



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Implementación de un Filtro de Mangas para desempolvar equipos
transportadores de clinker”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
(Examen Complexivo)**

Previo a la obtención de Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Christian Roberto Montoya Rivera

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A mi madre y padre que hicieron posible mi educación.

A mí querida esposa por su apoyo incondicional.

A mí querida hija por participar en este trabajo y por su apoyo incondicional.

A todos mis jefes y compañeros de labores que me supieron guiar a lo largo de mi carrera laboral.

A mis amigos que me ayudaron durante mis estudios y de una u otra manera colaboraron con la realización de este trabajo.

DEDICATORIA.

A MIS PADRES.

A MI ESPOSA E HIJAS.

A MI HERMANA.

A MIS SUEGROS.

A MIS AMIGOS.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

DR. Juan Peralta Jaramillo
VOCAL

Dra. Emérita Delgado
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Christian Roberto Montoya Rivera

RESUMEN

En la industria del cemento uno de los elementos base para su elaboración es el clinker. El procesamiento de esta materia prima genera diversas fuentes de contaminación, entre ellas tenemos la contaminación del aire con material particulado, lo que involucra un riesgo para la salud de las personas que laboran en dichas áreas de producción; por tal motivo se debe implementar sistemas de remoción de polvo tales como filtros de mangas. En la práctica dentro de la obtención del cemento tenemos varios equipos que son asistidos por estos sistemas de desempolvado. Por ende se implementa, para este trabajo en particular, un filtro de mangas para mejorar la calidad del aire en las áreas de trabajo en la empresa. Es por esta razón que se utilizó un sistema de captación de polvos que constó de campanas de extracción que se adosaron a los equipos en ubicaciones estratégica, se emplearon ductos redondos metálicos para transportar el polvo succionado de los equipos y para su descarga y retorno del polvo recuperado, también se utilizó un filtro de mangas para filtrar este polvo. Se obtuvo mejoras considerables dentro de este proceso en lo que a la atenuación de la contaminación del aire se refiere, ya que se redujo de 75 mg/m^3 a 47 mg/m^3 dentro de 24 horas para $\text{PM}_{2.5}$ y de 162 mg/m^3 a 100 mg/m^3 dentro de 24 horas, entonces este sistema cumplió con las normas de calidad ambiental $\text{PM}_{2.5}$ y para PM_{10} . (Anexo 1.- Ley de control de contaminación, Libro VI, anexo 4, límites permisibles para la calidad del aire)

ÍNDICE GENERAL.

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	III
SIMBOLOGÍA	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE PLANOS.....	VII
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1	
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	2
1.1. Objetivo General.....	2
1.2. Objetivo Específicos.....	2
1.3. Justificación del Proyecto.....	3
1.4. Marco Legal Ambiental.....	4
CAPÍTULO 2	
2. SISTEMAS COLECTORES DE POLVO.....	7
2.1. Importancia de un Sistema Colector de Polvo.....	7

2.2. Transporte y Almacenamiento de Clinker	7
2.3. Filtros de Mangas.....	8
CAPÍTULO 3.	13
3. DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESEMPOLVADO UTILIZANDO UN FILTRO DE MANGAS PULSE-JET.	13
3.1. Mediciones Preliminares.....	13
3.2. Parametros de Diseño.....	15
3.3. Calculo de Fltro.	16
3.3.1. Determinación de caudal que se va a desempolvar.....	16
3.3.2. Dimensionamiento de filtro.....	17
3.4. Dimensionamiento de Ventilador.....	21
3.5. Diseño de Línea de desempolvado	21
3.5.1. Diagrama de Tubería	22
3.5.2. Dimensionamiento de accesorios para línea de desempolvado.....	30
CAPÍTULO 4	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
4.1. Conclusiones	312
4.2. Recomendaciones.....	32
ANEXOS 1	34
ANEXOS 2	40
ANEXOS 3	42
ANEXOS 4	43
ANEXOS 5	45
BIBLIOGRAFÍA.....	54

ABREVIATURAS

A	Área
A/T	Relación Aire / tela
ANSI	American national standards
institute ASTM	American society for testing materials
Bar	Bar
BCE	Banco Central del Ecuador
CAD	Diseño Asistido por Computadora
Ced	Cedula
CFH	Pie cúbico por hora
CFM	Pie Cúbico por metro
CO ₂	Dióxido de carbono
C ₀	Factor de pérdida
C _m	Cantidad de mangas
D	Diámetro
FNE	Flujo Neto Efectivo
FPM	Pies por minuto
Ft	Pie
G	Constante de gravedad en m/s ²
H	Altura de elevador en metros
Hg	Mercurio
HP	Caballo de fuerza
Hz	Hertzio
i	Interés
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
K	Factor de pérdida de accesorio, adimensional
Kg	Kilogramos
Kg./m ³	kilogramo por metro cúbico
Kw	Kilovatio
M	Masa
M ^a	Metro lineal
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
m ³ /h	Metro cúbico por hora
mg/Nm ³	Miligramo por metro cúbico neto
mm	Milímetro
N.A	No aplica

Nv	Eficiencia de alabe de ventilador
N	Número de revoluciones
°C	Grado centígrado
°F	Grado Fahrenheit
P	Potencia
P	Paso de hélice
PM	Material particulado
Psi	Libra por pulgada cuadrada
Psig	Libra por pulgada cuadrada manométrica
Q	Caudal
RPM	Revoluciones por minuto
S.A	Sociedad Anónima
SP	Presión estática
TIR	Tasa interna de retorno
Ton/h	Toneladas por hora
u/m ³	Microgramos por metro cubico
USD	Dólares americanos
V	Velocidad
VAN	Valor actual neto
Vol	Volumen
VP	Presión dinámica
W	Voltios
X	Distancia

SIMBOLOGÍA

\emptyset	Diámetro
ΔP	Diferencial de presión
θ	Angulo
π	Pi
ρ	Densidad
γ	Peso específico
ϕ	Coefficiente de llenado
$^{\circ}$	Grados
\rightarrow	Dirección de flujo

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Filtro de Mangas	10
Figura 1 Filtro de Mangas tipo pulse jet.....	12
Figura 2 DIAGRAMA DE FLUJO	30
Figura 3 ACCESORIOS PARA LÍNEA DE DESEMPOLVADO. Referencia: CONVEYING MACHINERY CO. INC. Engineering and Specification Guide.....	31

INTRODUCCION

El Clinker es el producto que sirve de materia prima para la elaboración de cemento, presentando una contextura granulada, tal como lo es la arena seca, este material se lo moviliza utilizando bandas transportadoras, las mismas que cuando se carga este material sobre la banda o también cuando la banda descarga este material, genera polvo. Contaminando al ambiente circundante donde se encuentran los puntos de carga y descarga. En la actualidad existe una política de control y cuidado a nivel ambiental por ende nos vemos en la obligación de implementar filtros de mangas para desempolvar estos equipos transportadores de clinker y atenuar de esta manera la contaminación del aire con material particulado, con el propósito de cumplir las normas y reglamentación vigente dentro de un marco legal ambiental.

CAPÍTULO 1

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

1.1. Objetivo General

Implementar un sistema de extracción de material particulado del área de transporte y almacenamiento de clinker de una planta cementera.

1.2. Objetivos específicos.

- ✓ Describir brevemente el proceso de producción general de una empresa cementera e identificar el uso del clinker dentro de este proceso.
- ✓ Identificar los diferentes tipos de colectores y filtros de mangas que mejor se acoplen a este tipo de procesos y sus respectivos componentes.
- ✓ Diseñar un sistema de captación de polvo para el área del transporte y almacenamiento de clinker, tomando en cuenta las consideraciones necesarias de diseño para un sistema de desempolvado.
- ✓ Definir del volumen de aire requerido que se va a extraer en cada punto de toma.

- ✓ Determinar las dimensiones de las campanas de captación de polvo y de los diámetros de la ductería que va a transportar el polvo.
- ✓ Determinar el tipo de colector de polvo que se ajuste a nuestra necesidad.
- ✓ Determinar las dimensiones del colector de polvo.
- ✓ Dimensionar el ventilador.

1.3. Justificación del Proyecto.

La implementación de un filtro de mangas para desempolvar equipos transportadores de clinker, permitirá que las plantas cementeras operen incorporando control ambiental en sus procesos. Además permitirá mejoras en la funcionabilidad, ya que se trata de alargar la vida útil de los equipos y alcanzar su nivel de eficiencia máxima. Finalmente establecer el compromiso con las normas ambientales para el mejoramiento continuo de los procesos, a fin de cumplir con la legislación vigente y contribuir la prevención y control de contaminación, para lograr una producción más eficiente con menos polución y ocasionar enfermedades a largo plazo.

1.4. Marco Legal Ambiental.

La preocupación por el cuidado y protección del medio ambiente ha generado un cambio de actitud en las actividades desarrolladas de las empresas con el propósito de cumplir las normas y reglamentación vigente. En este sentido, la implementación de nuevos proyectos compromete a las empresas conocer el marco legal que aplica y deben cumplir para evitar o minimizar los impactos ambientales que puedan ocasionar contaminación, de esta manera proteger el medio ambiente.

A continuación se describirán los lineamientos dentro de los cuales estará enmarcado el proyecto “Implementación de un Filtro de Mangas para desempolvar equipos transportadores de clinker”. Para efecto del mismo, se ha considerado los documentos (Figura 1.1).

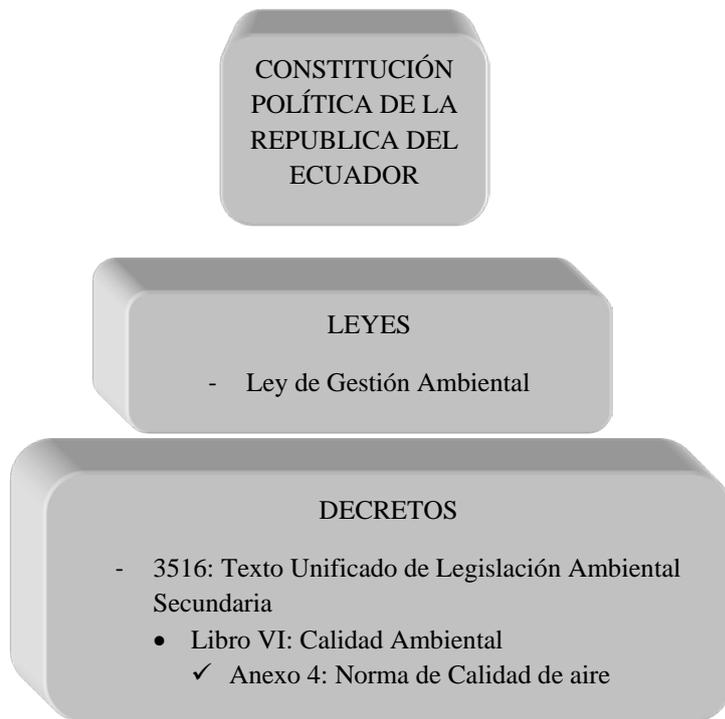


FIGURA 1.1. ESQUEMA DE LOS LINEAMIENTOS EN QUE SE RIGE EL PROYECTO.⁴⁵

De acuerdo al Constitución Política de la República del Ecuador⁴⁶ están obligados a garantizar el derecho a vivir en un ambiente sano libre de contaminación, rigiéndose en los artículos de las leyes y los decretos para precautelar la vida humana, la flora, la fauna y los recursos naturales, estableciendo límites máximos permisibles de contaminantes en el aire a nivel del suelo.

⁴⁵ FUENTE: El Autor

⁴⁶ FUENTE: LEY DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Anexo 1.

Para el proyecto en mención aplica la contaminación del aire ambiente por material particulado debido al polvo que se generará en el sistema de extracción (ANEXO 1, Tabla 2).

Medidos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ microgramos de contaminante por m^3 de aire a 760mm Hg y 25°C.

(b) No existen límites permisibles para este tiempo de medición.

Material particulado menor a 2.5 micrones ($\text{PM}_{2,5}$).- Se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de $\text{PM}_{2,5}$ de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder sesenta y cinco microgramos por metro cúbico ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces al año.

Material particulado menor a 10 micrones (PM_{10}).- El promedio aritmético de la concentración de PM_{10} de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces al año.

CAPÍTULO 2

1. SISTEMAS COLECTORES DE POLVO.

2.1. Importancia de un Sistema de Desempolvado.⁴⁷

En el Ecuador existe la norma técnica dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental (Anexo 1) y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, impuesta por el Ministerio del Ambiente, y que está basada en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América, siendo dicha norma la que utiliza la empresa dentro de cualquier proceso de producción que libere partículas al aire al ambiente y que obliga a que se utilice algún tipo de equipo de control de contaminación de aire.

2.2. Transporte y Almacenamiento de clinker.

Dentro de los equipos que se utilizan para transportar el clinker hasta su centro de acopio se encuentran los elevadores de cangilones y las

⁴⁷ FUENTE: CECALA, Andrew B. *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*; Center for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research; Spokane WA; 2012; p 7.

bandas transportadoras. Para almacenar el clinker se dispone de estructuras de hormigón armado que se las conoce como silos, estos silos tienen la forma de cilindros apoyados en su cara circular o base, son de gran tamaño tanto en diámetro como en altura y tienen un sistema de cimentación el cual les permite estar suspendidos a cierta altura desde el nivel de piso, el cual permite colocar una banda transportadora por debajo del silo para que reciba el clinker desde la parte inferior del silo. Estos equipos de transporte dan una flexibilidad para poder configurar una línea de producción continua de clinker, ya que permiten recibir el clinker de la enfriadora para ser trasladado mediante bandas transportadoras hasta el área de almacenaje, éstas a su vez alimentan a los elevadores de cangilones quienes llevan el clinker hasta una altura superior a la de los silos donde se los almacena, los elevadores alimentan nuevamente a otras bandas transportadoras las cuales llevan el clinker hasta la parte superior del silo para alimentarlo.

2.3. Filtros de Mangas.

Son los filtros o instalaciones para control de contaminación de aire más eficaces ya que permiten cumplir las más estrictas normativas en cuanto a niveles de emisión de partículas sólidas.

Los filtros de mangas son estructuras metálicas cerradas en cuyo interior se disponen los genéricamente llamados elementos filtrantes textiles, que según sea el diseño del constructor, tienen formas tubulares llamados mangas, o bien formas rectangulares y se llaman sacos o bolsas (Figura 2.1). Generalmente las mangas están dispuestas en el filtro en posición vertical. El aire/gas cargado de sólidos es forzado a pasar a través del textil, sobre el que se forma una capa de polvo que separa las partículas sólidas del aire/gas.

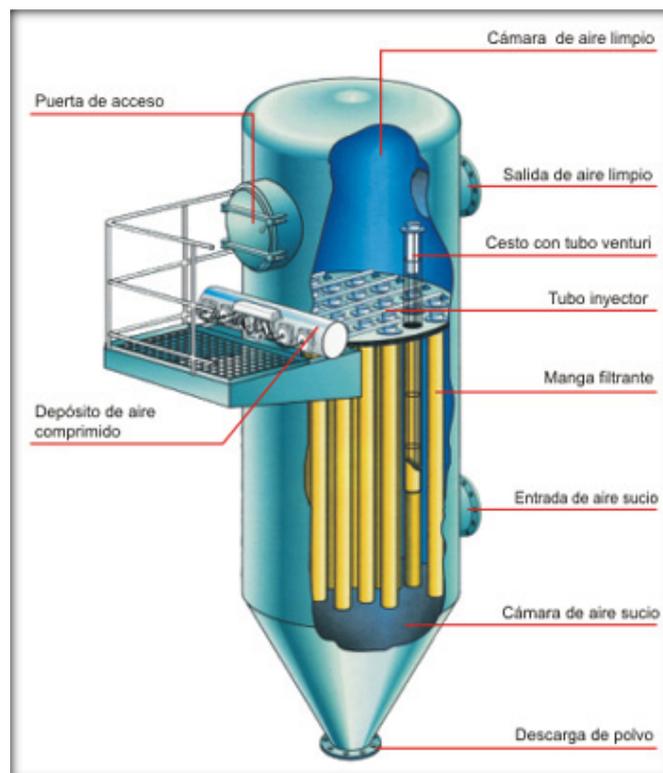


FIGURA 2.1. FILTRO DE MANGAS⁴⁸

Las mangas se limpian periódicamente en el interior del filtro por medio de un sistema de limpieza que varía según el diseño del constructor.

Filtros de mangas pulse-jet:

Este tipo de filtros, permite una mejor cantidad de aire con igual área en el colector, es decir mayor relación de aire-tela. El sistema pulse-jet funciona generalmente con una relación de aire a tela de 1.2-1.8m³/m²/min. Esto significa que la estructura general del filtro es de menor tamaño, lo que lo hace más económico al construirse.

Las mangas filtrantes cuelgan verticalmente dentro de la unidad y se sujetan por la parte superior con abrazaderas y la parte inferior de la manga es cerrada. En estos sistemas, las mangas tienen canastillas internas de alambre. El aire sucio entra al sistema y es filtrado depositando el polvo en la superficie externa de la manga. Durante el ciclo de limpieza, el polvo se desaloja usando un chorro

⁴⁸ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/5.

de aire comprimido que se inyecta en la parte superior de las mangas filtrantes (Figura 2.2).

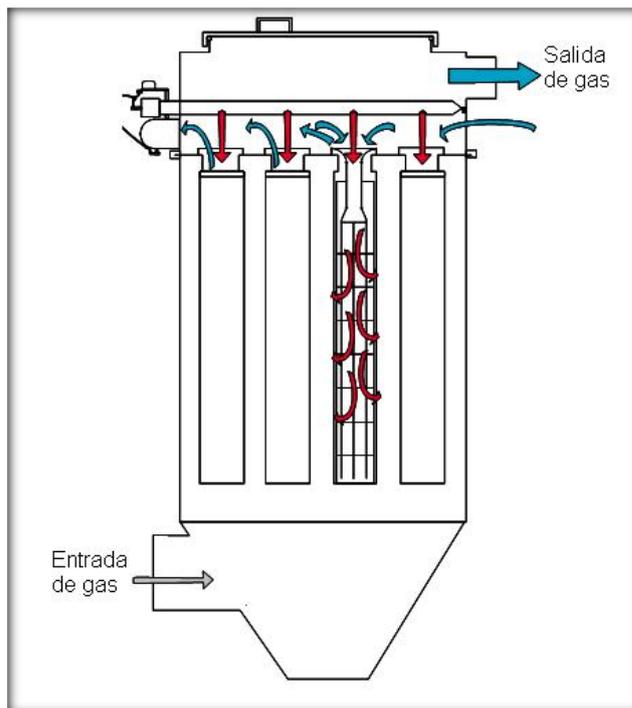


FIGURA 2.2. FILTRO DE MANGAS TIPO PULSE JET⁴⁹

Este aire se proporciona a través de un tubo con boquillas que alimenta los venturis localizados en la parte superior de las bolsas. El chorro de aire a alta presión interrumpe el flujo normal de aire a través del filtro. También crea una onda que al desplazarse a lo

⁴⁹ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/6.

largo de la manga hace que esta se flexione, rompiendo la capa de polvo que cae hacia la tolva.

El venturi se usa para aumentar la velocidad del chorro de aire creando un impulso grande para que pueda desplazarse a lo largo de la manga y regresar al punto de origen. El ciclo de limpieza para estos filtros debe estar diseñado para producir un impulso corto y conciso para lograr una limpieza eficaz. La duración de éste es de 0,10 a 0,15 segundos usando presiones de pulsación de 4-7bares (60-100psi). Los intervalos de ciclos de limpieza pueden variar de 1 a 30 segundos o más. La frecuencia debe adaptarse para mantener la presión diferencial entre 2 y 6 pulgadas de agua.

CAPÍTULO 3.

3. DISEÑO DE SISTEMA DE DESEMPOLVADO UTILIZANDO UN FILTRO DE MANGAS PULSE-JET.

3.1. MEDICIONES PRELIMINARES.

Para el traslado neumático de las partículas, es necesario captar localmente la emisión de polvo, por lo cual se debe proceder de la siguiente manera:

- Identificar los puntos de emisión del material particulado.
- Confinarlo dentro de una campana de extracción
- Establecer una succión capaz de captar, arrastrar y trasladar el aire, cargado de partículas, hacia el colector de polvo y de allí para su reprocesamiento.

El sistema de desempolvado puede ser considerado para operar uno

o varios puntos dentro del proceso. Para el caso de los transportes de clinker el proceso empieza desde:

- 1) Silo de almacenaje de clinker.
- 2) Banda transportadora proveniente de horno de clinker #1
- 3) Banda transportadora proveniente de horno de clinker#2
- 4) Banda transportadora para transferencia de material.

Entonces se tiene que la banda transportadora que proviene del horno de clinker #1 que la vamos a abreviar como "BT1" y la banda transportadora que proviene de horno de clinker #2 que la vamos a abreviar como "BT2" alimentan en la parte superior al silo de clinker que lo vamos a abreviar como "SK1", por ultimo existe una tercera banda la cual la vamos a abreviar como BT3 que se encuentra entre la descarga de la BT1 y el SK1 y sirve como transferencia mediante una válvula divergente para derivar el material que transporta la BT1 a otra parte del proceso, por equipo deberá llevar mínimo una toma de desempolvado por cada equipo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

A continuación se enlista las mediciones preliminares con la que se determinaran el caudal que se requiere desempolvar con el filtro.

Ancho de sección transversal de los equipos.

BT1: 1200 mm. de ancho.

BT2: 1200 mm. de ancho.

BT3: 1200 mm. de ancho.

SK1: 8600 mm. de diámetro.

3.2. PARAMETROS DE DISEÑO.

El material que vamos a desempolvar es clinker seco con una densidad de 1200 kg/m^3 , la máxima relación de aire a tela para el clinker debe ser de $0.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$, a esta relación se la conoce también como "ratio".

El caudal para el dimensionamiento del ventilador que genera el vacío en la recámara del pleno debe ser 1.15^{50} veces el caudal a desempolvar. La distribución de las mangas en el pleno debe ser dimensionado de acuerdo a estándares de fabricante de filtro, en el mercado tenemos 3 tipos de distribuciones:

- Filtros con módulos de 5 columnas por 7 filas de mangas por módulo
- Filtros con módulos de 5 columnas por 9 filas de mangas por módulo.
- Filtros con módulos de 5 columnas por 12 filas de mangas por módulo.

La velocidad de gas en los conductos debe ser no mayor a 16 m/s^{51} . para evitar desgaste prematuro de las líneas de conducción y en las campanas de extracción no debe sobre pasar 1.4 m/s^{52} .

⁵⁰ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; Part IV-1-2: 14/70

⁵¹ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; Part IV-1-2: 14/70

⁵² FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; Part IV-1-2: 14/70

3.3. CALCULO DE FILTRO.

3.3.1. DETERMINACIÓN DE CAUDAL QUE SE VA A DESEMPOLVAR.

La suma de los volúmenes de aire de cada uno de los puntos a desempolvar será el volumen total que el sistema manejará y el dato inicial para el diseño del colector. Para lo cual se recurrirá a la tabla.

Los equipos que necesitan ser desempolvado son:

1. Banda transportadora BT1 de 1200mm.

$$Q = 3000 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 0.83 \frac{m^3}{s}$$

2. Banda transportadora BT2 de 1200mm.

$$Q = 3000 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 0.83 \frac{m^3}{s}$$

3. Banda transportadora BT3 de 1200mm.

$$Q = 4750 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 1.32 \frac{m^3}{s}$$

4. Silo SK1 de diámetro 8600 por una altura de 8000.

$$Q = 1000 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 0.27 \frac{m^3}{s}$$

3.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE FILTRO.

Sumando todos los caudales tenemos que el filtro debe tener una capacidad para desempolvar de 11750 m³/h. El cálculo del área total de tela filtrante para abarcar este caudal viene dado por la siguiente formula:

$$A = \frac{Q}{60 * \varphi} = \frac{11750 m^3/h}{60 * 0.8 m^3/min * m^2} = 244.792 m^2 \quad 3.1$$

dónde:

Q = caudal a desempolvar en m³/h

φ = ratio. Relación de 0.8 m³/min de aire a desempolvar por cada m² de superficie de manga filtrante.

El área de la manga viene dada por la siguiente formula:

$$A(\text{manga}) = P(\text{manga}) * L(\text{manga}) \quad 3.2$$

dónde:

A(manga) = área superficial de la manga.

P(manga) = perímetro de la sección transversal de la manga

L(manga) = longitud de la manga.

Si el perímetro de la manga viene dado por la siguiente expresión:

$$P(\text{manga}) = \pi * \phi(\text{manga}) \quad 3.3$$

dónde:

ϕ = diámetro de la sección transversal de la manga.

Calculamos entonces el área superficial para una manga estándar, eso nos da como resultado:

$$A(\text{manga}) = \pi * \phi(\text{manga}) * L(\text{manga}) = \pi * 0.165\text{m} * 3.37\text{m} = 1.74\text{m}^2 \quad 3.2$$

Para calcular el número ideal de mangas requeridas dividimos el área de la ecuación 3.1 para el área de manga de la ecuación 3.2 teniendo como resultado:

$$\text{No. mangas ideal} = \frac{A}{A(\text{manga})} = \frac{244.792 \text{ m}^2}{1.749 \text{ m}^2} = 139.9 \text{ unid.} \quad 3.4$$

El número de mangas resulta de redondear al entero superior al valor calculado de la ecuación 3.4, tenemos entonces:

No. mangas ideal = 140 unid. 3.5

Verificamos que tipo de configuración existe en el mercado de fabricantes de filtros de mangas que se adapte a nuestra cantidad de mangas calculada, para ello dividimos el resultado de la ecuación 3.5 para cada una de los tres tipos de distribuciones de mangas:

- Distribución No. 1

$5 \times 7 = 35$ mangas por módulo. 3.6

- Distribución No. 2

$5 \times 9 = 45$ mangas por módulo. 3.7

- Distribución No. 3

$5 \times 12 = 60$ mangas por módulo. 3.8

Dividiendo número real de mangas para cada una de las distribuciones, se tiene:

- Distribución No. 1

$140 \div 35 = 4$ módulos por filtro. 3.9

- Distribución No. 2

$$140 \div 45 = 3.111 \text{ módulos por filtro.} \quad 3.10$$

- Distribución No. 3

$$140 \div 60 = 2.333 \text{ módulos por filtro.} \quad 3.11$$

Como podemos observar la distribución que más se adapta a nuestro número real de mangas es el número 1 con cuatro módulos de 5 x 7 mangas.

Teniendo en cuenta que el número real de mangas es mayor al número ideal, debemos entonces encontrar la relación real (ratio) con el que va a trabajar el filtro, para ello utilizamos la ecuación 3.4 y despejamos el valor de A siendo esta el valor del área real de tela filtrante:

$$\text{No. mangas ideal} = \frac{A}{A_{(\text{manga})}} \quad 3.4$$

Entonces se tiene:

$$A_{(\text{real})} = \text{No. mangas ideal} \cdot A_{(\text{manga})} \quad 3.12$$

dónde:

$$\text{No. mangas ideal} = \text{No. mangas real}$$

$$A_{(real)} = 140 \cdot 1.749 \text{ m}^2 = 244.86 \text{ m}^2 \quad 3.12$$

Y de la ecuación 3.1 despejamos el valor del ratio real:

$$A = \frac{Q}{60 \cdot \varphi} \quad 3.1$$

$$\varphi_{(real)} = \frac{11750 \text{ m}^3/h}{60 \cdot 244.86 \text{ m}^3/\text{min}} = 0.8 \quad 3.13$$

3.4. DIMENSIONAMIENTO DE VENTILADOR.

El ventilador del filtro de mangas es muy importante para generar el vacío dentro de la recámara de aire limpio del pleno, el caudal para dimensionar el ventilador se lo calcula con la siguiente fórmula⁵³:

$$Q_{(ventilador)} = Q * 1.15 = 11750 \frac{\text{m}^3}{h} * 1.15 = 13512.50 \frac{\text{m}^3}{h} \quad 3.14$$

3.5. DISEÑO DE LÍNEA DE DESEMPOLVADO.

El diseño de la línea de desempolvado como también se la conoce, depende de los siguientes factores:

⁵³ FUENTE: Mecánica de los fluidos aplicada de R. L. MOTT. Tercera Edición. 1996

- Tipo de material que se está desempolvando.
- Configuración de la ramificación de la línea.
- La velocidad del flujo de gas.

3.5.1 DIAGRAMA DE TUBERÍA DE DESEMPOLVADO

Se determina el diámetro de los tubos que van a manejar los caudales de cada uno de los puntos de captación de polvo. Se debe tener en cuenta que todos los puntos de captación se deben ir uniendo uno con otro hasta derivar en un solo tubo que se lo conoce como tronco principal de la tubería de desempolvado el cual se conecta al filtro de mangas.

Esta operación se la calcula sumando de dos en dos los caudales de los puntos de captación, siempre entre dos ductos próximos entre sí, que da como resultado un nuevo tubo que debe manejar el caudal resultante, por ende debe ser de un diámetro mayor a los de los tubos que se unieron.

A continuación vamos a calcular el tubo resultante de la unión de los puntos de captación de SK1 y BT2.

Primero calculamos el diámetro del tubo para el punto de captación de SK1.

a) SK1, $Q(a \text{ desempolvar}) = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$, $v_{(gas)} = 16 \text{ m/s}$.

$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q(a \text{ desempolvar})}{3600 \cdot \pi \cdot v_{gas}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{1000 \text{ m}^3}{\text{h}}}{3600 \cdot \pi \cdot 16 \text{ m/s}}} = 0.149 \text{ m} = 5.866 \text{ in}$$

$$\phi_{ducto} = 0.152 \text{ m} = 6 \text{ in} \quad 3.15^{54}$$

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s.

$$v_{gas} = \frac{4 \cdot Q(a \text{ desempolvar})}{3600 \cdot \pi \cdot (\phi_{ducto})^2} = \frac{4 \cdot 1000 \text{ m}^3/\text{h}}{3600 \cdot \pi \cdot (0.152 \text{ m})^2} = 15.22 \text{ m/s} \quad 3.16^{55}$$

A continuación determinamos el diámetro del tubo para el punto de captación de BT2

b) BT2, $Q(a \text{ desempolvar}) = 3000 \text{ m}^3/\text{h}$, $v_{(gas)} = 16 \text{ m/s}$.

$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q(a \text{ desempolvar})}{3600 \cdot \pi \cdot v_{gas}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3000 \text{ m}^3/\text{h}}{3600 \cdot \pi \cdot 16 \text{ m/s}}} = 0.258 \text{ m} =$$

$$10.138 \text{ in}$$

$$\phi_{ducto} = 0.279 \text{ m} = 11 \text{ in} \quad 3.15$$

⁵⁴ FUENTE: Mecánica de los fluidos aplicada de R. L. MOTT. Tercera Edición. 1996

⁵⁵ FUENTE: Mecánica de los fluidos aplicada de R. L. MOTT. Tercera Edición. 1996

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s.

$$v_{gas} = \frac{4*Q(a\ desemporvar)}{3600*\pi*(\phi_{ducto})^2} = \frac{4*3000m^3/h}{3600*\pi*(0.279m)^2} = 13.59\ m/s \quad 3.16$$

Procedemos a calcular el tubo que va a manejar la unión de los caudales de los puntos de captación SK1 y BT2.

c) BT2 + SK1, Q(a desempolvar) = 4000 m³/h, v(gas) = 16 m/s.

$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{4*Q(a\ desemporvar)}{3600*\pi*v_{gas}}} = \sqrt{\frac{4*4000m^3/h}{3600*\pi*16m/s}} = 0.297m =$$

$$11.707\ in \quad 3.15$$

$$\phi_{ducto} = 0.305m = 12in \quad 3.15$$

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s.

$$v_{gas} = \frac{4*Q(a\ desemporvar)}{3600*\pi*(\phi_{ducto})^2} = \frac{4*4000m^3/h}{3600*\pi*(0.305m)^2} = 15.23\ m/s \quad 3.16$$

De esta forma procedemos a calcular el diámetro de los tubos que van a manejar los caudales de cada uno de los puntos de

captación restantes y los vamos a ir uniendo de dos en dos hasta obtener el tubo principal.

d) BT3 (punto C), $Q(a \text{ desempolvar}) = 1500 \text{ m}^3/\text{h}$, $v(\text{gas}) = 16 \text{ m/s}$.

$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{4*Q(a \text{ desempolvar})}{3600*\pi*v_{gas}}} = \sqrt{\frac{4*1500\text{m}^3/\text{h}}{3600*\pi*16\text{m/s}}} = 0.182\text{m} = 7.169 \text{ in}$$

$$\phi_{ducto} = 0.203\text{m} = 8\text{in} \quad 3.15$$

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s.

$$v_{gas} = \frac{4*Q(a \text{ desempolvar})}{3600*\pi*(\phi_{ducto})^2} = \frac{4*1500\text{m}^3/\text{h}}{3600*\pi*(0.152\text{m})^2} = 12.85 \text{ m/s} \quad 3.16$$

e) BT1, $Q(a \text{ desempolvar}) = 3000 \text{ m}^3/\text{h}$, $v(\text{gas}) = 16 \text{ m/s}$.

$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{4*Q(a \text{ desempolvar})}{3600*\pi*v_{gas}}} = \sqrt{\frac{4*3000\text{m}^3/\text{h}}{3600*\pi*16\text{m/s}}} = 0.258\text{m} = 10.14 \text{ in}$$

$$\phi_{ducto} = 0.279\text{m} = 11\text{in} \quad 3.15$$

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s.

$$v_{gas} = \frac{4*Q(a \text{ desempolvar})}{3600*\pi*(\phi_{ducto})^2} = \frac{4*3000\text{m}^3/\text{h}}{3600*\pi*(0.279\text{m})^2} = 13.59 \text{ m/s} \quad 3.16$$

f) BT3(punto C) + BT1, Q(a desempolvar) = 4500 m³/h, v(gas) = 16 m/s.

$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{4*Q(a\ desempolvar)}{3600*\pi*v_{gas}}} = \sqrt{\frac{4*4500m^3/h}{3600*\pi*16m/s}} = 0.315m = 12.42\ in$$

$$\phi_{ducto} = 0.305m = 12in \quad 3.15$$

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s.

$$v_{gas} = \frac{4*Q(a\ desempolvar)}{3600*\pi*(\phi_{ducto})^2} = \frac{4*4500m^3/h}{3600*\pi*(0.305m)^2} = 17.13\ m/s \quad 3.16$$

Como no cumple con la velocidad máxima de 16 m/s. incrementamos el diámetro al siguiente entero:

$$\phi_{ducto} = 0.330m = 13in$$

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s.

$$v_{gas} = \frac{4 * Q(a\ desempolvar)}{3600 * \pi * (\phi_{ducto})^2} = \frac{4 * 4500m^3/h}{3600 * \pi * (0.330m)^2}$$

$$= 14.60\ m/s$$

g) BT3(punto B), Q(a desempolvar) = 3250 m³/h, v(gas) = 16 m/s.

$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{4*Q(a\ desempolvar)}{3600*\pi*v_{gas}}} = \sqrt{\frac{4*3250m^3/h}{3600*\pi*16m/s}} = 0.268m = 10.55\ in$$

$$\phi_{ducto} = 0.279m = 11in \quad 3.15$$

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s.

$$v_{gas} = \frac{4*Q(a\ desempolvar)}{3600*\pi*(\phi_{ducto})^2} = \frac{4*3250m^3/h}{3600*\pi*(0.305m)^2} = 14.72\ m/s \quad 3.16$$

h) BT3 (punto C) + BT1 + BT3(punto B), Q(a desempolvar) = 7750 m³/h, v(gas) = 16 m/s.

$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{4*Q(a\ desempolvar)}{3600*\pi*v_{gas}}} = \sqrt{\frac{4*7750m^3/h}{3600*\pi*16m/s}} = 0.414m = 16.29\ in$$

$$\phi_{ducto} = 0.432m = 17in \quad 3.15$$

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para

corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s

$$v_{gas} = \frac{4*Q(a\ desempolvavar)}{3600*\pi*(\phi_{ducto})^2} = \frac{4*7750m^3/h}{3600*\pi*(0.305m)^2} = 14.17\ m/s \quad 3.16$$

- i) SK1 + BT2 + BT3(punto C) + BT1 + BT3(punto B), Q(a desempolvavar) = 11750m³/h, v(gas) = 16 m/s.

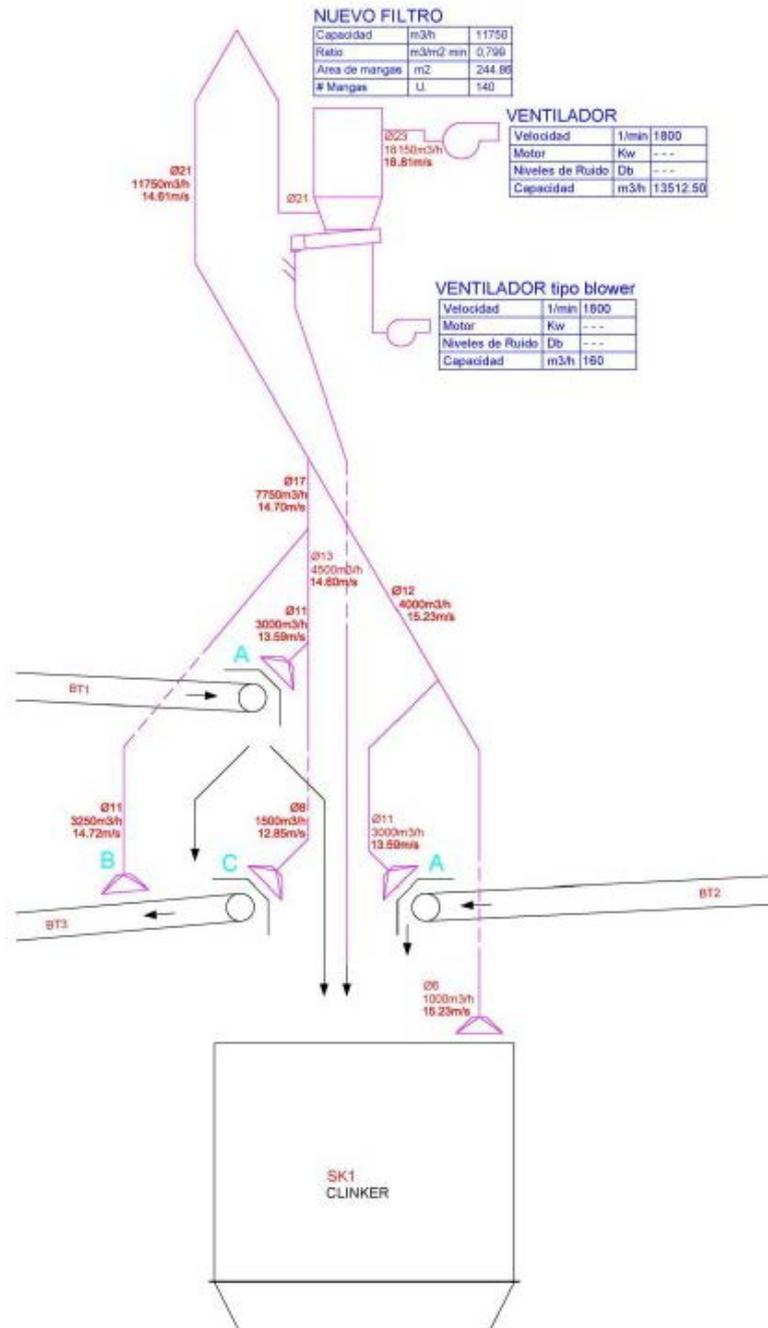
$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{4*Q(a\ desempolvavar)}{3600*\pi*v_{gas}}} = \sqrt{\frac{4*11750m^3/h}{3600*\pi*16m/s}} = 0.510m = 20.06\ in$$

$$\phi_{ducto} = 0.533m = 21in \quad 3.15$$

Determinamos la velocidad con el diámetro corregido para corroborar si se encuentra por debajo de 16 m/s.

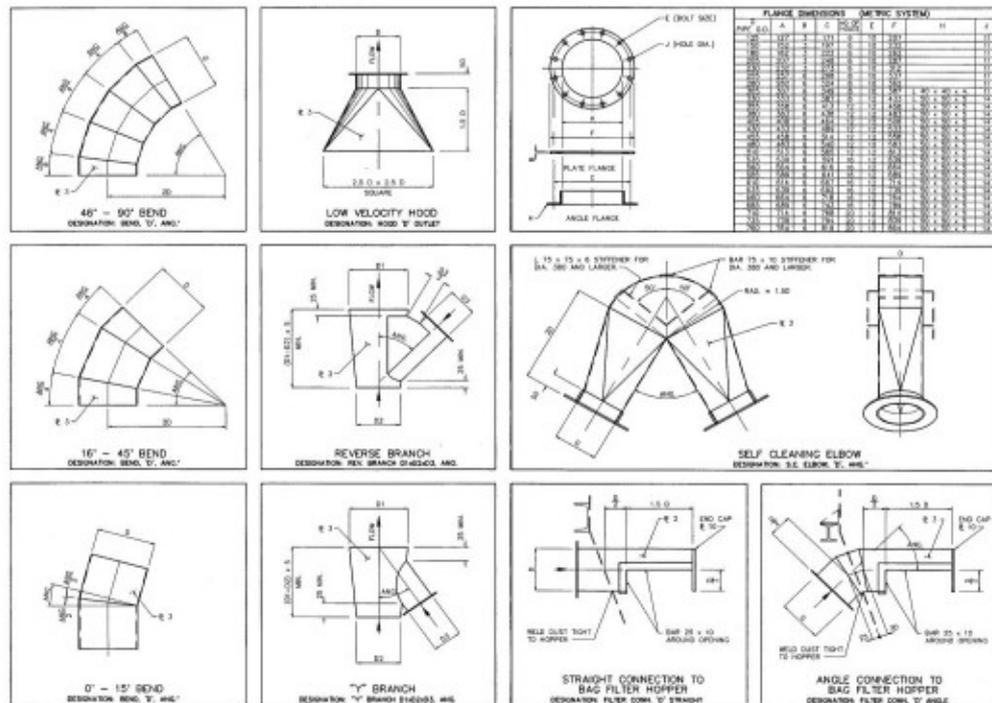
$$v_{gas} = \frac{4*Q(a\ desempolvavar)}{3600*\pi*(\phi_{ducto})^2} = \frac{4*11750m^3/h}{3600*\pi*(0.305m)^2} = 14.61\ m/s \quad 3.16$$

Una vez que se tenga dimensionado todas las ramificaciones de la tubería de desempolvado, se procede a realizar un diagrama de tubos, para identificar los demás accesorios que intervienen en el diseño como se muestra en la FIGURA 3.1.



3.5.3. DIMENSIONAMIENTO DE ACCESORIOS PARA LÍNEA DE DESEMPOLVADO.

Para dimensionar los accesorios de la línea de desempolvado recurrimos a la FIGURA 3.2 se encuentra descrito todas las medidas de forma de los accesorios con relación al diámetro del ducto donde se desea instalar el accesorio.



⁵⁶ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/5

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- ✓ Siendo el Clinker uno de los principales componentes para la obtención del cemento y como la demanda del cemento a nivel nacional e internacional cada año incrementa, todo esto ha obligado a que las empresas cementeras estén en innovación aumentando su producción, por lo que hay que ir contrarrestando la contaminación de aire de las plantas manteniéndose en el límite permisible como lo determina la norma de Calidad del Aire.
- ✓ Para la separación de partículas sólido-gas el filtro de mangas es el más óptimo para realizar este tipo de trabajo, que retiene partículas entre 30 a 50 micras, dejando pasar inferiores a 30 micras las cuales viajan con el aire, utilizando un mecanismo de limpieza constante,

con ciclos de limpieza es de 250 ms y frecuencia de 30s que por un impulso forzado de gas afloja las partículas adheridas en las mangas.

- ✓ Por efecto de cálculo se determina que necesita un filtro de 140 mangas, con los datos obtenidos de los equipos a desempolvar, y para determinar la capacidad del ventilador se realiza el cálculo de pérdidas a lo largo de la red de tuberías obteniendo 170.11 mmH₂O de caída de presión, con estos datos y considerando las condiciones de trabajo se obtiene la potencia del ventilador.

- ✓ Al utilizar este tipo de filtros podemos reinsertar nuevamente al proceso de fabricación del cemento a todas las partículas recolectadas en el proceso de filtrado, de esta forma se disminuyen las concentraciones y las emisiones contaminantes del material particulado.

4.2 Recomendaciones.

- ✓ Para evitar los desbalances se debe diseñar un buen sistema de ductos, los ductos mantener 60° respecto a la horizontal para que pueda fluir el material sin atascamientos, cada ramal debe nacer

con una reducción, cada toma del ducto debe nacer con una campana desde los equipos a desempolvar, luego de las campanas es necesario una válvula de control (dámper) preferiblemente de forma vertical y ser colocadas lo más cerca posible de las plataformas, los codos de precipitación deben ser fáciles de desmontar y que existan bridas que sean fáciles de desmontar.

- ✓ Se recomienda el cambio de las mangas filtrantes que presenten perforaciones y también revisar las fugas en el filtro de mangas para aumentar la aspiración de los equipos.

- ✓ Se recomienda estar dentro del margen de las normas ambientales, para evitar sanciones, por lo que se es importante realizar cada año un análisis de gases a la salida del ventilador para controlar las emisiones de las partículas.

ANEXO 1.

LEY DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN

1. **CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.**

La constitución de la República del Ecuador, fue publicada en el Registro Oficial N. 449 del 20 de Octubre del 2008. En ese documento se definen los derechos y obligaciones a los que están sujetos los ciudadanos ecuatorianos, garantizándose además el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.

2. **LEYES**

Ley de gestión ambiental

La ley de Gestión Ambiental, con codificación 2004,019, fue publicada en el Suplemento del Registro Oficial 418, el 10 de Septiembre del 2004. En esta ley se establecen los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Capítulo I: De la contaminación y control de la contaminación del aire.

Art. 1.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y

regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de salud y de Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna, y los recursos o bienes del estado o de particulares a constituir una molestia.

Art. 2.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación del aire:

1. Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación.

Art. 3. Se sujetaran al estudio y control de organismos determinados en esta Ley y sus reglamentos, las emanaciones provenientes de fuentes artificiales, móviles o fijas, que produzcan contaminación atmosférica.

3. DECRETOS

Decreto 3516. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

El Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, fue publicado en el Registro Oficial

edición especial 2, el 31 de marzo de 2003. Se compone de nueve libros, los cuales son mencionados a continuación:

- Libro I: Autoridad Ambiental.
- Libro II: Gestión Ambiental.
- Libro III: Régimen Forestal.
- Libro IV: Biodiversidad.
- Libro V: Recursos costeros.
- Libro VI: Calidad Ambiental.
 - Anexo 1: Norma de calidad ambiente y descarga de efluentes; recurso agua.
 - Anexo 2: Norma de calidad ambiental del recursos suelo y criterios de remediación.
 - Anexo 3: Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión.
 - Anexo 4: Norma de calidad de aire ambiente.
 - Anexo 5: Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y vibraciones.
 - Anexo 6: Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos.
 - Anexo 7: Listados nacionales de productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso severamente restringido que se utiliza en el Ecuador.
- Libro VII: Régimen especial: Galápagos.
- Libro VIII: Instituto para el Eco desarrollo Regional Amazónico (ECORAE).
- Libro IX: Sistema de derecho o tasas por los servicios que presta el Ministerio por el uso y aprovechamiento de bienes que se encuentran bajo su cargo y protección.

LIBRO VI: CALIDAD AMBIENTAL

Anexo 4. Norma de calidad de aire ambiente

Objeto

La presente norma tiene como objetivo principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y el ambiente en general. Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel de suelo. La norma también provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones en el aire ambiente.

Contaminantes del aire ambiente

Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes comunes del aire ambiente a los siguientes.

- Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 (diez) micrones. Se abrevia PM₁₀.
- Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 (dos enteros cinco décimos) micrones. Se abrevia PM_{2,5}.
- Óxidos de Nitrógeno: NO y NO₂. Expresados como NO₂.
- Dióxido de Azufre SO₂.
- Monóxido de Carbono.

Límites permisibles para la calidad del aire

Los parámetros que deben ser considerados en los proyectos para la calidad del aire ambiente se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire ^[1]

Parámetros	Unidad	Límites máximos permisibles µg/m ³			
		1 año	1 hora	8 horas	24 horas
Dióxido de Azufre (SO ₂)	µg/m ³	80	(b)	(b)	350
Monóxido de Carbono (CO)	µg/m ³	(b)	4000 0	10000	(b)
Óxidos de Nitrógeno (NO ₂)	µg/m ³	100	(b)	(b)	150
Material Particulado PM _{2.5}	µg/m ³	15	(b)	(b)	65
Material Particulado PM ₁₀	µg/m ³	50	(b)	(b)	150

^[1] Norma de Calidad del Aire Libro VI Anexo 4, Pág. 348-349 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente; medidos en µg/m³ microgramos de contaminante por m³ de aire a 760mm Hg y 25°C.

(b) No existen límites permisibles para este tiempo de medición.

TABLA 2

**CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES COMUNES QUE
DEFINEN LOS NIVELES DE ALERTA, DE ALARMA Y DE
EMERGENCIA EN LA CALIDAD DEL AIRE⁵⁷**

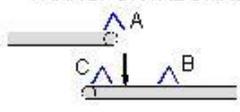
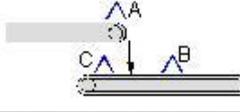
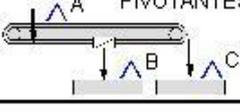
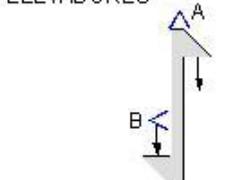
Parámetros	Unidad	Límites máximos permisibles $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		1 año	1 hora	8 horas	24 horas
Material Particulado PM _{2.5}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	15	(b)	(b)	65
Material Particulado PM ₁₀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	(b)	(b)	150

⁵⁷ **FUENTE:** Norma de Calidad del Aire Libro VI Anexo 4, Pág. 648-349 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Anexo 1.

ANEXO 2.

CANTIDAD DE AIRE A DESEMPOLVAR.

TABLA 1. CANTIDAD DE AIRE A DESEMPOLVAR SEGÚN EL EQUIPO DE ACUERDO AL HOLCIM DESIGN CRITERIA¹⁴

Equipo	Tam. (mm)	m³/h	Valores/consideraciones				
			A	B	C		
BANDAS TRANSPORTADORAS 	650	4250	1500	1750	1000	m³/h	
	850	5250	2000	2250	1000		
	1000	6500	2500	2750	1250		
	1200	7750	3000	3250	1500		
	1400	8750	3500	3750	1500		
	1600	10'000	4000	4250	1750		
ALIMENTADORES DE PLACAS 	800	6500	3500	2000	1000	m³/h	
	1000	7500	4000	2500	1000		
	1200	8750	4500	3000	1250		
	1400	9750	5000	3500	1500		
	1600	10'000	5500	4000	1500		
	ALIMENTADORES PIVOTANTES 	800		2500	9000		9000
1000			3000	10'000	10'000		
1200			3500	11'000	11'000		
1400			4000	12'000	12'000		
ELEVADORES 	400		CADENA m³/h		BANDA m³/h		m³/h
	500		A	B	A	B	
	630		1250	1000	2000	1000	
	800		1500	1000	2250	1000	
	1000		2000	1250	2500	1250	
	1250		2500	1250	3000	1250	
	1600		3000	1500	3500	1500	
			3500	1500	4500	1500	
		4000	1500	6000	1500		
RASCADORES Y TORNILLOS SIN FIN	200	500	POR CADA 10 METROS				
	250	500					
	315	500					
	400	750					
	500	750					
	630	1000					
	800	1000					
	1000	1250					
DESGLIZADORES			120% DEL SOPLADOR				
MALLA CLASIFICADORA		50	POR TON/H ABIERTO				
ZARANDA VIBRATORIA		450	POR M2 CERRADO				
MALLA GIRATORIA		600	POR M2 CERRADO				

¹⁴ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/30.

TABLA 2. CANTIDAD DE AIRE A DESEMPOLVAR SEGÚN EL EQUIPO DE ACUERDO AL HOLCIM DESIGN CRITERIA¹⁵

Equipo	Tam. (mm)	m ³ /h	Recomendaciones
Alimentador Vibratorio	600	900	
	800	1'500	
	1'000	2'400	
	1'200	3'600	
Bomba de Aire Comp.		60	Por t } Por t } 1.5 veces de volumen Por t } de aire comprimido Por t }
Bomba		50	
Recipiente de Presión		40	
Buhler		30	
Recipiente de Almacenamiento	Grande > 100 t/h	1'000	Alimentación Mecánica
	Pequeño a 100 t/h	500	Alimentación Mecánica
Almacenamiento Clinker		12 - 20'000	Silo Cilindrico
		40 - 60'000	Silo Circular (Cúpula Clinker)
Trituradora de Rodillo	to 50 t/h	36	Por t
	50 - 100 t/h	60	Por t
Trituradora de Mandibula	to 100 t/h	60	Por t
	100 - 400 t/h	45	Por t
	400 - 700 t/h	30	Por t
Trit. de Martillo	to 100 t/h	120	Por t
Trituradora de Impacto	to 100 t/h	90	Por t
	to 300 t/h	60	Por t
	> 300 t/h	40	Por t
Trituradora Giratoria o Trituradora de Cono	to 100 t/h	60	Por t
	100 - 400 t/h	45	Por t
	400 - 700 t/h	30	Por t
Maquina de Embalaje		8'000	8-Empacador de Boquilla Rotativa
		6'000	6-Empacador de Boquilla Rotativa
		300	Alimentador
		2'500	Por linea de envasadora de embudo
	1'500	Giro de Pantalla 1 x 2.5m para llevar Cinta Transportadora la bolsa de Unidad de Limpieza	
	2'000		
	2'500		
Carga Movil		5'000	Aire 400 mm Tornillo 1630/1800 Tolvas Moviles Dobles Articulados
		5'000	
		1'500	
		4'000	
Carga de Cabeza		900	Cement 300 m ³ /h
		1'500	Cement 600 m ³ /h
		12'000	Clinker 300 m ³ /h
Cisterna de Vehiculos		540 - 660	Ruta 60 t/h at 2.5 bar
		660	Tren 60 t/h at 2.5 bar

¹⁵ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/31.

ANEXO 3.

COEFICIENTES DE PÉRDIDAS EN CAMPANAS COLECTORAS.

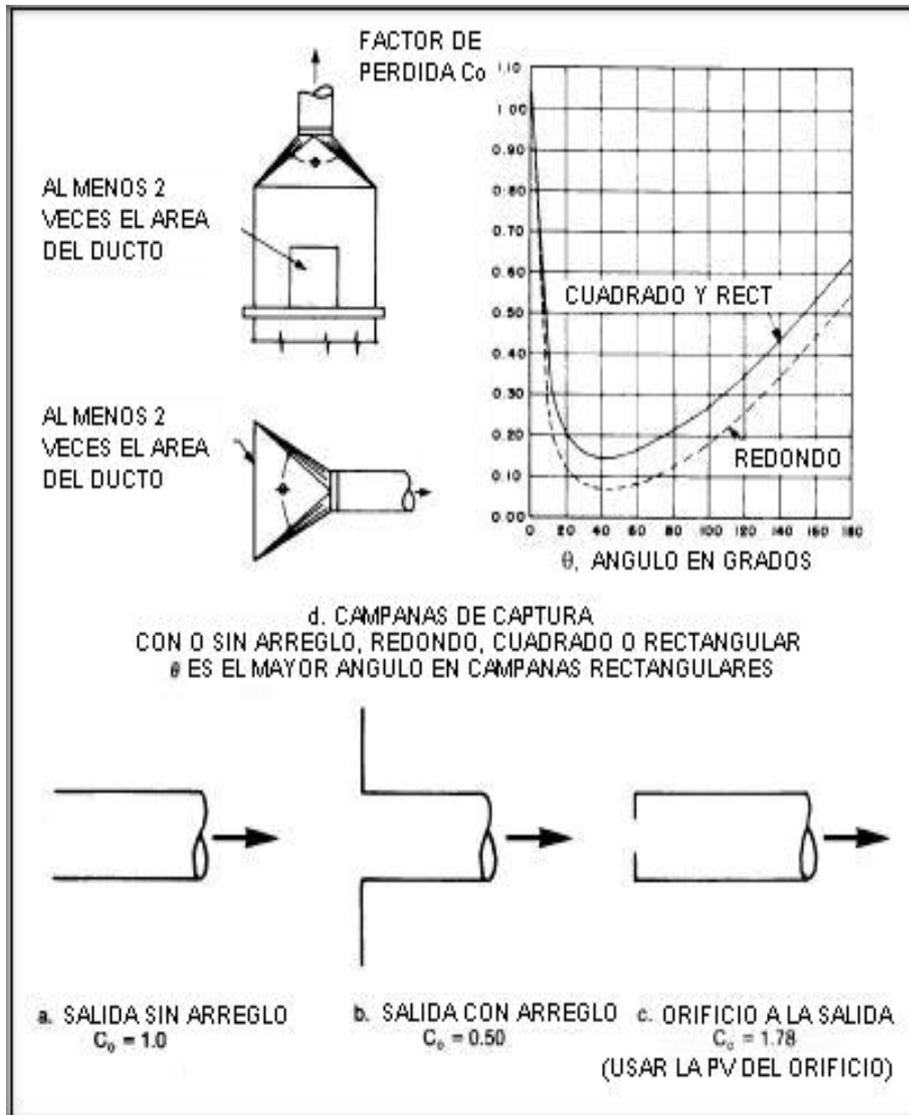


FIGURA 1. FACTOR DE PERDIDA EN CAMPANAS¹⁶

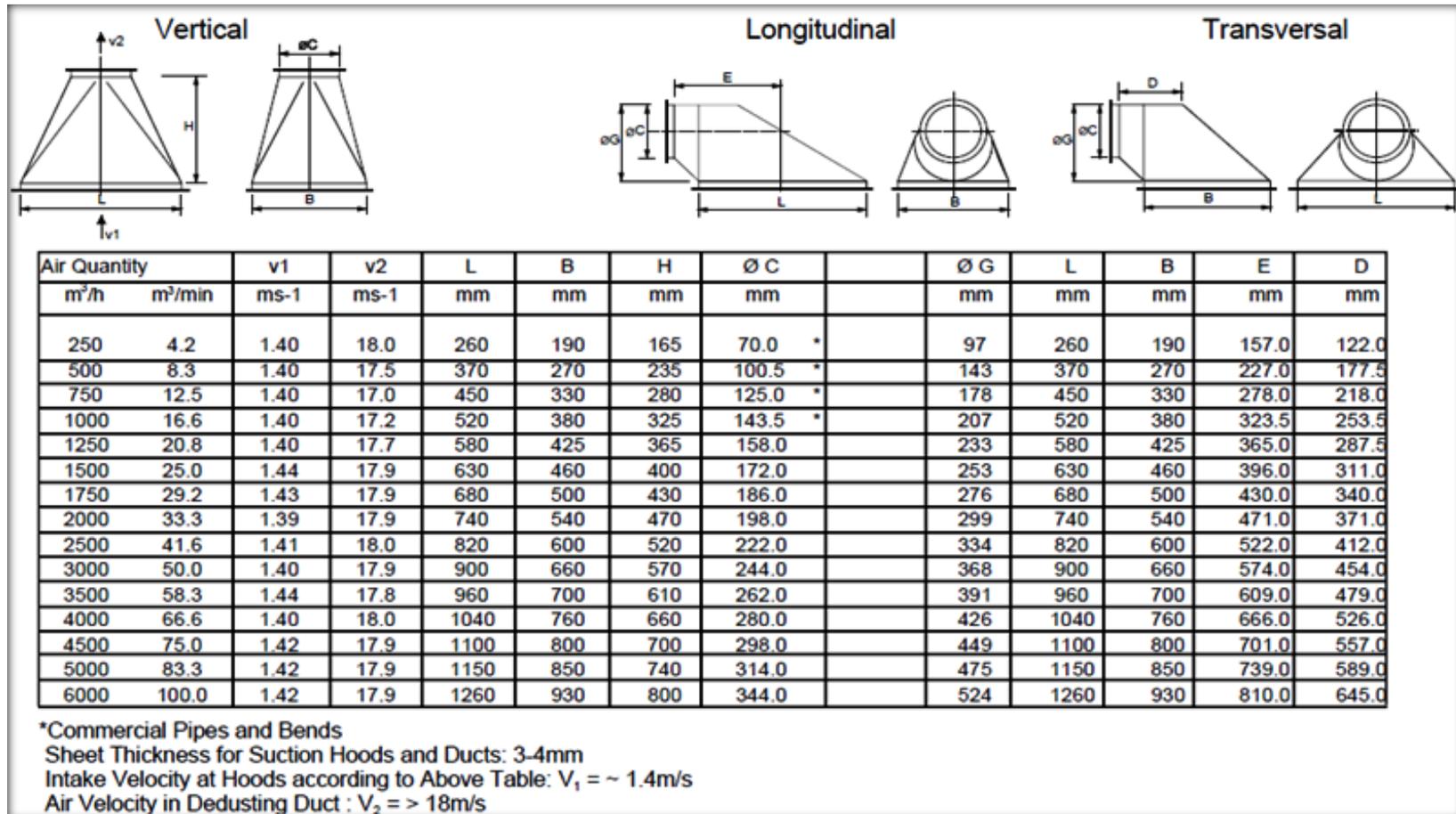
¹⁶ FUENTE: Arias, Juan, *Análisis al Sistema de Desempolvado del Área de Trituración de Caliza en la Planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A.* Espol Facultad De Ingeniería Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006

TABLA 1. RANGO DE VELOCIDADES DE CAPTURA¹⁷

RANGO DE VELOCIDADES DE CAPTURA		
CONDICION DE LA DISPERSIÓN DEL CONTAMINANTE	APLICACIÓN	VELOCIDAD DE CAPTURA (m/s)
Sueltas sin velocidad en el aire	Evaporación de tanques	0.25 a 0.5
Sueltas con velocidad baja del aire	Transportadores de baja velocidad	0.5 a 1.0
Generación activa dentro de la zona de generación	Chutes de carga/descarga de transportadores, trituradoras	1.0 a 2.5
Alta velocidad dentro de la zona	Molienda, sandblasting	2.5 a 10

¹⁷ **FUENTE:** Arias, Juan, *Análisis al Sistema de Desempolvado del Área de Trituración de Caliza en la Planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A.* Espol Facultad De Ingeniería Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006

TABLA 4. DISEÑO DE CAMPANAS DE CAPTURA¹⁸



¹⁸ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/35.

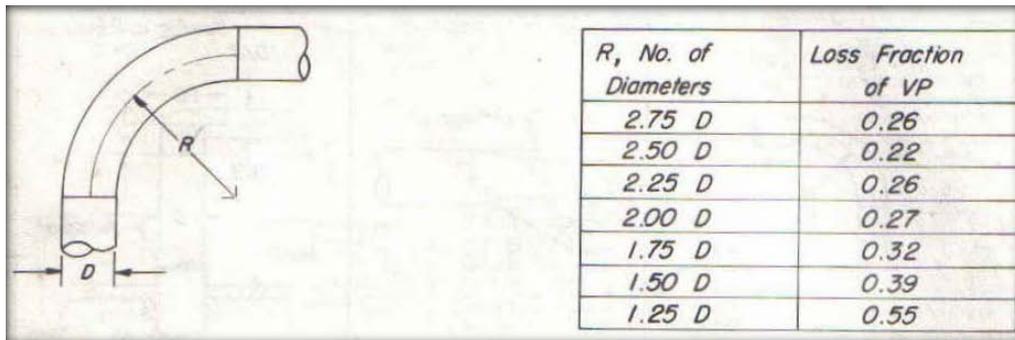


FIGURA 2. FACTOR DE PÉRDIDAS EN CODOS.

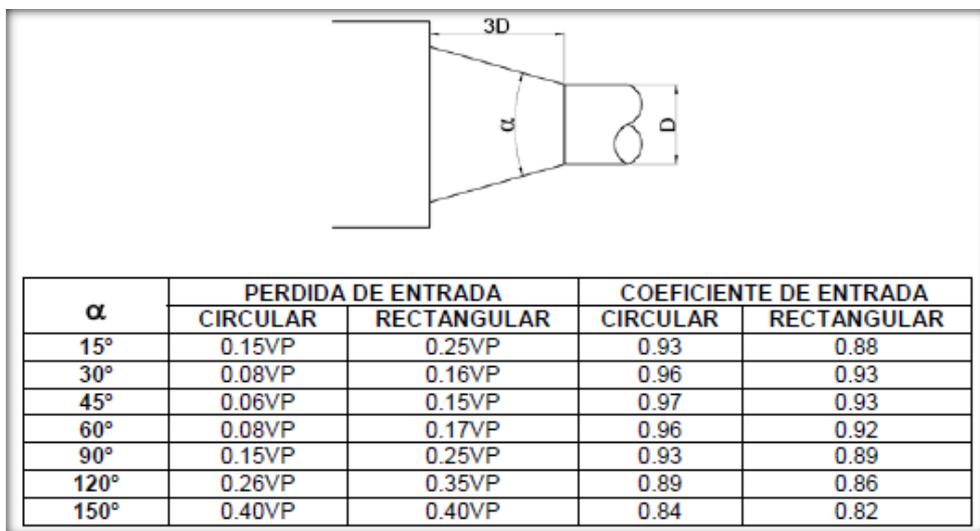


FIGURA 3. FACTOR DE PÉRDIDAS PARA REDUCCIONES.



FIGURA 4. FACTOR PARA Y (PANTALÓN)

ANEXO 4.

POSICIONES DE LOS VENTILADORES.

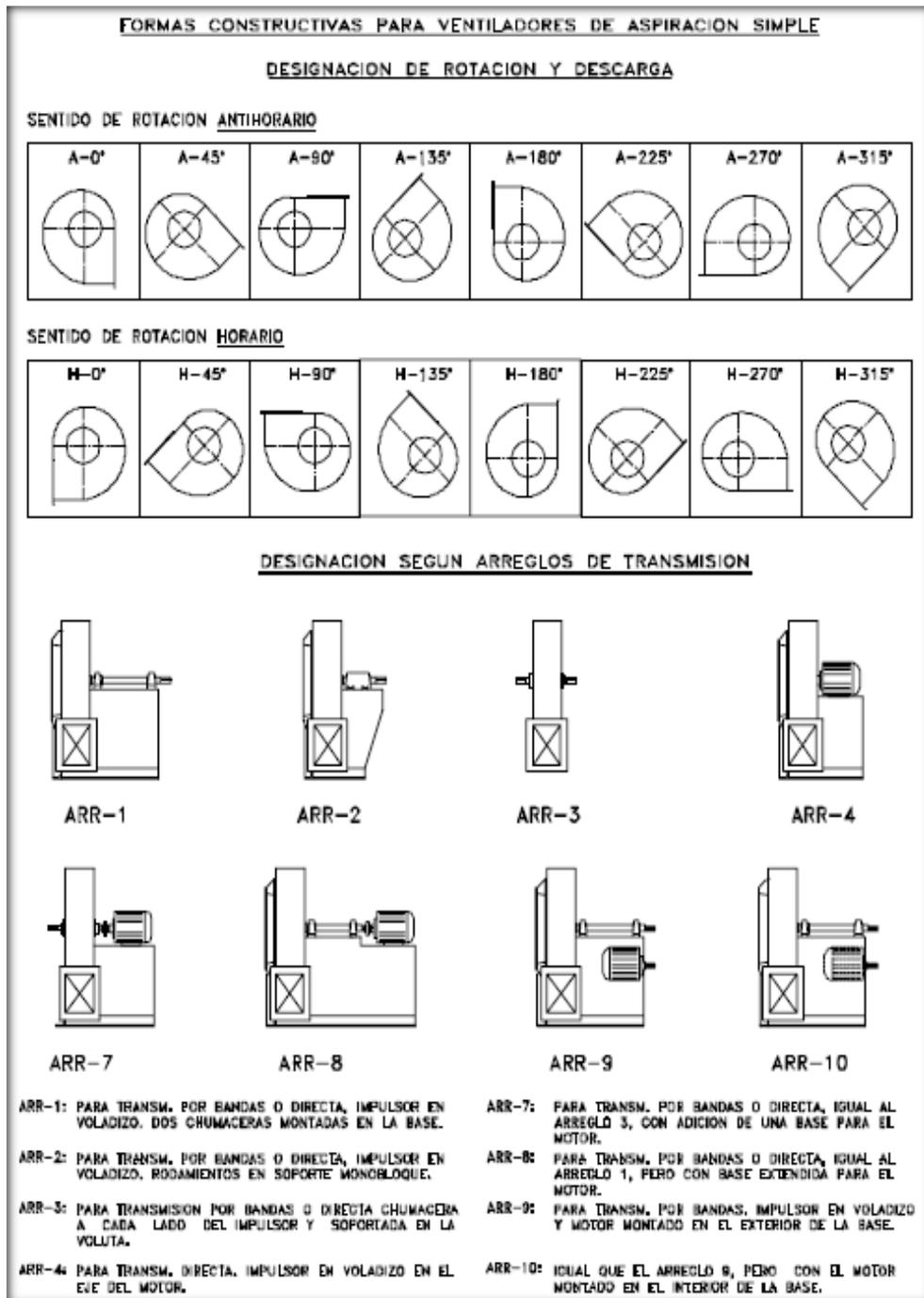
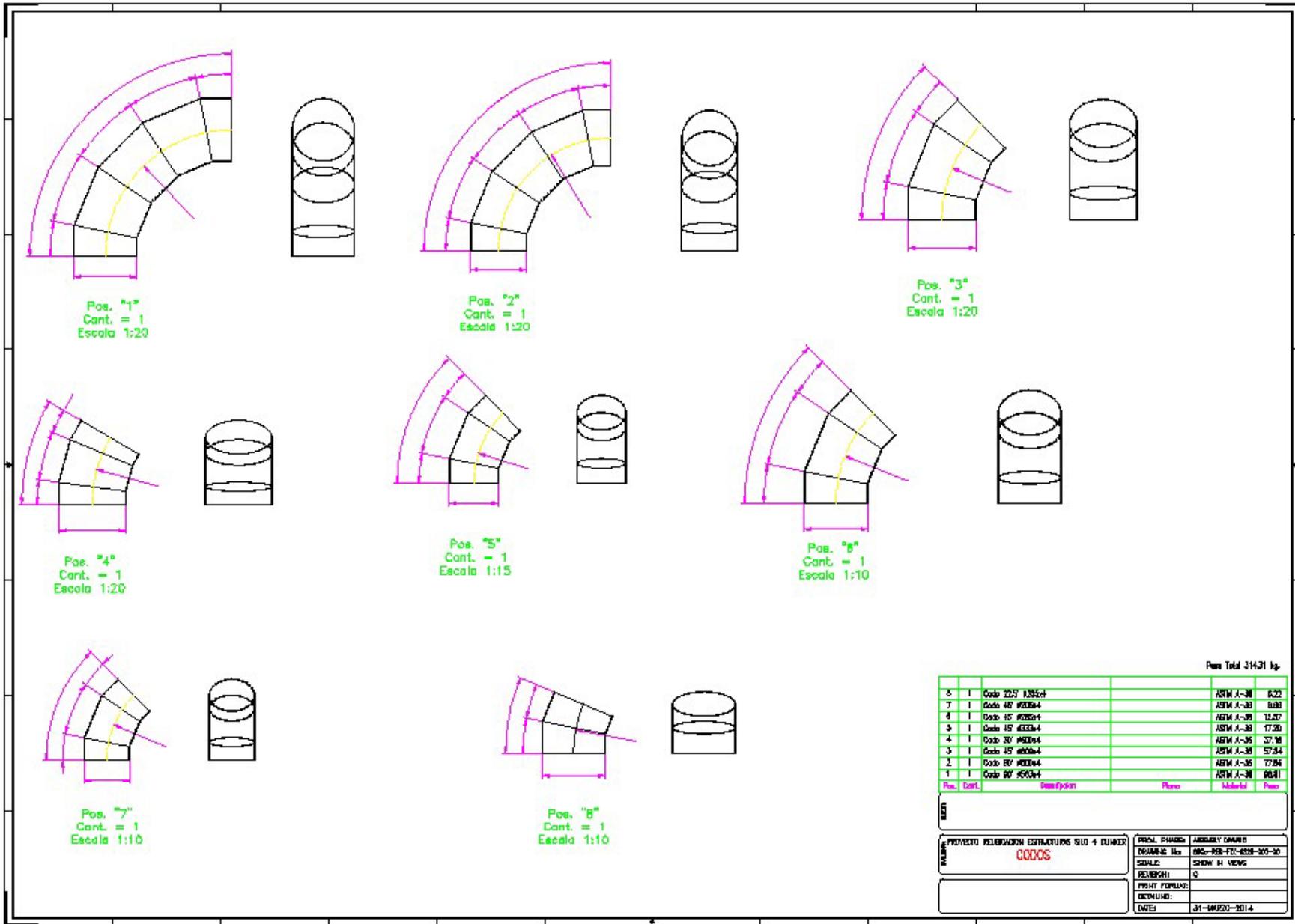


FIGURA 1. POSICIONES DE LAS VOLUTAS DE LOS VENTILADORES

ANEXO 5.

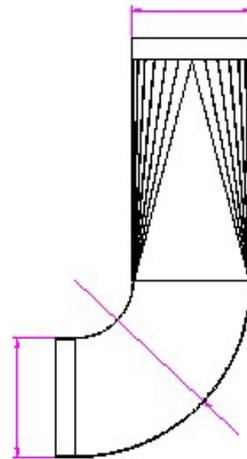
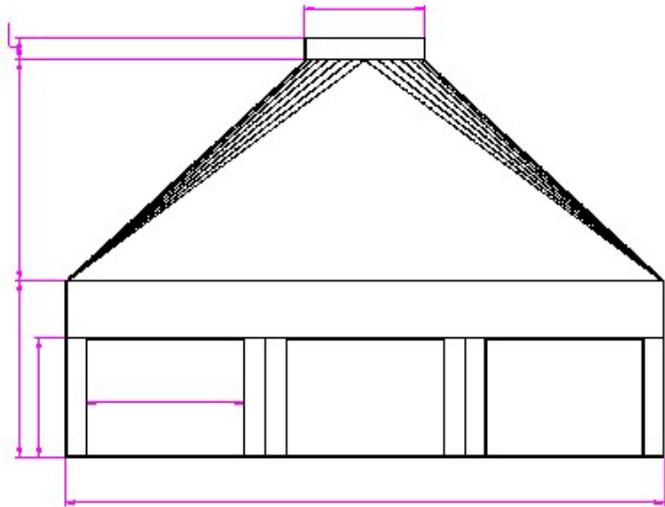
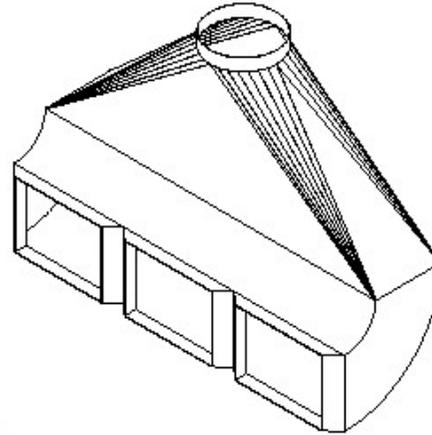
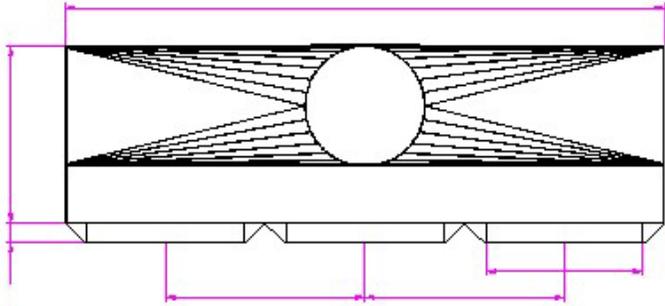
**PLANOS DE DISEÑO DE FORMA E INGENIERÍA EN
DETALLE.**



Peso Total 31421 kg.

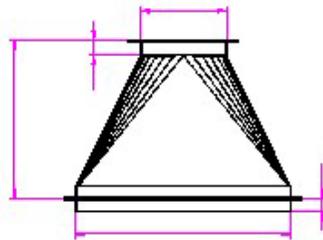
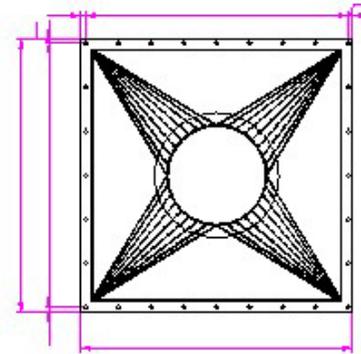
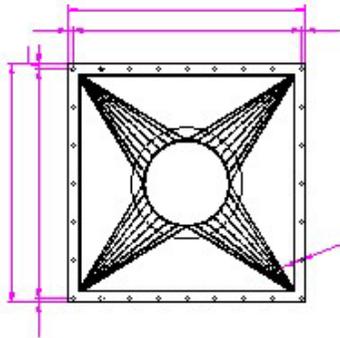
Pos.	Cant.	Denominacion	Peso	Materia	Peso
5	1	Codo 225º 1200x4		ASW 1-38	6,22
7	1	Codo 45º 4000x4		ASW 1-38	6,98
4	1	Codo 15º 4000x4		ASW 1-38	13,57
3	1	Codo 45º 4000x4		ASW 1-38	17,20
4	1	Codo 30º 4000x4		ASW 1-36	17,18
3	1	Codo 15º 4000x4		ASW 1-38	17,34
2	1	Codo 80º 4000x4		ASW 1-36	77,84
1	1	Codo 90º 4000x4		ASW 1-38	90,41

PROYECTO REFORZACION ESTRUCTURAS SLO + CLIMEX		PROJ. CHARGE	ANEXO DRAWING
CODOS		DRAWING No.	28C-RE-FC-428-00-20
		SCALE:	SHOW IN VIEWS
		REVISION:	0
		PRINT FORMAT:	
		DATE:	31-MAR-2014

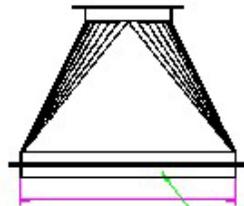


Peso Total 84.85 Kg.

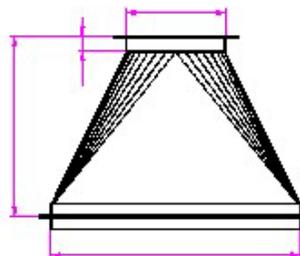
PROYECTO REPARACION ESTRUCTURAS S10 + CLIMATIZACION DUCTO DE SUCCION		PRINCIPAL ELABORADO: ARMANDO GONZALEZ DISEÑADO: SCS-PEB-FTC-6558-201-10 ESCALA: 1:1 REVISION: 0 FECHA: 31-MARZO-2014
AREA:		DETALLADO:
FECHA:		DISEÑADO:
DISEÑADO:		FECHA:
DISEÑADO:		FECHA:



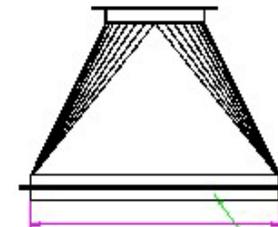
Pos. "1"
Cant. = 3
Escala 1:10



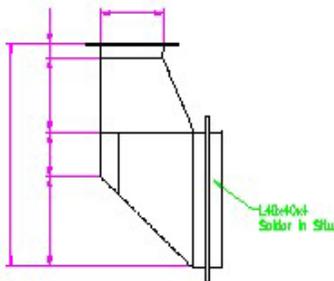
L40x40x4
Sektor in Situ.



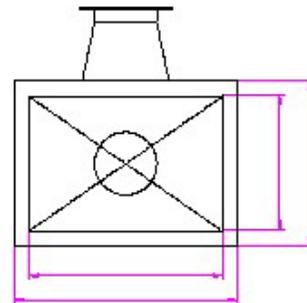
Pos. "2"
Cant. = 1
Escala 1:10



L40x40x4
Sektor in Situ.



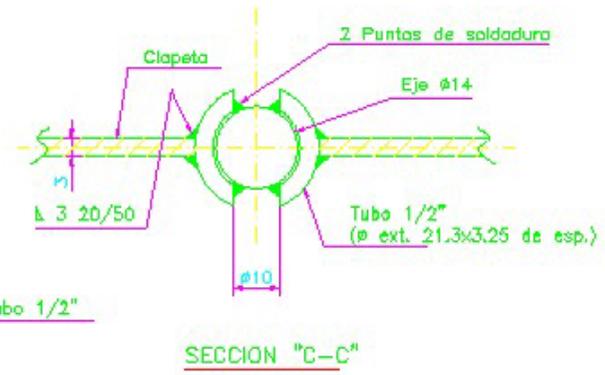
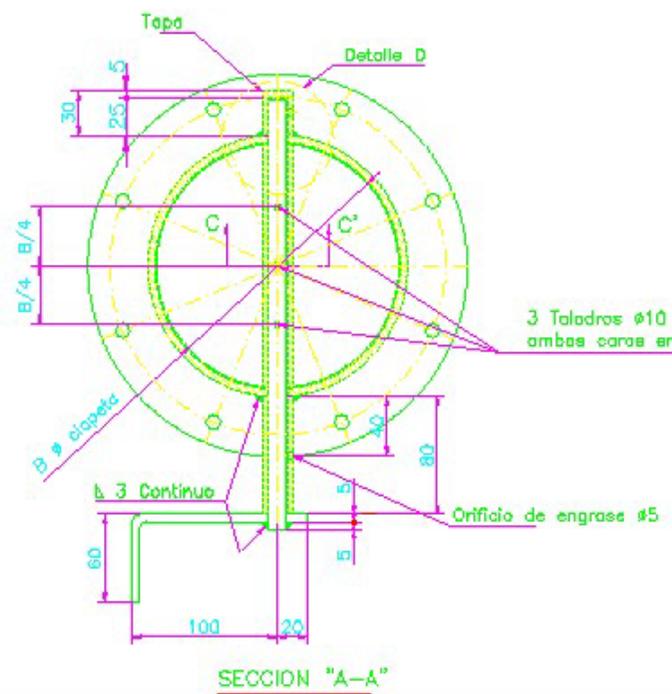
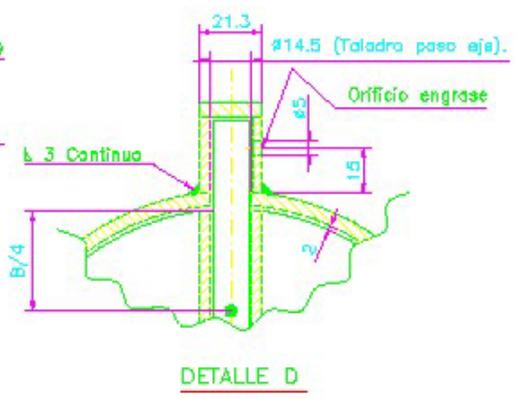
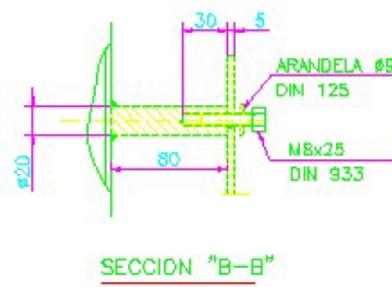
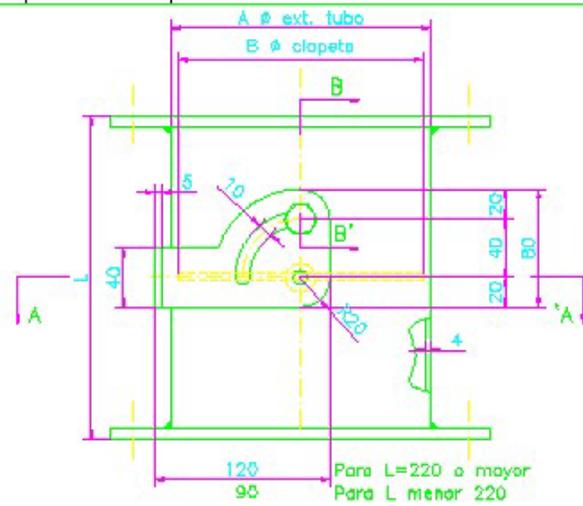
Pos. "3"
Cant. = 1
Escala 1:10



Peso Total 232105 Kg

Pos.	Cant.	Descripcion	Peso	Material	Peso
3	1	Carpas 400x400 mm		ASTU A-36	44.14
2	1	Carpas 400x400 mm		ASTU A-36	88.18
1	3	Carpas 400x400 mm		ASTU A-36	132.71

PROYECTO REJA ESTRUCTURAS SILD 4 DE CUMBER		PROJ. FINANC.	INGENIERO CIVIL
CAMPANAS		ESCALA: Ho	860-700-4000-201-20
Campanas 400x400x4		SCALE:	SHOW IN VIEWS
		REVISION:	0
		PRINT FORMUL:	
		DECIUARD:	
		DATE:	31-04-2014

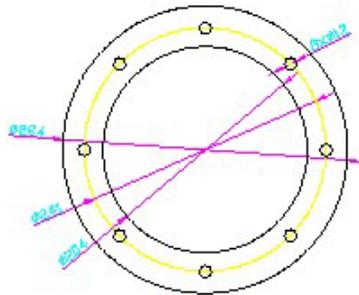


DN	A	B	L
6"	160	152	250
8"	211	203	300
11"	288	278	330

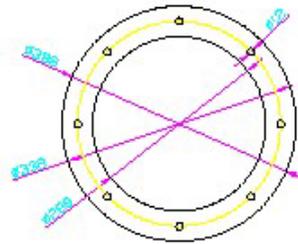
Peso Total 170.58 Kg.

No.	Cant.	Descripción	Plano	Materia	Peso
3	1	Damper ø335x4 mm		ASTM A-36	45.96
2	3	Damper ø288x4 mm		ASTM A-36	103.88
1	1	Damper ø201x4 mm		ASTM A-36	20.74

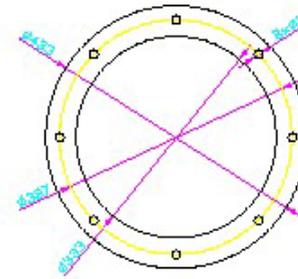
PROYECTO DEL ESTRUCTURAS SLD 4 DE CUBOX	PROJ. CIVIL	ANEXO
DAMPER	NO. 08-PT-010-20	SECCION A-A
Damper ø335,288,201	SECCION A-A	SECCION A-A
	PROYECTADO:	
	REVISADO:	
	DATE:	31-08-2014



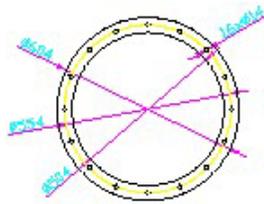
Pos. "1"
Cant. = 6
Escala 1:3



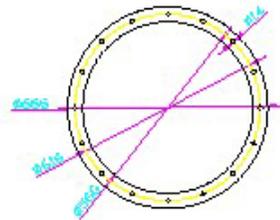
Pos. "2"
Cant. = 18
Escala 1:5



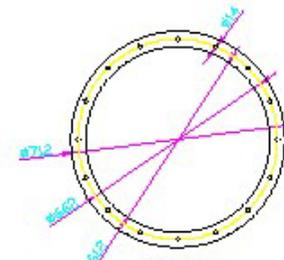
Pos. "3"
Cant. = 6
Escala 1:5



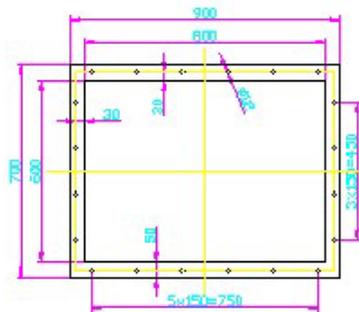
Pos. "4"
Cant. = 2
Escala 1:10



Pos. "5"
Cant. = 2
Escala 1:10



Pos. "6"
Cant. = 6
Escala 1:10



Pos. "7"
Cant. = 3
Escala 1:10

Peso Total 140.18 Kg.

Pos.	Cant.	Descripcion	Peso	Material	Peso
7	3	Brida 600x600x8 (16.00 Kg/u.)	48.00	ASTM A-36	30.18
8	6	Brida 813x6mm (4.68 Kg/u.)	28.08	ASTM A-36	27.16
5	2	Brida 666x6mm (4.18 Kg/u.)	8.36	ASTM A-36	6.38
4	2	Brida 650x6mm (3.70 Kg/u.)	7.40	ASTM A-36	7.40
3	6	Brida 433x6mm (3.20 Kg/u.)	19.20	ASTM A-36	19.20
2	18	Brida 402x6mm (2.10 Kg/u.)	37.80	ASTM A-36	37.80
1	6	Brida 310x6mm (1.88 Kg/u.)	11.28	ASTM A-36	10.08

Pos.	Cant.	Descripcion	Peso	Material	Peso
------	-------	-------------	------	----------	------

NOTA:

PROYECTO DEL ESTRUCTURAS SLD 4 DE GUNBER	PROJ. CIVIL	INGENIERO CIVIL
BRIDAS	FECHA: 08-03-2014	NO. DE DISEÑO: 008-008-2014-00
	ESCALA: 1:10	PROYECTISTA: J. V. V.
	REVISOR: J. V. V.	PROYECTISTA: J. V. V.
	FECHA: 08-03-2014	PROYECTISTA: J. V. V.
	FECHA: 08-03-2014	PROYECTISTA: J. V. V.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) ALEMAN, Francisco. Análisis y Evolución de los Costos de los Principales Insumos del Sector de la Construcción en el Ecuador en el Período 2004 –2011; Ecuador; 2012
- 2) ARIAS, Juan, *Análisis al Sistema de Desempolvado del Área de Trituración de Caliza en la Planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A.* Tesis Facultad De Ingeniería Mecánica Y Ciencias De La Producción, Escuela Superior del Litoral, 2006
- 3) Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, Norma de Calidad del Aire Ambiente, Libro VI Anexo 4, Ecuador, 2003
- 4) BHA, *Guía de Referencias y Soluciones de Problemas*, 1998
- 5) BUCHELLI, Luis, *Diseño Fluido dinámico de un Sistema de Extracción de Polvo en un Ingenio Azucarero*, Tesis Espol Facultad De Ingeniería En Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006
- 6) CECALA, Andrew B. Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing; Center for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research; Spokane WA; 2012

- 7) DURAN, José Antonio, El Financiera, Editorial Arroyo, México 2009
- 8) *Fabric Dust Collector Systems*, HOLCIM-ECUADOR.
- 9) GARCÍA, DAVID, *Equipo para el transporte de materiales de la industria azucarera, transportadores y bomba*, Unidad de producción del EMAV, Cuba, 1987
- 10) GE, *Principios Básicos de Ventiladores* GE Energy
- 11) GE, *Principios Básicos para Diseño de Ducterías* GE Energy,
- 12) GE, *Diseño Básico de Colectores Pulse-Jet* GE Energy,
- 13) KOHLHAAS, B. and 16 other authors, *Cement Engineers' Handbook*, Fourth English edition Bauverlag 1983