

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Diseño de una Línea de Producción de Fertilizantes Pulverizados
usando Molino de Pines”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIEROS MECÁNICOS

Presentada por:

Anell Isabel Borbor Hidalgo
Alex Geovanny Crespo Ordóñez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2012

AGRADECIMIENTO

Nuestra gratitud a Dios por permitirnos culminar nuestros estudios.

A todos nuestros amigos que de uno u otro modo compartieron y colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Ernesto Martínez L. Director de Tesis, por su invaluable apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la dicha de vivir y guiar cada paso que doy.

A mis padres Chilton e Isabel, por su amor, confianza y motivación constante. A mi hermano, por su incondicionalidad. En especial a mi abuelito Leandro por su ejemplo de perseverancia y superación.

Anell Isabel Borbor Hidalgo

DEDICATORIA

A Dios por guiarme a lo largo de mi vida y a mis padres por el apoyo incondicional que me brindaron en todo momento, siendo un pilar fundamental.

Alex Crespo Ordóñez

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR

Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Anell Isabel Borbor Hidalgo

Alex Geovanny Crespo Ordóñez

RESUMEN

Para satisfacer las necesidades de una población que crece aproximadamente 75 millones cada año, y debido al incremento en la producción de alimentos a nivel mundial, se denota mejoras notables en las oportunidades económicas de los países en desarrollo como es el caso del ECUADOR, territorio agrícola. La demanda por alimentos de calidad con mayor nivel proteico ha aumentado, por lo cual los fertilizantes aportan al desarrollo productivo de los diversos cultivos, de tal manera que la eficiencia además de mantenerse, se incrementa. Es por ello que los agricultores están atentos a los cambios e impactos demográficos y alimentarios.

Se planteó el siguiente proyecto de tesis que trata sobre la necesidad de implementar una línea de producción de mezcla de fertilizantes inorgánicos NPK en una pequeña empresa de la ciudad de Guayaquil.

Para el efecto, se analizaron los diferentes factores que intervienen en el proceso de la línea de producción, se estableció la distribución física de la línea de acuerdo a los requerimientos y el espacio disponible. Además, se seleccionaron los equipos y se diseñó el Molino Pulverizador de Pines. Se realizó una descripción de los costos de inversión y tiempo requerido para la fabricación del molino pulverizador de pines. Estos criterios se

fundamentaron en tablas, catálogos, experiencia y la aplicación de herramientas como Solidworks® y Autocad®.

Finalmente se plantea la distribución de la línea y se detalla el diseño funcional de un molino de pines con capacidad de 2 Ton/h, el cual logra cumplir con la necesidad de transformar las mezclas de fertilizantes en polvo con las características adecuadas para una posterior aplicación de las técnicas de fertirriego y aplicación foliar a un costo competitivo de \$11789,23 (ONCE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE DÓLARES CON VEINTE Y TRES CENTAVOS), que resultó en menor precio al referencial del mercado internacional, destacando como una mejor opción en cuanto a tecnología, seguridad y funcionalidad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	IX
SIMBOLOGÍA.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2. Objetivos de la Tesis.....	4
1.3. Importancia de la Nutrición de las Plantas.....	4
1.4. Propiedades del Fertilizante.....	9
1.4.1 Funcionalidad y Características.....	10
1.4.2.Técnicas de Aplicación.....	13
1.4.3 Granulometría.....	18

CAPÍTULO 2

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL FERTILIZANTE PULVERIZADO.	20
2.1 Requerimientos Generales de Diseño.....	20
2.2. Sistema de Pesajes Tolvas.....	23
2.3. Sistema de Transporte Tornillo Helocoidal.....	24
2.4 Sistema de Mezclado.....	25
2.4.1. Mecanismos de Mezclado.....	26
2.4.2. Tipos de Máquinas Mezcladoras de Sólidos.....	27
2.4.3. Mezcladores Móviles	27
2.4.4. Mezcladores de Carcasa Estacionaria.....	30
2.4.5. Influencia de los Ingredientes en el Mezclado	34
2.4.6. Alternativas del Sistema de Mezclado	35
2.4.7. Criterios de Selección del Mezclador	37
2.5. Molienda	40
2.5.1. Diferencias entre Técnicas de Reducción de Partículas.....	41
2.5.2. Molino Pulverizador de Pines.....	42
2.6. Sistema de Desempolvado	45
2.6.1. Ciclón	45

2.6.2. Filtro de Mangas	48
2.7. Esquema del Proceso.....	59
2.8. Diagrama de Equipos	60

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	61
3.1. Dimensionamiento de las Tolvas de Recepción	61
3.2. Diseño y Selección del Transportador Helicoidal.....	70
3.3. Dimensionamiento y Selección del Mezclador.....	86
3.4. Diseño del Molino Pulverizador de Pines.....	98
3.5. Diseño y Selección de Componentes del Sistema de Desempolvado.....	98
3.5.2. Dimensionamiento de los Ductos.....	101
3.5.3. Dimensionamiento del Ciclón.....	102
3.5.4. Dimensionamiento del Filtro de Mangas.....	105
3.5.5. Selección del Ventilador.....	106
3.6. Selección del Sistema de Despacho.....	115
3.7. Selección de Válvulas para la Línea de Producción	117

CAPÍTULO 4

4.	DISEÑO DEL MOLINO PULVERIZADO DE PINES	119
4.1.	Diseño de Forma del Molino	120
4.2.	Distribución de los Pines.....	123
4.3.	Diseño de los Pines para la Trituración del Grano.....	124
4.4.	Diseño de los Discos Porta Pines	143
4.5.	Diseño del Eje.....	144
4.6.	Potencia Requerida del Motor	151
4.7.	Selección de Componentes	153
4.7.1.	Selección de Chaveta	153
4.7.2.	Selección de Pernos de Sujeción del Disco Estator	158
4.7.3.	Selección de Rodamientos	162
4.7.4.	Selección de Tamiz.....	164
4.8.	Especificaciones Técnicas y Plano del Molino Rotativo.....	165
4.9.	Análisis funcional del Molino de Pines con la Aplicación de la Herramienta Solidworks.....	167
4.10.	Análisis de la Estructura Soporte del Molino con la Aplicación De la Herramienta de Solidworks.....	168

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE COSTOS.....	170
5.1. Presupuesto para Construcción del Molino de Pines.....	171
5.2. Cronograma de la Construcción del Molino de Pines	176

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	178
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

AISI	American Iron and Steel Institute
atm	Atmósfera
CFM	Pie cúbico por minuto
col	Columna
DIN	Instituto Alemán de Normalización
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ft ³	Pie cúbico
H ₂ O	Agua
HP	Horse Power
h	Hora
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg	Kilogramos
KW	Kilowatt
lbs	Libras
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
min	Minuto
mm	Milímetros
MPa	Mega pascales
N	Newton
N.m	Newton por metro
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
pulg	Pulgada
rad/s	Radianes por segundo
RNA	Ácido Ribonucleico
RPM	Revoluciones por minuto

s	Segundo
Ton	Tonelada
μm	Micras
$^{\circ}\text{C}$	Grados Centígrados

SIMBOLOGÍA

A	Área del ducto
A	Área de la base mayor de la tolva
A'	Área de la base menor de la tolva
A _p	Apotema del tronco de pirámide de la tolva
a _t	Área total filtrante en filtro de mangas
B	Ancho de la campana extractora
C	Capacidad del tornillo transportador
C _m	Cantidad de mangas en el filtro
D	Diámetro externo del tornillo transportador
D	Diámetro del ciclón
D	Diámetro de la base mayor de la tolva
d	Diámetro del ducto del sistema de desempolvado
d	Diámetro de la base menor de la tolva
D _m	Diámetro de las mangas
e	Espesor del disco rotor
F	Fuerza
g	Generatriz
H	Altura de la tolva
h ₁	Altura de la parte cilíndrica del mezclador
h ₂	Altura parte cónica del mezclador
I	Momento de inercia
K	Símbolo químico del Potasio
k _a	Factor de modificación de la condición superficial
k _b	Factor de modificación de tamaño
k _c	Factor de modificación de la cara
K _d	Factor de modificación de la temperatura
K _e	Factor de modificación de efectos diversos

L	Longitud total del transportador
L	Longitud de la campana extractora
L_m	La longitud de las mangas
M_m	Masa de la mezcla
m_{pin}	Masa del pin
N	Símbolo químico del Nitrógeno
N	Velocidad de operación del tornillo transportador
N_t	Número de granos de fertilizante por cada revolución del eje del motor
n	Factor de seguridad
P	Símbolo químico del Fosforo
P	Presión
P	Potencia
P	Perímetro de la base mayor de la tolva
P'	Perímetro de la base menor de la tolva
Q	Caudal
Q_{mr}	Rendimiento real del tornillo helicoidal
R	Radio de la parte cilíndrica del mezclador
r	Radio de la parte cónica del mezclador
r_g	Radio de giro
S	Paso del tornillo helicoidal
S_e	Resistencia a la fatiga
S_e'	Límite de resistencia a la fatiga
S_m	Resistencia a la fatiga en el rango de vida finita
SP	Caída de presión del sistema de desempolvado
S_{ut}	Resistencia última a la tracción
S_y	Resistencia a la fluencia
t	Tiempo
t	Espesor de pared de tolva
V	Velocidad tangencial del pin

V	Volumen del mezclador
V	Velocidad de transporte en el ducto
V_m	Volumen de la mezcla
VP	Presión dinámica
W	Peso
ω	Velocidad angular del eje del motor del molino
α	Aceleración
μ	Viscosidad dinámica
ρ_m	Densidad de la mezcla
σ_a	Amplitud del esfuerzo
σ_m	Esfuerzo medio
$\sigma_{\text{máx}}$	Esfuerzo máximo
$\sigma_{\text{mín}}$	Esfuerzo mínimo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Esquema General de Nutrición de una Planta.....	5
Figura 1.2	Proceso de la Fotosíntesis.....	6
Figura 1.3	Nomenclatura de los Fertilizante Compuestos	9
Figura 1.4	Fertirrigación por Goteo.....	14
Figura 1.5	Aplicación Foliar.....	17
Figura 1.6	Diversos Fertilizantes Granulados.....	19
Figura 2.1	Mezclador de Tambor.....	28
Figura 2.2	Mezclador Cónico.....	28
Figura 2.3	Mezclador de Doble Cono.....	29
Figura 2.4	Mezclador en V.....	30
Figura 2.5	Mezclador de Cintas.....	31
Figura 2.6	Mezclador de Tornillo Vertical.....	31
Figura 2.7	Mezclador de Paletas.....	32
Figura 2.8	Mezclador de Palas Planetario.....	32
Figura 2.9	Mezclador Sigma.....	33
Figura 2.10	Mezclador Barra Z.....	34
Figura 2.11	Molino de Pines.....	44
Figura 2.12	Mecanismos de Colección de Partículas en un Ciclón.....	46
Figura 2.13	Eficiencia de un Ciclón.....	47
Figura 2.14	Filtro de Mangas de Sacudido.....	50
Figura 2.15	Filtro de Mangas de Aire Reverso.....	51
Figura 2.16	Filtro de Mangas Tipo Pulse Jet.....	52
Figura 2.17	Elementos Mecánicos en un Colector de Polvo Pulse Jet.....	53
Figura 2.18	Tipos de Campanas de Captura.....	54
Figura 2.19	Ventilador Centrífugo.....	58
Figura 3.1	Tolva de Recepción.....	65
Figura 3.2	Tolva de Almacenamiento.....	66
Figura 3.3	Presión en las Paredes de la Tolva.....	67

Figura 3.4	Diseño de Forma del Silo.....	88
Figura 3.5	Dimensiones del Silo.....	91
Figura 3.6	Dimensiones Generales del Mezclador.....	97
Figura 3.7	Esquema Sistema Desempolvado.....	99
Figura 3.8	Esquema del Ciclón.....	102
Figura 3.9	Embolsadora de Carga por Gravedad.....	117
Figura 4.1	Diseño de Forma del Molino de Pines.....	120
Figura 4.2	Distribución de Pines En Discos Rotor y Estator.....	123
Figura 4.3	Impacto de Granos en Pin.....	124
Figura 4.4	Fuerzas Sobre el Pin.....	134
Figura 4.5	Fuerza Fluctuante	136
Figura 4.6	Análisis del Pin.....	142
Figura 4.7	Diagrama de Cuerpo Libre del Eje.....	145
Figura 4.8	Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector del Eje...	146
Figura 4.9	Dimensiones de Chaveta.....	155
Figura 4.10	Rodamientos de Bolas.....	162
Figura 4.11	Tamiz.....	165
Figura 4.12	Estudio del Principal Elemento del Molino.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de los Nutrientes Minerales.....	7
Tabla 2	Formula Química, concentración, índice salino e índice de Acides de los principales fertilizantes usados en el fertirriego....	16
Tabla 3	Matriz de Ponderación de Cada Parámetro- Sistema de Mezcla	39
Tabla 4	Matriz de Decisión Para El Sistema De Mezclado.....	40
Tabla 5	Rango De Velocidades De Captura.....	56
Tabla 6	Ángulos típicos de reposo de varios fertilizantes comunes.....	63
Tabla 7	Relación entre el ángulo de reposo y la fluidez.....	64
Tabla 8	Propiedades del material a transportar.....	75
Tabla 9	Diámetro del tornillo.....	77
Tabla 10	Características del Cojinete de Suspensión.....	79
Tabla 11	Torque de los acoples.....	82
Tabla 12	Potencia de los acoples.....	83
Tabla 13	Componentes del tornillo sin fin.....	85
Tabla 14	Dimensiones del alimentador de tornillo sin fin tipo SF 2D.....	85
Tabla 15	Dimensiones de la cubierta tubular del tornillo sin fin.....	86
Tabla 16	Valores de W_o	93
Tabla 17	Valores de ρ	93
Tabla 18	Valores de K	94
Tabla 19	Especificaciones técnicas de mezcladoras MZ.....	97
Tabla 20	Dimensiones estándar de Ciclones.....	103
Tabla 21	Dimensiones del Ciclón.....	103
Tabla 22	Coeficientes de fluctuación para ciertas aplicaciones.....	128
Tabla 23	Valores de Resistencia al aplastamiento de fertilizantes comunes.....	133
Tabla 24	Coeficientes para el cálculo del factor de la condición Superficial.....	138
Tabla 25	Valores de factor de carga.....	139
Tabla 26	Dimensiones de chaveta.....	155
Tabla 27	Características del perno.....	158
Tabla 28	Especificaciones técnicas del molino pulverizador de pines.....	166
Tabla 29	Resultados tubo cuadrado y perfil rectangular.....	169
Tabla 30	Materiales Necesarios para la Construcción del molino de Pines.....	171
Tabla 31	Peso de los Elementos del Molino de Pines.....	172

Tabla 32	Costos Equipos.....	173
Tabla 33	Costo de Mano de Obra.....	174
Tabla 34	Costo Transporte.....	174
Tabla 35	Valor Total de Costos Directos.....	175
Tabla 36	Costos Totales.....	176

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Distribución de Línea
Plano 2	Dimensiones del Pin
Plano 3	Dimensiones del Disco Estator
Plano 4	Dimensiones del Disco Rotor
Plano 5	Detalle del Molino de Pines
Plano 6	Detalle de la Estructura Soporte del Molino de Pines

INTRODUCCIÓN

En un país donde su segunda principal fuente de ingreso económico es la agricultura, el uso de fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de los suelos para los altos rendimientos y la buena calidad que se esperan en la actualidad. Por lo cual el uso de fertilizantes en los cultivos es indispensable para mantener una agricultura sostenible. Estos en su mayoría son aplicables directamente al suelo asimilando los nutrientes por las raíces, sin embargo cuando las condiciones de absorción de los nutrientes presentan adversidades o deficiencias, la aplicación por vía radicular es limitada en tiempo y forma, es por ello que surgen nuevos métodos de aplicación confiables, tanto para satisfacer las reales necesidades nutricionales de las plantas como para la fertilización en estos periodos críticos. Gracias a la existencia de técnicas como la fertirrigación y aplicación foliar es posible suministrar los nutrientes y micronutrientes requeridos por los diversos tipos de cultivos y lograr controlar su desarrollo.

Es por ello que en la presente tesis “Diseño de una línea de producción de fertilizantes inorgánicos pulverizados usando molino de pines” se muestra el proceso de desarrollo de un proyecto de ingeniería, donde es necesario aplicar los conocimientos académicos adquiridos para establecer el diseño

de forma de la línea considerando una producción de 2 Ton/h. Así también se refleja la selección del acero inoxidable como material para los elementos que componen la línea, puesto que el producto a mezclar es medianamente corrosivo. Otro de los aspectos considerados es el sistema de desempolvado, ya que el fertilizante como tal es altamente nocivo tanto para la salud de los operadores como para el medio ambiente. No menos importante son los tiempos de producción en cada tramo del proceso ya que son fundamentales para el análisis de la continuidad del mismo. No siempre es posible, debido a sus altos costos, acceder a las mejores tecnologías para satisfacer una necesidad. Sin embargo, sí es factible avanzar en el conocimiento, lo cual nos permitirá optimizar los recursos con los que se cuenta.

Sin embargo se enfoca el principal interés en el diseño del Molino Pulverizador de pines, con el cual se espera obtener un producto final capaz de cumplir con la granulometría que se requiere para ser soluble y aplicable. Demostrando que la técnica de la molienda es la que permite hoy en día obtener productos finamente pulverizados.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.

1.1. Antecedentes.

La presente tesis se desarrolla dentro de una pequeña empresa de la ciudad de Guayaquil dedicada a la producción de mezclas de fertilizantes inorgánicos granulados, se plantea la necesidad de transformar el producto mezclado en polvo utilizando un molino pulverizador de pines, con la finalidad de cubrir las exigencias del mercado agrícola, el cual se encuentra tecnificando sus sistemas de riego para los diversos tipos de cultivo gracias a la actual inversión del estado para con la agricultura.

La línea debe de cumplir con una producción aproximada de 2 Ton/h.

1.2. Objetivos de la Tesis.

El objetivo principal de esta tesis es diseñar una línea de producción de mezclas de fertilizantes inorgánicos en polvo con el fin de elaborar un diseño funcional, cumpliendo la necesidad de obtener un producto de calidad con las características adecuadas para ser aplicado en los distintos cultivos agrícolas mediante las técnicas de fertirrigación y aplicación foliar a un precio competitivo.

Dado el objetivo principal, se derivan los objetivos específicos, los cuales son:

- Seleccionar de manera eficaz los equipos y componentes necesarios para el desarrollo del proceso de producción.
- Realizar el diseño completo de un Molino de Pines para que pueda ser utilizada en la pulverización de mezclas de fertilizantes, con una capacidad de 2Ton/h.

1.3. Importancia de la Nutrición en las Plantas.

De los factores que regulan el desarrollo y crecimiento de las plantas es quizás, la nutrición de las mismas, el más importante.

La Figura 1.1 muestra de manera esquemática el sistema de nutrición para cualquier planta en general.

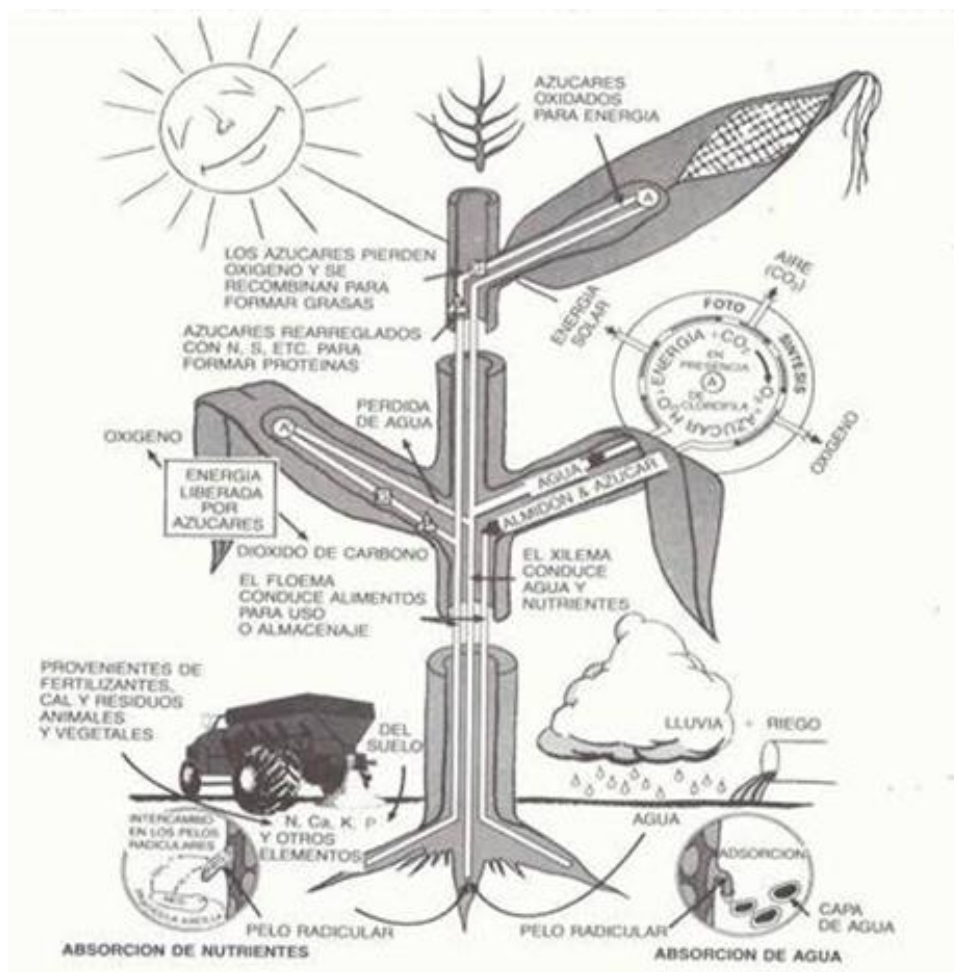


FIGURA 1.1 ESQUEMA GENERAL DE NUTRICIÓN DE UNA PLANTA

Tipos de Nutrientes.

Existen 16 nutrientes que resultan imprescindibles para la vida de las plantas. Se denominan nutrientes esenciales. Estos se clasifican en dos tipos:

Nutrientes no Minerales.- Dentro de este grupo están: el oxígeno (O), el hidrógeno (H), y el carbono (C). Estos elementos se

encuentran en el aire y en el agua. Las plantas consiguen estos nutrientes a través del proceso de la fotosíntesis.

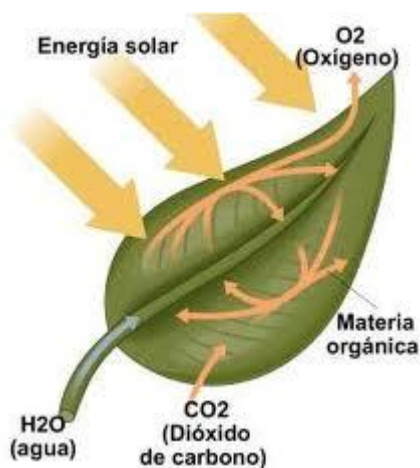


FIGURA 1.2 PROCESO DE LA FOTOSÍNTESIS

Nutrientes Minerales.- Son elementos químicos que provienen del suelo y se clasifican en dos grupos: Los Macronutrientes y Micronutrientes, denominados así porque son aquellos que deben ser absorbidos por las plantas en grandes y pequeñas cantidades respectivamente.

La tabla 1 presenta la clasificación de los nutrientes minerales que serán objeto de este estudio por ser los elementos que integran la materia prima que se utilizará para la producción de fertilizantes inorgánicos. ⁽¹⁾

TABLA 1
CLASIFICACIÓN DE LOS NUTRIENTES MINERALES

Nutrientes Minerales			
Clasificación	Nombre y Símbolo	Forma Absorbida	
Macronutrientes	Primarios	Nitrógeno (N)	NH_4^+ , NO_3^-
		Fosforo (P)	H_2PO_4^- , HPO_4^-
		Potasio (K)	K^+
	Secundarios	Calcio (Ca)	Ca^{++}
		Magnesio (Mg)	Mg^{++}
		Azufre (S)	SO_4^- , SO_2
Micronutrientes	Hierro (Fe)	Fe^{++} , Fe^{+++}	
	Manganeso (Mn)	Mn^{++}	
	Boro (B)	H_3BO_3	
	Zinc (Zn)	Zn^{++}	
	Cobre (Cu)	Cu^{++}	
	Molibdeno (Mo)	MoO_4^-	
	Cloro (Cl)	Cl^-	

El nitrógeno es importante en;

- Formación de clorofila.
- Producción fotosintética de carbohidratos.
- Síntesis de proteínas.

El fósforo es importante en;

- Transferencia de energía dentro del tejido celular.
- Composición de cromosomas, DNA, RNA.
- Desarrollo radicular.

El potasio es importante en;

- Síntesis de proteínas, carbohidratos, clorofila.

- Traslocación y almacenamiento de carbohidratos.

El calcio es importante en;

- La formación de pectatos de calcio que actúan en el proceso de absorción de nutrientes.

- Forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos, regulando la presión osmótica de las células.

El magnesio es importante en;

- Forma parte de la molécula de clorofila, la cual produce la síntesis de carbohidratos.

- Es un activador enzimático.

Cuando un suelo no proporciona alguno de estos nutrientes en la cantidad suficiente que la requerida por las plantas, es necesario aplicarlo a través de un fertilizante que contenga dicho nutriente y que no permita la disminución del rendimiento y/o calidad de las cosechas.

Una vez explicados los papeles de los principales nutrientes (N-P-K) se debe conocer que los fertilizantes compuestos son la mezcla física de 2 o más fertilizantes simples en diferentes proporciones que generan una combinación específica de concentraciones de nutrientes de acuerdo a la necesidad específica de un suelo.

La nomenclatura numérica empleada para identificar un fertilizante compuesto muestra, en un orden secuencial N – P – K – S – Mg, la concentración porcentual de cada uno de estos elementos.

Para graficar esta nomenclatura se muestra un ejemplo en la Figura 1.3 a continuación:

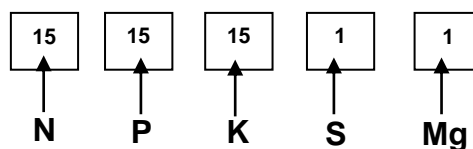


FIGURA 1.3 NOMENCLATURA DE LOS FERTILIZANTE COMPUESTOS

1.4. Propiedades Del Fertilizante.

En esta sección se explica de manera sencilla y figurativa el papel que desempeñan los fertilizantes, producto de negocio principal de la empresa, en el desarrollo agrícola y los factores que intervienen para su aplicación.

1.4.1. Funcionalidad y Características.

Mientras que las plantas crecen, absorben y agotan los nutrientes del suelo. Los fertilizantes nutren el suelo mediante la devolución de los nutrientes minerales esenciales.

Se trata de un hecho biológico de que las plantas necesitan 1.0 Kg de nitrógeno para producir de 10 a 15 Kg de grano.

En definitiva, gracias a los fertilizantes se alcanzan los siguientes retos:

- Asegurar la productividad y calidad nutricional de los cultivos, ofreciendo una seguridad alimenticia e incrementando el contenido de nutrientes de las cosechas.
- Evitar la necesidad de incrementar la superficie agrícola mundial, ya que sin los fertilizantes habría que destinar millones de hectáreas adicionales a la agricultura.
- Conservar el suelo y evitar su degradación y, en definitiva, mejorar la calidad de vida del agricultor y de su entorno.

- Contribuir a la mayor producción de materia prima para la obtención de energías alternativas.

Características físicas del fertilizante:

- Densidad aparente, higroscopicidad, compactación o “apelmazado”, forma de partículas, dureza de los gránulos y contenido de polvo.
- Tamaño de la partícula: Se refiere al diámetro de los ingredientes después de la molienda. Las partículas grandes y pequeñas no se mezclan adecuadamente, por lo que es preferible tener partículas de tamaños intermedios.
- Forma de la partícula: Está estrechamente relacionada al tamaño, se debe procurar obtener partículas lo más homogéneas posibles.
- Densidad: La densidad es la relación entre el peso de cierto volumen de un cuerpo y el peso de un volumen correspondiente de agua destilada a 4°C, es decir, el peso específico de los ingredientes, las partículas de alta densidad (como minerales) tienden a separarse e irse al

fondo, por lo que el mezclado será deficiente, por lo que es importante conocer la densidad de los ingredientes a utilizar para así obtener un buen mezclado.

- Higroscopicidad: Es la propiedad de los materiales de absorber la humedad del ambiente o desprender la que contienen según las características prevalecientes en el lugar en el que se encuentren. Un ingrediente altamente higroscópico puede absorber suficiente humedad del ambiente y producir aglutinaciones indeseables.

- Adhesividad y carga estática: Se refiere a la capacidad que tienen ciertos ingredientes de permanecer unidos a otros materiales, tal es el caso de algunos medicamentos que permanecen pegados a las paredes de la mezcladora.

Sin embargo la eficiencia de un fertilizante depende de las características del suelo, del manejo del cultivo y de las condiciones climáticas, es por ello que la selección, momento y forma de aplicación adecuados ayudará a mejorar la eficiencia agronómica y lograr una eficaz recuperación de la inversión por el fertilizante.

1.4.2. Técnicas de Aplicación del Fertilizante.

Se ha considerado tradicionalmente que la forma de nutrición para las plantas es a través del suelo, de donde las raíces absorberán el agua y los nutrientes necesarios. Los fertilizantes en su mayoría se presentan en forma granular por una razón específica, se trata de que el granulo se vaya disolviendo paulatinamente para que la planta lo vaya absorbiendo de acuerdo a sus necesidades y no bruscamente pues esto traería como consecuencia un alto desperdicio del producto y el riesgo de “quemar” las raíces provocando con esto la muerte de la planta. Sin embargo la fertilización radicular no permite proporcionar a las plantas sus reales necesidades nutricionales. La cantidad y la regulación de la absorción dependen de varios factores, tales como la variedad del cultivo, la fecha de siembra, la rotación de cultivos, las condiciones del suelo y del tiempo.

Es por ello que en la actualidad se ha hecho necesario buscar nuevos productos y desarrollar otras técnicas de aplicación a fin de mejorar la productividad. De tal manera que se ha promovido la necesidad de disponer de fertilizantes solubles en agua, tan limpios y purificados como

sea posible para disminuir la posibilidad de obstrucción de los emisores.

Fertirrigación.

Fertirrigación o fertigación, son los términos para describir el proceso por el cual los fertilizantes son aplicados junto con el agua de riego. Este método es un componente de los modernos sistemas de riego a presión como; aspersión, microaspersión, pivote central, goteo, exudación, etc. Con esta técnica, se puede controlar fácilmente la parcialización, la dosis, la concentración y la relación de fertilizante.



FIGURA 1.4 FERTIRRIGACIÓN POR GOTEO

La fertirrigación ofrece ventajas con respecto a los métodos tradicionales:

- La fertirrigación permite altos rendimientos.

- Disminuye la compactación del suelo.
- Utiliza menos energía en las aplicaciones.
- La aplicación de nutrientes y agua es más precisa, localizada y controlada.
- La distribución de nutrientes se realiza conforme a las necesidades de la planta y en la forma química adecuada.
- Proporciona la solución nutritiva adecuada según el estadio de fenológico del cultivo.
- Supone un ahorro de agua, nutrientes y mano de obra.
- Permite un impacto ambiental mínimo.

La tabla 2 muestra la fórmula química, concentración, índice salino e índice de acidez de los principales fertilizantes usados en el fertirriego. ⁽¹⁾

TABLA 2
FÓRMULA QUÍMICA, CONCENTRACIÓN, ÍNDICE SALINO E ÍNDICE DE
ACIDES DE LOS PRINCIPALES FERTILIZANTES USADOS EN EL
FERTIRRIEGO

Fertilizante	Fórmula Química	Nutrimiento %	Índice salino ¹	Índice básico ²	Índice ácido ³
Nitrógeno (N)					
Amonio Anhídrido	NH ₃	82	0,572		148
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	35	2,999		62
Sulfato de Amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄	21	3,253		110
Fosfato Monoamónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	11	2,453		58
Fosfato diamónico	(NH ₄)HPO ₄	18	1,614		70
Solución Nitrogenada		40	1,93		57
Nitrato de Potasio	KNO ₃	13-14	5,336		
Nitrato de Sodio	NaNO ₃	16	6,06	29	
Urea	CO(NH ₂) ₂	45-46	1,618		71
Fósforo P₂O₅					
Superfosfato simple	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	20	0,39	Neutro	
Superfosfato triple (SFT)	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	46	0,21	Neutro	
MAP		48	0,485		
DAP		46	0,637		
Potasio K₂O					
Cloruro de Potasio	KCl	60	1,936	Neutro	
Sulfato de Potasio	K ₂ SO ₄	50	0,853	Neutro	
Sulfato de K y Mg	K ₂ SO ₄ ·2MgSO	22	1,971	Neutro	

¹ Por unidad de nutrimento N, P₂O₅ y K₂O

² El índice básico o alcalino está expresado en función del fertilizante

³ Mezcla de agua con nitrato de amonio y/o urea

Aplicación foliar.

La fertilización foliar consiste en la aplicación de una solución nutritiva al follaje de las plantas, con el fin de complementar la fertilización realizada al suelo, o bien, para corregir deficiencias específicas en el mismo periodo de desarrollo del cultivo. Mediante la aplicación foliar se

superan las limitaciones de la fertilización del suelo tales como la lixiviación, la precipitación de fertilizantes insolubles, el antagonismo entre determinados nutrientes, los suelos heterogéneos que son inadecuados para dosificaciones bajas, y las reacciones de fijación/absorción como en el caso del fósforo y el potasio.



FIGURA 1.5 APLICACIÓN FOLIAR

Es importante comprender que a pesar de que la nutrición foliar ha probado ser la forma más rápida para curar las deficiencias de nutrientes y acelerar la performance de las plantas en determinadas etapas fisiológicas, este método no puede sustituir a la provisión de nutrientes a través de las raíces, dado que la absorción de todos los nutrientes de las

plantas a través de las hojas involucra una cantidad considerable de mano de obra con un alto riesgo de fitotoxicidad.

1.4.3. Granulometría.

El término granulometría se refiere al tamaño de las partículas o gránulos del fertilizante y su proporción en el volumen total del mismo. Este influye en la fijación, solubilidad y eficiencia de fertilizante en el suelo.

Cabe indicar que para las técnicas de fertilización descritas anteriormente se requiere que el producto final presente una granulometría entre 0,1 y 0,15 mm.

La Figura 1.5 muestra ejemplos de fertilizantes granulados. Arriba de izquierda a derecha: fosfato diamónico, salitre potásico, salitre sódico. Abajo de izquierda a derecha: superfosfato triple, urea granulada y mezcla.

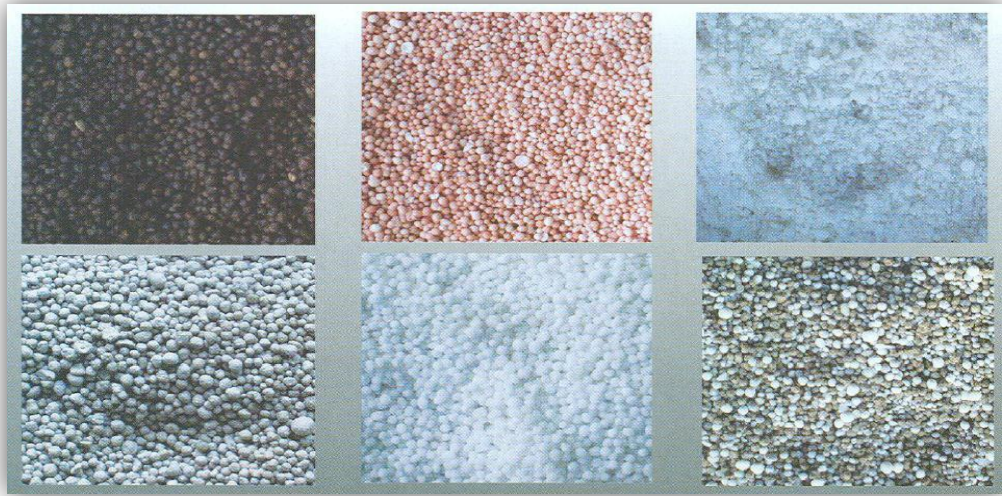


FIGURA 1.6 DIVERSOS FERTILIZANTES GRANULADOS

CAPÍTULO 2

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL FERTILIZANTE PULVERIZADO.

2.1. Requerimientos Generales del Diseño.

Se requiere una línea de producción de mezclas de fertilizantes inorgánicos en polvo con una capacidad de 2 Ton/h. Por ello se describe paso a paso los requerimientos en cada etapa de la línea.

Inicia con la recepción de los principales componentes del fertilizante en grano, los cuales llegan directamente a la zona de descarga y posteriormente son transportados hacia la zona de almacenamiento por medio de un montacargas de esta manera las propiedades de estos componentes se mantienen en perfecto estado para su utilización, mantenido el inventario físico de la planta y un control del stock de los materiales fertilizantes simples,

alcanzando los parámetros logísticos y operativos necesarios, estos materiales granulados son expuestos al proceso de planificación de producción de acuerdo a las diversas formulaciones de fertilizantes con la finalidad de satisfacer a plenitud los requerimientos del agricultor para mantener el estado nutricional del suelo y del vegetal.

Una vez estructurado el plan a aplicar el jefe de planta recibe de las oficinas la información referente a los componentes y a la proporción de dichos materiales fertilizantes que comprenden la fórmula o mezcla a preparar (Batch). Él se encarga de ajustar dicha información para que sea utilizada por los obreros, quienes son los que inician la manipulación de la materia prima en el proceso de elaboración de la mezcla física del fertilizante de esta forma, ellos son capaces de colocar dentro de la tolva las cantidades exactas de cada uno de los distintos componentes, para así iniciar el proceso de producción.

La alimentación de la maquinaria se realizará partiendo con la recepción de los componentes en una tolva pesadora para luego mediante un tornillo sinfín poder transportar la cantidad predeterminada de los materiales, además de realizar la post-

mezcla de los fertilizantes simples; posteriormente el material será alojado dentro de una tolva de recepción para luego dejar caer el material hacia la boca acondicionadora del trompo mezclador, es necesario que la tolva en la parte superior almacene los componentes mientras se realiza la mezcla procurando mantener la continuidad del proceso. Asegurando así una mezcla totalmente homogénea y libre de terrones.

Una vez concluida la mezcla el contenido del trompo mezclador es desalojado y mediante un segundo tornillo sin fin el mismo que transporta el fertilizante compuesto granulado hacia una pequeña tolva, que a su vez direcciona el paso de la mezcla hacia la zona central del molino pulverizador, donde se pulveriza la mezcla por acción de la fuerza centrífuga generada por la rotación del disco rotor, de esta manera el fertilizante es enviado a la periferia de la placa del rotor donde colisiona con los impactadores o pines seleccionados. En esta zona, el material es sometido a múltiples impactos a su paso a través del laberinto de los pines o bloques que se traduce en la reducción del tamaño de la mezcla. La fuerza que es impartida al material es controlada por la velocidad del rotor donde el máximo de energía, se obtiene con una velocidad del

rotor alta, mientras que para un manejo más suave, se selecciona una velocidad de rotación baja.

Finalmente, después de pasar por la zona de impacto, el material será descargado hacia el cono de una tolva para su posterior ensacado. Una vez cosido, cada saco es dirigido hacia las plataformas de los vehículos destinados para el transporte terrestre del fertilizante hasta la unidad de despacho.

Debido a que el fertilizante es un producto químico gran parte de los equipos deberán ser diseñados considerando como material base el acero inoxidable para protegerlos de la corrosión.

2.2. Sistema de Pesaje de Tolvas.

En cualquier industria que requiera dosificación de polvos, granos o piezas, es necesario saber la cantidad exacta que contiene en su interior, el método de precisión más exacto que existe es la determinación del peso mediante una báscula para tolva.

La indicación de una báscula de recipiente no depende de la densidad del producto, indica exactamente la cantidad de materia existente, independientemente de su temperatura o presión. Esto permite, el llenado, vaciado, la dosificación y mezclas de

ingredientes, con el objetivo de realizar formulaciones completas y cuidadas.

2.3. Sistema de Transporte Tornillo Helicoidal.

Estos transportadores están formados por aspas helicoidales (hélice laminada a partir de una barra plana de acero) o seccionales (secciones individuales cortadas y formadas en hélices, a partir de una placa plana), montadas en una tubería o eje que gira. Sus capacidades máximas son de 280 metros cúbicos por hora.

El sinfín es definido en función de las características de trabajo, como pueden ser el caudal, cantidad de sólido a transportar, velocidad de transporte, inclinación del equipo, agresividad del material a transportar, dimensiones del canal, etc.

Ventajas

- Simple y ampliamente disponibles en muchas medidas.
- Bajo costo.
- Disponible para aplicaciones horizontales, verticales, inclinadas, pueden ser fijas o portátiles con ruedas.

- Adaptables a la mayoría de materia granulada y a la alimentación de estos materiales.
- Aplicable como mezclador, medidor de flujo, alimentador de fuerzas o agitador.

Desventajas

- Alto torque requerido cuando el material está húmedo.
- Desgaste medio o pesado.
- Ruidoso sino descansa en rodamiento o no es operado a la capacidad correcta.
- En granos alto daño sino es operado a la capacidad correcta.

2.4. Sistema de Mezclado.

La mezcla tiene por objeto combinar todos los componentes que entran en distinta proporción y con características muy variadas, como densidad, tamaño, etc. para conseguir la distribución uniforme de cada materia prima, es decir homogenizar el producto, esto crea un valor agregado que no existe en los ingredientes de manera individual. Las cantidades de cada componente que se van a mezclar dependen del tipo de fórmula que se esté realizando, la cual previamente se balancea de acuerdo a la composición de las materias primas.

Aunque las mezclas que se realizan en la planta son diferentes tanto en ingredientes como en cantidad, el orden de mezclado es prácticamente el mismo en todos los casos, y es como se muestra a continuación:

Primero se adicionan los componentes sólidos en orden descendente de acuerdo a la cantidad de estos (nitrógeno amoniacal, óxido de fósforo, óxido de potasio, que son los componentes primarios de los fertilizantes). Posteriormente se adicionan los componentes sólidos de menor porcentaje de inclusión (azufre, hierro zinc, y demás micronutrientes), pre-mezclados durante el transporte del tornillo sin fin.

2.4.1. Mecanismos de Mezclado. ⁽²⁾

Convección: Transferencia de grupos de partículas grandes del material en forma de oleadas de un lugar a otro distante en el lecho del mezclado.

Fallas: Deslizamiento de planos entre diferentes regiones del lecho del mezclado. Esto puede ocurrir individualmente en las masas, o en forma de flujo laminar.

Difusión: Movimiento de partículas individuales sobre la superficie del lecho; esto hace que se cambie la posición relativa de la partícula respecto al lecho.

En la mayoría de los mezcladores el mezclado ocurre por la combinación de los tres mecanismos anteriores. Sin embargo, puede decirse que en los mezcladores móviles priman los mecanismos de fallas y difusión, mientras que en los fijos el mezclado ocurre principalmente por el mecanismo de convección.

2.4.2. Tipos de Máquinas Mezcladoras de Sólidos. ⁽²⁾

Un buen mezclador es aquel que mezcle todo el lote del producto en forma suave, además de ser fácil de limpiar, descargar, tener poca fricción, buena hermeticidad, alta movilidad, fácil mantenimiento y bajo consumo de energía.

2.4.3. Mezcladores Móviles. ⁽²⁾

Se basan en el mecanismo de volcamiento del material causado por la rotación del recipiente y fuerza de la gravedad. Para un buen mezclado en estos equipos, los polvos deben ser de dimensiones similares y de flujo fácil,

nunca se deben llenar con más del 80% de su capacidad nominal.

Según su forma los mezcladores se clasifican en:

Cilíndricos o de tambor: Consiste de una carcasa cilíndrica que se puede rotar a lo largo de su eje para producir flujo cruzado del material.



FIGURA 2.1 MEZCLADOR DE TAMBOR

Cónico: El principio de caída y rebote del material es igual al del mezclador de tambor.



FIGURA 2.2 MEZCLADOR CÓNICO

De doble cono: Durante la rotación el polvo se entremezcla entre cada uno de los extremos del equipo. Sus ventajas son que se puede cargar y descargar por ambos lados, además de ser de fácil limpieza, tener tiempos de mezclado cortos y de producir un buen flujo cruzado.

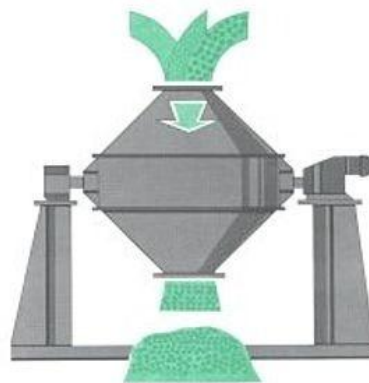


FIGURA 2.3 MEZCLADOR DE DOBLE CONO

En V o de Calzoncillo: Consiste de dos cilindros unidos en sus extremos con una angulación que oscila entre 45 y 90°. El principal mecanismo de mezclado que produce es por convención. Como estos equipos son herméticos, pueden producir vacío y secado además de no contaminar ni de empolvar. Este equipo es el más preciso de los mezcladores de carcasa móvil.



FIGURA 2.4 MEZCLADOR EN V

2.4.4. Mezcladores de Carcasa Estacionaria. ⁽²⁾

Son equipos donde la carcasa permanece estática, en cuyo interior poseen una serie de elementos que ejecutan el mezclado como aire a chorro, cuchillas, tornillos o paletas; algunos de éstos producen un flujo en forma de vortex o turbulento.

De Cintas: Consiste de un tambor horizontal con un eje axial de soporte y un agitador de cintas. La rotación alrededor del eje de una sola cinta produce un movimiento radial alrededor de la parte interna del mezclador, al mismo tiempo otra cinta curvada produce un movimiento axial alrededor de la parte interna del mezclador.



FIGURA 2.5 MEZCLADOR DE CINTAS

De Tornillo vertical: Consiste de una carcasa cónica con un tornillo sin fin interno que transporta el material hacia arriba y luego el movimiento de cascada y gravitacional lo regresa hasta el fondo.

Las principales ventajas de las mezcladoras verticales son su relativamente bajo costo y su menor requerimiento de espacio. Las desventajas incluyen un mayor tiempo de mezclado, capacidad limitada de inclusión de ingredientes líquidos y mayores requerimientos de limpieza.

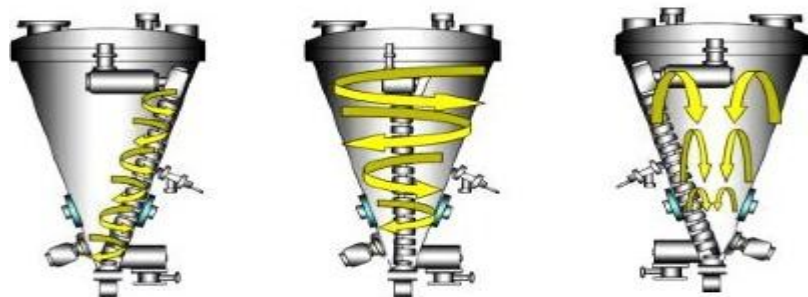


FIGURA 2.6 MEZCLADOR DE TORNILLO VERTICAL

De Paletas: Consiste de un recipiente cilíndrico vertical donde el material se mezcla por acción de palas o paletas unidas a un eje rotatorio central. El flujo de los polvos se produce en tres dimensiones ocurriendo un movimiento radial y axial simultáneo.



FIGURA 2.7 MEZCLADOR DE PALETAS

De Palas planetario: Posee un eje vertical con paletas que rotan en una configuración planetaria proporcionando una doble acción mezcladora.

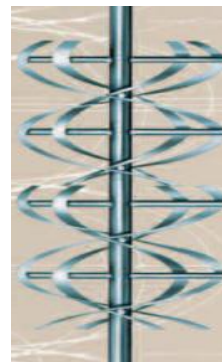


FIGURA 2.8 MEZCLADOR DE PALAS PLANETARIO

Sigma: Consiste de un cilindro vertical donde el mezclado ocurre por unas cuchillas pequeñas propulsoras localizadas en su fondo. Es muy eficiente en romper los aglomerados pero su gran desventaja es que produce calentamiento del material por lo tanto consume mucha energía.



FIGURA 2.9 MEZCLADOR SIGMA

Barra z: Consiste de un recipiente cilíndrico horizontal con dos ejes paralelos (cuchillas espirales) que rotan en direcciones opuestas y que producen un movimiento tangencial de choque. Se aplica en el mezclado de masas pegajosas, duras y densas.



FIGURA 2.10 MEZCLADOR BARRA Z

2.4.5. Influencia de los Ingredientes en el Mezclado.

La operación de una mezcladora depende tanto del tipo o diseño de la mezcladora como de las propiedades físicas de los ingredientes.

Durante el proceso de mezclado las propiedades físicas de los ingredientes que influyen en el funcionamiento de la mezcladora son: tamaño de la partícula, forma de la partícula, peso específico o densidad, higroscopicidad, susceptibilidad a la carga electrostática, adhesividad.

Si todas las propiedades físicas son relativamente iguales, la mezcla es relativamente simple, pero conforme los

parámetros físicos empiezan a variar más ampliamente, los problemas de mezcla y segregación se complican.

Los factores que pueden afectar la calidad homogeneidad de la mezcla son: llenado excesivo de la mezcladora, tiempo de mezclado, la velocidad o RPM que gira el tornillo mezclador, secuencia de adición de los ingredientes, desgaste del tornillo mezclador, compuertas que no cierran bien permitiendo el escape de los ingredientes.

La segregación puede ocurrir durante el mezclado si existe mucha diferencia en el tamaño de las partículas de los ingredientes en la mezcla. También cuando el mezclado está por encima del tiempo óptimo determinado para la mezcladora. Esto sucede con frecuencia cuando los operadores, con el objetivo de mejorar la calidad, extienden el tiempo de mezclado.

2.4.6. Alternativas del Sistema de Mezclado.

Se enfocan los aspectos más importantes a considerar para la posterior selección del sistema de mezclado, se realiza la

comparación entre el mezclador vertical de tornillo de cono y el mezclador horizontal de cintas:

Espacio disponible en la planta. Si el espacio en la planta es limitado, la mejor opción es escoger un mezclador vertical.

Descarga completa. El mezclador vertical del tornillo de cono le da virtualmente 100% descarga a través del cono inferior.

Presupuesto para la energía. El mezclador de cinta consume dentro 25% hasta 30% más energía, sobre ciclos de mezcla largas.

Riesgo de contaminación. El mezclador de cinta plantea siempre una mayor amenaza de contaminación.

Producto sensible al calor. La acción de mezcla de una cinta puede generar más calor a comparación del mezclador de tornillo.

Capacidad de producción requerida. Si se necesita flexibilidad el mezclador de cono puede funcionar eficientemente con jornadas tan pequeñas de hasta 10% de su capacidad. El mezclador de la cinta generalmente requiere un mínimo de 40-50% de capacidad plena.

Rapidez. Los mezcladores del tornillo del cono son generalmente 30% más rápido que los mezcladores de la cinta con aplicaciones similares.

Exactitud de la mezcla. El mezclador de la cinta y mezclador del tornillo del cono, igualmente producen un producto bien mezclado.

Limpieza. No hay duda que el mezclador del tornillo de cono es más fácil de limpiar.

2.4.7. Criterios de Selección del Mezclador. ⁽²⁾

La selección de la alternativa más idónea para la selección del mezclador se realiza en base a los criterios que se presentan a continuación en orden de importancia:

1. Costo
2. Seguridad en el uso
3. Facilidad de uso
4. Tamaño
5. Mantenibilidad
6. Rendimiento
7. Facilidad de carga / descarga
8. Facilidad de acople
9. Facilidad de fabricación
10. Vida útil

Selección de Alternativas.

Para la selección de las alternativas, primero se realiza una tabla a través del método de la matriz combinex, este consiste en numerar los parámetros en orden de importancia, es posible que varios parámetros tengan la misma importancia. Una vez realizado este procedimiento se ubican en la tabla como una matriz cuadrada, entonces se van calificando las posibilidades. Cuando los parámetros coinciden, no tienen calificación, cuando tienen el mismo grado de importancia, se califica con 0.5 puntos, y por último cuando es más importante el parámetro de la primera

TABLA 4
MATRIZ DE DECISIÓN PARA EL SISTEMA DE MEZCLADO ⁽²⁾

Factor	Factor de ponderación	Mezcladora horizontal de cintas	Mezclador de tornillo vertical
Costo	0,18	4	8
Seguridad	0,18	7	7
Facilidad de uso	0,18	8	8
Tamaño	0,11	4	8
Mantenibilidad	0,11	5	7
Rendimiento	0,11	8	6
Facilidad de carga/descarga	0,06	8	7
Facilidad de acople	0,06	7	8
Facilidad de fabricación	0,02	5	7
Vida útil	0	8	8
		6,21	7,41

2.5. Molienda.

La operación de molienda consiste esencialmente en la transformación física de la materia sin alterar su naturaleza. La reducción se lleva a cabo dividiendo o fraccionando la muestra por medios mecánicos hasta el tamaño deseado. Los molinos son aparatos que reducen el tamaño de los trozos de material con elementos móviles del interior del mismo. De entre los diversos tipos de molinos que existen para llevar a cabo tal acción, la elección se fundamenta en la naturaleza o el estado físico (dureza, granulometría y humedad) del producto a tratar y del grado de

finura que se quiera obtener, así como en base a la producción que se desee.

2.5.1. Diferencias entre Técnicas de Reducción de Partículas.

Las técnicas de reducción de tamaño son:

- **Compresión:** es utilizada para la reducción gruesa de sólidos duros, genera productos gruesos, medios o finos.
- **Corte:** se utiliza cuando se requiere un tamaño definido de partículas.
- **Frotación o rozamiento:** genera productos finos a partir de materiales blandos no abrasivos.
- **Impacto:** Esta técnica consiste en el choque de las partículas para la disminución de su tamaño.

Los molinos que se utilizan habitualmente en la industria agrícola son los pulverizadores por impacto. Estos pulverizadores se emplean para la molienda de materias quebradizas, poco resistentes a golpes, como son los fertilizantes. La granulometría mediana que se puede obtener para el material de salida es bastante fina, hasta 40 micras; sin embargo, la producción que permiten los pulverizadores es relativamente pequeña, yendo de 100

Kg/h a un máximo de 5 Ton/h. Estos molinos están indicados para las necesidades de obtención de finuras muy elevadas pero con producciones relativamente pequeñas.

2.5.2. Molino Pulverizador de Pines.

El molino pulverizador de pines está constituido por una cámara de trituración. Esta cámara está atravesada por un eje que gira a gran velocidad y sobre el cual van fijados unos discos especiales que contienen los pines, basa su principio de operación en la molienda por impacto en la que el material se ve sometido a secuenciales colisiones debido a las altas fuerzas centrífugas y recorridos muy estrechos entre los discos de pines dentro de la cámara. Estos pines son posicionados en filas de tal manera que forman círculos concéntricos. El disco rotor de pines es enlazado con el disco estator. La mezcla granulada es previamente dosificada por un tornillo sinfín y direccionada por la tolva de recepción hacia la parte central del estator, y luego es guiada por una platina deflectora hacia la zona de rotación. Al alcanzar la periferia el producto es seleccionado por un tamiz que determina el tamaño relativo de las partículas. El

producto en proceso es llevado por el flujo de aire generado hacia la boca de descargue directo.

El logro de la deseada estrecha distribución de tamaño de partícula se obtiene mediante el control de la velocidad del rotor. La variación de la velocidad del rotor entre unos pocos cientos de RPM hasta 5400 RPM proporciona la flexibilidad para utilizar la máquina como una molienda gruesa o unidad de aglomerantes, así como un molino de molienda fina o pulverizador.

Lo que comprende el cuerpo, se fabrica en acero al carbón terminado en pintura epóxica sanitaria, en acero inoxidable tipo 304 o en aluminio según la necesidad. La base es hecha en acero al carbón y termina en pintura electroestática. Los pines son fabricados de acero inoxidable tipo 304 sometido a temple y revenido para elevar su propiedad de dureza. El disco rotor y estator es de acero inoxidable al igual que el tamiz.

Debido a las variantes e intercambiabilidad de sus piezas interiores: disco rotor, disco estator, pines, tamiz tiene alta

adaptabilidad a la producción y sus aplicaciones, desde materiales granulares hasta partículas súper finas además de evitar contaminaciones. La cubierta de la cámara de los discos de pines se articula lo que significa que todos los componentes en contacto con el material abrasivo se pueden acceder fácilmente y limpiarse para el mantenimiento o las reparaciones necesarias.



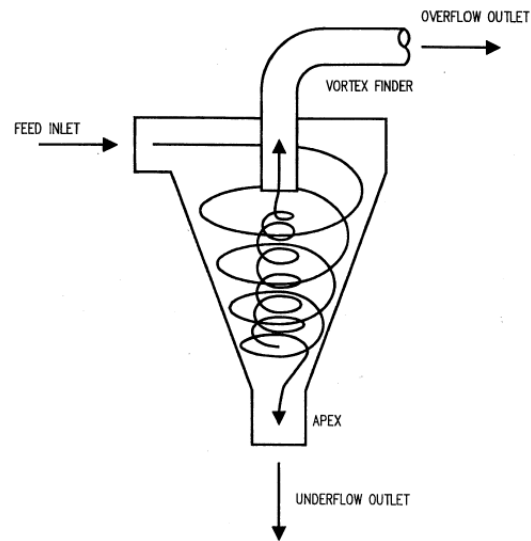
FIGURA 2.11 MOLINO DE PINES

2.6. Sistema de Desempolvado.

2.6.1. Ciclón

El ciclón es básicamente un equipo que remueve el material particulado de una corriente gaseosa basándose en el principio de impactación inercial.

Su función es separar polvo y otras partículas a través de fuerza centrífuga y por gravedad. El aire cargado de polvo entra tangencialmente por la parte superior cilíndrica y dirige las partículas a las paredes exteriores del ciclón. La corriente de aire sigue una trayectoria en espiral que primero se dirige hacia el fondo del tronco de cono, ascendiendo después por el centro del mismo. El aire, una vez depurado, abandona el ciclón por la parte superior. Las partículas separadas se descargan por el fondo del ciclón.



**FIGURA 2.12 MECANISMOS DE COLECCIÓN DE
PARTÍCULAS EN UN CICLÓN**

Teóricamente el aumento de la velocidad de entrada al ciclón implica un aumento de la fuerza centrífuga y por lo tanto un aumento de la eficiencia (curva 1), por el contrario cuando se disminuye el flujo también disminuye la eficiencia (curva 2). Sin embargo velocidades de entrada muy altas generan la resuspensión de material particulado de las paredes internas del ciclón, lo cual disminuye la eficiencia del ciclón; adicionalmente aumentar la velocidad de entrada implica mayor consumo de energía.



FIGURA 2.13 EFICIENCIA DE UN CICLÓN

Las principales familias de ciclones de entrada tangencial son:

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

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. Tienen mayores caídas de presión, lo cual requiere de mayores costos de

energía para mover el gas sucio a través del ciclón. Por lo general, el diseño del ciclón está determinado por una limitación especificada de caída de presión, en lugar de cumplir con alguna eficiencia de control especificada.

Ciclones de alta capacidad: De acuerdo con Vatauvuk (1990), Los ciclones de alta capacidad están garantizados solamente para remover partículas mayores de 20 μ m, aunque en cierto grado ocurra la colección de partículas más pequeñas.

2.6.2. Filtro de Mangas.

Los filtros de mangas son considerados como los equipos más representativos de la separación sólido-gas mediante un medio poroso. Son estructuras metálicas cerradas en cuyo interior se disponen elementos filtrantes textiles en posición vertical (mangas). Se montan sobre una cámara que acaba en su parte inferior en una tolva de recogida de partículas. El aire cargado de sólidos es forzado a pasar a través del textil, sobre el que se forma una capa de polvo. La retención de partículas por los filtros se debe a la participación de diferentes mecanismos:

- a) Tamizado o intercepción directa, que consiste en la retención de las partículas que tienen un tamaño superior al de los poros del medio filtrante;
- b) Inercia o impacto inercial provocado por los cambios de dirección del fluido;
- c) La intercepción difusional que se manifiesta con partículas pequeñas por el movimiento browniano.
- d) El efecto de las fuerzas electrostáticas entre partículas de polvo y el filtro.
- e) El proceso de filtración continúa hasta que la caída de presión se hace tan importante que requiere la limpieza del sistema.

Tipos de Filtros de Mangas por su Mecanismo de Limpieza.

Existen tres tipos de filtros de mangas: de sacudido, aire reverso y pulse jet.

Filtros de mangas de sacudido: Este tipo de filtros colectan el polvo en el interior. La estructura generalmente tiene dos o más compartimientos para permitir que uno de ellos pueda desconectarse para su limpieza. Las mangas filtrantes cuelgan de forma vertical en filas con la parte superior

cerrada, permitiendo así que se conecten al mecanismo de sacudido a lo ancho del colector. La parte inferior de las mangas está abierta y se conecta a la placa portamangas.

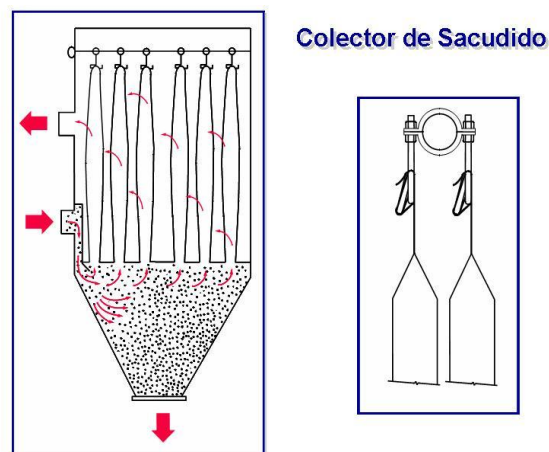


FIGURA 2.14 FILTRO DE MANGAS DE SACUDIDO

Filtros de mangas de aire reverso: En un sistema de aire reverso, el gas cargado de polvo entra a través de la parte inferior del filtro y es dirigido hacia las mangas filtrantes por medio de deflectores. Las partículas se recogen en el interior de las mangas que cuelgan verticalmente, mientras que el aire limpio se encuentra en el exterior de las mangas.

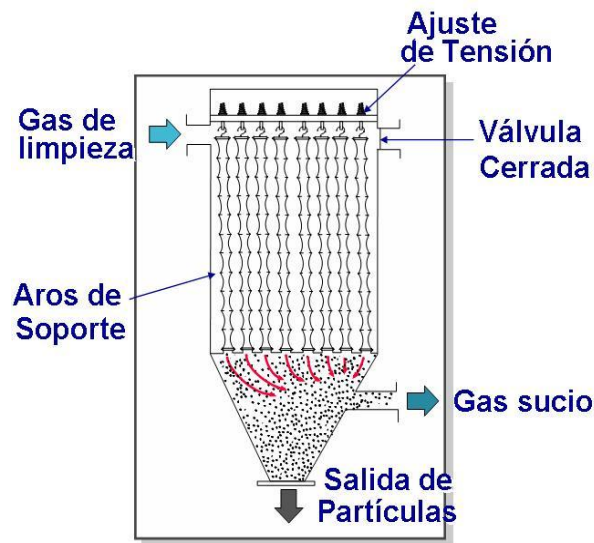


FIGURA 2.15 FILTRO DE MANGAS DE AIRE REVERSO

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.

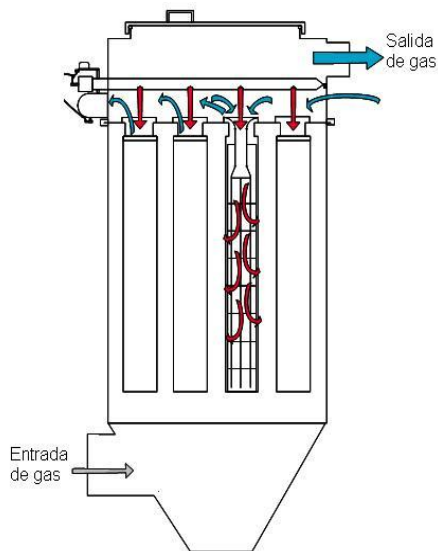


FIGURA 2.16 FILTRO DE MANGAS TIPO PULSE JET

Relación aire-tela.

La relación aire tela es una simple relación matemática utilizada para medir la cantidad de tela filtrante disponible para filtrar un volumen de aire dado a un caudal dado.

Existen relaciones aire-tela estándares basadas en el mecanismo de limpieza, utilizándolas para determinar los límites operacionales de un filtro de mangas, para el filtro de sacudido la relación es $0.75 - 0.90 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ (2.5 - 3.0:1); para el de aire reverso es $0,60 - 0,75 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ (2.0 - 2.5:1) y para el pulse jet es $1.50 - 1.80 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ (5.0 – 6.0:1).

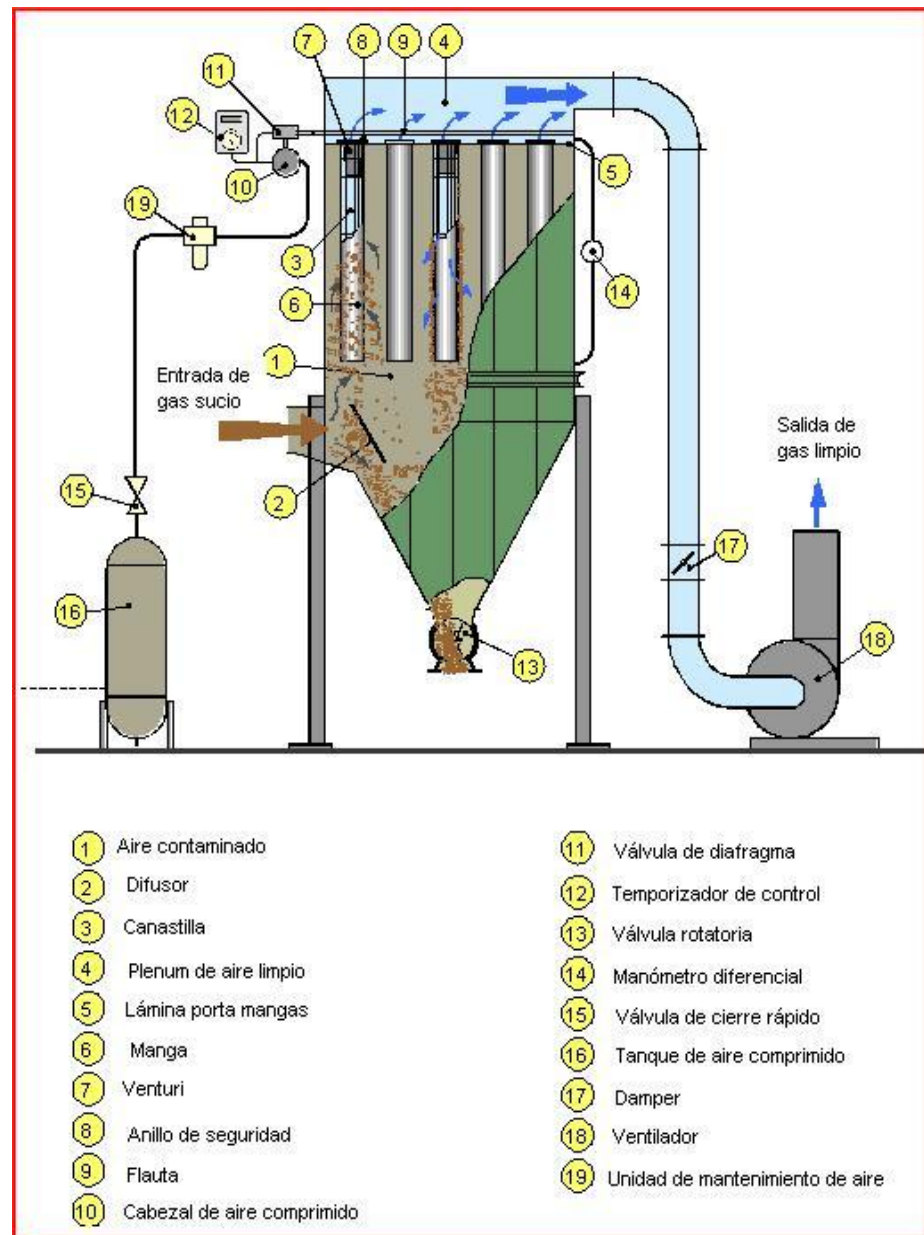


FIGURA 2.17 ELEMENTOS MECÁNICOS EN UN COLECTOR DE POLVO PULSE JET

Es fundamental hacer una evaluación de los elementos principales localizados antes y después del filtro de mangas.

Campana de Captura.

Las campanas de captura están diseñadas para transportar el polvo generado hacia el filtro dentro de un sistema.

El diseño de la campana de captura en los puntos de succión deberá otorgar el tiro suficiente para levantar las partículas que están en combinación con el aire ambiente pero sin capturar el material que forma parte del flujo principal.

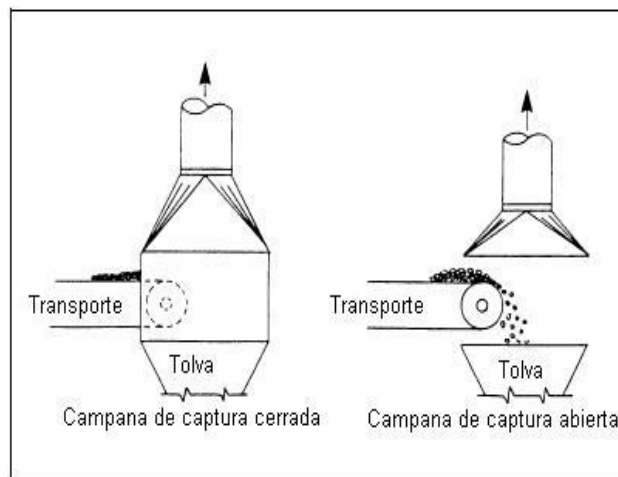


FIGURA 2.18 TIPOS DE CAMPANAS DE CAPTURA

Es posible optimizar las campanas de captura considerando los siguientes puntos:

- La campana debe ser ubicada lo más cercano posible a la fuente de contaminación.
- La entrada de la campana debe estar ubicada de tal manera que haga que al menos, el patrón de movimiento del fluido se desvíe hacia ella.
- El ancho de la campana debe ser mayor que el de la fuente de contaminación.
- Se pueden colocar aletas dentro de la campana para llevar el flujo hacia el ducto con menores pérdidas.

Para el diseño de la campana de captura, hay que considerar que a la salida de ésta y entrada al ducto, la velocidad de transporte de las partículas deberá llegar a 18 m/s como mínimo, siendo ésta la velocidad promedio para polvos industriales provenientes moliendas y manejo general de materiales.

TABLA 5
RANGO DE VELOCIDADES DE CAPTURA ⁽³⁾

CONDICIÓN 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	Carga/descarga de transportadores, trituradoras	1.0 a 2.5
Alta velocidad dentro de la zona	Molienda, sandblasting	2.5 a 10

Ductos.

El ducto en un sistema de extracción localizada es el lugar por donde se traslada el aire contaminado desde la campana, que se encuentra junto al foco contaminante, al punto en que se ha ubicado el separador y la descarga. Cuando ese aire pasa por cualquier ducto debe vencerse la resistencia originada por la fricción y, por lo tanto, hay que gastar energía. La magnitud de esta pérdida por fricción tiene que ser calculada antes que el sistema está instalado, con el objeto de elegir el ventilador más adecuado.

El diseño de ductos se fundamenta en la mecánica de fluidos y sus principios. Donde $\rho_{\text{aire}}=1.20 \text{ Kg/m}^3$ a 20°C y 1 atm de presión; y la viscosidad cinemática tiene un valor de $\mu =16 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Una adecuada velocidad del gas dentro del ducto permitirá que el polvo sea transportado junto con él. Básicamente, en cualquier punto del ducto, la velocidad debe estar entre 18 m/s y 20 m/s, porque si la velocidad es menor se encontraría material segregado a lo largo del ducto; en cambio, con una velocidad muy alta, resultaría en abrasión en el ducto.

Ventilador.

El ventilador es el corazón del sistema. Controla el flujo de gas en el punto de generación de la contaminación y en el resto del sistema y sus componentes. Proveen la energía necesaria para que el flujo logre vencer la resistencia (o caída de presión) a través del ducto y colector. Existen 2 tipos de ventiladores: axiales y centrífugos. En sistemas de control de la contaminación, los ventiladores centrífugos son los mayormente utilizados.

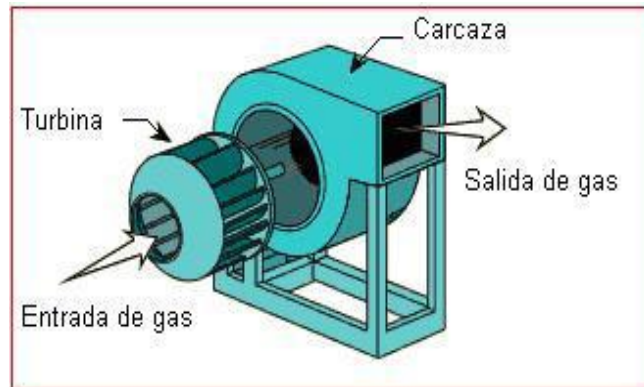
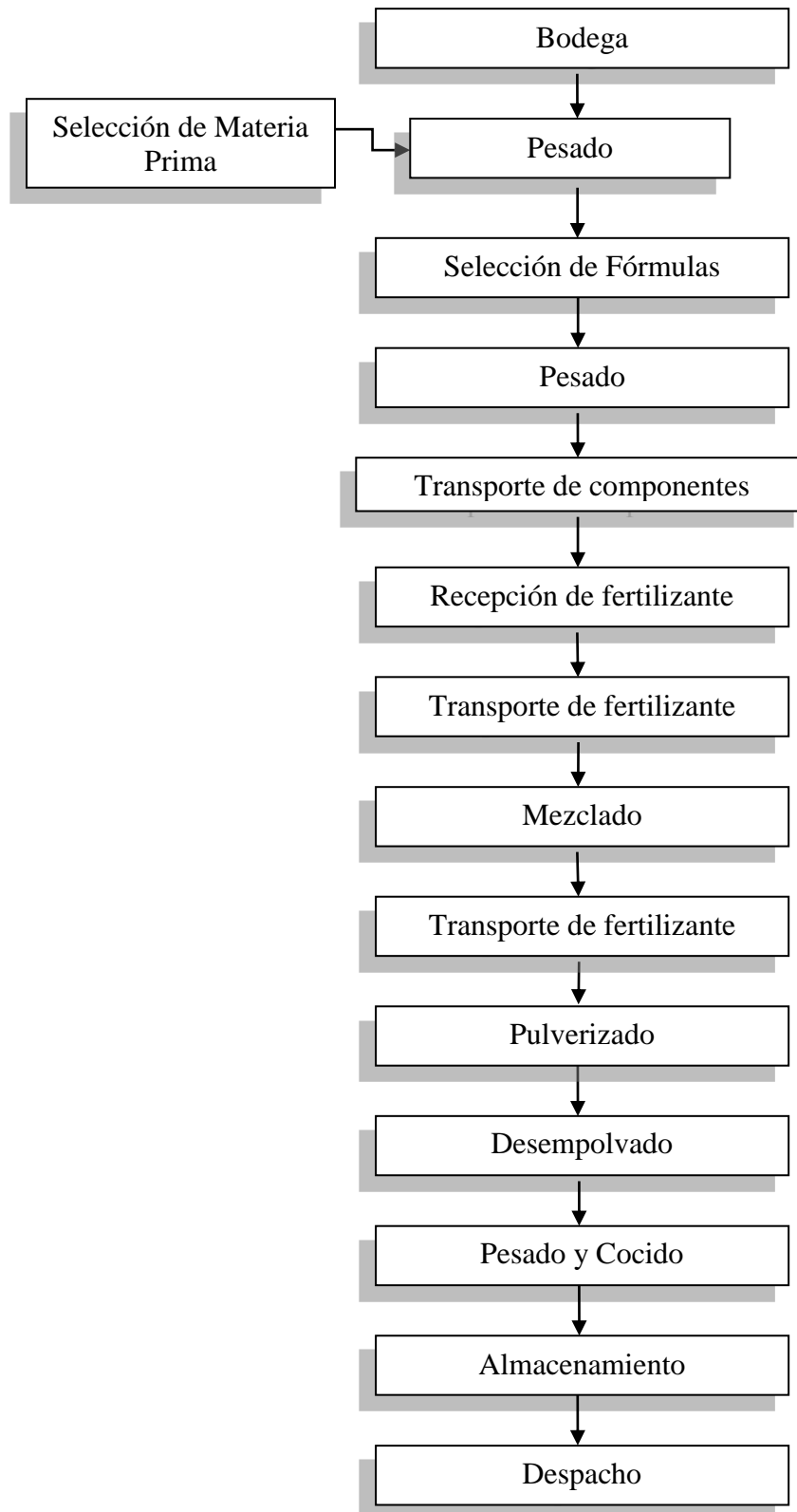
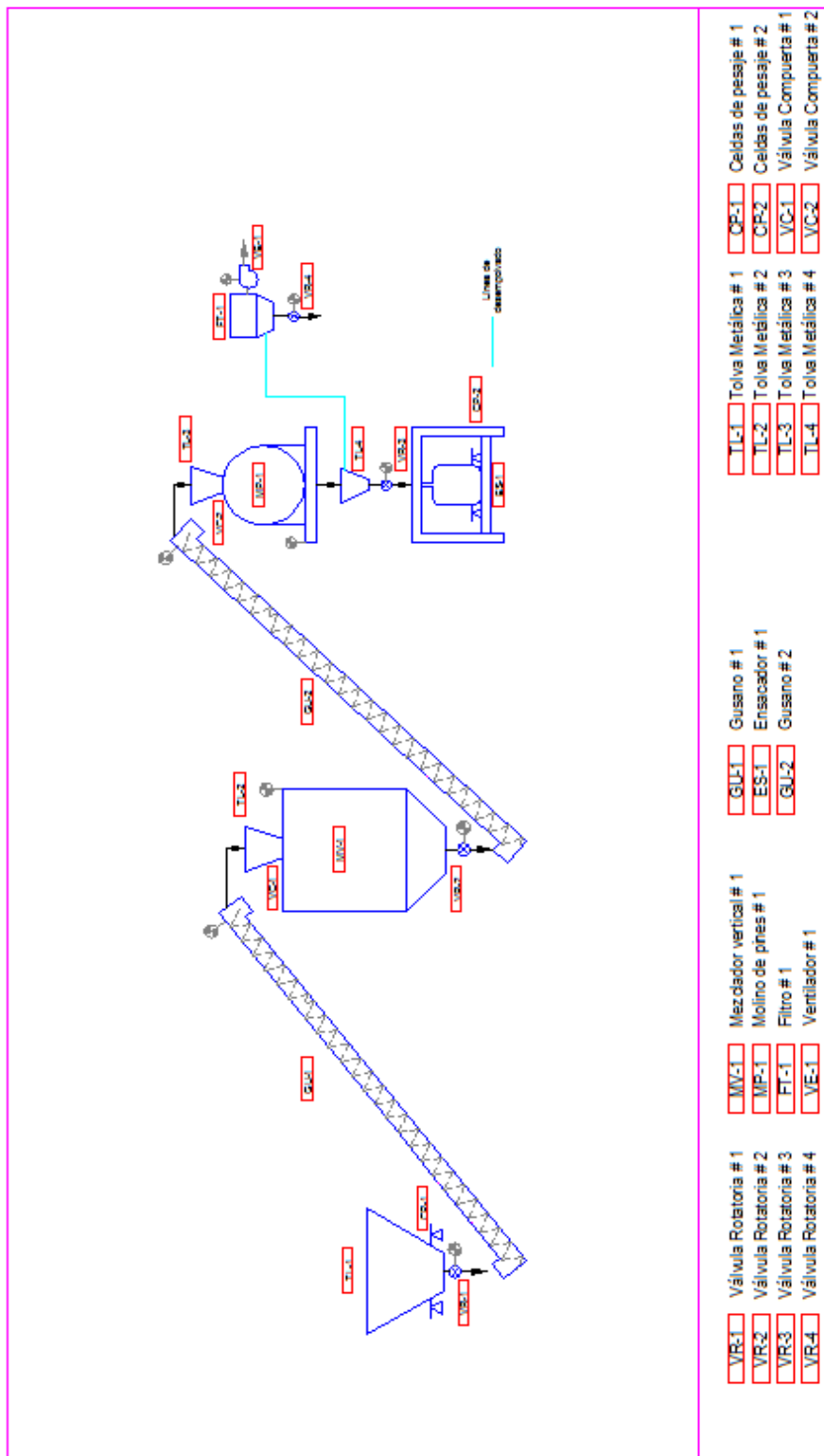


FIGURA 2.19 VENTILADOR CENTRÍFUGO

2.7. Esquema del Proceso.



2.8. Diagrama de Equipos.



CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

3.1. Dimensionamiento de las Tolvas de Recepción.

Se detalla el diseño de tres tolvas principales en la línea. La primera tiene por función recibir fertilizante al granel vertido directamente de los sacos por los operadores para luego ser transportado por un tornillo sin fin hacia la segunda tolva, la cual por estar dotada de un sistema de balanzas (celdas de pesaje) y un sensor de nivel es capaz de registrar el peso del material vertido y con esto dosificar las cantidades precisas de los distintos componentes, cuando esta capacidad es alcanzada se abre la válvula de compuerta para descargar instantáneamente a la mezcladora; de esta manera garantiza que el producto final cumple con las proporciones exactas que constituyen las diversas fórmulas

de los fertilizantes. La tercera tolva es la de almacenamiento del fertilizante en polvo, una vez que este ha sido pulverizado en el Molino de Pines el producto final es descargado hacia esta tolva para su posterior ensacado y cocido.

Se debe tener especial cuidado en proteger a las tolvas de la acumulación de fertilizantes en su interior, es por ello que se recomienda una alimentación continua durante intervalos de tiempo ya que la humedad provocaría que los fertilizantes se apelmacen y no desciendan al tornillo sin fin, a la mezcladora o a la ensacadora, además que disminuirá la capacidad real de la tolva.

La geometría de la tolva dependerá del sistema adoptado para recoger los granos. En efecto, en el primer caso que es recogida mediante un tornillo transportador, la forma de la tolva puede ser una pirámide regular invertida (de base cuadrada o rectangular). Mientras que para las dos siguientes se decidió que tengan forma de cono truncado para su fácil descarga.

Para que los granos fluyan bien, es importante establecer las dimensiones exactas de la tolva: longitud y ancho de la base, profundidad y ángulo de reposo del fertilizante, el cual deberá ser

tomado en cuenta para evitar que la carga se adhiera a las paredes de la tolva.

TABLA 6
ÁNGULOS TÍPICOS DE REPOSO DE VARIOS FERTILIZANTES
COMUNES ⁽¹⁾

FERTILIZANTE		
TIPO	GRADO	ÁNGULO DE REPOSO (GRADOS)
Urea Granular	46-0-0	34-38
Sulfato de Amonio Granular	21-0-0	36-38
Sulfato de Amonio Cristalino	21-0-0	29-36
Nitrato de Amonio	34-0-0	29-38
Fosfato Diamónico Granular	18-46-0	27-37
Fosfato Monoamónico	11-55-0	28-37
Superfosfato Triple Granular	10-50-0	30-34
Cloruro de Potasio Granular	0-46-0	28-35
Cloruro de Potasio Estándar	0-60-0	31-35
Sulfato de Potasio Granular	0-0-50	28-35

TABLA 7
RELACIÓN ENTRE EL ÁNGULO DE REPOSO Y LA FLUIDEZ

Ángulo de reposo	Fluidez
< 25	Excelente
26 – 30	Buena
31 – 40	Regular
> 40	Pobre

Debido a que el producto a almacenar por su composición química es medianamente corrosivo se decide utilizar como material al acero inoxidable AISI 304 a pesar de su costo elevado tiene una buena resistencia y protección contra la corrosión.

Descripción de Análisis de Fuerzas.

Las tolvas no presentan mayores complicaciones y su diseño se reduce al dimensionamiento.

Para esto es necesario conocer el volumen que ocupa la carga. Con este valor se definen las relaciones entre las áreas superior e inferior de la tolva así como la altura que esta debe tener. A partir de la fórmula de volumen se tiene que:

Para la tolva de forma prismática:

$$V = \frac{H}{3} * (A + A' + \sqrt{A * A'}) \quad (3.1)$$

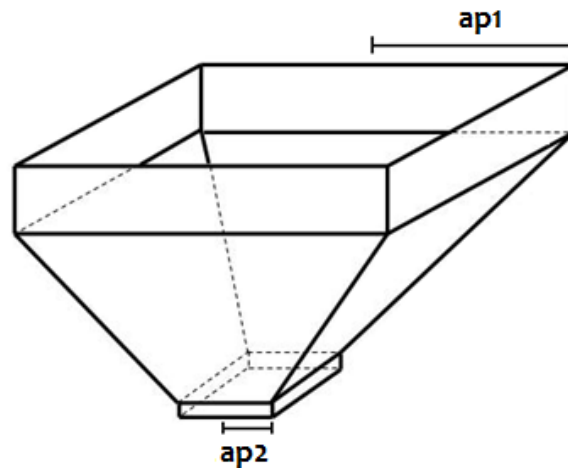


FIGURA 3.1 TOLVA DE RECEPCIÓN

Dónde:

$$\text{Área lateral es igual a: } A_L = \frac{P+P'}{2} * A_p \quad (3.2)$$

$$\text{Área Total es igual a: } A_T = \frac{P+P'}{2} * A_p + A + A' \quad (3.3)$$

Mientras que para las tolvas de forma cónica:

$$V = \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 + Rr) \quad (3.4)$$

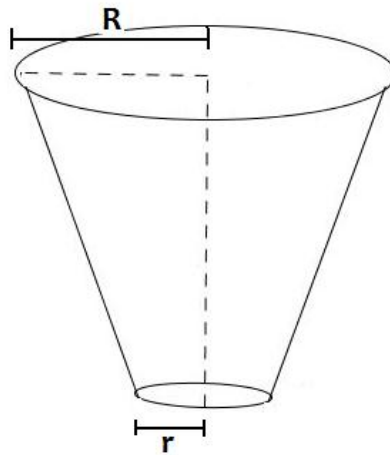


FIGURA 3.2 TOLVA DE ALMACENAMIENTO

Donde:

$$g = \sqrt{H^2 + (R - r)^2} \quad (3.5)$$

Diseño de tolvas.

Se diseñan ambas tolvas como si se tratara de un recipiente de pared delgada.

$$\sigma_t = \frac{Pd}{2t} \quad (3.6)$$

Dado que la presión que actúa sobre las paredes es igual a:

$$P = \frac{F}{A} \quad (3.7)$$

De la ecuación 3.7 se tiene que para la tolva prismática:

$$P = \frac{W \cdot \text{Sen}35}{\frac{P+P'}{2} \cdot A_p + A + A'} \quad (3.8)$$

De igual manera, se tiene que para la tolva cónica:

$$P = \frac{W \cdot \text{Sen } 35}{\pi [g(R+r) + R^2 + r^2]} \quad (3.9)$$

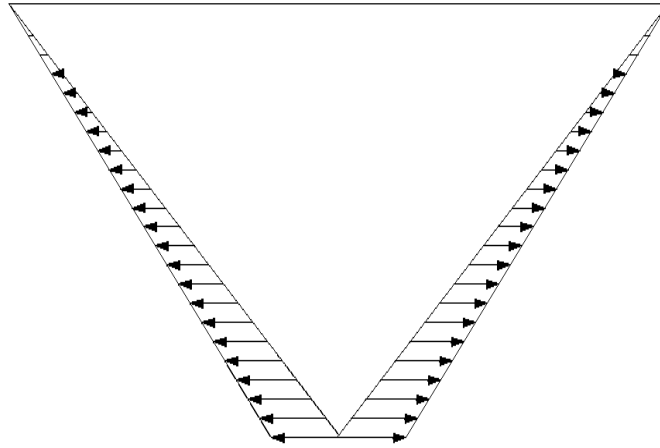


FIGURA 3.3 PRESIÓN EN LAS PAREDES DE LA TOLVA

Para el cálculo del espesor de las paredes de la ecuación 3.6:

$$t = \frac{Pd}{2\sigma_t}$$

Dado que:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_t}$$

$$\sigma_t = \frac{S_y}{n}$$

$$t = \frac{Pdn}{2S_y} \quad (3.10)$$

Dónde:

t = Espesor de pared de tolva.

S_y = Resistencia del material a utilizar, 276 MPa.

n = Factor de seguridad, 2.

d = El diámetro o perímetro, 200 mm.

Para un diseño preliminar se define:

- Tolva prismática: Perímetro superior= 1050 mm

- Tolva cónica: Diámetro superior= 1280 mm

- La altura de las tolvas se la escogió de 600 mm y de 900 mm para la tolva prismática y cónica respectivamente.

Una vez planteada la interrogante se tiene que:

Para la tolva prismática:

$$V = 0,2705 \text{ m}^3$$

Por lo tanto la masa a almacenar es igual a:

$$m = 272,39 \text{ Kg} > 250 \text{ Kg (carga inicial)}$$

Y su peso es de:

$$W = 2672,18 \text{ N}$$

De esta manera, la presión mediante la ecuación 3.8 es igual a:

$$P = 514 \text{ Pa}$$

Finalmente de la ecuación 3.10 se tiene que:

$$t = 3,72 * 10^{-7} \text{ m}$$

Para la tolva cónica:

De la ecuación 3.1 se tiene que el volumen almacenado en la tolva es:

$$V = 0,46 \text{ m}^3$$

Por lo tanto la masa a almacenar es igual a:

$$m = 458,9 \text{ Kg} > 400 \text{ Kg (carga inicial)}$$

Y el peso es:

$$W = 4502,52 \text{ N}$$

Mediante la ecuación 3.5 se calcula la generatriz:

$$g = 1050$$

De la ecuación 3.9 se tiene que la presión en la pared de la tolva es:

$$P = 687,16 \text{ Pa}$$

Finalmente de la ecuación 3.10, el espesor es de:

$$t = 4,98 * 10^{-7} \text{ m}$$

Para ambos casos el cálculo indica que el espesor es mínimo debido a la poca presión ejercida en las paredes de la tolva, dado que es difícil maniobrar con materiales de poco espesor y por facilidad de compra en el mercado se selecciona un espesor estándar de 2 mm.

Selección de Celdas de Pesaje.

Uno de los sistemas más exactos para determinar el contenido de un recipiente es la determinación de su peso. Debido a que las tolvas deben dosificar cuidadosa y homogéneamente el material se ha seleccionado celdas de pesaje modelo 745 con una capacidad de carga de 550 Kg en base al catálogo de METTLER TOLEDO (APÉNDICE A).

3.2. Diseño y Selección del Transportador Helicoidal.

Para esta parte de la línea de producción, dado que los transportes de tornillos sin fin son un equipo normalizado, se recurre a un fabricante y se siguen los pasos que éste da para la selección y diseño del transporte adecuado. El fabricante elegido es Martin y se detalla a continuación los pasos sugeridos:

Paso 1: Establecer los factores conocidos que son:

- Tipo de material que se va a transportar
- Tamaño máximo de grumos duros
- Porcentaje de grumos duros por volumen
- Capacidad requerida en ft^3/h
- Capacidad requerida en lbs/h
- Distancia que se va a transportar el material

- Todo factor adicional que afecte al transporte

Paso 2: Clasificar el material de acuerdo al sistema mostrado en la tabla 1-2 del MANUAL DE MARTÍN, (APÉNDICE B).

Selección intermedia de rodamientos:	L-S
Factor del material:	1.4
Porcentaje de llenado del cajón:	45%

Paso 3: Determinar la capacidad de diseño a partir de la tabla 1-6 del MANUAL DE MARTÍN, (APÉNDICE B). Conociendo el valor del porcentaje de llenado del paso 2 y la capacidad requerida en ft³/h.

Paso 4: Comprobar el diámetro de hélice y determinar la velocidad N. Para esto se calcula N dividiendo la capacidad requerida en ft³/h para los ft³/h a 1 RPM.

$$N = \frac{\text{Capacidad requerida}}{\text{Capacidad a 1 RPM}} \quad (3.11)$$

Este valor debe ser menor que el valor máximo de N según la tabla 1-6 del MANUAL DE MARTÍN, (APÉNDICE B).

Paso 5: Confirmar el diámetro y la velocidad para las limitaciones de grumos duros. En este caso NO APLICA.

Paso 6: Determinar el número de rodamientos según la tabla 1-11 del MANUAL DE MARTÍN, (APÉNDICE B). El paso 2 da la posibilidad de escoger en la misma tabla el rodamiento tipo L o tipo S.

Paso 7: Determinar la potencia. Tomando el factor de material F_m encontrado en el paso 1, se aplican las siguientes fórmulas.

$$HP_f = \frac{LNF_d f_b}{1000000} \quad (3.12)$$

$$HP_m = \frac{CLWF_f F_m F_p}{1000000} \quad (3.13)$$

$$\text{Total HP} = \frac{(HP_f + HP_m) F_o}{e} \quad (3.14)$$

Para un transportador de tornillo inclinado se usa la siguiente fórmula:

$$HP_{\text{Final}} = HP_{\text{horizontal}} + \frac{TPH * \text{altura (mts)}}{100} \quad (3.15)$$

Los siguientes factores determinan la potencia requerida para las condiciones anteriores.

L= Longitud total del transportador, ft.

N= Velocidad de operación, RPM.

F_d= Factor de diámetro del transportador (Tabla 1-12 del MANUAL DE MARTÍN, APÉNDICE B).

F_b= Factor de cojinete de suspensión (Tabla 1-13 del MANUAL DE MARTÍN, APÉNDICE B).

C= Capacidad, ft³/h.

W= Peso del material, lb/ft³.

F_f= Flight factor (Tabla 1-14 del MANUAL DE MARTÍN, APÉNDICE B).

F_m= Factor de material (Tabla 1-2 del MANUAL DE MARTÍN, APÉNDICE B).

F_p= Factor de paleta cuando es requerido, (Tabla 1-15 del MANUAL DE MARTÍN, APÉNDICE B).

F_o= Factor de sobrecarga (Tabla 1-16 del MANUAL DE MARTÍN, APÉNDICE B).

e= Eficiencia del acoplamiento (Tabla 1-17 del MANUAL DE MARTÍN, APÉNDICE B).

Paso 8: Comprobar los valores de torque y potencia según las tablas 1-18 y 1-19 del MANUAL DE MARTÍN, (APÉNDICE B). El torque se calcula según:

$$\text{Torque} = \frac{63,025 \cdot \text{HP}}{\text{RPM}} \quad (3.16)$$

Paso 9: Selección de los componentes adicionales de acuerdo a las tablas 1-8, 1-9 y 1-10 del MANUAL DE MARTÍN, (APÉNDICE B).

Paso 10: Consultar la página H38 del catálogo del MANUAL DE MARTÍN, (APÉNDICE B) para definir detalles típicos de la distribución.

Proceso de diseño.

Factores conocidos:

Tipo de material que se va a transportar: Fertilizante

Tamaño máximo de grumos duros: Para este caso se considera que no hay grumos.

Porcentaje de grumos duros por volumen: No aplica

Capacidad requerida en ft³/h: 91,875 ft³/h

Capacidad requerida en lbs/h: 5512,5 lbs/h

Distancia que se va a transportar el material: 3,5 m

Todo factor adicional que afecte al transporte: No aplica

Clasificación del material:

Tipo de Material: Fertilizante Cloruro de Potasio

Densidad: 60 lb/pie³

Código del Material:

B6-25T

TABLA 8

PROPIEDADES DEL MATERIAL A TRANSPORTAR ⁽⁴⁾

B6	2	5	T
Tamaño	Flotabilidad	Abrasividad	Propiedades Varias
Fino. Tamiz N.6 (0,132") y menos	Flujo Libre	Medianamente abrasivo	Medianamente Corrosivo

Selección del tornillo: L-S

Serie del componente: 2

Factor FM: 1.4

Tipo de carga: 45

Capacidad requerida: 2 Ton/h

Capacidad de Diseño:

A partir de la capacidad requerida calcularemos la capacidad de diseño del transportador de tornillo teniendo en cuenta que es recomendado para transportadores de tornillo longitudinales ordinarios utilizar un paso de $\frac{1}{2} D$ en el tornillo.

$$2,5 \frac{\text{Ton}}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} * \frac{2,205 \text{ lb}}{1 \text{ Kg}} * \frac{1}{60 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 91,875 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

$$(\text{Capacidad equivalente}) = \text{Capacidad requerida} * \text{CF1} * \text{CF2} * \text{CF3}$$

$$\text{CF1} = 1,5 \text{ ya que el paso del tornillo es } \frac{2}{3} D$$

$$\text{CF2} = 1 \text{ ya que no hay modificaciones en la aleta}$$

$$\text{CF3} = 1 \text{ ya que no hay paletas}$$

$$(\text{Capacidad equivalente}) = 91,875 * 1,5 * 1 * 1$$

$$(\text{Capacidad equivalente}) = 137,81 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

Determinación del diámetro del tornillo y velocidad:

Utilizando el tipo de carga 45 y la capacidad de diseño de $137,81 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$

se escoge el diámetro del tornillo detallado en la Tabla 9.

TABLA 9
DIÁMETRO DEL TORNILLO ⁽⁴⁾

Diámetro del tornillo (pulgadas)	Capacidad (ft ³ /h)		Máx RPM
	A 1 RPM	A Máx RPM	
6	2,23	368	165

Para el cálculo de la velocidad se usa la ecuación 3.11:

$$N = \frac{\text{Capacidad requerida}}{\text{Capacidad a 1 RPM}}$$

$$N = \frac{91,875 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}}{2,23 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}} = 41,20 \text{ RPM}$$

La velocidad de 41,20 RPM no supera la velocidad máxima recomendada de 165 RPM lo cual verifica el cálculo.

Sin embargo para que la línea tenga un proceso cercano a la continuidad es necesario ampliar la capacidad de carga con el objetivo de incrementar las revoluciones del eje del motor y de esta forma se logre transportar el fertilizante al granel en el menor tiempo posible para su posterior mezcla. Es por ello que para alcanzar los tiempos óptimos de transporte durante los 6 Batch por

hora se requiere que en cada ciclo el proceso completo se tarde de 9 a 11 min. aproximadamente, por lo tanto si se considera la capacidad real de 2000 Kg/h el tornillo sin fin empleara 10 min solamente en transportar 300 Kg, entonces se concluye que para una carga de 6000 Kg/h. este transportará el material en 3 minutos aproximadamente que es lo que se requiere.

Se procede a re-calcular los valores obtenidos siguiendo el mismo procedimiento.

Dado que la capacidad requerida es igual a:

$$6 \frac{\text{Ton}}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} * \frac{2,205 \text{ lb}}{1 \text{ Kg}} * \frac{1}{60 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 220,5 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

Donde la capacidad equivalente es:

$$(\text{Capacidad equivalente}) = 220,5 * 1,5 * 1 * 1$$

$$(\text{Capacidad equivalente}) = 330,75 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

Por lo tanto la velocidad a la que gira el tornillo es igual a:

$$N = \frac{330,75 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}}{2,23 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}} = 148,31 \text{ RPM}$$

La velocidad de 148,31 RPM no supera la velocidad máxima recomendada de 165 RPM para el tornillo sinfín de 6" lo cual garantiza la selección.

Determinación del diámetro máximo del tornillo según el tamaño de grumos:

Debido a que el fertilizante es muy fino se considera que no tiene grumos, utilizando la tabla 1-7 del MANUAL DE MARTIN, (APÉNDICE B). Se obtiene el diámetro de la tubería.

$$\varnothing = 2 \frac{3}{8} \text{ "}$$

Determinación del tipo de rodamiento de suspensión:

TABLA 10
CARACTERÍSTICAS DEL COJINETE DE SUSPENSIÓN ⁽⁴⁾

Grupo de Componente	Tipo de Cojinete	Material recomendado para el acoplamiento del eje	Temperatura máxima recomendada de operación	Fb
L-S	NYLON	ESTÁNDAR	160 °F	2

Determinación de la potencia:

La potencia requerida es el total de la potencia para vencer la fricción (HPf) más la potencia para transportar el material a la

capacidad especificada (HP_m) multiplicada por el factor de sobrecarga F_o y dividida para la eficiencia del acoplamiento del motor y el reductor de velocidad.

$$L = 3,5 \text{ m} = 11,48 \text{ ft}$$

$$N = 148,31 \text{ RPM}$$

$$F_d = 18$$

$$f_b = 2$$

$$C = 137,81 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

$$W = 60 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$F_f = 1 \text{ Standard al } 45\%$$

$$F_m = 1,4$$

$$F_p = 1$$

Reemplazando en las Ecuaciones 3.12 y 3.13 respectivamente se tiene:

$$HP_f = \frac{LNF_d f_b}{1000000} = \frac{11,48 * 148,31 * 18 * 2}{1000000} = 0,061$$

$$HP_m = \frac{CLWF_f F_m F_p}{1000000} = \frac{137,81 * 11,48 * 60 * 1 * 1,4 * 1}{1000000} = 0,13$$

Para el cálculo de la potencia total se tiene:

$$F_o = 3; HP_f + HP_m = 0,2$$

e = 0,95 ya que el acoplamiento es directo.

Aplicando la ecuación 3.14:

$$\text{Total HP} = \frac{(\text{HP}_f + \text{HP}_m)F_o}{e} = \frac{(0,061 + 0,13)3}{0,95} = 0,60$$

De acuerdo a la ecuación 3.15:

$$\text{HP}_{\text{Final}} = \text{HP}_{\text{horizontal}} + \frac{\text{TPH} * \text{altura (mts)}}{100}$$

$$\text{HP} = 0,60 + \frac{100 * 2}{100} = 2,60 \approx 3 \text{ HP}$$

Chequeo de la Potencia y Torque en los componentes estándar del transportador:

Para el cálculo del torque se usa la ecuación 3.16:

$$\text{Torque} = \frac{63,025 * \text{HP}}{\text{RPM}}$$

$$\text{Torque} = \frac{63,025 * 3}{148,31} = 1,27 \text{ lbs. pulg}$$

Según la tabla 11, se tiene que el diámetro del acoplamiento es de 1-1/2 pulgadas y tubería de diámetro de 2 pulgadas, debido a que el valor de torque más bajo es de 3,07 lbs.pulg el cual es mayor al obtenido de 1,27 lbs.pulg.

TABLA 11
TORQUE DE LOS ACOPLES ⁽⁴⁾

Coupling	Pipe		Couplings		Bolts				
	Sch. 40		Torque in Lbs.*		Bolt Dia. In.	Bolts in Shear in Lbs. ▲		Bolts in Bearing in Lbs.	
	Size In.	Torque In. Lbs.	CEMA Std. (C-1018)	Martin Std. (C-1045)		No. of Bolts Used		No. of Bolts Used	
						2	3	2	3
1	1½	3,140	<u>820</u>	999	¾	1,380	2,070	1,970	2,955
1½	2	7,500	<u>3,070</u>	3,727	½	3,660	5,490	5,000	7,500
2	2½	14,250	<u>7,600</u>	9,233	¾	7,600	11,400	7,860	11,790
2⅞	3	23,100	15,090	18,247	¾	<u>9,270</u>	13,900	11,640	17,460
3	3½	32,100	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	<u>15,540</u>	23,310
3	4	43,000	28,370	34,427	¾	<u>16,400</u>	24,600	25,000	37,500
3⅞	4	43,300	42,550	51,568	¾	25,600	38,400	<u>21,800</u>	32,700

▲ Values shown are for A307-64, Grade 2 Bolts. Values for Grade 5 Bolts are above × 2.5

*Values are for unheattreated shafts.

Para el cálculo de la potencia a 1 RPM se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{HP}}{\text{RPM}} \quad (3.17)$$

$$\text{Potencia} = \frac{3}{148,31} = 0,020 \text{ a } 1 \text{ RPM}$$

Según la tabla 12 se tiene que el diámetro de 1-1/2 pulgadas es una correcta elección ya que el valor de 0,072 es menor que 0,48 a 1 RPM.

TABLA 12
POTENCIA DE LOS ACOPLES ⁽⁴⁾

Coupling	Pipe		Couplings		Bolts					
	Shaft Dia. In.	Size In.	H.P. per R.P.M.	H.P. per R.P.M.		Bolt Dia. In.	Bolts in Shear H.P. per R.P.M. ▲		Bolts in Bearing H.P. per R.P.M.	
				CEMA Std. (C-1018)	Metric Std. (C-1045)		No. of Bolts Used		No. of Bolts Used	
							2	3	2	3
1	1¼	.049	.013	.016	¾	.021	.032	.031	.046	
1½	2	.119	.048	.058	½	.058	.087	.079	.119	
2	2½	.226	.120	.146	¾	.120	.180	.124	.187	
2⅞	3	.366	.239	.289	¾	.147	.220	.184	.277	
3	3½	.509	.450	.546	¾	.260	.390	.246	.369	
3	4	.682	.450	.546	¾	.260	.390	.396	.595	
3⅞	4	.682	.675	.818	¾	.406	.609	.345	.518	

▲ Values shown are for A307-64, Grade 2 Bolts.

Selección de los Componentes Adicionales.

Expansión térmica en el transportador de tornillo

Debido a que el transportador de tornillo opera a temperatura ambiente se considera que no habrá problemas por fuerzas producidas por la expansión térmica.

Deflexión en el tornillo del transportador.

Cuando se usa tornillos de longitud mayor a la estándar la deflexión puede ser un problema si es que no se utiliza cojinetes de suspensión intermedios, por lo tanto se calcula la deflexión utilizando la siguiente fórmula:

$$D = \frac{5WL^3}{384(29000000)I} \quad (3.18)$$

D= Deflexión, (pulg).

W= Peso total del tornillo, (lbs).

L= Longitud total del tornillo, (pulg).

I= Momento de inercia de la tubería, tabla 1-20 para un diámetro de tubería de 2" del MANUAL DE MARTÍN, (APÉNDICE B).

Aplicando la ecuación 3.18 se tiene:

$$D = \frac{5 * 62 * (118)^3}{384(29000000)0,666} = 0,07''$$

L=9-10 (ft-pulg) =118 pulg

I=0,666

W promedio del tornillo de longitud estándar = 62 lbs

Para una longitud estándar del tornillo de 118 pulgadas se tiene que la deflexión es igual a 0.07" la cual es menor al valor crítico de 0,25", lo que indica factibilidad del diseño.

Según el número de serie de componentes 2 se procede a seleccionar los componentes en la tabla 13.

TABLA 13
COMPONENTES DEL TORNILLO SIN FIN ⁽⁴⁾

Component Group 2					
Screw Diameter Inches	Coupling Diameter Inches	Screw Number		Thickness, U.S. Standard Gauge or Inches	
		Helicoid Flights	Sectional Flights	Trough	Cover
6	1½	6H308	6S309	14 Ga.	16 Ga.
9	1½	9H312	9S309	10 Ga.	14 Ga.
9	2	9H412	9S412	10 Ga.	14 Ga.

Alimentadores del tornillo

Los alimentadores de tornillo están diseñados para regular la tasa en la que el material libre cae dentro del transportador, para este diseño se utiliza un alimentador tipo 2 ya que se usó un paso ($2/3D$), para ser más exacto los tipos 2B y 2D son los recomendados para manipular materiales finos de flujo libre.

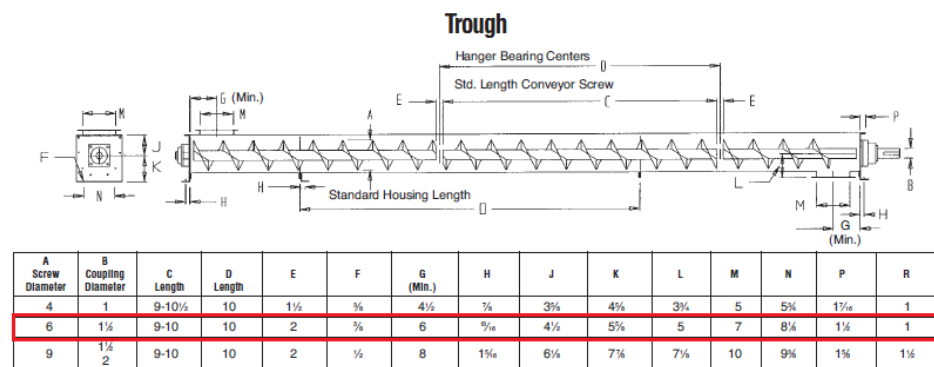
TABLA 14
DIMENSIONES DEL ALIMENTADOR DE TORNILLO SIN FIN TIPO
SF 2D ⁽⁴⁾

Feeder Diameter A	Maximum Lump Size	Maximum Speed RPM	Capacity Cubic Feet per Hour		B	C	D	E	Extended Screw Diameter F		
			At One RPM	At Maximum RPM					Trough Loading %		
									15	30	45
6	½"	70	3.1	217	60	18	7	14	10	9	9
9	¾"	65	11	715	66	26	9	18	14	12	10
12	1"	60	29	1740	72	36	10	22	20	16	14
14	1¼"	55	44	2420	76	42	11	24	24	18	16
16	1½"	50	68	3400	78	48	11½	28		20	18
18	1¾"	45	99	4455	80	54	12½	31		24	20
20	2"	40	137	5480	82	60	13½	34			24
24	2½"	30	224	6720	86	72	16½	40			

Diseño del transportador.

Escogiendo una cubierta tubular y el diámetro del tornillo se escogen los demás parámetros de la tabla 15.

TABLA 15
DIMENSIONES DE LA CUBIERTA TUBULAR DEL TORNILLO
SIN FIN ⁽⁴⁾



3.3. Dimensionamiento y selección del mezclador.

Para el diseño de la máquina existen varios parámetros que van a limitar sobre todo las dimensiones principales:

- Capacidad total del sistema de mezclado
- Ángulo de reposo de la mezcla

A continuación se detalla cada parámetro y se determinan sus valores si es el caso.

a) Capacidad total del sistema de mezclado.

La capacidad del sistema de mezclado viene determinada por el peso de la materia prima a mezclar y su densidad final. Además se tendrá el volumen que va a ocupar el tornillo homogeneizador dentro del cono y el cilindro, así como una distancia segura desde la materia prima que será mezclada hasta el borde superior del cilindro para que no se derrame la mezcla. Para la línea de producción, la máquina deberá ser capaz de mezclar un máximo de 400 Kg de materia prima.

b) Ángulo de reposo de la mezcla.

Este parámetro es bastante importante, ya que va a determinar el mínimo ángulo de elevación que debe tener el cono para permitir que la mezcla resbale por el mismo sin ningún problema y así minimizar las pérdidas. Este ángulo de reposo va a depender de la composición de la mezcla, del material del cono, de la temperatura ambiental y de la humedad. La teoría dice que el ángulo de reposo α debe ser:

$\alpha > 60^\circ$ para polvos cohesivos

$\alpha < 25^\circ$ para polvos no cohesivos

De manera que para asegurar un libre y continuo deslizamiento del material, de acuerdo a la tabla 3.1 $\alpha = 35^\circ$.

Dimensionamiento de las partes:

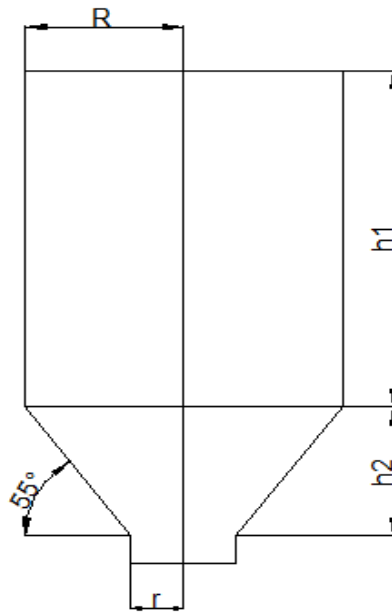


FIGURA 3.4 DISEÑO DE FORMA DEL SILO

Conociendo la cantidad de masa a mezclar y la densidad del fertilizante, se obtiene el volumen del mezclador vertical.

$$V_m = \frac{M_m}{\rho_m} \quad (3.19)$$

Donde:

M_m = Masa de la mezcla, (Kg).

V_m = Volumen de la mezcla, (m^3).

ρ_m = Densidad de la mezcla fertilizante, (Kg/m^3).

Remplazando valores en la ecuación 3.19:

$$V_m = \frac{400 \text{ Kg}}{1007 \text{ Kg/m}^3} = 0,4 \text{ m}^3$$

$V_m = 0.40 \text{ m}^3$ (Volumen del mezclador trabajando al 80% de su capacidad).

$V_m = 0.50 \text{ m}^3$ (Volumen del mezclador trabajando al 100% de su capacidad).

Tomando en consideración que los mezcladores trabajan al 80 % de su capacidad, se dimensiona el mezclador a un volumen ($V_m = 0.50 \text{ m}^3$)

Dimensionamiento de las Partes Principales.

El volumen total, parte cilíndrica más parte cónica, está dado por la siguiente expresión:

$$V = \pi R^2 h_1 + \frac{1}{3} \pi h_2 (R^2 + r^2 + R * r) \quad (3.20)$$

Debido al limitado espaciamiento se toma como condición que el radio (R) debe ser cuatro veces el radio (r), es decir:

$$R = 4r$$

$$R = 0,400 \text{ m}$$

Geométricamente se sabe que:

Ecuación 3.21: Altura sección cónica del silo

$$h_2 = (R - r) * \tan(\alpha) \quad (3.21)$$

Entonces, reemplazando la ecuación 3.20 en la ecuación 3.21, y despejando h_1 , se tiene:

Ecuación 3.22 Altura sección cilíndrica del silo

$$h_1 = \frac{V - \frac{\pi}{3}(R-r)*(R^2+r^2+R*r)*\tan(\alpha)}{\pi R^2} \quad (3.22)$$

Finalmente, se reemplazan todos los valores conocidos en la ecuación 3.22 para obtener el valor de h_1 y posteriormente el valor de h_2 :

$h_1 = 808 \text{ mm}$ Altura del cilindro

$h_2 = 428 \text{ mm}$ Altura del cono truncado

De ésta manera, queda dimensionado el cono donde se realiza la mezcla de los diferentes componentes del fertilizante inorgánico.

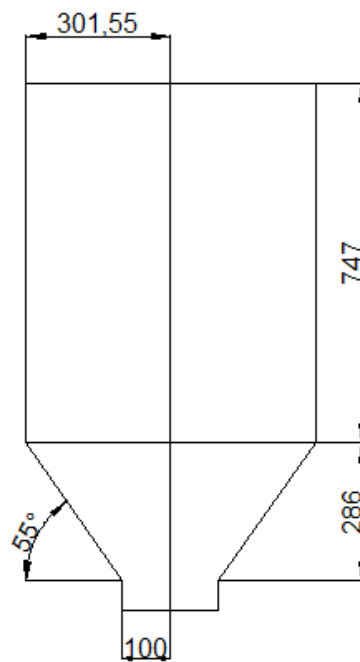


FIGURA 3.5 DIMENSIONES DEL SILO

Cálculo del tornillo homogenizador.

El volumen llenado en un plano helicoidal de un tornillo de diámetro D y paso S , al dar una vuelta completa alrededor del eje está dado por la siguiente ecuación:

Ecuación 3.23 Volumen de un plano helicoidal

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 S \quad (3.23)$$

Para expresar el rendimiento volumétrico en una hora, se tiene:

Ecuación 3.24 Rendimiento volumétrico del tornillo por hora

$$Q_v = 15\pi D^2 S N \quad (3.24)$$

Por último, el rendimiento teórico del tornillo toma en cuenta la densidad del producto que va a transportar, de manera que la ecuación final queda:

$$Q_{mr} = 15\pi D^2 S N \rho_m \quad (3.25)$$

Q_{mr} = Rendimiento real del tornillo helicoidal, (Ton/h).

D = Diámetro del tornillo helicoidal, (m).

S = Paso del tornillo, (m).

N = Revoluciones del tornillo, (RPM).

ρ_m = Densidad de la mezcla, (Ton/m³).

Potencia requerida

La potencia requerida para accionar el tornillo helicoidal es el resultado de la suma de 3 potencias parciales ⁽⁵⁾, así:

Ecuación 3.26: Potencia requerida por el sistema de mezcla

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (3.26)$$

Donde:

P_1 = Potencia requerida para accionar el tornillo sin carga, (HP).

P_2 = Potencia requerida para vencer la resistencia del material, (HP).

P_3 = Potencia requerida para transportar el material, (HP).

Ahora, se procede a hacer el cálculo de las potencias parciales. La potencia P1, requerida para accionar el tornillo helicoidal sin carga adicional se expresa como:

Ecuación 3.27: Potencia para accionar el tornillo sin carga

$$P1 = \frac{W_o L D N \rho}{14000} \quad (3.27)$$

Donde:

W_o = Peso de un metro de eje incluyendo la superficie helicoidal, (Kg/m, Tabla 17).

ρ = Coeficiente dependiente de la longitud del tornillo helicoidal, (Tabla 16).

TABLA 16
VALORES DE W_o ⁽⁵⁾

D (mm)	76	102	200
W_o (Kg/m)	5,72	7,14	14

TABLA 17
VALORES DE ρ ⁽⁵⁾

L (m)	1	3	5	10	15	25	40
ρ	5	3	2	1,5	1,3	1,2	1,1

La potencia P2, necesaria para vencer la resistencia del material está dada por la siguiente expresión:

Ecuación 3.28: Potencia requerida para vencer la resistencia del material

$$P2 = 0.013L1Q_{mr}K\frac{D}{S} \quad (3.28)$$

Donde:

L1= Longitud de la hélice, (m).

K= coeficiente dependiente del tipo de material que se transporta (Tabla 18).

TABLA 18
VALORES DE K ⁽⁵⁾

Material	K
Cereales	0,2
Polvo de carbón y harina	0,25-0,30
Cemento, yeso	0,4
Arena y arcilla	0,7
Cuarzo	0,9
Escoria seca	1,4
Fertilizantes	1,4

La potencia P3, requerida para transportar el material a lo largo del tornillo se define como:

$$P_3 = \frac{Q_{mr} h_e}{270} \quad (3.29)$$

Ecuación 3.29: Potencia requerida para transportar el material

Donde:

h_e = Altura de elevación del material, (m).

Finalmente, al remplazar cada una de las potencias parciales, se tiene la expresión de la potencia necesaria para accionar el tornillo helicoidal que se encargará de realizar la mezcla del material:

Ecuación 3.30: Potencia total requerida por el sistema de mezcla

$$P = \frac{W_o L D N^3}{14000} + 0.013 L^2 Q_{mr} K \frac{D}{S} + \frac{Q_{mr} h_e}{270} \quad (3.30)$$

Una vez obtenida la expresión para el cálculo de la potencia de entrada requerida, se procede a remplazar cada uno de los valores ya conocidos.

Se tiene que:

W_o = Peso del eje, 7,14 (Kg/m).

D = Diámetro externo del tornillo, 0,10 (m).

L = Longitud del eje completo, 1 (m).

N = Velocidad de giro del tornillo, 100 (RPM).

ρ = Coeficiente dependiente de la longitud del tornillo, 5.

L_1 = Longitud de la hélice, 0,75 (m).

K = Coeficiente dependiente del tipo de material que se transporta, 1,4.

S = Paso de la hélice, 0,06 (m).

Q_{mr} = Rendimiento del tornillo, 3 (Ton/h).

h_e = Altura de elevación del material, 0,9 (m).

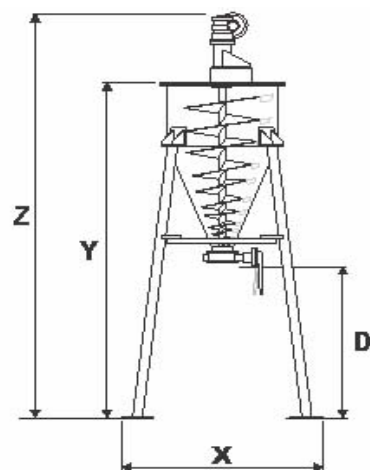
Remplazando en la ecuación 3.30 la potencia requerida para el tornillo es igual a:

$$P = 0,10 \text{ HP}$$

Ya que no se encuentran motores comerciales de 0,10 HP, se escoge una mezcladora Tipo Mz, la cual se adapta a este requerimiento.

TABLA 19
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MEZCLADORAS MZ.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS POR MODELO				
MODELO	POTENCIA	VOL. MEZCLA		DENSIDAD
Referencia	HP	Litros	Kilos d - 1	gr/cm ³
MZ - 10	0.75	10	10	Hasta - 1.2
MZ - 20	1	20	20	Hasta - 1.2
MZ - 50	1	50	50	Hasta - 1.2
MZ - 100	1.2	100	100	Hasta - 1.2
MZ - 200	2.4	200	200	Hasta - 1.2
MZ - 300	4	300	300	Hasta - 1.2
MZ - 500	5	500	500	Hasta - 1.2
MZ - 750	7,5	750	750	Hasta - 1.2
MZ - 1000	10	1000	1000	Hasta - 1.2
MZ - 1300	12	1300	1300	Hasta - 1.2
MZ - 1500	15	1500	1500	Hasta - 1.2
MZ - 2000	15	2000	2000	Hasta - 1.2



Y - Altura del equipo para cargar
Z - Altura del total del equipo
X - Ancho máximo del equipo
D - Distancia del equipo para descarga

FIGURA 3.6 DIMENSIONES GENERALES DEL MEZCLADOR

3.4. Diseño del Molino Pulverizador de Pines.

El diseño del molino pulverizador de pines se presenta a detalle en el siguiente capítulo.

3.5. Diseño y Selección de Componentes del Sistema de Desempolvado.

Se presentan los cálculos necesarios para el diseño de cada uno de los componentes a utilizar en el sistema, como son campana extractora, ducto, ciclón, filtro de mangas, y la selección del ventilador.

Diseño de forma.

Este sistema de extracción de polvo está constituido de los siguientes elementos: la campana extractora que está apoyada sobre la pared lateral de la cubierta adjunta a la tolva de descarga del molino de pines, el ducto, un ciclón, un filtro de mangas y el ventilador con su respectivo motor.



FIGURA 3.7 ESQUEMA DE SISTEMA DESEMPOLVADO

3.5.1. Selección de Campana Extractora.

Se tiene que para llenado de sacos el caudal de polvo generado es de:

Para polvos tóxicos → Caudal = $1500 \text{ ft}^3/\text{min}$ y Velocidad de transporte = $3500 \text{ ft}/\text{min}$.⁽³⁾

Para determinar las dimensiones de la campana se basó en un catálogo para fabricación de campanas extractoras usado en el Holcim Design Criteria (APÉNDICE C, [1]). La velocidad de captura utilizada es de $1,4 \text{ m}/\text{s}$, que se encuentra dentro del rango permisible para su aplicación. (APÉNDICE C, [2])

Por lo tanto la campana extractora a utilizar en este sistema y que cumple con las características necesarias para su uso es la de tipo rectangular a canto vivo.

El factor de forma de la campana establece lo siguiente:

La relación entre el ancho (B) y la longitud de la entrada (L) de la campana sea mayor o igual a 0.2. (APÉNDICE C, [3])

$$B/L \geq 0.2$$

Por lo cual las dimensiones de la campana son:

$$\frac{190}{260} \geq 0.2$$

$$0,73 \geq 0.2$$

La ubicación de la campana es significativa para la captura de las emisiones, puesto que el caudal dentro del ducto del sistema varía con el cuadrado de la distancia entre la campana y la fuente de contaminación. (APÉNDICE C, [4])

$$Q = v_h(10x^2 + a) \quad (3.31)$$

Donde:

Q= Caudal necesario en el punto de desempolvado.

x= Distancia desde la cara del ducto que da hacia la fuente hacia el punto más lejano de la fuente.

V_h= Velocidad de captura a la distancia x.

a= Área de la entrada de la campana.

De la ecuación 3.31 despejando x se tiene que:

$$x = \sqrt{\frac{\frac{Q}{V_h} - a}{10}}$$

Entonces:

$$x = \sqrt{\frac{\frac{0,71 \text{ m}^3/\text{s}}{1,4 \text{ m/s}} - 0,3 \text{ m}^2}{10}}$$

$$x = 0,14 \text{ m}$$

3.5.2. Dimensionamiento de los Ductos.

Para el diseño del ducto, por el cual las partículas serán extraídas es necesario encontrar las pérdidas debido a las resistencias friccional y dinámica del sistema, así como también el diámetro del mismo. Es por ello que se toma en referencia el caudal a ser succionado por la campana extractora y la velocidad de transporte Standard para las partículas de polvo cuyo valor es de 20 m/s ⁽³⁾.

Aplicando la siguiente fórmula se tiene:

$$Q = A * V \quad (3.32)$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0,71 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ m/s}}$$

$$A = 0,035 \text{ m}^2$$

Dado que:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3.33)$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0,035 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$d = 0,21 \text{ m}$$

3.5.3. Dimensionamiento del Ciclón.

Para el diseño del ciclón se usará el modelo simplificado de Lapple ⁽⁵⁾.

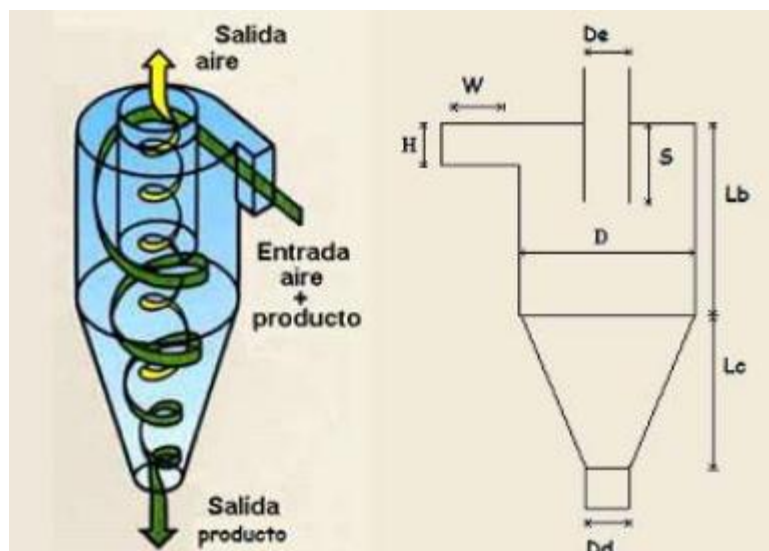


FIGURA 3.8 ESQUEMA DEL CICLÓN ⁽⁵⁾

TABLA 20
DIMENSIONES ESTÁNDAR DE CICLONES ⁽⁶⁾

	Tipo Del Ciclón					
	Eficacia Alta		Convencional		Alto Rendimiento	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Diámetro Del Cuerpo, D/D	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Altura de la entrada, H/D	0,5	0,44	0,5	0,5	0,75	0,8
Anchura de la entrada, W/D	0,2	0,21	0,25	0,25	0,375	0,35
Diámetro de la salida del gas, D_e/D	0,5	0,4	0,5	0,5	0,75	0,75
Longitud del buscador del vórtice, S/D	0,5	0,5	0,625	0,6	0,875	0,85
Longitud del cuerpo, L_b/D	1,5	1,4	2,0	1,75	1,5	1,7
Longitud del cono, L_c/D	2,5	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0
Diámetro del enchufe del polvo, D_d/D	0,375	0,4	0,25	0,4	0,375	0,4

FUENTES: Columnas (1) y (5) = Stairmand, 1951; columnas (2), (4) y (6) = Swift, 1969; columnas (3) = Lapple, 1951.

Finalmente asumiendo el diámetro del ciclón se obtiene:

TABLA 21
DIMENSIONES DEL CICLÓN

Dimensiones Ciclón	
D	0,20 m
H	0,10 m
W	0,05 m
De	0,10 m
S	0,125 m
Lb	0,40 m
Lc	0,40 m
Dd	0,05 m

El valor del diámetro de la partícula está dado por la siguiente ecuación:

$$D_p = \sqrt{\frac{9 * \mu * W}{\pi * N_e * V_i * (\rho_p - \rho_g)}} \quad (3.34)$$

N_e = Número de revoluciones que el fluido da en el vórtice exterior, 6 vueltas.

V_i = Velocidad de entrada al ciclón, 15 (m/s).

ρ_p = Densidad de la partícula, (1 Kg/m³).

ρ = Densidad del fluido transporte, 1007 (Kg/m³).

μ = Viscosidad del fluido transporte, 185x10⁻⁷ (Ns/m²).

$$D_p = \sqrt{\frac{9 * (185 * 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2 * 9,8 \text{ mKg/s}^2 \text{ N}) * 0,05 \text{ m}}{\pi * 6 * (15 \text{ m/s}) * (1007 - 1) \text{ Kg/m}^3}}$$

$$D_p = 1,69 * 10^{-5} \text{ m}$$

Ahora se haya la eficiencia de colección del ciclón.

$$n = \frac{1}{1 + \left(\frac{D_p}{D_{pj}}\right)^2} \quad (3.35)$$

Donde D_{pj} es el tamaño de partícula máximo que pasa por el tamiz#80 (0,15 mm).

$$n = \frac{1}{1 + \left(\frac{1,69 * 10^{-5}}{1,5 * 10^{-4}}\right)^2}$$

$$n = 98\%$$

Comprobando que el diámetro asumido es correcto.

3.5.4. Dimensionamiento del Filtro de Mangas.

Es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros para el diseño del filtro de mangas:

$$\text{Caudal} = 0,71 \text{ m}^3/\text{s}$$

La relación aire-tela $a/t=1,8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$, establecida para el filtro pulse jet.

Dimensión de las mangas $\phi = 145\text{mm}$ y $L = 2500 \text{ mm}$, tomado de catálogos de fabricantes.

$$a_t = \frac{Q}{at} \quad (3.36)$$

De donde Q es el caudal de diseño del colector y del sistema y at es el área total filtrante, que viene dada por:

$$a_t = \pi * c_m * d_m * l_m \quad (3.37)$$

Siendo:

C_m = La cantidad de mangas en el filtro.

D_m = El diámetro de las mangas.

L_m = La longitud de las mangas.

Sustituyendo valores, se obtiene:

$$a_t = \frac{42,6 \text{ m}^3/\text{min}}{1,8 \frac{\text{m}^3/\text{m}^2}{\text{min}}}$$

$$a_t = 23,7\text{m}^2$$

Finalmente el número de mangas viene dado por:

$$c_m = \frac{a_t}{\pi * d_m * l_m} \quad (3.38)$$

Entonces remplazando:

$$c_m = \frac{23,7\text{m}^2}{\pi * 0,16\text{m} * 2,5\text{m}}$$

$$c_m = 19 \text{ mangas}$$

Estas son distribuidas en un arreglo de 4 columnas de 5 mangas cada columna.

3.5.5. Selección del Ventilador.

Para la selección del ventilador es necesario que este cree vacío en el sistema para lograr extraer todo el polvo generado por el molino de pines durante la pulverización. Teniendo el valor del caudal con que fluye $Q = 1500 \text{ CFM}$, el siguiente paso es conocer los valores de cabezal estático, por lo tanto para obtener este valor se calculan todas las pérdidas generadas en los diferentes accesorios del sistema.

Pérdida en ducto circular.

Por medio de los factores establecidos de pérdidas en ductos circulares de pared interna lisa (APÉNDICE C, [5]), y asumiendo una longitud total de 4 metros de trayectoria de acuerdo al diseño postulado, se tiene que la pérdida a lo largo del ducto es:

$$h_d = KL \quad (3.39)$$

Siendo K el factor de fricción por pérdidas dinámicas, de acuerdo a la geometría del accesorio utilizado y sus dimensiones.

$$K = 2,2 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{ft}} = 1,86 \frac{\text{mm. col. H}_2\text{O}}{\text{m}}$$

Por lo tanto se obtiene:

$$h_d = (1,86)(4)$$

$$h_d = 7,44 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

Presión dinámica (VP).

Para el cálculo del cabezal estático generado en el ducto es necesario el valor de la presión dinámica (VP) generada en

el interior del mismo, la cual se la obtiene de la siguiente fórmula:

$$V = 4,003\sqrt{VP} \quad (3.40)$$

Despejando de la ecuación la presión dinámica se tiene:

$$VP = \left(\frac{V}{4,003}\right)^2$$

$$VP = \left(\frac{20}{4,003}\right)^2$$

$$VP = 24,96 \text{ mm.col. H}_2\text{O}$$

Este valor esta verificado de acuerdo a la tabla de presión dinámica para diferentes velocidades. (APÉNDICE C, [6])

Pérdida en campana extractora.

Este valor está en función de la presión dinámica (VP), previamente calculada, se establece el factor de pérdida F_h el cual depende exclusivamente del ángulo θ (APÉNDICE C, [7]). De acuerdo al diseño de la campana $\theta = 73^\circ$ (Plano de fabricación).

$$F_h = 0,2$$

Por lo tanto, la pérdida de la campana extractora es:

$$H_0 = 0,2VP \quad (3.41)$$

$$H_0 = 0,2(24,96)$$

$$H_0 = 5 \text{ mm.col. H}_2\text{O}$$

Pérdidas en codos 90°.

Para hacer del sistema un modelo estático se requiere por lo menos de 5 puntos donde el ducto se dobla simulando la existencia de 10 codos de 90°. Al igual que la pérdida en la campana extractora, el factor de pérdida en los codos de 90° se encuentra en función de la presión dinámica (VP). Por tal motivo se escoge aquel factor donde el radio de curvatura del ducto sea 1.25 veces el diámetro del ducto. (APÉNDICE C, [8])

$$h_{1-\text{codo}.90^\circ} = 0,55 \text{ VP} \quad (3.42)$$

$$h_{1-\text{codos}.90^\circ} = 0,55 (24,96)$$

$$h_{1-\text{codo}.90^\circ} = 13,75 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

$$h_{10-\text{codos}.90^\circ} = 10 * (13,73)$$

$$h_{10-\text{codos}.90^\circ} = 137,3 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

Pérdida en reducciones.

Existen 2 reducciones, la primera va desde el ducto hacia el ciclón y la segunda entre el ciclón y el filtro de mangas, (APÉNDICE C. 7)], las cuales se encuentran en función del ángulo α de la reducción y la presión dinámica (VP).

Es así que, siendo $\alpha = 25^{\circ}$ se puede asumir una pérdida de $h_r = 0,10$ VP.

$$h_r = 0,10(24,96)$$

$$h_r = 2,5 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$h_{2r} = 2 * (2,5) \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$h_{2r} = 5 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

Pérdida en el ciclón.

La pérdida de presión estática es importante conocerla ya que una eficiencia alta causa mayor pérdida de presión estática.

$$\Delta P_c = \frac{1}{2} * k * \rho_g * V_i^2 * \frac{H*W}{De^2} \quad (3.43)$$

Lich (1984) recomienda usar un valor de k, entre 12-18, se escoge un valor de 13.

$$\Delta P_c = \frac{1}{2} * 13 * 1 * 15^2 * \frac{0,1 * 0,05}{0,1^2}$$

$$\Delta P_c = 731,25 \text{ Pa} = 2,935 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

Pérdida en filtro de mangas.

La mayor pérdida de presión en el filtro de mangas se produce cuando los gases son filtrados al atravesar las mangas. La pérdida de presión, cuando las mangas están limpias se la puede calcular con la siguiente fórmula determinada por Denno & Klemm (1979):

$$(P_e)_{\Delta\omega} = 1045V_f P_j^{-0,65} \quad (3.44)$$

Luego que transcurre cierto tiempo t , la caída de presión es:

$$\Delta P_f = (P_e)_{\Delta\omega} + k_2 W_o V_f \quad (3.45)$$

$$W_o = C_i V_f t \quad (3.46)$$

Donde

C_i = Es la cantidad de polvo que circula por unidad de volumen de gas.

$$C_i = 0,015$$

V_f = Es la cantidad de filtración, la cual de acuerdo a investigaciones.

$$V_f = 0,02 \text{ m/s}$$

t = Es el tiempo en segundos que transcurre entre los pulsos de aire comprimido que se aplican a una manga para su limpieza.

$$t(\text{asumido}) = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$$

k_2 = Es la resistencia al flujo debido a la acumulación de polvo en la superficie de la manga, este valor es experimental.

$$k_2 = 1,5 * 10^5$$

P_j = Es la presión a la cual se inyectan los pulsos de aire comprimido, esta presión no debe de pasar del rango de 415-830 KPa, para este caso es de:

$$P_j = 560 \text{ KPa}$$

W_0 = Es la masa de polvo en función del tiempo.

Por lo tanto, la caída de presión luego de inyectar el pulso de aire es:

$$(P_e)_{\Delta\omega} = 1045(0,02)(560)^{-0,65}$$

$$(P_e)_{\Delta\omega} = 0,342 \text{ KPa}$$

$$(P_e)_{\Delta\omega} = 35,31 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

Se tiene que la cantidad de polvo por unidad de tiempo es:

$$\omega_o = 0,015(0,02)(300)$$

$$\omega_o = 0,090 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Por lo tanto, la diferencia de presión encontrada es:

$$\Delta P_f = 0,342 + \frac{(1,5 * 10^5) * (0,09) * (0,02)}{1000}$$

$$\Delta P_f = 0,615 \text{ KPa}$$

$$\Delta P_f = 63,49 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

Caída de presión total para ventilador

$$SP_{\text{ventilador}} = SP_{\text{ducto}} + \Delta P_f + \Delta P_c \quad (3.47)$$

Donde:

$$SP_{\text{ducto}} = VP + h_t \quad (3.48)$$

$$h_t = h_d + H_o + h_{10\text{-codos}.90^\circ} + h_{2r} \quad (3.49)$$

Remplazando valores se tiene:

$$h_t = 7,45 + 5 + 137,3 + 5 = 154,75 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

$$SP_{\text{ducto}} = 24,96 + 154,75 = 179,71 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

Finalmente la caída de presión total para el ventilador es:

$$SP_{\text{ventilador}} = 179,71 + 63,49 + 2,94$$

$$SP_{\text{ventilador}} = -246,14 \text{ mm. col. H}_2\text{O}$$

El valor negativo indica la contrapresión que deberá ejercer el ventilador.

La potencia de consumo adecuada que necesita el ventilador depende de la resistencia que debe vencer por la caída de presión y del caudal que debe generar. Dicha potencia será calculada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q * SP}{6356 * 0,70} \quad (3.50)$$

Donde:

P= Potencia del ventilador, (HP).

Q= Caudal de entrada, (ft³/min).

SP= Caída de Presión, (pulg H₂O).

Aplicando la ecuación antes mencionada se tiene:

$$P = 3,27 \text{ HP} * (\text{FS} = 1.30)$$

$$P = 4,3 \text{ HP}$$

Se detalla el catálogo de ventiladores Soler&Palau (APÉNDICE D) de donde se selecciona el ventilador CM315 que cumple con el caudal de $Q = 1500$ CFM y una caída de presión de $SP = -246,14$ mm. col. H_2O .

3.6. Selección del Sistema de Despacho.

Para finalizar la línea de producción se selecciona una embolsadora de carga por gravedad, el cual es un equipo diseñado para el llenado por peso de bolsas de boca abierta de gran capacidad (hasta 50 Kg) con productos de fácil deslizamiento como el caso de las mezclas de fertilizantes inorgánicos.

Las características principales del sistema son las siguientes:

- Sistema sujeta-bolsas neumático de mandíbulas que permite un cierre hermético durante el llenado de la bolsa, impidiendo la salida de polvo al exterior.
- Conducto de despresurización.
- Pesaje directo en la bolsa, a través de celdas de carga y equipo electrónico de pesaje con panel frontal, donde se pueden cargar los pesos a envasar.
- Sistema de válvula mariposa que permite doble velocidad de carga.

El modo de funcionamiento es el siguiente:

- a) El operario coloca la bolsa vacía y presiona el pedal de carga.
- b) Comienza la carga a alta velocidad, con la válvula mariposa totalmente abierta.
- c) Cuando se llega al primer corte (programado desde el panel frontal), la válvula disminuye el paso de producto hacia la bolsa (para lograr una buena precisión en el peso final).
- d) Al llegar al peso seteado la válvula se cierra y el operario está en condiciones de retirar la bolsa llena y colocar una nueva para repetir el ciclo.

Este sistema de despacho se destaca por su gran sencillez de manejo ya que se necesita un solo operario para utilizarla.



FIGURA 3.9 EMBOLSADORA DE CARGA POR GRAVEDAD

3.7. Selección de Válvulas para la Línea de Producción.

En el diseño de la línea de producción se utilizarán 6 válvulas distribuidas de la siguiente manera:

Válvulas rotatorias.

Válvula rotatoria 1: En la descarga de la tolva de recepción de materias primas

Válvula rotatoria 2: En la descarga del mezclador de cono vertical

Válvula rotatoria 3: En la descarga de la tolva receptora de mezclas de fertilizantes pulverizados

Válvula rotatoria 4: En la descarga de los residuos del filtro de mangas.

Válvulas de compuerta.

Válvula de compuerta 1: En la descarga de la tolva de pre-mezcla.

Válvula de compuerta 2: En la descarga de la tolva de pre-pulverizado. (APÉNDICE E).

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL MOLINO PULVERIZADOR DE PINES.

En el presente capítulo se describe el diseño y selección de los elementos principales que conforman el molino pulverizador de pines.

4.1. Diseño de Forma del Molino.

- 1 Tolva de carga
- 2 Tolva de descarga
- 3 Carcasa
- 4 Compuerta
- 5 Disco rotor y disco estator
- 6 Pines
- 7 Tamiz
- 8 Motor

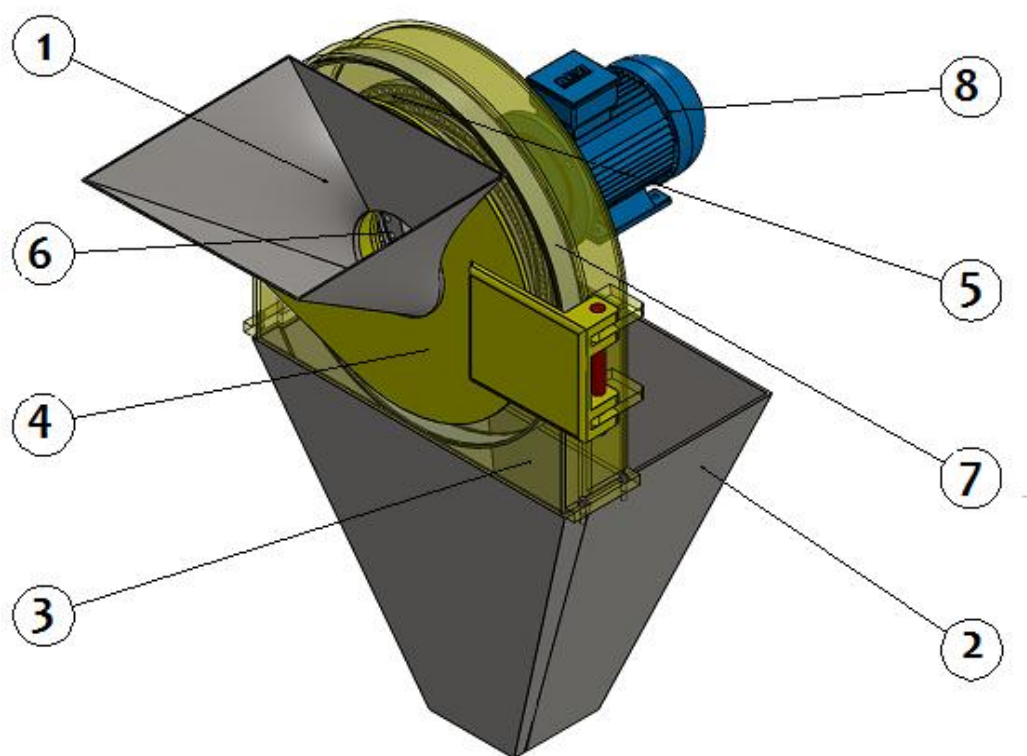


FIGURA 4.1 DISEÑO DE FORMA DEL MOLINO DE PINES

4.2. Distribución de los Pines.

Para determinar el número aproximado de granos que se deberán triturar por segundo para cumplir la capacidad requerida de molienda es necesario conocer la masa de un grano de fertilizante. Según mediciones realizadas se determinó que el grano presenta una configuración cilíndrica, teniendo como medidas promedio diámetro (\varnothing_g) de 3 mm y longitud (l_g) de 3 mm.

Por lo tanto se utiliza la ecuación de volumen de un cilindro para determinar el volumen aproximando de un grano de fertilizante:

$$V_g = \frac{\pi * \phi_g^2 * l_g}{4} \quad (4.1)$$

$$V_g = \frac{\pi * (0,003)^2 * (0,003)}{4}$$

$$V_g = 2,1 * 10^{-8} m^3$$

La masa de un grano se determina con la ecuación 4.2:

$$M_g = \rho * V_g \quad (4.2)$$

Donde:

ρ = Densidad del fertilizante, 1007 kg/m³.

$$M_g = \left(\frac{1007 \text{ kg}}{m^3} \right) * 2,1 * 10^{-8} m^3$$

$$M_g = 2,1 * 10^{-5} \text{ Kg}$$

Se define la ecuación 4.3 para obtener el número de granos a ser molidos:

$$N_g = \frac{Q}{M_g} \quad (4.3)$$

$$N_g = \frac{\frac{2000 \text{ Kg}}{h} * \frac{1h}{3600 s}}{2,1 * 10^{-5} \text{ Kg}}$$

$$N_g = 26016 \frac{\text{granos}}{s}$$

Se considera que el valor para la velocidad angular de un molino de pines oscila entre las 3000 y 3500 [RPM], valor recomendado por los fabricantes, se asume el valor de 3500 [RPM].

Si se divide el número de granos por segundo que se necesita triturar para las 3500 [RPM], se obtiene aproximadamente el número de granos que se deberán fracturar por vuelta que da el disco. Por lo tanto se tiene que:

$$N_t = \frac{N_g}{\omega_r} \quad (4.4)$$

$$N_t = \frac{26016 \frac{\text{granos}}{\text{s}}}{3500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1\text{min}}{60\text{s}}}$$

$$N_t = 480 \text{ granos/rev}$$

Si 480 granos se deben triturar por cada revolución, se supone que al menos un grano de fertilizante golpeará en un pin, es por ello que el molino tendrá aproximadamente 480 pines distribuidos en ambos discos.

La distribución de los pines en los discos rotor y estator se detalla en la siguiente figura:

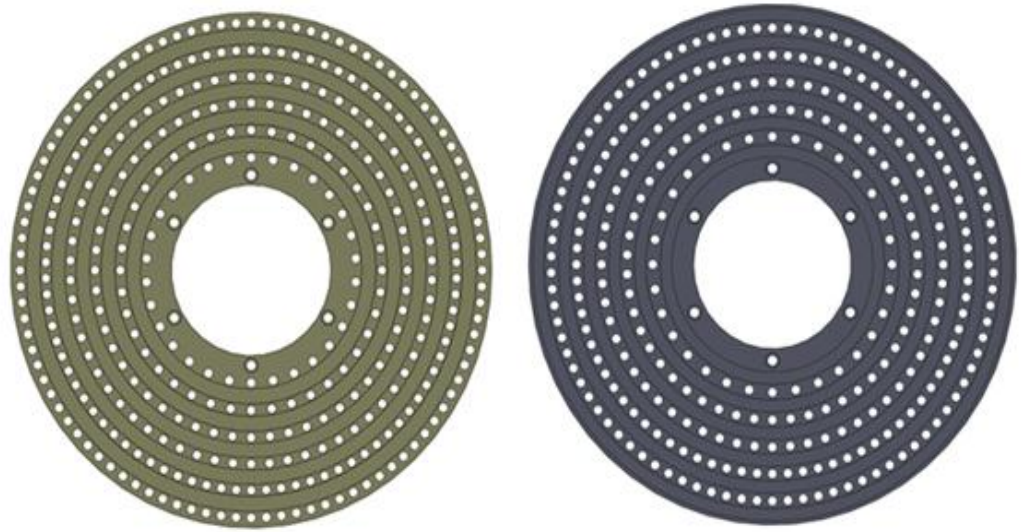


FIGURA 4.2 DISTRIBUCIÓN DE PINES EN DISCOS ROTOR Y ESTATOR

4.3. Diseño de los Pines para la Trituración del Grano.

El diseño de los pines es fundamental en el molino, ya que estos elementos son los que producen la fractura de los granos de fertilizante al momento del choque entre ambos.

La representación de este choque se la puede observar en la figura 4.3 a continuación:

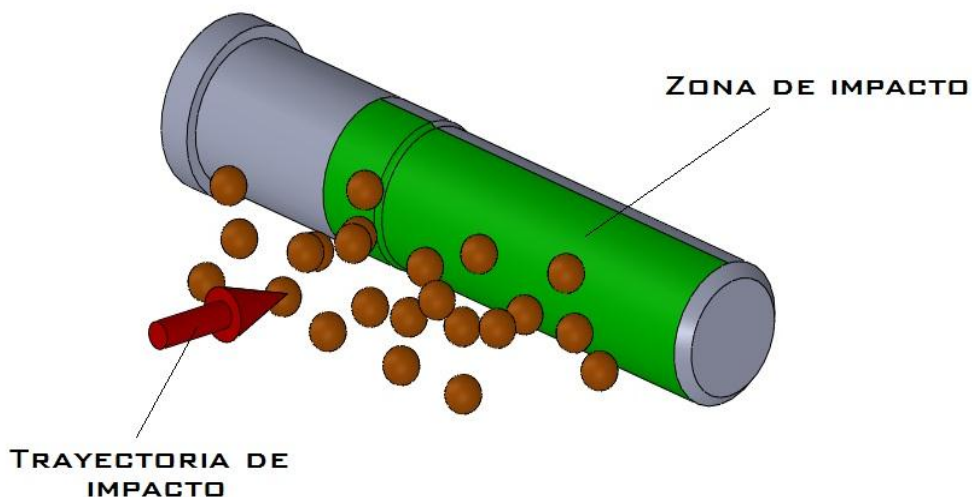


FIGURA 4.3 IMPACTO DE GRANOS EN PIN

Velocidades tangenciales del pin.

Mediante un experimento se determinó que la energía necesaria para romper el fertilizante es equivalente a dejar caer un objeto metálico de 500 gramos desde una altura de 20 mm sobre el grano. La energía de ruptura del fertilizante, se la puede obtener calculando la energía potencial mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 4.5: Energía Potencial

$$E_{ruptura} = m_m * g * h \quad (4.5)$$

Donde:

m_m = Masa del objeto metálico, (Kg).

g = Gravedad, (m/s^2).

h = Altura, (m).

Remplazando valores en la ecuación 4.5, se obtiene.

$$E_{ruptura} = 0,50 \text{ Kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,02 \text{ m}$$

$$E_{ruptura} = 0,0981 \text{ N. m}$$

Nota: Este tipo de experimento, donde se obtiene la energía necesaria de trituración para cualquier grano, no es nuevo, ya que ha sido realizado anteriormente. Para este proyecto de tesis se tuvo que realizar este experimento, ya que el valor de la energía de trituración para el fertilizante no se encontró como información disponible.

Al momento de dejar caer un objeto, se produce energía potencial, por lo que, la ecuación 4.5 antes descrita se la puede traducir en la práctica, como la energía que debe tener el pin cuando está en movimiento para triturar el grano que lo impacta.

Por otro lado, cuando en la molienda el grano de fertilizante choca con el pin se genera energía cinética, el valor de esta energía se la encuentra en la ecuación 4.6.

$$E_c = \frac{1}{2} m_g * V^2 \quad (4.6)$$

Donde:

m_g = Masa de un grano de fertilizante, (Kg).

V = Velocidad tangencial del pin, (m/s).

La ecuación 4.6, se traduce como la energía del grano al momento del impacto con el pin.

Si se iguala la ecuación 4.5 y 4.6 se tiene:

$m_m * g * h = \frac{1}{2} m_g * V^2$, despejando la velocidad de esta expresión

se obtiene la ecuación a continuación:

Ecuación 4.7: Velocidad tangencial adquirida por el fertilizante.

$$V_t = \sqrt{\frac{2 * E_{ruptura}}{m_g}} \quad (4.7)$$

Reemplazando valores en la ecuación 4.7 se obtiene:

$$V_t = \sqrt{\frac{2 * 0,0981 \text{ N.m}}{2,1 * 10^{-5} \text{ Kg}}}$$

$$V_t = 96,65 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad obtenida es la velocidad tangencial del pin V_t , que se la llamará V_v , (velocidad del vacío, o sin carga).

En la molienda cuando el grano choca con el pin se produce una disminución en la velocidad del mismo, por lo que existe una velocidad que será menor a la velocidad de vacío que se la llamará V_c , (velocidad con carga).

Para el cálculo de V_c , se considera a los pines, discos, eje, y demás componentes, como un solo cuerpo que gira, a esto se lo conoce como volante, además del coeficiente de fluctuación, definido en la siguiente ecuación como:

Ecuación 4.8: Coeficiente de fluctuación.

$$C_s = \frac{V_v - V_c}{V} \quad (4.8)$$

Dónde:

V = Velocidad tangencial del volante, tomada como la velocidad tangencial media, (m/s).

Ahora, si se define V como se muestra en la ecuación 4.9 se tiene:

Ecuación 4.9: Velocidad tangencial media

$$V = \frac{V_v + V_c}{2} \quad (4.9)$$

Si se reemplaza la ecuación 4.9 en la ecuación 4.8, y luego se despeja V_c , se obtiene la ecuación 4.10 que es:

Ecuación 4.10: Velocidad tangencial final.

$$V_c = -V_v * \frac{C_s - 2}{C_s + 2} \quad (4.10)$$

TABLA 22
COEFICIENTES DE FLUCTUACIÓN PARA CIERTAS
APLICACIONES ⁽⁷⁾

Tipo de Aplicación	Coeficiente de fluctuación C_f
Máquinas de Trituración	0,2
Máquinas Eléctricas	0,003
Máquinas Eléctricas accionadas directamente	0,002
Máquinas de Molienda de Granos	0,02
Transmisión por engranes	0,02
Máquinas para estampado o martillado	0,2
Máquinas herramientas	0,03
Máquinas para fabricación de papel	0,025
Máquinas para bombeo	0,030 a 0,050
Máquinas para cortar	0,030 a 0,050
Máquinas giratorias	0,010 a 0,020
Máquina para la industria textil	0,025

El valor de C_f , para máquinas de molienda de granos (0,020),
 reemplazando este valor en la ecuación 4.10 se tiene:

$$V_c = -96,65 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \frac{0,020 - 2}{0,020 + 2}$$

$$V_c = 94,74 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Como V_c es menor a V_v , existe una cesión de potencia por parte del volante al grano.

Nota: El sistema de giro del molino es desacelerado, lo que significa que el sistema cede energía.

Radio de Giro.

Con el dato obtenido en la ecuación anterior se puede calcular la velocidad angular con carga mediante la ecuación 4.11:

Ecuación 4.11: Velocidad Angular Final

$$\omega_c = \frac{V_c}{r_g} \quad (4.11)$$

Sin embargo de esta ecuación se deduce el radio de giro, el cual es necesario para obtener la velocidad angular del pin.

Ecuación 4.12: Radio de giro.

$$r_g = \frac{V_c * 60}{2 * \pi * \omega} \quad (4.12)$$

Nota: Se toma la velocidad con carga, porque es la velocidad a la que giran los pines en la molienda.

Remplazando datos en la ecuación 4.12 se tiene:

$$r_g = \frac{94,74 \text{ m/s} * 60}{2 * \pi * 3500 \text{ RPM}}$$

$$r_g = 0,26 \text{ m}$$

Con el valor obtenido del radio de giro, se tiene una idea aproximada de la medida del diámetro de los pines, del diámetro del disco portador de pines, así como también, las dimensiones de la carcasa, criba, y demás componentes del molino.

Fuerza Centrífuga.

La fuerza centrífuga se calcula mediante la ecuación 4.13, que es la siguiente.

Ecuación 4.13: Fuerza Centrífuga

$$F_{cf} = \omega^2 * m_{pin} * R_g \quad (4.13)$$

La masa del pin es igual a:

$$m_{pin} = \rho_{pin} * V_{pin}$$

$$V_{pin} = \frac{\pi d_{pin}^2}{4} * h$$

$$V_{pin} = \frac{\pi(12mm)^2}{4} * 60mm$$

$$V_{pin} = 6786 \text{ mm}^3 = 6,786 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_{pin} = 7800 \text{ Kg/m}^3 * 6,786 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_{pin} = 0,053 \text{ Kg}$$

El radio de giro previamente calculado es:

$$r_g = 0,265 \text{ m}$$

Y dado que ω del motor es:

$$\omega = 3500 \text{ RPM} = 340 \text{ rad/s}$$

Remplazando valores en la ecuación 4.13:

$$F_{cf} = 0,053 \text{ Kg} * (340 \text{ rad/s})^2 * 0,265 \text{ m}$$

$$F_{cf} = 1624 \text{ N}$$

Análisis Estático de los Pines.

La longitud de trabajo en cada pin es igual a $\frac{3}{4}$ de la longitud total. Los esfuerzos a los que está sometido el pin son de flexión en dos planos diferentes.

Se utiliza la teoría de falla de Von Mises:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad (4.14)$$

Dónde:

n = Factor de seguridad.

S_y = Resistencia a la fluencia del pin, 1610 MPa ⁽⁸⁾.

σ = Esfuerzo flexionante máximo, (MPa).

Para determinar el esfuerzo resultante sobre el pin se usa la siguiente ecuación:

Ecuación 4.13: Esfuerzo flexionante máximo de una sección transversal circular

$$\sigma = \frac{32}{\pi d^3} (M_y^2 + M_z^2)^{1/2} \quad (4.15)$$

Para establecer la condición más crítica, al impactar el mayor número de granos sobre un pin se realiza el siguiente análisis:

Paso 1

Área de grano:

$$A_{\text{grano}} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A_{\text{grano}} = \frac{\pi(3\text{mm})^2}{4} = 7,07 \text{ mm}^2$$

Paso 2

Área lateral del pin:

$$A_{\text{lateral del pin}} = L * D$$

$$A_{\text{lateral del pin}} = (45\text{mm})(12\text{mm}) = 540 \text{ mm}^2$$

Haciendo una relación entre el área de contacto del pin y el área de contacto del fertilizante se determina el número de granos.

Número de granos:

$$\# \text{granos} = \frac{A_{\text{lateral del pin}}}{A_{\text{grano}}} \quad (4.16)$$

$$\# \text{granos} = 76 \text{ granos}$$

TABLA 23
VALORES DE RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE
FERTILIZANTES COMUNES ⁽¹⁾

FERTILIZANTE		
TIPO	GRADO	FUERZA DE IMPACTO (Kg/grano)
Urea	46-0-0	0.8-1.2
Urea Granulada	46-0-0	1.5-3.5
Sulfato de Amonio Granulado	21-0-0	1.5-2.5
Nitrato de Amonio	34-0-0	1.2-1.7
Fosfato Diamónico Granular	18-46-0	3.0-5.0
Fosfato Monoamónico Granular	11-55-0	2.0-3.0
Cloruro de Potasio Granular	0-0-60	3.5-5.0
Sulfato de Potasio Granular	0-0-50	3.0-4.0

De la tabla 23 se tomó al cloruro de potasio granular (MOP), fuente de Potasio (K) más usada en el mundo (APÉNDICE F), como el

material sobre el cual se valida el diseño del molino de pines, debido a que este requiere de la mayor fuerza de impacto para triturarse, se realiza el siguiente análisis:

Un grano de MOP requiere de 5 N para fracturarse. Entonces para el caso más crítico en el que impacten 76 granos sobre la superficie del pin se requerirá una fuerza de 380 N para fracturar dicha cantidad de granos.

En la siguiente figura se observan dos fuerzas producidas por el efecto de rotación del disco porta pines: una fuerza producida por el impacto de los granos sobre la superficie del pin a lo largo del mismo, la fuerza centrífuga y la fuerza de gravedad.

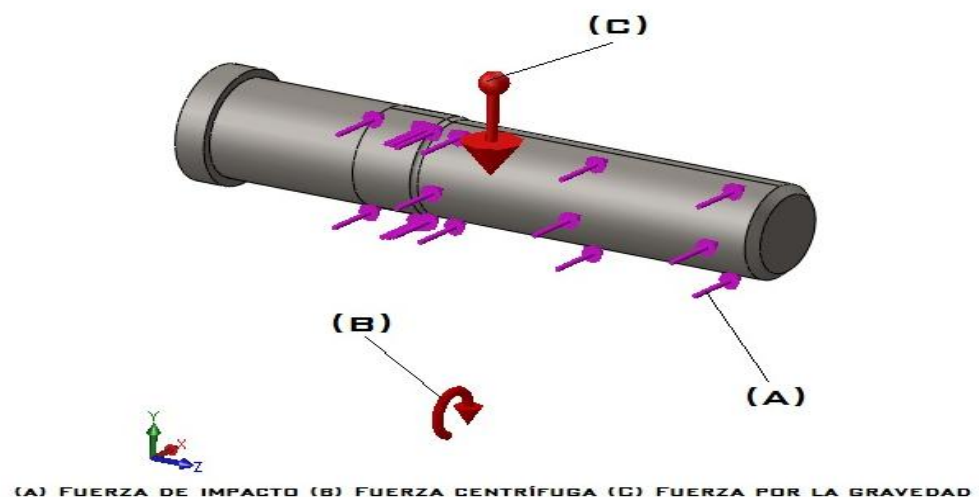


FIGURA 4.4 FUERZAS SOBRE EL PIN

Momento generado en el plano xz

$$M_y = F * d$$

$$M_y = \frac{1}{2} (380 \text{ N})(0,045 \text{ m})$$

$$M_y = 8,55 \text{ N.m}$$

Momento generado en el plano xy

$$M_z = F_{cf} * \left(\frac{L}{2}\right)$$

Donde L es la longitud del extremo del pin al centroide, por lo tanto:

$$M_z = 1624 \text{ N} * (0,03 \text{ m})$$

$$M_z = 48,72 \text{ N.m}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.15:

$$\sigma = \frac{32}{\pi(0,012)^3} (8,55^2 + 48,72^2)^{1/2} \text{ N.m}$$

$$\sigma = 292 \text{ MPa}$$

Por lo tanto:

$$n = \frac{1610 \text{ MPa}}{292 \text{ MPa}}$$

$$n = 5,51$$

Análisis a Fatiga de los Pines.

Dentro del análisis previo se obtuvo σ_{max} , además se considera que el elemento está sometido a carga fluctuante, por lo tanto el

esfuerzo mínimo se da cuando al menos un solo grano de fertilizante logra impactarse sobre el pin.

La teoría de falla de Goodman establece la siguiente ecuación:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (4.17)$$

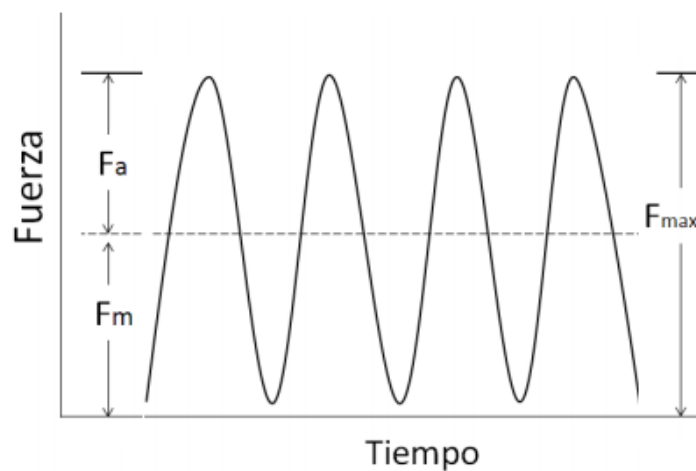


FIGURA 4.5 FUERZA FLUCTUANTE ⁽⁷⁾

$$\sigma_{\min} = \frac{Mc}{I} \quad (4.18)$$

$$\sigma_{\min} = \frac{(1,2 * 0,045) * 0,006}{\frac{\pi * 0,012^4}{64}}$$

$$\sigma_{\min} = 0,3 \text{ MPa}$$

Se obtiene σ_m y σ_a a continuación:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{mx} + \sigma_{\min}}{2} \quad (4.19)$$

$$\sigma_m = 146,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (4.20)$$

$$\sigma_a = 145,85 \text{ MPa}$$

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga mediante la ecuación de Marin:

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S_e' \quad (4.21)$$

S_e = Resistencia a la fatiga, (MPa).

k_a = Factor de modificación de la condición superficial.

k_b = Factor de modificación de tamaño.

k_c = Factor de modificación de la cara.

k_d = Factor de modificación de la temperatura.

k_e = Factor de modificación de efectos diversos.

S_e' = Limite de resistencia a la fatiga, (MPa).

Cálculo de los factores:

Factor de modificación de la condición superficial.

$$k_a = a S_{ut}^b \quad (4.22)$$

Se tiene la siguiente tabla donde se aprecia los valores de los coeficientes para diferentes acabados superficiales que permiten el cálculo del factor mencionado.

TABLA 24
COEFICIENTES PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE LA
CONDICIÓN SUPERFICIAL ⁽⁷⁾

Acabado superficial	a [MPa]	B
Esmerilado	1,58	-0,085
Maquinado o laminado en frío	4,51	-0,265
Laminado en caliente	57,7	-0,718
Como sale de forja	272	-0,995

Se escoge la calidad superficial de maquinado o laminado en frío por tratarse de un material sometido durante el proceso de fabricación a maquinado.

Reemplazando valores en la ecuación 4.22 se tiene:

$$k_a = 4.51(2220)^{-0.265}$$

$$k_a = 0,5853$$

Factor de modificación de tamaño

El factor de tamaño está asociado al diámetro del pin, establecido en 60 mm.

$$k_b = 0.879 (d)^{-0.107}; 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \quad (4.23)$$

$$k_b = 0.879 (0.47)^{-0.107}$$

$$k_b = 0.9524$$

Factor de modificación de la carga

El valor de este coeficiente varía dependiendo del tipo de carga que actúe sobre el pin.

TABLA 25
VALORES DE FACTOR DE CARGA ⁽⁷⁾

Valores de kc	Tipo de carga
1	Flexión
0,85	Axial
0,59	Torsión

Dado que el pin está sometido a flexión pura el $K_c=1$

Factor de modificación de la temperatura

$k_d = 1$ por no incurrir en efectos de temperatura

Factor de confiabilidad

Debido a que existen cambios en la sección se tiene que el factor de confiabilidad se haya mediante la siguiente ecuación:

$$k_e = \frac{1}{k_f} \quad (4.24)$$

Factor de modificación de efectos varios

$$k_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (4.25)$$

kt Se obtiene de la figura A-15-9 ⁽⁶⁾

$$k_t = 1.7$$

Para encontrar la sensibilidad a la muesca (q) es necesario establecer las siguientes relaciones:

$$\frac{D}{d} = \frac{14\text{mm}}{12\text{mm}} = 1.16$$

$$\frac{r}{d} = \frac{1\text{mm}}{12\text{mm}} = 0.083$$

Una vez establecidas las relaciones mediante la figura 6-20 ⁽⁷⁾, se obtiene:

$$q = 0,9$$

De la ecuación 4.25:

$$k_f = 1 + 0,9(1,7 - 1)$$

$$k_f = 1,63$$

Por consiguiente, de la ecuación 4.24:

$$k_e = 0,61$$

El límite de resistencia a la fatiga se obtiene reemplazando los valores en la ecuación 4.21;

Para $S_{ut} > 1400$ MPa; $S_e' = 700$ MPa. Este valor es una estimación del límite de resistencia a la fatiga que se obtuvo a partir de datos experimentales. ⁽⁷⁾

$$S_e = 0,5853 * 0.9524 * 1 * 1 * 0,61 * 1,63 * 700 \text{ MPa}$$

$$S_e = 387,98 \text{ MPa}$$

Remplazando los valores en la ecuación 4.17:

$$\frac{1}{n} = \frac{145,85 \text{ MPa}}{387,98 \text{ MPa}} + \frac{146,15 \text{ MPa}}{1610 \text{ MPa}}$$

$$n = 2,14$$

Con este valor de factor de seguridad se puede apreciar que el pin soporta las cargas de trabajo.

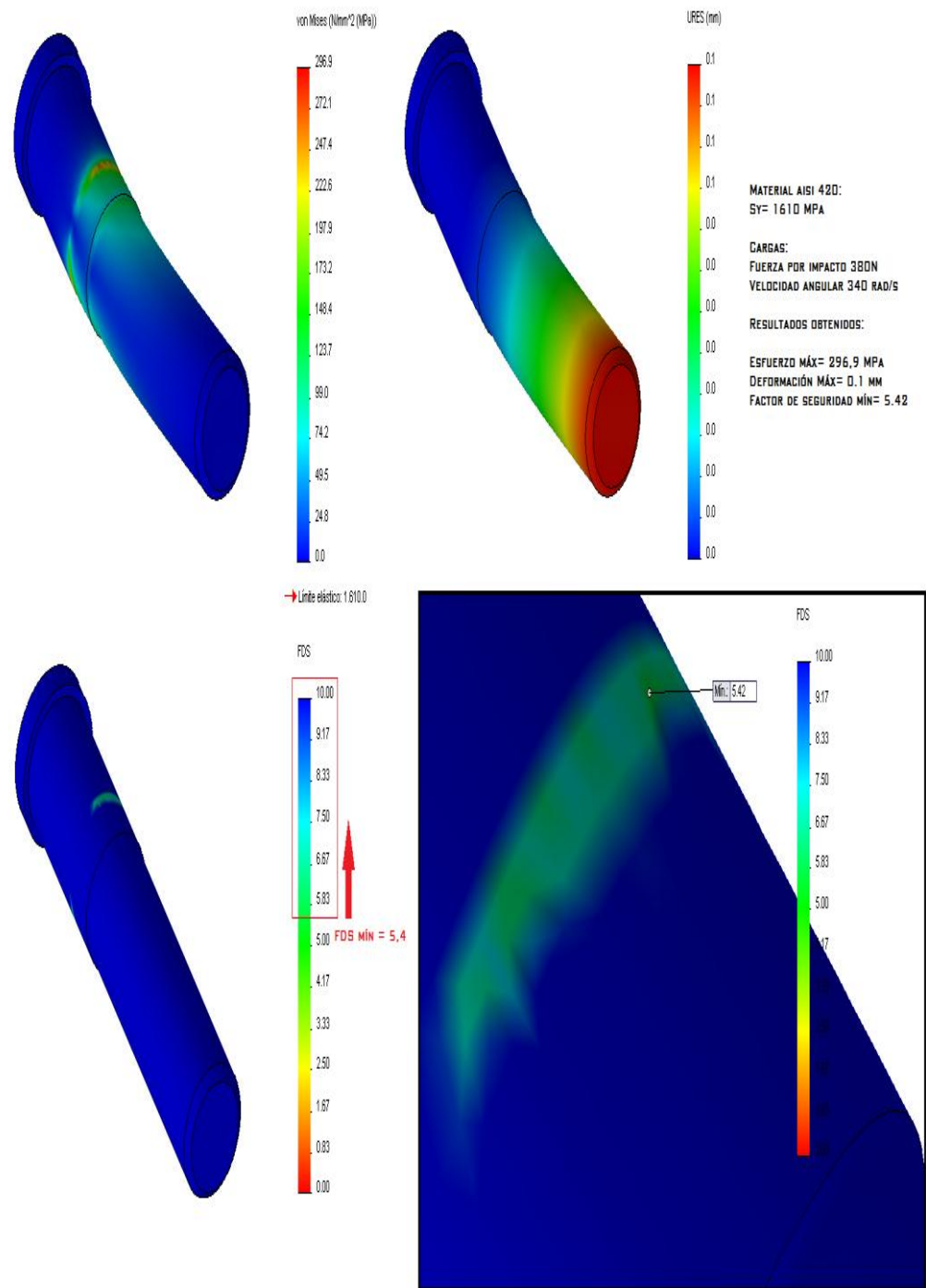


FIGURA 4.6 ANÁLISIS DEL PIN

4.4. Diseño de los Discos Porta Pines.

En las consideraciones de funcionamiento del molino de pines de la sección 4.3, se logró obtener ciertos parámetros del disco.

Se establece que el primer rotor almacena 260 pines, mientras el segundo disco estator 240 pines.

Dado que el área de impacto que tienen los pines, existe $\frac{1}{4}$ parte de su longitud, la cual debe estar firmemente ajustada en ambos discos porta pines. Por lo tanto el espesor de los discos debe ser capaz de sujetar al pin y soportar el esfuerzo al cual están sometidos estos.

En cada agujero del disco habrá una tracción por consecuencia de las fuerzas centrífugas de los pines, por lo que en cada agujero se tendrá una fuerza equivalente a dos fuerzas centrífugas de un pin.

Se aplica el siguiente criterio de falla por cortante:

$$n = \frac{S_y}{2\tau} \quad (4.26)$$

Tomando en cuenta la consideración antes mencionada, el esfuerzo se define como:

$$\tau = \frac{2F_{cf}}{A_d}$$

Descomponiendo A_d se tiene:

$$\tau = \frac{2F_{cf}}{2 * e * d_1} \quad (4.27)$$

Si esta nueva ecuación 4.27 se reemplaza en la ecuación 4.26, se obtiene la ecuación 4.28 que es la siguiente:

$$e = \frac{F_{cf} * n * 2}{d_1 * S_y} \quad (4.28)$$

Se estableció como factor de seguridad $n=16$ debido a las altas revoluciones a las que gira el disco. Por lo tanto, reemplazando los valores, se tiene que el espesor mínimo del disco es igual a:

$$e = \frac{1624 \text{ N} * 22 * 2}{(0.012\text{m}) * (276 * 10^6 \text{N/m}^2)}$$

$$e = 0.015 \text{ m}$$

4.5. Diseño del Eje.

Es necesario realizar el análisis del eje del Molino de Pines para comprobar que este va a resistir la carga al que está expuesto, ya que la vida útil de estas máquinas depende en su mayoría de las partes expuestas al movimiento rotacional.

Para los cálculos de las fuerzas y esfuerzos que actúan sobre el eje primero se debe realizar un diagrama de cuerpo libre del sistema.

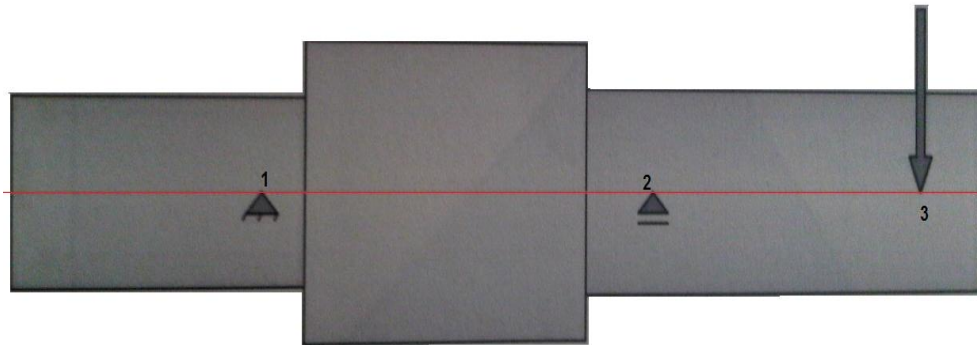


FIGURA 4.7 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL EJE

Las cargas que soporta el eje son las siguientes:

$$P_{\text{soporte1}} = P_1 = -190 \text{ N}$$

$$P_{\text{soporte2}} = P_2 = 575 \text{ N}$$

$$P_{\text{carga}} = P_3 = 302 \text{ N}$$

Del diagrama de cuerpo libre se establece los diagramas de fuerza cortante y momento flector, para obtener los valores del cortante máximo y del momento flector máximo, respectivamente.

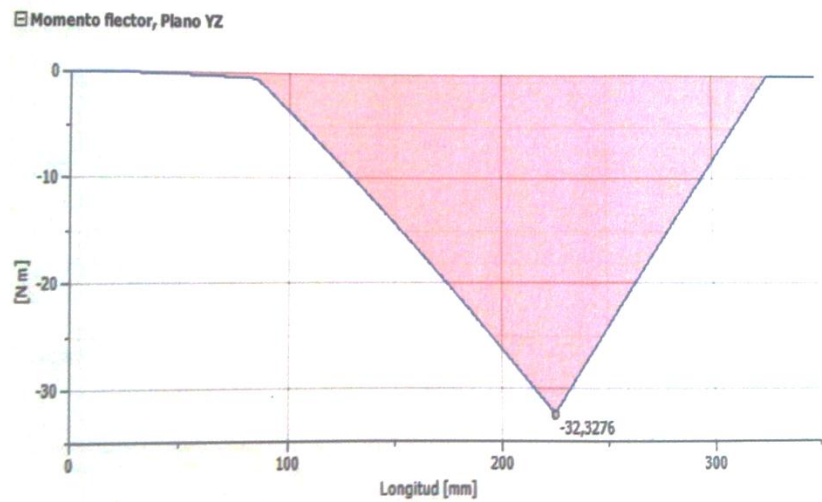
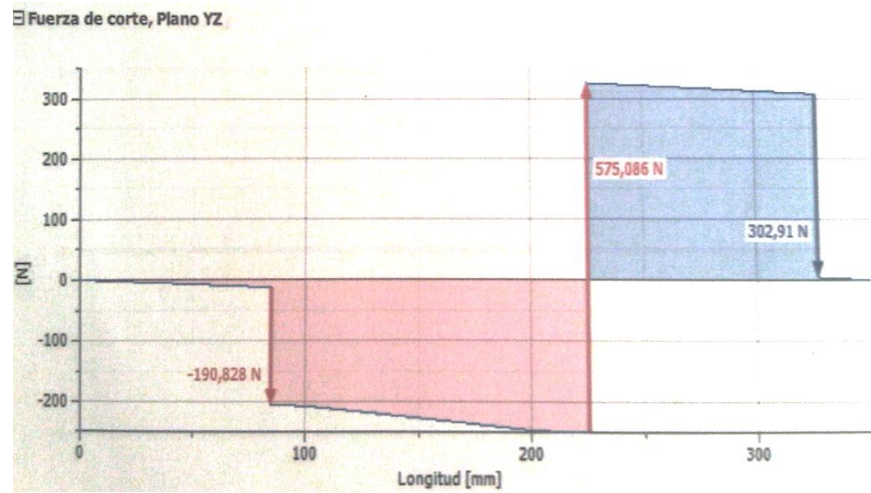


FIGURA 4.8 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR DEL EJE

Donde los valores máximos resultan:

$$V_{\text{máximo}} = 575 \text{ N}$$

$$M_{\text{máximo}} = 32,32 \text{ N.m}$$

Análisis Estático del Eje.

Los esfuerzos a los que están comúnmente sometidos los ejes son de flexión y de torsión, presentes en una forma combinada ⁽⁶⁾.

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + T^2} \right]^{1/3}$$

Por tratarse de flexión pura ($T = 0$) se obtiene la siguiente expresión para poder determinar la dimensión del eje.

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y} \sqrt{M^2} \right]^{1/3} \quad (4.29)$$

Dónde:

d = Es el diámetro del eje, 40 mm.

n = Coeficiente de seguridad.

S_y = Limite de fluencia del material, 2540 Kg/cm².

M = Momento flector en la sección crítica del eje, 32,32 N.m.

Despejando el coeficiente de seguridad de la ecuación 4.29, se tiene:

$$n = \frac{d^3 \pi S_y}{32 \sqrt{M^2}} \quad (4.30)$$

$$n = \frac{(0,04 \text{ m})^3 * \pi * (250 * 10^6 \text{ Pa})}{32 \sqrt{(32,32 \text{ N. m})^2}}$$

$$n = 48,60$$

Por lo tanto el eje resiste las cargas aplicadas.

Análisis del Eje a Fatiga.

Se diseña el eje bajo el criterio de la teoría de falla de fatiga.

Esfuerzo alternante

$$\sigma_a = \frac{32 * M}{\pi * d^3} \quad (4.31)$$

$$\sigma_a = \frac{32 * 32,32 \text{ N. m}}{\pi * (0,04\text{m})^3}$$

$$\sigma_a = 5,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 0$$

Esfuerzo cortante medio

$$\tau_m = \frac{16 * T}{\pi * d^3} \quad (4.32)$$

$$\tau_m = \frac{16 * 89 \text{ N. m}}{\pi * (0,04\text{m})^3}$$

$$\tau_m = 7,08 \text{ MPa}$$

El cálculo de la resistencia a la fatiga, se lo realiza de igual forma que en la sección 4.3.5-Análisis a fatiga de los pines, por lo tanto se utiliza la ecuación 4.21:

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S_e'$$

Cálculo de los factores:

Factor de modificación de la condición superficial

En base a la tabla 4.4:

$$k_a = 0,83 \text{ Laminado en caliente}$$

Factor de modificación de tamaño

Dado que el valor del diámetro del eje es de 400 mm, se tiene:

$$k_b = 0.879 (d)^{-0.107}; 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg}$$

$$k_b = 0.879 (1.57)^{-0.107}$$

$$k_b = 0.8375$$

Factor de modificación de la carga

$$k_c = 1 \text{ debido a la Flexión}$$

Factor de modificación de la temperatura

$$k_d = 1 \text{ por no incurrir en efectos de temperatura}$$

Factor de confiabilidad

$$k_e = \frac{1}{k_f}$$

Factor de modificación de efectos varios

$$k_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$k_t = 1.5$$

$$\frac{r}{d} = 0.1$$

$$q = 0,7$$

Por lo tanto:

$$k_f = 1 + 0,7(1,5 - 1)$$

$$k_f = 1,35$$

Por consiguiente:

$$k_e = 0,74$$

Reemplazando valores en la ecuación 4.21

$$S_e = 0,83 * 0,8375 * 1 * 1 * 0,74 * 1,35 * 700 \text{ MPa}$$

$$S_e = 486,10 \text{ MPa}$$

Aplicando el criterio de Von Misses, para esfuerzos equivalentes:

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2} = \sigma_a \quad (4.33)$$

$$\sigma_{eqa} = 5,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}; \sigma_m = 0 \quad (4.34)$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{3\tau_m^2}$$

$$\sigma_{eqm} = 12,26 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad se define como:

$$n_{fatiga} = S_m / \sigma_{eqa} \quad (4.35)$$

Donde:

S_m = Resistencia máxima, (MPa).

σ_{eqm} = Esfuerzo equivalente medio, (MPa).

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{S_e}{S_{ut}} + \frac{\sigma_{eqa}}{\sigma_{eqm}}} \quad (4.36)$$

$$S_m = \frac{486,10 \text{ MPa}}{\frac{486,10 \text{ MPa}}{1610 \text{ MPa}} + \frac{5,14 \text{ MPa}}{12,26 \text{ MPa}}}$$

$$S_m = 674,04 \text{ MPa}$$

Por lo tanto el factor de seguridad es igual a:

$$n_{fatiga} = 18$$

4.6. Potencia Requerida del Molino.

Para que la máquina entre en funcionamiento se necesita únicamente vencer la inercia de todos los elementos que interactúan en la misma; la potencia requerida se la calculará de la siguiente manera:

$$P_i = T_i * \omega_i \quad (4.37)$$

Donde el torque está definido en la ecuación 4.18:

$$T_i = I_t * \alpha_m \quad (4.38)$$

Y la aceleración es igual a:

$$\alpha_m = \frac{\omega_f - \omega_o}{t_f^2 - t_o^2}$$

Dado que $t_o^2 = 0$ y $\omega_o = 0$ rad/s

Se tiene:

$$\alpha_m = \frac{\omega_f}{t_f^2} \quad (4.39)$$

Dónde:

P_i = Potencia para vencer la inercia de los elementos, (Watts).

T_i = Torque necesario para vencer la inercia, (N.m).

ω_f = Velocidad angular, (rad/s).

I_i = Inercia de los elementos, (Kg.m²).

α_m = Aceleración media producida mediante el encendido y plena marcha, (rad/s²).

t_f = Tiempo de arranque del motor, (s).

Remplazando valores en la ecuación 4.39:

$$\alpha = \frac{340 \text{ rad/s}}{5 \text{ s}} = 68 \text{ rad/s}^2$$

Donde la inercia total obtenida con la herramienta Solidworks® es igual a:

$$I_{\text{eje}} + I_{\text{disco}} + I_{\text{pines}} = 0,96 \text{ Kg m}^2$$

Aplicando la ecuación 4.37:

$$P = 0,96 \text{ Kg m}^2 * 68 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} * 340 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = 22195,2 \text{ KW} = 30 \text{ HP}$$

Se determina que la potencia mínima requerida para la trituración es de 30 HP.

4.7. Selección de Componentes.

4.7.1. Selección de Chaveta.

Características del material.

El material apropiado para elementos de acoples como cuñas o chavetas es el acero AISI 1010, cuya resistencia máxima a la tensión (S_y) es igual a 324 MPa.

Fuerzas en la chaveta.

El primer parámetro a considerar es el diámetro del eje D.

Para determinar la fuerza que actúa en la chaveta se considera la siguiente expresión:

$$F_{ch} = \frac{T}{r} \quad (4.40)$$

Donde:

F_{ch} = Fuerza actuante en la chaveta, (N).

T = Momento torsor, (N.m).

r = Radio del eje, (m).

Se consideran dos tipos de esfuerzos a los que está sometida la chaveta: cortante y de aplastamiento.

El esfuerzo por corte:

$$\tau_c = F_c/A_c \quad (4.41)$$

Donde:

τ_c = Esfuerzo de corte, (N. mm²).

F_c = Fuerza de corte, (N).

A_c = Área de corte, (mm²).

El esfuerzo por aplastamiento es:

$$\sigma_a = F_a/A_{\text{aplast}} \quad (4.42)$$

Donde:

σ_a = Esfuerzo de aplastamiento, (N. mm²).

F_a = Fuerza de aplastamiento, (N).

A_{aplast} = Área de aplastamiento, (m²).

Detalle de Selección.

Se emplea una chaveta paralela de sección rectangular. (APÉNDICE G). Las dimensiones de la sección según la

norma DIN 6885A para un diámetro de eje 40 mm son las siguientes:

TABLA 26
DIMENSIONES DE CHAVETA

Anchura de chaveta	B	12,00 mm
Altura de chaveta	H	6,00 mm
Longitud de la chaveta	L	36,00 mm
Longitud funcional	L _f	24,00 mm
Chablán de chaveta	S	0,40 mm
Radio de chaveta	R	0,16 mm

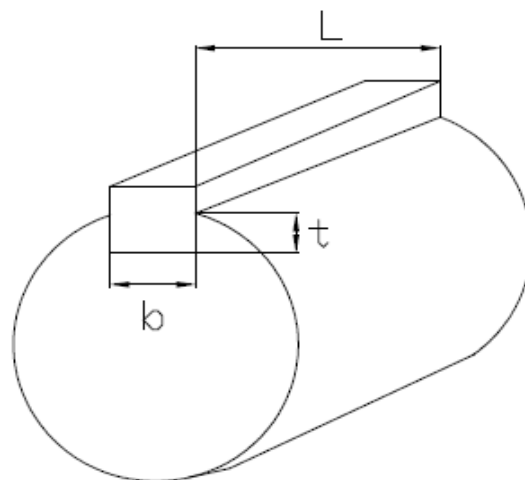


FIGURA 4.9 DIMENSIONES DE CHAVETA

Determinación del esfuerzo cortante.

$$A_c = b * l \quad (4.43)$$

$$A_c = (12 * 36) \text{ mm}^2$$

$$A_c = 432 \text{ mm}^2$$

De la sección 4.6, se determinó que la potencia mecánica necesaria es 30 HP; por lo tanto el valor del torque (T) es 89,1 N.m y de la tabla 26 el valor de radio de chaveta (R) es igual a 0,16 mm.

Utilizando la ecuación 4.40:

$$F = \frac{89,1 \text{ N.m}}{0,02 \text{ m}} = 4455 \text{ N}$$

Sustituyendo en la ecuación 4.41:

$$\tau_c = \frac{F_c}{A_c}$$

$$\tau_c = \frac{4455 \text{ N}}{432 \text{ mm}^2} = 10.31 \text{ N/mm}^2$$

Debe cumplir que:

$$\tau_c \leq S_y/2 \quad (4.44)$$

Entonces:

$$10.31 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{324 \text{ N}}{2 \text{ mm}^2}$$

Como se verifica que:

$$10.31 \leq 162$$

Resiste al corte.

Determinación del esfuerzo por aplastamiento.

$$A_{\text{aplastamiento}} = t * l \quad (4.45)$$

$$A_{\text{aplastamiento}} = (6 * 36) \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{aplastamiento}} = 216 \text{ mm}^2$$

Aplicando la ecuación 4.42:

$$\sigma_{\text{aplast}} = \frac{F_a}{A_{\text{aplastamiento}}}$$

$$\sigma_{\text{aplast}} = \frac{4455 \text{ N}}{216 \text{ mm}^2} = 20,62 \text{ N/mm}^2$$

Se debe cumplir que:

$$\sigma_{\text{aplast}} \leq S_{y_{\text{eje}}} \quad (4.46)$$

Donde:

$S_{y_{\text{eje}}}$ = Resistencia máxima del eje, 210 MPa.

Como se verifica que:

$$20,62 \leq 210$$

Resiste al aplastamiento.

Consecuentemente se verifica la selección de la chaveta
12x6x36mm.

4.7.2. Selección de Pernos de Sujeción del Disco Estator.

Se eligió una unión no permanente (pernos) con el fin de poder desmontar el disco estator para darle facilidad en su mantenimiento o cambio de pines desgastados.

A continuación se plantea el diseño.

Geometría del perno

Se escogió pernos disponibles en el mercado, lo cuales cuentan con las siguientes características detallada en la tabla a continuación.

TABLA 27
CARACTERÍSTICAS DEL PERNO

Características del perno
Perno de cabeza hexagonal
M16
$S_p=380$ MPa
$S_{ut}=520$ MPa
$S_y=420$ MPa
$L_T=38$ mm
$A_d=201$ mm ²
$A_t=157$ mm ² (Tabla 8-1 Shigley)
$l_d=22$ mm
$L_t=15$ mm

Se ha diseñado una geometría para la posición de los pernos y una vez seleccionados los pernos se procede a verificar si la selección cumple con la teoría de falla.

Se establece la ubicación de los pernos. Se determina el centroide de los pernos, la fuerza y momento sobre el elemento.

Para el diseño de esta unión mecánica se considera la teoría de falla de Goodman.

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}$$

Donde son parámetros obtenidos por ecuaciones descritas más adelante.

A continuación se calculan parámetros derivados de la geometría de los pernos.

$$k_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d} \quad (4.47)$$

$$k_m = A \exp\left(\frac{Bd}{l}\right) * E d \quad (4.48)$$

Remplazando los valores tabulados en la tabla 27 se obtiene que:

$$k_b = 1009 * 10^6 \text{N/m}$$

$$k_m = 3422 * 10^6 \text{N/m}$$

Ahora se puede calcular el valor de C, que representa fracción de carga externa P soportada por el perno.

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad (4.49)$$

$$C = 0,227$$

A continuación se calcularán los esfuerzos soportados por los pernos. Iniciando con las fuerzas primarias y secundarias aplicadas sobre los pernos debido al cortante y momento.

$$F' = \frac{V}{N} \quad (4.50)$$

Donde:

V= Es la fuerza cortante, en este caso V=F.

N= El número de pernos del diseño, N=6.

$$F'' = \frac{Mr_N}{\sum r^2} \quad (4.51)$$

Donde:

M = Es el momento aplicado sobre el centroide O del grupo de pernos.

r_N = Es la distancia desde el centroide del grupo al centro de cada perno.

Entonces se tiene que:

$$F' = 50,48 \text{ N}$$

$$F'' = 148,5 \text{ N}$$

Por lo tanto la carga externa sobre los pernos es:

$$P = \sqrt{(F')^2 + (F'')^2} \quad (4.52)$$

$$P = 156,8 \text{ N}$$

La precarga para cada perno:

$$F_i = 0,75 F_b = 0,75 A_t S_p \quad (4.53)$$

$$F_i = 0,75 * 157 * 380$$

$$F_i = 44745 \text{ N}$$

Una vez que se tiene la fuerza primaria, secundaria y la precarga se procede a calcular el esfuerzo alternante y medio sobre el perno.

$$\sigma_a = \frac{CP}{2A_t} \quad (4.54)$$

$$\sigma_a = 113 \text{ KPa}$$

$$\sigma_m = \sigma_a + \sigma_i \quad (5.52)$$

$$\sigma_i = F_i/A_t$$

$$\sigma_m = 113 * 10^3 + \frac{44745 \text{ N}}{157 * 10^{-6}}$$

$$\sigma_m = 285 \text{ MPa}$$

Una vez calculado los esfuerzos se aplica la teoría de falla de Goodman para obtener el factor de seguridad.

$$\frac{1}{n} = \frac{113 * 10^3}{380 * 10^6} + \frac{285 * 10^6}{520 * 10^6}$$

$$n = 2$$

Lo que satisface el criterio.

4.7.3. Selección de Rodamientos.

La vida útil de una máquina rotativa está basada en el correcto funcionamiento de su eje. La selección de rodamientos consiste en determinar básicamente el tipo, tamaño y horas de funcionamiento, para una determinada aplicación. Se procede a utilizar para la selección de rodamientos el CATÁLOGO GENERAL SKF ⁽⁹⁾.

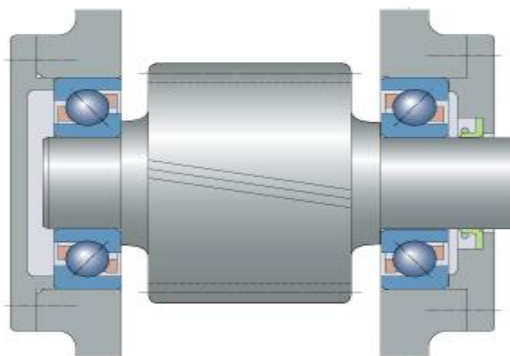


FIGURA 4.10 RODAMIENTOS DE BOLAS

Para certificar que el rodamiento seleccionado es el adecuado, se calcula el valor de la carga dinámica que debe soportar el mismo.

Del análisis que se hizo en el eje se obtienen las cargas que están soportando las chumaceras.

Por lo tanto el análisis de la chumacera se enfoca en la que soporta mayor carga, es decir, el más crítico.

La carga que va a soportar la chumacera es solamente radial y su valor es:

$$Fr = 575 \text{ N}$$

La carga dinámica se calcula mediante la siguiente fórmula

$$C = \left(\frac{L_h * 60 * n}{1 * 10^6} \right)^{\frac{1}{k}} * p \quad (4.55)$$

Dónde:

C = Carga básica dinámica, en N.

Lh = Duración nominal en horas de funcionamiento, 16000 hr (Molino trabajando 8 horas diarias).

n = Velocidad de rotación en RPM = 3500 RPM.

P = Fr = 575 N.

K = Exponente de la fórmula de duración

Siendo: 3 si el rodamiento es de bolas, 10/3 si el rodamiento es de rodillos.

Sustituyendo en la ecuación 4.55:

$$C = 3958,9 \text{ N}$$

Con los datos anteriormente determinados y para un diámetro interno de 40 mm se selecciona rodamientos rígido de bolas SKF61808 (APÉNDICE H), con chumaceras del tipo Y con prisioneros de fijación con designación SY 40TF.

4.7.4. Selección del Tamiz.

El tamiz es aquel que separa las partículas de fertilizante según la granulometría requerida. Se tomó como muestra al cloruro de potasio existente en el mercado ecuatoriano y bajo la norma NTE INEN 2 022:1998 se especifica la granulometría requerida. Esta norma indica que el tamiz a utilizarse es el inmediato anterior al tamiz donde el 80% del material se retiene. Por lo tanto el tamiz #100 el cual tiene un agujero de malla 0,15 mm.

Se necesita dos tamices roladas de 0,15 mm de espesor, para el paso del fertilizante, en material es acero inoxidable

debido a la humedad existente en el ambiente y por el nivel de corrosión del producto, las medidas están dadas por la configuración geométrica del molino.

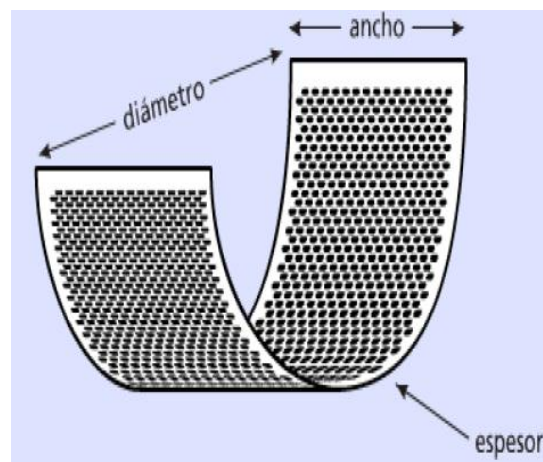



FIGURA 4.11 TAMIZ

4.8. Especificaciones Técnicas y Plano del Molino Rotatorio.

En la tabla 28 se detallan las especificaciones técnicas del molino de pines:

TABLA 28
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOLINO DE PINES

MOLINO PULVERIZADOR DE PINES	
Aplicación	Grado Quimico
Capacidad de produccion (kg/h)	Hasta 2000
Revoluciones (rpm)	3500
Potencia (HP)	30
Dimensiones (mm)	700x900x300
Granulometria (Mesh)	60-100



The image shows a stainless steel industrial pin mill machine. It features a hopper at the top for material input, a central grinding chamber with two rotating rollers, and a collection tray at the bottom. A control panel with a power switch and a warning symbol is located on the right side. The machine is mounted on a sturdy four-legged stainless steel stand. An inset oval image above the machine displays a variety of colorful pills, including white, pink, and yellow ones, illustrating the machine's application in pharmaceutical manufacturing.

4.9. Análisis Funcional del Molino de Pines con la Aplicación de la Herramienta Solidworks®.

Establecidos los cálculos de los elementos que constituyen el molino de pines se determinó que la potencia del motor es de 30 HP la cual permite que el disco gire a una velocidad de $\omega = 340$ rad/s de esta forma el material granulado al entrar en contacto con los pines localizados en el disco rotor adquieren una velocidad tangencial de aproximadamente 96 m/s, la cual es suficiente para que el material se vaya triturando por el impacto con los pines estáticos generando este proceso cíclicamente hasta que finalmente se obtenga la granulometría adecuada.

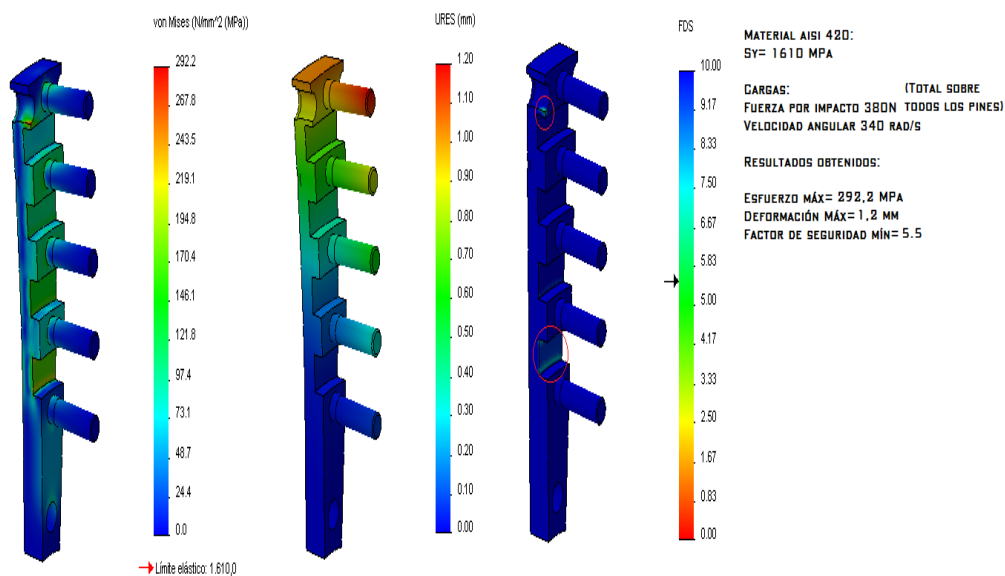


FIGURA 4.12 ESTUDIO DEL PRINCIPAL ELEMENTO DEL
MOLINO

4.10. Análisis de la Estructura Soporte del Molino con la Aplicación de la Herramienta Solidworks®.

Consideraciones:

- La estructura debe soportar los siguientes elementos: molino de pines, motor, tolva de recepción, tolva de descarga, acople, rodamientos, cojinetes y pernos de sujeción que en su totalidad forman un sistema con un peso de aproximadamente 2548 N.
- La estructura debe estar fija.

Alternativas planteadas ⁽¹⁰⁾:

1. Tubo cuadrado 40x2 mm
2. Perfil L 50x50x6 mm

Proceso de análisis:

- Con el programa Solidworks® se desarrolló el CAD que permite visualizar la distribución de los perfiles en dicha estructura.
- Mediante Solidworks Simulation® se realizó el análisis estático de las estructuras para verificar si las alternativas planteadas trabajan en óptimas condiciones cumpliendo las condiciones establecidas para su correcto funcionamiento.

Flujo de trabajo en Solidworks Simulation®:

Material: ASTM A36

Condiciones de borde: La base es fija

Cargas: 2548 N

Resultados obtenidos: (APÉNDICE I)

TABLA 29
RESULTADOS TUBO CUADRADO Y PERFIL ANGULAR

Descripción	Tensión Máxima (MPa)	Tensión Mínima (MPa)	Desplazamiento Máximo (mm)	Factor de seguridad mínimo
L 50x50x6	127,80	1,20	3,14	1,80
Tubo Cuadrado 40x2	68,30	0,10	3,42	3,70

De la tabla 29 se elige el perfil cuadrado ya que presenta un mayor factor de seguridad comparado con el perfil en ángulo.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE COSTOS.

5.1 Presupuesto para construcción del molino de pines.

Dentro del desarrollo conceptual, básico y de detalle del sistema de Molienda para planta productora de fertilizante, es importante que se muestre la lista de materiales y precios referenciales que aportan a la construcción del mismo.

Mediante tablas, se muestra a continuación los costos de materiales necesarios para la construcción del Molino de Pines, así como los costos de los elementos que han sido seleccionados, para luego ser utilizados.

Materiales Necesarios para la Construcción del Molino de Pines.

La tabla 30 detalla lo siguiente: La primera columna indica el número de elementos, la segunda el tipo de material, la tercera la especificación de cada material, la cuarta la cantidad de material a utilizar, la quinta el costo unitario y la última columna refleja el costo total.

TABLA 30
MATERIALES NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DEL MOLINO DE PINES

Materiales necesarios para la construcción del Molino de Pines						
N	Material Requerido	Especificaciones	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (dolares)	Costo Total (dolares)
1	Lamina de acero inoxidable	6x1220x2240 mm	2	Global	648,00	1296,00
2	Lamina de acero inoxidable	10x1220x2240 mm	1	Global	1130,40	1130,40
3	Lamina de acero inoxidable	20x1220x2240 mm	1	Global	2100,00	2100,00
4	Barra redonda de acero inoxidable	φ=20 mm	5	Global	86,28	431,40
5	Perno-Tuerca-Arandela Plana Estato	φ=16x40 mm	6	Global	1,90	11,40
6	no-Tuerca Arandela Plana Base Carc	φ=16x40 mm	4	Global	1,90	7,60
7	Tuerca De Compuerta	φ=20 mm	3	Global	2,43	7,29
8	Eje acero de transmision	φ=40 mm	1	Global	20,00	20,00
9	Chumacera Autoalineables GMC	φ=40 mm	2	Global	37,07	74,14
10	Cauchos aisladores	Bases	1	Global	12,00	12,00
11	Criba de acero inoxidable	φ=500 mm	1	Global	370,00	92,50
12	Motor eléctrico	Siemens 30 Hp	1	Global	1466,64	1466,64
13	Sistema de control eléctrico		1	Global	600,00	600,00
14	Acople flexible	φ=40 mm	1	Global	256,18	256,18
15	Perno Base motor	φ=20x35 mm	4	Global	4,60	18,40
16	Arandela Plana	φ=20 mm	4	Global	0,20	0,80
17	Arandela de presion	φ=20 mm	4	Global	0,67	2,68
18	Angulo L ASTM A36	50x50x6 mm	6	Global	32,61	195,66
19	Pintura Base	Anticorrosivo	1	Galon	45,30	45,30
20	Pintura Final	Poliuretano	1	Galon	25,00	25,00
21	Perno de anclaje base estructura	φ=20 mm	8	Global	4,00	32,00
TOTAL						7825,39

*Elaborado por Anell Borbor y Alex Crespo

Costo de Equipos.

En la tabla 32 se establece el costo por hora del equipo y se multiplica este valor por el rendimiento diario del mismo, el cual está en función de los kilogramos de trabajo efectuados, por lo tanto el costo que se obtiene se lo multiplica por el peso en kilogramos equivalentes a la parte física del molino de pines detallado a continuación en la tabla 31:

TABLA 31
PESO DE LOS ELEMENTOS DEL MOLINO DE PINES

N	Piezas	Detalle	Cantidad (kg)
1	Tolva Alimentacion	Soldadura y Corte	24,00
2	Tolva Descarga	Soldadura y Corte	56,00
3	Disco Rotor	Corte-Fresado	35,00
4	Disco Estator	Corte-Fresado	35,00
5	Carcasa	Corte-Plegado	82,50
6	Compuerta	Soldadura y Corte	88,60
7	Pines	Corte-Torneado	24,00
8	Estructura Base Motor	Soldadura y Corte	200,00
9	Estructura Base Molino	Soldadura y Corte	710,00
10	Manija de puerta	Corte-Doblado	2,00
11	Brida soporte eje-rotor	Soldadura y Corte	9,00
TOTAL			1266,10

*Elaborado por Anell Borbor y Alex Crespo

TABLA 32
COSTOS EQUIPOS

COSTOS EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	TAREA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO X KILOGRAMO	COSTO X KILOGRAMO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Máquina de Soldar	Sujección de elementos	1	0,50	0,50	0,05	0,03
Cortadora-Dobladora	Piezas de ensamble	1	0,50	0,50	0,03	0,02
Fresadora	Agujeros del disco rotor y estator	1	0,50	0,50	0,10	0,05
Torno	Maquinado de pines	1	0,50	0,50	0,10	0,05
TOTAL						0,14

*Elaborado por Anell Borbor y Alex Crespo

$$\text{COSTO EQUIPOS} = 0,14 * 1266,1 = 180,28$$

Costos de Mano de Obra.

Para determinar el costo de mano de obra, detallado en la tabla 33 se multiplica el valor que representa una hora de trabajo (en base a los salarios mínimos por ley que establece la contraloría general del estado) por el rendimiento diario de un trabajador, el cual está en función de los kilogramos de trabajo, por lo tanto este valor obtenido se multiplica por el peso en kilogramos del molino calculado anteriormente.

TABLA 33
COSTO DE MANO DE OBRA

COSTOS MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	TAREA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO X KILOGRAMO	COSTO X KILOGRAMO
(CATEGORIAS)		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro soldador	Tolva de alimentación y descarga, compuerta, carcasa, manija, estructuras en general	2,00	2,70	5,40	0,05	0,27
Ayudante	Ensamble	2,00	2,58	5,16	0,05	0,26
Fresador	Agujeros del disco rotor y estator	1,00	2,70	2,70	0,10	0,27
Tornero	Maquinado de Pines	1,00	2,70	2,70	0,10	0,27
Pintor	Estructura base	1,00	2,70	2,70	0,05	0,14
Eléctrico	Instalación de Motor	1,00	2,58	2,58	0,08	0,21
TOTAL						1,41

*Elaborado por Anell Borbor y Alex Crespo

$$\text{COSTO EQUIPOS} = 1,41 * 1266,1 = 1785,20$$

Costo de Transporte.

TABLA 34
COSTO TRANSPORTE

COSTOS TRANSPORTE		
Denominación	Costo flete (dólares)	Valor Contratado (dólares)
Transporte maquinas al taller	100,00	100,00
Transporte de material	100,00	100,00
TOTAL		200,00

*Elaborado por Anell Borbor y Alex Crespo

Costos Directos.

TABLA 35
VALOR TOTAL DE COSTOS DIRECTOS

COSTOS DIRECTOS	
Detalle	Costo (dólares)
Materiales	7825,39
Equipos	180,28
Mano de obra	1785,2
Transporte	200,00
TOTAL	9990,87

*Elaborado por Anell Borbor y Alex Crespo

Costos Indirectos.

Los costos indirectos representan los gastos ingenieriles, la utilidad, e imprevistos presentes en este tipo de proyectos.

Se ha considerado el 18% de los costos directos total como rubro sobre posibles imprevistos

Costos totales.

El costo total es el resultado de la suma de los costos directos más los costos indirectos

TABLA 36
COSTOS TOTALES

COSTO MOLINO DE PINES	
Detalle	Costo (dólares)
Costos directos	9990,87
Costos indirectos	1798,36
TOTAL	11789,23

*Elaborado por Anell Borbor y Alex Crespo

El total de la construcción del Molino pulverizador de pines para la fábrica productora de fertilizantes asciende a \$11789,23 (**ONCE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE DÓLARES CON VEINTE Y TRES CENTAVOS**).

5.2 Cronograma de la Construcción del Molino de Pines.

Para cumplir con el tiempo idóneo de construcción del molino de pines se deberá planificar y desarrollar un cronograma de ejecución de los Trabajos, tomando en cuenta la jornada laboral establecida en el lugar donde se ejecuten los mismos, teniendo presente además, ausentismos, accidentes, conflictos laborales, situaciones climáticas, vacaciones, domingos, festivos, cortes de energía y agua, tiempos muertos, y cualquier otro evento y/o condición que pudiese ocasionar una demora en la ejecución de los trabajos.

Este cronograma es la línea base del proyecto y sobre esta base se podrá realizar el seguimiento del cumplimiento a los trabajos contratados (APÉNDICE J).

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Luego de haber efectuado este trabajo de tesis se concluye lo siguiente:

1. Se han aplicado los conocimientos adquiridos durante el desarrollo académico. Se logró establecer el diseño funcional de la línea de producción de mezclas de fertilizantes inorgánicos con el diseño y selección y de los equipos que la componen.
2. Los materiales necesarios para la construcción del molino de pines se encuentran disponibles en el mercado nacional, así como también existe mano de obra y profesionales capacitados y competentes para desarrollar este tipo de proyectos. Contribuyendo de esta manera, a la disminución de la salida de divisas en el Ecuador.

3. En cuanto al análisis económico, los costos evaluados demuestran que la fabricación del molino de pines es viable, su implementación en la línea de producción reduce los gastos de las importaciones del fertilizante como producto terminado en estado de polvo.

4. Finalmente se puede concluir que este proyecto representa un impulso al desarrollo de las industrias dedicadas a la mezcla de fertilizantes inorgánicos, fomentando una competitividad que equilibre la alta demanda de calidad y cantidad de nutrientes para el suelo, en un país donde la agricultura es una de sus principales fuentes de ingreso económico.

Se recomienda lo siguiente:

1. Se recomienda realizar la fabricación del molino pulverizador de pines con la finalidad de validar los resultados teóricos obtenidos.

2. Se recomienda mantener el sistema de desempolvado planteado debido a que el fertilizante es un producto tóxico y nocivo para la salud humana. Es indispensable que se cumplan con las normas de seguridad adecuadas para las industrias dedicadas a la producción de mezclas de fertilizantes.

3. Se proyecta la posibilidad de una alterna utilización del molino de pines para implementarlo en una línea de producción cuyo producto final sea polvo, considerando que si se trata de un grado alimenticio los materiales para su construcción deberán ser de acero inoxidable.

4. En un posible mantenimiento del equipo, de ser necesario detener y abrir el molino, se debe verificar que esté completamente en reposo, el contacto de cualquier parte humana con el disco en movimiento puede causar daños irreparables.

PLANOS

APÉNDICES

APÉNDICE A:	CATÁLOGO DE ESPECIFICACIONES DE LAS CELDAS DE PESAJE
APÉNDICE B:	TABLAS USADAS DEL CATÁLOGO DE MARTIN
APÉNDICE B:	TABLAS USADAS PARA EL SISTEMA DE DESEMPOLVADO
APÉNDICE D:	CATÁLOGO DE VENTILADORES SOLER&PALAU
APÉNDICE E:	CATÁLOGO DE VÁLVULAS
APÉNDICE F:	FICHA TÉCNICA DEL CLORURO DE POTASIO
APÉNDICE G:	NORMAS UNE 17.102 CHAVETAS PARALELAS
APÉNDICE H:	RODAMIENTO SKF
APÉNDICE I:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DEL MOLINO DE PINES
APÉNDICE J:	CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL MOLINO DE PINES

BIBLIOGRAFÍA

- (1). Fertilizer Manual, UNIDO-IFDC, 3rd Edition, Kluwer Academic Publishers.
- (2). Amando Gómez, Joaquín Mitau, "Diseño y simulación de una mezcladora (80 Kg/semana) y dosificadora (1 Kg) de polvos finos (café, cacao, azúcar, leche, etc.), y construcción de un modelo" (Tesis, Facultad en Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Ejército, 2010).
- (3). Industrial Ventilation, A manual of recommends practice, American Conference of governmental Industrial Hygienists, ACOGIH 14Ed.
- (4). Manual de Martín.
- (5). Máquinas De Transporte Y Elevación, Zieliński, Ed. Estatal, Págs. 250-254.
- (6). Air Pollution Control de Cooper y Alley.
- (7). Joseph E. Shigley Y Charles R. Mischke, Diseño En Ingeniería Mecánica, 6ta Edición, Mcgraw-Hill, México 2002.
- (8). Bohler, Catálogo de Aceros Especiales Para Maquinar.
- (9). Skf, Catálogo de Rodamientos rígidos de bolas.
- (10). Dipac, Catálogo de Perfiles Estructurales.

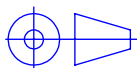
FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibujó:	02/07/2012	A. BORBOR
Revisó:	02/08/2012	Ing. MARTINEZ

PROYECTO:
DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTE
PULVERIZADO UTILIZANDO MOLINO DE PINES

PLANO No:

1



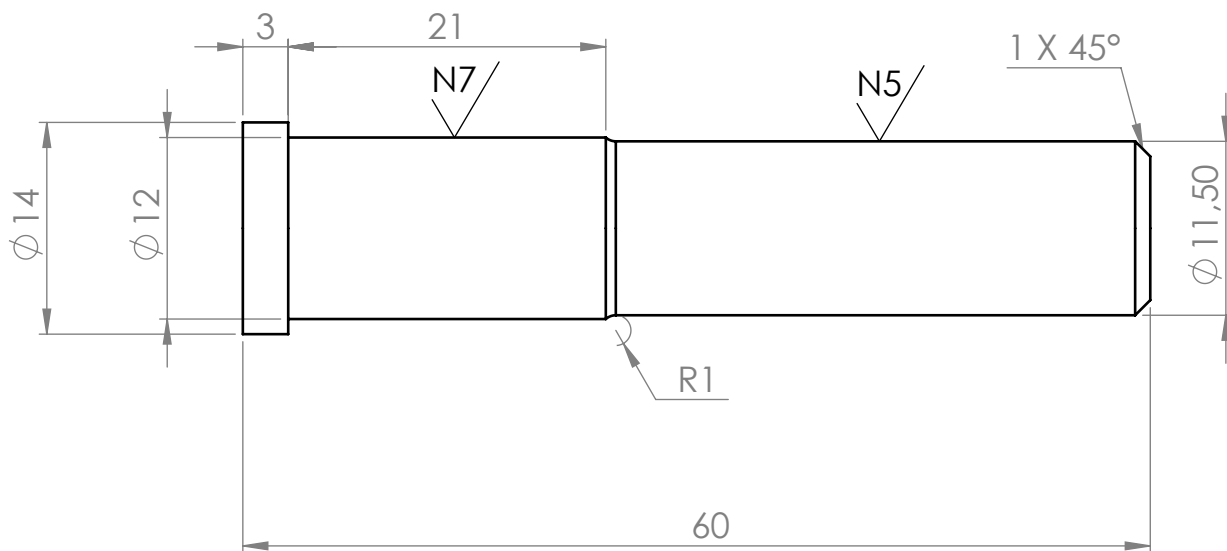
ESCALA:

CONTIENE:

DISTRIBUCIÓN LÍNEA

MATERIALES:

ÁREA (M2):
408



FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibujó:	02/07/2012	A. BORBOR
Revisó:	02/08/2012	Ing. MARTINEZ

PROYECTO:
DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTE
PULVERIZADO UTILIZANDO MOLINO DE PINES

PLANO No:

2



ESCALA:

2:1

CONTIENE:

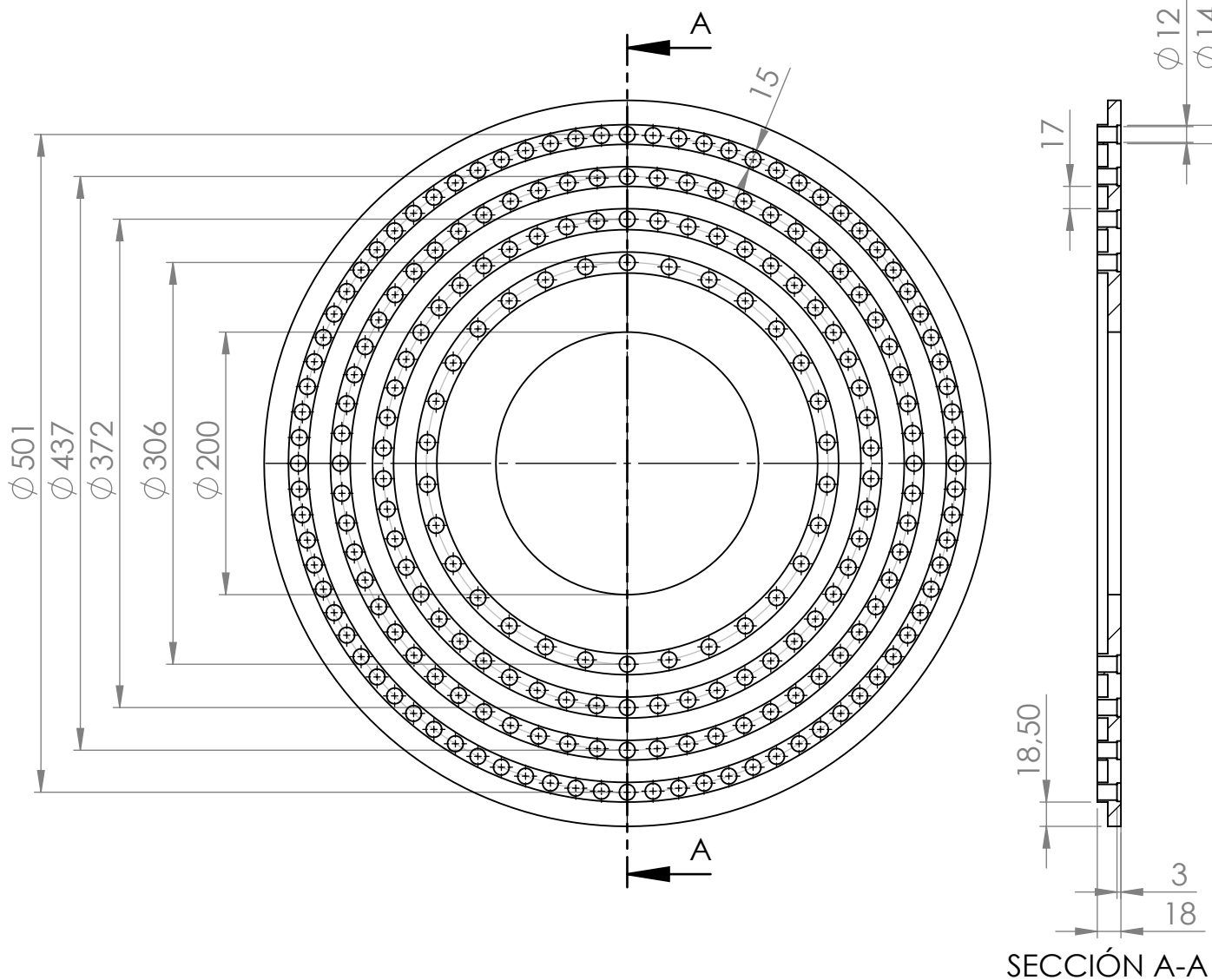
PIN

MATERIALES:

AISI 304

MASA (Kg):

0,052



FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibujó:	02/07/2012	A. BORBOR
Revisó:	02/08/2012	Ing. MARTINEZ

PROYECTO:
DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTE PULVERIZADO UTILIZANDO MOLINO DE PINES

PLANO No:

3

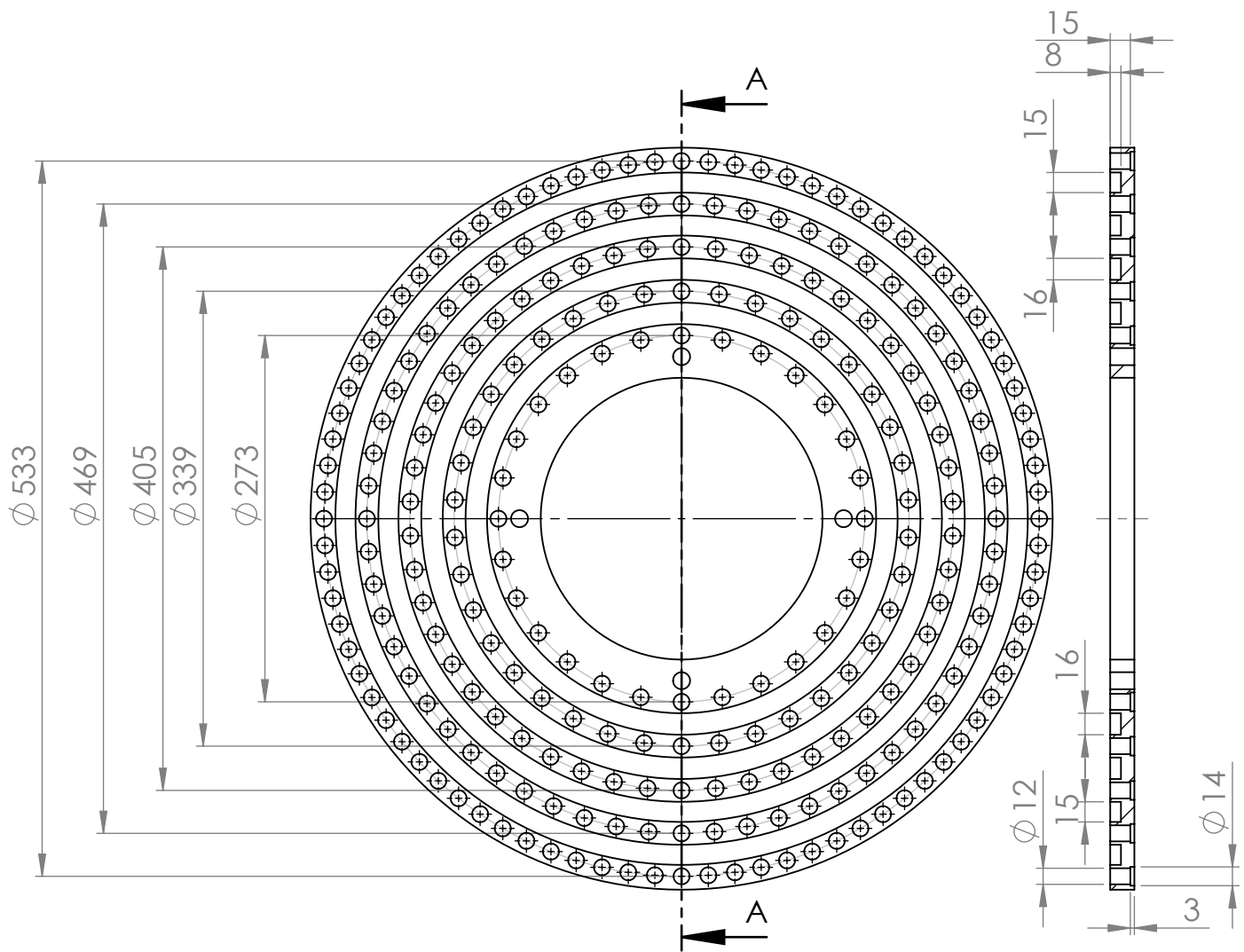


ESCALA:
1:5

CONTIENE:
DISCO ESTATOR

MATERIALES:
AISÍ 304

MASA (Kg):
0,052



SECCIÓN A-A

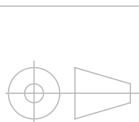
FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibujó:	02/07/2012	A. BORBOR
Revisó:	02/08/2012	Ing. MARTINEZ

PROYECTO:
DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTE
PULVERIZADO UTILIZANDO MOLINO DE PINES

PLANO No:

4



ESCALA:
1:5

CONTIENE:
DISCO ROTOR

MATERIALES:
AISI 304

MASA (Kg):
0,052

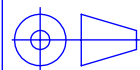
FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibujó:	02/07/12	A. BORBOR
Revisó:	02/08/12	Ing. MARTINEZ

PROYECTO:
DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES
PULVERIZADOS USANDO MOLINO DE PINES

PLANO No:

5



ESCALA:

1:30

CONTIENE:

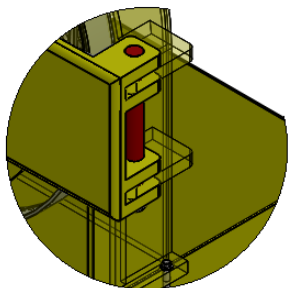
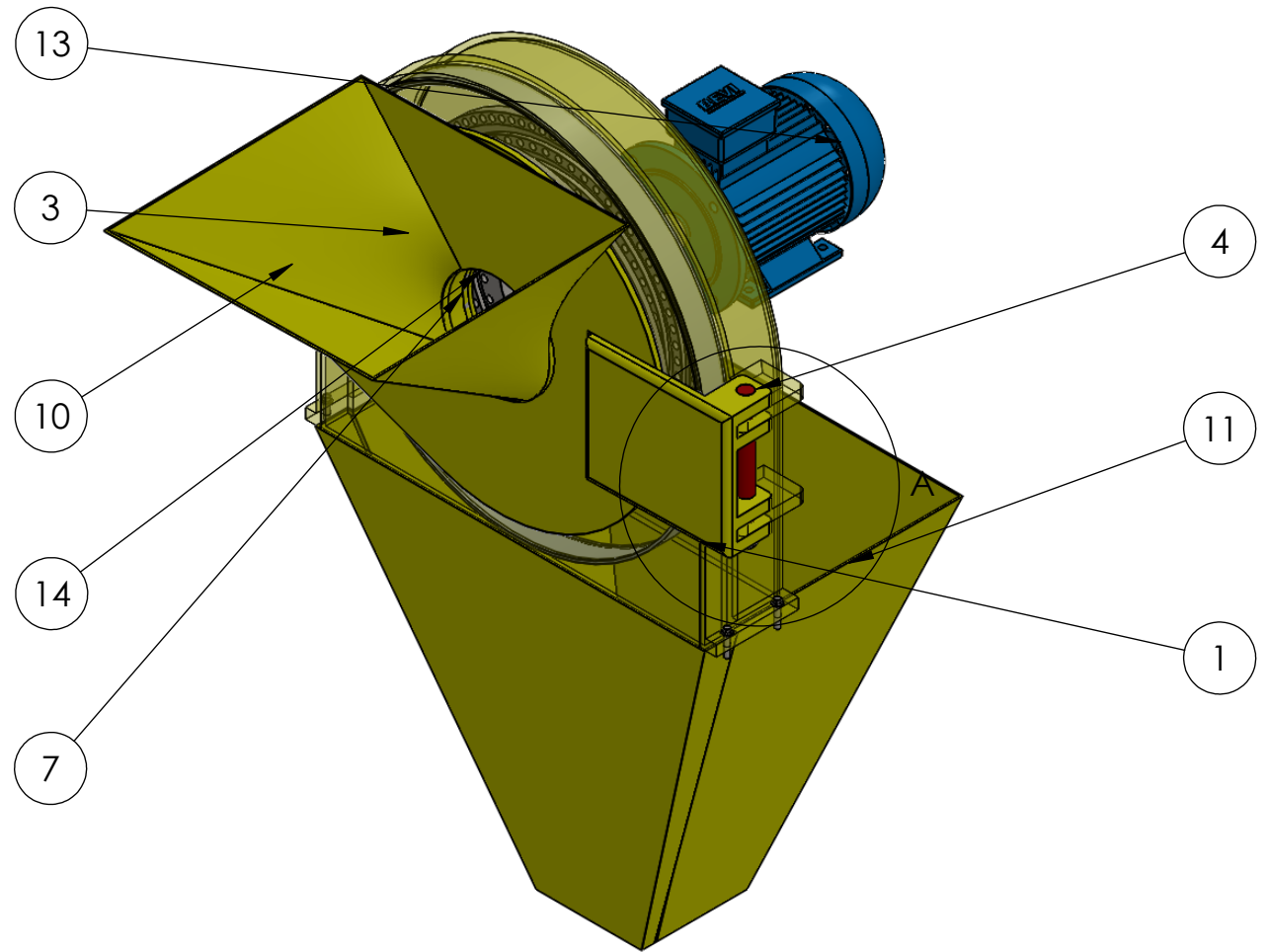
MOLINO DE PINES

MATERIALES:

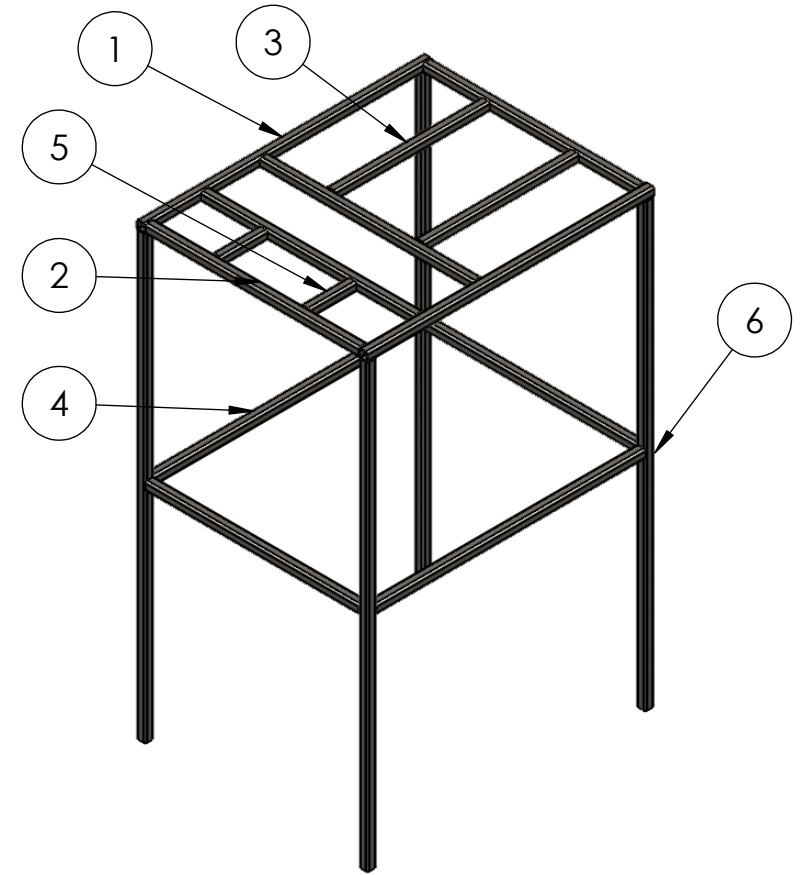
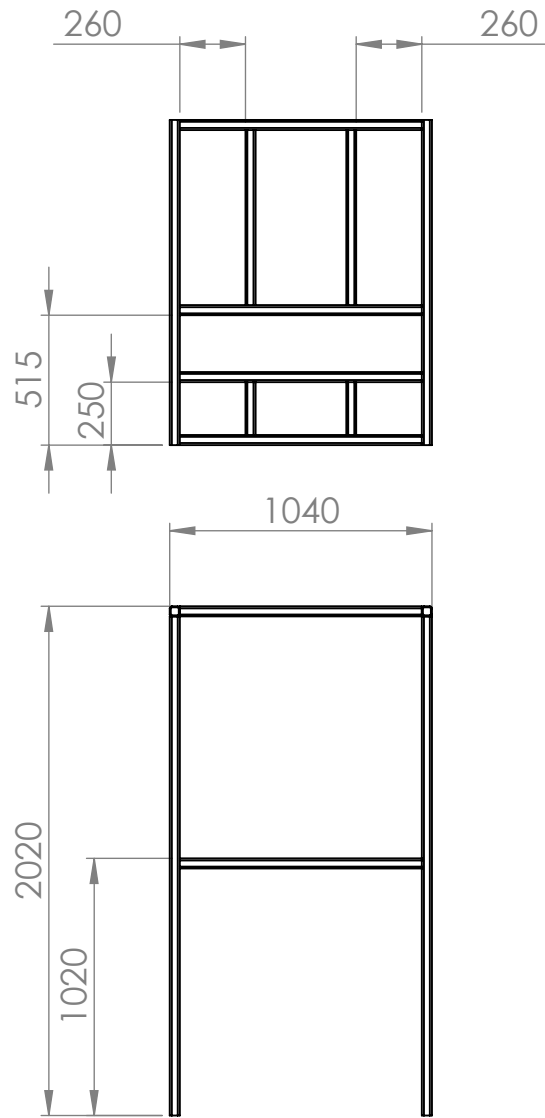
INOX 304

MASA (Kg):

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	carcasa	1
2	rotor	1
3	Pieza1^Ensamblaje1	1
4	Pasador	1
5	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M20 x 2.5 - -N	3
6	pasador accesorio	1
7	estator	1
8	eje	1
9	Criba	1
10	Tope	1
11	Tolva Inferior	1
12	B18.6.7M - M8 x 1.25 x 40 Indented HFMS -- 40N	4
13	2AL_100L-2_B3-B5-Bevi	1
14	Ducto Tolva	1
15	Manija	1
16	Brida	1
17	HEXTS 10-Indented head-D-20-N	4
18	acople	1



DETALLE A
ESCALA 1 : 10



N° DE ELEMENTO	CANT.	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	2	TUBO 40X40X2	1290
2	6	TUBO 40X40X2	960
3	2	TUBO 40X40X2	695
4	2	TUBO 40X40X2	1210
5	2	TUBO 40X40X2	210
6	4	TUBO 40X40X2	1980

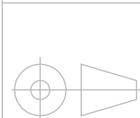
FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibujó:	02/07/12	A. BORBOR
Revisó:	02/08/12	Ing. MARTINEZ

PROYECTO:
DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES
PULVERIZADOS USANDO MOLINO DE PINES

PLANO No:

6



ESCALA:
1:30

CONTIENE:
SOPORTE DE MOLINO DE PINES

MATERIALES:
ASTM A36

MASA (Kg):
86,02

APÉNDICE A

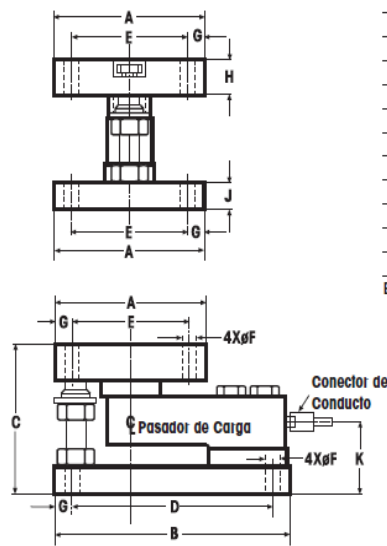
CATÁLOGO DE ESPECIFICACIONES DE LAS CELDAS DE PESAJE

Especificaciones de la Celda de Carga METTLER TOLEDO

Capacidad de la Celda de Carga	MÓDULOS ESTÁNDAR NIST H44 U.S. (lb)								MÓDULOS ESTÁNDAR OIML (kg)								
	250	500	1250	2500	5000	10,000	20,000	30,000	45,000	220	550	1100	2200	4400	9072	13,608	20,412
Número del Modelo	744	745			743			743	743	745			743			743	
Voltaje de Excitación (VDC o VAC rms)	15	15			15			15	15	15			15			15	
Salida Nominal (mV/V)	2.0 ±0.002	2.0 ±0.002			2.0 ±0.005			2.0 ±0.005	2.0 ±0.005	1.94 ±0.002			2.0 ±0.005			2.0 ±0.005	
Resistencia de Entrada (Ohms)	385 min	385 min			380 ±20			380 ±20	2200 ±100	385 min			380 ±20			2200 ±100	
Resistencia de Salida (Ohms)	350 ±2	350 ±2			350 ±2			2000 ±20	350 ±2	350 ±2			350 ±2			2200 ± 20	
Balance en Cero (mV/V)	±0.02	±0.02			±0.02			±0.02	±0.02	±0.02			±0.02			±0.02	
Error Combinado (% FSO)	<0.03	<0.03			<0.02			<0.02	<0.02	<0.017			<0.02			<0.02	
No-Repetibilidad (% FSO)	<0.01	<0.01			<0.01			<0.01	<0.01	<0.01			<0.01			<0.01	
Rastreo en 20 min. (% FSO)	<0.03	<0.03			<0.02			<0.02	<0.02	<0.025			<0.02			<0.02	
Rango de Comp. Temp.	-10 a +40°C	-10 a +40°C			-10 a +40°C			-10 a +40°C	-10 a +40°C	-10 a +40°C			-10 a +40°C			-10 a +40°C	
Rango de Oper. Seguro	-15 a +85°C	-15 a +85°C			-15 a +85°C			-15 a +85°C	-15 a +85°C	-15 a +85°C			-15 a +85°C			-15 a +85°C	
Efecto Temp. - Balance en Cero	0.10%/100°F	0.10%/100°F			0.11%/100°F			0.16%/100°F	0.16%/100°F	0.057%/40°C			0.093%/40°C			0.093%/40°C	
Deflexión en Cap. Nominal	0.01"	0.01"	0.01"	0.012"	0.012"	0.036"		0.065"	0.254 mm			0.91 mm			1.65 mm		
Largo de Cable Estándar	15'	15'			30'			30'	30'	4.57 m			9.14 m			9.14 m	
Material	17-4 PH SS	17-4 PH SS			17-4 PH SS			17-4 PH SS	17-4 PH SS	17-4 PH SS			17-4 PH SS			17-4 PH SS	
Cables y Calibres Tipo de Sello de Cavidad	Protegidos Medio Ambiental	Selladas Herméticamente			Selladas Herméticamente			Selladas Herméticamente	Selladas Herméticamente	Selladas Herméticamente			Selladas Herméticamente			Selladas Herméticamente	
Conectores de Cable Integrales	1/4-18NPT	1/4-18NPT			1/4-18NPT			1/4-18NPT	1/4-18NPT	1/4-18NPT			1/4-18NPT			1/4-18NPT	
Número de Certificado	Pendiente	92-108			88-008			88-008	88-008	TC2154			TC2977			TC2977	
Clase de Exactitud	NA	III			III			III	III o IIII	C3 R60			C3 R60			C3 R60	
Una Celda de Carga - Nmax	NA	3000d			5000			5000d III	5000d IIII	3000d			3000d			3000d	
Múltiples Celdas de Carga - Nmax	NA	5000d			5000			5000d III	5000d IIII								
Vmin	NA	0.07	0.175	0.35	0.70	1.40	2.80	4.20	6.40	0.022	0.056	0.113	0.226	0.440	1.5	2.27	3.4
Carga Muerta Min.	0	0			200			200	200	0			50			75	100
Sobrecarga Segura (% FSO)	150	150			150			150	150	150			150			150	
Sobrecarga Final (% FSO)	300	300			300			300	300	300			300			300	
Carga Lateral Segura (% FSO)	100	100			100			100	100	100			100			100	

Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso.

Dimensiones FLEXMOUNT



Capacidad	MÓDULOS ESTÁNDAR NIST H44 U.S. (lb)					MÓDULOS ESTÁNDAR OIML (kg)				
	250-5000	10,000	20,000	30,000	45,000	550-2200	4400	9072	13,608	20,412
Unidad de Medida	pulgadas	pulgadas	pulgadas	pulgadas	pulgadas	mm	mm	mm	mm	mm
A	4.5	6	8	9	114	152	203	229		
B	7	9.25	14	16	178	235	356	406		
C	4.125	5.375	7.5	9	105	137	191	229		
D	6	7.25	12	13.5	152	184	305	343		
E	3.5	4	6	6.5	88.9	102	152	165		
F	0.4375	0.6875	0.8125	1.125	11.1	17.5	20.6	28.6		
G	0.5	1	1	1.25	12.7	25.4	25.4	31.7		
H	1	1.25	1.75	2	25.4	31.8	44.5	50.8		
J	0.75	1	1.75	2	19.1	25.4	44.5	50.8		
K	2	2.5625	3.8125	4.5	50.8	65.1	96.8	114		

Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso.

APÉNDICE B

TABLAS USADAS DEL CÁLOGO DE MARTIN

Table 1-6

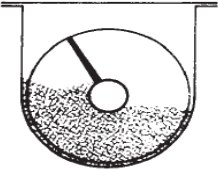
Trough Loading	Screw Dia. Inch	Capacity Cubic Feet Per Hour (Full Pitch)		Max. RPM	
		At One RPM	At Max RPM		
45%		4	0.62	114	184
		6	2.23	368	165
		9	8.20	1270	155
		10	11.40	1710	150
		12	19.40	2820	145
		14	31.20	4370	140
		16	46.70	6060	130
		18	67.60	8120	120
		20	93.70	10300	110
		24	164.00	16400	100
		30	323.00	29070	90

Table 1-7

Maximum Lump Size Table					
Screw Diameter Inches	Pipe *O.D. Inches	Radial Clearance Inches Δ	Class I 10% Lumps Max. Lump, Inch	Class II 25% Lumps Max. Lump, Inch	Class III 95% Lumps Max. Lump, Inch
6	2 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{1}{16}$	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
9	2 $\frac{3}{8}$	3 $\frac{1}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
9	2 $\frac{3}{8}$	3 $\frac{1}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
12	2 $\frac{7}{8}$	5 $\frac{1}{16}$	2 $\frac{3}{4}$	2	1
12	3 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{3}{4}$	2	1
12	4	4 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{4}$	2	1
14	3 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$
14	4	5 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$
16	4	6 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{2}$
16	4 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{2}$
18	4	7 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{4}$	3	1 $\frac{3}{4}$
18	4 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{4}$	3	1 $\frac{3}{4}$
20	4	8 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{3}{4}$	3 $\frac{1}{2}$	2
20	4 $\frac{1}{2}$	8 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{3}{4}$	3 $\frac{1}{2}$	2
24	4 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{1}{4}$	6	3 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{1}{2}$
30	4 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{1}{4}$	8	5	3

Table 1-8

Component Group 1					
Screw Diameter Inches	Coupling Diameter Inches	Screw Number		Thickness, U.S. Standard Gauge or Inches	
		Helicoid Flights	Sectional Flights	Trough	Cover
6	1 $\frac{1}{2}$	6H304	6S307	16 Ga.	16 Ga.
9	1 $\frac{1}{2}$	9H306	9S307	14 Ga.	14 Ga.
9	2	9H406	9S409	14 Ga.	14 Ga.
12	2	12H408	12S409	12 Ga.	14 Ga.
12	2 $\frac{1}{8}$	12H508	12S509	12 Ga.	14 Ga.
14	2 $\frac{1}{8}$	14H508	14S509	12 Ga.	14 Ga.
16	3	16H610	16S612	12 Ga.	14 Ga.
18	3	—	18S612	10 Ga.	12 Ga.
20	3	—	20S612	10 Ga.	12 Ga.
24	3 $\frac{1}{8}$	—	24S712	10 Ga.	12 Ga.
30	3 $\frac{1}{8}$	—	30S712	10 Ga.	12 Ga.

Table 1-9

Component Group 2					
Screw Diameter Inches	Coupling Diameter Inches	Screw Number		Thickness, U.S. Standard Gauge or Inches	
		Helicoid Flights	Sectional Flights	Trough	Cover
6	1½	6H308	6S309	14 Ga.	16 Ga.
9	1½	9H312	9S309	10 Ga.	14 Ga.
9	2	9H412	9S412	10 Ga.	14 Ga.
12	2	12H412	12S412	¾ In.	14 Ga.
12	2⅞	12H512	12S512	¾ In.	14 Ga.
12	3	12H614	12S616	¾ In.	14 Ga.
14	2⅞	—	14S512	¾ In.	14 Ga.
14	3	14H614	14S616	¾ In.	14 Ga.
16	3	16H614	16S616	¾ In.	14 Ga.
18	3	—	18S616	¾ In.	12 Ga.
20	3	—	20S616	¾ In.	12 Ga.
24	3⅞	—	24S716	¾ In.	12 Ga.
30	3⅞	—	30S716	¾ In.	12 Ga.

Table 1-10

Component Group 3					
Screw Diameter Inches	Coupling Diameter Inches	Screw Number		Thickness, U.S. Standard Gauge or Inches	
		Helicoid Flights	Sectional Flights	Trough	Cover
6	1½	6H312	6S312	10 Ga.	16 Ga.
9	1½	9H312	9S312	¾ In.	14 Ga.
9	2	9H414	9S416	¾ In.	14 Ga.
12	2	12H412	12S412	¼ In.	14 Ga.
12	2⅞	12H512	12S512	¼ In.	14 Ga.
12	3	12H614	12S616	¼ In.	14 Ga.
14	3	—	14S624	¼ In.	14 Ga.
16	3	—	16S624	¼ In.	14 Ga.
18	3	—	18S624	¼ In.	12 Ga.
20	3	—	20S624	¼ In.	12 Ga.
24	3⅞	—	24S724	¼ In.	12 Ga.
30	3⅞	—	30S724	¼ In.	12 Ga.

Table 1-11

Hanger Bearing Selection				
Bearing Component Groups	Bearing Types	Recommended Coupling Shaft Material Δ	Max. Recommended Operating Temperature	F _b
B	Ball	Standard	180°F	1.0
L	Bronze	Standard	300°F	
S	<i>Martin</i> Bronze*	Standard	850°F	2.0
	Graphite Bronze	Standard	500°F	
	Oil Impreg. Bronze	Standard	200°F	
	Oil Impreg. Wood	Standard	160°F	
	Nylatron	Standard	250°F	
	Nylon	Standard	160°F	
	Teflon	Standard	250°F	
	UHMW	Standard	225°F	
	Melamine (MCB)	Standard	250°F	
Ertalyte®	Standard	200°F		
Urethane	Standard	200°F		
H	<i>Martin</i> Hard Iron*	Hardened	500°F	3.4
	Hard Iron	Hardened	500°F	4.4
	Hard Surfaced	Hardened or Special	500°F	
	Stellite	Special	500°F	
Ceramic	Special	1,000°F		

Table 1-12

Conveyor Diameter Factor, F_d			
Screw Diameter Inches	Factor F_d	Screw Diameter Inches	Factor F_d
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300

Table 1-13

Hanger Bearing Factor F_b		
Bearing Type		Hanger Bearing Factor F_b
B	Ball	1.0
L	<i>Martin</i> Bronze	2.0
S	*Graphite Bronze *Melamine *Oil Impreg. Bronze *Oil Impreg. Wood *Nylatron *Nylon *Teflon *UHMW *Ertalyte® *Urethane	2.0
H	* <i>Martin</i> Hard Iron *Hard Surfaced *Stellite *Ceramic	3.4 4.4

*Non lubricated bearings, or bearings not additionally lubricated.

Table 1-14
Flight Factor, F_f

Flight Type	F_f Factor for Percent Conveyor Loading			
	15%	30%	45%	95%
Standard	1.0	1.0	1.0	1.0
Cut Flight	1.10	1.15	1.20	1.3
Cut & Folded Flight	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Ribbon Flight	1.05	1.14	1.20	—
*Not Recommended				

Table 1-15

Paddle Factor F_p					
Standard Paddles per Pitch, Paddles Set at 45° Reverse Pitch					
Number of Paddles per Pitch	0	1	2	3	4
Paddle Factor — F_p	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

Table 1-16

F_o — Overload Factor

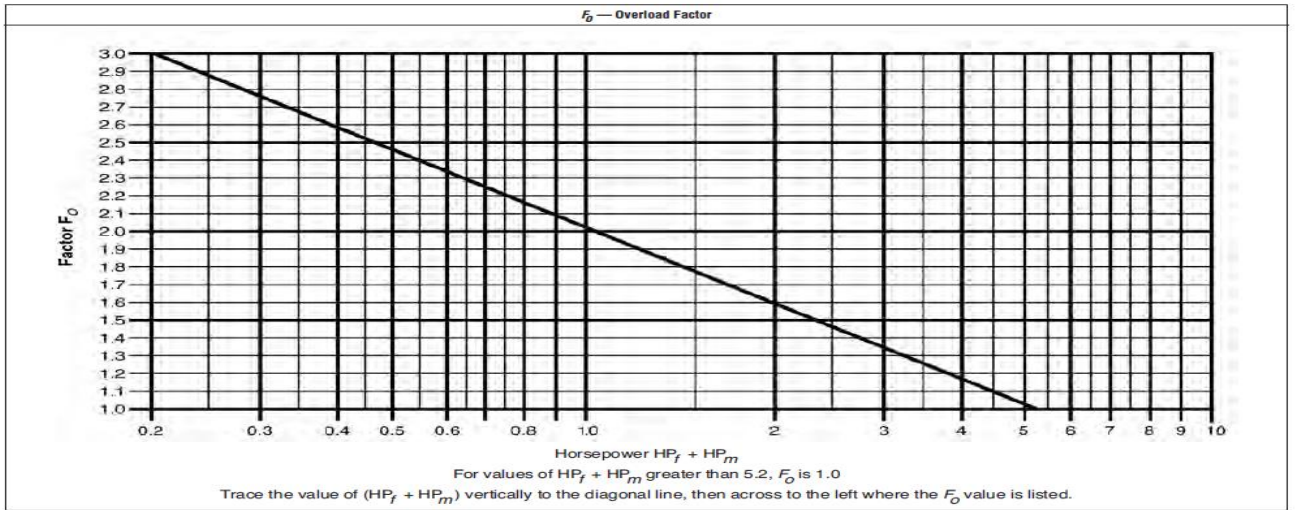


Table 1-17

e Drive Efficiency Factor

Screw Drive or Shaft Mount w/ V-Belt Drive	V-Belt to Helical Gear and Coupling	Gearmotor w/ Coupling	Gearmotor w/ Chain Drive	Worm Gear
.88	.87	.95	.87	Consult Manufacturer

Table 1-18

Coupling	Pipe		Couplings		Bolt Dia. In.	Bolts				
	Sch. 40		Torque in Lbs.*			Bolts in Shear in Lbs. ▲		Bolts in Bearing in Lbs.		
	Shaft Dia. In.	Size In.	Torque In. Lbs.	CEMA Std. (C-1018)		Martin Std. (C-1045)	No. of Bolts Used		No. of Bolts Used	
							2	3	2	3
1	1½	3,140	<u>820</u>	999	¾	1,380	2,070	1,970	2,955	
1½	2	7,500	<u>3,070</u>	3,727	½	3,660	5,490	5,000	7,500	
2	2½	14,250	<u>7,600</u>	9,233	¾	7,600	11,400	7,860	11,790	
2½	3	23,100	15,090	18,247	¾	<u>9,270</u>	13,900	11,640	17,460	
3	3½	32,100	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	<u>15,540</u>	23,310	
3	4	43,000	28,370	34,427	¾	<u>16,400</u>	24,600	25,000	37,500	
3½	4	43,300	42,550	51,568	¾	25,600	38,400	<u>21,800</u>	32,700	

▲ Values shown are for A307-64, Grade 2 Bolts. Values for Grade 5 Bolts are above x 2.5
*Values are for unheattreated shafts.

Table 1-19

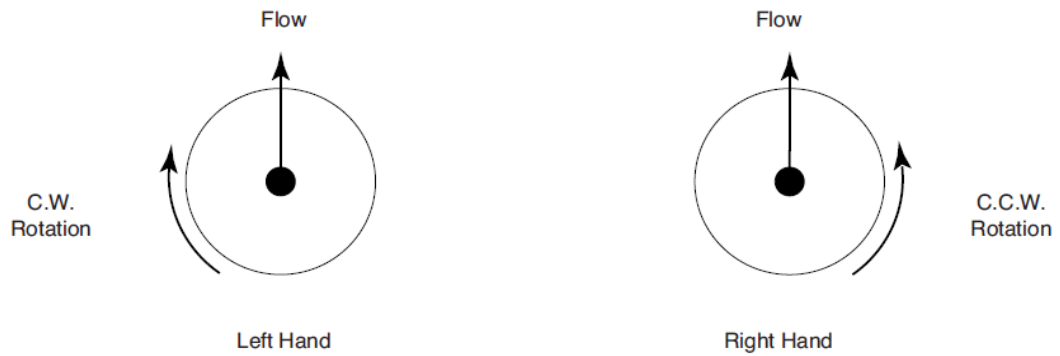
Coupling	Pipe		Couplings		Bolt Dia. In.	Bolts				
	Shaft Dia. In.	Size In.	H.P. per R.P.M.	H.P. per R.P.M.		Bolts in Shear H.P. per R.P.M. ▲		Bolts in Bearing H.P. per R.P.M.		
				H.P. per R.P.M.		No. of Bolts Used		No. of Bolts Used		
				CEMA Std. (C-1018)		Martin Std. (C-1045)	2	3	2	3
1	1½	.049	<u>.013</u>	.016	¾	.021	.032	.031	.046	
1½	2	.119	<u>.048</u>	.058	½	.058	.087	.079	.119	
2	2½	.226	<u>.120</u>	.146	¾	.120	.180	.124	.187	
2½	3	.366	.239	.289	¾	<u>.147</u>	.220	.184	.277	
3	3½	.509	.450	.546	¾	.260	.390	<u>.246</u>	.369	
3	4	.682	.450	.546	¾	<u>.260</u>	.390	.396	.595	
3½	4	.682	.675	.818	¾	.406	.609	<u>.345</u>	.518	

▲ Values shown are for A307-64, Grade 2 Bolts.

Table 1-20 Schedule 40 Pipe

Pipe Size	2"	2½"	3"	3½"	4"	5"	6"	8"	10"
I	.666	1.53	3.02	4.79	7.23	15.2	28.1	72.5	161

Conveyor Screw Rotation

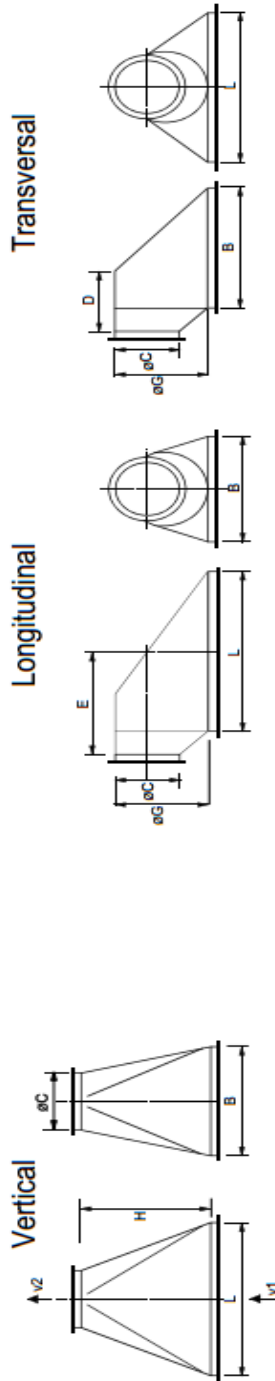


The above diagrams are a simple means of determining screw rotation. When the material flow is in the direction away from the end being viewed, a R.H. screw will turn counter clockwise and a L.H. screw will turn clockwise rotation as shown by the arrows.

APÉNDICE C

TABLAS USADAS PARA EL SISTEMA DE DESEMPOLVADO

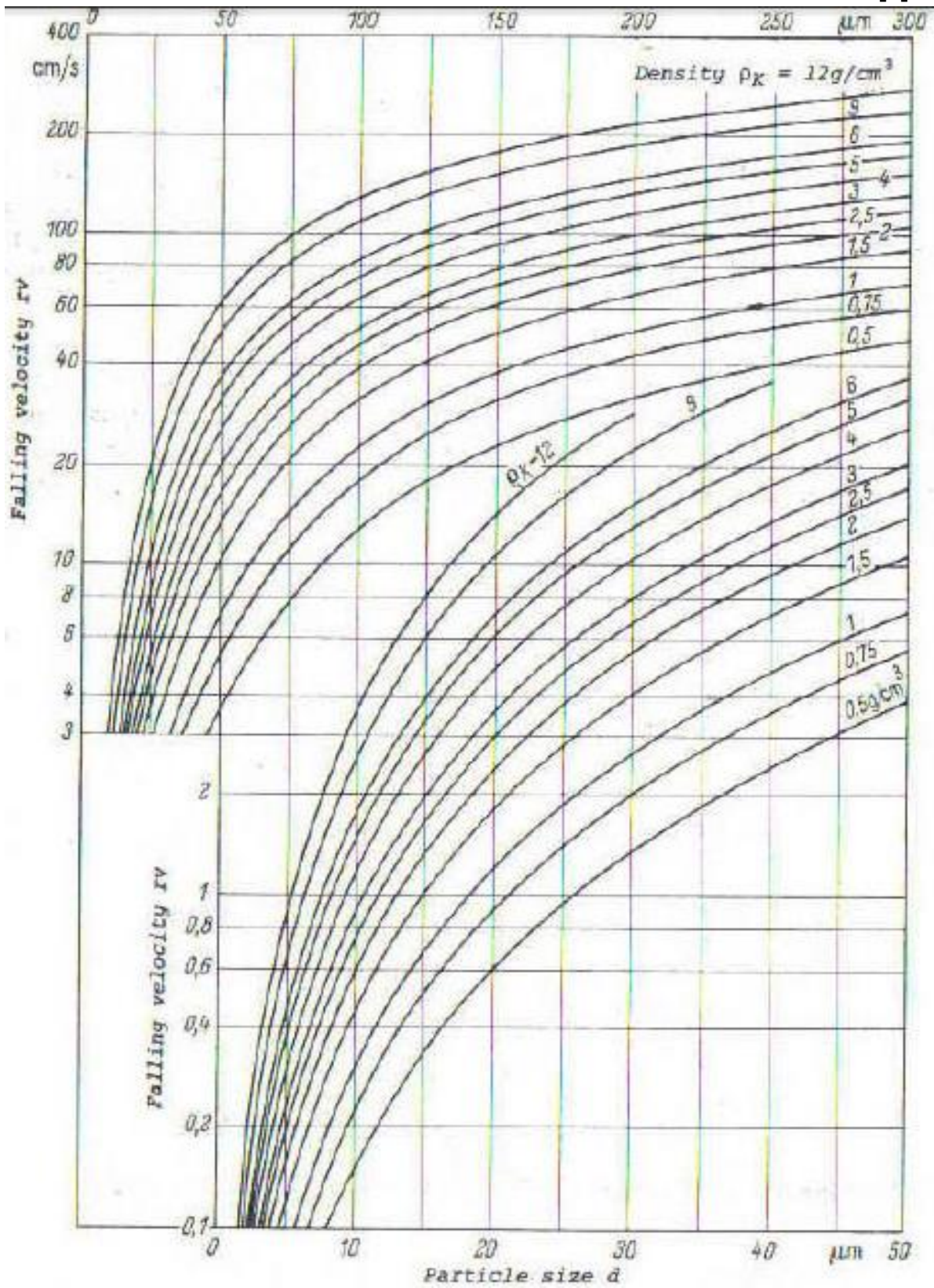
CATÁLOGO PARA FABRICACIÓN DE CAMPANAS EXTRACTORAS [1]



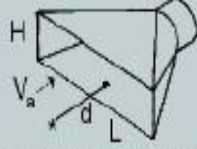
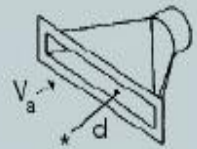
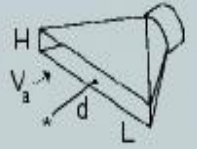
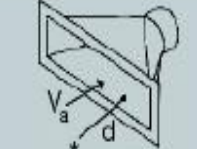
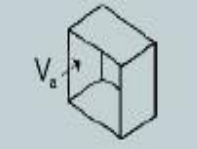
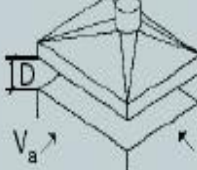
Air Quantity	v1	v2	L	B	H	ØC	ØG	L	B	E	D
m ³ /h	ms-1	ms-1	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
250	1.40	18.0	260	190	165	70.0 *	97	260	190	157.0	122.0
500	1.40	17.5	370	270	235	100.5 *	143	370	270	227.0	177.5
750	1.40	17.0	450	330	280	125.0 *	178	450	330	278.0	218.0
1000	1.40	17.2	520	380	325	143.5 *	207	520	380	323.5	253.5
1250	1.40	17.7	580	425	365	158.0	233	580	425	365.0	287.5
1500	1.44	17.9	630	460	400	172.0	253	630	460	396.0	311.0
1750	1.43	17.9	680	500	430	186.0	276	680	500	430.0	340.0
2000	1.39	17.9	740	540	470	198.0	299	740	540	471.0	371.0
2500	1.41	18.0	820	600	520	222.0	334	820	600	522.0	412.0
3000	1.40	17.9	900	660	570	244.0	368	900	660	574.0	454.0
3500	1.44	17.8	960	700	610	262.0	391	960	700	609.0	479.0
4000	1.40	18.0	1040	760	660	280.0	426	1040	760	666.0	526.0
4500	1.42	17.9	1100	800	700	298.0	449	1100	800	701.0	557.0
5000	1.42	17.9	1150	850	740	314.0	475	1150	850	739.0	589.0
6000	1.42	17.9	1260	930	800	344.0	524	1260	930	810.0	645.0

*Commercial Pipes and Bends
 Sheet Thickness for Suction Hoods and Ducts: 3-4mm
 Intake Velocity at Hoods according to Above Table: $V_1 \approx 1.4\text{m/s}$
 Air Velocity in Dedusting Duct: $V_2 \geq 18\text{m/s}$

CAPTACIÓN DE AIRE CONTAMINADO EN CAMPANAS EXTRACTORAS [2]



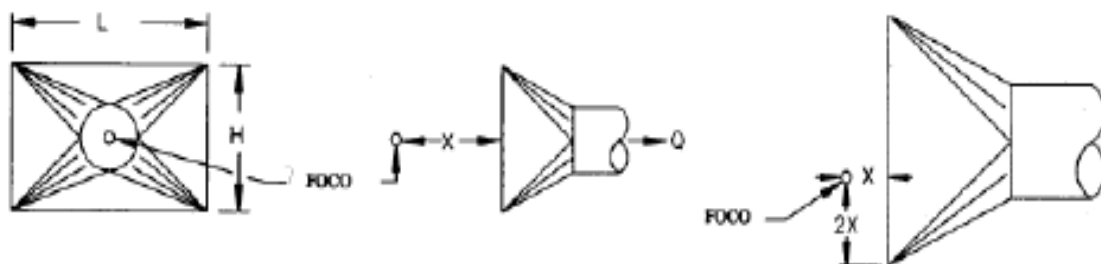
CAPTACIÓN DE AIRE CONTAMINADO EN CAMPANAS EXTRACTORAS [3]

CAPTACION DE AIRE CONTAMINADO			
TIPO DE BOCA	ABERTURA	DIMENS.	CAUDAL NECESARIO
 <p>V_a = Velocidad aire captación</p>	RANJURA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 13500 V_a Ld$
	RANJURA CON BRIDA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 10000 V_a Ld$
	A CANTO VIVO	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 3600 V_a (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CANTO CON BRIDA	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 2750 V_a (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CABINA	De acuerdo a la función	$Q = 3600 V_a S$
	CAMPANA	De acuerdo a la función	$Q = 5000 V_a PD$ $P = \text{Perímetro [m]}$

d, H, L [m]; V [m/s]; * = Punto contaminación; Q [m³/h]

Fig. 14

CAUDAL EN CAMPANAS EXTRACTORAS [4]

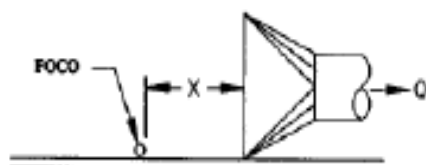


CAMPANA LIBREMENTE SUSPENDIDA

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

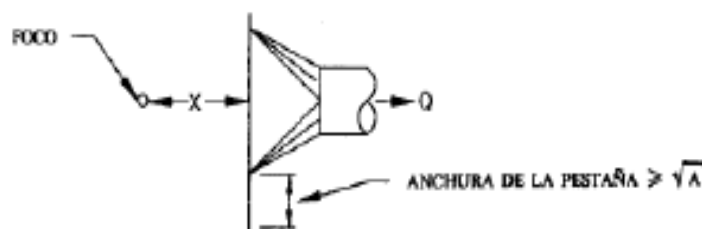
CAMPANA GRANDE

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

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

CAMPANAS SUSPENDIDAS

(CAMPANAS PEQUEÑAS DE ASPIRACIÓN LATERAL)

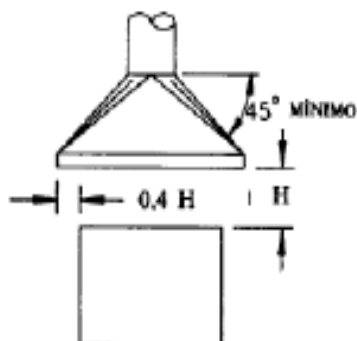
Q = CAUDAL DE ASPIRACIÓN REQUERIDO, m³/s.

X = DISTANCIA DESDE LA BOCA DE LA CAMPANA HASTA EL FONDO MÁS ALBIADO DE LIBERACIÓN DEL CONTAMINANTE, m.

A = ÁREA DE LA BOCA DE LA CAMPANA, m².

V = VELOCIDAD DE CAPTURA A DISTANCIA, m/s.

NOTA: EL CAUDAL DE ASPIRACIÓN DEBE INCREMENTARSE PROPORCIONALMENTE AL CUADRADO DE LA DISTANCIA A LA CAMPANA. EL APANTALLAMIENTO MEDIANTE PESTAÑAS O COLOCANDO LA CAMPANA SOBRE UNA MESA, EL SUELO, ETC. TIENE UN EFECTO BENEFICIOSO.



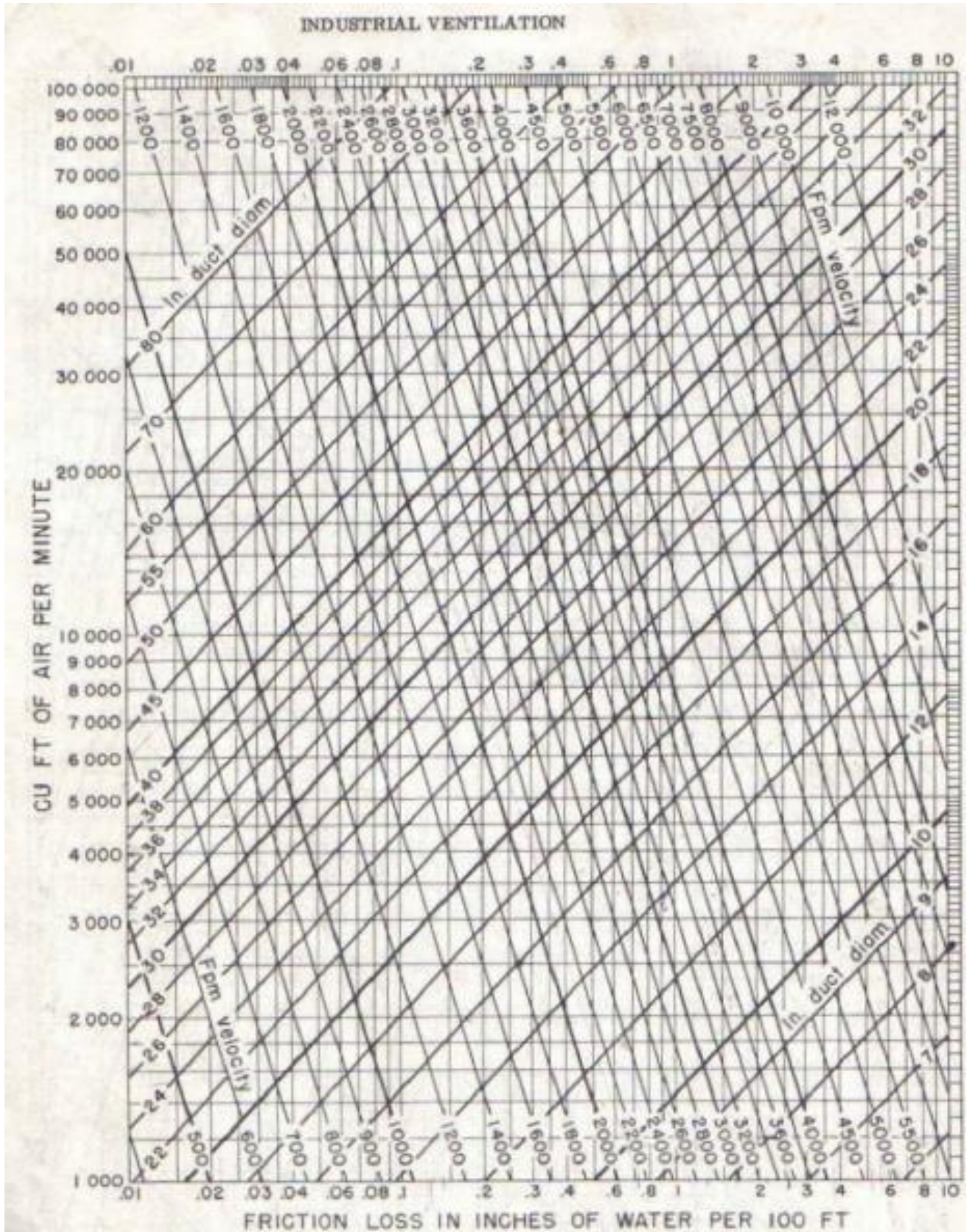
CAMPANA ELEVADA

$$Q = 1,4 PHV \quad (P = \text{PERÍMETRO DE LA CUBA, m})$$

NO RECOMENDADO SI LOS TRABAJADORES DEBEN INCLINARSE SOBRE EL FOCO. V VARÍA ENTRE 0,25 Y 2,5 m/s EN FUNCIÓN DE LAS CORRIENTES DE AIRE TRANSVERSALES.

ES RECOMENDABLE INSTALAR PANTALLAS LATERALES EN DOS O TRES LADOS PARA CREAR UNA CABINA O SEMICABINA

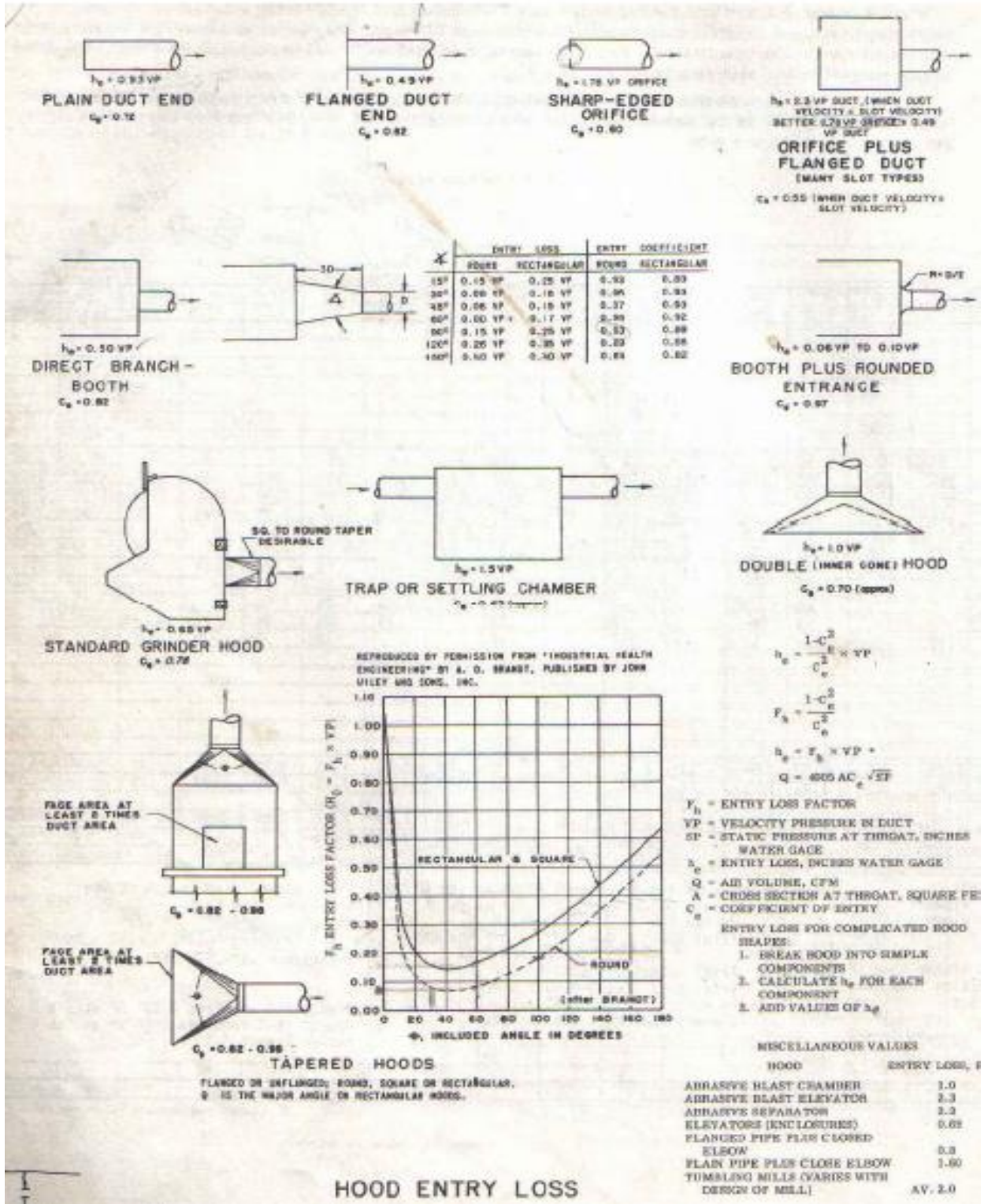
FACTOR DE PÉRDIDA EN DUCTOS CIRCULARES [5]



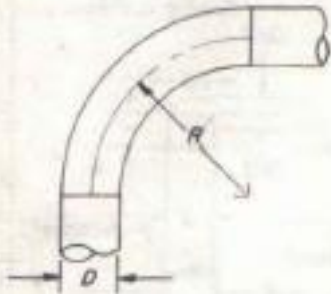
PRESIÓN DINÁMICA PARA DIFERENTES VELOCIDADES [6]

VELOCITY PRESSURES FOR DIFFERENT VELOCITIES - STANDARD AIR											
FROM: $V = 4005 \sqrt{VP}$						V = VELOCITY FPM VP = VELOCITY PRESSURE, INCHES OF WATER					
VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V
0.01	400	0.52	2088	1.03	4064	1.54	4970	2.05	5734	3.10	7051
0.02	596	0.53	2916	1.04	4084	1.55	4986	2.06	5748	3.20	7164
0.03	694	0.54	2943	1.05	4103	1.56	5002	2.07	5762	3.30	7275
0.04	801	0.55	2970	1.06	4123	1.57	5018	2.08	5776	3.40	7385
0.05	896	0.56	2997	1.07	4142	1.58	5034	2.09	5790	3.50	7492
0.06	981	0.57	3024	1.08	4162	1.59	5050	2.10	5804	3.60	7599
0.07	1060	0.58	3050	1.09	4181	1.60	5066	2.11	5817	3.70	7704
0.08	1133	0.59	3076	1.10	4200	1.61	5082	2.12	5831	3.80	7807
0.09	1201	0.60	3102	1.11	4219	1.62	5098	2.13	5845	3.90	7909
0.10	1266	0.61	3127	1.12	4238	1.63	5114	2.14	5859	4.00	8010
0.11	1328	0.62	3153	1.13	4257	1.64	5129	2.15	5872	4.10	8109
0.12	1387	0.63	3179	1.14	4276	1.65	5144	2.16	5886	4.20	8208
0.13	1444	0.64	3204	1.15	4295	1.66	5160	2.17	5899	4.30	8305
0.14	1498	0.65	3229	1.16	4314	1.67	5175	2.18	5913	4.40	8401
0.15	1551	0.66	3254	1.17	4332	1.68	5191	2.19	5927	4.50	8496
0.16	1602	0.67	3279	1.18	4350	1.69	5206	2.20	5940	4.60	8590
0.17	1651	0.68	3303	1.19	4368	1.70	5222	2.21	5954	4.70	8683
0.18	1699	0.69	3327	1.20	4386	1.71	5237	2.22	5967	4.80	8774
0.19	1746	0.70	3351	1.21	4405	1.72	5253	2.23	5981	4.90	8865
0.20	1791	0.71	3375	1.22	4423	1.73	5268	2.24	5994	5.00	8955
0.21	1835	0.72	3398	1.23	4442	1.74	5283	2.25	6008	5.10	9044
0.22	1879	0.73	3422	1.24	4460	1.75	5298	2.26	6021	5.20	9133
0.23	1921	0.74	3445	1.25	4478	1.76	5313	2.27	6034	5.30	9220
0.24	1962	0.75	3468	1.26	4495	1.77	5328	2.28	6047	5.40	9307
0.25	2003	0.76	3491	1.27	4513	1.78	5343	2.29	6061	5.50	9392
0.26	2042	0.77	3514	1.28	4531	1.79	5359	2.30	6074	5.60	9477
0.27	2081	0.78	3537	1.29	4549	1.80	5374	2.31	6087	5.70	9562
0.28	2119	0.79	3560	1.30	4566	1.81	5388	2.32	6100	5.80	9645
0.29	2157	0.80	3582	1.31	4583	1.82	5403	2.33	6113	5.90	9728
0.30	2193	0.81	3604	1.32	4601	1.83	5418	2.34	6128	6.00	9810
0.31	2230	0.82	3625	1.33	4619	1.84	5433	2.35	6140	6.10	9891
0.32	2260	0.83	3657	1.34	4636	1.85	5447	2.36	6153	6.20	9972
0.33	2301	0.84	3669	1.35	4653	1.86	5462	2.37	6166	6.30	10052
0.34	2335	0.85	3690	1.36	4671	1.87	5477	2.38	6179	6.40	10132
0.35	2369	0.86	3709	1.37	4688	1.88	5491	2.39	6192	6.50	10210
0.36	2403	0.87	3729	1.38	4705	1.89	5506	2.40	6205	6.60	10289
0.37	2436	0.88	3758	1.39	4722	1.90	5521	2.41	6217	6.70	10366
0.38	2469	0.89	3779	1.40	4739	1.91	5535	2.42	6230	6.80	10444
0.39	2501	0.90	3800	1.41	4756	1.92	5550	2.43	6243	6.90	10520
0.40	2533	0.91	3821	1.42	4773	1.93	5564	2.44	6256	7.00	10596
0.41	2563	0.92	3842	1.43	4790	1.94	5579	2.45	6269	7.50	10968
0.42	2595	0.93	3863	1.44	4806	1.95	5593	2.46	6282	8.00	11328
0.43	2626	0.94	3884	1.45	4823	1.96	5608	2.47	6294	8.50	11676
0.44	2656	0.95	3904	1.46	4840	1.97	5623	2.48	6307	9.00	12015
0.45	2687	0.96	3924	1.47	4856	1.98	5637	2.49	6320	9.50	12344
0.46	2716	0.97	3945	1.48	4873	1.99	5651	2.50	6332	10.00	12665
0.47	2746	0.98	3965	1.49	4889	2.00	5664	2.60	6458	11.00	13283
0.48	2775	0.99	3985	1.50	4905	2.01	5678	2.70	6581	12.00	13874
0.49	2804	1.00	4005	1.51	4921	2.02	5692	2.80	6702	13.00	14440
0.50	2832	1.01	4025	1.52	4938	2.03	5706	2.90	6820	13.61	14775
0.51	2860	1.02	4045	1.53	4954	2.04	5720	3.00	6937	14.00	14986

FACTOR DE PÉRDIDA EN REDUCCIONES Y CAMPANA EXTRACTORA [7]

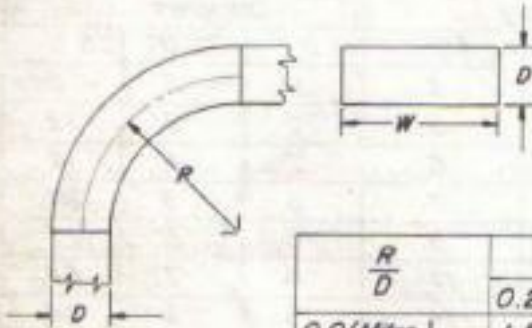


FACTOR DE PÉRDIDA EN CODOS DE 90° [8]



<i>R, No. of Diameters</i>	<i>Loss Fraction of VP</i>
2.75 D	0.26
2.50 D	0.22
2.25 D	0.26
2.00 D	0.27
1.75 D	0.32
1.50 D	0.39
1.25 D	0.55

ROUND ELBOWS



Loss, Fraction of VP

$\frac{R}{D}$	<i>Aspect Ratio, W/D</i>					
	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
0.0 (Mitre)	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

SQUARE & RECTANGULAR ELBOWS

ELBOW LOSSES

AMERICAN CONFERENCE OF
GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS

DUCTWORK DESIGN DATA

DATE 1-66

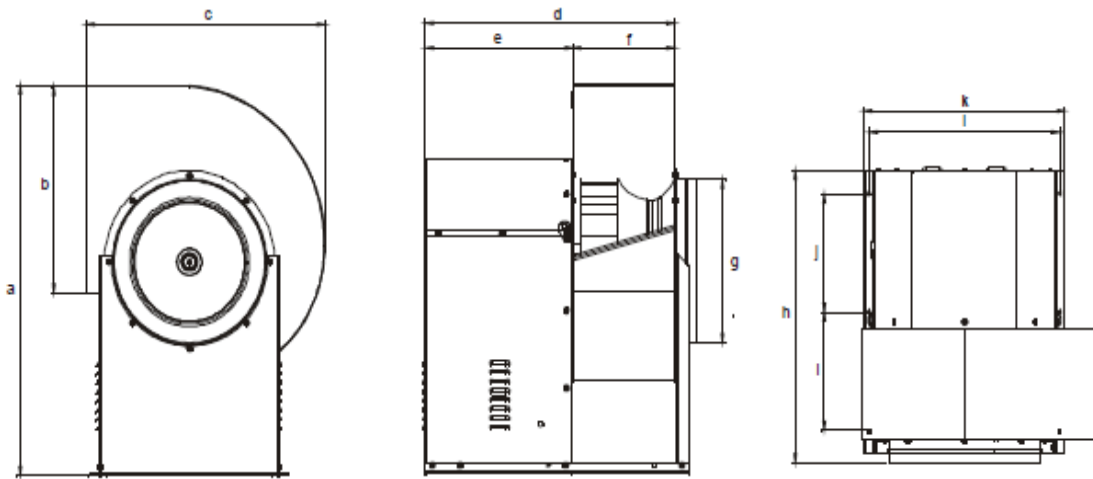
Fig 6-12

APÉNDICE D

CATÁLOGO DE VENTILADORES SOLER&PALAU



DIMENSIONES
Modelos del 250 al 630
Clase I



Dimensiones en mm.

Modelo	a	b	c	d	e	f	Øg	h	i	j	k	l
CM 250	606	320	437	573	393	180	250	629	275	275	478	428
CM 280	680	360	467	589	389	200	280	662	283	283	478	428
CM 315	741	404	543	656	433	223	315	729	318	318	548	498
CM 355	832	452	578	700	453	247	355	781	337	337	548	498
CM 400	934	506	641	729	455	274	400	802	353	353	616	556
CM 450	1038	568	723	856	548	308	450	939	423	423	688	628
CM 500	1140	638	795	893	548	345	500	976	442	443	757	697
CM 560	1254	714	888	936	550	386	560	1019	463	463	819	759
CM 630	1450	800	994	982	549	433	630	1065	485	485	904	844

Dimensiones en pulg.

Modelo	a	b	c	d	e	f	Øg	h	i	j	k	l
CM 250	23 7/8	11 7/8	17 3/16	22 9/16	15 1/2	7 1/16	9 13/16	24 3/4	10 13/16	10 13/16	18 13/16	16 7/8
CM 280	26 3/4	14 3/16	18 3/8	23 3/16	15 5/16	7 7/8	11	26 1/16	11 1/8	11 1/8	18 13/16	16 7/8
CM 315	29 1/8	15 7/8	21 3/8	25 13/16	17 1/16	8 3/4	12 3/8	28 11/16	12 1/2	12 1/2	21 9/16	19 5/8
CM 355	32 3/4	17 13/16	22 3/4	27 9/16	17 13/16	9 3/4	14	30 3/4	13 1/4	13 1/4	21 9/16	19 5/8
CM 400	36 7/9	19 15/16	25 1/4	28 11/16	17 15/16	10 13/16	15 3/4	31 9/16	13 7/8	13 7/8	24 1/4	21 7/8
CM 450	40 7/8	22 3/8	28 7/16	33 11/16	21 9/16	12 1/8	17 11/16	36 15/16	16 5/8	16 5/8	27 1/16	24 3/4
CM 500	44 7/8	25 1/8	31 5/16	35 3/16	21 9/16	13 9/16	19 11/16	38 7/16	17 3/8	17 7/16	29 13/16	27 7/16
CM 560	49 3/8	28 1/8	34 15/16	36 7/8	21 5/8	15 3/16	22 1/16	40 1/8	18 1/4	18 1/4	32 1/4	29 7/8
CM 630	57 1/16	31 1/2	39 1/8	38 11/16	21 5/8	17 1/16	24 13/16	41 15/16	19 1/8	19 1/8	35 9/16	33 1/4

CM Ventiladores Centrífugos Vent-Set S&P



OPCIONES DE CONSTRUCCIÓN

MODELO: CM



Tipo: VENT SET
 Tipo de turbina: alabes atrasados
 Rotación: CW y CCW
 Tamaños: 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900 y 1000.

Clases constructivas:
 CLASE I: Todos los tamaños
 Presión estática máxima: 177.8 mm c.a. (7.0 " c.a)
 CLASE II: Tamaño 315 al 1000.
 Presión estática máxima: 279.4 mm c.a. (11.0" c.a.)

Accesorios disponibles:
 Cubierta intemperie
 Puerta de inspección
 Aro toma de aire con opción aislamiento
 Malla succión
 Brida y/o malla descarga
 Cubierta protección chumaceras
 Disco de enfriamiento

MODELO: CMA



Tipo: VENT SET
 Tipo de turbina: alabes airfoil
 Rotación: CW
 Tamaños: 315, 355, 400, 450, 500, 560 y 630.

Clases constructivas:
 CLASE I: 315 al 630
 Presión estática máxima: 177.8 mm c.a. (7.0 " c.a)

Accesorios disponibles:
 Cubierta intemperie
 Puerta de inspección
 Aro toma de aire con opción aislamiento
 Malla succión
 Brida y/o malla descarga
 Cubierta protección chumaceras
 Disco de enfriamiento

CM

VENTILADOR CENTRÍFUGO TURBINA DE ALABES ATRASADOS Tipo: VENT-SET



Equipos centrífugos de simple aspiración modelo CM, con dos opciones de rodete: de alabes atrasados o del tipo airfoil.

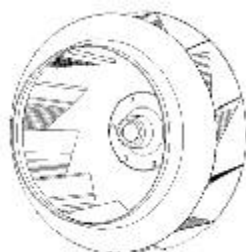
Equipos que brindan considerables prestaciones de caudal presión, con bajo consumo de energía y nivel sonoro bajo, ideales para la inyección o extracción de aire en aplicaciones comerciales e industriales:

- Rango de caudal (Clase I y Clase II): 884 m³/hr (520 CFM) hasta 71,000 m³/hr (41,764 CFM)
- Rango de presión estática:
Clase I: 177.8 mm c.a.(7" c.a.)
Clase II: 279.4 mm c.a. (11" c.a.)

El desempeño de la turbina, minimiza las pérdidas innecesarias de energía dando como resultado un sistema con altos niveles de eficiencia.

Su diseño, fabricación y verificación avalan una larga vida útil de operación, con muy bajo mantenimiento. Contando además con gran versatilidad en arreglos, posiciones de descarga y disponibilidad completa en la serie de accesorios para fijación, montaje y adecuada operación del equipo en cada aplicación.

SERIE CM



El rodete impulsor del tipo alabes atrasados, es fabricado en lámina de acero rolada en frío, con un acabado en pintura poliéster de aplicación electrostática en polvo.

Las principales aplicaciones de este diseño de rodetes impulsores incluyen sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

Clase II, turbina reforzada con soporte exterior en alabes.

SERIE CMA



El rodete impulsor con alabes tipo perfil airfoil, es fabricado en lámina de acero rolada en frío, con un acabado en pintura poliéster de aplicación electrostática en polvo.

Ideal para aplicaciones en las que el nivel sonoro y la eficiencia son factores determinantes para la elección del equipo.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

TURBINA

Las turbinas simple aspiración de los modelos CM de Soler y Palau, construcción plana (Clase I y II) o airfoil (Clase I), han consolidado a través de su diseño, el concepto de un impulsor de alta eficiencia. Esta parte es resultado de la investigación del grupo Soler y Palau a nivel internacional.

Todas las turbinas son estática y dinámicamente balanceadas a grado G 2.5 siguiendo lo establecido por la normativa: ISO 1940 o AMCA 204.

CARCASA

El equipo está sólidamente construido, fabricado en espesores de metal adecuados para cada tipo de clase del ventilador.

Para todos los modelos estándar, en Clase I y II, las uniones de la carcasa se encuentran soldadas a intervalos (soldadura continua bajo solicitud); esto brinda mayor resistencia, precisión en las juntas y lo hace un equipo con robustez, que es un valor agregado en su clase.



Los oídos de aspiración, han sido fabricados en una secuencia de pasos productivos, lo que garantiza la adecuación del material a los objetivos de aerodinámica que se pretenden. Dando como resultado una aspiración del flujo de aire con menores turbulencias, hasta el momento en el que el aire es depositado en la turbina.

PINTURA

Todo el conjunto se somete a un proceso de prepintado, donde el acero es tratado químicamente para garantizar la adherencia de la pintura poliéster. Posteriormente, se aplica en la pieza la pintura en polvo, adherida a través de un proceso electrostático, en donde después del horneado, la pieza adquiere sus más altas características de resistencia a la corrosión, con grandes propiedades de adherencia y resistencia al impacto. La resistencia a la corrosión constatada siguiendo un método de prueba en cámara salina (ASTM B-117) nos garantiza como mínimo un total de 800 horas.

RODAMIENTOS Y EJE IMPULSOR

Los rodamientos seleccionados para este modelo han sido calculados para su óptimo desempeño en aplicaciones de servicio pesado; superando las 200,000 horas de vida nominal, en todas las condiciones de operación.

Eje dimensionado con diámetros adecuados para la operación, con tolerancia precisa, fabricado en acero AISI C-1045, recubierto con una capa anticorrosiva.

LABORATORIOS S&P Y ENSAYOS DE EQUIPOS

El Grupo S&P ha consolidado cuatro laboratorios acreditados para pruebas de ventiladores: dos en América (EUA y México) y uno en Asia (Singapur).

Además del centro R+D+i ubicado en Europa (España) en donde cuenta además, con un laboratorio acreditado por ENAC.

Todos los datos de caudal, presión, consumo energético, eficiencia, nivel sonoro, que se muestran en el presente catálogo, han sido evaluados y corroborados en laboratorios S&P, brindando confiabilidad en las prestaciones del equipo.



Soler y Palau S.A. de C.V. certifica que los modelos CM 280 - 1000 han sido aprobados para tener el sello de prestaciones certificadas por AMCA.

Los valores de caudal, presión y potencia sonora que aquí se muestran fueron obtenidos en ensayos y procedimientos desarrollados de acuerdo con las publicaciones AMCA 211, 311 y cumplen con los requerimientos del programa de certificación AMCA.

Soler y Palau S.A. de C.V. certifies that the model CM 280-1000 shown herein is licensed to bear the AMCA certified ratings seal. The ratings shown are based on test and procedures performed in accordance with AMCA publication 211 and 311 and comply with the requirements of the AMCA certified ratings program.

NOMENCLATURA

CM - II - 280 CW

Modelo

CM Turbina alabes atrasados
CMA Turbina airfoil (315 - 630)

Clase

I- Clase I
II - Clase II (Modelo CM, 315 -630)

Tamaño

250, 280, 315, 355, 400, 450, 500,
560, 630, 710, 800, 900 y 1000.

Rotación

CW-
CCW- (Modelo CM, Clase I)

CM 250



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 256 mm. (10 1/16 inch).

Diámetro del eje :Clase I 19.05 mm. (3/4 inch).

Área de salida: 0.058 m² (0.624 ft²).

BHP máximos: Clase I 1.61 HP.

Armazón máximo: 145 T.

RPM máximas: 3850.

Peso del equipo: 28 Kg 61.63 Lbs

CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTATICA mmca - inwg.																	
		12.7mm/ 0.5"		25.4mm /1"		38.1mm/1.5"		50.8 mm/2"		63.5 mm/2.5"		76.2mm/3"		101.6mm/4"		127.0mm/5"		152.4mm/6"	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
499	800	1318	0.07	1657	0.12	1945	0.19	2195	0.26	2420	0.32	2630	0.40	3021	0.58	3382	0.75	3713	0.94
848		61		65		69		73		76		78		83		86		88	
562	900	1394	0.08	1713	0.13	1991	0.20	2236	0.28	2457	0.35	2659	0.44	3032	0.62	3378	0.80	3703	1.01
954		62		67		70		73		76		79		83		86		88	
624	1000	1474	0.09	1774	0.16	2041	0.23	2280	0.30	2497	0.39	2697	0.47	3057	0.66	3388	0.86	3701	1.07
1060		64		68		71		74		76		79		83		86		88	
686	1100	1559	0.11	1841	0.17	2096	0.25	2328	0.34	2541	0.42	2737	0.51	3092	0.70	3413	0.91	3713	1.13
1166		66		69		72		75		77		80		83		86		87	
749	1200	1646	0.13	1914	0.20	2157	0.28	2381	0.36	2588	0.46	2781	0.55	3132	0.75	3446	0.97	3737	1.19
1272		68		71		73		76		78		79		83		86		88	
811	1300	1733	0.15	1992	0.23	2222	0.31	2438	0.40	2639	0.49	2828	0.59	3174	0.79	3485	1.02	3770	1.26
1377		70		72		74		76		78		79		83		86		88	
874	1400	1821	0.17	2074	0.25	2293	0.35	2500	0.44	2695	0.54	2879	0.63	3218	0.85	3526	1.07	3808	1.33
1483		71		73		75		77		78		80		83		85		88	
936	1500	1908	0.20	2157	0.28	2367	0.38	2566	0.48	2754	0.58	2932	0.68	3265	0.90	3568	1.14	3848	1.39
1589		73		75		76		78		79		80		83		85		88	
998	1600	1997	0.23	2242	0.32	2445	0.42	2635	0.52	2817	0.63	2990	0.74	3315	0.97	3613	1.21	3890	1.46
1695		75		76		77		79		80		81		83		86		88	
1061	1700			2330	0.36	2527	0.47	2710	0.58	2884	0.68	3052	0.80	3368	1.03	3665	1.27	3935	1.54
1801				77		78		79		80		82		84		86		88	
1123	1800			2417	0.40	2610	0.51	2786	0.62	2955	0.74	3117	0.86	3425	1.10	3712	1.35		
1907				79		79		80		82		82		84		86			
1186	1900			2505	0.44	2696	0.56	2867	0.68	3029	0.81	3186	0.93	3485	1.18	3766	1.45		
2013				80		80		81		82		83		85		87			
1248	2000			2592	0.49	2782	0.62	2949	0.74	3106	0.86	3257	0.99	3548	1.26	3822	1.53		
2119				81		80		82		82		84		86		87			
1310	2100			2679	0.55	2868	0.67	3032	0.80	3185	0.93	3331	1.06	3613	1.34				
2225				81		81		83		83		84		86					
1373	2200			2769	0.60	2956	0.74	3118	0.87	3267	1.00	3409	1.14	3683	1.43				
2331				82		82		83		84		85		87					
1435	2300			2858	0.66	3043	0.80	3204	0.94	3350	1.09	3489	1.22	3754	1.52				
2437				83		83		84		85		86		87					
1498	2400					3132	0.87	3292	1.01	3436	1.17	3571	1.31						
2543						84		85		86		86							
1622	2600					3306	1.03	3465	1.19	3607	1.34	3738	1.50						
2755						86		87		87		88							
1747	2800					3486	1.21	3640	1.38	3781	1.54								
2967						88		89		89									
1872	3000							3817	1.58										
3179								90											

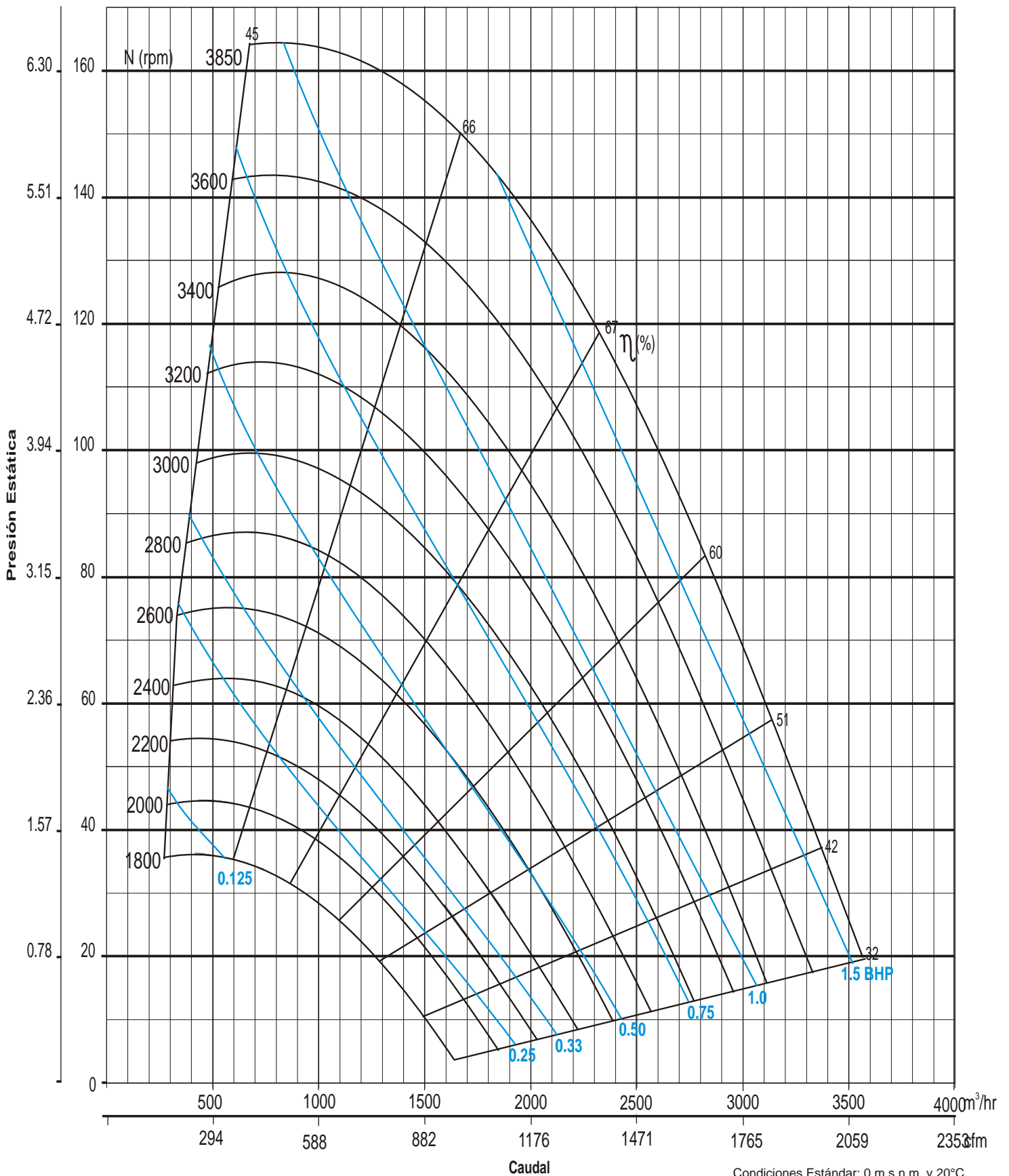
La Certificación AMCA para los valores de caudal y presión no aplica para el modelo CM 250.

The AMCA Certified Ratings Seal does not apply to CM 250.

CM 250

CURVA CARACTERÍSTICA

in wg mmca



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C



CM 280

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 288 mm. (11 5/16 inch).

Diámetro del eje: Clase I 19.05mm. (3/4 inch).

Área de salida: 0.072 m² (0.775ft²).

BHP máximos Clase I 2.14.

Armazón máximo de motor: Clase I 182 T

RPM máximas: Clase I 3450.

Peso del equipo: 32 Kg 70 Lbs.

CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTATICA mmca - inwg.																	
		12.7mm/.5"		25.4mm/1"		38.1mm/1.5"		50.8 mm/2"		63.5 mm/2.5"		76.2mm/3"		101.6mm/4"		127.0mm/5"		152.4mm/6"	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
		LwA		LwA			LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA
542	700	1103	0.07	1425	0.13	1688	0.20	1916	0.28	2127	0.38	2326	0.47	2692	0.66	3019	0.85	3314	1.07
921		59		65		70		74		76		78		84		87		89	
619	800	1161	0.08	1466	0.15	1723	0.23	1946	0.30	2145	0.40	2335	0.51	2686	0.70	3008	0.92	3303	1.15
1053		61		66		70		74		76		78		84		87		89	
697	900	1227	0.09	1514	0.17	1762	0.25	1981	0.34	2177	0.44	2358	0.54	2692	0.75	3003	1.00	3293	1.20
1184		62		67		70		74		76		79		84		86		89	
774	1000	1297	0.10	1566	0.19	1805	0.28	2019	0.38	2212	0.47	2390	0.58	2712	0.80	3009	1.06	3290	1.30
1316		65		68		71		74		77		79		85		87		89	
851	1100	1369	0.13	1613	0.21	1852	0.30	2060	0.40	2250	0.50	2425	0.61	2741	0.86	3028	1.13	3297	1.40
1447		66		69		72		75		77		79		85		88		89	
929	1200	1445	0.15	1686	0.24	1904	0.35	2105	0.44	2291	0.55	2463	0.67	2775	0.90	3056	1.20	3316	1.50
1579		68		70		73		75		78		80		85		87		89	
1006	1300	1521	0.17	1753	0.28	1960	0.38	2154	0.50	2334	0.60	2503	0.72	2811	0.97	3088	1.26	3346	1.55
1711		69		72		74		75		78		80		84		87		89	
1084	1400	1597	0.20	1824	0.30	2021	0.40	2207	0.54	2382	0.66	2547	0.78	2850	1.00	3124	1.30	3375	1.60
1842		71		73		75		77		79		81		84		87		89	
1161	1500	1673	0.24	1896	0.35	2085	0.47	2263	0.60	2432	0.71	2593	0.84	2890	1.11	3161	1.40	3410	1.72
1974		73		74		76		78		80		81		84		87		89	
1238	1600	1750	0.27	1970	0.39	2152	0.50	2323	0.64	2486	0.78	2642	0.91	2933	1.18	3200	1.49		
2105		74		76		77		79		81		82		84		87			
1316	1700			2046	0.44	2223	0.56	2387	0.70	2544	0.83	2694	0.97	2979	1.26	3241	1.57		
2237				77		78		80		82		82		84		86			
1393	1800			2121	0.48	2295	0.60	2453	0.75	2604	0.89	2750	1.00	3027	1.35	3284	1.66		
2368				78		80		81		82		82		85		87			
1471	1900			2198	0.54	2369	0.68	2522	0.80	2668	0.98	2809	1.13	3078	1.50	3330	1.77		
2500				79		81		82		83		83		85		87			
1548	2000			2273	0.60	2443	0.75	2593	0.90	2734	1.00	2870	1.20	3131	1.50	3378	1.90		
2632				81		82		83		83		84		86		87			
1625	2100			2349	0.66	2518	0.81	2665	0.97	2802	1.13	2934	1.29	3188	1.64	3428	1.98		
2763				82		83		83		84		85		86		88			
1703	2200			2427	0.72	2595	0.89	2740	1.00	2873	1.22	3001	1.40	3247	1.70				
2895				83		84		84		84		85		87					
1780	2300			2504	0.79	2670	0.97	2814	1.14	2945	1.31	3070	1.48	3308	1.85				
3026				84		84		85		85		86		87					
1858	2400					2747	1.00	2890	1.23	3019	1.40	3141	1.60	3373	1.96				
3158						85		85		86		86		88					
1935	2500					2823	1.14	2965	1.37	3093	1.50	3212	1.70	3438	2.00				
3290						86		86		87		87		88					
2012	2600					2899	1.23	3041	1.43	3168	1.62	3285	1.80						
3421						86		87		87		88							



Los valores de caudal y presión están certificados para instalación tipo B: Sin ducto en la succión y ducto en la descarga. Estos valores no incluyen los efectos de accesorios. Los valores de potencia (kW/BHP) no incluyen las pérdidas por transmisión. Los datos de sonido (A - Weighted) han sido calculados por la norma AMCA 301. Los valores mostrados son medidos a la succión Lw(A) niveles de potencia sonora para instalación tipo B: Sin ducto en la succión y ducto en la descarga. No incluye el efecto de corrección por descarga en ducto. El sello de certificación AMCA no aplica para dB(A).

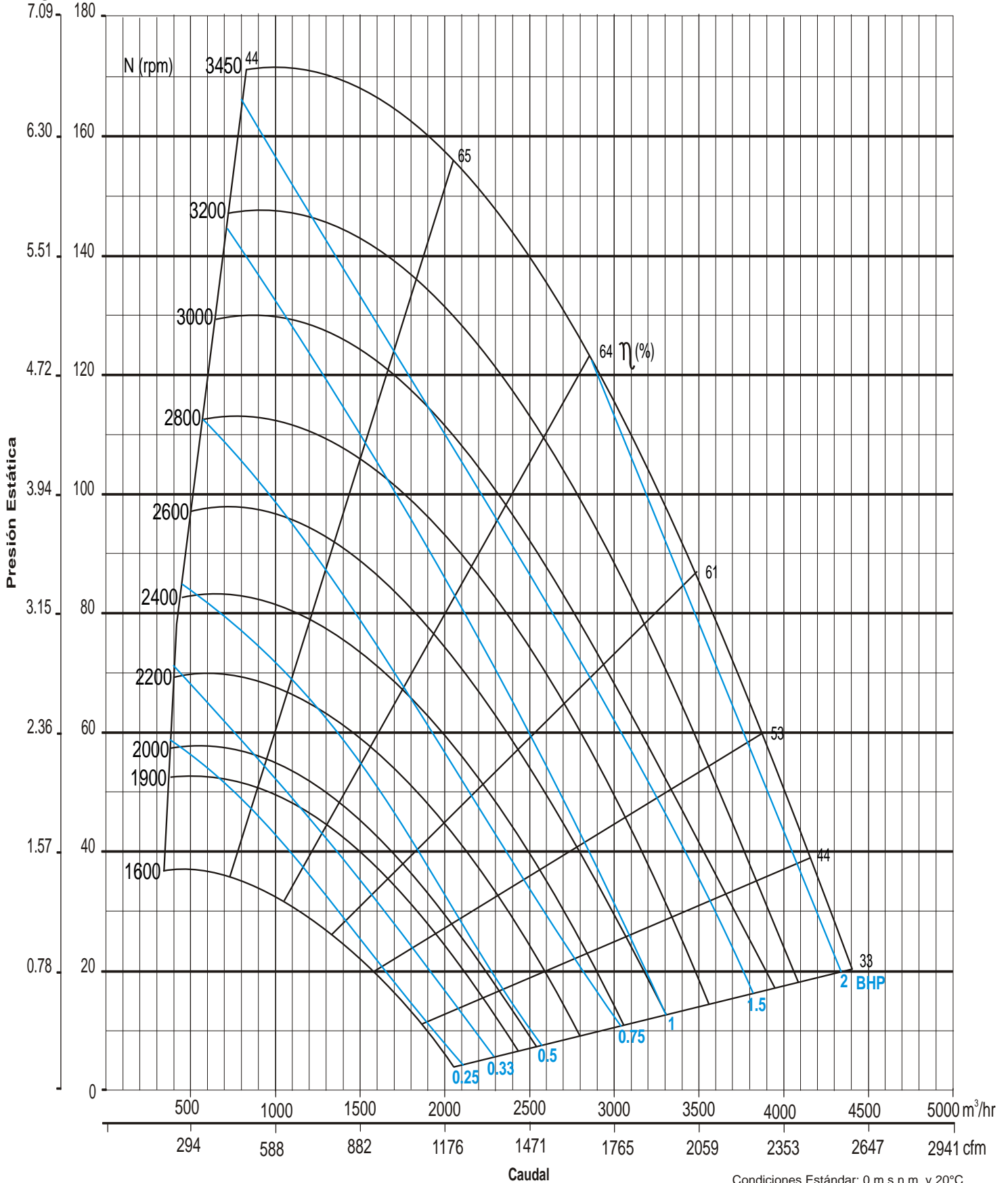
Performance certified is for installation type B: free inlet, ducted outlet. Performance ratings do not include the effects of appurtenances (accessories). Power ratings (kW/BHP) does not include transmission losses. The (A-weighted) sound ratings shown have been calculated per AMCA Standard 301. Values shown are for inlet Lwi(A) sound power levels for installation type B: free inlet, ducted outlet. Ratings do not include the effect of duct end correction. The AMCA Certified Ratings Seal does not apply to dB(A).

CM 280

CURVA CARACTERÍSTICA



in wg mmca



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C

CM 315



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 323 mm. (12 11/16 inch).
 Diámetro del eje: Clase I 25.4 mm. (1 inch).
 Clase II 25 mm. (62/63inch).

Área de salida: 0.090 m² (0.969 ft²)
 BHP máximos: Clase I 3.35, Clase II 6.7.

Armazón máx. de motor: Clase I 184 T, Clase II 213 T.
 RPM máximas: Clase I 3200, Clase II 4200.
 Peso del equipo: 41 Kg 89 Lbs.

CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		12.7mm/.5"		25.4mm/1"		38.1mm/1.5"		50.8 mm/2"		63.5 mm/2.5"		76.2mm/3"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5"		139.7mm/5.5"		152.4mm/6"	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
775	800	LwA	0.11	LwA	0.21	LwA	0.32	LwA	0.43	LwA	0.54	LwA	0.64	LwA	0.86	LwA	0.97	LwA	1.07	LwA	1.18	LwA	1.50	LwA	1.50
1317		62	67	72	76	78	80	82	84	85	88	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92
872	900	LwA	0.11	LwA	0.21	LwA	0.32	LwA	0.43	LwA	0.59	LwA	0.75	LwA	0.86	LwA	0.97	LwA	1.18	LwA	1.29	LwA	1.50	LwA	1.61
1482		63	68	72	76	78	81	82	84	85	88	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92
969	1000	LwA	0.11	LwA	0.21	LwA	0.32	LwA	0.54	LwA	0.64	LwA	0.75	LwA	0.97	LwA	1.07	LwA	1.29	LwA	1.40	LwA	1.61	LwA	1.72
1647		66	70	72	76	79	81	83	84	86	88	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92
1163	1200	LwA	0.21	LwA	0.32	LwA	0.43	LwA	0.64	LwA	0.68	LwA	0.86	LwA	1.07	LwA	1.18	LwA	1.40	LwA	1.61	LwA	1.83	LwA	1.93
1976		70	72	75	76	79	81	83	85	86	89	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92
1356	1400	LwA	0.32	LwA	0.43	LwA	0.54	LwA	0.75	LwA	0.75	LwA	1.07	LwA	1.07	LwA	1.40	LwA	1.50	LwA	1.72	LwA	1.93	LwA	2.15
2304		73	74	77	79	80	82	83	85	87	89	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92
1550	1600	LwA	0.54	LwA	0.64	LwA	0.86	LwA	0.86	LwA	1.00	LwA	1.18	LwA	1.29	LwA	1.45	LwA	1.61	LwA	1.83	LwA	2.04	LwA	2.36
2634		77	79	81	82	83	84	86	87	89	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	
1744	1800	LwA	0.64	LwA	0.86	LwA	0.86	LwA	1.18	LwA	1.18	LwA	1.40	LwA	1.50	LwA	1.72	LwA	1.83	LwA	2.15	LwA	2.36	LwA	2.58
2964		80	81	82	84	85	86	87	88	89	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	
1938	2000	LwA	0.75	LwA	0.97	LwA	1.18	LwA	1.18	LwA	1.40	LwA	1.61	LwA	1.83	LwA	2.04	LwA	2.15	LwA	2.36	LwA	2.58	LwA	2.69
3293		82	83	84	85	87	87	88	89	90	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	
2131	2200	LwA	1.18	LwA	1.40	LwA	1.40	LwA	1.61	LwA	1.61	LwA	1.83	LwA	2.04	LwA	2.26	LwA	2.58	LwA	2.69	LwA	2.90	LwA	3.11
3621		85	86	86	85	88	88	89	90	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92
2325	2400	LwA	1.40	LwA	1.61	LwA	1.61	LwA	1.83	LwA	2.04	LwA	2.26	LwA	2.58	LwA	2.58	LwA	2.90	LwA	3.11	LwA	3.33	LwA	3.54
3950		87	88	88	88	88	88	89	90	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92
2519	2600	LwA	1.93	LwA	2.15	LwA	2.15	LwA	2.36	LwA	2.36	LwA	2.69	LwA	2.90	LwA	3.11	LwA	3.33	LwA	3.54	LwA	3.76	LwA	4.08
4280		89	89	89	89	90	90	90	91	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92	91	92
2713	2800	LwA	2.15	LwA	2.36	LwA	2.36	LwA	2.69	LwA	2.69	LwA	3.11	LwA	2.90	LwA	3.22	LwA	3.54	LwA	3.76	LwA	3.98	LwA	4.51
4609		89	91	91	91	91	91	92	92	92	92	93	92	93	92	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94
2906	3000	LwA	2.79	LwA	3.11	LwA	3.11	LwA	3.33	LwA	3.33	LwA	3.76	LwA	3.65	LwA	4.08	LwA	4.30	LwA	4.51	LwA	4.73	LwA	5.37
4937		92	93	93	93	93	93	93	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
3100	3200	LwA	3.11	LwA	3.54	LwA	3.54	LwA	3.98	LwA	3.98	LwA	4.30	LwA	4.08	LwA	4.51	LwA	4.73	LwA	5.05	LwA	5.27	LwA	6.08
5267		94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
3294	3400	LwA	3.87	LwA	4.30	LwA	4.30	LwA	4.73	LwA	4.73	LwA	5.05	LwA	4.83	LwA	5.27	LwA	5.49	LwA	5.71	LwA	5.93	LwA	6.64
5597		95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
3492	3600	LwA	4.83	LwA	5.27	LwA	5.27	LwA	5.69	LwA	5.69	LwA	6.08	LwA	5.86	LwA	6.30	LwA	6.52	LwA	6.74	LwA	6.96	LwA	7.67
5936		97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
3686	3800	LwA	5.69	LwA	6.08	LwA	6.08	LwA	6.52	LwA	6.52	LwA	6.96	LwA	6.74	LwA	7.18	LwA	7.40	LwA	7.62	LwA	7.84	LwA	8.55
6266		98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
3880	4000	LwA	6.52	LwA	7.00	LwA	7.00	LwA	7.40	LwA	7.40	LwA	7.84	LwA	7.62	LwA	8.06	LwA	8.28	LwA	8.50	LwA	8.72	LwA	9.43
6596		99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

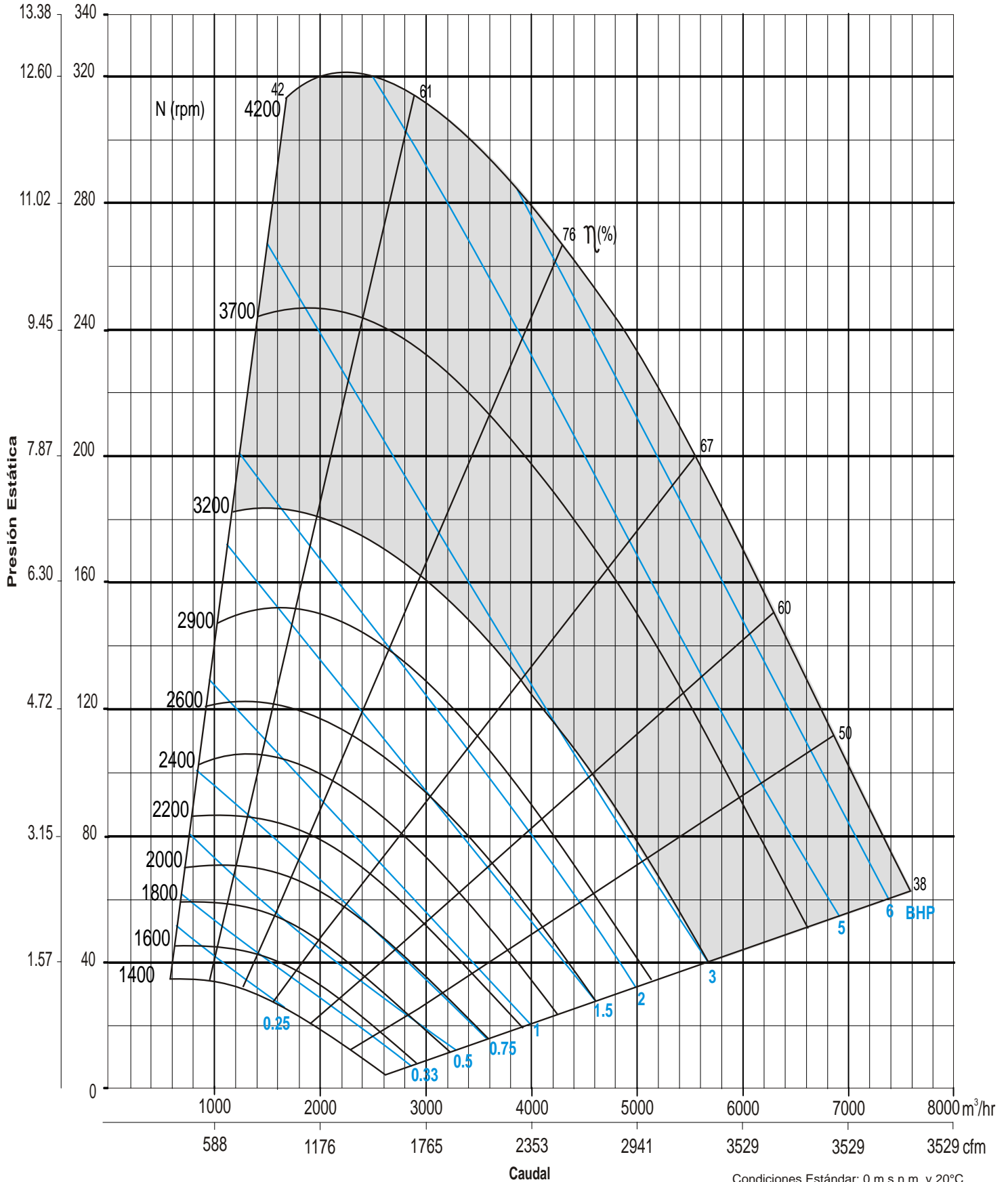
CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		165.1mm/6.5"		177.8mm/7"		190.5mm/7.5"		203.2mm/8"		215.9mm/8.5"		228.6mm/9"		241.3mm/9.5"		254mm/10"		266.7mm/10.5"		279.4mm/11"		292mm/11.5"		304.8mm/12"	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
775	800	LwA	1.71	LwA	1.82	LwA	1.93	LwA	2.14	LwA	2.35	LwA	2.57	LwA	2.78	LwA	2.89	LwA	3.10	LwA	3.21	LwA	3.42	LwA	3.64
1317		93	94	94	95	95	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	
872	900	LwA	1.82	LwA	1.93	LwA	2.14	LwA	2.35	LwA	2.57	LwA	2.68	LwA	2.89	LwA	2.90	LwA	3.10	LwA	3.21	LwA	3.42	LwA	3.64
1482		93	93	94	95	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	
969	1000	LwA	1.93	LwA	2.14	LwA	2.25	LwA	2.46	LwA	2.68	LwA	2.89	LwA	3.00	LwA	3.11	LwA	3.21	LwA	3.42	LwA	3.63	LwA	3.85
1647		93	93	94	95	95	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	
1163	1200	LwA	2.14	LwA	2.35	LwA	2.57	LwA	2.78	LwA	3.00	LwA	3.21	LwA	3.42	LwA	3.63	LwA	3.85	LwA	4.07	LwA	4.28	LwA	4.39
1976		93	93	94	95	95	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	
1356	1400	LwA	2.35	LwA	2.57	LwA	2.78	LwA	3.00	LwA	3.21	LwA	3.53	LwA	3.75	LwA	3.96	LwA	4.28	LwA	4.28	LwA	4.71	LwA	4.92
2304		93	94	94	95	95	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	
1455	1500	LwA	2.68	LwA	2.89	LwA	3.00	LwA	3.21	LwA	3.42	LwA	3.63	LwA	3.85	LwA	4.07	LwA	4.28	LwA	4.49	LwA	4.70	LwA	5.14
2472		92	93	94	95	95	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	
1550	1600	LwA	2.57	LwA	2.78	LwA	3.10	LwA	3.21	LwA	3.53	LwA	3.85	LwA	4.07	LwA	4.28	LwA	4.49	LwA	4.70	LwA	4.91	LwA	5.24
2634		92	93	94	95	95	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	
1744	1800	LwA	2.68	LwA	3.10	LwA	3.21	LwA	3.53	LwA	3.75	LwA	4.07	LwA	4.28	LwA	4.49	LwA	4.70	LwA	4.91	LwA	5.12	LwA	5.78
2964		92	93	94	95	95	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	
1938	2000	LwA	2.89	LwA	3.21	LwA	3.42	LwA	3.75	LwA	4.07	LwA	4.28	LwA	4.60	LwA	4.81	LwA	5.02	LwA	5.23	LwA	5.44	LwA	5.89
3293		92	93	94	95	95	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	
2131	2200	LwA	3.21	LwA	3.53	LwA	3.75	LwA	4.07	LwA	4.28	LwA													

CM 315

CURVA CARACTERÍSTICA



in wg mmca



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C

CM 355



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 363 mm. (14 5/6 inch).

Diámetro del eje: Clase I 25.4 mm. (1 inch).

Clase II 30 mm. (1 3/16 inch).

Área de salida: 0.112 m² (1.201 ft²)

BHP máximos: Clase I 4.02, Clase II 8.04.

Armazón máx. de motor: Clase I 184 T, Clase II 215 T.

RPM máximas: Clase I 2800, Clase II 3700.

Peso del equipo: 47 Kg 102 Lbs.

CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																								
		12.7mm/.5"		19.1mm/0.75"		25.4mm/1"		38.1mm/1.5"		50.8mm/2"		63.5mm/2.5"		76.2mm/3"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5"		139.7mm/5.5"		
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	
964	800	912	0.11	1031	0.18	1139	0.21	1334	0.32	1520	0.36	1701	0.64	1867	0.58	2017	0.86	2155	0.81	2283	1.28	2404	1.39	2521	1.61	
1639		62		65		68		69		72		75		79		81		83		84		86		86		
1085	900	965	0.11	1078	0.21	1180	0.32	1365	0.43	1535	0.40	1700	0.64	1862	0.62	2015	0.96	2157	0.88	2288	1.39	2410	1.14	2525	1.71	
1845		64		67		69		70		72		75		78		80		83		85		86		86		
1206	1000	1019	0.21	1128	0.24	1226	0.32	1403	0.43	1563	0.54	1715	0.75	1863	0.86	2010	1.07	2152	1.28	2286	1.50	2412	1.61	2530	1.82	
2050		67		69		70		71		73		76		78		80		83		85		86		86		
1447	1200	1131	0.21	1234	0.32	1324	0.43	1409	0.54	1638	0.75	1776	0.86	1907	1.07	2033	1.28	2157	1.28	2280	1.61	2402	1.82	2522	2.14	
2460		70		71		72		74		77		78		80		81		83		84		86		86		
1688	1400	1250	0.32	1345	0.43	1431	0.54	1585	0.64	1723	0.86	1856	0.96	1978	1.18	2094	1.39	2201	1.61	2315	1.82	2411	2.03	2529	2.25	
2870		73		74		75		77		79		80		83		84		85		86		86		86		
1929	1600			1462	0.54	1542	0.64	1691	0.86	1822	1.07	1947	1.18	2058	1.39	2172	1.61	2278	1.82	2379	2.14	2473	2.35	2574	2.57	
3279					77		78		79		82		83		85		86		87		87		87		86	
2170	1800					1658	0.86	1802	0.96	1927	1.18	2047	1.39	2151	1.71	2260	1.93	2354	2.14	2457	2.35	2551	2.68	2642	2.89	
3689						81		82		84		85		87		88		88		87		87		87		
2411	2000					1778	0.96	1914	1.28	2034	1.50	2151	1.71	2252	1.93	2356	2.14	2447	2.46	2544	2.68	2627	3.00	2720	3.21	
4099						83		84		86		87		88		88		88		88		88		88		
2652	2200							2027	1.50	2145	1.71	2258	1.93	2357	2.25	2458	2.46	2544	2.78	2638	3.10	2719	3.32	2807	3.21	
4508									86		88		88		89		89		89		88		89		89	
2893	2400							2148	1.71	2259	2.03	2368	2.35	2465	2.57	2563	2.89	2648	3.10	2738	3.42	2821	3.75	2901	4.28	
4918									88		90		89		90		89		90		90		90		91	
3134	2600									2377	2.35	2481	2.68	2574	3.00	2670	3.21	2754	3.53	2842	3.85	2922	4.17	3000	4.49	
5328											91		90		91		90		91		91		92		92	
3376	2800									2498	2.78	2598	3.00	2687	3.42	2780	3.75	2861	4.07	2948	4.28	3022	4.71	3103	5.35	
5739											92		91		92		92		92		93		93		94	
3617	3000											2716	3.53	2801	3.85	2893	4.28	2971	4.60	3056	4.92	3134	5.24	3208	5.56	
6149													92		93		93		94		94		94		95	
3858	3200													2920	4.39	3007	4.82	3083	5.14	3166	5.35	3242	5.89	3315	6.42	
6559															94		94		95		95		96		96	
4099	3400													3041	4.92	3125	5.35	3198	5.78	3279	6.10	3347	6.53	3424	6.96	
6968															95		96		96		97		97		97	
4340	3600															3244	5.99	3315	6.42	3393	6.85	3460	7.28	3535	7.49	
7378																	97		97		97		98		98	
4581	3800																	3435	7.17	3510	7.60	3575	8.03	3648	8.56	
7788																			99		99		99		100	
4824	4000																			3557	7.92	3629	8.35	3697	8.68	
8201																				100		100		100		

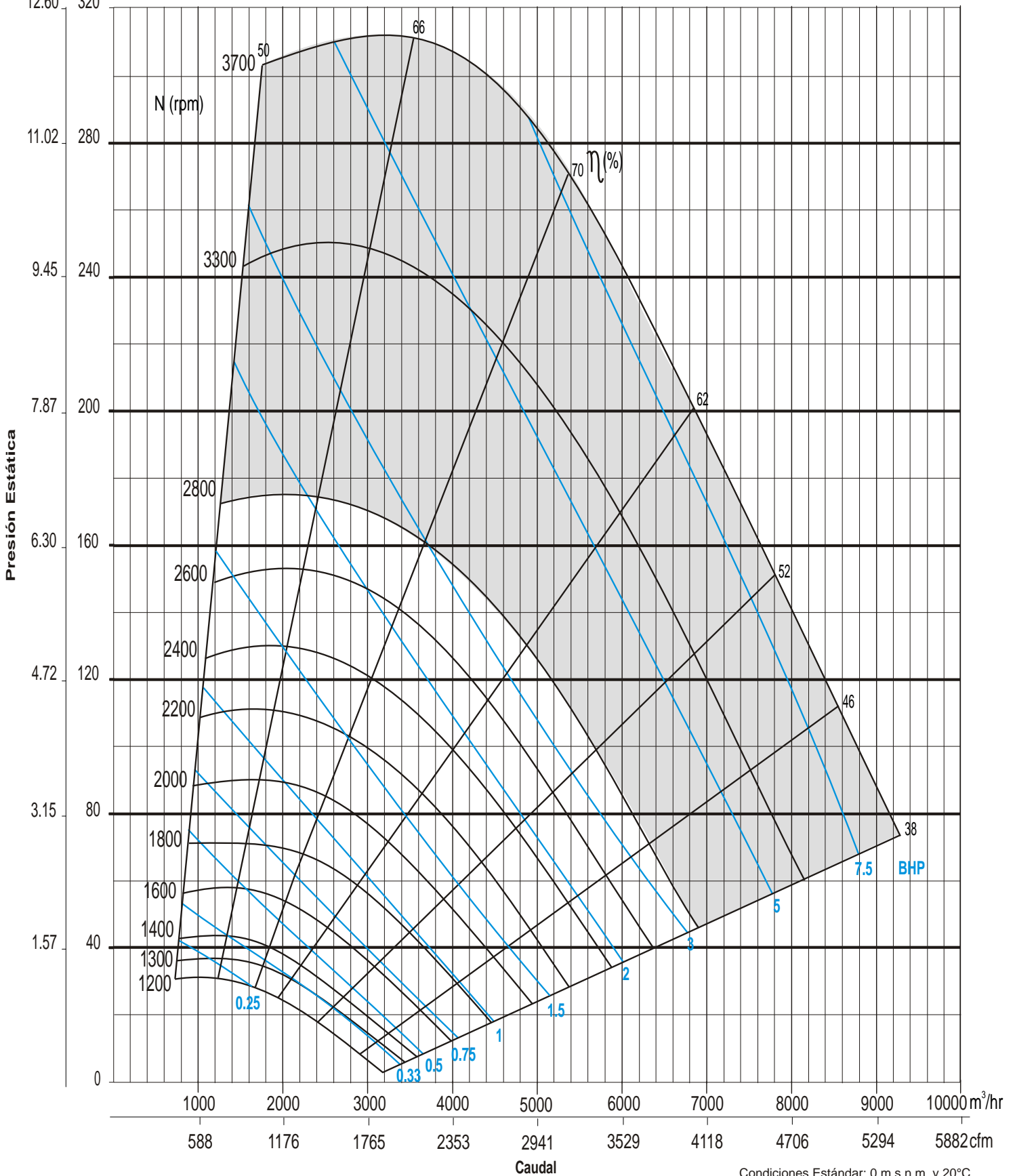
CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		152.4mm/6"		165.1mm/6.5"		177.8mm/7"		190.5mm/7.5"		203.2mm/8"		215.9mm/8.5"		228.6mm/9"		241.3mm/9.5"		254mm/10"		266.7mm/10.5"		279.4mm/11"		292.1mm/11.5"	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
964	800	2629	1.71	2734	1.80	2836	2.00	2934	2.24	3029	2.46	3121	2.67	3211	2.89	3298	2.99	3383	3.21	3466	3.53	3547	3.74	3626	3.96
1639		87		88		88		89		90		91		92		92		93		94		94		95	
1085	900	2635	1.82	2740	2.00	2841	2.10	2939	2.46	3034	2.67	3126	2.89	3215	2.99	3302	3.21	3387	3.42	3470	3.63	3551	3.96	3630	4.17
1845		87		88		88		89		90		91		92		92		93		94		94		95	
1206	1000	2641	2.03	2746	2.14	2848	2.46	2945	2.67	3040	2.89	3131	2.99	3220	3.21	3307	3.42	3392	3.74	3474	3.96	3555	4.17	3634	4.38
2050		87		87		88		89		90		91		92		92		93		94		94		95	
1447	1200	2637	2.24	2748	2.46	2853	2.78	2954	2.99	3051	3.21	3143	3.42	3233	3.63	3320	3.96	3404	4.06	3486	4.38	3566	4.60	3645	4.92
2460		87		87		88		89		90		91		92		92		93		94		94		95	
1688	1400	2634	2.57	2739	2.78	2843	2.99	2945	3.21	3044	3.53	3141	3.74	3234	4.06	3324	4.28	3411	4.60	3496	5.02	3577	5.13	3657	5.35
2870		87		87		88		89		90		91		92		92		93		94		94		95	
1809	1500	2647	2.67	2745	2.89	2844	3.10	2942	3.42	3039	3.74	3134	3.96	3228	4.28	3319	4.49	3407	4.81	3494	5.13	3577	5.35	3658	5.67
3075		87		88		88		89		90		91		92		92		93		94		94		95	
1929	1600	2669	2.78	2762	3.10	2855	3.31	2948	3.63	3040	3.85	3132	4.17	3223	4.38	3313	4.70	3401	5.02	3488	5.35	3572	5.56	3655	5.88
3279		87		88		88		89		90		91		92		92		93		94		94		95	
2170	1800	2731	3.21	2817	3.31	2903	3.63	2987	3.96	3070	4.28	3153	4.49	3235	4.81	3317	5.13	3400	5.35	3482	5.77	3563	5.99	3644	6.41
3689		87		88		89		90		90		91		92		92		93		94		94		95	
2291	1900	2767	3.31	2852	3.53	2934	3.85	3016	4.17	3096	4.38	3176	4.70	3254	5.02	3333	5.35	3411	5.67	3489	5.99	3566	6.20	3644	6.63
3895		88		89		89		90		91		91		92		93		93		94		94		95	
2411	2000	2805	3.53	2888	3.74	2969	4.06	3048	4.38	3126	4.60	3203	4.92	3279	5.35	3355	5.56	3430	5.88	3504	6.20	3578	6.52	3652	6.84
4099		88		89		90		90		91		92		92		93		93		94		94		95	
2652	2200	2889	3.96	2968	4.28	3046	4.49	3122	4.81	3197	5.13	3270	5.45	3343	5.77	3414	6.09	3484	6.41	3553	6.73	3622	7.06	3691	7.48
4508		90		90		91		92		92		93		93		94		94		94		95		96	
2893	2400	2979	4.28	3056	4.70	3130	5.02	3204	5.24	3276	5.67	3347	5.99</												

CM 355

CURVA CARACTERÍSTICA



in wg mmca
12.60 320



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C

CM 400



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 406 mm. (16 inch).
Diámetro del eje: Clase I 25.4 mm. (1 inch).
Clase II 30 mm. (13/16 inch).

Área de salida: 0.139 m² (1.492 ft²)
BHP máximos: Clase I 4.69, Clase II 9.38.

Armazón máx. de motor: Clase I 184 T, Clase II 215 T.
RPM máximas: Clase I 2500, Clase II 3300.
Peso del equipo: 54 Kg 119 Lbs.

CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																											
		12.7mm/5"		25.4mm/1"		38.1mm/1.5"		50.8 mm/2"		63.5 mm/2.5"		76.2mm/3"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5"		139.7mm/5.5"		152.4mm/6"					
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP		
1197	800	813	0.11	1017	0.32	1191	0.43	1355	0.64	1511	0.75	1653	0.97	1790	1.07	1913	1.29	2027	1.50	2135	1.72	2238	1.93	2340	2.15	2438	2.37	2544	2.59
2035		63		67		67		73		76		78		81		82		84		85		86		87		87		87	
1347	900	861	0.21	1051	0.32	1217	0.54	1363	0.64	1347	0.86	1656	0.97	1789	1.29	1914	1.50	2030	1.61	2130	1.82	2242	2.15	2340	2.15	2438	2.37	2544	2.59
2290		65		69		71		74		76		78		80		82		84		86		86		87		87		87	
1496	1000	913	0.21	1090	0.43	1252	0.54	1391	0.75	1530	0.97	1660	1.07	1789	1.39	1912	1.50	2029	1.72	2140	2.04	2244	2.15	2343	2.47	2442	2.68	2544	2.89
2544		67		71		73		74		76		78		80		82		84		85		86		86		87		87	
1795	1200	1016	0.32	1182	0.43	1325	0.64	1461	0.86	1589	1.07	1740	1.29	1814	1.50	1923	1.82	2031	1.93	2138	2.25	2242	2.58	2342	2.79	2442	3.00	2544	3.21
3052		72		73		75		77		78		80		81		83		84		85		86		87		87		87	
2095	1400	1123	0.43	1282	0.64	1413	0.86	1536	1.07	1658	1.29	1770	1.50	1874	1.72	1972	2.04	2067	2.36	2151	2.58	2254	2.79	2347	3.22	2444	3.43	2544	3.64
3562		75		77		78		79		80		82		83		84		85		86		87		87		87		87	
2394	1600	1229	0.54	1385	0.75	1512	0.97	1624	1.29	1734	1.50	1836	1.72	1942	2.04	2038	2.36	2129	2.58	2215	2.90	2300	3.22	2382	3.54	2474	3.75	2544	3.96
4070		78		79		80		81		83		84		85		86		86		87		87		88		88		88	
2693	1800	1337	0.75	1442	0.86	1617	1.29	1723	1.50	1824	1.72	1920	2.04	2015	2.25	2107	2.68	2197	2.90	2277	3.22	2364	3.54	2442	3.97	2544	4.18	2544	4.39
4578		81		81		83		84		85		86		87		87		88		89		89		89		89		89	
2992	2000	1600	0.97	1722	1.50	1826	1.72	1921	2.04	2011	2.36	2098	2.68	2184	3.00	2268	3.22	2346	3.65	2432	3.97	2509	4.29	2592	4.50	2670	4.82	2739	5.11
5086		82		85		86		87		88		88		89		89		90		90		90		90		90		90	
3292	2200	1705	1.18	1829	1.82	1931	2.15	2023	2.47	2109	2.68	2181	3.00	2271	3.33	2350	3.54	2423	4.08	2504	4.29	2579	4.83	2655	5.04	2739	5.25	2814	5.46
5596		85		88		88		89		89		90		90		90		91		91		91		91		91		91	
3591	2400	1812	1.50	1934	2.15	2037	2.47	2127	2.79	2210	3.11	2289	3.54	2366	3.86	2440	4.29	2512	4.51	2584	4.94	2655	5.37	2739	5.58	2814	5.79	2889	6.00
6105		87		90		90		90		91		91		91		92		92		92		92		92		92		92	
3890	2600	1933	2.15	2143	2.90	2233	3.22	2315	3.65	2391	3.97	2465	4.29	2536	4.72	2605	5.04	2672	5.50	2742	5.94	2814	6.37	2889	6.79	2964	7.22	3039	7.65
6613		92		90		92		92		92		93		93		93		93		93		93		93		93		93	
4189	2800	2039	2.58	2248	3.33	2340	3.76	2421	4.18	2496	4.51	2567	4.94	2636	5.37	2702	5.69	2767	6.12	2830	6.55	2899	6.97	2964	7.40	3039	7.84	3114	8.27
7121		91		93		93		94		94		94		94		95		95		95		95		95		95		95	
4489	3000	2145	3.00	2353	3.86	2446	4.29	2527	4.72	2602	5.15	2672	5.37	2739	6.01	2803	6.44	2866	6.87	2927	7.30	2992	7.73	3057	8.16	3132	8.59	3207	9.02
7631		93		95		95		95		95		95		95		96		96		96		96		96		96		96	
4788	3200	2251	3.43	2458	4.51	2550	4.94	2633	5.37	2708	5.79	2778	6.22	2844	6.76	2907	7.19	2967	7.51	3027	8.05	3092	8.48	3157	8.91	3222	9.34	3287	9.77
8140		94		96		96		96		96		97		97		97		97		97		97		97		97		97	
5087	3400	2564	5.15	2655	5.37	2739	6.12	2815	6.44	2884	6.97	2949	7.51	3011	7.94	3071	8.37	3129	8.80	3194	9.23	3259	9.66	3324	10.10	3389	10.53	3454	10.96
8648		97		97		97		97		98		98		98		98		98		98		98		98		98		98	
5386	3600	2673	5.79	2760	6.44	2843	6.87	2920	7.30	2990	7.83	3056	8.37	3117	8.80	3176	9.34	3233	9.77	3292	10.20	3351	10.63	3410	11.06	3469	11.49	3528	11.92
9156		98		98		98		99		99		99		99		100		100		100		100		100		100		100	
5686	3800	2867	7.08	2948	7.73	3025	8.15	3096	8.58	3162	9.23	3224	9.76	3286	10.30	3348	10.83	3410	11.36	3472	11.89	3534	12.41	3596	12.94	3658	13.47	3720	14.02
9666		100		100		100		100		100		101		101		101		101		101		101		101		101		101	
5985	4000	2975	8.05	3053	8.58	3129	9.12	3201	9.66	3272	10.20	3344	10.73	3416	11.26	3488	11.79	3560	12.31	3632	12.84	3704	13.37	3776	13.90	3848	14.43	3920	14.96
10175		101		101		101		101		101		102		102		102		102		102		102		102		102		102	

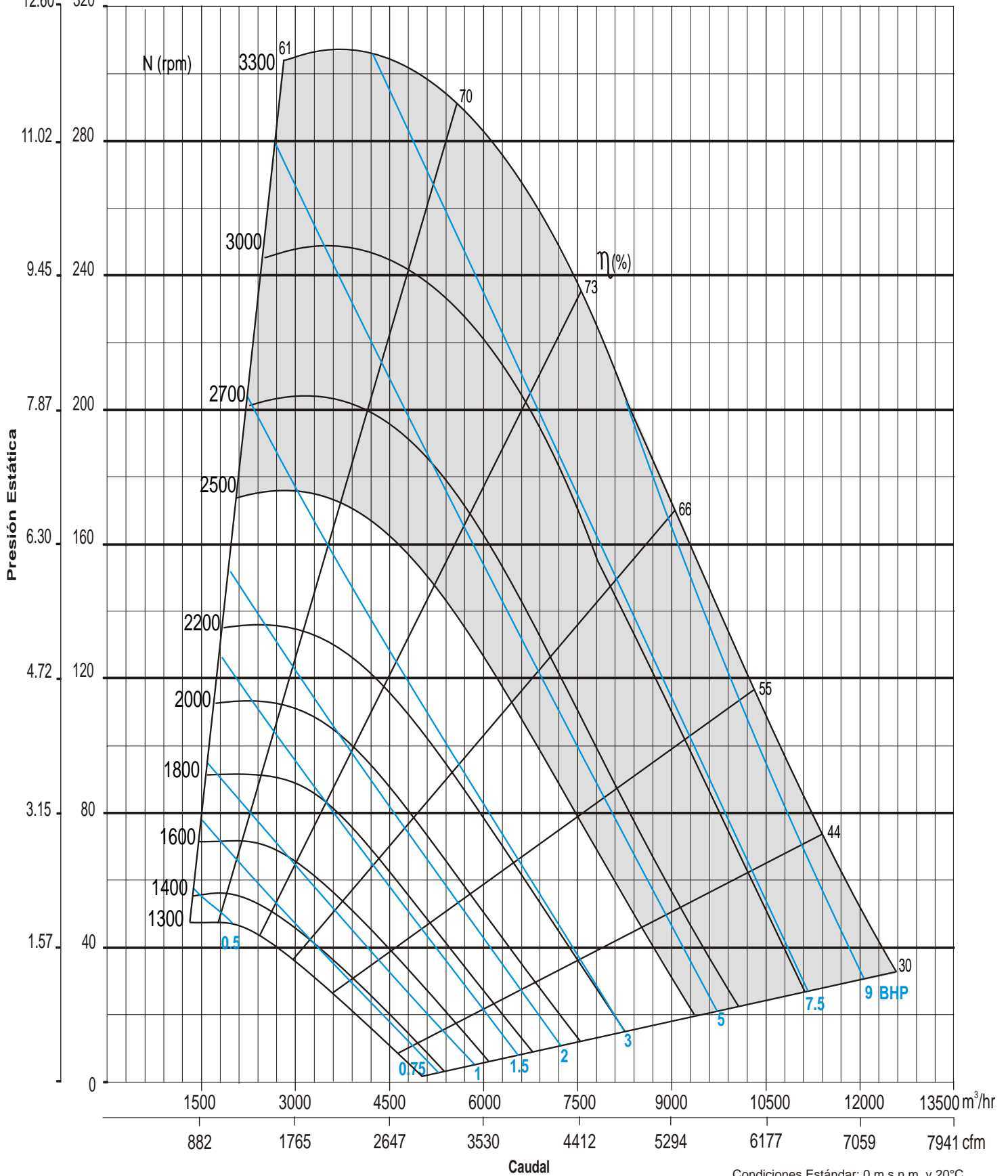
CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																											
		165.1mm/6.5"		177.8mm/7"		190.5mm/7.5"		203.2mm/8"		216mm/8.5"		228.6mm/9"		241.3mm/9.5"		254mm/10"		266.7mm/10.5"		279.4mm/11"		292.1mm/11.5"		304.8mm/12"					
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP				
1197	800	2430	2.46	2520	2.67	2608	2.89	2692	3.10	2774	3.42	2854	3.63	2931	3.85	3006	4.06	3080	4.38	3152	4.70	3222	4.92	3291	5.24	3360	5.46	3429	5.68
2035		88		89		90		91		91		92		93		93		94		94		95		95		96		96	
1347	900	2434	2.57	2525	2.78	2612	2.99	2696	3.21	2778	3.53	2858	3.85	2935	4.06	3010	4.28	3084	4.60	3155	4.92	3225	5.24	3294	5.45	3363	5.67	3432	5.89
2290		88		89		90		91		92		92		93		93		94		94		95		95		96		96	
1496	1000	2438	2.78	2529	2.99	2616	3.21	2701	3.53	2782	3.74	2862	4.06	2939	4.28	3014	4.60	3088	4.92	3159	5.13	3229	5.45	3298	5.77	3367	6.00	3436	6.22
2544		88		89		90		91		92		92		93		93		94		94		95		95		96		96	
1645	1100	2439	2.89	2531	3.10	2619	3.42	2704	3.74	2786	3.96	2866	4.28	2943	4.49	3019	4.81												

CM 400

CURVA CARACTERÍSTICA



in wg mmca
12.60 320



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C



CM 450

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 455 mm. (17 15/16 inch).
Diámetro del eje: Clase I 38.1 mm. (1 1/2 inch).
Clase II 35 mm. (1 3/8 inch).

Área de salida: 0.175 m² (1.882 ft²)
BHP máximos: Clase I 5.36, Clase II 13.41.

Armazón máx. de motor: Clase I 213 T, Clase II 254 T.
RPM máximas: Clase I 2200, Clase II 2900.
Peso del equipo: 73 Kg 160 Lbs.

CFM m³/hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		12.7mm/0.5"		19.05mm/0.75"		25.4mm/1"		38.1mm/1.5"		50.8 mm/2"		63.5 mm/2.5"		76.2mm/3"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5"		139.7mm/5.5"	
		RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP
1507	800	712	0.21	807	0.27	893	0.32	1051	0.54	1190	0.75	1319	0.21	1447	1.18	1571	1.50	1689	1.72	1800	1.93	1905	2.25	2004	2.58
2562		62	0.21	64	0.27	65	0.32	69	0.54	73	0.75	77	1.18	79	1.50	81	1.93	82	2.25	84	2.58	85	2.92	87	3.25
1695	900	752	0.21	841	0.32	923	0.43	1072	0.64	1209	0.86	1331	1.07	1447	1.29	1561	1.50	1673	1.82	1783	2.04	1883	2.36	1988	2.68
2882		64	0.21	66	0.32	67	0.43	70	0.64	73	0.86	77	1.29	79	1.50	81	1.93	82	2.36	84	2.68	85	3.02	87	3.35
1884	1000	794	0.32	880	0.35	956	0.43	1102	0.64	1231	0.86	1350	1.07	1461	1.39	1566	1.61	1669	1.93	1771	2.15	1867	2.47	1970	2.79
3203		66	0.32	68	0.35	69	0.43	71	0.64	74	0.86	77	1.39	79	1.61	81	1.93	82	2.47	84	2.79	85	3.13	87	3.46
2260	1200	879	0.43	962	0.48	1032	0.54	1162	0.86	1285	1.07	1397	1.29	1502	1.61	1601	1.82	1695	2.15	1785	2.82	1867	2.79	1958	3.11
3842		70	0.43	71	0.48	72	0.54	74	0.86	76	1.07	77	1.29	79	1.61	81	1.82	82	2.15	84	2.79	85	3.11	87	3.44
2637	1400	970	0.54	1047	0.64	1114	0.75	1236	0.97	1349	1.29	1454	1.50	1554	1.82	1648	2.15	1738	2.47	1824	2.79	1906	3.11	1986	3.54
4483		74	0.54	75	0.64	75	0.75	77	0.97	78	1.29	79	1.50	80	1.82	81	2.15	83	2.47	84	2.79	86	3.11	87	3.44
3014	1600	1135	0.85	1201	0.97	1320	1.29	1424	1.50	1521	1.82	1614	2.15	1703	2.47	1790	2.79	1872	3.22	1947	3.54	2028	3.86	2108	4.18
5124		78	0.85	79	0.97	80	1.29	80	1.50	81	1.82	82	2.15	83	2.47	84	2.79	85	3.22	87	3.54	88	3.86	90	4.18
3391	1800	1290	1.18	1401	1.50	1504	1.82	1596	2.15	1683	2.47	1767	2.90	1848	3.22	1927	3.65	1999	3.97	2078	4.40	2157	4.72	2236	5.04
5765		81	1.18	82	1.50	83	1.82	83	2.15	84	2.47	84	2.90	85	3.22	86	3.65	88	3.97	89	4.40	90	4.72	91	5.04
3767	2000	1380	1.50	1487	1.82	1587	2.15	1677	2.58	1760	2.90	1839	3.22	1915	3.65	1990	4.08	2059	4.51	2134	4.94	2209	5.37	2284	5.70
6404		84	1.50	84	1.82	85	2.15	85	2.58	86	2.90	86	3.22	87	3.65	87	4.08	89	4.51	90	4.94	91	5.37	92	5.70
4144	2200	1575	2.15	1672	2.58	1760	2.90	1841	3.33	1917	3.76	1989	4.18	2060	4.61	2124	5.04	2196	5.37	2268	5.70	2340	6.02	2412	6.34
7045		86	2.15	87	2.58	87	2.90	88	3.33	88	3.76	89	4.18	89	4.61	90	5.04	91	5.37	92	5.70	93	6.02	94	6.34
4521	2400	1667	2.68	1759	3.00	1844	3.43	1923	3.86	1998	4.29	2068	4.72	2136	5.15	2201	5.69	2265	6.12	2330	6.55	2394	6.98	2458	7.40
7686		88	2.68	89	3.00	89	3.43	90	3.86	90	4.29	91	4.72	91	5.15	92	5.69	93	6.12	94	6.55	95	6.98	96	7.40
4898	2600	1848	3.54	1930	4.08	2008	4.51	2081	4.94	2150	5.37	2216	5.90	2279	6.44	2340	6.87	2399	7.30	2458	7.73	2517	8.16	2576	8.59
8327		91	3.54	91	4.08	92	4.51	92	4.94	92	5.37	93	5.90	93	6.44	94	6.87	95	7.30	96	7.73	97	8.16	98	8.59
5274	2800	1940	4.18	2018	4.61	2093	5.15	2165	5.58	2233	6.12	2298	6.55	2360	7.08	2419	7.51	2478	7.94	2537	8.37	2596	8.80	2655	9.23
8966		92	4.18	93	4.61	93	5.15	94	5.58	94	6.12	95	6.55	95	7.08	96	7.51	97	7.94	98	8.37	99	8.80	100	9.23
5651	3000	2109	4.83	2181	5.79	2250	6.44	2317	6.87	2381	7.30	2442	7.73	2501	8.16	2559	8.59	2617	9.02	2675	9.45	2733	9.88	2791	10.31
9607		94	4.83	95	5.79	95	6.44	96	6.87	96	7.30	97	7.73	97	8.16	98	8.59	99	9.02	100	9.45	101	9.88	102	10.31
6028	3200	2202	6.12	2271	6.44	2338	7.19	2403	7.73	2465	8.26	2526	8.91	2584	9.44	2642	9.87	2700	10.30	2758	10.73	2816	11.16	2874	11.59
10248		96	6.12	96	6.44	97	7.19	97	7.73	98	8.26	98	8.91	99	9.44	100	9.87	101	10.30	102	10.73	103	11.16	104	11.59
6405	3400	2363	7.51	2427	8.15	2490	8.58	2551	9.23	2610	9.66	2669	10.09	2728	10.52	2787	10.95	2846	11.38	2905	11.81	2964	12.24	3023	12.67
10889		98	7.51	98	8.15	99	8.58	99	9.23	100	9.66	101	10.09	102	10.52	103	10.95	104	11.38	105	11.81	106	12.24	107	12.67
6781	3600	2518	9.12	2579	9.66	2638	10.30	2696	10.73	2754	11.16	2812	11.59	2870	12.02	2928	12.45	2986	12.88	3044	13.31	3102	13.74	3160	14.17
11518		100	9.12	100	9.66	100	10.30	101	10.73	101	11.16	102	11.59	102	12.02	103	12.45	104	12.88	105	13.31	106	13.74	107	14.17
7158	3800	2670	10.7	2727	11.5	2783	11.8	2838	12.2	2893	12.6	2948	13.0	3003	13.4	3058	13.8	3113	14.2	3168	14.6	3223	15.0	3278	15.4
12158		101	10.7	101	11.5	102	11.8	102	12.2	103	12.6	103	13.0	104	13.4	105	13.8	106	14.2	107	14.6	108	15.0	109	15.4
7535	4000	2763	12.0	2818	12.7	2872	12.9	2926	13.3	2980	13.7	3034	14.1	3088	14.5	3142	14.9	3196	15.3	3250	15.7	3304	16.1	3358	16.5
12798		103	12.0	103	12.7	103	12.9	104	13.3	105	13.7	106	14.1	107	14.5	108	14.9	109	15.3	110	15.7	111	16.1	112	16.5

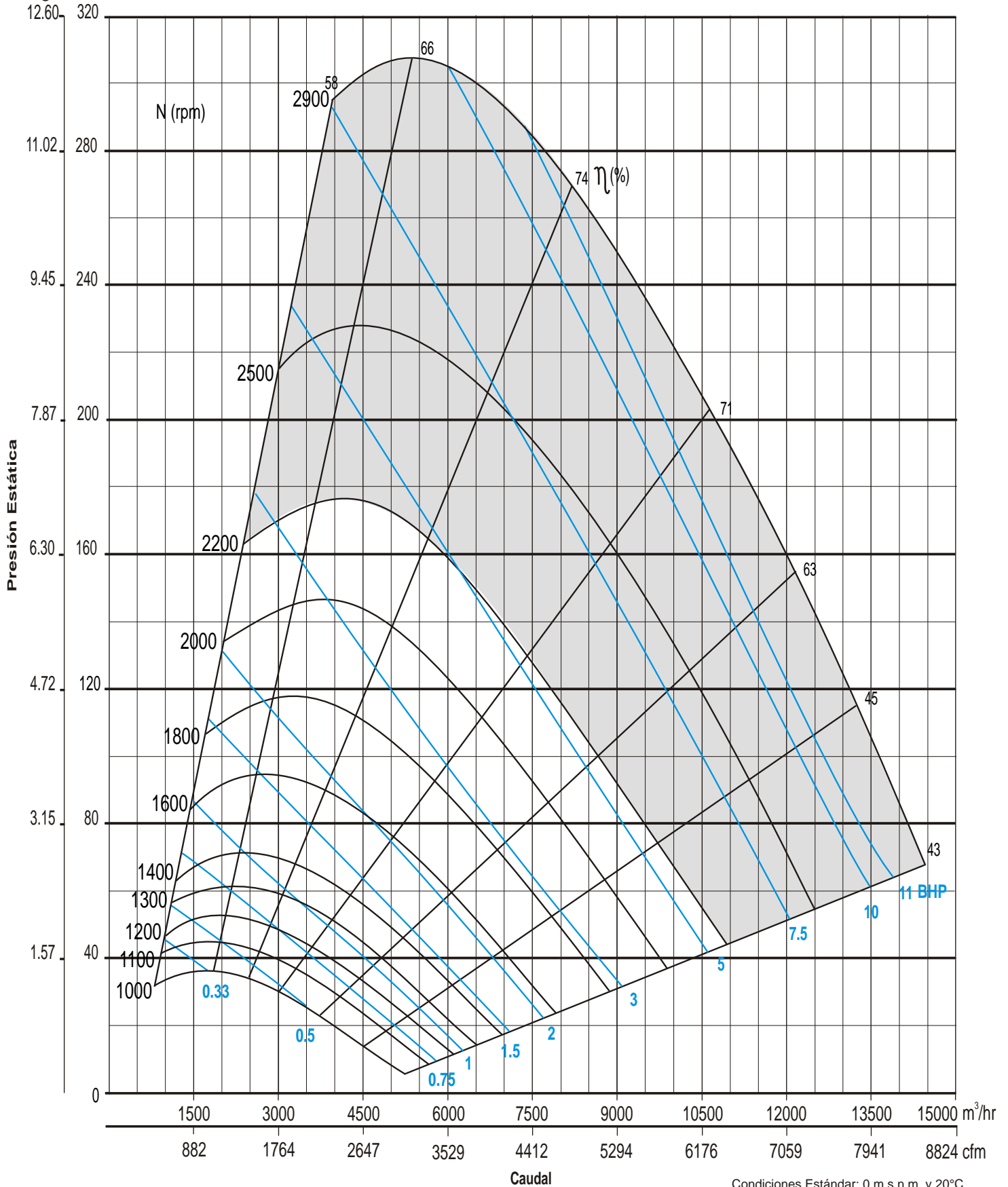
CFM m³/hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		152.4mm/6"		165.1mm/6.5"		171.5mm/6.75"		177.8mm/7"		190.5mm/7.5"		203.2mm/8"		216mm/8.5"		228.6mm/9"		241.3mm/9.5"		254mm/10"		266.7mm/10.5"		279.4mm/11"	
		RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP
1507	800	2098	2.78	2188	3.20	2231	3.21	2274	3.42	2357	3.74	2437	4.06	2514	4.49	2590	4.81	2663	5.13	2734	5.56	2803	5.88	2871	6.20
2562		88	2.78	89	3.20	89	3.21	90	3.42	91	3.74	92	4.06	93	4.49	94	4.81	95	5.13	96	5.56	97	5.88	98	6.20
1695	900	2083	2.99	2174	3.20	2218	3.42	2261	3.63	2345	3.96	2425	4.28	2503	4.60	2579	5.02	2652	5.35	2724	5.77	2794	6.09	2861	6.52
2882		88	2.99	89	3.20	89	3.42	90	3.63	91	3.96	92	4.28	93	4.60	94	5.02	95	5.35	96	5.77	97	6.09	98	6.52
1884	1000	2065	3.21	2157	3.40	2201	3.63	2245	3.74	2330	4.17	2411	4.49	2490	4.81	2566	5.24	2640	5.56	2712	5.99	2782	6.31	2851	6.73
3203		88	3.21	89	3.40	89	3.63	90	3.74	91	4.17	92	4.49	93	4.81	94	5.24	95	5.56	96	5.99	97	6.31	98	6.73
2260	1200	2043	3.42	2128	3.70	2171	3.96	2212	4.17	2295	4.49	2311	4.92	2456	5.35	2534	5.67	2609	6.09	2683	6.41	2754	6.84	2823	7.27
3842		88	3.42	89	3.70	90	3.96	91	4.17	92	4.49	93	4.92	94	5.35	95	5.67	96	6.09	97	6.41	98	6.84	99	7.27
2637	1400	2063	3.85	2139	4.20	2176	4.38	2213	4.60	2286	5.02	2359	5.35	2432	5.77	2505	6.20	2577	6.63	2649	7.06	2719	7.48	2788	7.91
4483		88	3.85	89	4.20	90	4.38	91	4.60	92	5.02	93	5.35	94	5.77	95	6.20	96	6.63	97	7.06	98	7.48	99	7.91
2823	1500	2081	4.06	2155	4.40	2191	4.60	2226	4.81	2297	5.13	2366	5.67	2434	5.99	2503	6.41	2571	6.84	2639	7.27	2707	7.70	2774	8.23
4799		88	4.06	89	4.40	90	4.60	91	4.81	92	5.13	93	5.67	94	5.99	95	6.41	96	6.84	97	7.27	98	7.70</		

CM 450

CURVA CARACTERÍSTICA



in wg mmca



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C



CM 500

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 510 mm. (20 1/6 inch).
Diámetro del eje: Clase I 38.1 mm. (1 1/2 inch).
Clase II 35 mm. (1 3/8 inch).

Área de salida: 0.220 m² (2.368 ft²)
BHP máximos: Clase I 6.7, Clase II 14.75.

Armazón máx. de motor: Clase I 213 T, Clase II 254 T.
RPM máximas: Clase I 1950, Clase II 2550.
Peso del equipo: 86 Kg 188 Lbs.

CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		12.7mm/.5"		19.05mm/0.75"		25.4mm/1"		38.1mm/1.5"		50.8mm/2"		63.5mm/2.5"		76.2mm/3"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5"		139.7mm/5.5"	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
1894	800	641	0.21	725	0.32	802	0.43	945	0.64	1074	0.97	1193	1.18	1303	1.50	1408	1.72	1507	2.04	1894	2.47	1691	2.79	1776	3.11
3220	900	63		65		66		70		74		77		80		82		84		85		87		88	
2131		677	0.32	758	0.43	830	0.54	963	0.75	1087	1.02	1202	1.29	1308	1.61	1409	1.93	1505	2.15	1597	2.58	1685	2.90	1770	3.22
3623		65		67		68		71		74		77		80		82		84		85		87		88	
2368	1000	713	0.32	792	0.43	862	0.54	987	0.86	1104	1.07	1215	1.39	1318	1.72	1415	2.04	1508	2.36	1597	2.79	1682	3.11	1765	3.54
4026	1200	67		69		70		72		75		78		80		82		84		85		87		88	
2842		789	0.43	865	0.64	931	0.75	1047	1.07	1152	1.29	1252	1.61	1348	2.04	1440	2.36	1528	2.79	1612	3.11	1692	3.54	1770	3.97
4831	1400	71		72		73		75		77		79		81		82		84		85		87		88	
3315		870	0.64	939	0.75	1003	0.97	1115	1.29	1214	1.61	1305	1.93	1392	2.36	1477	2.68	1559	3.11	1639	3.54	1716	3.97	1790	4.40
5636	1600	74		75		76		78		80		81		83		83		84		85		87		88	
3789				1018	0.97	1078	1.18	1187	1.61	1282	1.93	1369	2.36	1450	2.68	1528	3.11	1603	3.54	1677	3.97	1750	4.40	1820	4.94
6441	1800			78		79		81		82		84		85		85		86		86		87		88	
4263				1102	1.29	1157	1.50	1260	1.82	1354	2.36	1438	2.68	1515	3.22	1589	3.65	1660	4.08	1729	4.51	1796	4.94	1861	5.47
7247	2000			81				83		85		86		86		87		87		88		88		89	
4736						1239	1.82	1336	2.15	1426	2.68	1509	3.22	1585	3.65	1656	4.18	1724	4.61	1789	5.15	1852	5.58	1914	6.12
8051	2200					84		85		86		87		88		88		89		89		90		90	
5210								1415	2.68	1501	3.22	1582	3.65	1656	4.18	1726	4.72	1792	5.37	1854	5.79	1915	6.33	1974	6.87
8857	2400							87		88		89		89		90		90		91		91		92	
5683								1497	3.22	1578	3.65	1655	4.29	1729	4.83	1797	5.37	1862	6.01	1923	6.55	1982	7.18	2039	7.73
9661	2600							89		90		90		91		91		92		92		93		93	
6157										1658	4.29	1732	4.83	1803	5.37	1870	6.12	1939	6.76	1994	7.30	2052	7.94	2108	8.58
10467	2800									91		92		92		93		93		94		94		95	
6631										1741	5.04	1810	5.58	1878	6.22	1944	6.87	2007	7.51	2067	8.26	2124	8.91	2178	9.66
11273	3000									93		93		94		94		95		95		96		96	
7104												1892	6.44	1956	7.08	2019	7.73	2081	8.48	2140	9.12	2196	9.87	2250	10.7
12077	3200											95		95		95		96		96		97		98	
7578												1976	7.30	2037	7.94	2097	8.58	2156	9.44	2214	10.1	2269	10.9	2323	11.8
12883	3400													96		96		97		97		98		99	
8051																2120	9.01	2177	9.66	2233	10.4	2289	11.3	2343	12.0
13686	3600															98		98		99		100		100	
8525																		2259	10.8	2313	11.6	2367	12.5	2419	13.3
14493	3800																	100		100		101		101	
8991																				2343	12.2	2395	12.9	2446	13.8
15285	4000																			102		102		103	
9464																						2479	14.4	2528	15.2
16089																									

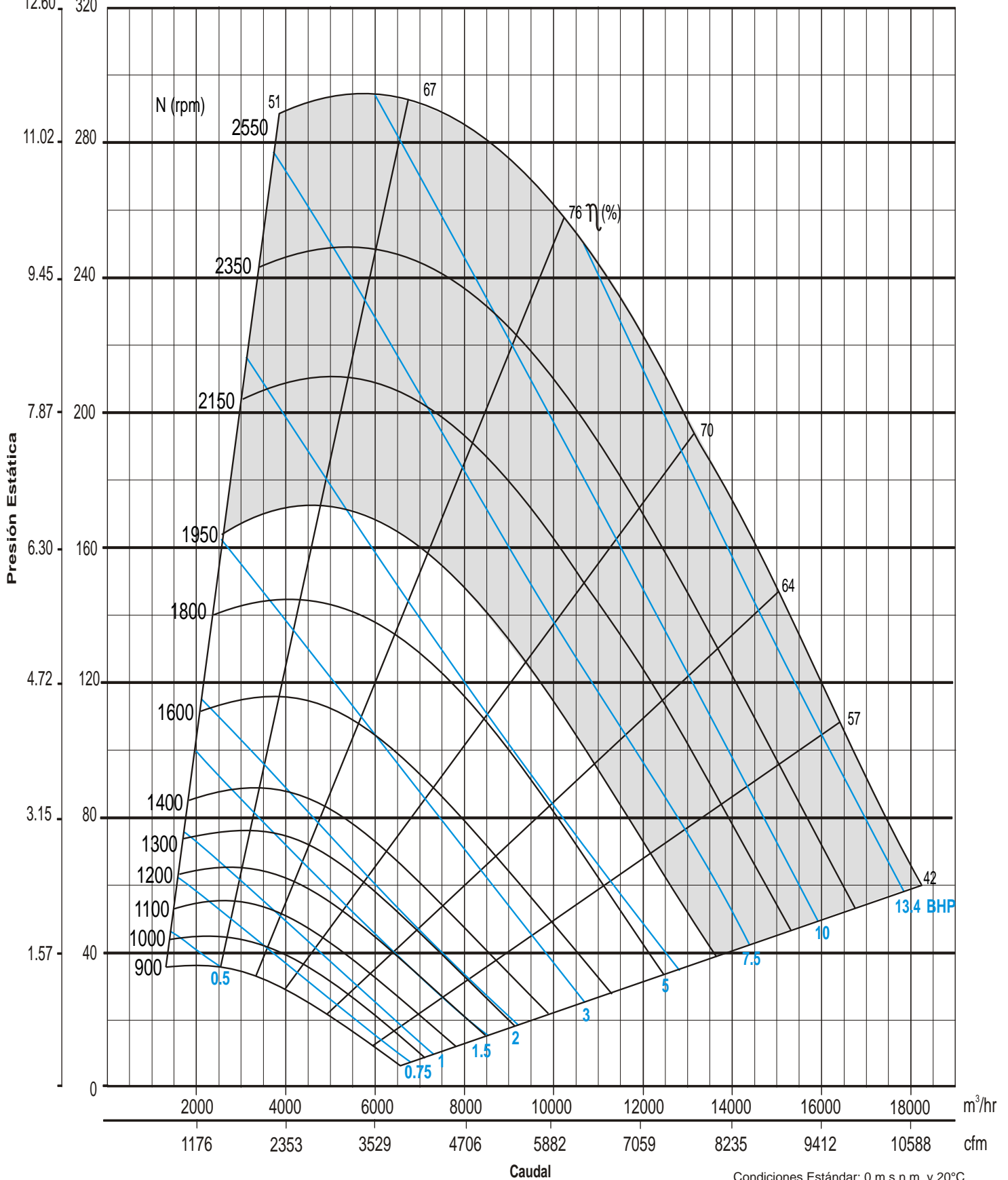
CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		152.4mm/6"		165.1mm/6.5"		171.1mm/6.75"		177.8mm/7"		190.5mm/7.5"		203.2mm/8"		216mm/8.5"		228.6mm/9"		241.3mm/9.5"		254mm/10"		266.7mm/10.5"		279.4mm/11"	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
1894	800	1858	3.42	1936	3.85	1974	4.06	2011	4.28	2083	4.60	1894	4.70	2220	5.00	2286	5.50	2350	5.90	2412	6.30	2473	6.70	2532	7.50
3220	900	89		90		95		91		92		93		94		95		96		96		97		98	
2131		1851	3.63	1929	4.06	1967	4.28	2004	4.49	2077	4.81	2147	5.24	2215	5.67	2280	6.09	2344	6.63	2407	7.06	2467	7.48	2527	7.90
3623	1000	89		90		95		91		92		93		94		95		96		96		97		98	
2368		1845	3.85	1923	4.28	1960	4.49	1998	4.70	2070	5.13	2140	5.56	2208	5.99	2274	6.41	2338	6.84	2400	7.38	2461	7.80	2521	8.30
4026	1200	89		90		95		91		92		93		94		95		96		96		97		98	
2842		1846	4.28	1919	4.81	1955	5.02	1991	5.24	2061	5.67	2129	6.09	2196	6.52	2261	7.06	2325	7.48	2387	8.02	2448	8.55	2508	9.00
4831	1400	89		90		95		91		92		93		94		95		96		96		97		98	
3315		1862	4.92	1932	5.35	1967	5.56	2001	5.77	2067	6.20	2132	6.73	2196	7.16	2258	7.70	2319	8.23	2374	8.77	2439	9.19	2497	9.80
5636	1600	89		90		95		91		92		97		94		95		96		96		97		98	
3549		1875	5.13	1943	5.67	1977	5.88	2010	6.09	2075	6.63	2139	7.06	2201	7.48	2262	8.02	2322	8.55	2381	9.09	2439	9.62	2495	10.2
6033	1800	93		94		95		95		96		97		98		99		100		100		101		102	
3789		1889	5.35	1957	5.88	1990	6.20	2022	6.41	2086	6.95	2149	7.48	2210	8.02	2269	8.45	2328	8.98	2386	9.51	2442	10.2	2498	10.7
6441	2000	89		90		95		91		92		97		94		95		96		96		97		98	
4263		1926	5.99	1990	6.41	2022	6.73	2053	7.06	2114	7.59	2174	8.12	2234	8.77	2291	9.30	2348	9.83	2404	10.5	2458	11.0	2512	11.7
7247	2200	89		90		95		91		92		97		94		95		96		96		97		98	
4495		1948	6.31	2010	6.84	2041	7.06	2071	7.38	2131	7.91	2190	8.55	2248	9.09	2305	9.62	2361	10.3	2415	10.9	2469	11.5	2522	12.1
7643	2400	94		95		95		95		96		97		98		99		100		100		101		102	
4736		1974	6.63	2034	7.16	2063	7.48	2093	7.70	2151	8.34	2208	8.87	2265	9.51	2321	10.0	2375	10.7	2429	11.3	2482	11.9	2534	12.6
8051	2600	91		91		96		92		93		97		94		95		96		96		97		98	
5210		2032	7.38	2088	7.91	2116	8.23	2143	8.55	2198	9.09	2252	9.62	2305	10.3	2358	10.9	2411	11.5	2462	12.3	2513	12.8		
8857	2800	92		93		97		93		94		97		94		95		96		96		97		98	
5683		2095	8.23	2149	8.87	2175	9.09	2201	9.41	2253	10.1	2305	10.7	2355	11.2	2405	11.8	2454	12.5	2503	13.3				
9661	3000	94																							

CM 500

CURVA CARACTERÍSTICA



in wg mmca
12.60 320



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C

CM 560



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 570 mm. (22 7/16 inch).
 Diámetro del eje: Clase I 38.1 mm. (1 1/2 inch).
 Clase II 40 mm. (1 9/16 inch).

Área de salida: 0.273 m² (2.942 ft²)
 BHP máximos: Clase I 8.04, Clase II 17.43.

Armazón máx. de motor: Clase I 215 T, Clase II 256 T.
 RPM máximas: Clase I 1800, Clase II 2300.
 Peso del equipo: 127 Kg 269 Lbs.

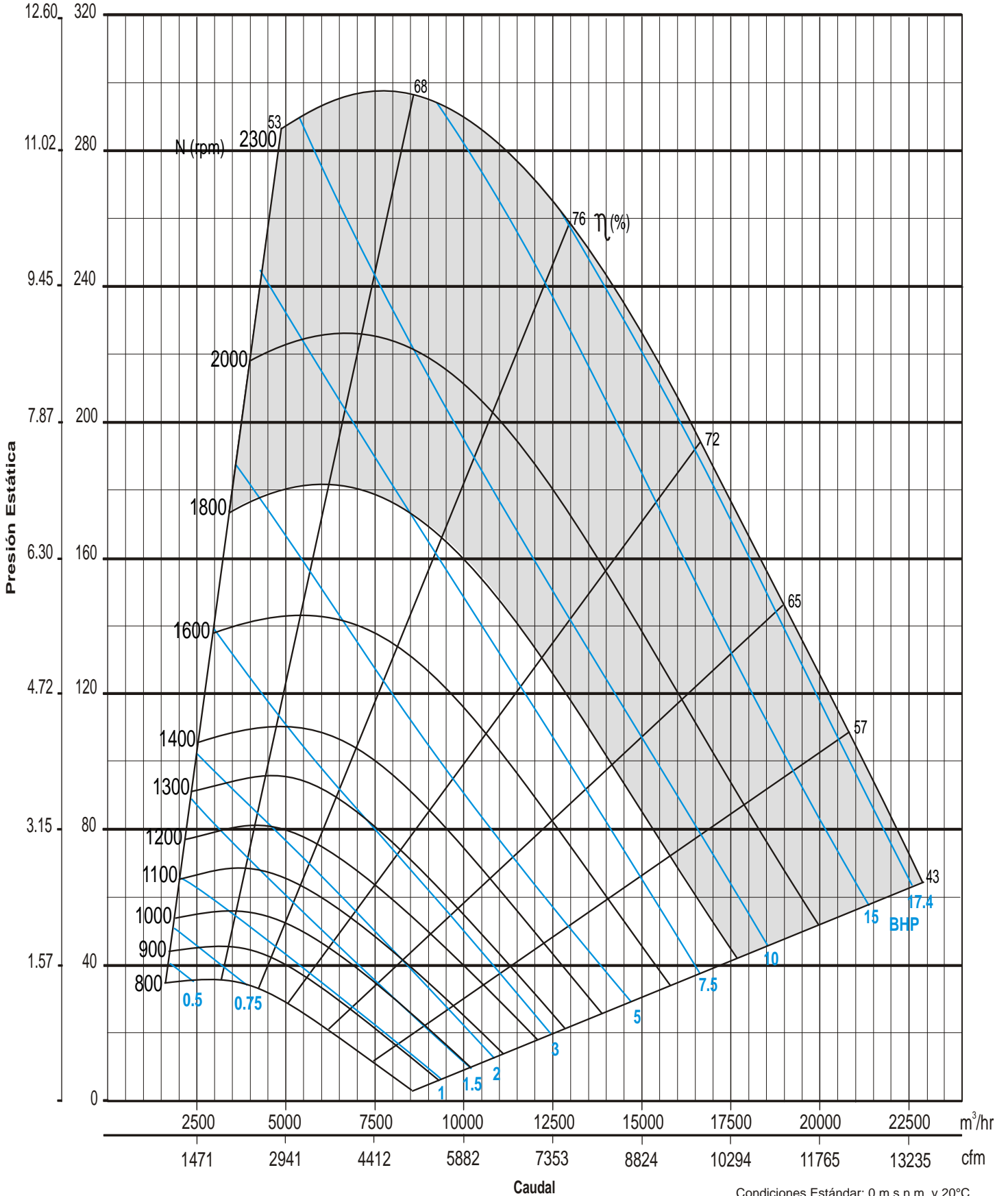
CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																																						
		12.7mm/ .5"		19.05mm/0.75"		25.4mm/1"		38.1mm/1.5"		50.8 mm/2"		63.5 mm/2.5"		76.2mm/3"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5"		139.7mm/5.5"																
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP															
2351 3997	800	LwA	575	0.32	LwA	648	0.43	LwA	718	0.54	LwA	846	0.86	LwA	962	1.07	LwA	1070	1.50	LwA	1172	1.82	LwA	1267	2.15	LwA	1357	2.58	LwA	1442	3.00	LwA	1522	3.43	LwA	1599	3.76			
		BHP	63		BHP	66		BHP	68		BHP	72		BHP	76		BHP	79		BHP	81		BHP	83		BHP	85		BHP	86		BHP	88		BHP	89				
2645 4497	900	LwA	604	0.34	LwA	677	0.48	LwA	742	0.61	LwA	863	0.93	LwA	973	1.29	LwA	1076	1.61	LwA	1174	1.99	LwA	1266	2.36	LwA	1353	2.79	LwA	1437	3.22	LwA	1517	3.65	LwA	1593	4.08			
		BHP	65		BHP	67		BHP	69		BHP	73		BHP	76		BHP	79		BHP	81		BHP	83		BHP	85		BHP	86		BHP	88		BHP	89				
2939 4996	1000	LwA	638	0.41	LwA	707	0.56	LwA	770	0.70	LwA	884	1.03	LwA	989	1.39	LwA	1087	1.72	LwA	1180	2.15	LwA	1269	2.58	LwA	1354	3.00	LwA	1435	3.43	LwA	1513	3.86	LwA	1588	4.29			
		BHP	67		BHP	69		BHP	70		BHP	74		BHP	76		BHP	79		BHP	81		BHP	83		BHP	85		BHP	86		BHP	88		BHP	89				
3526 5994	1200	LwA	709	0.54	LwA	773	0.75	LwA	831	0.86	LwA	936	1.29	LwA	1032	1.61	LwA	1121	2.04	LwA	1207	2.47	LwA	1288	3.00	LwA	1367	3.43	LwA	1443	3.86	LwA	1517	4.29	LwA	1588	4.83			
		BHP	71		BHP	72		BHP	73		BHP	76		BHP	78		BHP	80		BHP	81		BHP	83		BHP	85		BHP	86		BHP	88		BHP	89				
4114 6994	1400	LwA	780	0.75	LwA	843	0.97	LwA	898	1.07	LwA	996	1.50	LwA	1085	1.93	LwA	1168	2.47	LwA	1247	2.90	LwA	1323	3.33	LwA	1396	3.86	LwA	1467	4.40	LwA	1535	4.94	LwA	1602	5.37			
		BHP	75		BHP	75		BHP	76		BHP	78		BHP	80		BHP	81		BHP	83		BHP	84		BHP	85		BHP	87		BHP	88		BHP	89				
4702 7993	1600	LwA			LwA	915	1.18	LwA	968	1.39	LwA	1061	1.93	LwA	1144	2.36	LwA	1223	2.79	LwA	1297	3.33	LwA	1368	3.86	LwA	1437	4.40	LwA	1503	4.94	LwA	1567	5.58	LwA	1630	6.12			
		BHP			BHP	78		BHP	79		BHP	81		BHP	82		BHP	83		BHP	84		BHP	85		BHP	86		BHP	87		BHP	88		BHP	89				
5289 8991	1800	LwA			LwA	986	1.61	LwA	1039	1.82	LwA	1129	2.25	LwA	1209	2.79	LwA	1283	3.22	LwA	1353	3.86	LwA	1420	4.40	LwA	1485	4.94	LwA	1548	5.58	LwA	1608	6.22	LwA	1668	6.76			
		BHP			BHP	81		BHP	82		BHP	83		BHP	84		BHP	85		BHP	86		BHP	87		BHP	88		BHP	89		BHP	90							
5877 9991	2000	LwA			LwA	1058	1.93	LwA	1111	2.15	LwA	1200	2.79	LwA	1277	3.22	LwA	1347	3.86	LwA	1414	4.51	LwA	1478	5.04	LwA	1540	5.69	LwA	1599	6.22	LwA	1657	6.87	LwA	1713	7.51			
		BHP			BHP	84		BHP	84		BHP	86		BHP	87		BHP	87		BHP	88		BHP	89		BHP	90		BHP	90		BHP	91							
6465 10991	2200	LwA			LwA			LwA	1182	2.68	LwA	1271	3.22	LwA	1347	3.86	LwA	1415	4.51	LwA	1479	5.15	LwA	1540	5.79	LwA	1599	6.44	LwA	1656	7.40	LwA	1711	7.73	LwA	1765	8.37			
		BHP			BHP			BHP	87		BHP	88		BHP	89		BHP	89		BHP	90		BHP	91		BHP	91		BHP	92		BHP	92							
7053 11990	2400	LwA			LwA			LwA			LwA	1343	3.86	LwA	1418	4.51	LwA	1484	5.26	LwA	1547	5.90	LwA	1606	6.55	LwA	1662	7.30	LwA	1717	7.94	LwA	1770	8.58	LwA	1821	9.34			
		BHP			BHP			BHP			BHP	90		BHP	91		BHP	91		BHP	92		BHP	92		BHP	93		BHP	93		BHP	94							
7640 12988	2600	LwA			LwA			LwA			LwA	1414	4.61	LwA	1489	5.37	LwA	1555	6.01	LwA	1616	6.65	LwA	1673	7.51	LwA	1728	8.15	LwA	1780	8.91	LwA	1832	9.66	LwA	1881	10.4			
		BHP			BHP			BHP			BHP	92		BHP	92		BHP	93		BHP	93		BHP	94		BHP	94		BHP	95		BHP	95							
8228 13988	2800	LwA			LwA			LwA			LwA			LwA	1560	6.12	LwA	1627	6.87	LwA	1687	7.62	LwA	1742	8.37	LwA	1796	9.12	LwA	1847	9.98	LwA	1896	10.7	LwA	1944	11.6			
		BHP			BHP			BHP			BHP			BHP	93		BHP	94		BHP	94		BHP	95		BHP	95		BHP	96		BHP	96							
8816 14987	3000	LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA	1632	7.08	LwA	1698	7.83	LwA	1758	8.58	LwA	1813	9.44	LwA	1865	10.3	LwA	1915	11.1	LwA	1963	12.0	LwA	2010	12.9
		BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP	95		BHP	95		BHP	96		BHP	96		BHP	97		BHP	97		BHP	98				
9403 15985	3200	LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA					
		BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP					
9991 16985	3400	LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA					
		BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP					
10579 17984	3600	LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA					
		BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP					
11167 18984	3800	LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA			LwA					
		BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP			BHP					
11754 19982	4000	LwA			LwA			Lw																																

CM 560

CURVA CARACTERÍSTICA



in wg mmca



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C

CM 630



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 640 mm. (25 3/16 inch).
Diámetro del eje: Clase I 38.1 mm. (1 1/2 inch).
Clase II 40 mm. (1 9/16 inch).

Área de salida: 0.346 m² (3.727 ft²)
BHP máximos: Clase I 9.38, Clase II 21.45.

Armazón máx. de motor: Clase I 215 T, Clase II 284 T.
RPM máximas: Clase I 1500, Clase II 2000.
Peso del equipo: 155 Kg 340 Lbs.

CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		12.7mm/.5"		19.05mm/0.75"		25.4mm/1"		38.1mm/1.5"		50.8 mm/2"		63.5 mm/2.5"		76.2mm/3"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5"		139.7mm/5.5"	
		RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP
2979	800	500	0.36	567	0.52	629	0.68	744	1.05	856	1.44	962	1.82	1057	2.25	1142	2.68	1220	3.11	1294	3.65	1364	4.18	1431	4.72
5064		62		64		66		70		73		77		79		81		83		85		86		87	
3352	900	528	0.42	591	0.59	650	0.76	757	1.15	857	1.61	957	2.04	1053	2.47	1141	2.90	1221	3.43	1295	3.97	1365	4.40	1431	4.94
5698		62		66		68		70		73		76		79		81		83		85		86		87	
3724	1000	556	0.50	618	0.68	673	0.86	775	1.29	868	1.72	958	2.15	1048	2.68	1136	3.22	1218	3.65	1294	4.18	1365	4.72	1431	5.37
6331		67		68		70		72		74		76		79		81		83		85		86		87	
4469	1200	614	0.68	674	0.90	726	1.07	818	1.50	904	2.04	983	2.58	1060	3.11	1135	3.65	1210	4.18	1285	4.83	1357	5.37	1427	6.01
7597		71		72		73		75		76		77		79		81		83		84		86		87	
5214	1400	675	0.91	732	1.07	783	1.39	870	1.93	948	2.47	1022	3.00	1093	3.54	1160	4.18	1225	4.83	1290	5.47	1354	6.12	1419	6.87
8864		75		76		77		79		80		81		82		83		85		86		87		88	
5959	1600	791	1.50	840	1.72	926	2.36	1000	2.90	1068	3.43	1134	4.08	1198	4.72	1259	5.37	1318	6.12	1375	6.87	1432	7.62		
10130		79		79		80		81		82		83		84		85		85		86		86		87	
6704	1800	855	1.88	899	2.15	983	2.79	1056	3.43	1121	4.08	1182	4.72	1242	5.37	1299	6.12	1355	6.87	1409	7.62	1462	8.37		
11397		81		82		83		83		84		85		86		87		87		88		88		88	
7449	2000	962	2.68	1041	3.33	1113	3.97	1177	4.72	1235	5.37	1291	6.22	1346	6.97	1399	7.73	1450	8.58	1500	9.34				
12663		84		85		86		86		87		88		88		89		89		89		90		90	
8194	2200	1027	3.22	1100	3.97	1170	4.72	1234	5.47	1292	6.22	1345	6.97	1397	7.83	1447	8.58	1496	9.55	1544	10.3				
13930		86		87		88		88		89		90		90		91		91		91		92		92	
8938	2400	1162	4.72	1228	5.47	1291	6.34	1349	7.19	1402	8.05	1451	8.91	1499	9.66	1546	10.5	1591	11.5						
15195		89		90		90		91		91		92		92		93		93		93		94		94	
9683	2600	1227	5.58	1288	6.44	1349	7.30	1406	8.15	1459	9.12	1508	9.98	1555	10.9	1600	11.8	1643	12.7						
16461		91		92		92		93		93		94		94		95		95		95		96		96	
10428	2800	1351	7.51	1408	8.37	1464	9.34	1517	10.3	1566	11.3	1612	12.2	1656	13.2	1698	13.9								
17728		93		94		94		94		95		95		95		96		96		96		97		97	
11173	3000	1416	8.58	1469	9.55	1522	10.5	1574	11.6	1623	12.5	1670	13.6	1713	14.7	1755	15.8								
18994		95		95		96		96		96		96		96		97		97		97		97		97	
11918	3200	1533	10.7	1583	11.8	1632	12.9	1680	14.1	1727	15.1	1771	16.3	1812	17.4										
20261		97		97		97		97		97		98		98		98		98		98		98		98	
12663	3400	1598	12.3	1645	13.4	1692	14.5	1739	15.7	1784	16.8	1828	18.0	1870	19.3										
21527		98		98		99		99		99		99		99		99		99		99		99		99	
13408	3600	1710	15.0	1754	16.1	1798	17.2	1842	18.6	1885	19.8	1927	21.1												
22794		100		100		100		100		100		100		101		101		101		101		101		101	
14153	3800	1776	16.9	1818	18.0	1860	19.3	1902	20.4	1944	21.8														
24060		101		101		101		101		101		101		102		102		102		102		102		102	
14897	4000	1883	20.1	1923	21.4	1963	22.5																		
25325		102		102		103		103		103		103		103		103		103		103		103		103	

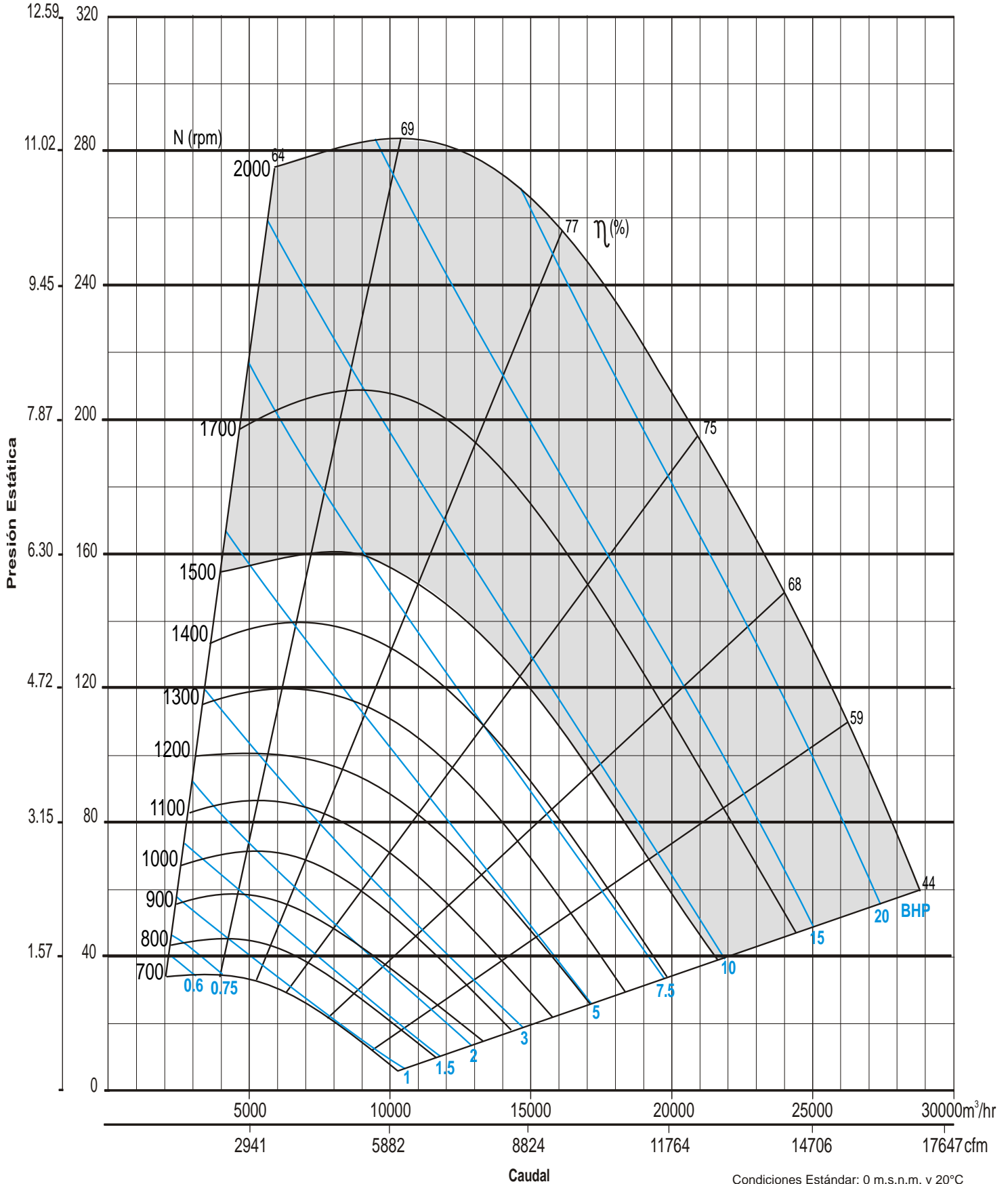
CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		152.4mm/6"		165.1mm/6.5"		171.45mm/6.75"		177.8mm/7"		190.5mm/7.5"		203.2mm/8"		215.9mm/8.5"		228.6mm/9"		241.3mm/9.5"		254mm/10"		260.4mm/10.25"		266.7mm/10.5"	
		RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP	RPM LwA	BHP
2979	800	1494	5.24	1556	5.77	1586	6.09	1616	6.41	1673	6.95	1729	7.48	1784	8.23	1837	8.87	1888	9.51	1939	10.2	1963	10.4	1988	10.9
5064		88		89		90		90		91		92		93		94		95		95		96		96	
3352	900	1494	5.35	1555	6.09	1585	6.41	1614	6.73	1671	7.27	1726	8.02	1780	8.55	1832	9.30	1883	9.94	1933	10.6	1958	11.0	1982	11.3
5698		88		89		90		90		91		92		93		94		95		95		96		96	
3724	1000	1495	5.88	1556	6.41	1585	6.73	1614	7.06	1671	7.70	1725	8.34	1778	8.98	1830	9.62	1881	10.3	1930	11.1	1954	11.4	1978	11.7
6331		88		89		90		90		91		92		93		94		95		95		96		96	
4469	1200	1492	6.63	1555	7.27	1585	7.59	1615	7.91	1671	8.55	1726	9.30	1779	9.94	1831	10.6	1881	11.3	1929	12.1	1953	12.5	1977	12.8
7597		88		89		90		90		91		92		93		94		95		95		96		96	
5214	1400	1483	7.48	1546	8.23	1577	8.45	1607	8.87	1666	9.62	1723	10.2	1777	11.0	1830	11.7	1881	12.5	1930	13.4	1954	13.7	1978	14.1
8864		88		89		90		90		91		92		93		94		95		95		96		96	
5580	1500	1482	7.91	1543	8.55	1573	8.98	1602	9.30	1661	10.1	1718	10.9	1773	11.5	1827	12.4	1878	13.1	1928	13.9	1953	14.3	1977	14.8
9486		88		89		90		90		91		92		93		94		94		95		96		96	
5959	1600	1488	8.34	1544	9.09	1573	9.41	1601	9.83	1657	10.7	1713	11.4	1768	12.2	1821	12.8	1874	13.7	1924	14.6	1949	14.9	1974	15.5
10130		88		89		90		90		91		92		93		94		94		95		95		96	
6704	1800	1514	9.19	1564	10.1	1587	10.5	1615	10.7	1665	11.7	1715	12.6	1765	13.3	1815	14.3	1865	15.1	1915	16.0	1943	16.5	1964	17.0
11397		89		89		90		90		91		92		93		94		94		95		95		96	
7449	2000	1549	10.2	1597	11.0	1621	11.4	1644	11.9	1690	12.8	1736	13.9	1781	14.6	1826	15.6	1871	16.7	1916	17.5	1939	17.9	1961	18.5
12663		90		91		91		91		92		92		93		93		94		95		95		96	
8194	2200	1591	11.2	1636	12.1	1659	12.6	1681	13.0	1725	13.9	1768	14.9	1811	15.8	1853	16.8	1895	17.9	1936	18.9	1956	19.4	1977	19.8
13930		92		92		92		93		93		93		94		94		94		95		95		96	
8938	2400	1636	12.4	1680	13.4	1702	13.9	1723	14.3	1765	15.3	1807	16.0	1848	17.3	1888	18.1	1928	19.2	1967	20.3	1986	20.9		
15195		93		94		94		94		94		95		95		95		95		96		96		96	
9683	2600	1686	13.7	1728	14.7	1748	14.9	1769	15.6	1810	16.7	1850	17.7	1889	18.8	1928	19.8	1966	21.0						
16461		95		95		95		95		96		96		96		96		97		97		97		97	
10428	2800	1739	14.9	1779	16.0	1799	16.7	1819	17.1	1858	18.2	1896	19.2	1934	20.3										

CM 630



CURVA CARACTERÍSTICA

in wg mmca

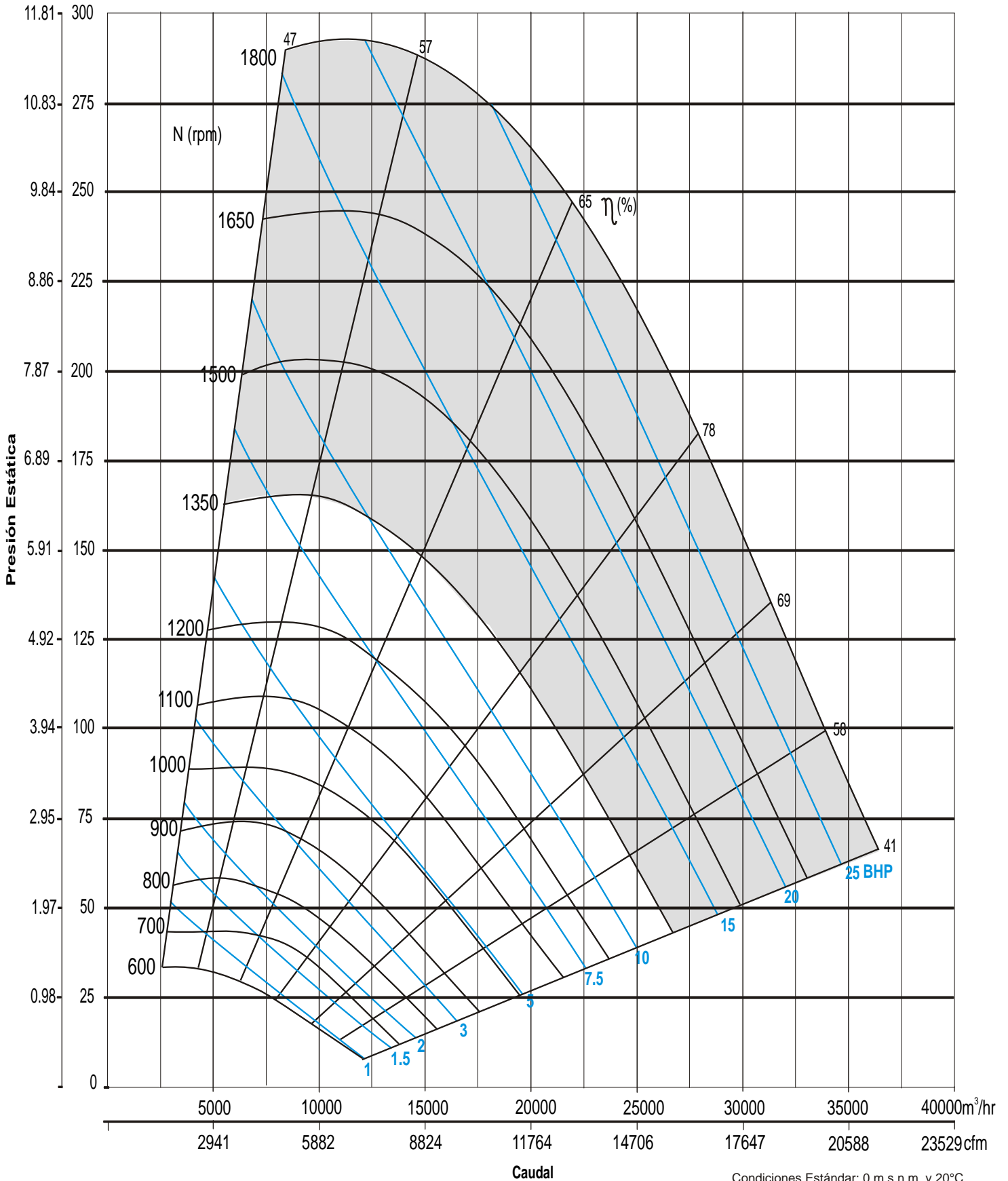


CM 710

CURVA CARACTERÍSTICA



in wg mmca



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C

CM 800



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 808 mm. (31 4/5 inch).
 Diámetro del eje: Clase I 44.45 mm. (1 3/4 inch).
 Clase II 50 mm. (1 15/16 inch).

Área de salida: 0.536 m² (5.77 ft²)
 BHP máximos: Clase I 14.8, Clase II 35.3.

Armazón máx. de motor: Clase I 256 T, Clase II 324 T.
 RPM máximas: Clase I 1200, Clase II 1600.
 Peso del equipo: 335 Kg 739 Lbs.

CFM m³/hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																									
		25.4mm/1.0"		38.1mm/1.5"		44.5mm/1.75"		50.8mm/2.0"		63.5mm/2.5"		67.38mm/2.75"		76.2mm/3.0"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4.0"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5.0"		139.7mm/5.5"			
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
3391	600	475	0.78	579	1.23	626	1.46	670	1.70	751	2.20	789	2.46	826	2.73	894	3.30	958	3.88	1018	4.50	1075	5.14	1129	5.81		
5758		66		72		74		76		79		80		81		84		86		87		89		90			
3956	700	483	0.90	580	1.38	625	1.64	668	1.90	748	2.44	785	2.73	821	3.02	889	3.62	953	4.23	1013	4.88	1070	5.55	1124	6.24		
6718		66		71		74		76		79		80		82		84		86		87		89		90			
4522	800	494	1.02	586	1.55	629	1.82	670	2.11	747	2.70	784	3.01	819	3.32	886	3.96	949	4.61	1008	5.29	1065	5.99	1119	6.73		
7678		67		71		74		76		79		80		81		84		86		87		89		90			
5087	900	509	1.15	595	1.72	636	2.02	675	2.33	749	2.97	784	3.30	819	3.63	884	4.31	946	5.01	1005	5.73	1061	6.48	1114	7.24		
8637		68		72		74		76		79		80		81		84		86		87		89		90			
5652	1000	527	1.31	608	1.92	646	2.24	683	2.55	754	3.23	788	3.58	821	3.94	885	4.67	945	5.42	1003	6.18	1058	6.96	1111	7.77		
9597		69		73		74		76		79		80		81		84		86		87		89		90			
6782	1200	588	1.66	641	2.34	675	2.70	709	3.06	773	3.82	804	4.21	835	4.61	894	5.43	950	6.26	1005	7.12	1057	7.99	1108	8.89		
11517		73		75		76		77		79		81		81		84		86		87		89		90			
7913	1400	613	2.09	680	2.84	712	3.23	743	3.65	802	4.48	830	4.91	858	5.35	912	6.24	965	7.17	1016	8.12	1066	9.07	1114	10.1		
13436		76		77		78		79		80		81		82		84		85		87		89		90			
9043	1600	661	2.62	724	3.44	754	3.87	782	4.32	837	5.22	863	5.70	889	6.17	940	7.15	988	8.15	1036	9.18	1083	10.2	1128	11.3		
15355		79		80		81		82		83		83		83		85		86		87		88		90			
10174	1800	710	3.24	771	4.15	799	4.61	826	5.10	877	6.08	902	6.59	926	7.10	973	8.15	1019	9.23	1063	10.3	1107	11.5	1149	12.6		
17275		82		83		83		83		84		85		85		86		86		87		88		89		90	
11304	2000	759	4.00	819	4.97	846	5.48	872	6.00	920	7.06	944	7.60	967	8.15	1011	9.27	1054	10.4	1096	11.6	1137	12.8	1177	14.0		
19194		84		85		85		86		87		87		87		88		88		89		90		91			
12434	2200	809	4.87	868	5.90	894	6.48	919	7.03	966	8.17	988	8.74	1010	9.33	1053	10.5	1093	11.8	1133	13.0	1172	14.3	1210	15.6		
21114		87		87		88		88		89		89		89		90		90		91		91		92		92	
13565	2400			918	7.00	944	7.60	968	8.22	1013	9.42	1035	10.0	1056	10.7	1097	11.9	1136	13.2	1173	14.6	1210	15.9	1246	17.3		
23033				89		90		90		91		91		91		91		92		92		93		93		93	
14695	2600			967	8.30	993	8.90	1017	9.56	1062	10.8	1083	11.5	1103	12.2	1142	13.5	1180	14.9	1216	16.3	1252	17.7	1286	19.2		
24953				91		92		92		92		92		93		93		93		94		94		94		94	
15260	2700			992	9.00	1018	9.60	1042	10.3	1086	11.6	1107	12.3	1127	13.0	1166	14.4	1203	15.8	1239	17.2	1273	18.7	1307	20.1		
25912				92		93		93		93		93		93		94		94		94		94		95		95	
15826	2800			1017	9.70	1043	10.4	1067	11.1	1111	12.4	1131	13.1	1151	13.8	1190	15.3	1226	16.7	1261	18.2	1295	19.7	1328	21.2		
26872				93		93		94		94		94		94		95		95		95		95		95		96	
16956	3000			1066	11.3	1092	12.0	1116	12.8	1160	14.2	1181	14.9	1200	15.7	1238	17.2	1273	18.7	1307	20.2	1340	21.8	1373	23.4		
28791				93		93		94		94		94		94		95		95		95		95		96		96	
18086	3200							1166	14.6	1210	16.2	1230	16.9	1250	17.7	1287	19.3	1321	20.9	1355	22.5	1387	24.2	1418	25.8		
30711								97		97		97		97		98		98		98		98		99		99	
19217	3400							1260	18.3	1280	19.2	1299	19.9	1316	20.7	1356	21.7	1370	22.3	1403	25.0	1435	26.7	1465	28.5		
32630								98		98		98		98		99		99		99		99		100		100	

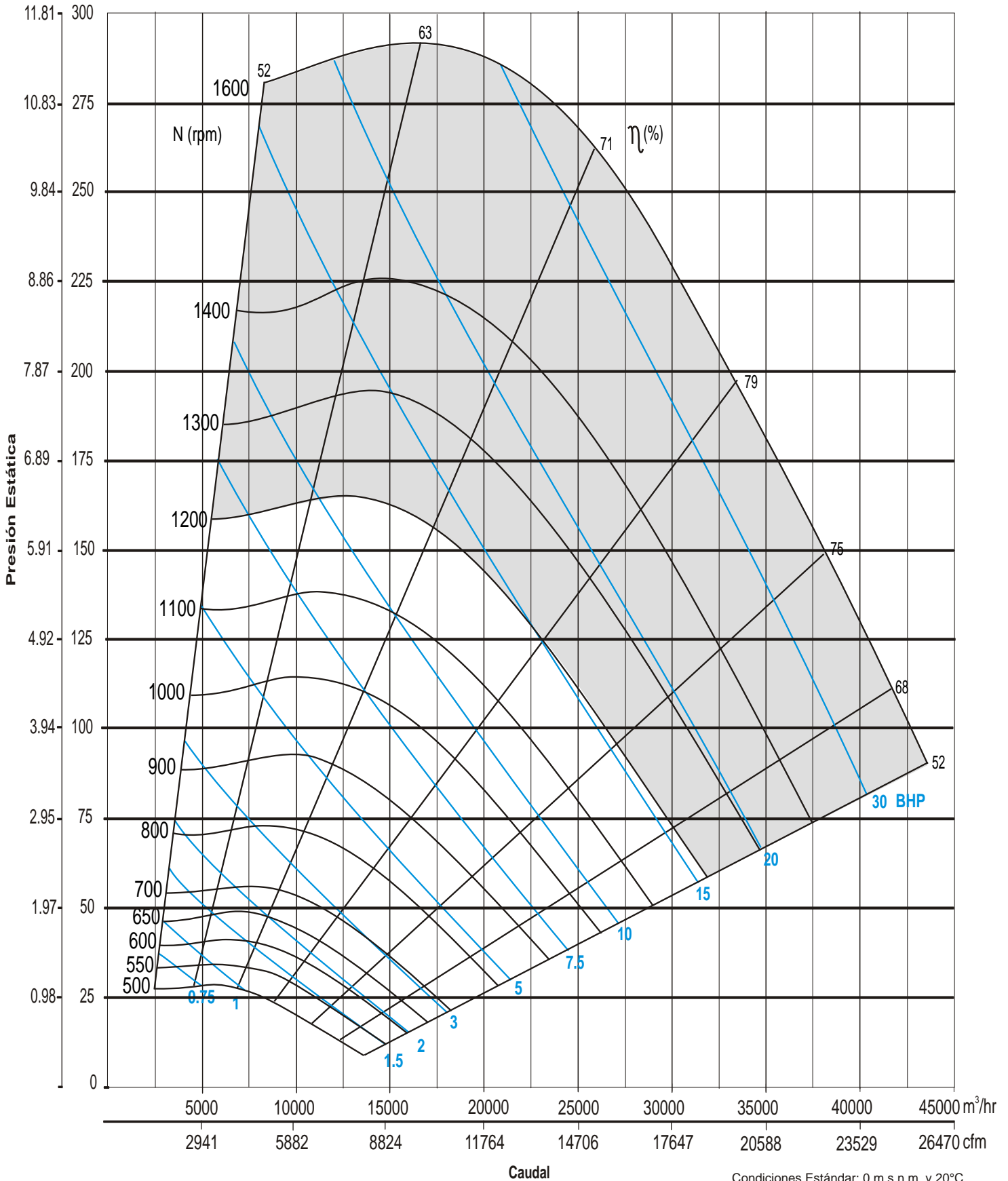
CFM m³/hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																									
		146.1mm/5.75"		152.4mm/6.0"		165.1mm/6.5"		177.8mm/7.0"		190.5mm/7.5"		203.2mm/8.0"		215.9mm/8.5"		228.6mm/9.0"		241.3mm/9.5"		254mm/10.0"		266.7mm/10.5"		273.1mm/10.75"			
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
5652	1000	1136	8.18	1161	8.59	1210	9.43	1257	10.3	1303	11.2	1347	12.1	1390	13.0	1432	13.9	1473	14.8	1512	15.8	1551	16.8	1570	17.3		
9597		91		91		92		93		94		95		96		97		98		98		99		99		99	
6782	1200	1133	9.34	1157	9.80	1205	10.7	1251	11.7	1296	12.6	1339	13.6	1382	14.6	1423	15.6	1463	16.6	1503	17.6	1541	18.7	1560	19.2		
11517		91		91		92		93		94		95		96		97		98		98		99		99		99	
7348	1300	1134	9.94	1158	10.4	1205	11.4	1250	12.4	1294	13.4	1337	14.4	1379	15.4	1420	16.4	1460	17.5	1499	18.6	1537	19.7	1556	20.2		
12476		91		91		92		93		94		95		96		97		98		98		99		99		99	
7913	1400	1138	10.6	1161	11.1	1206	12.1	1251	13.1	1294	14.1	1336	15.2	1378	16.3	1418	17.4	1458	18.5	1496	19.6	1534	20.7	1552	21.3		
13436		91		91		92		93		94		95		96		97		98		98		99		99		99	
8478	1500	1143	11.2	1165	11.7	1210	12.8	1253	13.8	1296	14.9	1337	16.0	1378	17.1	1418	18.3	1456	19.4	1495	20.6	1532	21.7	1550	22.3		
14396		91		91		92		93		94		95		96		97		98		98		99		99		99	
9043	1600	1150	11.8	1172	12.4	1215	13.5	1258	14.6	1299	15.7	1340	16.9	1380	18.0	1419	19.2	1457	20.4	1494	21.6	1531	22.8	1549	23.4		
15355		90		91		92		93		94		95		96		97		98		98		99		99		99	
10174	1800	1170	13.2	1191	13.8	1232	15.0	1272	16.2	1311	17.4	1350	18.6	1388	19.6	1425	21.1	1462	22.4	1498	23.7	1534	25.0	1551	25.7		
17275		90		91		92		93		94		95		96		97		98		98		99		99		99	
11304	2000	1197	14.7	1216	15.3	1255	16.6	1293	17.8	1330	19.1	1367	20.5	1403	21.8	1439	23.2	1474	24.5	1509	25.9	1543	27.3	1560	28.0		
19194		91		92		93		93		94		95		96		97		97		98		98		99		99	
11869	2100	1212	15.4	1231	16.1	1268	17.4	1305	18.7	1342	20.1	1378	21.4	1413	22.8	1448	24.2	1482	25.6	1516	27.0	1549	28.5	1566	29.2		
20154		92		92		93		94		94		95		96		97		97		98		98		99		99	
12434	2200	1228	16.3	1247	16.9	1283	18.3	1319	19.6	1355	21.0	1390	22.4	1424	23.8	1458	25.3	1492									

CM 800



CURVA CARACTERÍSTICA

in wg mmca



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C



CM 900

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 905 mm. (35 5/8 inch).
 Diámetro del eje: Clase I 55.6 mm. (2 3/16 inch).
 Clase II 60 mm. (2 1/3 inch).

Área de salida: 0.672 m² (7.23 ft²)
 BHP máximos: Clase I 17.8, Clase II 40.8.

Armazón máx. de motor: Clase I 284 T, Clase II 326 T.
 RPM máximas: Clase I 1050, Clase II 1400.
 Peso del equipo: 435 Kg 959 Lbs.

CFM m³/hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																									
		25.4mm/1.0"		38.1mm/1.5"		44.5mm/1.75"		50.8mm/2.0"		63.5mm/2.5"		67.38mm/2.75"		76.2mm/3.0"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4.0"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5.0"		139.7mm/5.5"			
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA	
4252	600	423	0.97	514	1.53	555	1.84	594	2.15	665	2.79	699	3.12	730	3.46	790	4.15	846	4.86	898	5.59	947	6.34	994	7.12		
7219		65		71		73		75		79		80		81		83		85		86		88		88		89	
4960	700	430	1.09	517	1.72	556	2.05	594	2.39	664	3.09	697	3.45	728	3.82	788	4.58	843	5.37	895	6.16	945	6.98	992	7.82		
8423		65		71		73		75		79		80		81		83		85		86		88		88		89	
5669	800	440	1.24	522	1.91	560	2.26	596	2.62	664	3.38	696	3.78	727	4.18	786	5.01	841	5.85	893	6.72	942	7.60	989	8.51		
9626		66		59		73		75		79		80		81		83		85		86		88		88		89	
6377	900	454	1.40	530	2.10	566	2.48	601	2.86	667	3.68	698	4.10	728	4.53	786	5.42	840	6.32	891	7.25	940	8.21	987	9.18		
10829		68		71		73		75		79		80		81		83		85		86		88		88		89	
7086	1000	469	1.59	542	2.32	576	2.72	609	3.13	672	3.99	702	4.43	731	4.89	787	5.83	840	6.79	891	7.79	939	8.80	985	9.84		
12032		69		72		74		75		80		81		81		83		85		86		88		88		89	
8503	1200	506	2.02	571	2.83	601	3.27	631	3.72	689	4.66	716	5.15	743	5.64	796	6.67	846	7.75	894	8.85	941	9.97	985	11.1		
14439		73		75		76		77		79		80		81		83		84		86		87		88		89	
9921	1400	546	2.56	606	3.46	634	3.93	661	4.42	714	5.44	739	5.96	764	6.50	813	7.61	860	8.78	905	9.96	949	11.2	992	12.4		
16845		77		78		79		79		81		81		82		83		85		86		87		88		89	
11338	1600	589	3.23	645	4.21	671	4.73	696	5.25	745	6.34	769	6.91	792	7.49	837	8.67	880	9.91	923	11.2	964	12.5	1005	13.8		
19252		81		81		82		82		83		83		84		85		86		86		87		88		89	
12755	1800	634	4.03	687	5.11	711	5.67	735	6.23	781	7.41	803	8.00	824	8.62	866	9.89	907	11.2	947	12.5	986	13.9	1024	15.4		
21658		82		84		84		85		85		85		85		86		87		88		89		89		90	
14172	2000	680	4.97	731	6.16	754	6.77	776	7.37	819	8.63	840	9.27	861	9.93	900	11.3	938	12.6	976	14.1	1012	15.5	1048	17.0		
24064		85		86		86		87		87		87		88		88		89		89		90		90		91	
15589	2200	726	6.09	775	7.37	798	8.03	819	8.69	861	10.0	880	10.7	900	11.4	937	12.8	973	14.3	1009	15.8	1043	17.3	1077	19.2		
26471		87		88		88		89		89		89		90		90		91		91		92		92		92	
17007	2400	772	7.36	821	8.78	843	9.48	864	10.2	903	11.6	922	12.4	941	13.1	976	14.6	1011	16.2	1045	17.7	1078	19.3	1110	21.0		
28877		89		90		90		90		91		91		92		92		93		93		94		94		94	
18424	2600	819	8.83	867	10.4	888	11.1	909	11.9	947	13.4	965	14.2	983	15.0	1018	16.6	1051	18.2	1083	19.9	1114	21.6	1145	23.3		
31284		92		92		92		93		93		93		94		94		95		95		96		96		96	
19132	2700	842	9.63	890	11.2	911	12.0	932	12.8	969	14.4	987	15.2	1005	16.0	1039	17.7	1071	19.3	1103	21.0	1134	22.8	1164	24.5		
32487		92		92		92		93		93		93		94		94		95		95		96		96		96	
19841	2800	866	10.5	913	12.2	935	13.0	954	13.8	992	15.4	1010	16.3	1027	17.1	1060	18.8	1092	20.5	1123	22.3	1153	24.0	1183	25.8		
33690		93		93		93		93		94		94		94		95		95		96		96		96		96	
21258	3000			960	14.2	981	15.0	1001	15.9	1037	17.7	1055	18.6	1071	19.5	1104	21.2	1135	23.1	1165	24.9	1194	26.7	1222	28.6		
36097				95		95		96		96		96		96		97		97		98		98		98		98	
22676	3200					1028	17.3	1047	18.3	1083	20.2	1100	21.1	1117	22.1	1148	23.9	1178	25.8	1207	27.8	1236	29.7	1263	31.7		
38503						97		97		98		98		98		98		99		99		100		100		100	
24093	3400							1094	20.9	1129	22.9	1146	23.9	1162	24.9	1193	26.9	1223	28.9	1251	30.9	1279	33.0	1305	35.1		
40910									99		99		99		100		100		100		101		101		101		102

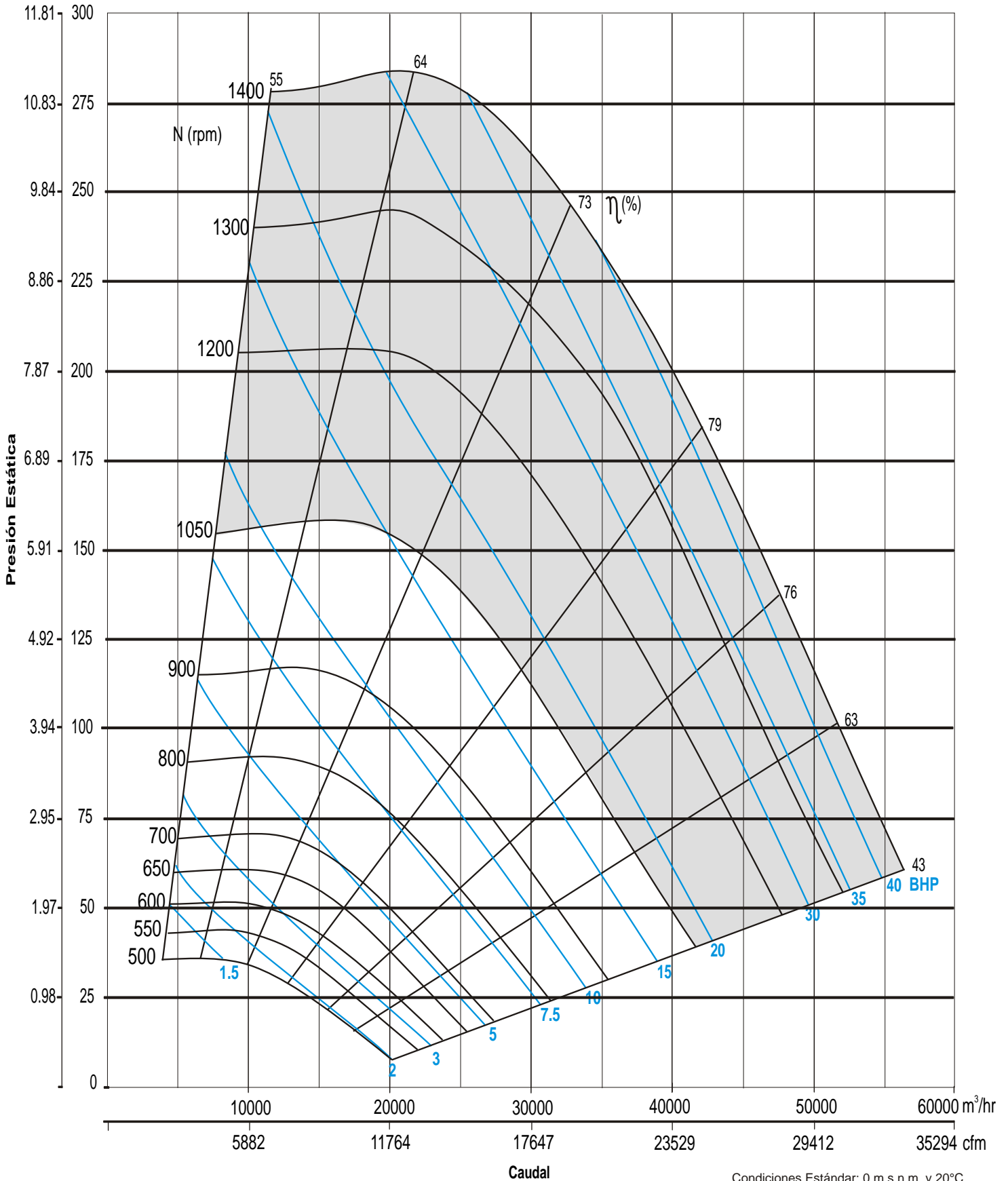
CFM m³/hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																									
		146.1mm/5.75"		152.4mm/6.0"		165.1mm/6.5"		177.8mm/7.0"		190.5mm/7.5"		203.2mm/8.0"		215.9mm/8.5"		228.6mm/9.0"		241.3mm/9.5"		254mm/10.0"		266.7mm/10.5"		273.1mm/10.75"			
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA		LWA	
7086	1000	1008	10.4	1030	10.9	1072	12.0	1114	13.1	1153	14.2	1192	15.3	1229	16.4	1266	17.6	1301	18.7	1336	19.9	1369	21.1	1386	21.7		
12032		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		99		100		100	
8503	1200	1007	11.7	1029	12.3	1070	13.5	1111	14.7	1150	15.9	1188	17.2	1225	18.5	1261	19.7	1297	21.0	1331	22.3	1364	23.7	1381	24.3		
14439		90		90		92		93		94		95		96		97		98		99		99		100		100	
9212	1300	1009	12.4	1030	13.0	1071	14.3	1111	15.5	1150	16.8	1187	18.1	1224	19.5	1260	20.8	1295	22.2	1329	23.5	1362	24.9	1379	25.6		
15642		90		90		92		93		94		95		96		97		98		99		99		100		100	
9921	1400	1013	13.1	1033	13.7	1073	15.0	1113	16.4	1151	17.7	1188	19.1	1224	20.5	1260	21.9	1294	23.3	1328	24.7	1361	26.2	1377	26.9		
16845		89		90		91		93		94		95		96		97		98		99		99		100		100	
10629	1500	1018	13.8	1038	14.5	1077	15.8	1115	17.2	1153	18.6	1189	20.0	1225	21.5	1260	22.9	1294	24.4	1328	25.9	1360	27.4	1377	28.2		
18048		90		90		91		93		94		95		96		97		98		99		99		100		100	
11338	1600	1024	14.5	1044	15.2	1082	16.6	1120	18.0	1156	19.5	1192	21.0	1227	22.5	1262	24.0	1295	25.5	1328	27.1	1361	28.6	1377	29.4		
19252		90		90		91		93		94		95		96		97		98		99		99		100		100	
12755	1800	1042	16.1	1061	16.8	1097	18.3	1133	19.8	1168	21.4	1202	22.9	1236	24.5	1269	26.1	1302	27.8	1333	29.4	1365	31.1	1380	32.0		
21658		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		99		100		100	
14172	2000	1066	17.8	1083	18.6	1118	20.1	1152	21.7	1185	23.4	1218	25.0	1250	26.7	1281	28.4	1313	30.1	1343	31.9	1374	33.7	1389	34.6		
24064		91		92		93		93		94		95		96		97		98		99		99		100		100	
14881	2100	1079	18.7	1096	19.5	1130	21.1	1163	22.8	1195	24.4	1227	26.1	1259	27.9	1290	29.6	1320	31.4	1350	33.2	1380	35.0	1395	35.9		

CM 900



CURVA CARACTERÍSTICA

in wg mmca



Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20°C

CM 1000



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 1000 mm. (39 3/8 inch).
 Diámetro del eje: Clase I 55.6 mm. (2 3/16 inch).
 Clase II 60 mm. (2 1/3 inch).

Área de salida: 0.842 m² (9.06 ft²)
 BHP máximos: Clase I 22.5, Clase II 48.0.

Armazón máx. de motor: Clase I 284 T, Clase II 364 T.
 RPM máximas: Clase I 950, Clase II 1250.
 Peso del equipo: 495 Kg 1091 Lbs.

CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																									
		12.7mm/0.5"		19.05mm/0.75"		25.4mm/1.0"		38.1mm/1.5"		50.8mm/2.0"		63.5mm/2.5"		76.2mm/3.0"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4.0"		114.3mm/4.5"		127.0mm/5.0"		139.7mm/5.5"			
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
7103	800	LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA	
12061		315	0.81	361	1.16	402	1.55	477	2.39	544	3.30	606	4.27	664	5.30	719	6.38	772	7.49	823	8.63	872	9.81	920	11.0		
7991	900	65	0.96	374	1.34	414	1.75	485	2.64	549	3.59	608	4.62	664	5.72	717	6.85	768	8.03	816	9.25	863	10.5	909	11.7		
13568		65	70	71		77		82		85		87		89		89		91		92		93		95			
8879	1000	348	1.13	389	1.53	427	1.97	495	2.90	557	3.92	614	5.01	667	6.15	718	7.34	766	8.58	813	9.87	858	11.2	902	12.6		
15076		67		70		71		77		81		85		87		89		91		92		93		95			
10654	1200	385	1.57	422	2.02	456	2.49	519	3.53	577	4.65	630	5.83	680	7.08	727	8.38	772	9.73	816	11.1	858	12.6	899	14.0		
18091		71		72		73		77		80		84		86		89		91		93		94		95			
12430	1400	426	2.14	458	2.64	489	3.16	548	4.28	601	5.50	651	6.79	698	8.14	743	9.54	786	11.0	827	12.5	867	14.0	905	15.6		
21106		75		75		76		78		81		84		86		88		90		92		94		95			
14206	1600	470	2.87	498	3.41	526	3.98	580	5.20	630	6.51	677	7.89	722	9.34	764	10.8	805	12.4	844	14.0	882	15.7	918	17.3		
24122		78		78		79		81		82		85		86		88		90		91		93		94			
15982	1800	515	3.79	540	4.37	565	4.99	614	6.29	661	7.69	706	9.18	748	10.7	789	12.3	827	14.0	865	15.7	901	17.4	936	19.2		
27137		81		81		82		83		84		86		87		89		90		91		93		94			
17757	2000	562	4.91	584	5.53	607	6.19	652	7.59	695	9.08	737	10.7	777	12.3	816	14.0	853	15.7	889	17.6	924	19.4	957	21.3		
30152		84		84		85		85		86		87		88		89		91		92		93		94			
19533	2200	609	6.25	630	6.92	650	7.62	692	9.12	732	10.7	771	12.4	809	14.1	846	15.9	881	17.7	916	19.6	949	21.6	981	23.6		
33167		87		87		87		88		88		89		90		90		91		92		93		94			
21309	2400	657	7.85	676	8.56	695	9.31	733	10.9	770	12.6	807	14.3	843	16.1	878	18.0	912	20.0	945	22.0	977	24.0	1008	26.1		
36182		89		90		90		90		90		91		91		92		90		93		94		95			
23085	2600			723	10.5	741	11.3	776	12.9	811	14.7	845	16.5	879	18.4	912	20.4	944	22.5	976	24.6	1006	26.7	1036	28.9		
39198				92		92		92		92		92		93		93		94		94		96		96			
24860	2800			771	12.7	787	13.5	820	15.2	852	19.1	885	19.1	917	21.1	948	23.1	979	25.3	1009	27.4	1038	29.7	1067	32.2		
42213				93		94		94		94		94		94		95		95		96		96		97			
26636	3000			820	15.2	835	16.1	865	18.1	895	19.9	926	21.9	956	24.0	985	26.2	1014	28.4	1043	30.7	1071	33.0	1099	35.4		
45228				95		95		95		95		96		96		96		97		97		97		98			
28412	3200					883	19.0	911	19.0	939	23.0	968	25.1	996	27.3	1024	29.5	1052	31.8	1079	34.2	1106	36.6	1133	39.1		
48243						97		97		97		97		97		98		98		98		99		99			
30188	3400					931	22.3	958	22.3	984	26.5	1011	28.6	1038	30.9	1064	33.2	1091	35.6	1117	38.1	1143	40.6	1168	43.2		
51259						99		99		99		99		99		99		99		100		100		100			
31963	3600					980	26.0	1005	26.0	1030	30.3	1055	28.1	1081	34.9	1106	37.4	1131	39.9	1156	42.4	1180	45.0	1205	47.6		
54274						89		100		100		100		100		101		101		101		101		102			
33739	3800					1029	30.1	1052	30.1	1076	34.6	1100	32.3	1124	39.4	1148	41.9	1172	44.5	1196	47.1	1219	49.8				
57289						101		101		102		102		102		102		102		102		103					
35515	4000							1101	34.6	1123	39.3	1146	36.9	1169	44.3	1191	46.9	1214	49.5	1237	52.2						
60304								103		103		103		103		103		104		104							

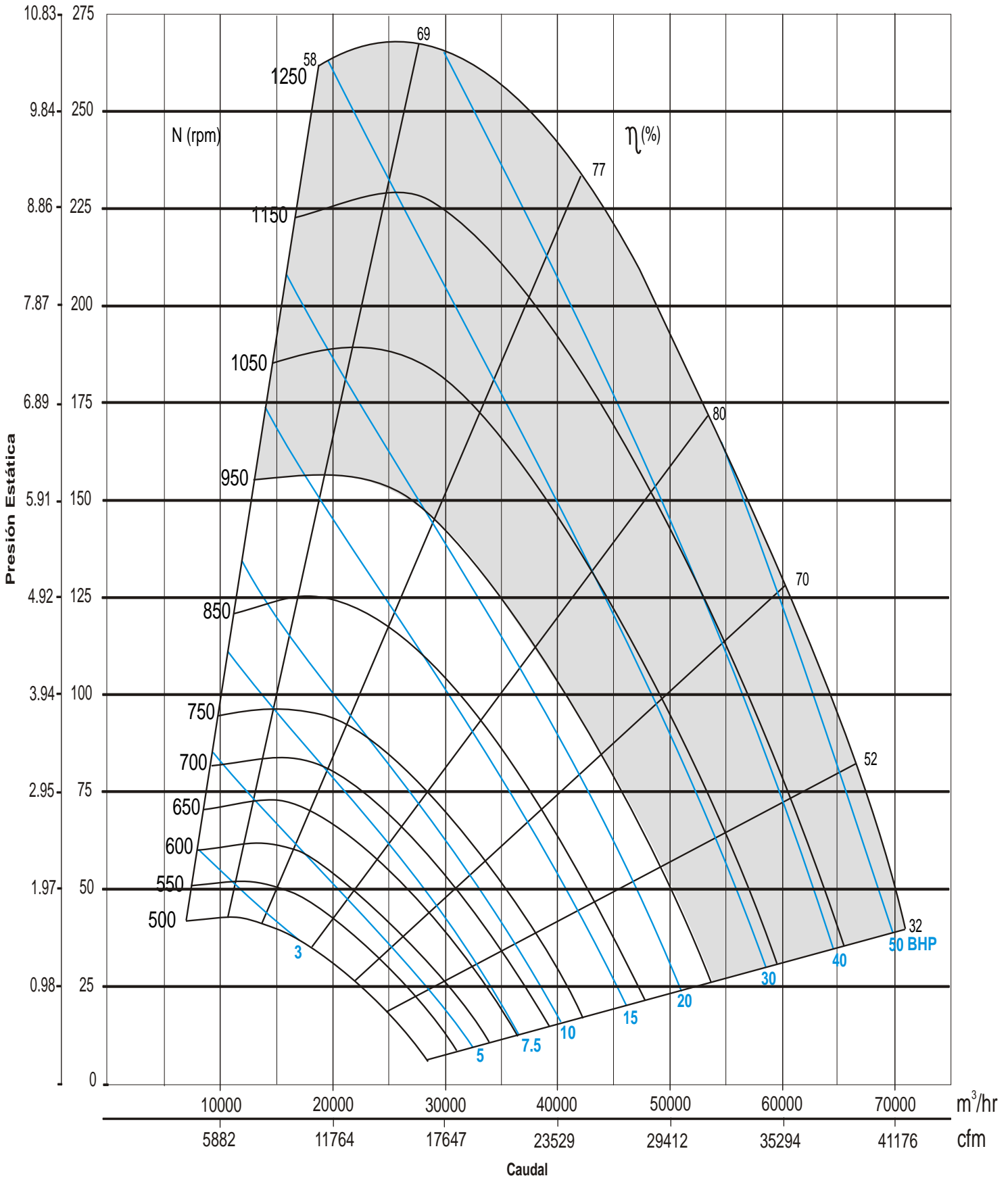
CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																									
		146mm/5.75"		152.4mm/6"		165.1mm/6.5"		171.45mm/6.75"		177.8mm/7.0"		190.5mm/7.5"		203.2mm/8"		215.9mm/8.5"		228.6mm/9"		241.3mm/9.5"		254mm/10"		260.4mm/10.25"			
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
7103	800	LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA		LwA	
12061		943	11.6	966	12.2	1011	13.5	1033	14.1	1055	14.7	1098	16.0	1124	17.2	1143	18.5	1178	19.8	1211	21.0	1243	22.3				
7991	900	95		95		96		97		97		98		99		99		100		101		101		101			
13568		931	12.4	953	13.1	996	14.4	1017	15.1	1038	15.8	1079	17.1	1120	18.5	1139	19.9	1198	21.3	1236	22.7	1239	24.2				
8879	1000	95		96		97		97		97		98		98		99		100		101		102		102			
15076		923	13.2	945	13.9	986	15.3	1006	16.0	1027	16.8	1066	18.2	1105	19.7	1143	21.2	1180	22.7	1217	24.2	1235	25.8				
10654	1200	95		96		97		97		98		98		99		99		100		101		101		102			
18091		919	14.8	939	15.6	977	17.1	996	17.9	1015	18.7	1052	20.3	1088	21.9	1124	23.6	1159	25.3	1193	27.0	1227	28.7	1243	29.6		
11542	1300	96		96		97		98		98		99		99		100		101		101		102		102			
19599		921	15.6	940	16.4	977	18.0	996	18.8	1014	19.7	1050	21.3	1085	23.0	1119	24.8	1153	26.1	1186	28.3	1219	30.1	1241	31.0		
12430	1400	96		96		97		98		98		99		99		100		101		101		102		102			
21106		924	16.4	943	17.3	979	18.9	997	19.8	1015	20.6	1050	22.4	1084	24.1	1117	25.9	1150	27.7	1182	29.6	1214	31.4	1239	32.4		
14206	1600	96		96		97		98		98		99		99		100		101		101		102		102			
24122		936	18.2	954	19.1	989	20.9	1006	21.8	1022	22.7	1056	24.5	1088	26.4	1120	28.3	1151	30.2	1182	32.2	1212	34.2	1235	35.2		
15094	1700	95		96		97		98		98		99		99		100		101		101		102		103			
25629		944	19.2	961	20.1	995	21.9	1012	22.8	1028	23.7	1061	25.6	1092	27.6	1124	29.5	1154	31.5	1184	33.5	1214	35.6	1233	36.6		
15982	1800	95		96		97		98		98		99		99		100		101		101		102		103			
27137		953	20.1	970	21.1	1003	22.9	1019	23.9	1053	24.9	1067	26.8	1098	28.8	1129	30.8	1159	32.8	1188	34.9	1217	37.0	1231	38.1		
17757	2000	94		95		96		98		98		99		99													

CM 1000



CURVA CARACTERÍSTICA

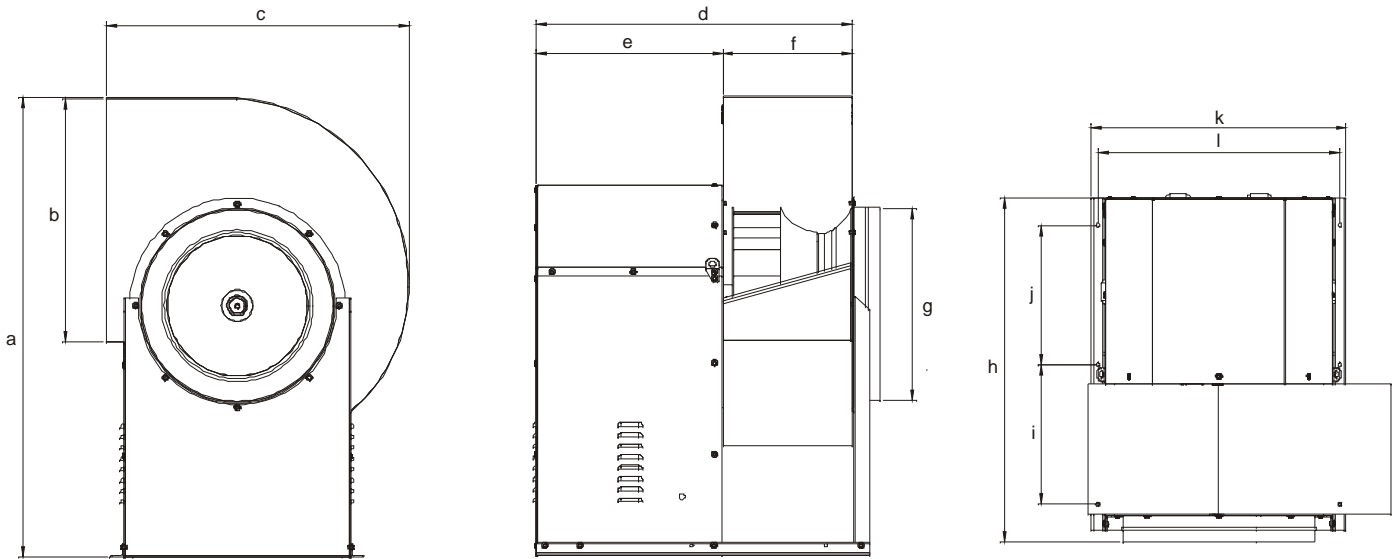
in wg mmca



DIMENSIONES

Modelos del 250 al 630

Clase I



Dimensiones en mm.

Modelo	a	b	c	d	e	f	Øg	h	i	j	k	l
CM 250	606	320	437	573	393	180	250	629	275	275	478	428
CM 280	680	360	467	589	389	200	280	662	283	283	478	428
CM 315	741	404	543	656	433	223	315	729	318	318	548	498
CM 355	832	452	578	700	453	247	355	781	337	337	548	498
CM 400	934	506	641	729	455	274	400	802	353	353	616	556
CM 450	1038	568	723	856	548	308	450	939	423	423	688	628
CM 500	1140	638	795	893	548	345	500	976	442	443	757	697
CM 560	1254	714	888	936	550	386	560	1019	463	463	819	759
CM 630	1450	800	994	982	549	433	630	1065	485	485	904	844

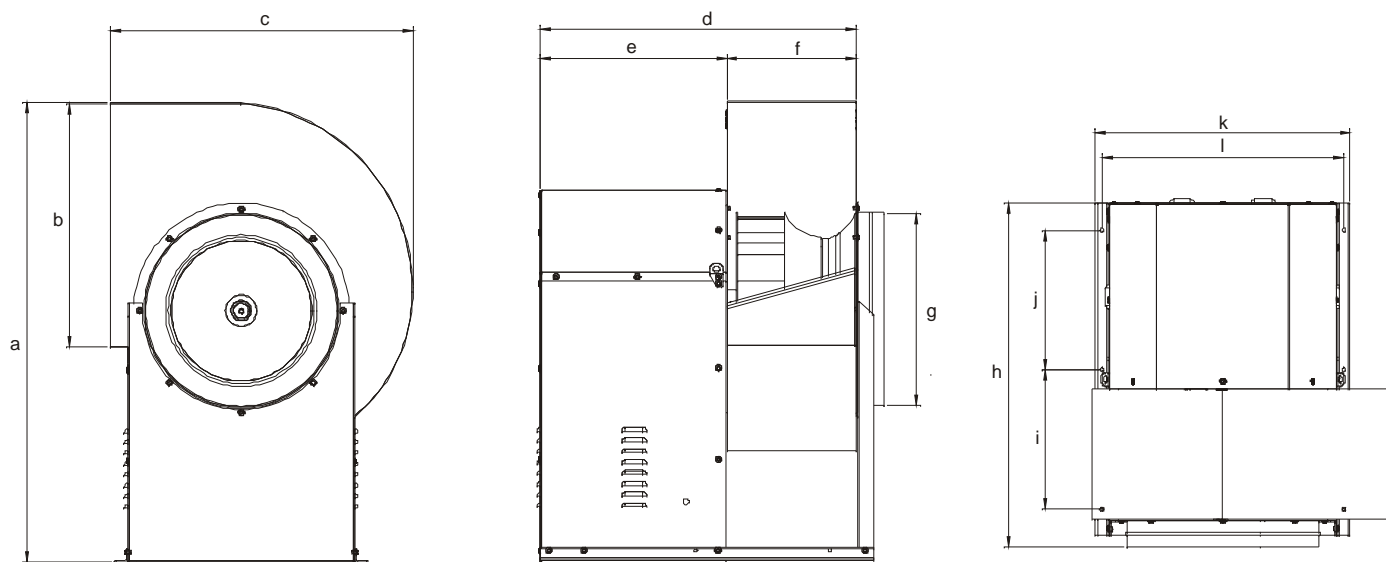
Dimensiones en pulg.

Modelo	a	b	c	d	e	f	Øg	h	i	j	k	l
CM 250	23 7/8	11 7/8	17 3/16	22 9/16	15 1/2	7 1/16	9 13/16	24 3/4	10 13/16	10 13/16	18 13/16	16 7/8
CM 280	26 3/4	14 3/16	18 3/8	23 3/16	15 5/16	7 7/8	11	26 1/16	11 1/8	11 1/8	18 13/16	16 7/8
CM 315	29 1/6	15 7/8	21 3/8	25 13/16	17 1/16	8 3/4	12 3/8	28 11/16	12 1/2	12 1/2	21 9/16	19 5/8
CM 355	32 3/4	17 13/16	22 3/4	27 9/16	17 13/16	9 3/4	14	30 3/4	13 1/4	13 1/4	21 9/16	19 5/8
CM 400	36 7/9	19 15/16	25 1/4	28 11/16	17 15/16	10 13/16	15 3/4	31 9/16	13 7/8	13 7/8	24 1/4	21 7/8
CM 450	40 7/8	22 3/8	28 7/16	33 11/16	21 9/16	12 1/8	17 11/16	36 15/16	16 5/8	16 5/8	27 1/16	24 3/4
CM 500	44 7/8	25 1/8	31 5/16	35 3/16	21 9/16	13 9/16	19 11/16	38 7/16	17 3/8	17 7/16	29 13/16	27 7/16
CM 560	49 3/8	28 1/8	34 15/16	36 7/8	21 5/8	15 3/16	22 1/16	40 1/8	18 1/4	18 1/4	32 1/4	29 7/8
CM 630	57 1/16	31 1/2	39 1/8	38 11/16	21 5/8	17 1/16	24 13/16	41 15/16	19 1/8	19 1/8	35 9/16	33 1/4

DIMENSIONES

Modelos del 710 al 1000

Clase I



Dimensiones en mm.

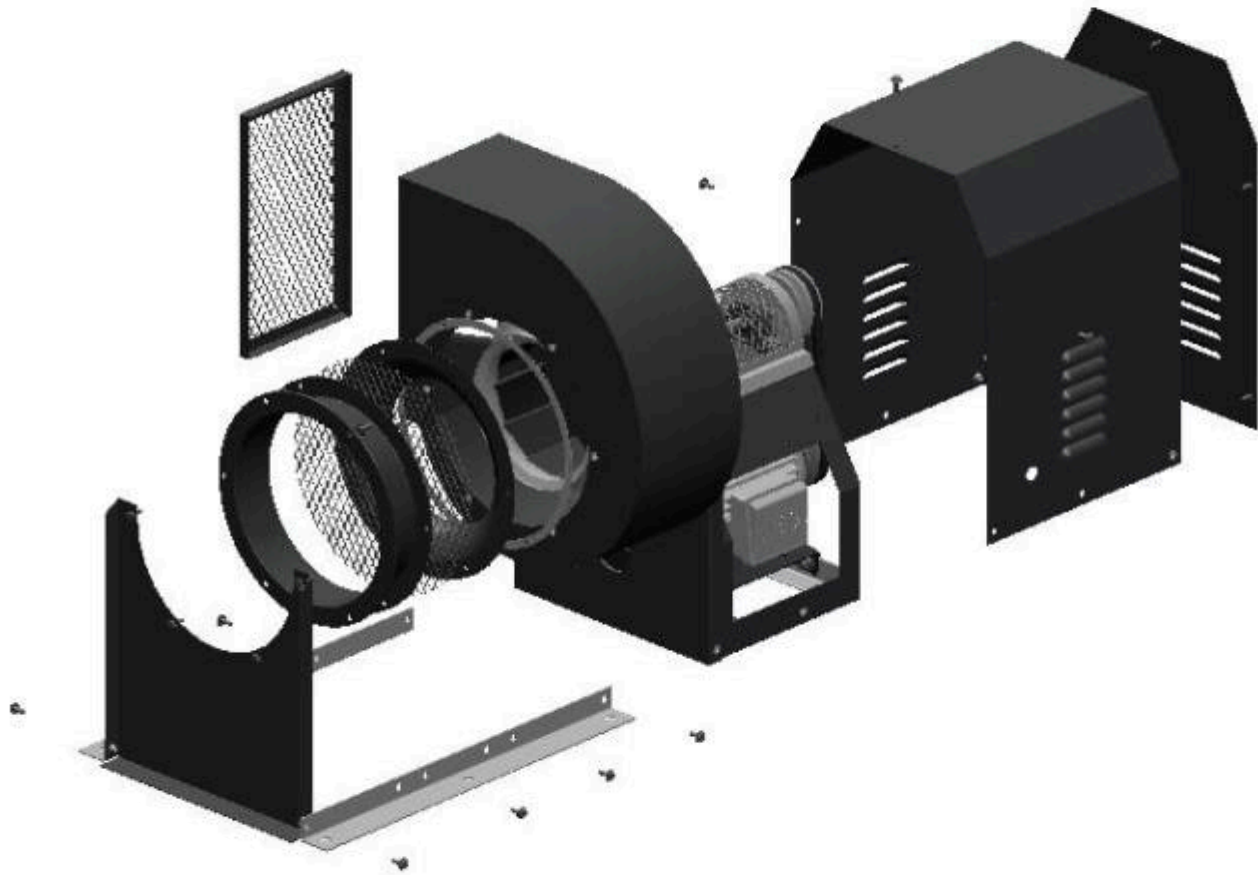
Modelo	a	b	c	d	e	f	Øg	h	i	j	k	l
CM 710	1698	898	1117	1168	689	479	710	1271	514	514	940	894
CM 800	1881	1006	1251	1341	808	533	800	1425	649	649	1052	1001
CM 900	2094	1130	1104	1418	823	595	900	1501	687	688	1193	1143
CM 1000	2289	1266	1523	1487	824	663	1000	1590	723	722	1244	1194

Dimensiones en pulg.

Modelo	a	b	c	d	e	f	Øg	h	i	j	k	l
CM 710	66 7/8	35 3/8	44	46	27 1/8	18 7/8	27 15/16	50 1/16	20 1/4	20 1/4	37	35 3/16
CM 800	74 1/16	39 5/8	49 1/4	52 13/16	31 13/16	21	31 1/2	56 1/8	25 1/2	25 1/2	41 7/16	39 7/16
CM 900	82 7/16	44 1/2	43 7/16	55 13/16	32 3/8	23 7/16	35 7/16	59 1/8	27 1/16	27 1/16	46 15/16	45
CM 1000	90 1/8	49 13/16	59 15/16	58 9/16	32 7/16	26 1/8	39 3/8	62 5/8	28 7/16	28 7/16	49	47

ACCESORIOS

Modelos CM y CMA



Cubierta intemperie

Accesorio que protege totalmente al sistema motriz completo: eje-chumaceras, poleas-bandas y motor de las condiciones ambientales externas. Incluye entradas de aire para el correcto enfriamiento del motor.

Puerta de inspección

Para facilitar la limpieza y permitir la inspección interna del equipo. Se encuentra atornillada a la envolvente y está fabricada del mismo material.

Brida Descarga

Accesorio especial para facilitar el acoplamiento al sistema de ductos. Con barrenos.

Malla de protección en succión y descarga

Para prevenir la entrada de materiales al interior del equipo, cuando éste no se encuentra enductado y salvaguardar la integridad de las personas y equipos que se encuentran alrededor del ventilador.

Drene

Cople localizado en la parte inferior del equipo (dependiendo de la posición de descarga), para facilitar el drenado de condensados y contaminantes del interior del ventilador.

Aro toma de aire (Opción aislamiento flexible)

Componente adicional que facilita la instalación al sistema de ventilación, permitiendo un empalme dimensional correcto que, al anexas un medio flexible impide la propagación de vibración.

Cubierta protección chumaceras

Accesorio de protección que cubre la flecha con una malla cerrada, que impide el contacto con el eje impulsor de la turbina.

Disco de Enfriamiento

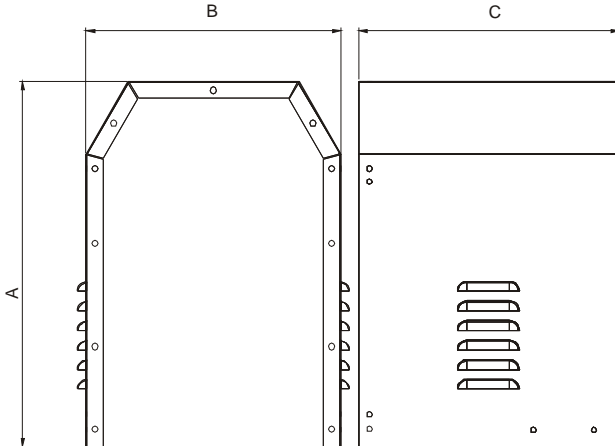
Para operación del equipo en condiciones de temperatura por arriba de los 100°C; es necesaria la colocación de un disco de enfriamiento, para disipar la temperatura que absorbe la flecha del ventilador.

Sello en flecha

Opcional, para atmósferas corrosivas o con ambientes químicos agresivos.

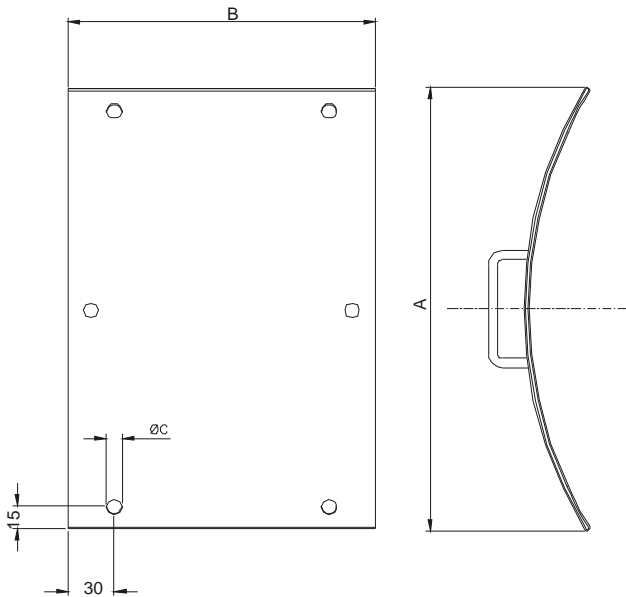
ACCESORIOS

CUBIERTA INTEMPERIE



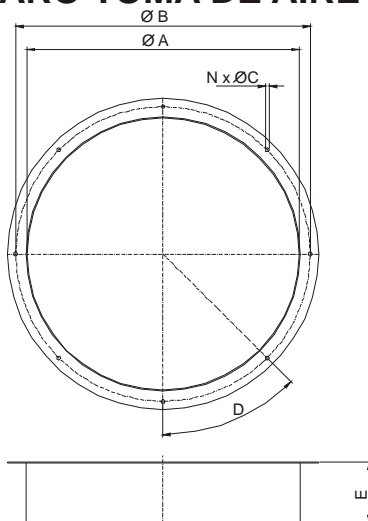
Modelo	A		B		ØC	
	mm	inches	mm	inches	mm	inches
CM-250	502	19 3/4	375	14 3/4	375	14 3/4
CM-280	541	21 5/16	378	14 7/8	386	15 3/16
CM-315	594	23 3/8	448	17 5/8	430	16 15/16
CM-355	654	25 3/4	448	17 5/8	450	17 11/16
CM-400	724	28 1/2	487	19 3/16	450	17 11/16
CM-450	796	31 5/16	558	21 15/16	545	21 7/16
CM-500	881	34 11/16	628	24 3/4	545	21 7/16
CM-560	971	38 1/4	690	27 3/16	545	21 7/16
CM-630	1063	41 7/8	774	30 1/2	546	21 1/2
CM-710	1370	53 15/16	841	33 1/8	685	26 15/16
CM-800	1585	62 3/8	960	37 13/16	805	31 11/16
CM-900	1792	70 9/16	1070	42 1/8	820	32 5/16
CM-1000	1897	74 11/16	1120	44 1/8	820	32 5/16

PUERTA DE INSPECCIÓN



Modelo	A		B		ØC	
	mm	inches	mm	inches	mm	inches
CM-250	230	9 1/16	170	6 11/16	10	3/8
CM-280	285	11 1/4	200	7 7/8	10	3/8
CM-315	287	11 5/16	200	7 7/8	10	3/8
CM-355	291	11 7/16	220	8 11/16	10	3/8
CM-400	312	12 5/16	250	9 13/16	10	3/8
CM-450	342	13 7/16	280	11	10	3/8
CM-500	357	14 1/16	310	12 3/16	10	3/8
CM-560	361	14 3/16	310	12 3/16	10	3/8
CM-630	370	14 9/16	310	12 3/16	10	3/8
CM-710	397	15 5/8	310	12 3/16	10	3/8
CM-800	486	19 1/8	410	16 1/8	10	3/8
CM-900	490	19 5/16	410	16 1/16	10	3/8
CM-1000	534	21	410	16 1/16	10	3/8

ARO TOMA DE AIRE

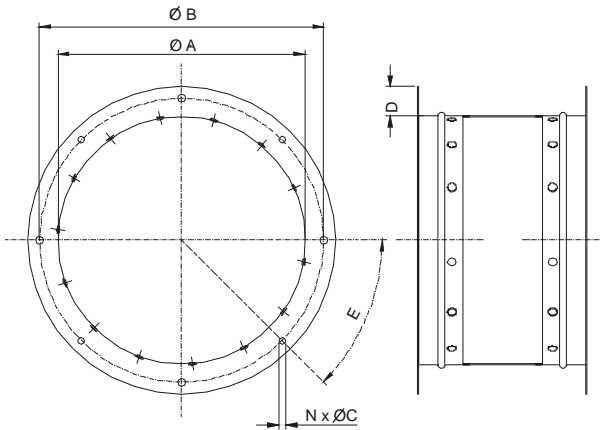


Modelo	A		B		ØC		D	N	E	
	mm	inches	mm	inches	mm	inches			mm	inches
CM-250	250	19 13/16	286	11 1/4	7.9	5/16	60°	6	90	3 9/16
CM-280	280	11	322	12 11/16	7.9	5/16	60°	6	90	3 9/16
CM-315	315	12 3/8	355	14	7.9	5/16	45°	8	90	3 9/16
CM-355	355	14	395	15 9/16	7.9	5/16	45°	8	90	3 9/16
CM-400	400	15 3/4	438	17 1/4	7.9	5/16	45°	8	90	3 9/16
CM-450	450	17 11/16	487	19 3/16	7.9	5/16	45°	8	90	3 9/16
CM-500	500	19 11/16	542	21 5/16	7.9	5/16	45°	8	90	3 9/16
CM-560	560	22 1/16	606	23 7/8	9.5	3/8	45°	8	90	3 9/16
CM-630	630	24 13/16	673	26 1/2	9.5	3/8	45°	8	90	3 9/16
CM-710	710	27 15/16	750	29 1/2	11.5	7/16	45°	8	100	3 15/16
CM-800	800	31 1/2	837	32 15/16	11.5	7/16	30°	12	100	3 15/16
CM-900	900	35 7/16	937	36 7/8	11.5	7/16	30°	12	100	3 15/16
CM-1000	1000	39 3/8	1037	40 13/16	11.5	7/16	30°	12	100	3 15/16

ACCESORIOS

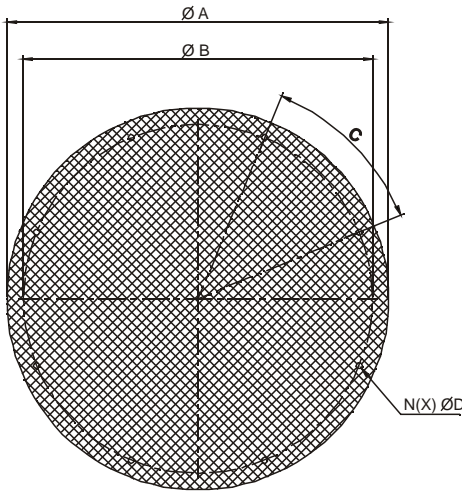


ARO TOMA DE AIRE (OPCIÓN AISLAMIENTO FLEXIBLE)



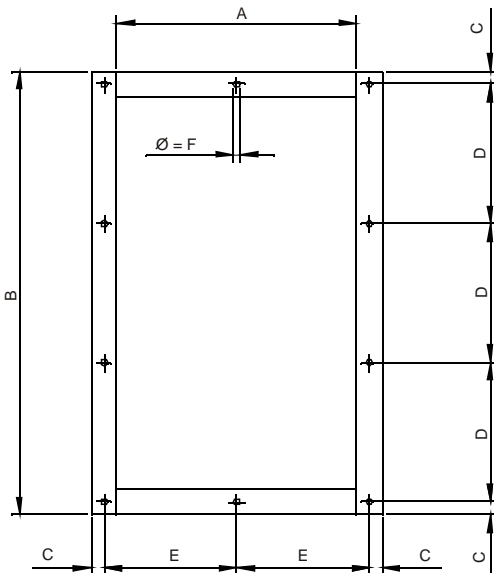
Modelo	A		B		ØC		N	D		E
	mm	inches	mm	inches	mm	inches		mm	inches	
CM-250	250	9 13/16	286	11 1/4	7.9	5/16	6	28	1 1/8	60°
CM-280	280	11	322	12 11/16	7.9	5/16	6	32	1 1/4	60°
CM-315	315	12 3/8	355	14	7.9	5/16	8	32	1 1/4	45°
CM-355	355	14	395	15 9/16	7.9	5/16	8	32	1 1/4	45°
CM-400	400	15 3/4	438	17 1/4	7.9	5/16	8	32	1 1/4	45°
CM-450	450	17 11/16	487	19 3/16	7.9	5/16	8	36	1 7/16	45°
CM-500	500	19 11/16	542	21 5/16	7.9	5/16	8	36	1 7/16	45°
CM-560	560	22 1/16	606	23 7/8	9.5	3/8	8	36	1 7/16	45°
CM-630	630	24 13/16	673	26 1/2	9.5	3/8	8	36	1 7/16	45°
CM-710	710	27 15/16	750	29 1/2	11.5	7/16	8	37	1 7/16	45°
CM-800	800	31 8/16	837	33	11.5	7/16	12	36	1 7/16	30°
CM-900	900	35 7/16	937	37	11.5	7/16	12	36	1 7/16	30°
CM-1000	1000	39 6/16	1037	41	11.5	7/16	12	39	1 9/16	30°

MALLA DE PROTECCIÓN EN SUCCIÓN



Modelo	A		B		C	mm	ØD inches	N
	mm	inches	mm	inches				
CM-250	306	12 1/16	286	11 1/4	60°	7.9	5/16	6
CM-280	348	13 11/16	322	12 11/16	60°	7.9	5/16	6
CM-315	382	15 1/16	355	14	45°	7.9	5/16	8
CM-355	422	16 5/8	395	15 9/16	45°	7.9	5/16	8
CM-400	466	18 3/8	438	17 1/4	45°	7.9	5/16	8
CM-450	524	20 5/8	487	19 3/16	45°	7.9	5/16	8
CM-500	574	22 5/8	542	21 5/16	45°	7.9	5/16	8
CM-560	634	24 15/16	606	23 7/8	45°	9.5	3/8	8
CM-630	704	27 11/16	673	26 1/2	45°	9.5	3/8	8
CM-710	784	30 7/8	750	29 1/2	45°	11.5	7/16	8
CM-800	872	34 5/16	800	31 1/2	30°	11.5	7/16	12
CM-900	972	38 1/4	937	36 7/8	30°	11.5	7/16	12
CM-1000	1078	42 7/16	1043	41 1/16	30°	11.5	7/16	12

BRIDA DESCARGA

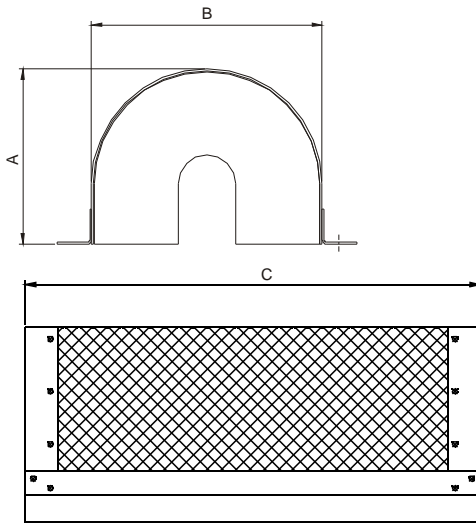


Modelo	A		B		C		D		E		ØF	
	mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches
CM-250	183	7 1/4	402	15 13/16	19.05	3/4	176	6 15/16	117	4 5/8	12.7	1/2
CM-280	203	8	443	17 7/16	19.05	3/4	135	5 5/16	120	4 3/4	9.52	3/8
CM-315	226	8 7/8	486	19 1/8	19.05	3/4	149	5 7/8	132	5 3/16	9.52	3/8
CM-355	250	9 13/16	535	21 1/16	19.05	3/4	166	6 9/16	144	5 11/16	9.52	3/8
CM-400	277	10 7/8	588	23 1/8	19.05	3/4	183	7 3/16	158	6 1/4	9.52	3/8
CM-450	311	12 1/4	650	25 9/16	19.05	3/4	204	8 1/16	175	6 7/8	12.7	1/2
CM-500	345	13 9/16	720	28 3/8	19.05	3/4	227	8 15/16	192	7 9/16	12.7	1/2
CM-560	389	15 5/16	797	31 3/8	25.4	1	249	9 13/16	207	8 1/8	12.7	1/2
CM-630	436	17 3/16	883	34 3/4	25.4	1	277	10 7/8	231	9 1/8	12.7	1/2
CM-710	479	18 14/16	1005	39 2/4	25	1	318	12 4/8	265	10 3/8	12.7	1/2
CM-800	533	21	1115	44	25	1	354	13 7/8	292	11 4/8	12.7	1/2
CM-900	595	23 7/16	1237	48 3/4	25	1	395	15 4/8	323	12 6/8	12.7	1/2
CM-1000	563	22 3/16	1373	54	25	1	441	17 3/8	357	14	12.7	1/2

ACCESORIOS

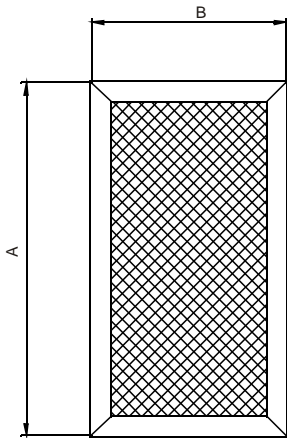


CUBIERTA PROTECCIÓN CHUMACERAS



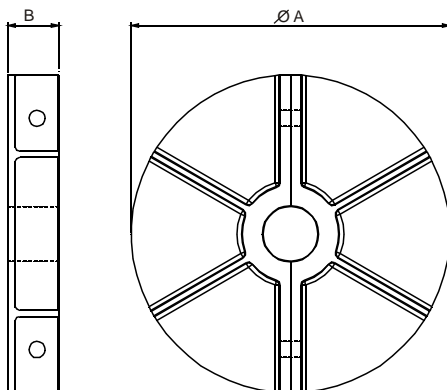
Modelo	A		B		C	
	mm	inches	mm	inches	mm	inches
CM-250	90	3 9/16	140	5 1/2	250	9 13/16
CM-280	90	3 9/16	140	5 1/2	250	9 13/16
CM-315	105	4 1/8	140	5 1/2	315	12 3/8
CM-355	105	4 1/8	140	5 1/2	315	12 3/8
CM-400	105	4 1/8	140	5 1/2	315	12 3/8
CM-450	130	5 1/8	197	7 3/4	370	14 9/16
CM-500	130	5 1/8	197	7 3/4	370	14 9/16
CM-560	130	5 1/8	197	7 3/4	370	14 9/16
CM-630	130	5 1/8	197	7 3/4	370	14 9/16
CM-710	150	5 7/8	225	8 3/4	510	20 1/16
CM-800	150	5 7/8	225	8 3/4	550	21 10/16
CM-900	175	6 7/8	263	10 1/4	620	24 7/16
CM-1000	175	6 7/8	263	10 1/4	620	24 7/16

MALLA DE PROTECCIÓN EN DESCARGA



Modelo	A		B	
	mm	inches	mm	inches
CM-250	325	12 13/16	182	7 3/16
CM-280	366	14 7/16	202	7 15/16
CM-315	409	16 1/8	225	8 7/8
CM-355	458	18 1/16	249	9 13/16
CM-400	511	20 1/8	275	10 13/16
CM-450	573	22 9/16	310	12 3/16
CM-500	643	25 5/16	347	13 11/16
CM-560	720	28 3/8	388	15 1/4
CM-630	806	31 3/4	435	17 1/8
CM-710	906	35 3/4	481	18 7/8
CM-800	1014	40	535	21 1/8
CM-900	1138	44 3/4	597	23 4/8
CM-1000	1274	50 1/4	665	26 1/8

DISCO DE ENFRIAMIENTO



Modelo	A		B	
	mm	inches	mm	inches
CM-250	115	4 1/2	35	1 3/8
CM-280	115	4 1/2	35	1 3/8
CM-315	115	4 1/2	35	1 3/8
CM-355	115	4 1/2	35	1 3/8
CM-400	115	4 1/2	35	1 3/8
CM-450	220	8 11/16	35	1 3/8
CM-500	220	8 11/16	35	1 3/8
CM-560	220	8 11/16	35	1 3/8
CM-630	220	8 11/16	35	1 3/8
CM-710	240	9 7/16	35	1 3/8
CM-800	240	9 7/16	35	1 3/8
CM-900	240	9 7/16	35	1 3/8
CM-1000	240	9 7/16	35	1 3/8



APLICACIÓN ESTÁNDAR DE PINTURA EN POLVO POLIÉSTER

La pintura estándar SyP, es ideal para aplicaciones comerciales e industriales, donde los contaminantes corrosivos sean de moderados a bajos.

Su aplicación consiste en partículas de pigmento y resinas, que mediante un proceso electrostático se adhieren a la superficie del metal, previamente desengrasado, fosfatizado y decapado; posteriormente mediante alta temperatura obtiene sus características de acabado liso, uniforme, dureza, resistencia a impacto, resistencia química y a la abrasión adecuada con gran resistencia a agentes corrosivos (hasta 800 horas de Cámara Salina de acuerdo a corrosión ASTM B-117, Ampollamiento ASTM D-714 y Adherencia ASTM D-1654).

RECUBRIMIENTOS ESPECIALES

Cuando el uso de un ventilador se destina a aplicaciones industriales, donde el ambiente en el que operará es altamente corrosivo, es recomendable aplicar algún recubrimiento especial que pueda resistir este tipo de atmósferas.

Para ello Soler y Palau pone a su disposición acabados especiales:

PINTURA EPÓXICA ALTOS SÓLIDOS

Recubrimiento epóxico de dos componentes curado con poliamida, modificado con amina.

Este es un recubrimiento especial para SyP, pudiendo ser usado como primario, enlace acabado o como recubrimiento único.

Su uso en ventiladores es ideal ya que aplicado a piezas metálicas sometidas a humedad o inmersión ofrece gran resistencia. Su adherencia es excelente en cualquier tipo de acero, incluyendo los que tengan acabados galvanizados. Es un producto versátil altos sólidos que posee excelentes propiedades recomendado para ambientes corrosivos severos.

Su apariencia es semimate y el color es caqui. Obteniendo un total de 1000 horas cámara salina.

Resistencia Química:

Ácido	Muy bueno	Abrasión	Excelente
Álcalis	Excelente	Solventes	Excelentes
Humedad	Excelentes	Sales	Excelentes
Intemperie	Muy bueno		

Importante: Este producto es susceptible al caleo debido a la radiación UV.
Temperatura máxima de servicio: 93 °C servicio continuo y 148 °C intermitente.

RECUBRIMIENTOS FENÓLICOS SECADO AL AIRE

Este acabado es especial y se sugiere consultar a fábrica para condiciones comerciales.

Ofrecen excelente resistencia a humos que contengan ácidos, bases, sales inorgánicas y solventes. Buena resistencia para condensados y esparado de estos componentes.

RECUBRIMIENTO PARA ALTA TEMPERATURA

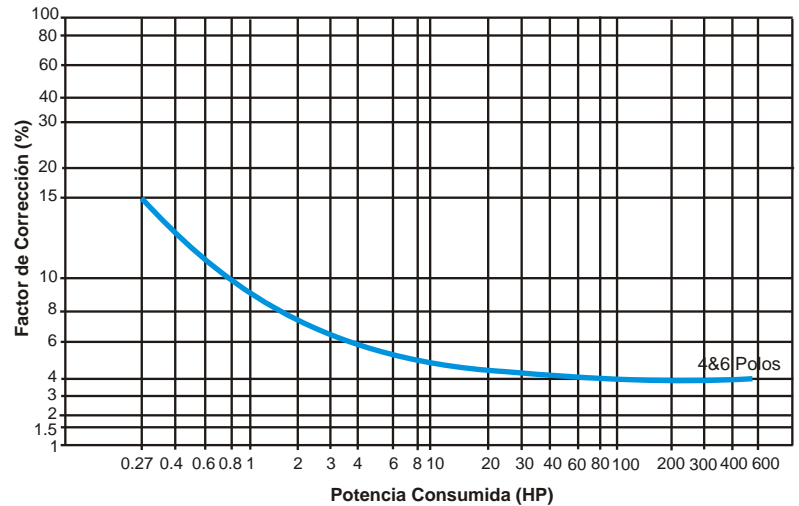
Este acabado es especial y se sugiere consultar a fábrica para condiciones comerciales.
Para aplicaciones donde las temperaturas sobrepasan los 150°C color Aluminio.



SELECCIÓN DE MOTOR

La curva de potencia mostrada en cada una de las gráficas de equipos representa la potencia absorbida en el eje medida en BHP.

Para determinar la potencia instalada del motor, se deberá aplicar el factor de corrección para compensar las pérdidas por transmisión.



Nivel Sonoro

Un ventilador es una fuente de ruido y como tal vendrá caracterizado por una potencia sonora L_w . El nivel de esta potencia debe formar parte de los datos de catálogo del aparato como una característica más. Pero no es usual encontrarlos y en su lugar se encuentran los valores de presión sonora L_p a los que deben acompañar las condiciones a las que han sido determinadas por ejemplo distancia, campo libre etc.

El espectro sonoro es una herramienta muy útil que nos permite identificar los sonidos de baja, media y alta frecuencia es decir los sonidos graves se encuentran hasta los 400Hz, sonidos de rango medio hasta 1600Hz, y sonidos agudos hasta 20Khz, en ventilación se utiliza un espectro sonoro de 8 bandas que son las siguientes 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz y 8000Hz.

En el eje de las abscisas encontramos la escala de frecuencia y en el eje de las ordenadas a los decibelios.

Se han normalizado internacionalmente unos sistemas de ponderación que su respuesta se acerque lo mas posible a la sensibilidad humana.

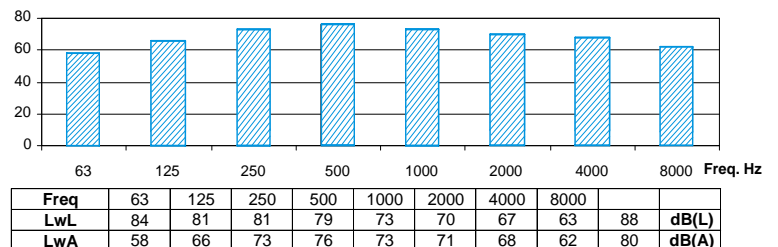
El llamado "A", mas fiel a L_p bajos niveles que a los altos, se ha adoptado para todos los casos. Los valores medidos con este filtro aparecen como L_wA , dB(A) L_wL = potencia sonora sin filtro de ponderación A su unidad de medida son los dB(L).

L_wA = potencia sonora con filtro de ponderación A su unidad de medida son los dB(A).

Por lo tanto para nuestra selección tenemos:

88 dB(L) de potencia sonora sin filtro de ponderación y 80 dB(A) de potencia sonora con filtro de ponderación.

Decibelios dB(A)



Freq	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L_{wL}	84	81	81	79	73	70	67	63	88
L_{wA}	58	66	73	76	73	71	68	62	80
									dB(L)
									dB(A)

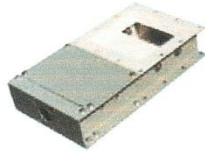
APÉNDICE E

CATÁLOGO DE VÁLVULAS

HAND WHEEL COMPATIBLY

KOMBINATIONSMÖGLICHKEITEN MIT HANDRAD
 ACCOUPLEMENTS D'ACTIONNEUR MANUEL
 ABBINAMENTI DI ATTUATORE MANUALE

VLQ - VLC 0150 ..	-	CMG0150 I.
VLQ - VLC 0200 ..	-	CMG0200 I.
VLQ - VLC 0250 ..	-	CMG0250 I.
VLQ - VLR-VLC 0300 ..	-	CMG0300 I.
VLQ - VLC 0350 ..	-	CMG0350 I.
VLQ - VLC 0400 ..	-	CMG0400 I.



PNEUMATIC ACTUATOR COMPATIBLY

KOMBINATIONSMÖGLICHKEITEN MIT PNEUMATIKANTRIEB
 ACCOUPLEMENTS D'ACTIONNEUR ELECTROPNEUMATIQUE
 ABBINAMENTI DI ATTUATORE ELETTROPNEUMATICO

VLQ - VLC 0150 ..	● P.N. CYL. Ø 63	-	KCP 063 1525 - V5V80 - LSM6	• BOB 02450
VLQ - VLC 0200 ..	● P.N. CYL. Ø 80	-	KCP 080 1530 - V5V80 - LSM6	• BOB 04850
VLQ - VLC 0250 ..				• BOB 11050
VLQ - VLR-VLC 0300 ..	● P.N. CYL. Ø 100	-	KCP 100 3540 - V5V40 - LSM6	• BOB 22050
VLQ - VLC 0350 ..				△ BOB 024CC
VLQ - VLC 0400 ..				△ BOB 048CC
				△ BOB 110CC
				△ BOB 220CC



- ALTERNATING CURRENT
 - WECHSELSTROM
 - COURANT ALTERNATIF
 - CORRENTE ALTERNATA
- △ DIRECT CURRENT
 - △ GLEICHSTROM
 - △ COURANT CONTINU
 - △ CORRENTE CONTINUA



GEAR MOTOR COMPATIBLY

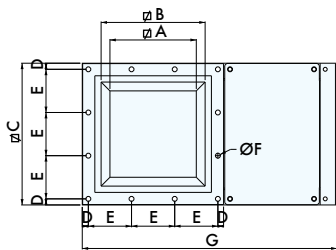
KOMBINATIONSMÖGLICHKEITEN MIT GETRIEBEMOTOR
 ACCOUPLEMENTS D'ACTIONNEUR ELECTRIQUE
 ABBINAMENTI DI ATTUATORE CON MOTORIDUTTORE

VLQ - VLC 0150 ..	-	CRG010A150 I.
VLQ - VLC 0200 ..	-	CRG010A200 I.
VLQ - VLC 0250 ..	-	CRG010B250 I.
VLQ - VLR - VLC 0300 ..	-	CRG010B300 I.
VLQ - VLC 0350 ..	-	CRG010R350 I.

LSM6*

* Signalling system obligatory

VLQ



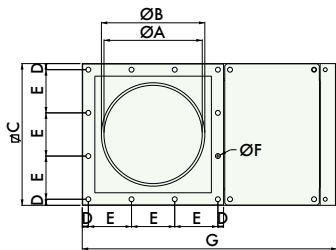
Square Cross Section Valves
Schieber mit quadratischem Querschnitt
Vannes à Section Carrée
Valvole con Sezione Quadrata



TYPE	A	B	C	D	E	N° E	Ø F	Bolts Schrauben Boulons Bulloni	G	H	kg
VLQ0150..	120	175	261	15,5	115,0	2	12,5	M10	455	113	14
VLQ0200..	170	225	311	15,5	93,3	3	12,5	M10	555	113	18
VLQ0250..	220	275	361	15,5	110,0	3	12,5	M10	650	113	22
VLQ0300..	270	325	431	23,0	128,3	3	12,5	M10	765	113	30
VLQ0350..	320	375	481	18,0	89,0	5	12,5	M10	900	125	40
VLQ0400..	370	425	531	15,5	100,0	5	12,5	M10	1.000	125	46

- 1 Carbon Steel / Stahl / Acier au carbone / Acciaio al carbonio
3 304 Stainless Steel / Edelstahl 1.4301 / Acier inox 304 / Acciaio inox AISI 304

VLC



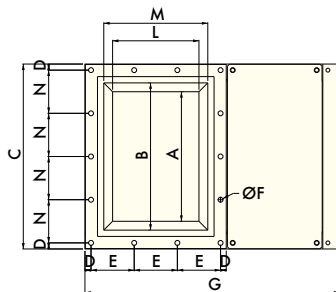
Round Cross Section Valves
Schieber mit rundem Querschnitt
Vannes à Section Circulaire
Valvole a Sezione Circolare



TYPE	A	Ø B	Ø C	D	E	N° E	Ø F	Screw Schrauben Boulons Bulloni	G	H	kg
VLC0150..	150	165	261	15,5	115,0	2	12,5	M10	455	113	14
VLC0200..	200	215	311	15,5	93,3	3	12,5	M10	555	113	18
VLC0250..	250	265	361	15,5	110,0	3	12,5	M10	650	113	22
VLC0300..	300	315	431	23,0	128,3	3	12,5	M10	765	113	30
VLC0350..	350	365	481	18,0	89,0	5	12,5	M10	900	125	40
VLC0400..	400	415	531	15,5	100,0	5	12,5	M10	1.000	125	46

- 1 Carbon Steel / Stahl / Acier au carbone / Acciaio al carbonio
3 304 Stainless Steel / Edelstahl 1.4301 / Acier inox 304 / Acciaio inox AISI 304

VLR



Rectangular Cross Section Valves
Schieber mit rechteckigem Querschnitt
Vannes à Section Rectangulaire
Valvole a Sezione Rettangolare



TYPE	A	B	C	D	E	N° E	Ø F	Bolts Schrauben Boulons Bulloni	G	H	L	M	N	N° N	kg
* VLR0150..	204	260	346	15,5	115,0	2	12,5	M10	455	109	119	175	105	3	18
* VLR0200..	281	337	423	15,5	93,3	3	12,5	M10	555	109	169	225	98	4	25
* VLR0250..	353	409	495	15,5	110,0	3	12,5	M10	650	109	219	275	116	4	30
VLR0300..	428	484	592	23,0	128,3	3	12,5	M10	765	109	269	325	136	4	40

- 1 Carbon Steel / Stahl / Acier au carbone / Acciaio al carbonio
3 304 Stainless Steel / Edelstahl 1.4301 / Acier inox 304 / Acciaio inox AISI 304

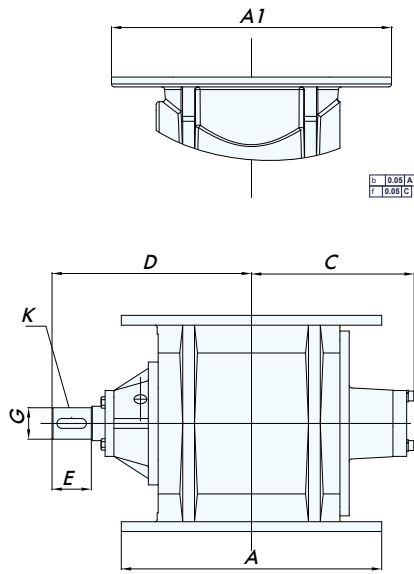
* Not yet in production / Z. Z. nicht lieferbar / Pas encore en production / Non ancora in produzione

Bare Shaft Valves

Zellenradschleusen mit freiem Wellenzapfen

Distributeurs alvéolaires à arbre nu

Valvole ad albero nudo



RVR
Round Flange
Rundflansch
Bride ronde
Flangia tonda

RV
Square Flange
Quadratischer Flansch
Bride carrée
Flangia quadrata

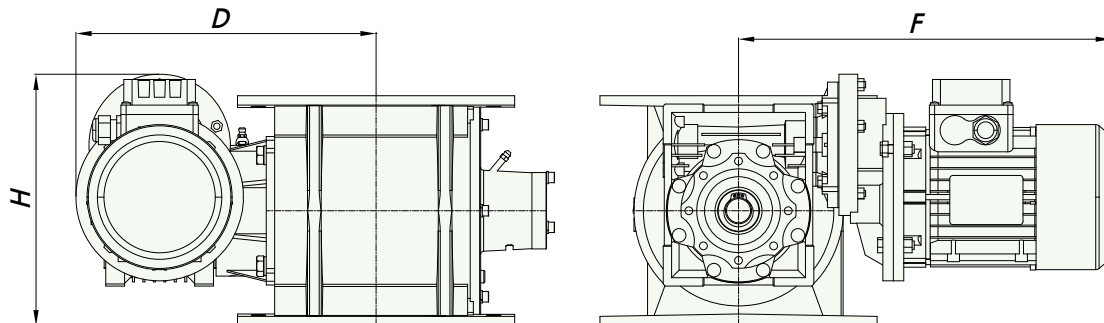
TYPE	A	A1 (RVR only)	B		C	D	E	G	S	K
			RV	RVR						
RV/RVR 02	265	285	220	250	170	193	40	32 h7	10	10*8*30
RV/RVR 05	320	340	280	330	214	237			13	
RV/RVR 10	375	406	360		238	308	50		15	10*8*40
RV/RVR 20	440	445	455		275	335				

Rotary Valves with Direct Drive

Zellenradschleusen mit Direktantrieb

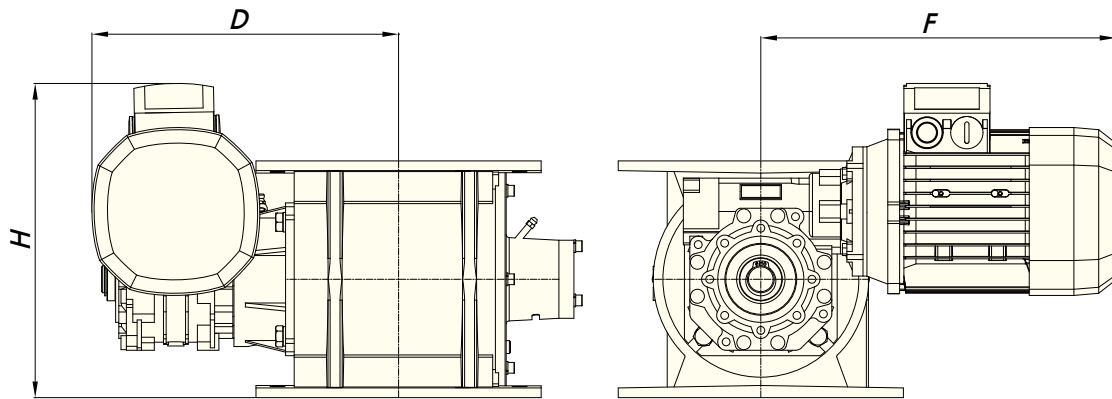
Distributeurs alvéolaires avec motorisation directe

Valvole motorizzate direttamente con precoppia



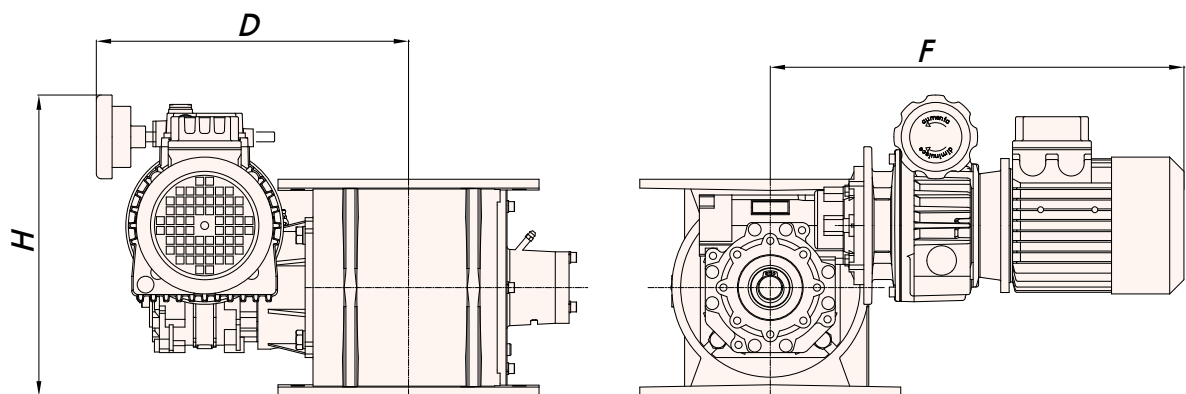
TYPE	D*	F*	H*		Rating kW Inst.kW Puissance kW Potenza kW
			RV	RVR	
RV/RVR 02 10 rpm	287	368	233	248	0.37
RV/RVR 05 10 rpm	321		263	288	
RV/RVR 10 10 rpm	367	454	352		0.55
RV/RVR 20 10 rpm	395		400		0.75

Valves With Geared Motors
Zellenradschleusen mit Getriebemotor
Distributeurs alvéolaires avec motoréducteur
Valvole ad albero nudo



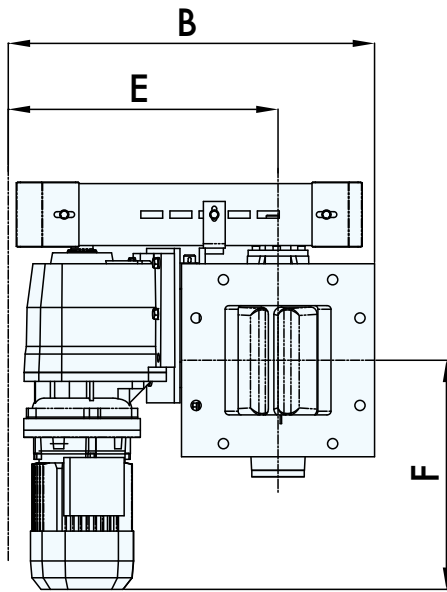
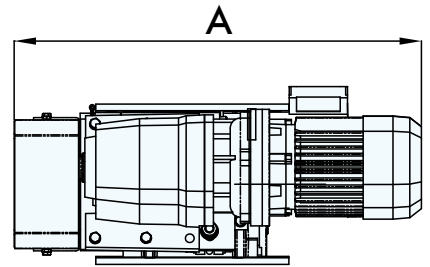
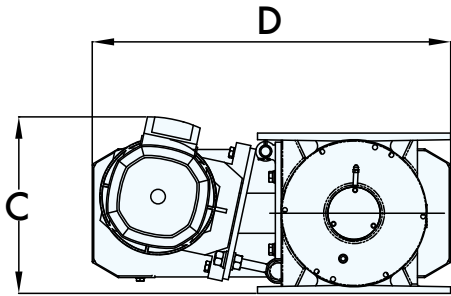
TYPE	D*	F*	H*		Rating kW Inst. kW Puissance kW Potenza kW
			RV	RVR	
RV/RVR 02 30 rpm	294	350	318	333	0.5
RV/RVR 02 20 rpm					
RV/RVR 05 30 rpm	328	350	348	373	0.75
RV/RVR 05 20 rpm					
RV/RVR 10 30 rpm	364	394	425		1.1
RV/RVR 10 20 rpm					
RV/RVR 20 30 rpm	392	419	472		1.5
RV/RVR 20 20 rpm					

Valves With Variable Speed Drive
Zellenradschleusen mit mechanischem Regelantrieb
Distributeurs alvéolaires avec moteur à vitesse variable
Valvole con motovariatore meccanico



TYPE	D*	F*	H*		Rating kW Inst. kW Puissance kW Potenza kW	RPM min ⁻¹ Tours/min Giri/min
			RV	RVR		
RV/RVR 02 VM	323	419	290	305	0,37	22-4
RV/RVR 05 VM	357		320	345		
RV/RVR 10 VM	393	504	408		0,75	
RV/RVR 20 VM	421		456			

Valves With Chain Transmission
 Zellenradschleusen mit Kettentrieb
 Distributeurs alvéolaires à transmission par chaîne
 Valvole con trasmissione a catena



TYPE		A*	B		C*		D	E	F*	Rating kW Inst. kW Puissance kW Potenza kW
			RV	RVR	RV	RVR				
RV/RVR 02	10 rpm	595	492	502	190	205	492	360	349	0.37
	20 rpm				255	270				0.55
	30 rpm									
RV/RVR 05	10 rpm		507	517	220	235		347	0.37	
	20 rpm		527	537	285	310		367	303	0.55
	30 rpm									
RV/RVR 10	10 rpm	684	615	630	325	552	427	330	0.55	
	20 rpm	335			282			0.75		
	30 rpm	636							1.1	
RV/RVR 20	10 rpm	695	686		373	600	463	290	0.55	
	20 rpm	672			383			267	1.1	
	30 rpm	647						242		

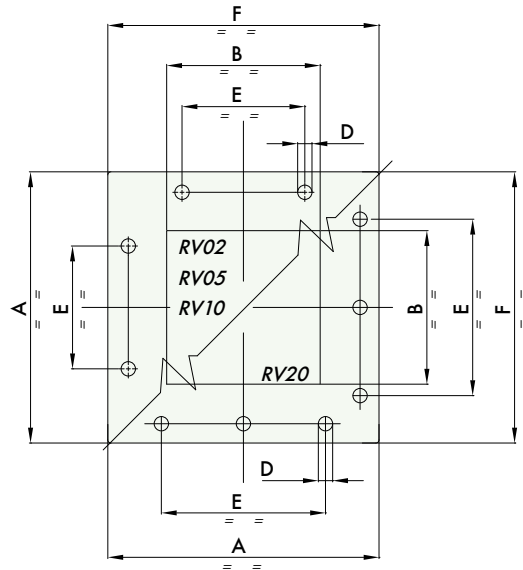
RV

**Standard Flange Dimensions of Rotary Valves
With Square Inlet/Outlet**

*Standard-Flanschabmessungen von Zellenradschleusen
mit quadratischem Ein- und Auslauf*

*Dimensions standard distributeurs alvéolaires
à bride d'entrée/sortie carrée*

*Dimensioni standard rotovalvole
con flangia di ingresso/uscita quadra*



TYPE	A	B	D	E	F
RV 02	265	150	14	120	225
RV 05	320	200	14	150	280
RV 10	375	250	14	180	335
RV 20	440	300	18	260	400

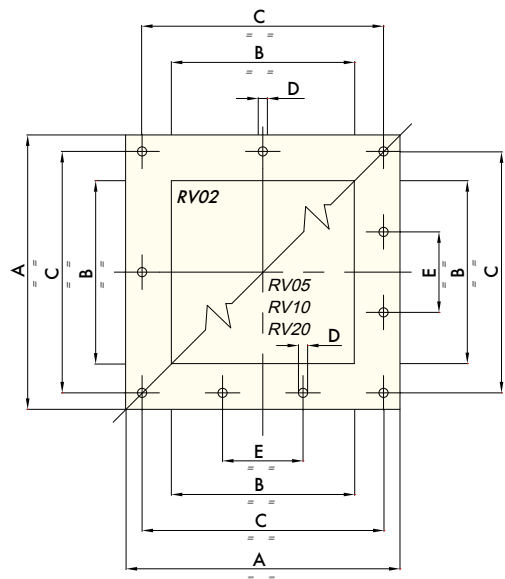
RV

**Rotary Valves With WAM® Standard Square
Inlet/Outlet Flange**

*Zellenradschleusen mit quadratischem
Ein- und Auslaufflansch mit WAM®-Standard-Lochbild*

*Distributeurs alvéolaires à bride
d'entrée/sortie carrée et perçages standard WAM®*

*Rotovalvole con flangia
di ingresso/uscita quadra e forature standard WAM®*



TYPE	A	B	D	E	VLQ - VLC - XBQ compatible
RV 02	265	150	12.5	/	150
RV 05	320	200	12.5	93.3	200
RV 10	375	250	12.5	110	250
RV 20	440	300	12.5	128.3	300

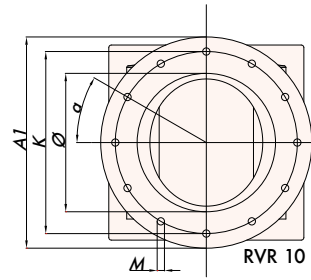
RVR

**Standard Flange Dimensions of Rotary Valves
With Round Inlet**

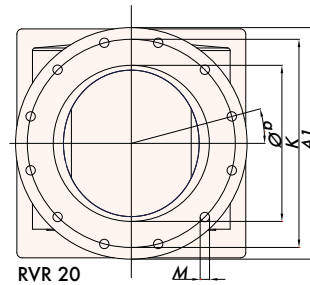
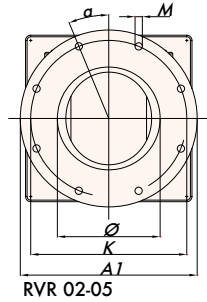
*Standard-Flanschabmessungen von Zellenradschleusen
mit rundem Einlauf*

*Dimensions standard distributeurs alvéolaires
à bride d'entrée ronde*

*Dimensioni standard rotovalvole
con flangia di ingresso tonda*



STANDARD



Standard Flange Drilling - Standard-Flanschbohrbild - Perçage brides standard - Foratura standard

TYPE	A1	K	Ø	M	α
RV/RVR 02	285	240	160	8 x Ø 14	22.5°
RV/RVR 05	340	295	200	8 x Ø 14	22.5°
RV/RVR 10	406	350	265	12 x Ø 14	30°
RV/RVR 20	445	400	300	12 x Ø 18	15°

RVR

WAM® Compatible Round Inlet Flanges

WAM® kompatible runde Einlaufflansche

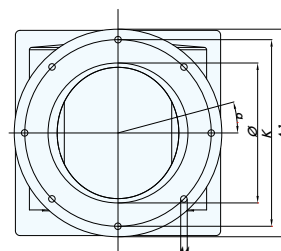
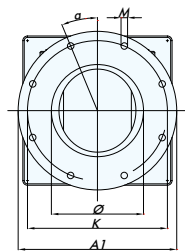
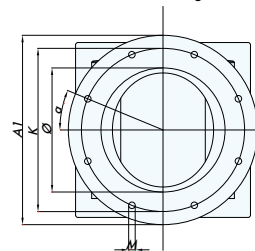
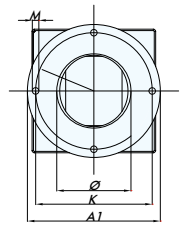
*Dimensions distributeurs alvéolaires
à bride d'entrée ronde standard WAM®*

*Rotovalvole con flangia di ingresso tonda
standard WAM®*

WAM XKF 321 Drilling

WAM XKF 351 Drilling

XKF



WAM XKF 341 Drilling

WAM XKF 371 Drilling

WAM® Flange Drilling - WAM® Flanschbohrbild - Perçage bride WAM® - Foratura flangia WAM®

TYPE	A1	K	Ø	M	α	WAM® Standard
RV/RVR 02	285	250	160	4 x Ø 14	22.5°	XKF 321
RV/RVR 05	340	300	200	8 x Ø 14		XKF 341
RV/RVR 10	406	350	265		XKF 351	
RV/RVR 20	445	400	300		15	XKF 371

APÉNDICE F

FICHA TÉCNICA DEL CLORURO DE POTASIO

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación:	CLORURO DE POTASIO
Código ONU:	Abono potásico
Unidad de medida:	Kilogramos (Kg.)
Descripción General:	El compuesto químico cloruro de potasio (KCl) es una potásica. En su estado puro es inodoro. Se presenta como un cristal vítreo de blanco a incoloro, con una estructura cristalina cúbica centrada en las caras que se fractura fácilmente en tres direcciones.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BIEN

FÓRMULA MOLECULAR: KCl

PROPIEDADES FÍSICAS

Silvina (forma mineral)

Estado de agregación:	Sólido
Apariencia:	Blanco cristalino
Densidad:	1.987 kg/m ³ ; 1.987 g/cm ³
Masa:	74.55 g/mol
Punto de fusión:	1.049 K (776 °C)
Punto de ebullición:	1.770 K (1,500 °C)
Estructura cristalina:	Cúbica centrada en las caras.



PROPIEDADES QUÍMICAS

Solubilidad en agua:	34,4 g/100 cm ³ agua 0,4 g/100 cm ³ etanol
Fuente Potásica:	Cloruro de Potasio (0-0-60)

ESTADO FISICO

ASPECTO: Cristales incoloros, higroscópicos

COMPOSICIÓN DEL FERTILIZANTE

Material	Porcentaje
Potasio Total (K ₂ O):	60 – 60,8 %
Magnesio - Mg:	0.2 – 0.9 %
Cloro - Cl:	46 – 46,5 %
Azufre - S:	0.3 – 0.4 %
Sodio - Na:	1 – 2 %

OTRAS ESPECIFICACIONES:

Presentación: Bolsas de: 25 kg; 50kg. Este será almacenado en Plástico-tejido con el bolso interno del polietileno.

APÉNDICE G

NORMA UNE 17.102 CHAVETAS PARALELAS

Pasadores y chavetas	CHAVETAS PARALELAS SERIE NORMAL				TABLA 18 . 13			
CHAVETA								
Sección $b \times h$	Ancho b		Altura h		Chafilán b_1		Longitud l	
	Nominal	Toler. $h9$	Nominal	Toler. $h9$ y $h11$	Mínima	Máximo	De...	...a
4 x 4	4	0	4	0	0,16	0,25	8	45
5 x 5	5	-0,030	5	-0,030	0,25	0,40	10	56
6 x 6	6		6		0,25	0,40	14	70
8 x 7	8	0	7		0,25	0,40	18	90
10 x 8	10	-0,036	8		0,40	0,60	22	110
12 x 8	12		8	0	0,40	0,60	28	140
14 x 9	14	0	9	-0,090	0,40	0,60	36	160

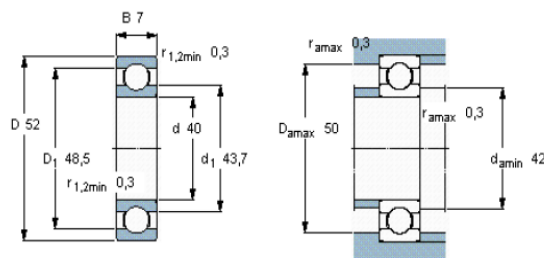
APÉNDICE H

RODAMIENTO SKF

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, no están obturados

Tolerancias , ver también el texto
 Juego radial interno , ver también el texto
 Ajustes recomendados
 Tolerancias del eje y del alojamiento

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
40	52	7	4,94	3,45	0,186	26000	16000	0,034	61808

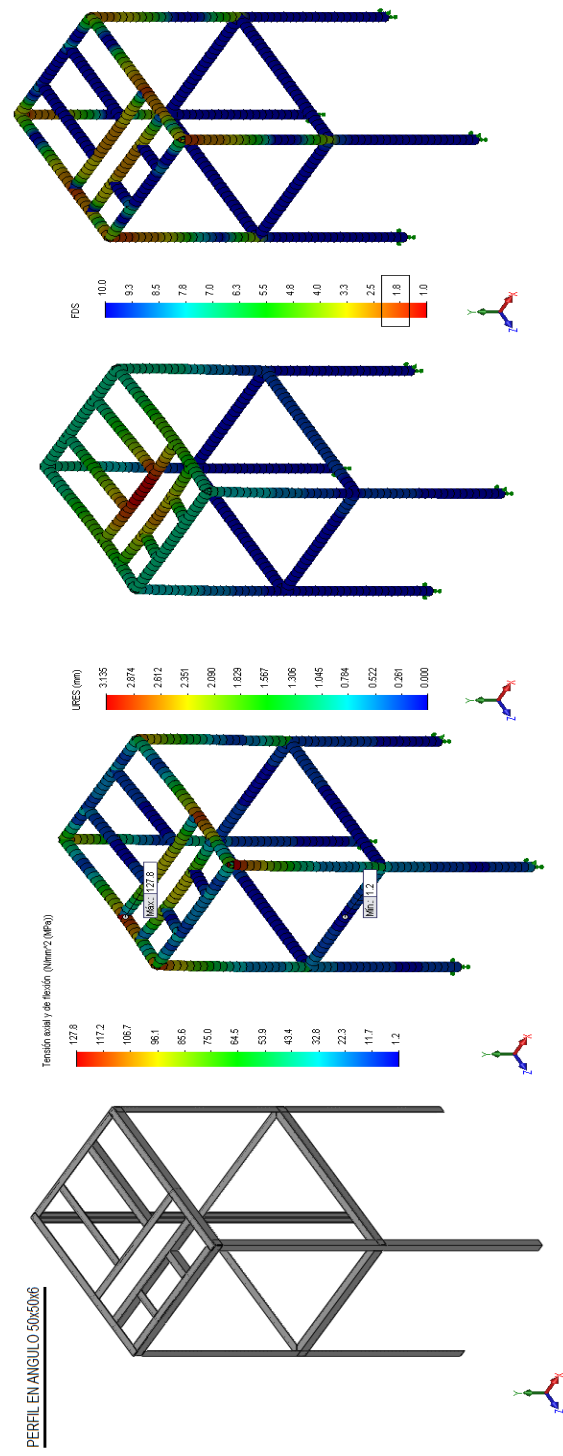
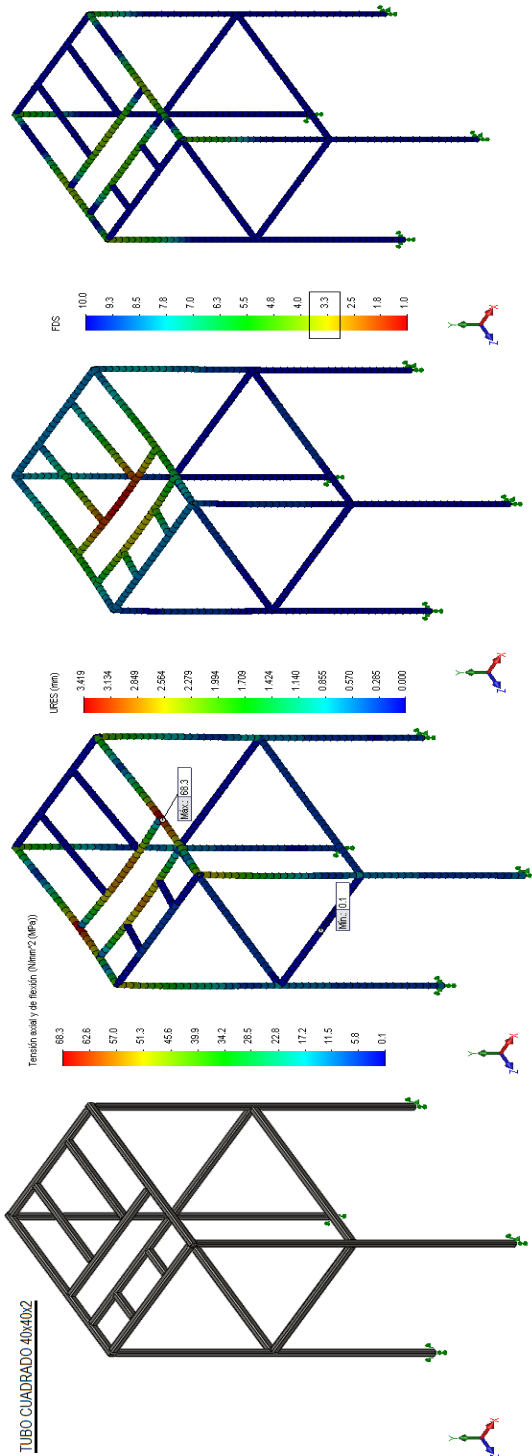


Factores de cálculo

k_f 0,015
 f_0 14

APÉNDICE I

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DEL MOLINO DE PINES



APÉNDICE J

**CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL MOLINO DE
PINES**

