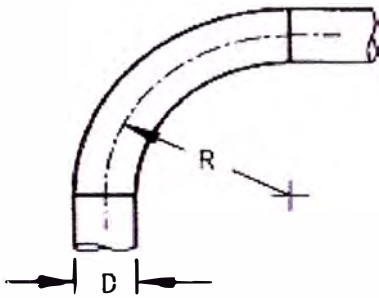
### PERDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE EN CONDUCTOS CIRCULARES RECTILINEOS



Fuente: Manual Práctico de ventilación, Soler y Palau, México 2011

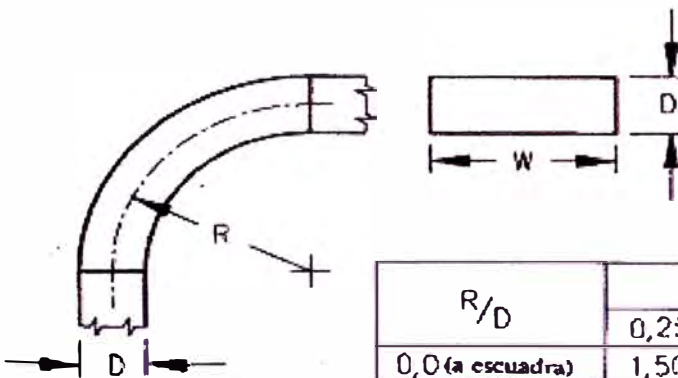
## ANEXO A.5

### COEFICIENTES DE PÉRDIDAS EN CODOS



R/D	Pérdida de carga Fracción de PD
2,75	0,26
2,50	0,22
2,25	0,26
2,00	0,27
1,75	0,32
1,50	0,39
1,25	0,55

CODOS DE SECCIÓN CIRCULAR



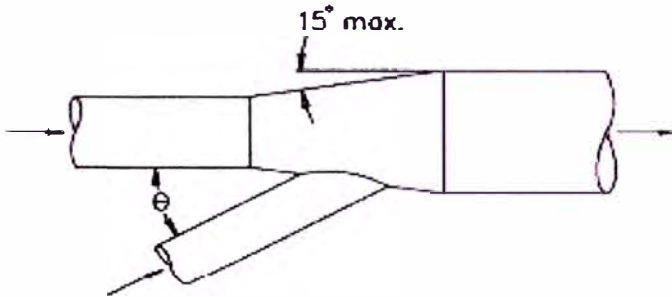
R/D	Relación de tamaños W/D					
	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
0,0 (a escuadra)	1,50	1,32	1,15	1,04	0,92	0,86
0,5	1,36	1,21	1,05	0,95	0,84	0,79
1,0	0,45	0,28	0,21	0,21	0,20	0,19
1,5	0,28	0,18	0,13	0,13	0,12	0,12
2,0	0,24	0,15	0,11	0,11	0,10	0,10
3,0	0,24	0,15	0,11	0,11	0,10	0,10

CODOS DE SECCIÓN CUADRADA Y RECTANGULAR

Fuente: Curso de Ventilación industrial, Carlos Luis Pedelaborde, 2007

## ANEXO A.6

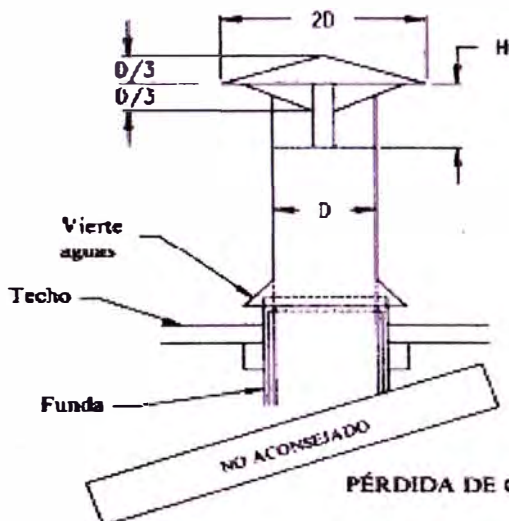
### COEFICIENTES DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN EMPALMES Y EN SOMBRERETES



Nota: La pérdida de carga se produce en el conducto lateral y se debe contabilizar en el mismo.

No incluir el cálculo de la recuperación de presión en los conductos laterales con uniones progresivas.

Ángulo $\theta$ grados	Pérdida de carga en el conducto lateral Fracción de PD
10	0,06
15	0,09
20	0,12
25	0,15
30	0,18
35	0,21
40	0,25
45	0,28
50	0,32
60	0,44
90	1,00



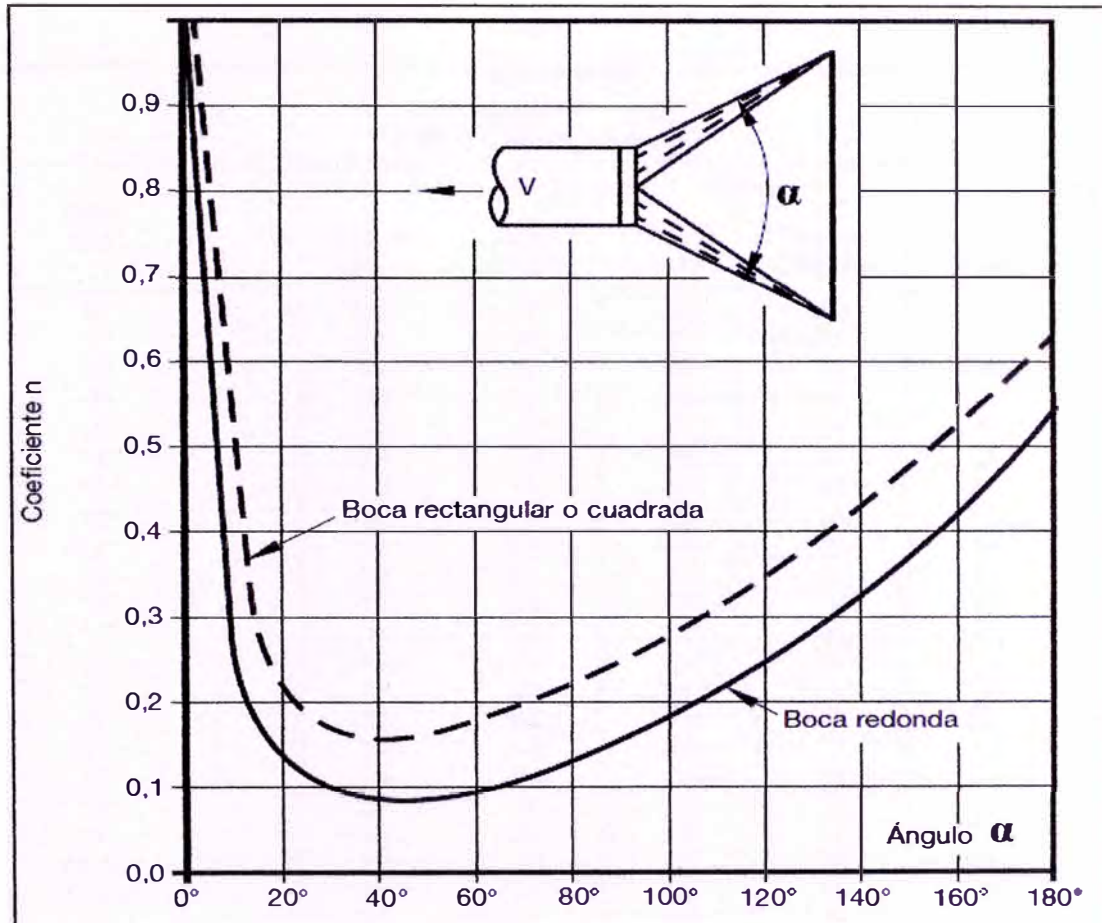
H, número de diámetros	Pérdida de carga, Fracción de PD
1,0 D	0,10
0,75 D	0,18
0,70 D	0,22
0,65 D	0,30
0,60 D	0,41
0,55 D	0,56
0,50 D	0,73
0,45 D	1,0

PÉRDIDA DE CARGA EN SOMBRERETES

Fuente: Curso de Ventilación industrial, Carlos Luis Pedelaborde, 2007

## ANEXO A.7

### COEFICIENTES O FACTORES DE PÉRDIDAS EN CAMPANAS DE CAPTACIÓN



Fuente: Manual Práctico de ventilación, Soler y Palau, México 2011

## ANEXO A.8

### ESPESOR DE PLANCHA EN PULGADAS, PARA LA FABRICACIÓN DE DUCTOS, SEGÚN LAS NORMAS SMACNA

TABLE 3-2B ROUND DUCT GAGE NEGATIVE PRESSURE						
MAX. DIA.	-2" w.g.		-4" w.g.		-10" w.g.	
	Spiral Seam	Long. Seam	Spiral Seam	Long. Seam	Spiral Seam	Long. Seam
6"	28	28	28	28	26	26
7"	28	28	28	28	26	26
8"	28	28	28	28	26	26
9"	28	28	28	25	26	24
10"	28	28	26	26	26	22
11"	28	25	26	24	26	22
12"	28	25	26	24	24	22
13"	28	25	26	24	24	20
14"	28	24	24	22	24	20
15"	26	24	24	22	22	20
16"	26	24	24	22	22	18
17"	26	24	24	20	22	18
18"	24	22	24	20	22	18
19"	24	22	24	20	22	18
20"	24	22	22	20	22	18
21"	24	20	22	18	22	18
22"	24	20	22	16	22	16
23"	24	20	22	18	20	16
24"	22	20	22	18	20	16
25-26"	22	20	20	18	20	16 A4
27-29"	22	18	20	16	18	16 A4
30"	22	18	20	16	18	16 B4
31-33"	20	18	20	16	18	16 B4
34"	20	18	20	20 A6	18	16 B4
35-36"	20	16	20	20 A6	18	16 B4
37-42"	20	16	18	18 B6	16 F12	
43-48"	20	18 A6	18	18 B6	16 F6	
49-60"	18	18 B4	18 F6	16 B4	16 F6	
61-72"	16		18 F6		16 F4	

**Fuente: Hvac Duct construction standards-Smacna**

## ANEXO A.9

### ESPESOR DE PLANCHA EN MILIMETROS, PARA LA FABRICACIÓN DE DUCTOS, SEGÚN LAS NORMAS SMACNA

TABLE 3-2BM ROUND DUCT GAGE METRIC NEGATIVE PRESSURE						
MAX. DIA.	-500 Pa		-1000 Pa		-2500 Pa	
	Spiral Seam	Long. Seam	Spiral Seam	Long. Seam	Spiral Seam	Long. Seam
150	0.48	0.48	0.48	0.48	0.55	0.55
180	0.48	0.48	0.48	0.48	0.55	0.55
200	0.48	0.48	0.48	0.48	0.55	0.55
230	0.48	0.48	0.48	0.55	0.55	0.70
250	0.48	0.48	0.55	0.55	0.55	0.85
280	0.48	0.55	0.55	0.70	0.55	0.85
300	0.48	0.55	0.55	0.70	0.70	0.85
330	0.48	0.55	0.55	0.70	0.70	1.00
360	0.48	0.70	0.70	0.85	0.70	1.00
380	0.48	0.70	0.70	0.85	0.85	1.00
400	0.55	0.70	0.70	0.85	0.85	1.31
430	0.55	0.70	0.70	1.00	0.85	1.31
460	0.70	0.85	0.70	1.00	0.85	1.31
480	0.70	0.85	0.70	1.00	0.85	1.31
500	0.70	0.85	0.85	1.00	0.85	1.31
530	0.70	1.00	0.85	1.31	0.85	1.31
560	0.70	1.00	0.85	1.31	0.85	1.61
580	0.70	1.00	0.85	1.31	1.00	1.61
600	0.85	1.00	0.85	1.31	1.00	1.61
660	0.85	1.00	1.00	1.31	1.00	1.61 A1.2
740	0.85	1.31	1.00	1.6	1.31	1.61 A1.2
760	0.85	1.31	1.00	1.6	1.31	1.61 B1.2
840	1.00	1.31	1.00	1.6	1.31	1.61 B1.2
860	1.00	1.31	1.00	1.00 A1.8	1.31	1.61 B1.2
910	1.00	1.61	1.00	1.00 A1.8	1.31	1.61 B1.2
1070	1.00	1.61	1.31	1.31 B1.8	1.31 F3.6	
1220	1.00	1.31 A1.8	1.31	1.31 B1.8	1.31 F1.8	
1520	1.31	1.31 B1.2	1.31 F1.8		1.31 F1.2	
1830	1.61		1.31 F1.8		1.61 F1.2	

**Fuente: Hvac Duct construction standards-Smacna**

## **ANEXO B: MANUALES Y CATÁLOGOS**

1. **B.1:** *Manual de ciclones Alanco.*
2. **B.2:** Características técnicas de la Tela poliéster, Fabricante Renner.
3. **B.3:** Catalogo de motores eléctricos Delcrosa.

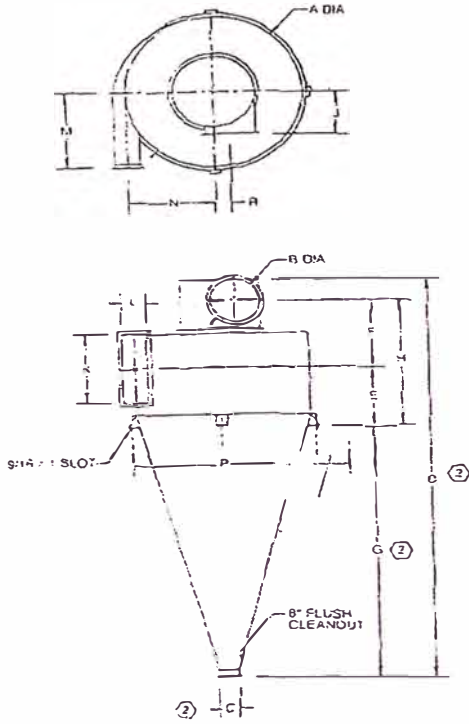
# ANEXO B.1



ENVIRONMENTAL MANUFACTURING, INC.  
 P.O. BOX 398 FALLS CITY, NE, 68355-0398  
 PHONE: 402-245-2325 FAX: 402-245-5196  
 WEB SITE: alancomfg.com 800-500-9777

SECTION  
**3**  
 EFFECTIVE: 5-1-99  
 SUPERSEDES: 5-1-97

## RC CYCLONE



NOTE:  
 1. ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES.  
 2. CONE ANGLE IS CONSTANT. IF DISCHARGE DIA. IS DIFFERENT THAN STANDARD, CONE HEIGHT WILL CHANGE.

MODEL	CFM	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	STD. GAGE	COKE ANGLE
RC-18	500	12	5	8	45-11/16	14-1/2	12-1/2	17-3/16	30-5/8	8-1/2	10	2-1/2	9	9	22	2	12	77°
RC-24	900	24	6	8	63-5/8	16-1/2	14	30-1/8	34-1/8	9-1/2	12	3	12	12	28	2-1/2	12	77°
RC-30	1450	30	8	9	81-5/8	18	16-1/2	43-1/8	38-5/8	11	15	4	15	15	34	3	12	77°
RC-36	2000	36	10	8	96-5/8	19-1/2	19	56-1/8	43-1/8	12	16	4-1/2	18	18	40	3	12	77°
RC-42	2500	42	12	8	117-5/8	25	21	65-5/8	47-3/8	13	20	5-1/2	21	21	46	3	12	77°
RC-45	2500	45	12	6	127-1/8	26	22-1/2	72-1/8	50-1/8	14	22	6	22-1/2	22-1/2	49	3-1/2	12	77°
RC-48	3500	48	14	8	136-5/8	27	24	78-5/8	52-5/8	15	24	6-1/2	24	24	52	4	12	77°
RC-54	4100	54	15	8	154-5/8	29	26-1/2	91-5/8	57-7/8	16	26	7	27	27	58	4-1/2	12	77°
RC-60	5000	60	16	8	172-5/8	32	28	104-5/8	62-1/2	17-1/2	28	8	30	30	64	5-1/2	12	77°
RC-66	5000	66	18	8	189-5/8	33	30	117-5/8	65-7/8	19	30	9	33	33	70	6	12	77°
RC-72	7100	72	20	10	203-1/4	33-1/2	33-1/2	126-1/4	70-1/8	20-1/2	33	10	36	36	76	5-1/2	12	77°
RC-78	8300	78	22	10	220	34	35-3/4	139-1/4	73-1/4	22	36	11	39	39	82	7	12	77°
RC-84	11000	84	24	10	237	34-1/2	38-1/4	152-1/4	76-5/8	23-1/2	39	12	42	42	89	7-1/2	12	77°
RC-90	13500	90	26	10	254	39	40-3/4	161-1/4	80	25	42	13	45	45	94	8	12	77°
RC-96	15000	96	28	12	266-11/16	39-1/2	43-1/4	169-15/16	83-3/8	26-1/2	45	14	48	48	100	8-1/2	12	77°
RC-102	17200	102	30	12	283-11/16	40	45-3/4	182-15/16	87-1/4	28	48	15	51	51	106	9	12	77°
RC-108	19500	108	32	12	300-15/16	42	47	195-15/16	90-3/8	29-1/2	48	17	54	54	112	9-1/2	12	77°
RC-114	22000	114	34	12	317-7/8	44	48	208-7/8	93-3/4	31	48	19	57	57	118	10	10	77°
RC-120	25000	120	36	12	334-7/8	46	49	221-7/8	97-1/8	32-1/2	48	22	60	60	124	10-1/2	10	77°
RC-126	30000	126	38	14	316	48-1/2	51-1/2	197	102-3/8	34	51	24	63	63	130	11	10	75°
RC-132	35000	132	40	14	331-3/16	49	54	208-3/16	105-5/8	35-1/2	54	26	66	66	136	11-1/2	10	75°
RC-138	40000	138	42	14	347-3/8	49-1/2	57	219-3/8	109-1/2	36-1/2	57	28	69	69	142	11	10	75°
RC-144	45000	144	45	14	362-9/16	50	59-1/2	230-9/16	112-7/8	38	60	30	72	72	148	11-1/2	10	75°



STANDARD SPECIFICATIONS  
RC-18 THRU RC-144 CYCLONES

SECTION  
3  
EFFECTIVE: 5-1-89  
SUPERSEDES: 5-1-97

I. Features

- A. All cyclones are flanged construction.
- B. 8" bolted door mounted in lower cone.
- C. Mount pads welded on cone.
- D. Rotatable draw thru.

II. Construction

A. Material:

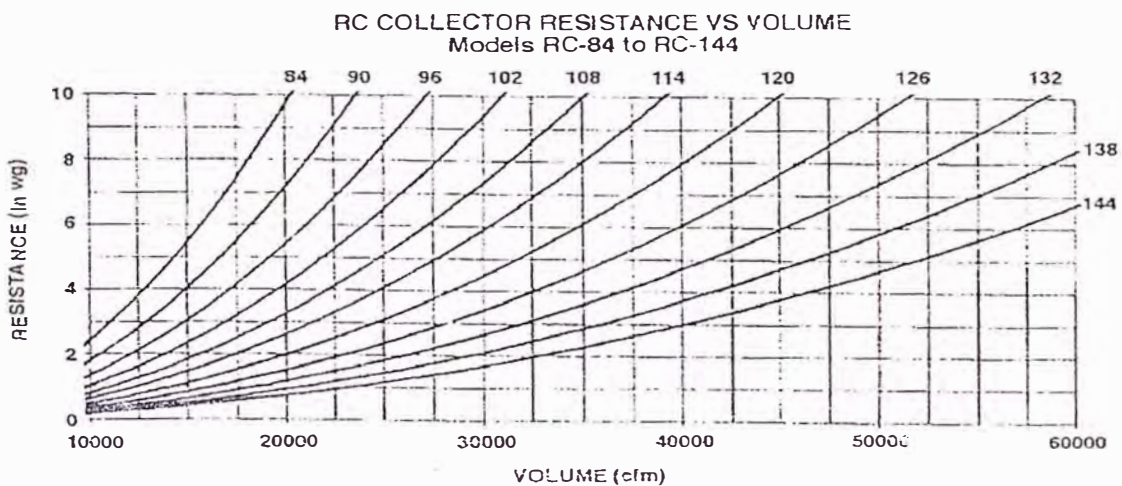
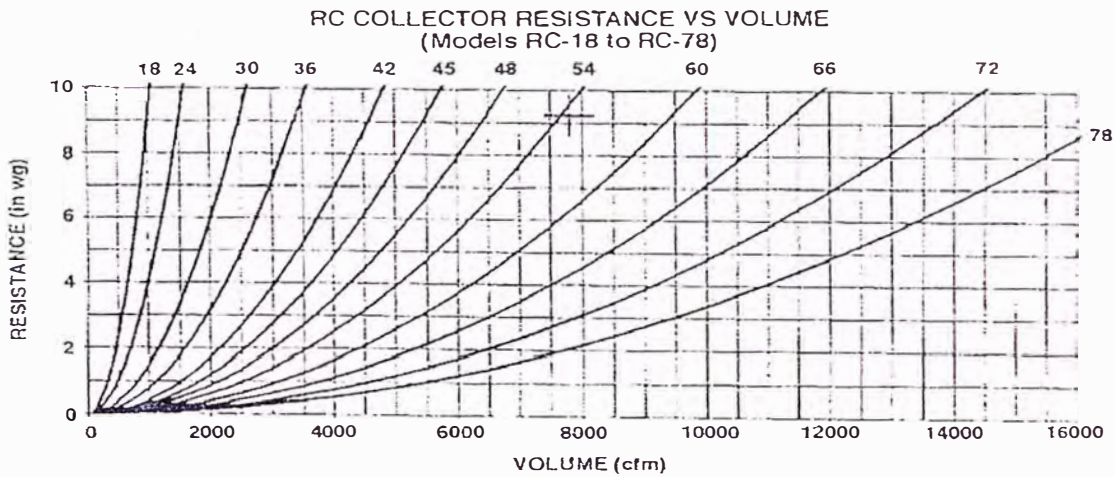
- 1. Models RC 18-108, 12 ga.
- Models RC-114-144, 10 ga.
- 2. Body rings on: Model RC 18, 10 ga. x 1-3/4.
- Models 24-36, 7 ga. x 1-3/4.
- Models 42-144, 3/8 x 2 flat.

B. Finish

- 1. Painting of exterior is provided following removal, by mechanical means, of weld splatter/slag; assemblies are then washed with phosphate detergent. After drying, an alkyd primer is applied. Exterior only will receive one finish coat of Alanco blue acrylic industrial enamel.

C. Assembly

- 1. Inlet section is full welded, flanged top and bottom to match rotatable draw thru and cone section.



## ANEXO B.2

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TELA POLIÉSTER, FABRICANTE RENNER

PE/PE - Fibra de Poliéster con tela de Poliéster											
Tipo	Peso g/m <sup>2</sup>	Espesor mm	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Volumén de los Poros %	Permeabilidad del Aire - l/dm <sup>2</sup> min.a 20mmCa	Temp. de Trab. °C calor seco	Resistencia à Ruptura		Alargamiento de Ruptura		
							Largo / da N	Ancho / da N	Largo / %	Ancho / %	
201	200	1.0	0.20	85	700	150	45	30	17	14	
251	250	1.0	0.25	87	600	150	75	60	30	28	
301	300	1.2	0.25	82	480	150	80	50	17	17	
351	350	1.4	0.25	82	400	150	90	60	20	19	
401	400	1.4	0.29	79	280	150	150	120	16	18	
451	450	1.8	0.25	82	275	150	150	120	17	19	
501	500	1.8	0.28	80	200	150	170	130	17	20	
551	550	1.9	0.29	79	150	150	180	140	19	21	
601	600	2.0	0.30	78	120	150	190	150	19	21	
601	600	2.0	0.30	78	75	150	200	200	15	17	
651	650	2.1	0.31	78	120	150	190	150	18	20	
851	850	2.5	0.34	75	75	150	200	200	15	17	
951	950	3.0	0.32	77	60	150	200	200	14	18	



# Motores eléctricos de fabricación nacional DELCROSA

ANEXO B.3

HERMETICIDAD

GARANTÍA

ACABADO

PROTECCIÓN

CARCAZA DE Fe. FUNDIDO

*"Transformando Energía, Construyendo Futuro"*

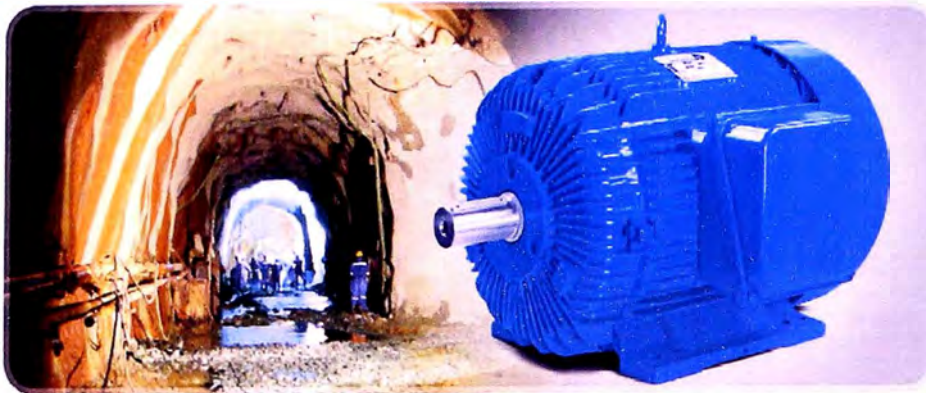


Compre al Perú

**DELCROSA** 

**ENERGÍA PARA EL PERÚ**

# MOTOR ELÉCTRICO DE USO MINERO



## Reingeniería para alto rendimiento en condiciones de altitud

Los paquetes magnéticos y bobinados están dimensionados para mantener la eficiencia, factor de potencia y corriente de arranque en los niveles óptimos de diseño en las condiciones de altitud y temperatura de trabajo.

## Carcaza

Construida íntegramente en fundición de hierro gris, de constitución sólida y robusta en tamaños y dimensiones de acuerdo a la Norma IEC-72. A fin de facilitar su manipulación y montaje posee un cáncamo de izaje de acero forjado.

## Ventilación

El diseño del sistema de ventilación se ha diseñado para un enfriamiento óptimo con bajo nivel de ruido. Los ventiladores en los tamaños 200 y 250 son de hierro fundido, los tamaños 280 a 355 son de hierro fundido con rejilla de chapa de acero.

## Factor de servicio 1.15

Asegura al motor contra sobre cargas intermitentes de 15%.

## Aislamiento clase H (180°C)

Protege al motor contra sobrecargas adicionales o suministros de energía inestables y de mala calidad. La clase de aislamiento incluye a todos los elementos aislantes incluyendo, los cables terminales, esmalte de los alambres de cobre y el barniz doblemente impregnado. Al mismo tiempo, la sobre elevación de temperatura (Temperatura Rise) del diseño corresponde a una clasificación de clase F (100°C).

## Hermeticidad IP 55

TEFC, protegido contra chorro de agua en cualquier dirección y contra el perjudicial depósito interior de polvo, posee una caja de conexiones y escudos hermetizados.

## Rodamientos de larga vida útil

Rodamientos SKF explorer, protegidos con sellos de laberinto y doble barrera de grasa en ambos lados del eje, los sellos son extraíbles sin desarmar el escudo para su limpieza y reengrase, pines de lubricación y opcionalmente sensores de temperatura RTD's para los rodamientos.

## Bobinado reforzado

Aislamiento no higroscópico, doble capa de barniz y una capa de resina de acabado de baja adherencia superficial para protección contra la humedad y agentes químicos, protección adicional contra picos de tensión y sobretensión entre espiras mediante el reforzamiento del aislamiento en los primeros grupos de cada fase y la distribución no aleatoria de las espiras en la conformación del bobinado, opcionalmente se suministra el motor con Heaters de 220V para protección contra la condensación.

## Sensores de temperatura insertados en cabezas de bobina

Tipo termopar como estándar permitiendo el disparo de los sistemas de control en caso de sobretemperatura en el bobinado. Opcionalmente se suministra con sensores de temperatura RTD's tipo PT-100.

## Caja de Conexiones Rotables a 90°

Construida íntegramente de hierro fundido, del mismo modo que la tapa, posee agujero roscado para la colocación de pasacables.

## Bornera de baquelita

Con 6 terminales y amplia caja de bornes para mejor ajuste y fácil conexión.

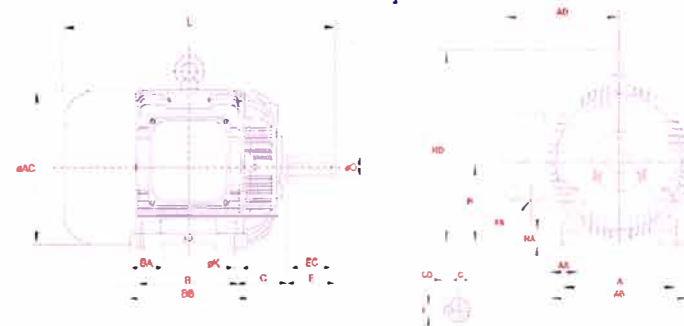
## Terminal de puesta a tierra

Todos los motores incluyen terminales de puesta a tierra construidos con bronce para garantizar una correcta conducción, uno de los cables va colocado al interior de la tapa de conexión y el otro en la pata del motor o en la brida dependiendo de su forma constructiva.

## Acabado y pintado

Doble capa de base y de acabado en pintura alquídica, opcionalmente se puede proporcionar con base y acabado epóxico.

# Dimensiones generales modelos NV y NVAR



DIMENSIONES EN MILIMETROS																	RODAMIENTOS							
Carcasa	Polo	A	AA	AB	4AC	AD	B	BA	DB	C	øD	E	F	G	GD	EC	H	HA	HD	øK	L	FR	L.A.	L.O.A.
200M	4 a 8	318	75	382	383	307	767	80	317	133	55m6	110	36	49	10	100	200	25	450	19	699	2x2"	6312C3	6312C3
200L	4 a 8	318	75	382	383	307	805	80	355	133	55m6	110	36	49	10	100	200	25	450	19	737	2x2"	6312C3	6312C3
2255/M	4 a 8	356	80	426	428	353	286/311	85	367	149	60m6	140	18	53	11	130	225	28	503	19	699	2x2"	6313C3	6313C3
2505/M	4 a 8	406	90	480	482	381	311/349	105	409	168	65m6	140	18	58	11	130	250	30	555	24	737	2x2"	6314C3	6314C3
2805/M	4 a 8	457	100	537	577	436	368/419	128	489	190	75m6	140	20	67.5	17	130	280	36	623	24	699	2x2"	6316C3	6316C3
3155/M	4 a 8	508	110	598	635	466	406/457	140	541	216	80m6	170	22	71	14	160	315	38	725	28	737	2x3"	6319C3	6316C3
355M/L	4 a 8	610	140	750	750	606	560/630	200	760	254	100m6	210	28	90	16	190	355	50	844	28	737	2x3"	6322C3	6319C3

# Motores Delcrosa de uso minero

## Características de desempeño

Modelo NV 4500 m.s.n.m. Temperatura ambiente máxima de 20°C\*

### 4 POLOS - 60 Hz

Potencia HP	Carcasa (IEC)	Velocidad rpm	Corriente 440V In(A) Ie(A)		Torque Tn Ta/Tn Tmáx/Tn (Kg.m) (%) (%)			Rendimiento n% 50% 75% 100%			Factor de Potencia Cosφ 50% 75% 100%			Factor de servicio	GD' del Rotor (kg.m2)	Peso Kg
			In(A)	Ie(A)	Tn (Kg.m)	Ta/Tn (%)	Tmáx/Tn (%)	50%	75%	100%	50%	75%	100%			
25	200M	1770	30	260	10.2	220	330	87.5	90.0	90.5	0.81	0.86	0.89	1.15	1.120	211
30	200L	1770	36	374	12.7	200	370	90.0	90.7	91.0	0.78	0.85	0.88	1.15	1.300	237
40	2255/M	1770	47	364	16.2	250	270	89.7	91.2	91.7	0.77	0.85	0.88	1.15	1.700	265
50	2255/M	1765	59	418	20	230	255	89.7	92.0	92.4	0.80	0.85	0.88	1.15	2.000	291
60	2505/M	1770	72	442	24	230	270	91.3	92.7	93.0	0.81	0.85	0.89	1.15	3.400	427
75	2805/M	1775	88	500	30	220	255	91.5	92.8	93.0	0.80	0.85	0.88	1.15	5.700	545
100	2805/M	1770	119	631	40	250	260	92.0	93.0	93.5	0.78	0.85	0.87	1.15	6.700	615
125	3155/M	1775	147	746	50	240	250	92.0	93.2	93.8	0.84	0.85	0.88	1.15	10.500	790
150	3155/M	1780	173	1028	60	220	230	92.5	93.6	94.1	0.85	0.85	0.89	1.15	12.500	878
175	3155/M	1780	204	1384	70	210	220	93.0	93.8	94.1	0.84	0.85	0.88	1.15	14.500	966
200	355M/L	1780	233	1496	80	200	200	93.4	94.3	94.5	0.84	0.85	0.88	1.15	16.000	1300
250	355M/L	1780	268	1866	100	210	200	93.5	94.4	94.4	0.85	0.85	0.89	1.15	19.000	1370
300	355M/L	1780	344	2478	170	210	200	93.7	94.5	94.5	0.84	0.85	0.88	1.15	21.500	1484
350	355M/L	1785	402	2887	140	220	210	93.8	94.7	95.0	0.85	0.85	0.89	1.15	24.000	1545
400	355M/L	1785	458	3790	160	210	200	94.0	95.0	95.0	0.85	0.85	0.89	1.00	24.000	1545

### 6 POLOS - 60 Hz

Potencia HP	Carcasa (IEC)	Velocidad rpm	Corriente 440V In(A) Ie(A)		Torque Tn Ta/Tn Tmáx/Tn (Kg.m) (%) (%)			Rendimiento n% 50% 75% 100%			Factor de Potencia Cosφ 50% 75% 100%			Factor de servicio	GD' del Rotor (kg.m2)	Peso Kg
			In(A)	Ie(A)	Tn (Kg.m)	Ta/Tn (%)	Tmáx/Tn (%)	50%	75%	100%	50%	75%	100%			
20	200L	1180	28.1	278	18.3	235	290	90.0	90.8	91.0	0.67	0.76	0.79	1.15	1.400	225
25	200L	1175	33.0	185	24	185	265	90.8	91.5	91.7	0.64	0.75	0.78	1.15	1.700	240
30	2255/M	1185	40.4	260	30	225	265	90.5	91.8	92.0	0.64	0.71	0.75	1.15	2.800	305
40	2505/M	1175	54.0	508	36	215	260	91.0	92.3	92.5	0.69	0.79	0.84	1.15	3.100	475
50	2505/M	1175	70.1	425.7	46	190	220	91.4	92.5	92.8	0.73	0.82	0.86	1.15	4.000	480
60	2805/M	1180	75.0	470	61	200	210	92.0	92.8	93.0	0.70	0.80	0.83	1.15	7.500	625
75	2805/M	1180	91.0	508	76	190	210	92.5	93.5	95.0	0.72	0.80	0.83	1.15	8.200	710
100	3155/M	1185	125.5	663	90	200	230	93.0	93.7	94.1	0.75	0.84	0.86	1.15	16.000	980
125	3155/M	1185	156.0	84.0	108	200	220	93.0	94.0	94.1	0.74	0.83	0.86	1.15	18.000	1080
150	3155/M	1185	179.0	1075	121	210	230	93.0	94.0	94.2	0.75	0.83	0.86	1.15	20.000	1130
175	355M/L	1190	209.0	1258	150	220	210	93.5	94.7	94.7	0.77	0.80	0.85	1.15	22.000	1380
200	355M/L	1185	239.0	1369	180	210	200	93.5	94.0	94.3	0.70	0.78	0.80	1.15	28.000	1500
250	355M/L	1190	321.0	1533	210	200	190	94.0	94.3	94.5	0.70	0.78	0.80	1.15	30.000	1630
300	355M/L	1190	385.0	1560	240	235	210	94.0	94.5	94.8	0.71	0.78	0.80	1.15	33.000	1730
350	355M/L	1190	595.0	2768	270	230	210	94.0	95.0	95.0	0.71	0.78	0.80	1.00	37.000	1870

\* Para altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente diferente a las especificaciones, por favor consultar a la fábrica.  
\*\* El tamaño de carcasa, asociado a la potencia, puede variar de acuerdo a consideraciones del diseño.

# MOTOR DELCROSA DE USO MINERO DE ALTA EFICIENCIA

## Características de desempeño

Modelo NVAR 4500 m.s.n.m. Temperatura ambiente máxima de 20°C\*

### 4 POLOS - 60 Hz

Potencia HP	Carcasa (IEC)	Velocidad rpm	Corriente 440V		Torque			Rendimiento n%			Factor de Potencia Cosφ			Factor de servicio	GD <sup>2</sup> del Rotor (Kgm2)	Peso Kg
			In(A)	I <sub>l</sub> (A)	Tn (Kgm)	T <sub>a</sub> /Tn (%)	T <sub>máx</sub> /Tn (%)	50%	75%	100%	50%	75%	100%			
30	200M	1775	36.6	332	12.2	270	300	91.6	92.2	92.4	0.73	0.82	0.85	1.15	1.2999	270
40	200L	1770	49.5	419	16.2	250	260	91.9	92.9	93.0	0.76	0.82	0.84	1.15	1.299	271
50	225S/M	1770	61.0	469	20.0	270	280	92.0	92.8	93.1	0.76	0.83	0.85	1.15	1.700	301
60	225S/M	1775	71.0	510	24.0	220	200	92.4	93.5	93.8	0.76	0.84	0.87	1.15	2.2899	376
75	250S/M	1780	89.6	700	30.0	250	260	92.7	93.6	94.1	0.75	0.83	0.86	1.15	4.1599	562
100	280S/M	1775	116.0	954	40.0	240	250	92.5	94.0	94.5	0.81	0.86	0.88	1.15	6.5399	706
125	280S/M	1775	144.0	1070	50.0	230	240	92.5	94.0	95.0	0.81	0.86	0.88	1.15	8.3500	821
150	315S/M	1780	171.5	1223	60.0	250	260	92.5	94.0	95.0	0.85	0.88	0.88	1.15	12.5	1037
175	315S/M	1780	202.0	1318	70.0	230	230	93.2	94.7	95.0	0.78	0.85	0.88	1.00	13.800	1090
200	315S/M	1780	231.0	2200	80.0	250	250	93.4	94.7	95.0	0.78	0.85	0.88	1.15	15.600	1100

### 6 POLOS - 60 Hz

Potencia HP	Carcasa (IEC)	Velocidad rpm	Corriente 440V		Torque			Rendimiento n%			Factor de Potencia Cosφ			Factor de servicio	GD <sup>2</sup> del Rotor (Kgm2)	Peso Kg
			In(A)	I <sub>l</sub> (A)	Tn (Kgm)	T <sub>a</sub> /Tn (%)	T <sub>máx</sub> /Tn (%)	50%	75%	100%	50%	75%	100%			
25	200La	1180	34.0	202	15.30	270	245	91.6	92.0	92.7	0.64	0.73	0.77	1.15	1.6600	240
30	200L	1175	38.9	286	18.30	280	320	91.9	92.8	92.0	0.68	0.77	0.80	1.15	1.7999	260
40	225S/M	1180	52.4	366	24.30	250	320	92.0	93.2	93.4	0.66	0.74	0.79	1.15	2.7999	305
50	250S/M	1180	68.0	433	30.30	210	270	92.4	93.4	93.5	0.65	0.73	0.76	1.15	4.3000	572
60	250S/M	1180	74.5	520	36.00	250	280	92.7	93.5	93.7	0.71	0.81	0.83	1.15	5.4000	580
75	280S/M	1180	91.0	673	46.00	250	320	92.5	93.7	93.8	0.75	0.82	0.85	1.15	9	715
100	280S/M	1180	125.0	846	61.00	300	300	92.5	94.1	94.2	0.72	0.79	0.82	1.15	9.6000	764
125	315S/M	1185	156.0	954	76.00	290	290	92.5	94.5	94.5	0.75	0.81	0.82	1.15	18	1098
150	315S/M	1185	179.0	1292	91.00	260	270	93.2	94.8	95.0	0.76	0.83	0.85	1.15	19	1188
175	315S/M	1185	209.0	1513	106.00	260	290	93.4	94.9	95.1	0.74	0.82	0.85	1.00	22	1276

### 8 POLOS - 60 Hz

Potencia HP	Carcasa (IEC)	Velocidad rpm	Corriente 440V		Torque			Rendimiento n%			Factor de Potencia Cosφ			Factor de servicio	GD <sup>2</sup> del Rotor (Kgm2)	Peso Kg
			In(A)	I <sub>l</sub> (A)	Tn (Kgm)	T <sub>a</sub> /Tn (%)	T <sub>máx</sub> /Tn (%)	50%	75%	100%	50%	75%	100%			
20	200L	875	34.0	218	20.0	230	320	90.6	91.9	92.0	0.52	0.63	0.69	1.15	2.0959	247
25	225S/M	880	38.0	250	16.4	235	335	89.7	91.2	91.5	0.47	0.57	0.62	1.15	3.2000	335
30	225S/M	880	44.3	264	24.0	240	300	90.7	92.2	92.3	0.54	0.65	0.71	1.15	4.8000	390
40	250S/M	885	59.4	350	33.0	240	290	92.1	92.9	93.0	0.53	0.64	0.70	1.15	7.4000	580
50	250S/M	880	71.7	466	40.0	200	290	92.2	93.3	93.6	0.55	0.66	0.72	1.15	8	600
60	280S/M	880	87.6	576	49.0	200	295	92.4	93.3	93.6	0.61	0.70	0.75	1.15	8.8000	625
75	280S/M	885	98.8	719	61.0	190	260	93.3	94.0	94.1	0.65	0.74	0.78	1.15	10.3000	710
100	315S/M	885	138.0	952	81.0	210	280	93.7	94.5	94.5	0.61	0.70	0.74	1.15	20	1037
125	315S/M	890	170.0	1169	101.0	200	250	93.9	94.6	94.7	0.69	0.74	0.75	1.15	23	1149

\* Para altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente diferente a las especificaciones, por favor consultar a la fábrica.  
 \*\* El tamaño de carcasa, asociado a la potencia, puede variar de acuerdo a consideraciones del diseño.

## RELACION DE PRINCIPALES MOTORES DE USO MINERO SUMINISTRADOS EN EL PERÚ, EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Fecha de Entrega	N° Serie	Desc	HP	Velocidad	Proveedor	m.s.n.m
14/03/2005	331004	MOTOR TRIFASICO NV -	200LG	36 HP	CIA MINERA MILPO	4.600
15/07/2005	342788	MOTOR TRIFASICO NV -	200LG	36 HP	CIA MINERA MILPO	4.800
05/08/2005	342788	MOTOR TRIFASICO NV -	200LG	36 HP	CIA MINERA MILPO	4.800
02/06/2006	342913	MOTOR TRIFASICO NV -	200LG	36 HP	CIA MINERA MILPO	4.800
01/09/2006	342960	MOTOR TRIFASICO NV -	315 S/M4	150 HP	CIA MINERA MILPO	4.800
26/09/2006	342974	MOTOR TRIFASICO NV -	355 M/L4	300 HP	CIA MINERA MILPO	4.800
01/12/2006	143283	MOTOR TRIFASICO NV -	280 S/M4	160 HP	PANAMERICAN SILVER S.A.	4.900
15/02/2007	143301	MOTOR TRIFASICO NV -	250 S/M4	60 HP	PANAMERICAN SILVER S.A.	4.800
10/04/2007	143404	MOTOR TRIFASICO NV -	315 S/M4	115 HP	PANAMERICAN SILVER S.A.	4.800
02/05/2007	143452	MOTOR TRIFASICO NV -	250 S/M4	75 HP	VOLCAN CIA. MINERA S.A.	4.800
02/05/2007	143465	MOTOR TRIFASICO NV -	225 S/M4	115 HP	PANAMERICAN SILVER S.A.	4.800
25/08/2007	143611	MOTOR TRIFASICO NV -	250 S/M4	75 HP	VOLCAN CIA. MINERA S.A.	4.800
23/12/2007	143736	MOTOR TRIFASICO NV -	200 M/L	30 HP	MINERA BATEAS SAC	4.800
23/12/2007	143737	MOTOR TRIFASICO NV -	200 M/L	30 HP	MINERA BATEAS SAC	4.800
23/12/2007	162294	MOTOR TRIFASICO NV -	200 L4	30 HP	MINERA BATEAS SAC	4.800
23/12/2007	162297	MOTOR TRIFASICO NV -	225 S/M6	36 HP	MINERA BATEAS SAC	4.800
27/12/2007	143757	MOTOR TRIFASICO NV -	315 S/M4	150 HP	TECNIFLOW SAC	4.800
11/02/2008	143860	MOTOR TRIFASICO NV -	200 L6	30 HP	MINSUR S.A.	4.600
11/02/2008	143661	MOTOR TRIFASICO NV -	200 L6	30 HP	MINSUR S.A.	4.600
11/04/2008	162208	MOTOR TRIFASICO NV -	200 L6	25 HP	MINSUR S.A.	4.600
11/04/2008	162269	MOTOR TRIFASICO NV -	200 L6	25 HP	MINSUR S.A.	4.600
24/06/2008	162277	MOTOR TRIFASICO NV -	180 M4	25 HP	MINSUR S.A.	4.600
24/06/2008	162279	MOTOR TRIFASICO NV -	180 M4	25 HP	GOLDFELD LA CIMA S.A.	4.600
23/01/2009	162309	MOTOR TRIFASICO NV -	200 L2	40 HP	MINSUR S.A.	4.600
23/01/2009	162310	MOTOR TRIFASICO NV -	200 L2	40 HP	MINSUR S.A.	4.600
21/04/2009	162313	MOTOR TRIFASICO NVAR -	250 S/M6	75 HP	COMP MINERA CARAVELISA C	4.600
27/05/2009	162319	MOTOR TRIFASICO NVAR -	315 S/M6	115 HP	CEMENTO SUR S.A.	4.000
14/11/2009	162329	MOTOR TRIFASICO NVAR -	315 S/M6	130 HP	MINERA LAYTARUMA S.A.	900
15/04/2010	162335	MOTOR TRIFASICO NV -	280 S/M8	100 HP	VINERIA Y EXPORTACIONES SAC	4.500
09/05/2010	162337	MOTOR TRIFASICO NVAR -	225 S/M2	60 HP	COMPANIA MILPO S.A.A.	4.600
03/09/2010	162342	MOTOR TRIFASICO NVAR -	355 M/L6	320 HP	CORP. M. TOMALA MANO S.A.	4.000
28/12/2010	162352	MOTOR TRIFASICO NVAR -	315 S/M4	200 HP	TECNIFLOW S.A.C	2.300
29/12/2010	162353	MOTOR TRIFASICO NV	315 M/L4	200 HP	TECNIFLOW S.A.C	2.300
08/02/2011	162358	MOTOR TRIFASICO NV -	315 S/M4	150 HP	KLEIHS S.A.	4.500

### Principales procesos de fabricación



Ingeniería Bobinado Esmerilado Torneo de escudo Montaje Pruebas según IEEE-112

# MOTOR ELÉCTRICO VERTICAL DE EJE HUECO PARA POZO PROFUNDO



Los motores eléctricos de esta serie se fabrican para operar en posición vertical con bombas tipo turbina para la extracción de agua en instalaciones de pozo profundo.

Se caracteriza por un diseño TEFC con brida de acoplamiento de dimensiones de acuerdo a NEMA, eje hueco, sistema de contra-marcha de bolas de acero tipo ratchet, cople al eje de la bomba y hermetizado de modo tal que se evita la pérdida de aceite existente en la cámara que aloja los rodamientos superiores.

### Características constructivas

Las carcasas y tapas de los motores de la serie R son fabricados en fierro fundido, asegurando una óptima construcción sólida y robusta.

Se presentan en construcción cerrada con aletas, ventilación exterior y protección IP55, esto es, protegido contra la penetración perjudicial de polvo y contra chorro de agua en cualquier dirección. Esta protección le da ventaja frente a los motores abiertos (protección IP 22) cuyos arrollamientos están expuestos al contacto directo con el medio ambiente, siendo fácil presa de la humedad, salinidad y polvo, reduciendo rápidamente la resistencia del aislamiento, sobre todo cuando el motor está fuera de servicio. Los rotores compuestos de chapas de acero al silicio con bajo contenido de carbono, son de simple o doble jaula de ardilla y el conjunto (eje-rotor/porta rodamiento-ventilador) es balanceado dinámicamente formando una unidad rígida y compacta con niveles de vibración y ruido aceptados por las Normas.

Su sistema de contra-marcha de tipo RACHET de esferas de acero impide el giro del motor en sentido contrario al de bombeo cuando la columna de agua retrocede, o cuando se produce un accidental Inversión de fase, el sistema permite al equipo trabajar en pozos de gran profundidad y provee una rápida acción, (generalmente más veloz que una válvula check) contra el giro en reversa, sin embargo la utilización de la válvula check puede complementar el control de la presión negativa reduciendo el efecto de shock en el conjunto bomba motor producido por la parada brusca de la columna de agua con una alta energía acumulada, mejorando la vida útil y confiabilidad de los sistemas mecánicos razón por la cual resulta recomendable.

### Características eléctricas

Las características eléctricas de funcionamiento cumplen con los requisitos exigidos por las Normas Internacionales (IEC). Los materiales aislantes sólidos encuadran en la clase de aislamiento F (155°C), el alambre de doble capa de esmalte y el barniz aislante (doble impregnación) son de clase H (180°C), lo cual da a los arrollamientos una elevada resistencia mecánica, alta rigidez dieléctrica, mejor transmisión de calor, y sobre todo protege al aislamiento contra los agentes nocivos del medio ambiente. Los terminales de los arrollamientos son libres (12) de modo de poder funcionar en redes de 3 tensiones diferentes (220/380/440 VAC). la potencia indicada en los catálogos se entiende para servicio continuo, factor de servicio 1.0 ó 1.15, frecuencia 60 Hz, tensiones hasta 600 Voltios y para cuatro polos (1800 RPM).

### Rodamientos

Los motores de la serie R se construyen con rodamiento inferior, rígido a bolas con placas de obturación (2RS) y uno o dos rodamientos superiores de una hilera de bolas a contacto angular, para soportar el empuje axial comunicado por el eje de la bomba, es lubricado con aceite y posee un indicador de nivel para su control.

### Transporte

Estos motores deben ser transportados en posición vertical, para evitar la pérdida de aceite existente en la cámara que aloja los rodamientos superiores.

### Norma para pedido

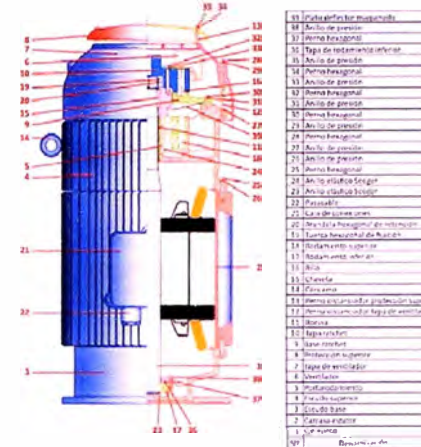
Al efectuar sus pedidos el cliente debe indicar los siguientes puntos:

- Potencia y altura sobre el nivel del mar
- Tensión y frecuencias de alimentación
- Condiciones ambientales
- Accesorios especiales
- Diámetro del eje de la bomba (cople)
- Variantes de nuestra construcción normal

## Motores Asíncronos Trifásicos Construcción Cerrada con Ventilación Exterior Verticales con Eje Hueco

### SERIE R - TAMAÑO 132 - 315

#### COMPONENTES DEL MOTOR

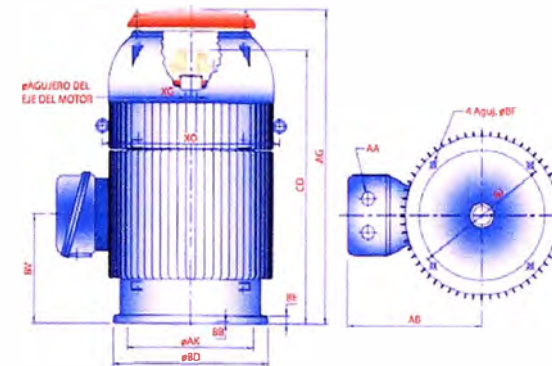


#### POTENCIAS NORMALIZADAS

POTENCIA I <sub>s</sub> ± 15*	TIPO	BRIDA NEMA	EMPUJE AXIAL	PESO
HP/60 Hz	4 POLOS		KG	KG
10.0	R132M4	215 TP	770	94
15.0	R160M4	254 TP	1090	144
20.0	R160L4	256 TP	1090	176
25.0	R180M4	284 TPH	1370	232
30.0	R180L4	286 TPH	1370	257
40.0	R200M4	324 TP	1800	385
50.0	R200L4	326 TP	3100	412
60.0	R225cM4	364 TP	3100	470
75.0	R225L4	365 TP	3100	530
100.0	R250M4	404 TPY	4800	800
125.0	R280M4	405 TPY	4800	910
150.0	R315M4	T505 P	5100	1100
175.0	R315M4	T505 P	5100	1120
200.0	R315L4	T509 P	5100	1160
250.0	R315L4	T509 P	5100	1270

La información contenida en esta tabla está sujeta a variación sin previo aviso.  
\*Para potencias con factor de servicio 1.0 consultar al Depto. de ventas

#### DIMENSIONES EXTERIORES



TIPO	FRANJE NEMA	AJ	AK	BB	BD	XG	BF	BE	RVG (D5P) AA	A9	AG	BV	CD	XC
R132M4	215 TP	9 1/8"	8 1/4"	3/16"	10"	1 1/16"	7/16"	17	1 X 1"	195	602	228	601	317
R160M4	254 TP	9 1/8"	8 1/4"	3/16"	10"	1 5/16"	7/16"	17	2 X 1 1/2"	237	644	267	560	368
R160L4	256 TP	9 1/8"	8 1/4"	3/16"	10"	1 5/16"	7/16"	17	2 X 1 1/2"	237	644	259	560	368
R180M4	284 TPH	10 3/4"	10 1/2"	1/4"	16 1/2"	1 3/8"	1 1/16"	18	2 X 1 1/2"	286	720	303	612	423.5
R180L4	286 TPH	10 3/4"	10 1/2"	1/4"	16 1/2"	1 3/8"	1 1/16"	18	2 X 1 1/2"	286	720	322	612	423.5
R200M4	324 TP	10 3/4"	10 1/2"	1/4"	16 1/2"	1 13/16"	1 1/16"	19	2 X 2"	307	810	370	713	450
R200L4	326 TP	10 3/4"	10 1/2"	1/4"	16 1/2"	1 13/16"	1 1/16"	19	2 X 2"	307	810	370	713	450
R225cM4	364 TP	10 3/4"	10 1/2"	1/4"	16 1/2"	1 13/16"	1 1/16"	19	2 X 2"	353	870	370	767	503.5
R225L4	365 TP	10 3/4"	10 1/2"	1/4"	16 1/2"	1 13/16"	1 1/16"	19	2 X 2"	353	870	405	767	503.5
R250M4	404 TPY	10 3/4"	10 1/2"	1/4"	20"	2 1/16"	1 1/16"	19	2 X 2"	381	1040	370	580	514
R280M4	405 TPY	10 3/4"	10 1/2"	1/4"	20"	2 1/16"	1 1/16"	19	2 X 2"	436	1243	453	1125	635
R315M4-M4	T505 P	10 3/4"	10 1/2"	9/32"	24 1/2"	2 3/8"	1 1/16"	25	2 X 3"	486	1365	506	1250	710
R315L4	T509 P	10 3/4"	10 1/2"	9/32"	24 1/2"	2 3/8"	1 1/16"	25	2 X 3"	486	1365	511	1250	710

La información contenida en esta tabla está sujeta a variación sin previo aviso.  
NOTA - 1. Al hacer el pedido indicar el diámetro del eje de la bomba.  
2. El eje de la bomba, la tuerca de ajuste, los pernos de bloqueo y la chaveta de talón no son suministrados con el motor.

### Motores Asíncronos Trifásicos

Construcción Cerrada con Ventilación Exterior  
Verticales con Eje Hueco

### SERIE RAR - TAMAÑO 132 - 315

Características de Funcionamiento a 60 Hz - Factor de servicio 1.15

TIPO	HP	A 1/1 Carga RPM	EMPUJE AXIAL MAX. KG	AMPERAJE 120V		EFICIENCIA %			FACTOR DE POTENCIA			TORQUE		
				IN	ISA1	A 1/2 CARGA	A 3/4 CARGA	A 1/1 CARGA	A 1/2 CARGA	A 3/4 CARGA	A 1/1 CARGA	T <sub>s</sub> Kgm	T <sub>90</sub> /T <sub>s</sub> %	T <sub>VAR</sub> /T <sub>s</sub> %
R132M4	10	1760	770	26	198	90.0	90.8	91.0	0.71	0.80	0.84	4.10	300	310
R160M4	15	1755	1090	38	319	90.9	91.3	91.7	0.75	0.84	0.87	6.10	310	310
R160L4	20	1765	1090	50	417	91.0	92.1	92.4	0.72	0.82	0.85	8.20	300	310
R180M4	25	1765	1320	64	502	92.2	92.4	92.4	0.76	0.84	0.87	10.20	300	310
R180L4	30	1765	1320	74	620	91.6	92.2	92.4	0.73	0.82	0.85	12.20	270	300
R200M4	40	1775	1800	97	726	91.9	92.9	93.0	0.76	0.82	0.84	16.20	250	260
R200L4	50	1770	3100	119	726	92.0	92.8	93.1	0.76	0.83	0.85	20.00	270	280
R225M4	60	1770	3100	146	795	92.4	93.5	93.8	0.76	0.84	0.87	24.00	220	200
R225L4	75	1775	3100	186	1025	92.4	93.6	94.1	0.75	0.83	0.86	30.00	250	260
R250M4	100	1780	4800	246	1368	92.7	94.0	94.5	0.81	0.86	0.88	40.00	240	250
R280M4	125	1775	4800	300	2400	92.5	94.0	95.0	0.81	0.86	0.88	50.00	230	240
R315M4s	150	1775	5100	367	2936	92.5	94.0	95.0	0.85	0.88	0.89	60.00	250	260
R315M4r	175	1780	5100	447	3936	93.2	94.7	95.0	0.78	0.85	0.88	70.00	230	230
R315L4	200	1780	5100	525	4200	93.4	94.7	95.0	0.78	0.85	0.88	80.00	250	250
R315L4	250	1780	5100	636	5088	93.6	94.8	95.0	0.79	0.86	0.88	100.00	270	300

La información contenida en esta tabla está sujeta a variación sin previo aviso.

**Pérdidas debidas a la carga axial**

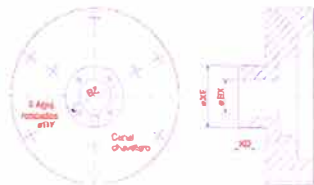
- Las eficiencias que figuran en la tabla corresponden al motor sin carga axial externa.
- La adición de carga axial originada por la bomba, causa pérdidas adicionales en el rodamiento de empuje, lo cual debe tomarse en consideración cuando se calcula la eficiencia total de la unidad de bombeo.
- Las pérdidas en HP en el rodamiento de empuje, por cada 100 RPM y por cada 1000 Kg de carga axial, se calculan de acuerdo a NEMA standard MG1-32.08 según:

TAMAÑO	PÉRDIDAS HP/100 RPM/1000 KG
R132	0.0193
R160	0.0231
R180	0.0252
R225	0.0293
R280	0.0365
R315	0.0429

Ej. Motor tipo R180M4, 25 HP, 1750 RPM y con una carga axial de 1200 Kg.

Eficiencia obtenida de tabla =  $89\%$   
 $Potencia absorbida = 0.89 \times 28.09 = 25$   
 $Pérdidas en HP = 0.0252 \times \frac{1760}{100} \times \frac{1200}{1000} = 0.53$   
 Eficiencia con una carga axial de 1200 Kg =  $\frac{25}{25 + 0.53} \times 100 = 87.35\%$

#### Detalles de la Tapa Ratchet (Cople)



TAMAÑO	Ø DE LA BOMBA	Rx *	Rv	B7	XD	XZ	CANAL CHAUFETERO
132	3/4"	0.751"	3/16" - 24 UNC	1 3/8"	1 1/2"	1 13/16"	3/16" x 3/32"
	1"	1.001"	3/16" - 24 UNC	1 3/8"	1 3/4"	1 11/16"	1/4" x 1/8"
	1 1/4"	1.251"	3/16" - 24 UNC	1 3/8"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 9/32"
160	1"	1.001"	3/16" - 24 UNC	1 3/8"	1 3/4"	1 3/4"	1/4" x 1/8"
	1 1/4"	1.251"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/8"
	1 3/4"	1.751"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	1/4" x 1/8"
180	1"	1.001"	3/16" - 24 UNC	1 3/8"	1 3/4"	1 3/4"	1/4" x 1/8"
	1 1/4"	1.251"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	1/4" x 1/8"
	1 3/4"	1.751"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	1/4" x 1/8"
200/225	1 1/4"	1.251"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	1/4" x 1/8"
	1 3/4"	1.751"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/8"
	1 7/8"	1.876"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/16"
250/280	1 1/2"	1.501"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/16"
	1 3/4"	1.751"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/16"
	1 7/8"	1.876"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/16"
315	1 3/4"	1.751"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	1/2" x 1/4"
	1 7/8"	1.876"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 3/16"
	1 7/8"	1.876"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 3/16"
315	1 3/4"	1.751"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	1/2" x 1/4"
	1 7/8"	1.876"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/16"
	1 7/8"	1.876"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/16"
315	1 3/4"	1.751"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	1/2" x 1/4"
	1 7/8"	1.876"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/16"
	1 7/8"	1.876"	1/4" - 20 UNC	1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	3/8" x 1/16"

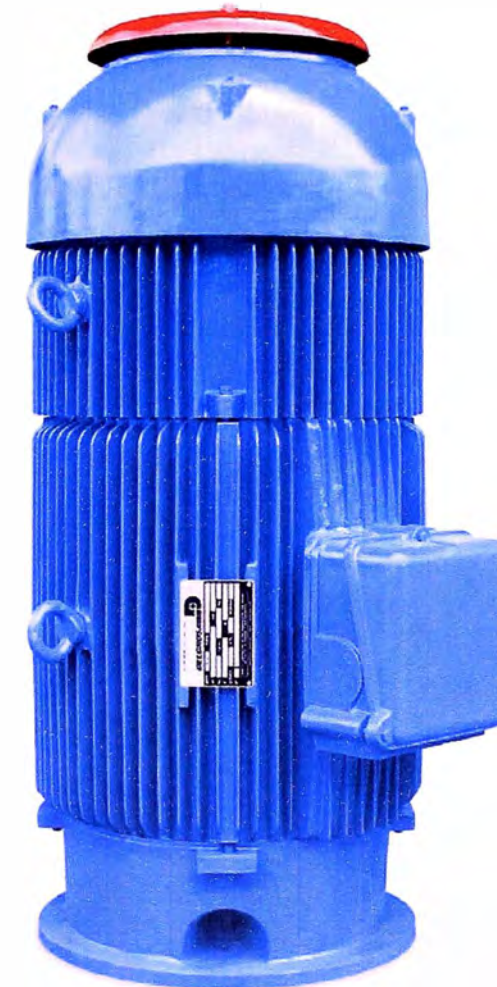
\* EL Ø 3X del agujero del cople es maquinado con una tolerancia de  $\pm 0.001$  hasta el 1 1/2". Para diámetros mayores la tolerancia es de  $\pm 0.002$ .



Cia. Minera Poderosa - Trujillo



Power Swivel Eléctrico  
MAPLE-GAS



#### Motores Asíncronos Verticales de Eje Hueco para Pozo Profundo

SERIE R - TAMAÑO 132 - 315

Nuestros productos han sido mejorados en características y especificaciones:

- Motor hermetizado y sellado para evitar el ingreso de la humedad.
- Protección IP55
- Mecanismo de contramarcha de billas tipo ratchet.
- TEFC.
- Aislamiento Clase F (155°).
- Rodamientos superiores de contacto angular.

## MOTOR ELÉCTRICO DE USO MARINO



Motor, especialmente, diseñado para operar en aplicaciones altamente expuestas a la acción de la humedad y corrosión en ambientes salinos.

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

#### Aislamiento clase H

Proporciona al motor la capacidad de sobrecarga adicional que le permite soportar sin problemas suministros de energía de mala calidad y sobrecargas temporales permitiendo una capacidad térmica superior a 25°C al límite máximo de temperatura del aislamiento clase F de los motores estándar.

#### Pintura

- Arenado al blanco de carcasa, tapas y escudos.
- Doble base anticorrosiva de zincromato de 4 mils y base epoxi de 3 mils externo e interior.
- Acabado de poliuretano.

#### Hermeticidad IP 56

- TEFC con sellos de laberinto y doble barrera de grasa en ambos lados del eje, caja de conexión y escudos hermetizados.

#### Bobinado reforzado

- Aislamiento no higroscópico.
- Doble capa de barniz.
- Una capa adicional de resina de acabado de baja adherencia superficial para protección contra humedad y agentes químicos.
- Protección contra picos y sobretensión entre espiras.

#### PERNERÍA ZINCADA

#### Caja de conexión

- Hermetizada de la tapa y la salida de los cables.

#### Opcional

- Protector contra condensación tipo Heater de 220V (Frame IEC 180 o mayor).
- Ventilador de aluminio.
- Protectores térmicos insertos en cabeza de bobina tipo termopar o RTD'S PT100.

#### Protocolo de pruebas

Integramente realizado en la sala de pruebas de DELCROSA S.A.

- DELCROSA S.A. es la única empresa peruana, que puede hacer ensayos de operación a plena carga para la determinación del torque y la eficiencia de acuerdo al método recomendado por el estándar IEEE 112.

## SALA DE PRUEBAS DE MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores comercializados por DELCROSA son sometidos a una serie de mediciones alternadas con pruebas de funcionamiento y de carga, verificando y registrando los resultados obtenidos.

La Sala de Prueba de Motores Eléctricos equipada con maquinaria e instrumentos de medidas de última generación, para realizar los ensayos de rutina y tipo, prescritos en las Normas Internacionales IEC, IEEE y según los requerimientos del cliente.



• Prueba al Freno dinámico motor hasta 150 HP de acuerdo a prescripciones IEEE - 112



• Ensayo de Calentamiento motor < 10 HP de acuerdo a prescripciones IEEE - 112



• Tablero de comando y medición



• Control de medición de velocidad (RPM)





**CONSTRUCCIONES ELECTROMECÁNICAS DELCROSA S.A.**

Av. Argentina 1515 Ilma 01 | Perú T. ++511 336 6614 F. ++511 336 8189

N. 51°112'8070 | 51°827'5307 | 51°112'5988

postmast@delcrosa.com.pe

www.delcrosa.com.pe

VENTAS: (511) 336 6614 anexos: 382 | 278 | 245

## **ANEXO C: PLANOS**

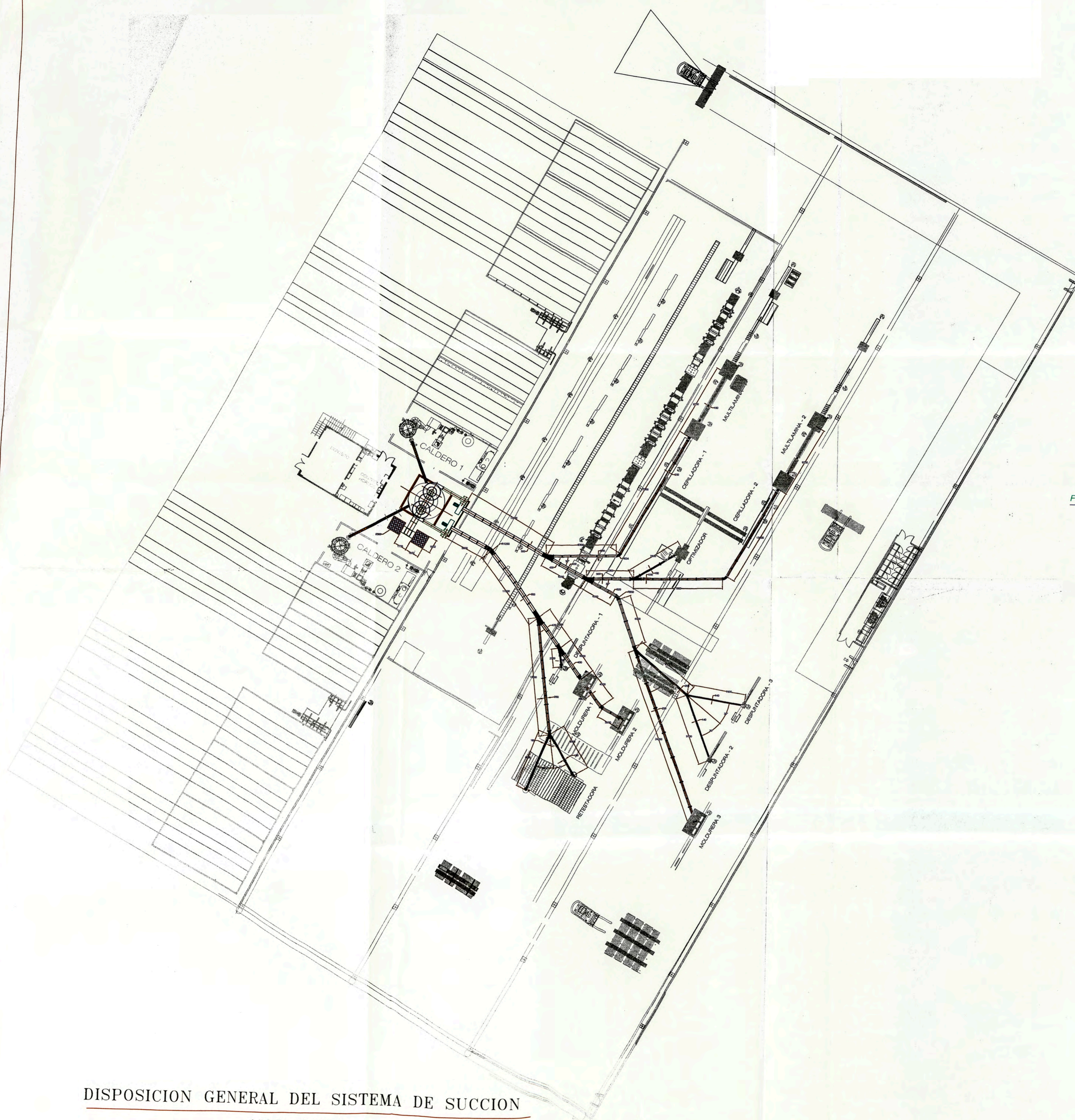
**C.1:** *Disposición general del sistema.*

**C.2:** Estructura de apoyo de los ciclones.

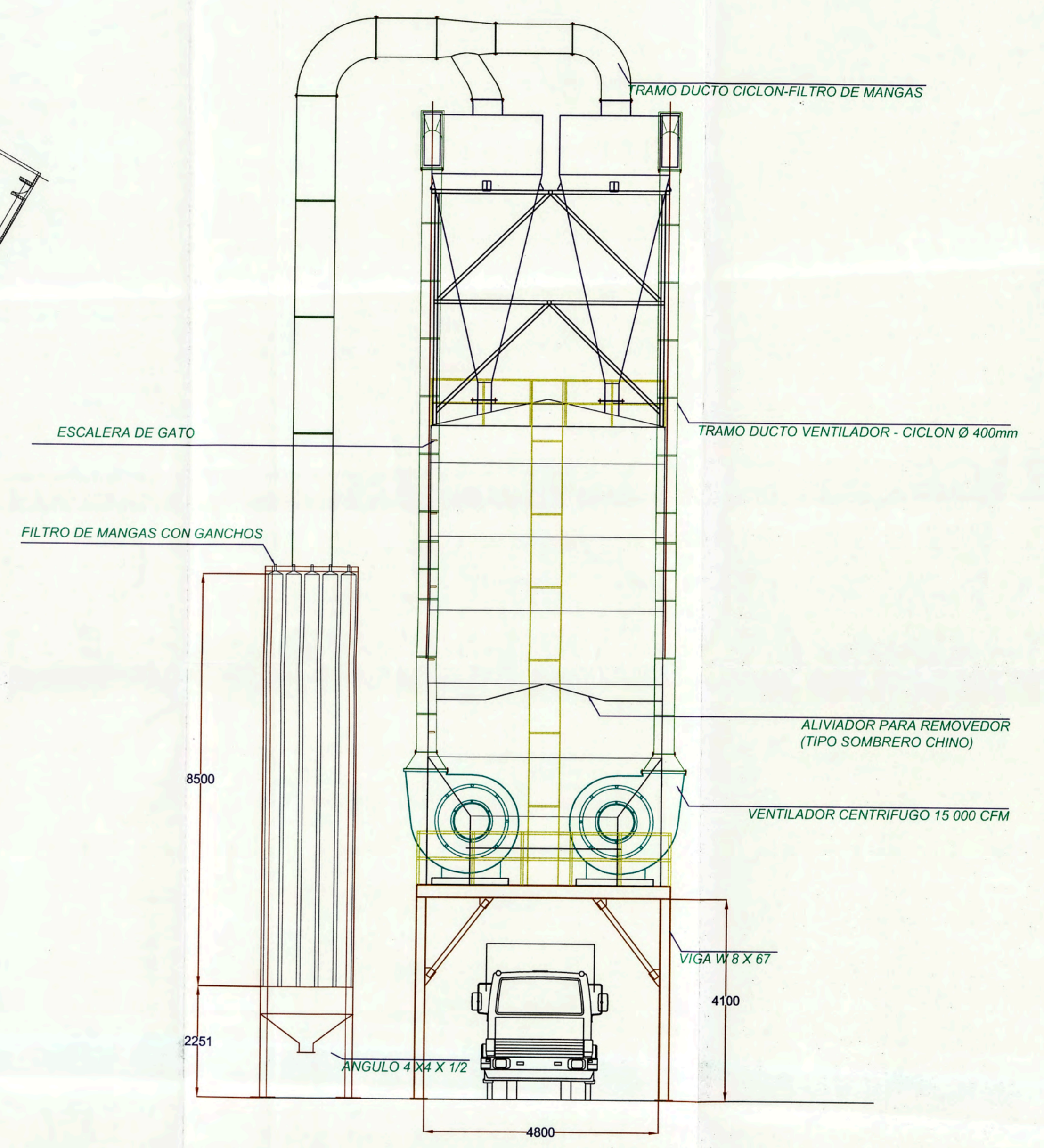
**C.3:** Accesorios del sistema de ductos de la sección 1.

**C.4:** Accesorios del sistema de ductos de la sección 2.

**C.5:** Silo Hermético de 140 m<sup>3</sup> de capacidad.

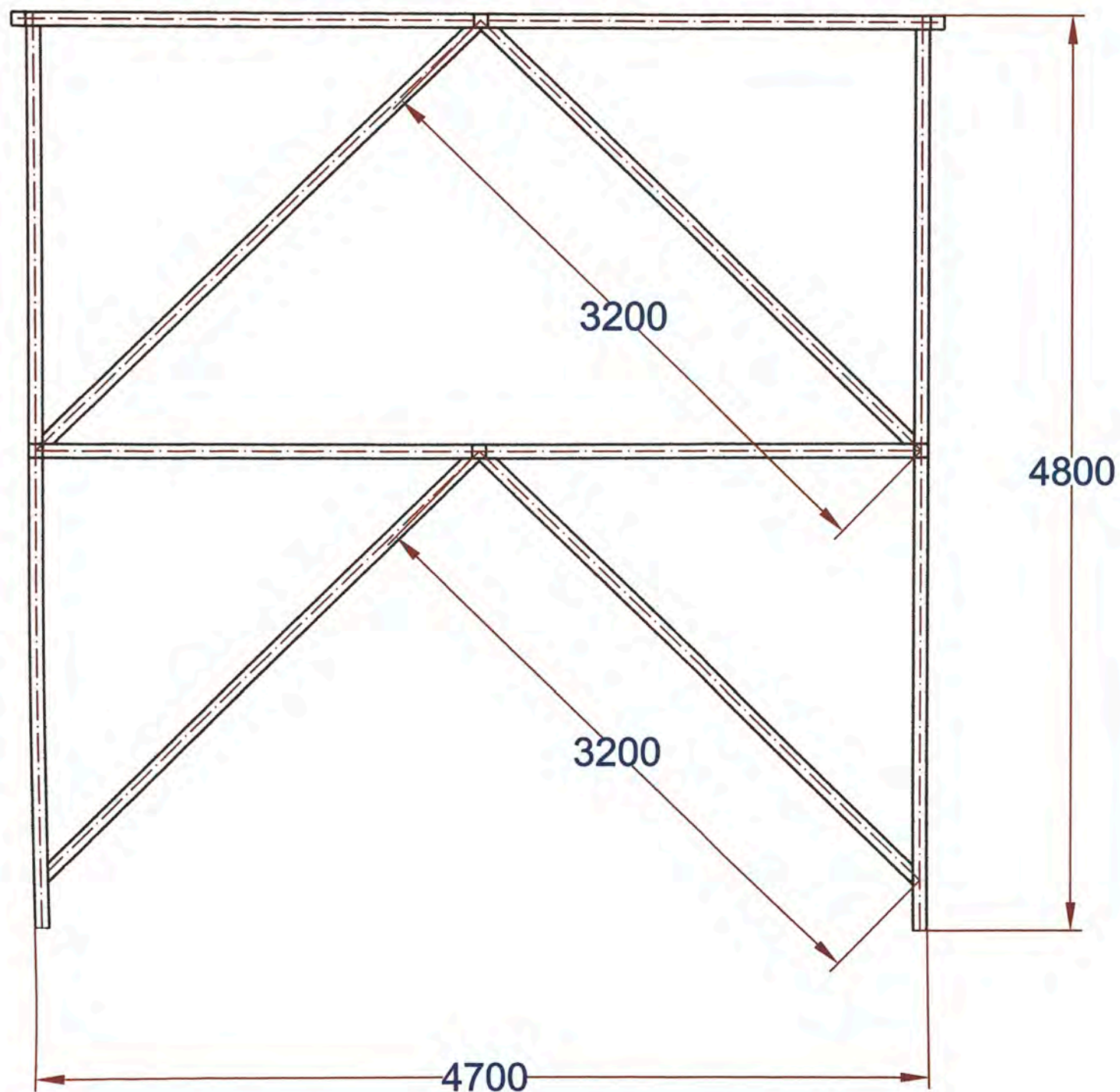


DISPOSICION GENERAL DEL SISTEMA DE SUCCION  
VISTA:PLANTA



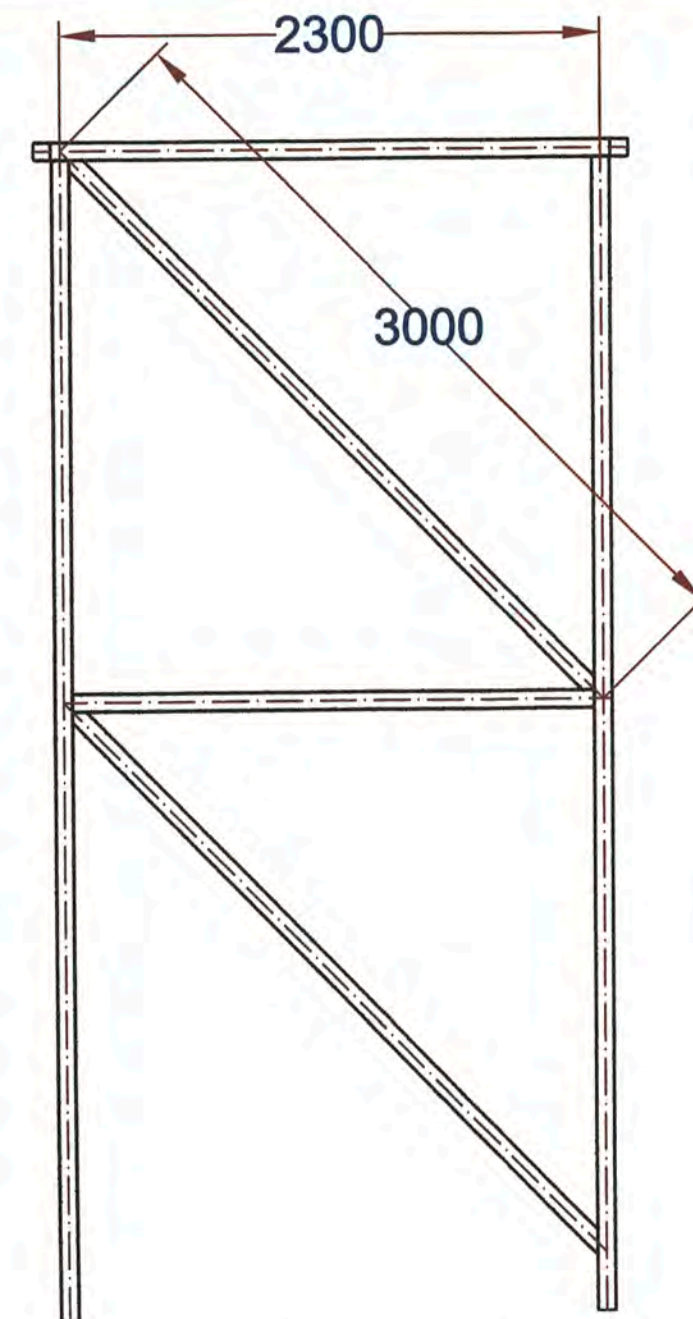
DISPOSICION GENERAL DEL SISTEMA DE SUCCION  
VISTA:ELEVACION

NOMBRE DEL PLANO					REVISION:
DISPOSICIÓN GENERAL DEL SISTEMA					A
SISTEMA NEUMATICO PARA LA EXTRACCION NEUMATICA DE RESIDUOS DE MADERA					S/E
DRAW JGTV	DESIGNED JGTV	CHECKED JGTV	FORMATO A1	ESCALA	S/E
DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	PAGINA 1 de 4	DWG N° SIS01-01-2013	



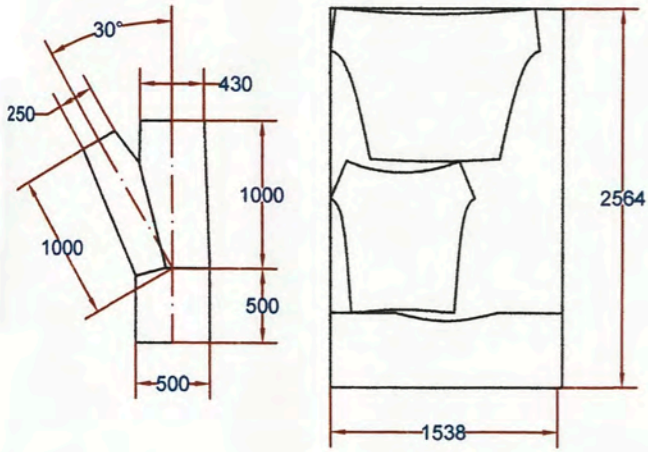
ESTRUCTURA DE APOYO DE LOS CICLONES

VISTA: ELEVACION

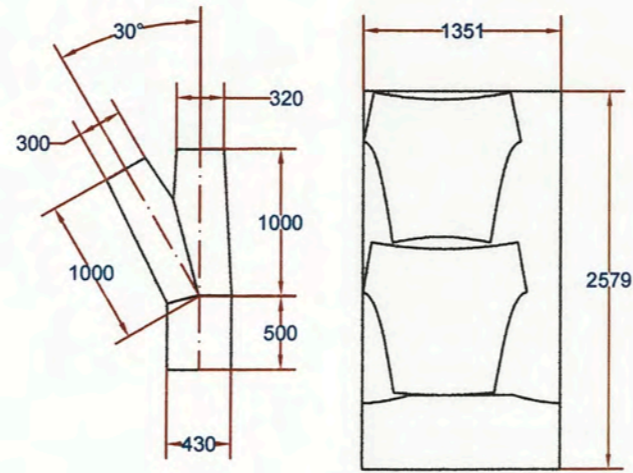


VISTA: LATERAL

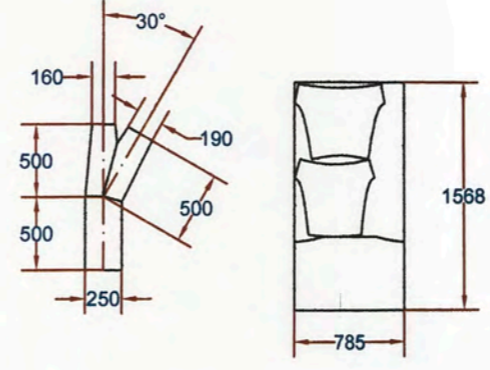
NOMBRE DEL PLANO					REVISION:
ESTRUCTURA DE APOYO DE LOS CICLONES					A
SISTEMA NEUMATICO PARA LA EXTRACCION NEUMATICA DE RESIDUOS DE MADERA					
DRAW JGTV	DESIGNED JGTV	CHECKED JGTV	FORMATO A 3	ESCALA S/E	
DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	PAGINA 2 de 4	DWG N° SIS01-02-2013	



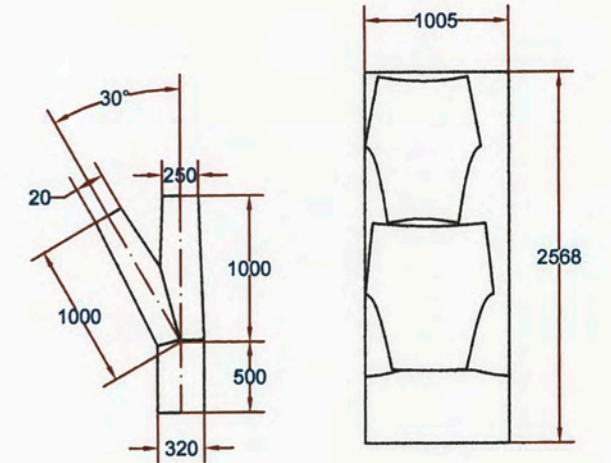
Pantalon 1 - 30° - 1 pza



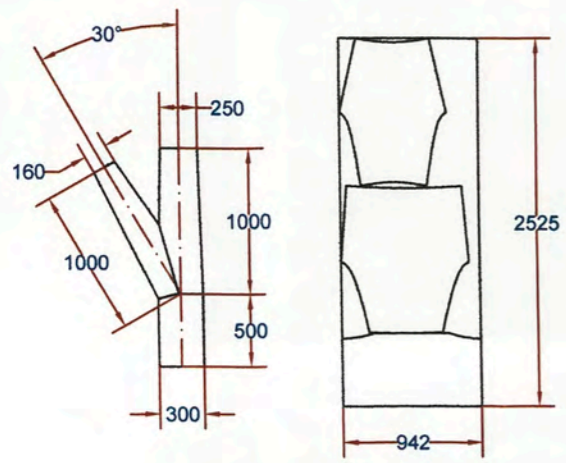
Pantalon 2,3 - 30° - 1 pza



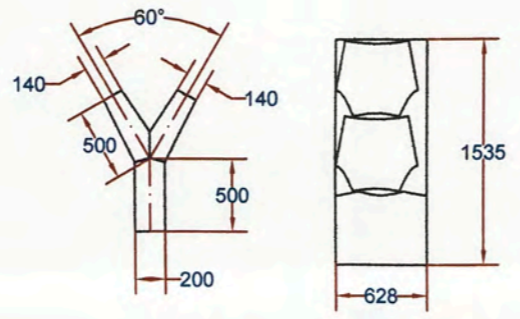
Pantalon 4 - 30° - 1 pza



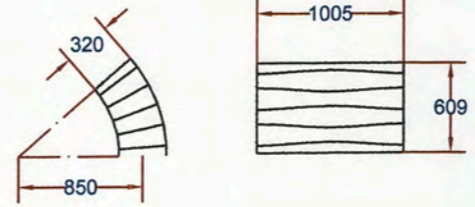
Pantalon 5 - 30° - 1 pza



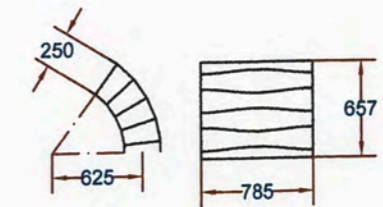
Pantalon 6 - 30° - 1 pza



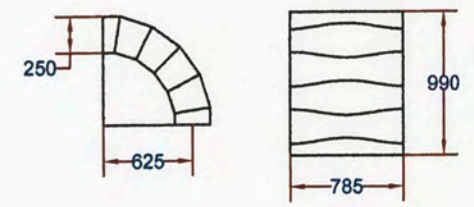
Pantalon 7 - 60° - 1 pza



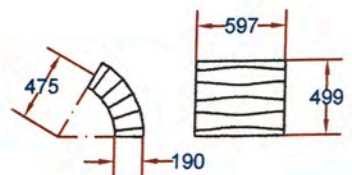
codo 1 - 41° - 1 pzas



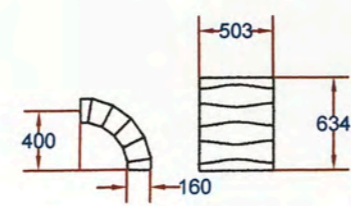
codo 2,3 - 60° - 2 pza



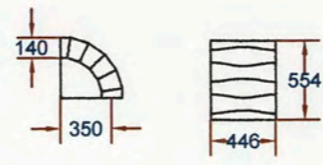
Pantalon 4 - 90° - 1 pza



codo 5,6 - 60° - 2 pzas

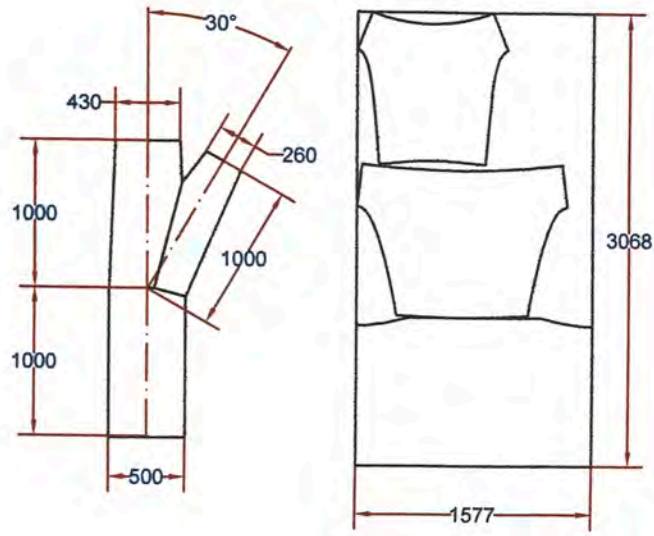


codo 7,8,9 - 90° - 3 pzas

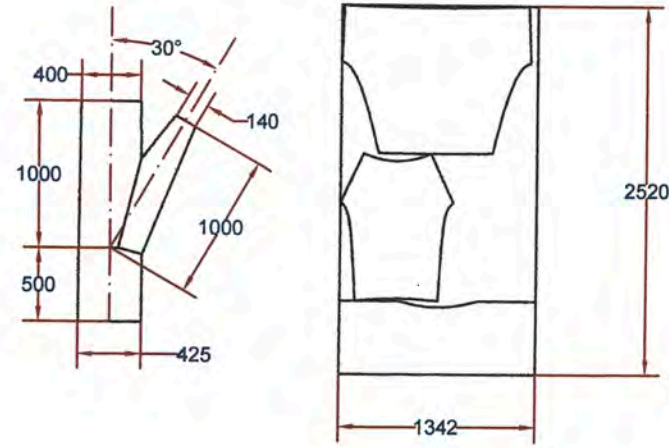


Codo 10,11 - 90° - 2 pza

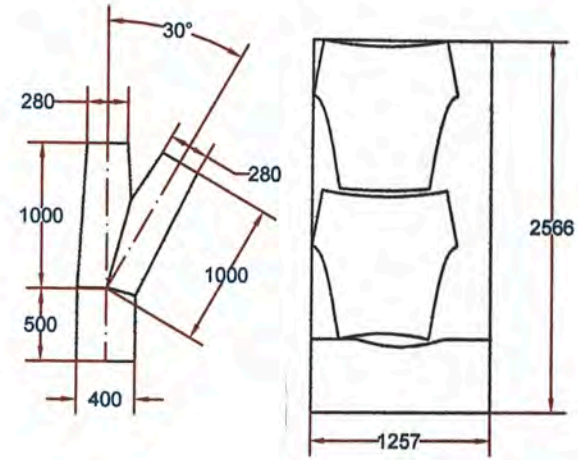
NOMBRE DEL PLANO				ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DUCTOS DE LA SECCIÓN 1		REVISION:
				SISTEMA NEUMATICO PARA LA EXTRACCION NEUMATICA DE RESIDUOS DE MADERA		<b>A</b>
DRAW JGTV	DESIGNED JGTV	CHECKED JGTV	FORMATO <b>A 3</b>	ESCALA <b>S/E</b>		
DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	PAGINA <b>3 de 4</b>	DWG N° <b>SIS01-03-2013</b>		



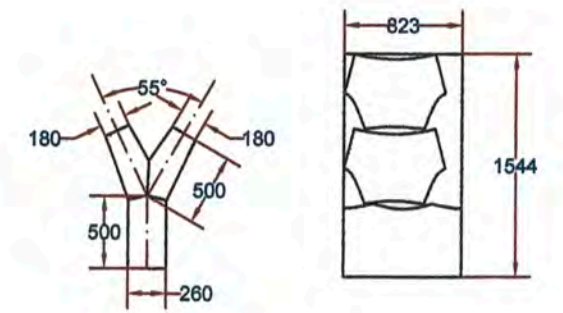
Pantalon 1 - 30° - 1 pza



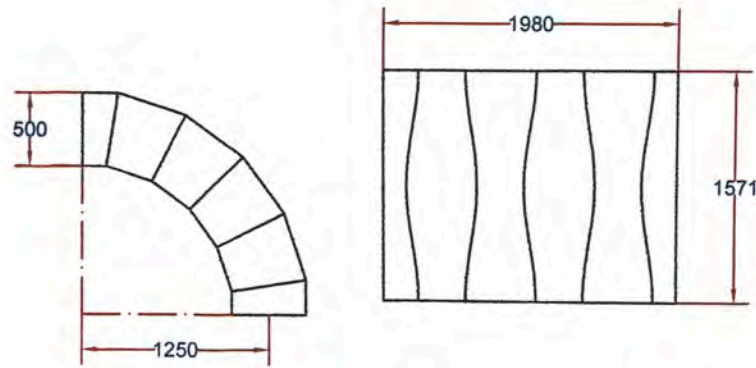
Pantalon 2 - 30° - 1 pza



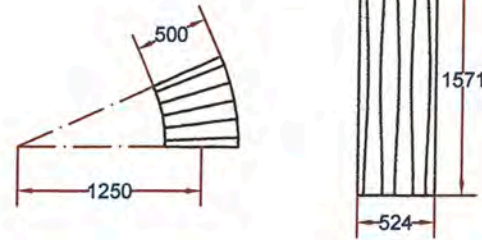
Pantalon 3 - 30° - 1 pza



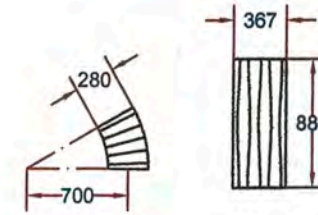
Pantalon 4 - 30° - 1 pza



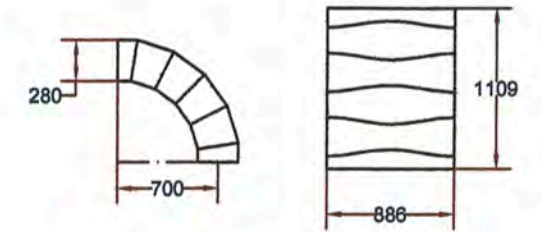
Codo 1 - 90° - 1 pza



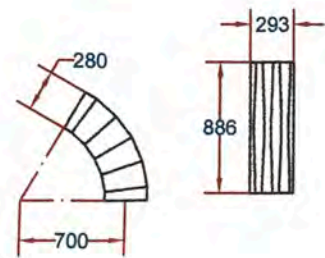
Codo 2 - 24° - 1 pza



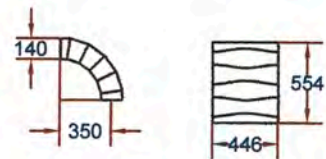
Codo 3 - 30° - 1 pza



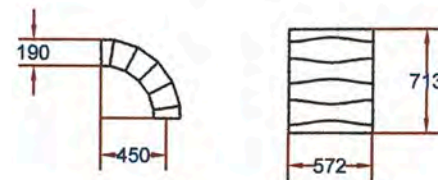
codo 4 - 90° - 1 pza



Codo 5 - 60° - 1 pza

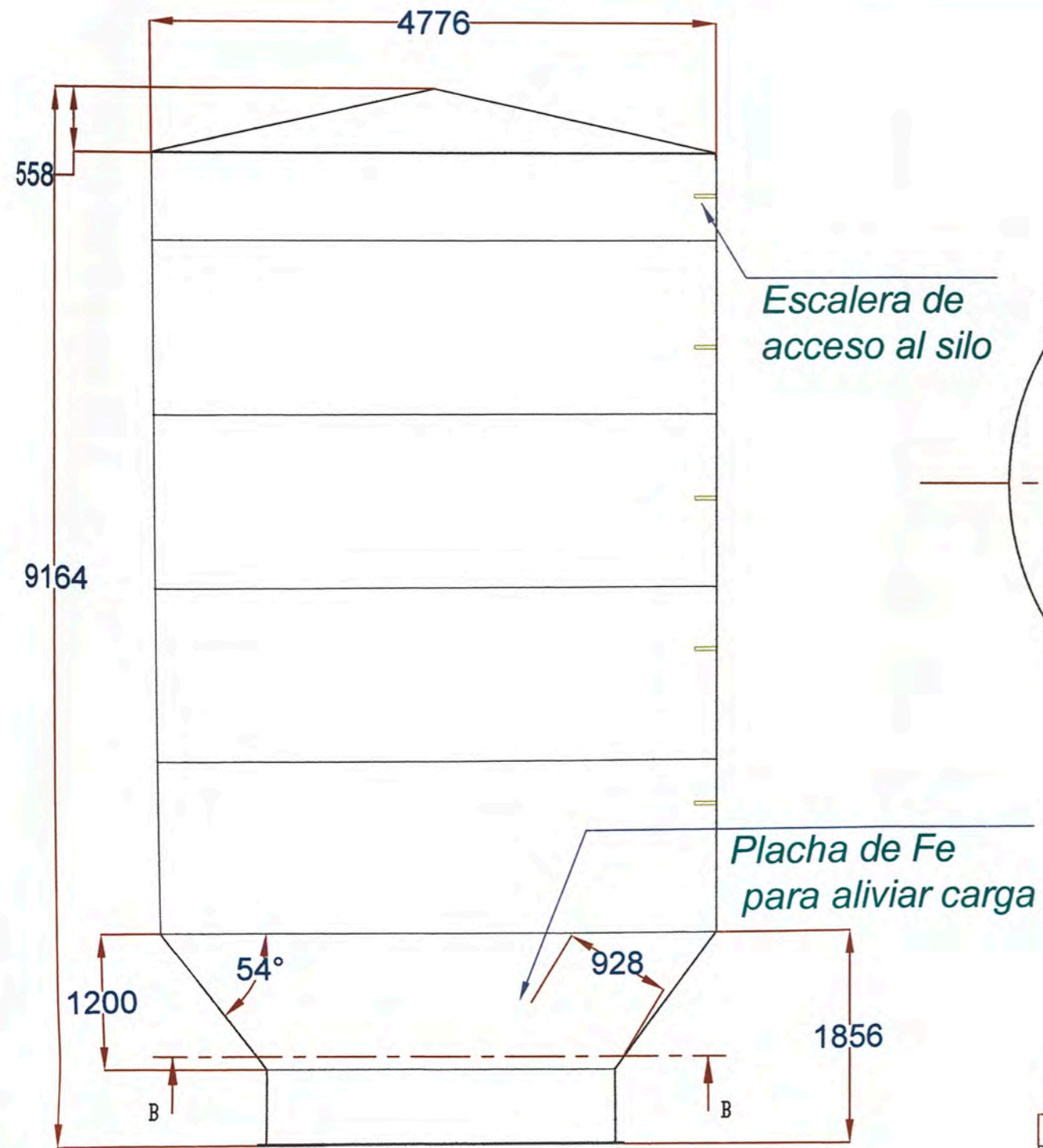


Codo 6 - 90° - 1 pza

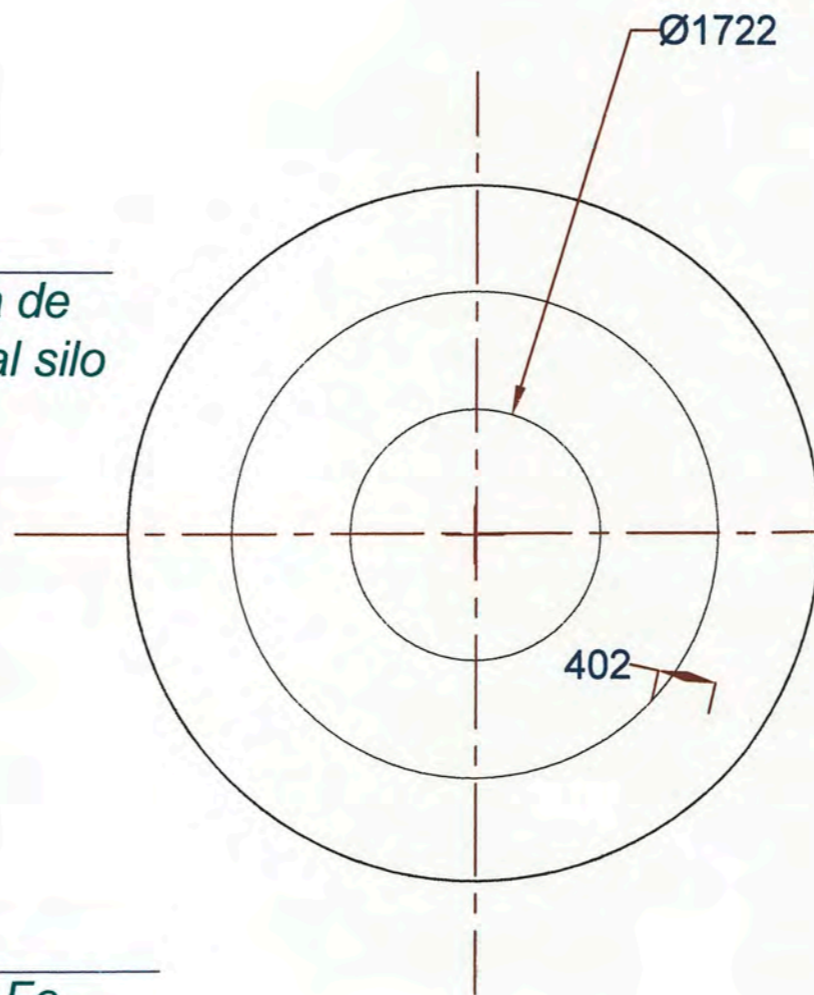


Codo 7,8 - 90° - 2 pza

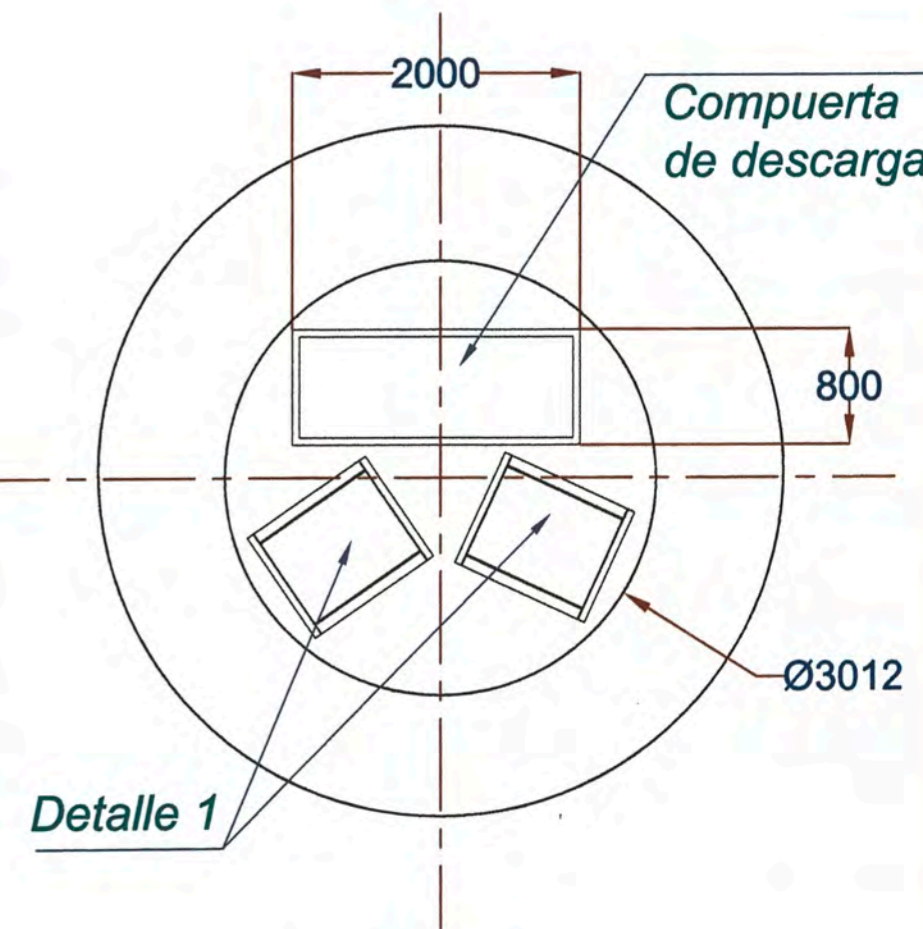
NOMBRE DEL PLANO			ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DUCTOS DE LA SECCIÓN 2		REVISION:
			SISTEMA NEUMATICO PARA LA EXTRACCION NEUMATICA DE RESIDUOS DE MADERA		<b>A</b>
DRAW JGTV	DESIGNED JGTV	CHECKED JGTV	FORMATO <b>A 3</b>	ESCALA <b>S/E</b>	
DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	PAGINA <b>4 de 4</b>	DWG N° <b>SIS01-04-2013</b>	



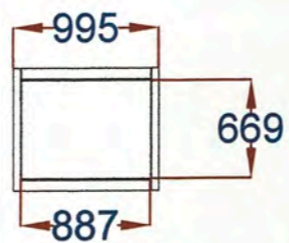
SILO HERMETICO DE 140 M3 DE CAPACIDAD  
VISTA: ELEVACION



VISTA B-B



VISTA A-A



ALIMENTACION DE LOS  
TRANS. HELICOIDALES

DETALLE 1

NOMBRE DEL PLANO				SILO HERMETICO DE 140 M3 DE CAPACIDAD		REVISION:
SISTEMA NEUMATICO PARA LA EXTRACCION NEUMATICA DE RESIDUOS DE MADERA						<b>A</b>
DRAW JGTV	DESIGNED JGTV	CHECKED JGTV	FORMATO <b>A 3</b>	ESCALA	<b>S/E</b>	
DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	DATE 27/04/2013	PAGINA <b>5 de 5</b>	DWG N°	<b>SIS01-03-2013</b>	

## **ANEXO D: HOJAS DE CÁLCULO**

**D.1:** Cálculo de la pérdida de presión debido a los ductos de la sección 1.

**D.2:** Cálculo de la pérdida de presión debido a los ductos de la sección 2.



## ANEXO D.1

### CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE PRESIÓN DEBIDO A LOS DUCTOS DE LA SECCION 1

TRAMO	TRAMOS RECTOS (mm)				LONGITUD	ACCESORIOS	
	HORIZONTAL	VERTICAL	DIAGONAL	TOTAL		CODOS	EMPALMES
1-B	9700	1500		11200	11.2	1-90° (R/D=2.5)	
2-B		1250	500	1750	1.75	1-30° (R/D=2.5)	1-30°
3-E	9700	1500		11200	11.2	1-90° (R/D=2.5)	
4-E		1250	500	1750	1.75	1-30° (R/D=2.5)	1-30°
5-D	7600	1500		9100	9.1	1-90° (R/D=2.5)	1-30°
6-F	24200	1500		25700	25.7	1-90° (R/D=2.5)	
7-G	9100	1500		10600	10.6	1-90° (R/D=2.5)	1-30°
8-G	7600	1500		9100	9.1	1-90° (R/D=2.5)	1-30°
B-A	27200			27200	27.2	1-60° (R/D=2.5)	1-30°
E-D	25300			25300	25.3	1-60° (R/D=2.5)	
D-C	6300			6300	6.3		1-30°
G-F	9000			9000	9		1-30°
F-C	11000			11000	11	1-41° (R/D=2.5)	
C-A	6200			6200	6.2		
A-V 1	12900			12900	12.9		
V 1'-D	1300	13000		14300	14.3	1-90° (R/D=2.5)	

MULTILAMINA 1 (TRAMO 1-D1)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	Δ P T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
1-B	160	30.5	11.2	7	78.4	2 curva-90° (R/D=2.5)	0.44
B-A	250	30.5	27.2	3.7	100.64	1 curva-60° (R/D=2.5)	0.15
A-V 1	500	30.5	12.9	1.7	21.93	1 empalme de α =30°	0.18
V 1'-D	500	30.5	14.3	1.7	24.31		
<b>TOTAL</b>					<b>225.28</b>		<b>0.77</b>

CEPILLADORA 1 (TRAMO 2-D1)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	Δ P T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
2-B	190	30.5	1.75	5.4	9.45	1 curva 90° (R/D=2.5)	0.22
B-A	250	30.5	27.2	3.7	110.63	1 curva 30° (R/D=2.5)	0.07
A-V 1	500	30.5	12.9	1.7	41.14	1 curva 60° (R/D=2.5)	0.15
V 1'-D	500	30.5	14.3	1.7	23.46	2 empalme de α =30°	0.36
<b>TOTAL</b>					<b>184.68</b>		<b>0.58</b>

MULTILAMINA 2 (TRAMO 3-D1)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	Δ P T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS

3-E	160	30.5	11.2	7	78.4	2 curva-90° (R/D=2.5)	0.44
E-D	250	30.5	25.3	3.7	93.61	1 curva-60° (R/D=2.5)	0.15
D-C	290	30.5	6.3	3.4	21.42	1 empalme de $\alpha = 30^\circ$	0.18
C-A	430	30.5	6.2	2.1	13.02		
A-V 1	500	30.5	12.9	1.7	21.93		
V 1'-D	500	30.5	14.3	1.7	24.31		
TOTAL					252.69		0.77

CEPILLADORA 2 (TRAMO 4-D1)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	$\Delta$ P.T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
4-E	190	30.5	1.75	5.4	9.45	1 curva-90° (R/D=2.5)	0.22
E-D	250	30.5	25.3	3.7	93.61	1 curva-60° (R/D=2.5)	0.15
D-C	290	30.5	6.3	3.4	21.42	1 curva-30° (R/D=2.5)	0.07
C-A	430	30.5	6.2	2.1	13.02	2 empalme de $\alpha = 30^\circ$	0.36
A-V 1	500	30.5	12.9	1.7	21.93		
V 1'-D	500	30.5	14.3	1.7	24.31		
TOTAL					183.74		0.58

OPTIMIZADOR (TRAMO 5-D1)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	$\Delta$ P.T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
5-D	160	30.5	9.1	7	63.7	2 curva-90° (R/D=2.5)	0.44
D-C	290	30.5	6.3	3.4	21.42	2 empalme de $\alpha = 30^\circ$	0.36
C-A	430	30.5	6.2	2.1	13.02		
A-V 1	500	30.5	12.9	1.7	21.93		
V 1'-D	500	30.5	14.3	1.7	24.31		
TOTAL					144.38		0.8

MOLDURERA 3 (TRAMO 6-D1)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	$\Delta$ P.T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
6-F	250	30.5	25.7	3.7	95.09	1 curva -41° (R/D=2.5)	0.10
F-C	320	30.5	11	3	33	2 curva -90° (R/D=2.5)	0.44
C-A	430	30.5	6.2	2.1	13.02		
A-V 1	500	30.5	12.9	1.7	21.93		
V 1'-D	500	30.5	14.3	1.7	24.31		
TOTAL					187.35		0.54

DESPUNTADORA 1 (TRAMO 7-D1)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	$\Delta$ P.T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
7-G	140	30.5	10.6	7	74.2	1 curva -41° (R/D=2.5)	0.10
G-F	200	30.5	9	5	45	2 curva -90° (R/D=2.5)	0.44
F-C	320	30.5	11	3	33	2 empalme de $\alpha = 30^\circ$	0.36
C-A	430	30.5	6.2	2.1	13.02		
A-V 1	500	30.5	12.9	1.7	21.93		
V 1'-D	500	30.5	14.3	1.7	24.31		
TOTAL					211.46		0.90

DESPUNTADORA 2 (TRAMO 8-D1)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	$\Delta P$ T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
8-G	140	30.5	9.1	7	63.7	1 curva -41° (R/D=2.5)	0.10
G-F	200	30.5	9	5	45	2 curva -90° (R/D=2.5)	0.44
F-C	320	30.5	11	3	33	2 empalme de $\alpha = 30^\circ$	0.36
C-A	430	30.5	6.2	2.1	13.02		
A-V 1	500	30.5	12.9	1.7	21.93		
V 1'-D	500	30.5	14.3	1.7	24.31		
TOTAL					200.96		0.90

#### CAIDA DE PRESION EN LA CAPTACION

MAQUINA	TRAMO	NUMERO DE CAMPANAS	$\Delta P$ CAMPANAS mm H2O	$\Delta P$ MANGUERAS mm H2O	$\Delta P$ CAPTACIÓN mm H2O
MULTILAMINA 1	1-D1	2	11.3	6.0	17.3
CEPILLADORA 1	2-D1	3	17.0	9.0	26.0
MULTILAMINA 2	3-D1	2	11.3	6.0	17.3
CEPILLADORA 2	4-D1	3	17.0	9.0	26.0
OPTIMIZADOR	5-D1	2	11.3	6.0	17.3
MOLDURERA 3	6-D1	6	33.9	18.0	51.9
DESPUNTADORA 1	7-D1	2	11.3	6.0	17.3
DESPUNTADORA 2	8-D1	2	11.3	6.0	17.3

#### CUADRO DE RESUMEN : CAIDAS DE PRESION POR LA CONDUCCION DE LA SECCION 2

MAQUINA	TRAMO	$\Delta P$ Tramo Recto mm H2O	$\Delta P$ Accesorios mm H2O	$\Delta P$ CAPTACIÓN mm H2O	$\Delta P$ mm H2O
MULTILAMINA 1	1-D1	225.3	43.6	17.3	286.1
CEPILLADORA 1	2-D1	184.7	33.0	26.0	243.6
MULTILAMINA 2	3-D1	252.7	43.8	17.3	313.7
CEPILLADORA 2	4-D1	183.7	43.7	26.0	253.4
OPTIMIZADOR	5-D1	144.4	45.5	17.3	207.1
MOLDURERA 3	6-D1	187.4	30.7	51.9	270.0
DESPUNTADORA 1	7-D1	211.5	51.2	17.3	279.9
DESPUNTADORA 2	8-D1	201.0	51.2	17.3	269.4

## ANEXO D.2

### CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE PRESIÓN DEBIDO A LOS DUCTOS DE LA SECCION 2

TRAMO	CAUDAL m <sup>3</sup> /Hora	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	TRAMOS RECTOS (mm)			LONGITUD (m)	ACCESORIOS	
			HORIZONTAL	VERTICAL	DIAGONAL		CODOS	EMPALMES
9-I	1689.1	30.5	2500	1500		4000	1-30° (R/D=2.5)	1-30°
10-K	6756.5	30.5		1250	500	1750	1-30° (R/D=2.5)	1-30°
11-K	6756.5	30.5	7500	1500		9000	1-90° , 1-24°(R/D=2.5)	
12-J	3111.1	30.5	8000	1500		9500	1- 90° (R/D=2.5)	1-30°
13-J	3111.1	30.5	6400	1500		7900	1- 90° (R/D=2.5)	1-25°
K-I	13513.1	30.5	5000			5000		
I-H	15202.2	30.5	5000			5000		
J-H	6222.2	30.5	15500			15500		1-30°
H-V 2	21424.4	30.5	16600			16600	1 - 24°(R/D=2.5)	
V 2'-D	21424.4	30.5	1300	13000		14300	1-90° (R/D=2.5)	

DESPUNTADORA 3 (TRAMO 9-D2)

TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	Δ P T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
9-I	140	30.5	4	8	32	1 Empalmes de α = 30°	0.18
I-H	420	30.5	5	2	10	1 curva de 24° R/D=2.5	0.059
H-V 2	499	30.5	16.6	1.7	28.22	2 curvas 90° R/D=2.5	0.44
V2-D2	494	30.5	13.8	1.7	23.46		
Suma					93.7		0.7

MOLDURERA 1 (TRAMO 10-D2)

TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	Δ P T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
10-K	280	30.5	1.75	3.6	6.3	1 Empalmes de α = 30°	0.18
K-I	400	30.5	5	2.2	11	1 curva de 24° R/D=2.5	0.059
I-H	420	30.5	5	2	10	1 curva de 30° R/D=2.5	0.07
H-V 2	500	30.5	16.6	1.7	28.22	1 curvas 90° R/D=2.5	0.22
V2-D2	500	30.5	13.8	1.7	23.46		
Suma					79.0		0.5

MOLDURERA 1 (TRAMO 11-D2)

TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	Δ P T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
11-K	280	30.5	9	3.6	32.4	2 curvas 90° R/D=2.5	0.44
K-I	400	30.5	5	2.2	11	1 curva de 24° R/D=2.5	0.118
I-H	420	30.5	5	2	10		
H-V2	500	30.5	28.3	1.7	48.11		
V2-D2	500	30.5	13.8	1.7	23.46		
Suma					125.0		0.6

RETESTADORA LADO DER. (TRAMO 12-D2)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	$\Delta P$ T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
12-J	190	30.5	9.5	6.0	57.0	2 Codo de 90°-R/D= 2.5	0.44
J-H	270	30.5	15.5	3.7	57.4	1 Codo de 24°-R/D= 2.5	0.06
H-V 2	500	30.5	16.6	1.7	28.2	2 Empalmes de $\alpha = 30^\circ$	0.36
V 2'-D	500	30.5	14.3	1.7	24.3		
Suma					166.9		0.9

RETESTADORA LADO IZQ. (TRAMO 13-D2)							
TRAMO	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	LONGITUD (m)	CAIDA DE PRESION POR METRO	$\Delta P$ T.R mm H2O	ACCESORIOS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
13-J	190	30.5	7.9	6	47.4	2 curvas 90° R/D=2.5	0.44
J-H	270	30.5	15.5	3.7	57.35	1 curva de 24° R/D=2.5	0.059
H-V 2	500	30.5	16.6	1.7	28.22	1 Empalmes de $\alpha = 30^\circ$	0.18
V 2'-D	500	30.5	14.3	1.7	24.31	1 Empalmes de $\alpha = 25^\circ$	0.15
Suma					157.3		0.8

#### CAIDA DE PRESION EN LA CAPTACION

MAQUINA	NUMERO DE CAMPANAS	$\Delta P$ CAMPANAS mm H2O	$\Delta P$ MANGUERAS mm H2O	$\Delta P$ CAPTACIÓN mm H2O
DESPUNTADORA 3	2	11.3	6	17.3
MOLDURERA 1	8	45.2	24	69.2
MOLDURERA 1	8	45.2	24	69.2
RETESTADORA LADO DER.	3	16.95	9	26.0
RETESTADORA LADO IZQ.	3	16.95	9	26.0

#### CUADRO DE RESUMEN : CAIDAS DE PRESION POR LA CONDUCCION DE LA SECCION 2

MAQUINA	TRAMO	$\Delta P$ Tramo Recto mm H2O	$\Delta P$ Accesorios mm H2O	$\Delta P$ CAPTACIÓN mm H2O	$\Delta P$ mm H2O
DESPUNTADORA 3	9-D2	93.7	38.6	17.3	149.6
MOLDURERA 1	10-D2	79.0	30.2	69.2	178.4
MOLDURERA 1	11-D2	125.0	31.7	69.2	225.9
RETESTADORA LADO DER.	12-D2	166.9	48.8	26.0	241.6
RETESTADORA LADO IZQ.	13-D2	157.3	47.1	26.0	230.3