

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



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE
POLVOS EN SUSPENSIÓN PARA REDUCIR LA
POLUCIÓN EN UNA PLANTA DE AGLOMERADOS
DE MADERA LAREDO – TRUJILLO**

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

AUTOR:

JAHIR ROBESPIERRE HERRERA DIAZ

Callao, 2018

PERÚ

Document Information

Analyzed document	INFORME DE TESIS - Herrera Díaz Jahir.pdf (D44649488)
Submitted	11/27/2018 10:56:00 PM
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	2%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	11827-Gayoso Quiñones Federico Víctor .pdf Document 11827-Gayoso Quiñones Federico Víctor_.pdf (D39925016)	  3
SA	13319-Tenorio Vivar, Juan Guillermo.pdf Document 13319-Tenorio Vivar, Juan Guillermo.pdf (D41274065)	  1
SA	13208-Morales Cruz, Walter.pdf Document 13208-Morales Cruz, Walter.pdf (D41119686)	  2
SA	13647-Quispe Carrasco, Daniel Adolfo.pdf Document 13647-Quispe Carrasco, Daniel Adolfo.pdf (D41834227)	  2
SA	Proyecto Final Tesis.pdf Document Proyecto Final Tesis.pdf (D10363602)	  1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA TESIS "DISEÑO DE UN SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVOS EN SUSPENSIÓN PARA REDUCIR LA POLUCIÓN EN UNA PLANTA DE AGLOMERADOS DE MADERA-LAREDO TRUJILLO" PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO JAHIR ROBESPIERRE HERRERA DIAZ Callao, 2018 PERÚ HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

DEDICATORIA A mis padres por darme la mejor educación y enseñarme que todas las cosas hay que valorarlas y luchar para lograr los objetivos en la vida.

AGRADECIMIENTOS A Dios por lo que me ha entregado, por sus bendiciones, por su apoyo y por la salud de todos. A mi familia que me apoyo en todas las circunstancias de mi carrera profesional, en especial a mi madre que pudo sacarme adelante en los momentos más difíciles de mi vida. A mi asesor que mantuvo su apoyo firme en todo momento.

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO DE SUSTENTACIÓN:

Dr. Ing. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO	PRESIDENTE
Dr. Ing. NAPOLEON JAUREGUI NONGRADOS	SECRETARIO
Dr. Ing. PABLO MAMANI CALLA	VOCAL
Mg. Ing. YASSER HIPOLITO YARIN ACHACHAGUA	SUPLENTE

Fecha de Aprobación de la tesis: 12 de Diciembre de 2018

Resolución de Jurado Evaluador: N° 155-2018-CF-FIME
del 24 de Noviembre de 2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el auditorio Ausberto Rojas Saldaña de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, sito Av. Juan Pablo II N° 306, Bellavista - Callao, siendo las 4:30 del día miércoles 12 de diciembre de 2018, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador del I Ciclo de Tesis - Titulación por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis- de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao.

- Dr. Ing. Oscar Teodoro Tacza Casallo : Presidente
- Dr. Ing. Napoleón Jáuregui Nongrados : Secretario
- Dr. Ing. Pablo Mamani Calla : Vocal
- Mg. Ing. Yasser Hipólito Yarin Achachagua : Suplente

Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 155-2018-CF-FIME de fecha 24 de noviembre de 2018 y Resolución de Consejo de Facultad N° 162-2018-O-FIME a fin de proceder al acto de evaluación de la Tesis titulada: **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVOS EN SUSPENSIÓN PARA REDUCIR LA POLUCIÓN EN UNA PLANTA DE AGLOMERADOS DE MADERA LAREDO-TRUJILLO"**, presentada por el señor Bachiller **HERRERA DIAZ JAHIR ROBESPIERRE**.

Contando con la presencia del Supervisor General, Decano de la Facultad de Ciencias Administrativas Dr. Hernán Ávila Morales, Supervisor de la FIME Dr. José Hugo Tezén Campos y el representante de la Comisión de Grados y Títulos Ing. Juan Adolfo Bravo Félix.

A continuación, se dio inicio a la sustentación de la Tesis de acuerdo a lo normado en los numerales del 10.1 al 10.4 del capítulo X de la Directiva para la Titulación Profesional por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis en la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución Rectoral N° 754-2013-R del 21 de agosto de 2013, modificada por la Resolución Rectoral N° 777-2013-R de fecha 29 de agosto de 2013 y la Resolución Rectoral N° 281-2014-R del 14 de abril de 2014 con la que se modifica el Art. 4.5 del capítulo IV de la organización del Ciclo de Tesis, así como lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU de fecha 30 de octubre de 2018.

Culminado el acto de sustentación, los señores miembros del Jurado Evaluador procedieron a formular las preguntas al indicado bachiller.


Luego de un cuarto de intermedio, para la deliberación en privado del Jurado respecto a la evaluación de la Tesis, se **ACORDÓ: CALIFICAR** la tesis sustentada por el señor bachiller **HERRERA DIAZ JAHIR ROBESPIERRE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se indica:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
<u>BUENA</u>	<u>Buena</u>

Finalmente, se procedió a leer en público el acta de sustentación.

Siendo las 4:55 del día miércoles doce de diciembre del dos mil dieciocho, el señor Presidente del Jurado Evaluador dio por concluido el acto de sustentación de Tesis.

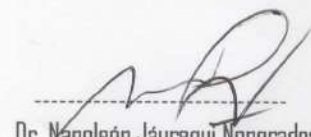
En señal de conformidad con lo actuado, se levanta la presente acta.



Dr. Oscar Teodoro Tacza Casallo
Presidente



Dr. Pablo Mamani Calla
Vocal



Dr. Napoleón Jáuregui Nongrados
Secretario



Mg. Yasser Hipólito Yarin Achachagua
Suplente

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA
Jurado de Sustentación de Tesis

INFORME

Visto la Tesis titulada ***"DISEÑO DE UN SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVOS EN SUSPENSIÓN PARA REDUCIR LA POLUCIÓN EN UNA PLANTA DE AGLOMERADOS DE MADERA LAREDO-TRUJILLO"***, presentada por el Bachiller de Ingeniería Mecánica ***HERRERA DÍAZ JAHIR ROBESPIERRE***.

A QUIEN CORRESPONDA:

El ***Presidente del Jurado de Sustentación de Tesis***, informa que la sustentación de la Tesis, se realizó el día Miércoles 12 de Diciembre del 2018, no habiendo observaciones ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado por cada uno de los miembros del Jurado de Sustentación, no presentando ninguna observación en su estructura metodológica y contenido temático.

Se emite el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 10 de Abril del 2019



Dr. OSCAR TEÓDORO TACZA CASALLO
PRESIDENTE DEL JURADO

DEDICATORIA

A mis padres por darme la mejor educación y enseñarme que todas las cosas hay que valorarlas y luchar para lograr los objetivos en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por lo que me ha entregado, por sus bendiciones, por su apoyo y por la salud de todos.

A mi familia que me apoyo en todas las circunstancias de mi carrera profesional, en especial a mi madre que pudo sacarme adelante en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi asesor que mantuvo su apoyo firme en todo momento.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2.1 Problema General	12
1.2.2 Problemas Específicos.....	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.4.1 Limitación teórica	13
1.4.2 Limitación temporal	13
1.4.3 Limitación Espacial	13
1.5 JUSTIFICACIÓN	14
1.5.1 Justificación práctica	14
1.5.2 Justificación tecnológica	14
1.5.3 Justificación económica	14
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	16
2.1.2 Antecedentes Nacionales	18
2.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	20
2.2.1 Marco Teórico	20
2.2.2 Marco Conceptual	53
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	55

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	57
3.1 HIPÓTESIS.....	57
3.1.1 Hipótesis General.....	57
3.1.2 Hipótesis Específicas	57
3.2 IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE VARIABLES	57
3.2.1 Variable independiente	57
3.2.2 Variable Dependiente.....	57
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	58
CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
4.1.1 Parámetros de diseño	61
4.1.2 Etapas de la investigación	62
4.1.3 Ingeniería de detalle.....	64
4.1.4 Análisis de costos	76
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	79
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	79
4.4 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	80
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	99
CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	101
6.1 CONTRASTACIÓN CON LA HIPÓTESIS	101
6.2 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES.....	101
6.3 RESPONSABILIDAD ÉTICA	103
CONCLUSIONES.....	104
RECOMENDACIONES.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS.....	109
ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA	109
ANEXO 2 DIMENSIONES DE LA ESCLUSA ROTATIVA.....	110

ANEXO 3 Dimensiones para selección de tornillo de Arquímedes	111
ANEXO 4 MODELO DE TORNILLO DE ARQUIMEDES	112
ANEXO 5 VALORES DE LONGITUDES EQUIVALENTES	113
ANEXO 6 CURVA CARACTERISTICA DE UN VENTILADOR.....	114
ANEXO 7 CANASTILLA Y BOLSA DE MANGAS PARA FILTRO PULSE JET	115
ANEXO 8 FUNCIONAMIENTO DEL TORNILLO DE ARQUÍMEDES	115
ANEXO 9 CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO PULSE JET (DONALDSON)	116
ANEXO 10 CRACTERISTICAS DEL VENTILADOR AF FANS	119
ANEXO 11 PLANOS DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVOS EN SUSPENCIÓN	126

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE ACUERDO A SU TAMAÑO.....	21
TABLA N° 2.2: ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE EPA	22
TABLA N° 2.3: VALORES DE PESO DE MATERIAL POR UNIDAD DE VOLUMEN DE AIRE	23
TABLA N° 2.4: VELOCIDADES PROMEDIO PARA TRANSPORTAR MATERIAL.....	25
TABLA N° 2.5: DISTANCIA DESDE LA PARED DE UN CONDUCTO HASTA LOS PUNTOS DE MEDIDA EMPLEANDO 10 PUNTOS DE LECTURA (REDONDEADA EN MM).....	29
TABLA N° 2.6: CARACTERÍSTICAS DE LOS CICLONES DE ALTA EFICIENCIA.....	31
TABLA N° 2.7: CARACTERÍSTICAS DE LOS FILTROS DE TELA.....	33
TABLA N° 2.8: RANGO DE PARTÍCULAS QUE EL TIPO DE FILTRO ATRAPA EN MICRAS.....	34
TABLA N° 2.9: DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES DEL FILTRO PULSE JET A SELECCIONAR.....	38
TABLA N° 2.10: TIPO DE VENTILADOR DE ALTA PRESIÓN AF-30 FANS	43

TABLA N°2.11: VALORES RECOMENDADOS PARA LAS VELOCIDADES DE CAPTURA.....	44
TABLA N°2.12: VALORES RECOMENDADOS PARA LAS VELOCIDADES DE DISEÑO DE DUCTOS	45
TABLA N°2.13: TABLA DE VALORES RECOMENDADOS PARA ESPESORES DE CONDUCTOS.....	48
TABLA N°3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE	59
TABLA N°3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE	59
TABLA N°4. 1 ANÁLISIS DE COSTOS DEL VENTILADOR CENTRÍFUGO	76
TABLA N°4. 2 ANÁLISIS DE COSTOS DEL FILTRO DE MANGAS DE TELA.....	77
TABLA N° 4. 3 PROGRAMA EN EXCEL PARA EL CÁLCULO DEL ACERO A EMPLEAR	78
TABLA N°4. 4 CÁLCULO TOTAL DEL PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVOS EN SUSPENSIÓN.....	78
TABLA N°4.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOSTÉCNICAS	80
TABLA N°4. 6 DISTRIBUCIÓN DE TRAMOS.....	81
TABLA N°4. 7 DISTRIBUCIÓN DE TRAMOS Y CAUDALES EN LA LÍNEA V209	82

TABLA N°4. 8 DISTRIBUCIÓN DE TRAMOS Y CAUDALES EN LA LÍNEA V215	83
TABLA N°4. 9 FABRICACIÓN DE DUCTOS DE LA LINEA V209	95
TABLA N°5. 1 DESCRPCIÓN DEL VENTILADOR SELECCIONADO DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS	99
TABLA N°5. 2 RELACION DE UNIDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO DE MANGAS DE TELA.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2.1: DIÁMETROS DE LAS PARTÍCULAS EN MICRAS	24
FIGURA N° 2.2: TUBO DE PITOT STANDARD	27
FIGURA N° 2.3: LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA CON EL TUBO DE PITOT	28
FIGURA N° 2.4: FILTRO DE MANGAS PULSE JET	36
FIGURA N° 2.5: PLANO DE DIMENSIONES DEL FILTRO PULSE JET.	37
FIGURA N° 2.6: EN ESTA FIGURA SE MUESTRA EL TAMAÑO DE PARTÍCULA, CONCENTRACIÓN Y EFICACIA DE DEPURACIÓN.....	40
FIGURA N° 2.7: VENTILADOR CENTRÍFUGO	41
FIGURA N° 2.8: CAMPANA SIMPLE.....	45
FIGURA N° 2.9: CÁLCULOS DE PÉRDIDA DE CARGA Y VELOCIDAD ADECUADA PARA CAMPANAS	46
FIGURA N° 2.10: PÉRDIDA DE CARGA DE ACUERDO AL DIÁMETRO DEL CONDUCTO Y VELOCIDAD QUE SE SELECCIONE.....	49
FIGURA N° 2.11: PRINCIPIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE CODOS.....	50
FIGURA N° 2.12: PÉRDIDA DE CARGA EN CODOS.....	51

FIGURA N° 2.13: PRINCIPIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DERIVACIONES.....	52
FIGURA N° 2.14: PÉRDIDA DE CARGA EN DERIVACIONES	53
FIGURA N° 2.15: SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVOS EN SUSPENSIÓN	54
FIGURA N°4. 1 MAPA DE LA PLANTA DE AGLOMERADOS DE MADERA	64
FIGURA N° 4. 2SISTEMA ACTUAL DE COLECCIÓN DE POLVO	65
FIGURA N° 4. 3 FORMA DEL TIPO DE POLVO CONTAMINANTE QUE SE ASPIRARA	66
FIGURA N° 4. 4 GRAFICA DE VELOCIDAD DE TRANSPORTE Y DE M3 DE AIRE POR KG DE MATERIAL	67
FIGURA N° 4. 5 ESCLUSA PARA DESCARGA DE FILTROS DE TELA	70
FIGURA N° 4. 6 MODELO DEL SISTEMA DE FILTRO DE MANGAS PULSE JET	71
FIGURA N° 4. 7 VELOCIDAD Y ESPESOR SELECCIONADO PARA LOS DUCTOS.....	73
FIGURA N° 4. 8 VELOCIDAD DE CAPTURA Y DIMENSIONES DE LA CAMPANA	75

RESUMEN

La planta donde se producen los aglomerados de madera se ubica en, Laredo Trujillo, actualmente el área donde se trabaja cuenta con dos líneas V-209 y V-215, el primero transporta el bagazo de los molinos y lo decanta en el silo 210, el segundo colecta los polvos de las cribas, básculas y caseta de esparcimiento, los cuales son depositados en el silo 601, el producto es transportado en ductos de acero hasta los ciclones de alta eficiencia. Este sistema de extracción de polvos que actualmente tiene solamente controla las partículas mayores a $10\mu m$ que se genera durante los trabajos, es por ello que se ve la necesidad de diseñar un sistema eficiente que reduzca la concentración de polvos en suspensión.

Este trabajo de investigación propone un diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión que será capaz de reducir la polución que se da en cada foco contaminante y así controlar la contaminación.

Para el diseño iniciaremos con el dimensionamiento del área donde ira el sistema de aspiración de polvos en suspensión. Después de obtener las características físico-químicas del material a aspirar y seleccionar los parámetros de diseño se seleccionara los componentes adecuados a emplear en el sistema.

En el presente estudio se demostró que el sistema de aspiración de polvos en suspensión redujo la concentración de polución que se generaba en los procesos.

Palabras Claves: Sistema de aspiración, polvos en suspensión y reducción de polución.

ABSTRACT

The plant where wood agglomerates are produced is located in, Laredo Trujillo, currently the area where you work has two lines V-209 and V-215, the first transports the bagasse of the mills and decanted it in silo 210, The second one collects the dust from the screens, scales and the spreading booth, which are deposited in silo 601, the product is transported in steel ducts up to the high efficiency cyclones. This dust extraction system that currently only controls particles greater than $10\mu\text{m}$ that is generated during the work, that is why we see the need to design an efficient system that reduces the concentration of dust in suspension.

This research project proposes a design of a system for aspiration of dust in suspension that will be able to reduce the pollution that occurs in each pollutant focus and thus control pollution.

For the design, we will start with the sizing of the area where the powder aspiration system will go. After obtaining the physical-chemical characteristics of the material to be vacuumed and selecting the design parameters, the appropriate components to be used in the system will be selected.

In the present study it was demonstrated that the system of aspiration of powders in suspension reduced the concentration of pollution that was generated in the processes.

Key words: Aspiration system, dust in suspension and reduction of pollution.

INTRODUCCIÓN

Esta presente investigación se ha desarrollado en capítulos donde detalla los contenidos y explica los objetivos que se propuso hasta obtener los resultados, en el Capítulo I se describe el problema, la formulación del problema tanto general como específicos luego los objetivos general y específicos, también indicaremos la limitación de la investigación y para finalizar nombraremos la justificación práctica, tecnología y económica.

En el Capítulo II se encuentra el marco teórico el cual detalla los antecedentes de la investigación, bases teóricas, marco conceptual y definición de términos básicos.

En el Capítulo III se menciona la Hipótesis y variables el cual contiene la hipótesis, variables y la operacionalización de las variables de la investigación.

En el Capítulo IV se presenta la metodología de la investigación, la población y la muestra, las técnicas de e instrumentos para la recolección de información de campo y análisis y procesamiento de datos.

En el Capítulo V se presenta los resultados.

En el Capítulo VI se presenta la discusión de los resultados la cual contiene la contrastación de las hipótesis, la contrastación de los resultados con estudios similares y la responsabilidad ética.

Finalmente, el trabajo termina mencionando las conclusiones obtenidas y las recomendaciones planteadas.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Actualmente en la planta se produce aglomerados de madera donde en la línea de proceso existe gran cantidad de polvos y solo es controlada por un sistema que posee una línea de ventiladores ineficientes, ductos y ciclones de alta eficiencia que solamente controla partículas mayores a $10 \mu m$, observando que las partículas menores $10 \mu m$ se va al medio ambiente generando grandes cantidades de polvos en suspensión, lo cual incomoda laborar en un ambiente que supera los límites permisibles de contaminación, esto como consecuencia repercute en la salud y condiciones ergonómicas de las personas que laboran en dicha planta, llevando a problemas respiratorios.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo diseñar un sistema de aspiración de polvos en suspensión para reducir la polución de una planta de aglomerados de madera?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo determinar las características físico-químicas del material para calcular el caudal de aspiración?
- ¿Cómo seleccionar y dimensionar los componentes del sistema de aspiración para una adecuada filtración del aire contaminado?
- ¿En qué medida los parámetros obtenidos permitirá la selección del ventilador centrífugo?.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de aspiración de polvos en suspensión para reducir la polución de una planta de aglomerados de madera.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-químicas del material a aspirar para calcular el caudal de aspiración.
- seleccionar y dimensionar los componentes del sistema de aspiración para una adecuada filtración del aire.
- Determinar los parámetros necesarios para la selección del ventilador centrífugo.

1.4 Limitación de la investigación

1.4.1 Limitación teórica

La presente investigación se delimita teóricamente debido a que se rigen sobre estudios de ventilación industrial.

1.4.2 Limitación temporal

En la presente investigación se han recogido datos sobre las condiciones en la que se encuentra la planta desde Enero del 2016 hasta Agostos del 2018.

1.4.3 Limitación Espacial

En la presente investigación se comprendió el análisis del sistema de extracción de polución el cual es un área que pertenece a la planta de aglomerados de madera ubicado en Laredo-Trujillo.

1.5 Justificación

1.5.1 Justificación práctica

La presente investigación se justifica práctica debido a que el diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión ayudará a reducir la polución generada por los procesos en la planta de aglomerados de madera.

“Se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirán a resolverlo” (Bernal, 2010, p.106).

1.5.2 Justificación tecnológica

La presente tesis enlaza una serie de procedimientos que implican cálculos y selección para el sistema de aspiración de polvos en suspensión.

“Se refiere a que los resultados de la investigación posibilita el diseño y elaboración de técnicas, instrumentos y equipos para la producción de bienes económicos, científicos, industriales, etc. Que dinamicen el desarrollo de procesos productivos en general” (Carrasco, 2008, p.120).

1.5.3 Justificación económica

La presente investigación se justifica económicamente debido a que una reducción de la polución en la planta hará que disminuya gastos en la salud de los trabajadores y multas por no cumplir con las normas establecidas.

Carrasco (2008) enunció: “Radica en los beneficios que reporta para la población los resultados de la investigación, en cuanto constituye base

esencial y punto de partida para realizar proyectos de mejoramiento social y económicos para la población” (p.120).

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

A nivel nacional e internacional, se han realizado diversos estudios de investigación que tienen relación con la situación problemática planteada, los estudios de investigación han orientado al desarrollo del presente proyecto de tesis.

A continuación, se detallan los estudios:

2.1.1 Antecedentes Internacionales

En la Biblioteca Central de la Universidad de Chile, se encuentra la tesis: **“Modelación y Control del Sistema de polvo por Turbulencia Inducida”** cuyo autor es Serradell Díaz Fabian, quien presento y sustento para obtener el grado de Título de Ingeniero Mecánico en el 2013 cuyo problema es: que en la industria en general y la minería en particular, existen una gran variedad de procesos que emiten abundante material particulado poniendo en peligro la salud y condiciones de trabajo de quienes laboran allí. Es por ello que su objetivo es mostrar un diseño e implementación de un controlador tipo difuso, que asegure que el proceso de captación de polvo cumpla con las normas; modelar dos partes específicas y fundamentales del captador de polvo ideado por la empresa TDS S.A. que son un control PI como uno PD difuso con el fin de evaluar estrategias de control.

Se concluyó que el sistema de control tipo PI difuso era mucho más apropiado para el problema propuesto, por la mayor la mayor estabilidad en su respuesta en la estrategia de control, menor tiempo requerido por el sistema de limpieza de la pieza y el diseño de conjuntos difusos.

En la Biblioteca Central de la Escuela Politécnica del Litoral, se encuentra la tesis: **“Diseño de un Sistema Móvil de Extracción de polvo generado**

durante el Proceso de Arenado” cuyo autor es Suárez Sarmiento Gisella, quien presento y sustento para obtener el grado de Título de Ingeniero Mecánico en el 2008 cuyo problema es: que en la empresa DYFEMSA se ha venido trabajando durante varios años, generando contaminación y de acuerdo a las normas de la Municipalidad de Guayaquil, se debe tener un límite permisible máximo de contaminación. Es por ello que se tiene como objetivo diseñar un sistema móvil que ayude en la extracción de los polvos que se genera en el proceso de arenado.

Se concluyó que con este sistema diseñado se logró dar solución al problema de la contaminación y que al ser móvil el sistema tiene la opción de ser trasladado al sitio de trabajo.

En la Biblioteca Central de la Escuela Politécnica del Litoral, se encuentra la tesis: **“Calculo y diseño Fluidodinámico de un Filtro de Mangas (Tipo Pulse Jet) Para Partículas Minerales de Origen Industrial”** cuyo autor es Peralta Castillo German, quien presento y sustento para obtener el grado de Título de Ingeniero Mecánico en el 2001 cuyo problema es: Que en la industria del cemento particularmente, durante el proceso de transporte, almacenamiento, descarga de gases de combustión y distribución del cemento, se producen escapes de material mineral particulado hacia la atmosfera, estableciendo estos puntos como Fuentes de emisión puntuales que determinan la baja calidad del aire generando transtornos graves en el sistema respiratorio de las personas y las demás. Es por ello que se tiene como objetivo de controlar la contaminación industrial del aire y recuperar material antes de expulsar a la atmosfera por lo cual este equipo es usado como parte del proceso industrial en la obtención de polvos.

Se concluyó el desarrollo del trabajo con la obtención del diseño de filtro de mangas con limpieza pulse jet, a través del desarrollo experimental se llegó a constatar que la eficiencia de operación del filtro llega a 93% indicando una excelente colección de partícula minerales.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

En la Biblioteca Central de la Pontificia Universidad Católica del Perú, se encuentra la tesis: **“Diseño de un Sistema de Extracción y Tratamiento de Gases de un ambiente de forja y soldadura”** cuyo autor es Delgado Yaranga Marco, quien presento y sustento para obtener el grado de Título de Ingeniero Mecánico en el 2016 cuyo problema es: que en el laboratorio de manufactura de la sección de ingeniería mecánica de la PUCP se llevan a cabo cursos en los cuales se dictan las sesiones de soldadura y forja, según estudios realizados en dicho laboratorio se detectaron valores de concentración de CO mayores a 520 ppm en el ambiente de forja y de 195 ppm en el ambiente de soldadura. Es por ello que su objetivo es obtener la concentración de emisiones de la fragua y de los procesos de soldadura en el taller; estimar la tasa de emisión de la fragua y del proceso de soldadura; determinar el flujo de aire necesario para el sistema de extracción propuesto y por ultimo definir las características del sistema de extracción.

Se concluyó que los sistemas diseñados garantizan una extracción eficiente de los gases y humos producidos dentro del ambiente de forja y soldadura del laboratorio de manufactura, así como una efectiva limpieza de los gases.

En la Biblioteca Central de la Universidad Nacional de Ingeniería, se encuentra la tesis: **“Fabricación y montaje de un colector de polvo de 60 000 m³/hr”** cuyo autor es Vega Laura Armando, quien presento y sustento para obtener el grado de Título de Ingeniero Mecánico en el año 1991 cuyo problema es: Que Debido al alto índice de contaminación ambiental que se genera por la producción de arsénico en la minera DOE RUN afectando a los trabajadores y no teniendo un sistema que controle dicha contaminación se vio en la necesidad de fabricar un sistema que capte los polvos y gases. Es por ello que sus objetivo es Fabricar y montar un colector de polvo para su planta industrial; determinar los procesos para

la fabricación y montaje de la estructura metálica, ductos de entrada, cuerpo del colector, obras civiles, obras eléctricas y de instrumentación. Se concluyó que el propósito del objetivo se ha logrado mediante la utilización de la ingeniería básica, la programación de la fabricación y el montaje y se tiene el equipo funcionando en la minera DOE RUN cumpliendo su función de controlar la contaminación ambiental y evitando emitir a la atmosfera los gases y polvos, se logra controlar y recuperar para uso industrial.

En la Biblioteca Central de la Universidad Católica de Santa María, se encuentra la tesis: **“Propuesta de Implementación de un sistema de mitigación de polvo en el proceso de Chancado de Mineral de la Planta Chancadora de Shougang Hierro Perú S.A.A.”** cuyo autor es Carhuapoma Hurtado Katherine, quien presento y sustento para obtener el grado de Título de Ingeniero Industrial en el año 2015 cuyo problema es: La polucion que se genera en la Planta Shougang Hierro Perú tiene una concentración mayor a lo permitido por los estándares de calidad de aire y salud ocupacional es por ello que su objetivo es minimizar la concentración mediante la implementación de un sistema que mitigue el polvo el cual servirá para reducir el índice de concentración de polucion suspendida en el aire, para lo cual tiene que evaluar la eficiencia de la mitigación del polvo mediante la implementación de sistema de mitigación del polvo; determinar el procedimiento experimental a nivel industrial de mitigación del polvo; determinar los costos de inversión del sistema de mitigación de polvo, demostrando que es rentable para la empresa.

Se concluyó que se ha determinado los criterios para el diseño de implementación del sistema de mitigación de polvo para la planta chancadora de la minera y se ha logrado una eficiencia de 99% con el nuevo proceso, logrando asi obtener un mejor cuidado al medio ambiente y a la salud ocupacional.

2.2 Marco Teórico y conceptual

2.2.1 Marco Teórico

a) Control de Partículas

La contaminación del aire puede ser definida como partículas en la atmosfera extrema de concentraciones lo suficientemente altas para ser dañinas a la salud humana o simplemente la interferencia con el disfrute normal de la vida o propiedad. Existen dos tipos de contaminantes, los contaminantes primarios (emitidos directamente a la atmosfera) y los contaminantes secundarios (aquellos formados por reacciones de la atmosfera).

Las partículas mayores a 10um y menores a 100um se consideran partículas suspendidas totales no respirables (PST).

Materia particulada (PM) es el termino general utilizado para una mezcla de partículas sólidas y de pequeñas gotas liquidas suspendidas en el aire. Cuanto menor sea una partícula, más tiempo permanecerá en suspensión y por consiguiente poder transportada a mayores distancias.

Hay partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 10um (PM10) que pueden llegar más allá de la garganta y las que son menores a 2.5um (PM2.5), pueden llegar hasta los pulmones, finalmente las menores a 0.1um Partículas ultra finas (PUF) pueden pasar de los alveolos pulmonares a la sangre véase la TABLA N° 2.1. Donde clasifica las partículas de acuerdo a su tamaño.

TABLA N° 2.1
CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE ACUERDO A SU TAMAÑO

Categoría	Tamaño (μm)
Partículas suspendidas totales (PST)	< 100
Partículas respirables (PM_{10})	< 10
Partículas respirables gruesas	10 - 2.5
Partículas respirables finas ($\text{PM}_{2.5}$)	< 2.5
Partículas ultra finas (PUF)	< 0.1

FUENTE: Elaboración propia

b) Normas de salud ambientales

Para considerar las condiciones de aire dentro y fuera de la planta de producción ya sea por los efectos negativos en la salud de las personas que están trabajando o por el impacto ambiental. Para ello, existen límites permisibles de concentración según el componente en esta tesis tenemos los siguientes estándares.

- Estándares de la calidad de aire ambiente, establecido por la agencia de protección medioambiental (EPA) para calidad de aire exterior.
- Valores permisibles, elaborados por la sociedad Americana Gubernamental de la Industria Higiénica (ACGIH).

c) Agencia de protección ambiental (EPA)

La EPA clasifica sus estándares en dos categorías: estándares primarios, que protegen la salud pública. Los estándares secundarios que establecen los límites para proteger el bienestar público, la EPA ha establecido

estándares para los diferentes tipos de contaminantes estas se indican la TABLA N° 2.2

TABLA N° 2.2
ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE EPA

CONTAMINANTE		CATEGORIA	TIEMPO PROMEDIO (a)	NIVEL DE CONCENTRACION (b)	FORMA
Material Particulado	PM _{2,5}	Primaria	Anual	12 µg/m ³	Media anual, promediada en más de 3 años.
		Secundaria	Anual	15 µg/m ³	Media anual, promediada en más de 3 años.
	PM ₁₀	Primaria y Secundaria	24 horas	35 µg/m ³	Percentil 98, promediado en más de 3 años.
		Primaria y Secundaria	24 horas	150 µg/m ³	Valor que no puede ser superado más de una vez al año, promediado en más de 3 años.

(a) Tiempo de exposición de una persona.

(b) Nivel de concentración máximo que debe existir en el ambiente.

FUENTE: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

La ley N°26790, ley de modernización de la seguridad social en salud, aprobado por decreto supremo N°009-97-SA, considera el artículo 7 de la constitución política del Perú, reconoce el derecho a todos a la protección de su salud y condiciones ergonómica en el trabajo.

d) Tamaño de las partículas de polvos en suspensión

El aire que respiramos contiene partículas en suspensión, para mantener la cantidad de estas partículas dentro de los límites razonables según la EPA, es una de las operaciones a que debe someterse el aire, tanto para

prevenir enfermedades como para evitar inconvenientes en tales procesos, en la FIGURA N° 2.1, se muestra el tamaño de las partículas en micras que se encuentran en el ambiente (Escoda, 2009, p.117).

e) Partícula de polvo de madera (Aserrín)

El aserrín es un material granular por lo tanto entre las partículas de aserrín hay huecos de aire, que ocupan cierto volumen pero cuya masa es despreciable frente a la del aserrín, a la relación de kilogramo de material por volumen de aire se le denominara peso volumétrico (véase tabla N°2.3).

TABLA N° 2.3

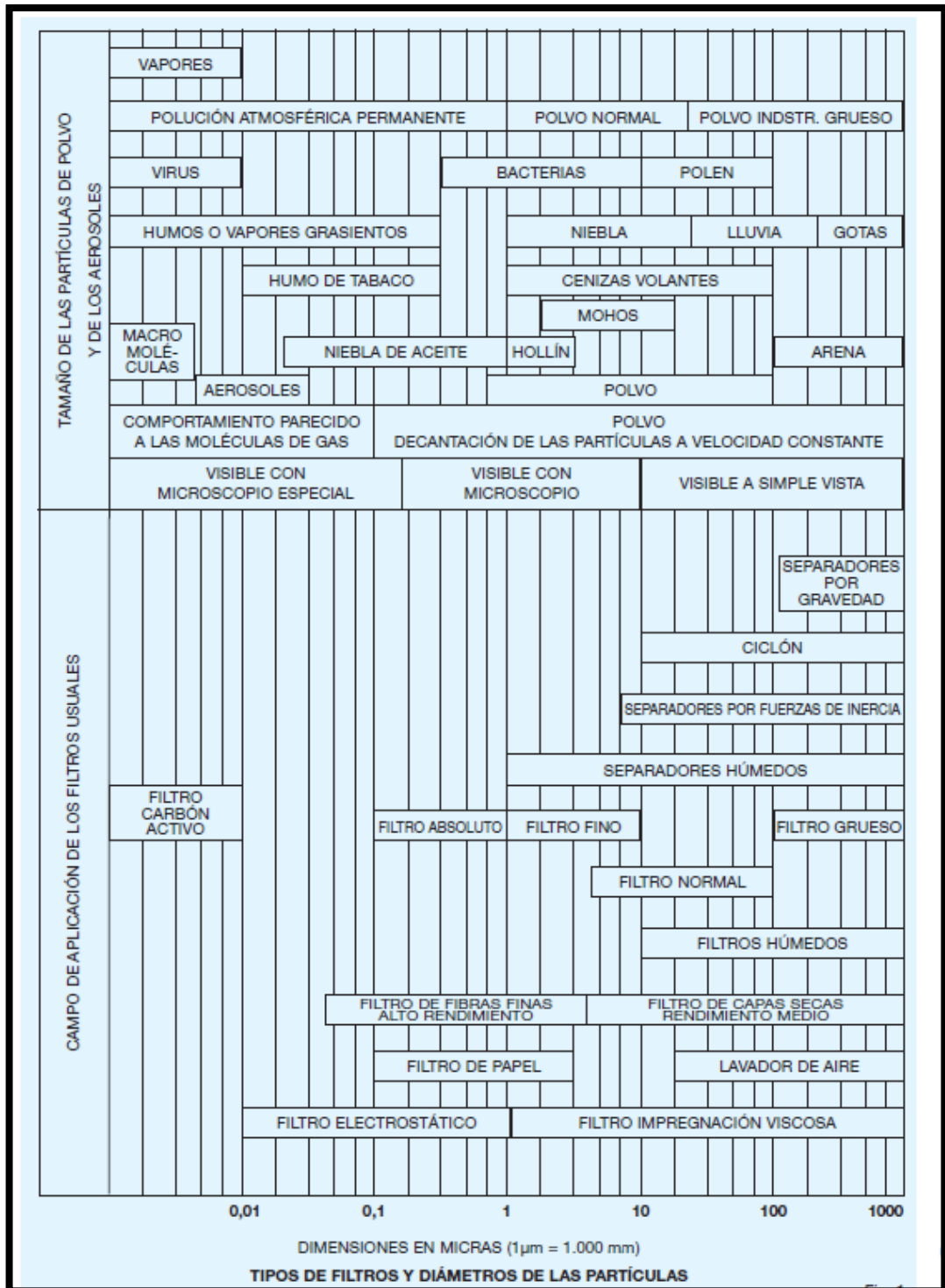
VALORES DE PESO DE MATERIAL POR UNIDAD DE VOLUMEN DE AIRE

MATERIAL	CONDICIÓN FÍSICA	PESO PROMEDIO POR VOLUMEN	
		lb/pie ³	kg/m ³
Madera virutas	Granular	18-20	290-320
Malta	Seca	45	720
Molibdeno, concentrados de	Pulverizado	100	1760
Polvos metálicos	Pulverizado	50-100	800-1600
Sal	Pulverizada	75-95	1200-1520
Salvado	Granular	16-20	260-320
Aserrín	Granular	15-20	240-320
Sosa comercial ligera	Pulverizada	25-35	400-560
Sosa comercial pesada	Pulverizada	55-65	880-1040
Talco	Pulverizado	50-60	800-960
Zinc óxido de	Pulverizado	20-35	320-560
Zinc, sulfatos de	Pulverizado	70	1120

FUENTE: Soler y Palao, 2008, p.3

FIGURA N° 2.1

DIÁMETROS DE LAS PARTÍCULAS EN MICRAS



FUENTE: Escoda, 2009, p.118

f) Velocidad promedio y volúmenes de aire para transporte de materiales

En la Tabla N° 2.4 se muestra las velocidades promedio para transportar material, estos datos son obtenidos del catálogo de Soler y Palao.

**TABLA N° 2.4
VELOCIDADES PROMEDIO PARA TRANSPORTAR MATERIAL**

MATERIAL	VELOCIDAD			
	desde FPM	desde m/seg	hasta FPM	hasta m/seg
Viruta de madera	4500	22.9	6000	30.5
Aserrín	4000	20.3	6000	30.5
Desechos de trituradora	4500	22.9	6500	33.0
Vinutas	4500	22.9	7000	35.6
Corcho	3500	17.8	5500	27.9
Algodón	4000	20.3	6000	30.5
Llana	4500	22.9	6000	30.5
Yute	4500	22.9	6000	30.5
Cáñamo	4500	22.9	6000	30.5
Semilla de algodón	4000	20.3	6000	30.5
Polvo	3500	17.8	6000	30.5
Avena	4500	22.9	6000	30.5
Fibra vegetal seca	4500	22.9	6000	30.5
Maíz	5000	25.4	7000	35.6
Trigo	5000	25.4	7000	35.6
Azúcar	5000	25.4	6000	30.5
Sal	5500	27.9	7500	38.1
Polvo de carbón	4500	22.9	6000	30.5
Ceniza, escoria	6000	30.5	8500	43.2
Cal	5000	25.4	7000	35.6
Cemento	6000	30.5	9000	45.7
Papel	5000	25.4	6000	30.5
Granos de café	3500	17.8	6000	30.5
Arena	6000	30.5	9000	45.7
Polvos secos	2500	12.7	3500	17.8
Gases y humos	2000	10.2	3000	15.2

FUENTE: Soler y Palao, 2008, p.4

g) Análisis para determinar la presión

(ACGIH, 1992, pp.9-2) expresa que en cualquier punto de extracción existen tres presiones de aire que pueden compararse con la presión atmosférica existente en la vecindad inmediata del mismo, estas presiones se miden en mmcda y están relacionadas por:

$$PT = PE + PD \dots (2.1)$$

Donde:

PT= Presión total, mmcda

PE= Presión estática, mmcda

PD= Presión dinámica, mmcda

La presión estática es la que tiende a hinchar o colapsar el conducto y es positiva cuando la presión es superior a la atmosférica y negativa en caso contrario. La presión dinámica es la resultante del movimiento de aire. La presión total es la suma de la estática y dinámica.

➤ **Medición de la presión estática**

Usualmente se mide con un manómetro de tubo en U graduado, lleno de agua, estos manómetros son adecuados para la medida de la presión en la mayoría de casos. El empleo de un manómetro inclinado proporciona mayor exactitud y permite la lectura de los valores más bajos. Para su empleo en campo uno de los lados del tubo se deja abierto a la atmósfera mientras que al otro se conecta un tubo cuyo extremo debe ajustar perfectamente en un pequeño orificio practicado en la pared del conducto, la localización del orificio para medir la presión estática no tiene mucha importancia en los resultados pero debe evitar que se en los codos u otros puntos en los que la lectura obtenida sea incorrecta debido a que la dirección de la velocidad no es paralela a la dirección del conducto.

➤ **Medición de la presión dinámica**

Para medir la presión dinámica con el fin de determinar la velocidad del aire, debe emplearse un tubo de Pitot, un tubo de Pitot estándar no necesita calibración si se ha fabricado cuidadosamente y se considera que los valores de la presión dinámica obtenidos tienen una exactitud de 100% a velocidades superiores a 10m/s, si se conoce la densidad se puede emplear la ecuación siguiente (AMCA, 1999, p.22).

$$V = 4.43 \sqrt{\frac{PD}{d}} \dots \dots (2.2)$$

Donde:

V=velocidad, m/s

PD=presión dinámica, mmcda

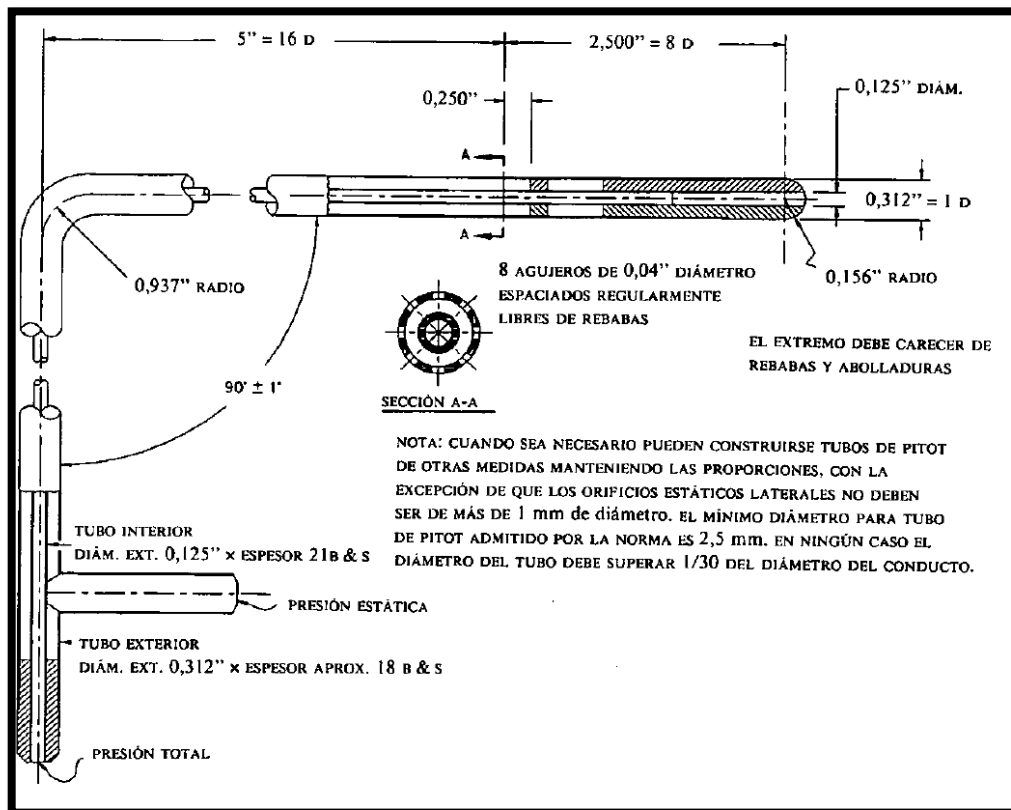
d=densidad, kg/m³

cuando el aire se encuentra en condiciones estándar (d=1.2kg/m³) la ecuación anterior se reduce a :

$$V = 4.043 \sqrt{PD} \dots \dots (2.3)$$

FIGURA N° 2.2

TUBO DE PITOT STANDARD

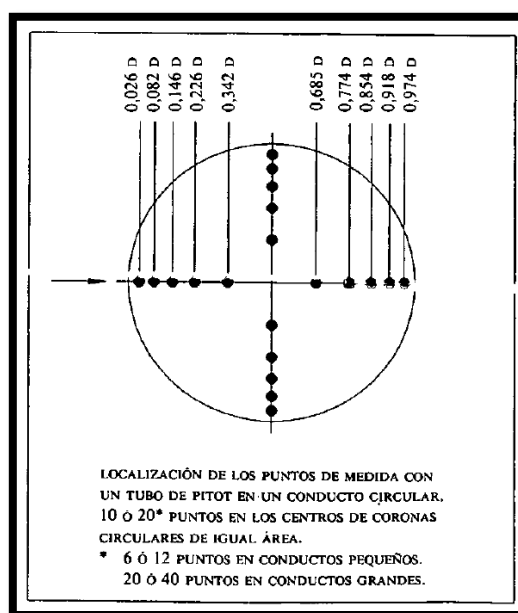


FUENTE: AMCA, 1999

➤ **EMPLEO DEL TUBO DE PITOT:** Puesto que el flujo de aire de una sección recta de un conducto no es uniforme, es necesario obtener un valor medio midiendo la presión dinámica en un número de superficies de igual área dentro de una sección recta. El método habitual consiste en efectuar una pasada a lo largo de cada uno de los diámetros perpendiculares. Las lecturas se toman en el centro de anillos concéntricos de igual área ver FIGURA N° 2.3

FIGURA N° 2.3

**LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA CON EL TUBO DE
PITOT**



FUENTE: ACGIH, 1992, pp.9-5

TABLA N° 2.5
DISTANCIA DESDE LA PARED DE UN CONDUCTO HASTA
LOS PUNTOS DE MEDIDA EMPLEANDO 10 PUNTOS DE LECTURA
(REDONDEADA EN MM)

Diám. del conducto mm	R ₁ 0,026D	R ₂ 0,082D	R ₃ 0,146D	R ₄ 0,226D	R ₅ 0,342D	R ₆ 0,658D	R ₇ 0,774D	R ₈ 0,854D	R ₉ 0,918D	R ₁₀ 0,974D
50	1	4	7	11	17	33	39	43	46	49
60	2	5	9	14	21	39	46	51	55	58
70	2	6	10	16	24	46	54	60	64	68
80	2	7	12	18	27	53	62	68	73	76
90	2	7	13	20	31	59	70	77	83	88
100	3	8	15	23	34	66	77	85	92	97
110	3	9	16	25	38	72	85	94	101	107
120	3	10	18	27	41	79	93	102	110	117
130	3	11	19	29	44	86	101	111	119	127
140	4	11	21	32	48	92	108	119	129	136
150	4	12	22	34	51	99	116	128	138	146
160	4	13	23	36	55	105	124	137	147	156
170	4	14	25	38	58	112	132	145	156	166
180	5	15	26	41	62	118	139	154	165	175
190	5	16	28	43	65	125	147	162	174	185
200	5	16	29	45	68	132	155	171	184	195
225	6	18	33	51	77	148	174	192	207	219
250	6	20	37	57	85	165	193	213	230	244
275	7	22	40	62	94	181	213	235	253	268
300	8	25	44	68	103	197	232	256	275	292
325	8	27	48	73	111	214	252	277	298	317
350	9	29	51	79	120	230	271	299	321	341
375	10	31	55	85	128	247	290	320	344	365
400	10	33	59	90	137	263	310	341	367	390
425	11	35	62	96	145	280	329	363	390	414
450	12	37	66	102	154	296	348	384	413	438
475	12	39	70	107	162	313	368	405	436	463
500	13	41	73	113	171	329	387	427	459	487
550	14	45	81	124	188	362	426	469	505	536
600	15	49	88	136	205	395	464	512	551	585
650	17	53	95	147	222	428	503	555	597	633
700	18	57	103	158	239	461	542	597	643	682
750	19	61	110	170	256	494	580	640	689	731
800	21	65	117	181	274	526	619	683	735	779
850	22	69	124	192	291	559	658	726	781	828
900	23	74	132	204	308	592	696	768	826	877
950	24	78	139	215	325	625	735	811	872	926
1000	26	82	146	226	342	658	774	854	918	974
1050	27	86	154	237	359	691	813	896	964	1023

FUENTE: ACGIH, 1992, pp.9-9

➤ **Medición del caudal**

Una vez obtenida la velocidad promedio en el flujo con la sección interior del ducto mediante la ecuación siguiente se puede obtener el caudal del sistema o línea que se quiera medir:

$$Q = V \times A \dots \dots (2.4)$$

Q= Caudal de la línea o sistema, m³/s

V = velocidad promedio del flujo en el ducto, m/seg

A = Área sección interior del ducto, m^2

h) Depuradores de polvo

Un depurador de polvo es un equipo que elimina los contaminantes generados por una corriente de aire o gas, la eficiencia del depurador que se utilice va depender mucho de elegir el depurador que se necesite, estos aparatos de depuración se dividen en dos grupos básicos: FILTROS DE AIRE Y CAPTADORES DE POLVO, los filtros de aire están diseñados para depurar concentraciones de polvo bajas en estos casos la concentración de polvo supera los 2 mg/m^3 .

Los captadores de polvo son diseñados para mayores concentraciones, estas se dan en la industria donde los focos contaminantes pueden variar entre 200 mg/m^3 a 4000 mg/m^3 incluso más. En conclusión los captadores de polvo son capaces de trabajar con concentraciones entre 100 a 2000 veces mayores que los filtros de aire. (ACGIH, 1992, pp.4-2)

➤ Tipos de captadores de polvo

Los principales captadores de polvos son los siguientes:

CICLÓN: El ciclón es esencialmente un depurador en que la aceleración gravitacional se sustituye con la aceleración centrífuga, el ciclón remueve el material particulado de la corriente gaseosa basándose en el principio de impactación inercial generado por la fuerza centrífuga, son económicos y son construcciones simple que no cuentan con partes móviles, lo cual es más fácil su mantenimiento, los ciclones son adecuados para separar partículas mayores a $5\mu\text{m}$.

Existen varios tipos de ciclones según la captación que se desee, entre ellos tenemos los de ALTA EFICIENCIA que son las que pueden remover partículas de $5\mu\text{m}$ con eficiencias de 90%, también tienen mayores caídas

de presión, lo cual requiere mayores costes de energía para mover el gas sucio del ciclón. Los ciclones de alta eficiencia están diseñados para alcanzar mayor remoción de las partículas que los ciclones CONVENCIONALES.

También tenemos los ciclones de ALTA CAPACIDAD, que están garantizados solamente para remover partículas mayores a 20um, en la TABLA N° 2.6 se presenta un resumen de las características de ciclones de entrada tangencial. (Echeverri, 2006, p.125)

TABLA N° 2.6
CARACTERÍSTICAS DE LOS CICLONES DE ALTA EFICIENCIA

Dimensión	Nomenclatura	Tipo de ciclón		
		Stairmand	Swift	Echeverri
Diámetro del ciclón	Dc/Dc	1.0	1.0	1.0
Altura de entrada	a/Dc	0.5	0.44	0.5
Ancho de entrada	b/Dc	0.2	0.21	0.2
Altura de salida	S/Dc	0.5	0.5	0.625
Diámetro de salida	Ds/Dc	0.5	0.4	0.5
Altura parte cilíndrica	h/Dc	1.5	1.4	1.5
Altura parte cónica	z/Dc	2.5	2.5	2.5
Altura total del ciclón	H/Dc	4.0	3.9	4.0
Diámetro salida partículas	B/Dc	0.375	0.4	0.375
Factor de configuración	G	551.22	698.65	585.71
Número cabezas de velocidad	NH	6.4	9.24	6.4
Número de vórtices	N	5.5	6.0	5.5

FUENTE: Echeverri, 2006, p.126

Para estimar la caída de presión de un ciclón, lo cual es un parámetro muy importante debido a que relaciona los costos de operación, una de las ecuaciones para calcular la pérdida de presión es la desarrollada por Shepherd y Lapple.

$$\Delta P = \frac{1}{2} \times \rho \times V_i \times N_h \dots (2.5)$$

Lo cual:

ΔP : Caída de presión en el ciclón

ρ : Densidad del gas portador, kg/m³

V_i : Velocidad de entrada del gas en el ciclón en m/s.

N_h : Número de cabezas a la entrada del ciclón.

El número de cabezas de la velocidad de entrada del ciclón se puede hallar con la siguiente ecuación.

$$N_h = K \times \frac{a \times b}{D_s^2} \dots \dots \dots 2.6)$$

Para la operación de un ciclón se debe tener en cuenta que la velocidad de entrada debe variar dentro del intervalo de 15 a 27 m/s para evitar que las partículas decanten.

DEPURADORES HUMEDOS: En los depuradores húmedos la eficacia depende de la cantidad de energía utilizada para conseguir el contacto aire-agua, la eficacia es una función del consumo total de energía por unidad de caudal, este tipo de depuradores pueden tratar gases a altas temperaturas o saturados de humedad, la captación de polvo en húmedo no tiene problema de generación secundaria de polvo al manipular o transportar el material recogido en el filtro. Cuando un material pulverulento presenta riesgos de incendio o explosión en estado seco el uso de depuradores húmedos evita esto. Los depuradores húmedos tienen una capacidad exclusiva de humidificar el aire. Generalmente el caudal específico de filtración se elige de forma que la pérdida de carga a través de la tela filtrante varia de 50 a 125 mmcda entre inicio al final del ciclo de operación (ACGIH, 1992, pp.4-18).

FILTROS DE TELA: Estos tipos de filtros eliminan las partículas mediante la obstrucción, impacto y atracción electrostática. La capacidad de la tela para dejar de pasar aire a su través es la permeabilidad teniendo una diferencia de presión de 12 mmcda. Los valores de permeabilidad están comprendidos entre 7 y 12 m³/(m².min). Podemos destacar que la eficacia de la tela es mayor cuanto menor sea el diámetro de las fibras, la selección definitiva de una tela filtrante es un compromiso entre eficacia y permeabilidad.

TABLA N° 2.7
CARACTERÍSTICAS DE LOS FILTROS DE TELA

Nombre genérico	Ejemplos de nombres comerciales**	Temp. máx. °C		Resistencia a agentes físicos					Resistencia a productos químicos				
		Continuos	Intermitentes	Calor seco	Calor húmedo	Abrasión	Golpes	Flexión	Ácidos minerales	Ácidos orgánicos	Álcalis	Oxidantes	Disolventes
Algodón	Algodón *	80	-	B	B	R	B	B	M	B	R	R	E
Poliéster	Dacron (1), Fortrel (2), Vycron (3), Kodei (4), Enka Polyester (5)	135	-	B	R	B	E	E	B	B	R	B	E
Acrílico	Orlon (1), Acrilan (6), Creslan (7), Dralon T (8), Zefran (9)	135	140	B	B	B	B	E	B	B	R	B	E
Modacrílico	Dynel (10), Veral (4)	70	-	R	R	R	M-R	B	B	B	B	B	B
Nylon (Poliamida)	Nylon 6.6 (1, 2, 6), Nylon 6 (11, 5, 12), Nomex (1)	105 205	- 230	B E	B E	E E	E E	E E	M M-R	R E	B B	R B	R E
Polipropileno	Hereuion (13), Reevon (14), Vectra (15)	93	120	B	R	E	E	B	E	E	E	B	B
Teflon (Fluorocarbono)	Teflon TFE (1) Teflon FEP (1)	260 230	285 -	E E	E E	M-R M-R	B B	B B	E E	E E	E E	E E	E E
Vinión	Vinyon (16), Clevylt (17)	175	-	R	R	R	B	B	E	E	B	B	M
Vidrio	Vidrio	260	315	E	E	M	M	R	E	E	R	E	E
Lana	Lana	100	120	R	R	B	R	B	R	R	M	M	R

* E = Excelente; B = Buena; R = Regular; M = Mala.

FUENTE: (ACGIH, 1992, pp.4-13)

PRECIPITADORES ELECTROSTÁTICOS: En este tipo de colector, los gases cargados pasan a través del precipitador electrostático, donde las partículas se cargan eléctricamente.

Las partículas acumuladas se desprenden al golpear las placas colectoras. Los gases pasan a través de una cámara con un campo eléctrico que se mantiene entre dos tipos de electrodos (de descarga y colector).

A un potencial crítico, las moléculas de gas se descomponen en iones positivos y negativos por ionización y ocurre cerca del electrodo de descarga o en el mejor de los casos en el electrodo de descarga.

Los iones con la misma polaridad que los electrodos de descarga, se adhieren a las partículas neutras contenidas en el gas y son atraídas por el electrodo colector por ser de polaridad opuesta.

En el momento del contacto de la partícula con el electrodo, pierde su carga y puede ser retirada fácilmente. Como en los colectores o filtro de mangas, los precipitadores son extremadamente eficientes y se usan por lo general en las industrias del cemento, electricidad, pulpa, papel y acero.

TABLA N° 2.8

RANGO DE PARTÍCULAS QUE EL TIPO DE FILTRO ATRAPA EN MICRAS

RANGO	RANGO DE PARTICULAS QUE ATRAPA EN MICRAS
Precipitaderos electrostáticos	0.01 a 90
Filtros de tela	0.05 a 90
Colectores de procesos húmedos	0.05 a 100
Separadores centrífugos	5 a 1000
Cámaras de sedimentación	10 a 10000

FUENTE: Suarez, 2008, p.42

i) Descripción general de la filtración de mangas

La filtración por mangas tiene dos fases de operación las cuales son la fase de filtración del gas y la fase de limpieza de las mangas, ambas forman el ciclo de limpieza. La fase de filtración tiene como prioridad los parámetros de la caída de presión que genera la tela y la capa de polvo que se genera en la tela durante el proceso de filtración, para esta fase se requiere la estructura principal hermética donde se colocan dichas mangas.

La fase de limpieza de mangas depende del mecanismo o método que se utilice, en la actualidad hay varios tipos de filtros de mangas, mencionaremos los más utilizados: pulse jet, por sacudimiento mecánico y aire reverso.

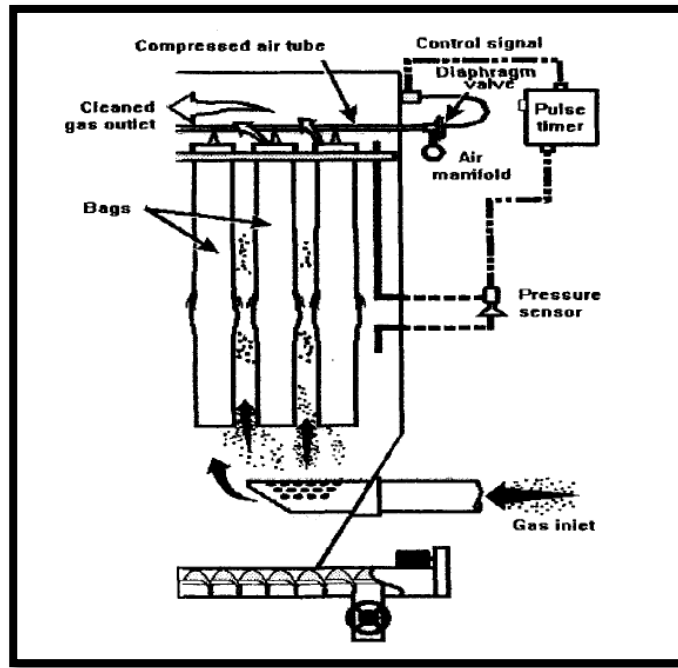
➤ Filtro de mangas pulse jet

(Peralta, 2008, p.75), Durante proceso de filtrado de este sistema, el gas con alta concentración de polvo ingresa al filtro por la cámara del aire sucio colectándose dicho polvo en la parte exterior de las mangas, el aire ingresa por el interior de las mangas sin partículas hacia la cámara de aire limpio que luego es expulsado hacia la atmosfera. Esta forma de limpieza usa aire comprimido que pasa por el interior de cada manga a través de un Venturi o tobera creando un aire secundario para generar una onda de choque que provoque el sacudimiento violento de la tela y desprender la capa de polvo formada.

Los impulsos de aire comprimido son procedentes de un tubo inyector situado por encima de las mangas, este tubo está cerrado por un extremo y abierto en la parte contraria que sale al extremo de la cámara de aire limpio para conectarse a la válvula solenoide y esta a su vez conectarse al controlador de tiempo, el cual regula la cantidad de disparos y duración de los mismos, la masa de partículas desprendidas de las magas es recolectada en la tolva de colección FIGURA N°2.4

FIGURA N° 2.4

FILTRO DE MANGAS PULSE JET



FUENTE: Peralta, 2001, p.77

➤ Especificaciones y dimensiones del filtro de mangas pulse jet

CAN VELOCITY

Donaldson Catálogo (2008), Velocidad teórica a la cual los gases dentro del colector suben hacia los filtros de mangas, existen valores máximos para diferentes materiales, al sobre pasar este valor se puede tener un problema que hace que el polvo que se desprende del filtro en el ciclo de limpieza entre nuevamente a la corriente del aire sucio que llega a las mangas y depositándose nuevamente en las mangas.

$$V = \frac{Q}{A_{\text{seccion del filtro}} - A_{\text{seccion total de mangas}}} \text{ fpm.....(2.7)}$$

V= Can velocity fpm.

Q= Caudal del sistema m³/s.

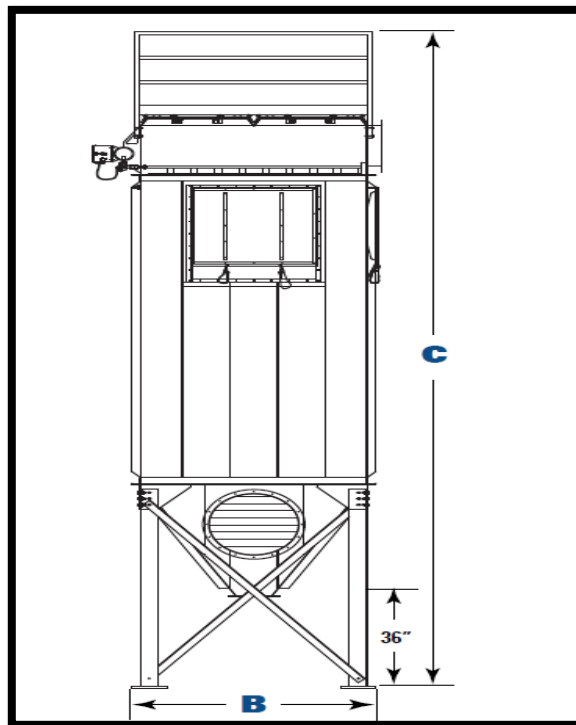
A= Área de sección transversal interna del tubo m².

DIMENSIONES DEL FILTRO PULSE JET

Para que el sistema de aspiración de polvos en suspensión sea eficiente hay que seleccionar un tipo de filtro pulse jet más óptimo de acuerdo al caudal requerido.

FIGURA N° 2.5

PLANO DE DIMENSIONES DEL FILTRO PULSE JET



FUENTE: Donaldson catálogo, 2008

TABLA N° 2.9

DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES DEL FILTRO PULSE JET A
SELECCIONAR

Model	Nominal Airflow Range* (cfm)	Cloth Area (ft²)	Length of Filter Bags (ft)	FTD Shipping Weight (lbs)	FTP Shipping Weight (lbs)	FTD Dimensions (inches)			FTP Dimensions (inches)		
						A	B	C	A	B	C
9FT4	240 - 600	60	4	1,300	—	30	30	163	—	—	—
9FT6	360 - 900	90	6	1,400	—	30	30	187	—	—	—
9FT8	480 - 1,200	120	8	1,500	—	30	30	211	—	—	—
16FT4	428 - 1,070	107	4	1,600	—	38	38	170	—	—	—
16FT6	640 - 1,600	160	6	1,800	—	38	38	194	—	—	—
16FT8	852 - 2,130	213	8	1,900	—	38	38	218	—	—	—
25FT4	688 - 1,670	167	4	1,900	—	46	46	177	—	—	—
25FT6	1,000 - 2,500	250	6	2,100	—	46	46	201	—	—	—
25FT8	1,322 - 3,330	333	8	2,300	—	46	46	225	—	—	—
36FT4	960 - 2,400	240	4	2,200	—	54	54	184	—	—	—
36FT6	1,440 - 3,600	360	6	2,400	—	54	54	208	—	—	—
36FT8	1,920 - 4,800	480	8	2,700	—	54	54	232	—	—	—
49FT4	1,308 - 3,270	327	4	2,600	—	62	62	191	—	—	—
49FT6	1,960 - 4,900	490	6	2,900	—	62	62	215	—	—	—
49FT8	2,612 - 6,530	653	8	3,200	—	62	62	239	—	—	—
64FT6	2,560 - 6,400	640	6	3,400	—	70	70	222	—	—	—
64FT8	3,412 - 8,530	853	8	3,800	—	70	70	246	—	—	—
64FT10	4,264 - 10,660	1066	10	4,100	—	70	70	271	—	—	—
81FT8	4,320 - 10,800	1080	8	5,750	6,750	82	82	265	82	82	304.1
81FT10	5,400 - 13,500	1350	10	6,250	7,500	82	82	289	82	82	352.1
81FT12	6,480 - 16,200	1620	12	6,750	8,250	82	82	313	82	82	400.1
100FT8	5,332 - 13,330	1333	8	6,500	7,500	90	90	272	90	90	317.5
100FT10	6,668 - 16,670	1667	10	7,000	8,500	90	90	296	90	90	365.5
100FT12	8,000 - 20,000	2000	12	7,500	9,250	90	90	320	90	90	413.5
121FT8	6,452 - 16,130	1613	8	7,500	8,750	98	98	280	98	98	324.6
121FT10	8,068 - 20,170	2017	10	8,250	9,750	98	98	304	98	98	372.6
121FT12	9,680 - 24,200	2420	12	8,750	10,750	98	98	328	98	98	420.6
144FT8	7,680 - 19,200	1920	8	8,250	9,750	106	106	287	106	106	329.6
144FT10	9,600 - 24,000	2400	10	9,000	11,000	106	106	311	106	106	377.6
144FT12	11,520 - 28,800	2880	12	9,750	12,000	106	106	335	106	106	425.6
169FT8	9,012 - 22,530	2253	8	9,250	10,750	114	114	294	114	114	342.9
169FT10	11,268 - 28,170	2817	10	10,000	12,000	114	114	318	114	114	390.9
169FT12	13,520 - 33,800	3380	12	11,000	13,500	114	114	342	114	114	438.9
196FT8	10,452 - 26,130	2613	8	10,250	11,750	122	122	301	122	122	349.8
196FT10	13,068 - 32,670	3267	10	11,000	13,250	122	122	325	122	122	397.8
196FT12	15,680 - 39,200	3920	12	12,000	14,000	122	122	349	122	122	445.8
225FT8	12,000 - 30,000	3000	8	11,250	13,500	130	130	308	130	130	358.2
225FT10	15,000 - 37,500	3750	10	12,250	15,000	130	130	332	130	130	406.2
225FT12	18,000 - 45,000	4500	12	13,250	16,500	130	130	356	130	130	454.2
252FT8	13,440 - 33,600	3360	8	15,000	17,500	122	168	311.3	122	168	361.1
252FT10	16,800 - 42,000	4200	10	16,000	19,000	122	168	335.3	122	168	409.1
252FT12	20,160 - 50,400	5040	12	17,000	20,500	122	168	359.3	122	168	457.1
336FT8	17,920 - 44,800	4480	8	18,200	21,200	122	224	311.3	122	224	361.1
336FT10	22,400 - 56,000	5600	10	19,700	23,200	122	224	335.3	122	224	409.1
336FT12	26,880 - 67,200	6720	12	21,200	25,200	122	224	359.3	122	224	457.1

FUENTE: Donaldson catálogo, 2008

➤ **Filtro por sacudimiento mecánico**

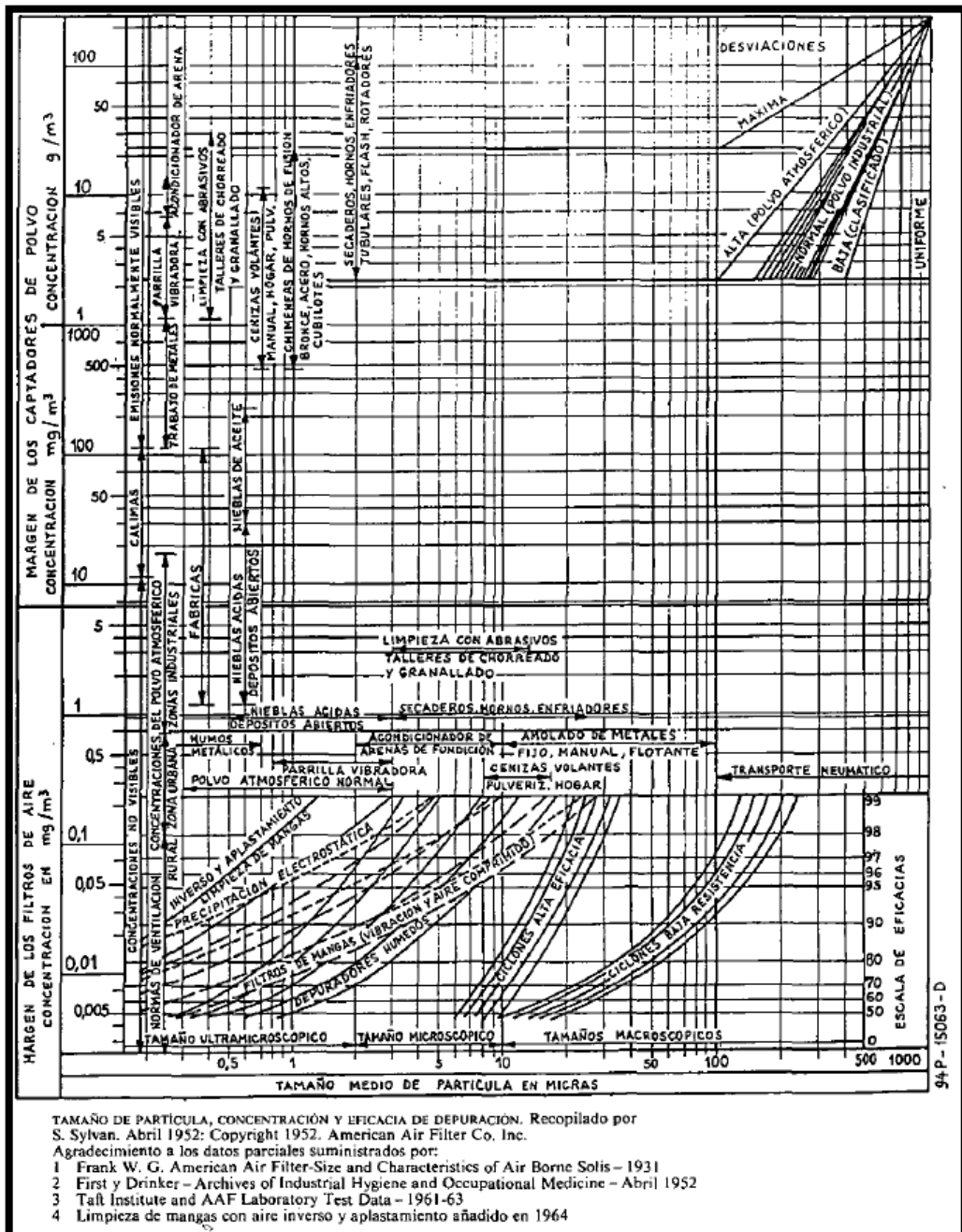
En este sistema las partículas se recogen por el interior de las bolsas las cuales están conectadas a un sistema mecánico que genera un movimiento ondulatorio provocando el desprendimiento de la capa de polvo que es colectada en la tolva de almacenamiento. Para realizar el sacudimiento de limpieza se requiere cortar el ingreso de gas a su interior, motivo por el cual se construyen con varios compartimientos saliendo uno fuera de operación para ser limpiado y el resto sigue operando.

➤ **Filtro por flujo invertido**

La estructura de los filtros de mangas generalmente está constituida de varios compartimientos que permiten su aislamiento durante el ciclo de limpieza. 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. Normalmente, las mangas en colectores de aire reverso son muy grandes y tienen anillos de soporte cosidos en la parte exterior para evitar el colapso de las mismas durante el proceso de limpieza.

FIGURA N° 2.6

EN ESTA FIGURA SE MUESTRA EL TAMAÑO DE PARTÍCULA, CONCENTRACIÓN Y EFICACIA DE DEPURACIÓN



FUENTE: ACGIH, 1992, pp.4-29.

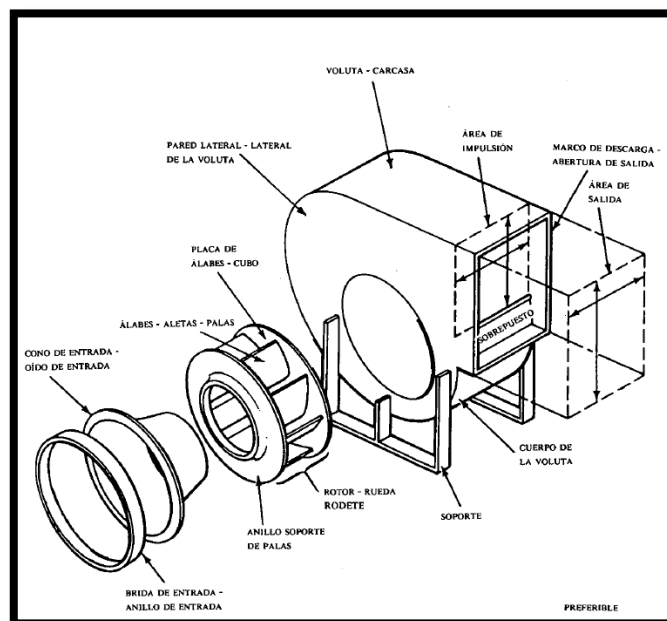
j) Ventilador

Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento. Podemos definirlo como una turbomáquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire. Los ventiladores se pueden clasificar en tres grandes grupos: Axiales, centrífugos y especiales en este presente trabajo nos centraremos básicamente en los centrífugos.

➤ Ventilador Centrífugo

Un ventilador centrífugo es aquella donde la trayectoria del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida. Entrada y salida están en ángulo recto FIGURA N° 2.7. El rodete de estos aparatos están compuestos de alabes que están hacia adelante, radiales o atrás. (Escoda, 2009, p.6)

FIGURA N° 2.7
VENTILADOR CENTRÍFUGO



FUENTE: ACGIH, 1992, pp.6-5

➤ **Ventilador de alta presión**

Cuando la presión esta por encima de los 3000 pascales se les denomina de alta presión y suelen ser centrífugos con rodetes estrechos y de gran diámetro.

➤ **Curva característica del ventilador**

(Escoda, 2009, p6), e.s la representación gráfica de todos los estados caudal presión de que es capaz un ventilador, en el ANEXO N° 6 Se muestra una curva característica típica con expresión de la presión dinámica, estática y la presión total.

The NewYork Blower, (2007). Esta línea de ventiladores es ideal para una gama de alta presión y rendimiento de alta capacidad.

Los parámetros básicos para la selección del ventilador es el $Q = \text{CAUDAL TOTAL, m}^3/\text{s}$ y $P = \text{CAIDA DE PRESION, incda}$

TABLA N° 2.10
TIPO DE VENTILADOR DE ALTA PRESIÓN AF-30 FANS

MODEL 445		WITH EVASE						Wheel diameter: 44.5" Wheel circumference: 11.7'				Outlet area: 12.5 sq. ft. Maximum BHP = $40.3 \left(\frac{\text{RPM}}{1000}\right)^3$				AF-30 = 1850 RPM AF-40 = 2230 RPM AF-50 = 2400 RPM							
CFM	OV	18°SP		22°SP		26°SP		28°SP		30°SP		34°SP		38°SP		42°SP		46°SP		48°SP		50°SP	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
30000	2398	1409	97.6	1537	120	1661	144	1722	157	1780	169	1886	193.0	1996	236	2099	265	2194	294	2249	311	2288	323
33200	2654	1436	108	1554	131	1671	156	1730	170	1788	183	1897	210	2006	255	2106	285	2199	315	2249	332	2293	347
36400	2910	1466	118	1584	144	1692	170	1752	185	1805	199	1909	227	2006	255	2106	285	2199	315	2249	332	2293	347
39600	3165	1509	131	1616	158	1722	186	1773	200	1828	215	1924	244	2019	273	2116	305	2209	337	2254	353	2301	371
42800	3421	1556	145	1656	172	1752	201	1805	217	1851	231	1951	263	2039	293	2135	328	2221	360	2262	376	2306	393
46000	3677	1604	159	1697	187	1790	217	1840	234	1884	249	1978	283	2066	315	2150	348	2235	382	2280	401	2320	417
49200	3933	1661	175	1748	205	1834	236	1878	252	1924	270	2009	303	2092	336	2177	372	2257	406	2305	428	2343	445
52400	4189	1718	193	1801	224	1884	257	1923	273	1964	289	2050	326	2124	359	2205	395	2291	436	2325	452	2361	470
55600	4444	1780	213	1855	244	1933	278	1971	294	2010	312	2090	348	2166	385	2243	423	2315	459	2358	482	2391	499
58800	4700	1844	235	1915	267	1989	301	2026	319	2064	338	2137	374	2206	410	2280	450	2354	490	2390	510		

FUENTE: The New York Blower, 2007, p12.

k) Campanas de extracción localizada

Estos sistemas se diseñan para captar y eliminar los contaminantes antes de que se dirijan al ambiente del trabajo y se genere la polución, la campana es el punto de entrada del sistema de extracción.

➤ Tipos de campanas

CABINAS: Son campanas que encierran total o parcialmente los contaminantes en el punto de generación, la cabina es el tipo de campana a elegir siempre que el funcionamiento del proceso lo permitan.

CAMPANAS EXTERIORES: son que se encuentran adyacentes al foco del contaminante pero sin encerrarlos, depende mucho del tamaño de la partícula a captar ya que si la son grandes as campanas deben colocarse en la dirección de dicha emisión, el contaminante es controlado esencialmente por el chorro, mientras la función de la campana es recibir

el chorro y aspirarlo, si no hay un buen diseño puede suceder que el chorro obstaculice las maniobras que realizan los trabajadores.

➤ **Velocidad de captura**

Se denomina a la velocidad mínima del aire, producida por la campana, que es necesario para capturar y dirigir hacia ella el contaminante en la tabla N° 2.11.

TABLA N° 2.11
VALORES RECOMENDADOS PARA LAS VELOCIDADES DE
CAPTURA

Condiciones de dispersión del contaminante	Ejemplo	Velocidad de captura, m/s
Liberado prácticamente sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase, etc.	0,25-0,5
Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo.	Cabinas de pintura; llenado intermitente de recipientes; transferencia entre cintas transportadoras a baja velocidad; soldadura; recubrimientos superficiales; pasivado.	0,5-1
Generación activa en una zona de rápido movimiento de aire.	Cabinas de pintura poco profundas; llenado de barriles; carga de cintas transportadoras; machacadoras.	1-2,5
Liberado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido del aire.	Desbarbado; chorreado abrasivo; desmoldeo en fundiciones.	2,5-10

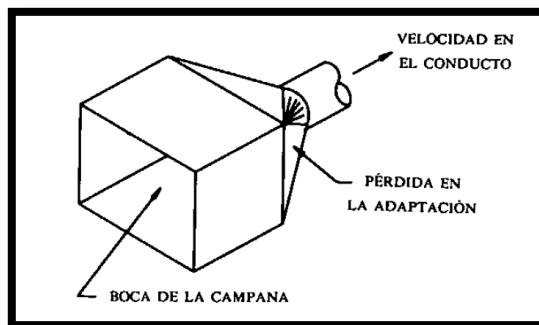
FUENTE: ACGIH, 1992, pp.3-6

➤ **Pérdida de carga en las campanas**

Las campanas de boca ancha, con o sin pestañas, solo tienen un factor que origine pérdida de carga significativa, a medida que el aire entra en el conducto se origina una nueva vena contracta y el aire se expande para llenar todo el conducto, convirtiendo la presión dinámica en estática, en esta zona de expansión desde la vena contracta hasta alcanzar la velocidad correspondiente del conducto, los valores de pérdida de carga son diferentes a los tipos de campanas que se seleccionen. En una campana simple FIGURA N° 2.9 se realiza el diseño de acuerdo a la velocidad en la

boca y en el chorro (TABLA N° 2.11 y TABLA N° 2.12) frente a ello se halla la pérdida de carga, también el dimensionamiento de la boca de la campana.

FIGURA N° 2.8
CAMPANA SIMPLE



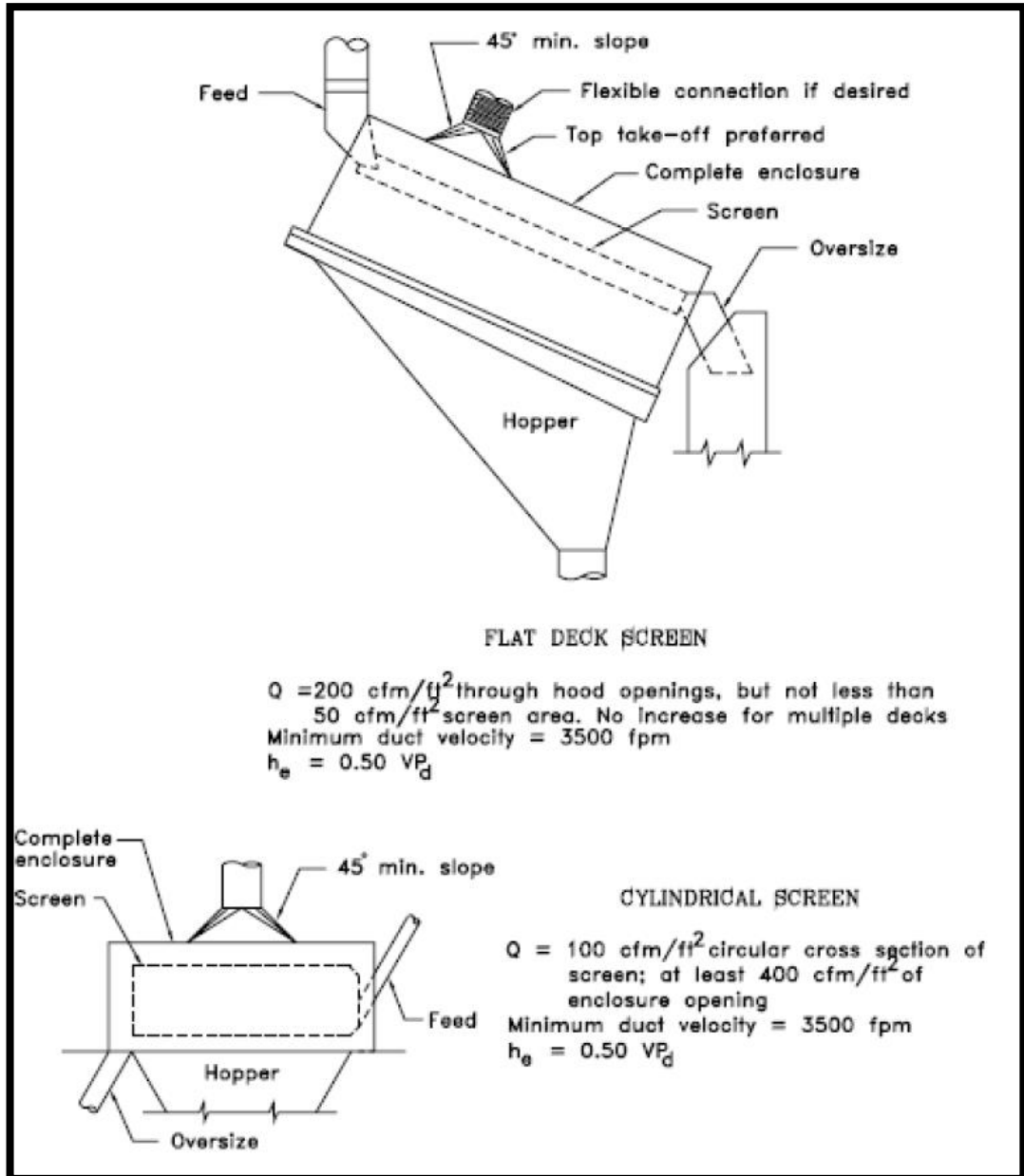
FUENTE: ACGIH, 1992, pp.3-17.

TABLA N° 2.12
VALORES RECOMENDADOS PARA LAS VELOCIDADES DE DISEÑO DE DUCTOS

Naturaleza del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura	10-12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de talco	12,5-15
Polvos secos	Polvo fino de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de detergente, raspaduras de cuero	15-20
Polvo ordinario	Polvo de desbarbado, hilos de muela de pulir (secos), polvo de lana de yute (residuos de sacudidor), polvo de granos de café, polvo de cuero, polvo de granito, harina de sílice, manejo de materiales pulverulentos en general, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundiciones (en general), polvo de caliza, polvo en el embalado y pesado de amianto en industrias textiles	17,5-20
Polvos pesados	Polvo de aserrado (pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, polvo en el chorroado con arena, pedazos de madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo en el taladrado de fundición, polvo de plomo	20-22,5
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo del corte de tubos de amianto-cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos)	> 22,5

FUENTE: ACGIH, 1992, pp.3-1

FIGURA N° 2.9
CÁLCULOS DE PÉRDIDA DE CARGA Y VELOCIDAD ADECUADA
PARA CAMPANAS



FUENTE: ACGIH, 1992, pp.10-40

I) Recomendaciones para la construcción de los conductos del sistema de extracción localizada

Los conductos generalmente se construyen en tubos de acero, unidos mediante bridas y juntas, o de chapa de acero galvanizado para gases no corrosivos

➤ Construcción

(ACGIH, 1992, pp.8-2). Para aplicaciones no corrosivas los sistemas de extracción localizada se dividen en cuatro grupos:

CLASE 1- PRESTACIONES BAJAS: Incluye aplicaciones no abrasivas por ejemplo, aire de reposición, ventilación general, control de emisiones gaseosas.

CLASE 2- PRESTACIONES MEDIAS: Incluye aplicaciones con partículas moderadamente abrasivas a bajas concentraciones, por ejemplo, pulido y abrillanado, trabajo de la madera, polvo de cereales.

CLASE 3- PRESTACIONES ELEVADAS: Incluye aplicaciones con partículas altamente abrasivas a bajas concentraciones, por ejemplo, operaciones por limpieza por abrasión, secadores y hornos, húmedos de caldera, manipulación de arena.

CLASE 4- PRESTACIONES MUY ELEVADAS: Incluye aplicaciones con partículas altamente abrasivas con concentraciones elevadas, por ejemplo, transporte de materiales con alto contenido de partículas.

CONDUCTOS: En la mayor parte de las aplicaciones en ventilación industrial, control del contaminante de la atmosfera y captación de polvo, es recomendable el empleo de conductos de sección circular porque

presentan una menor pérdida de carga y una mayor resistencia estructural que permite menores espesores y menos refuerzos. Los espesores requeridos para cada una de las cuatro clases se basan en la experiencia del diseño y utilización ver TABLA N° 2.13.

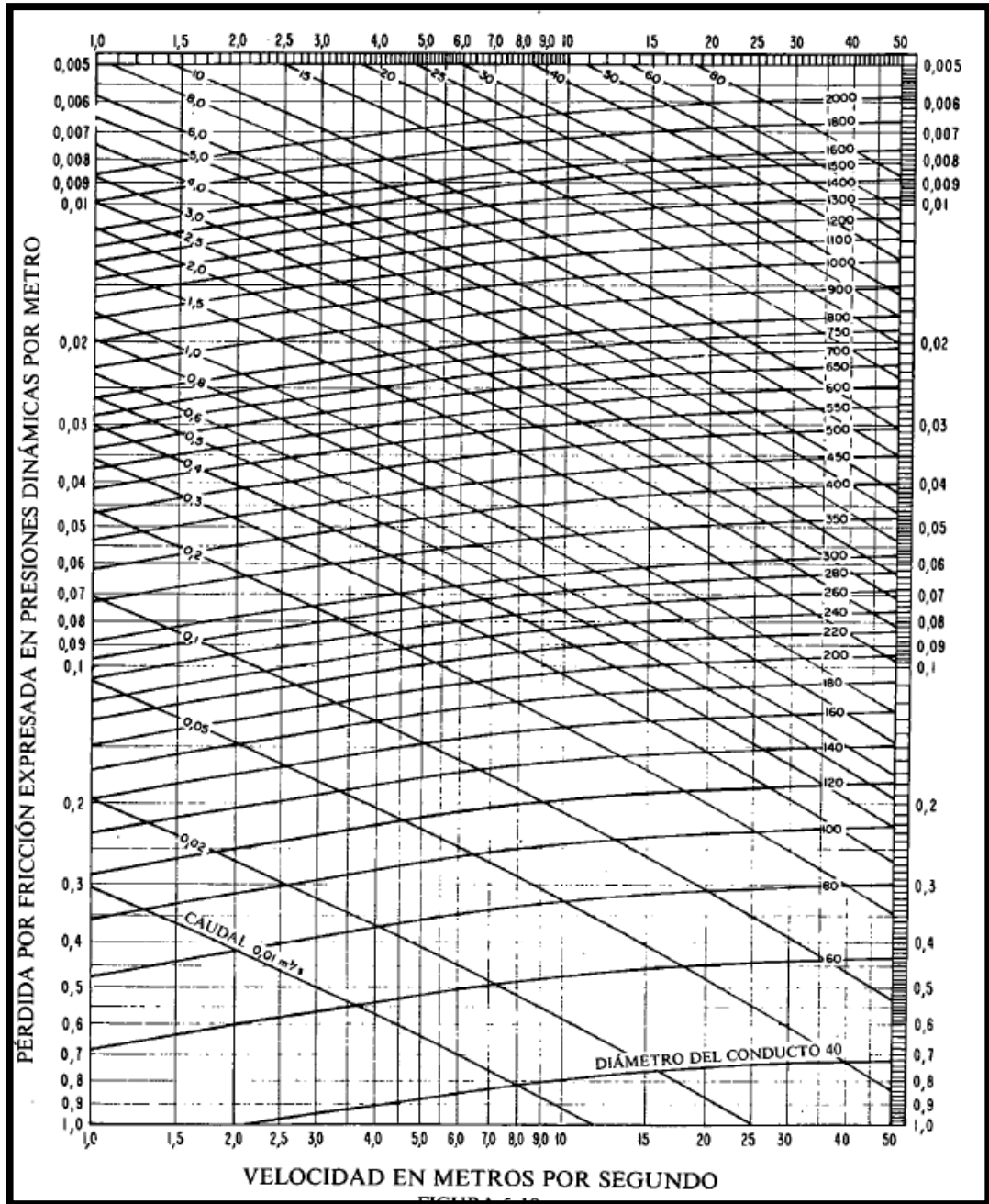
TABLA N° 2.13
TABLA DE VALORES RECOMENDADOS PARA ESPESORES DE
CONDUCTOS

Diámetro de los tramos rectos, mm	Espesores recomendados* mm			
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
100 hasta 200	0,8-1	0,8-1,5	1,5	2
más de 200 hasta 450	0,8-3	0,8-3	1,5-3	2-3
más de 450 hasta 750	1-5	1,5-5	1,5-5	2-5
más de 1750	2-7	2-7	3-7	3-7

* Los espesores varían con la clasificación, presión, refuerzos, y distancia entre soportes. NOTA: Los espesores inferiores a 1,5 mm no pueden soldarse.

FUENTE: ACGIH, 1992, pp.8-2

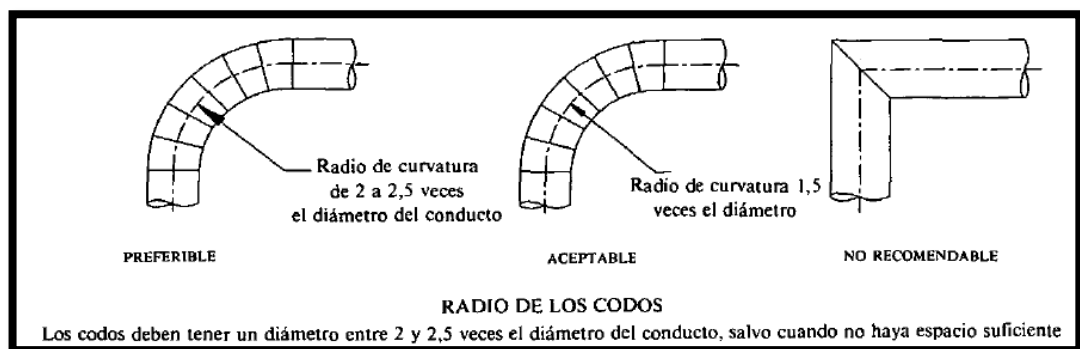
FIGURA N° 2.10
PÉRDIDA DE CARGA DE ACUERDO AL DIÁMETRO DEL CONDUCTO
Y VELOCIDAD QUE SE SELECCIONE



FUENTE: ACGIH, 1992, pp.8-33

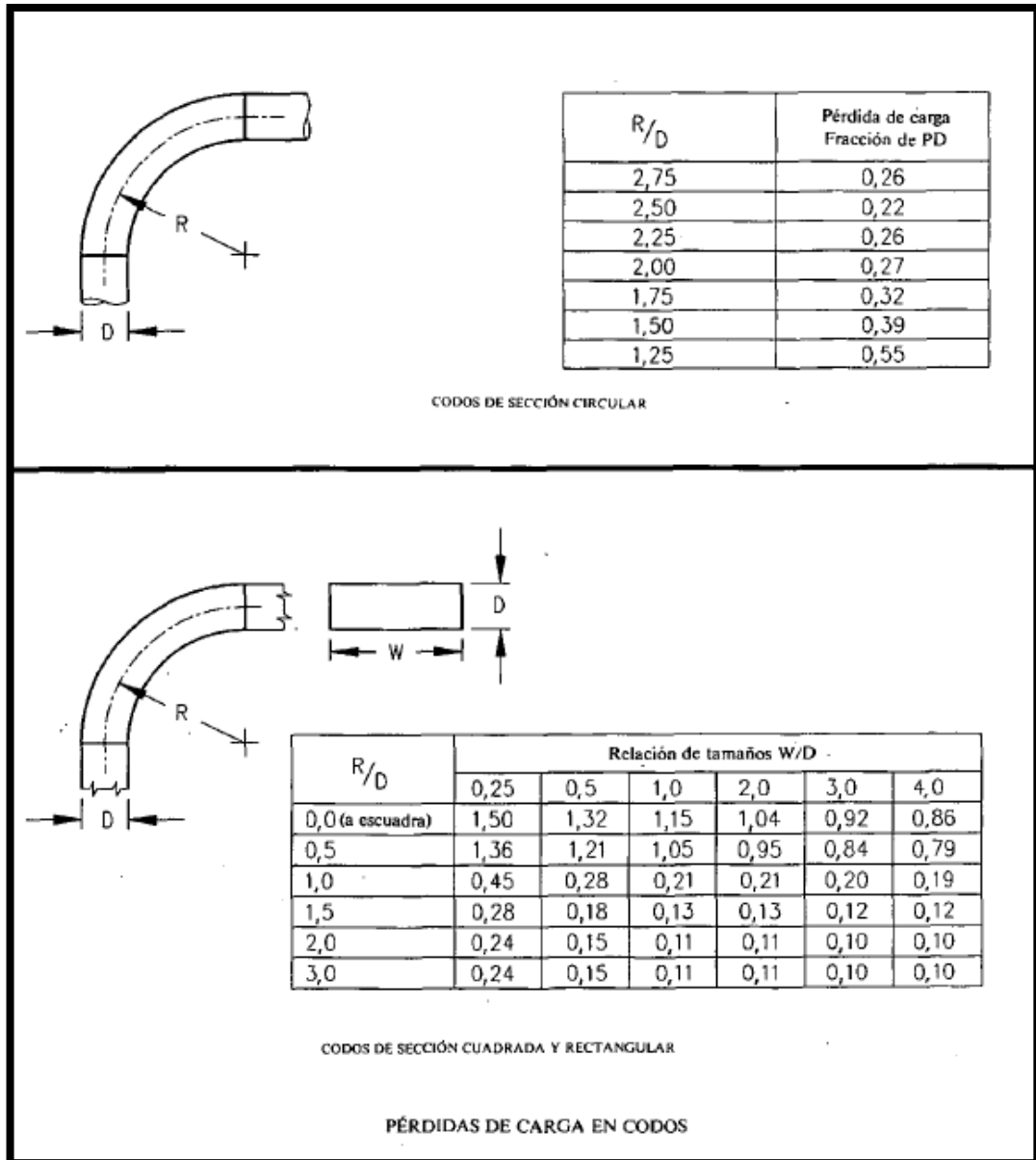
CODOS: Los codos deben ser, al menos, entre 0,5 y 1 mm más gruesos que los tramos rectos de igual diámetro y tener un radio de curvatura como mínimo 1,5 veces mayor que el diámetro, cuando se vinculan polvos muy abrasivos es recomendable usar radios de curvatura grande

FIGURA N° 2.11
PRINCIPIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE CODOS



FUENTE: ACGIH, 1992, pp.8-6

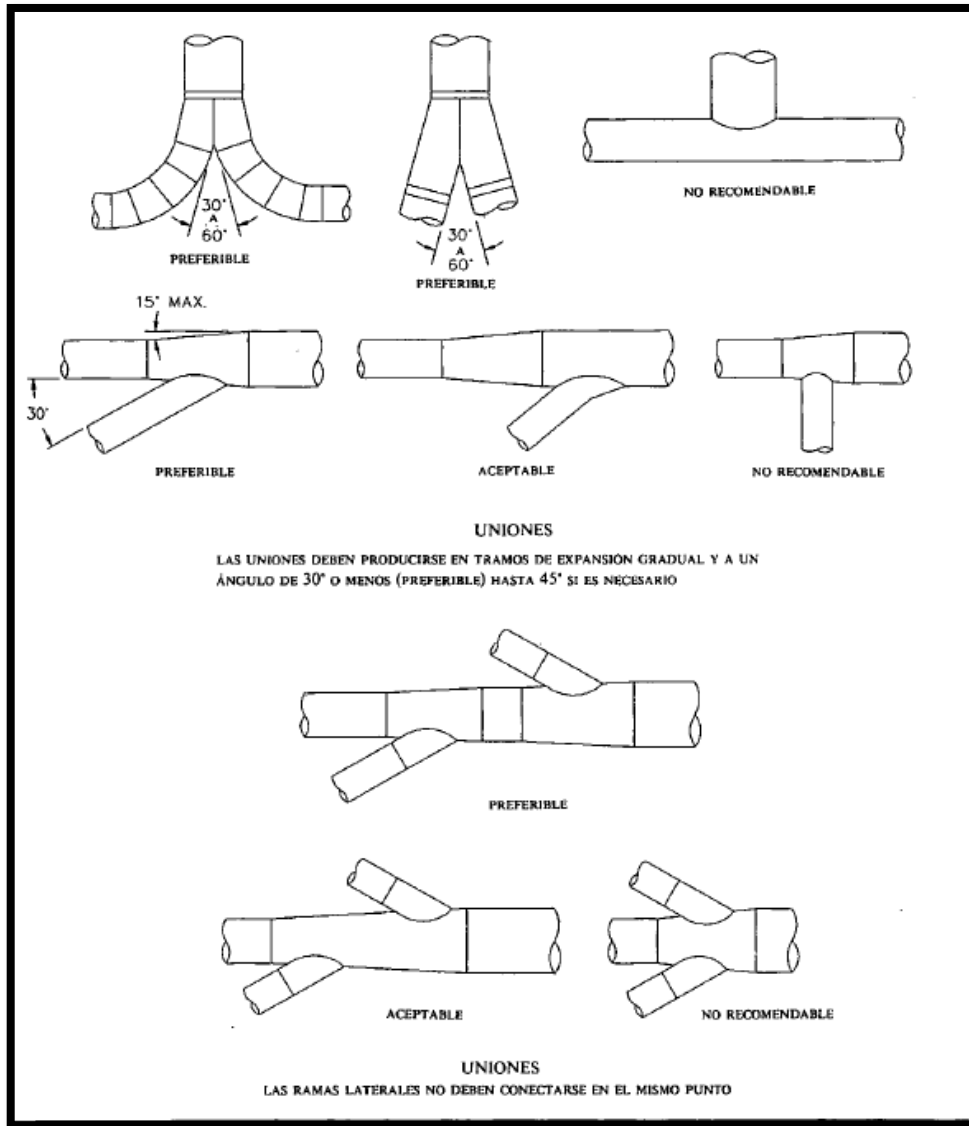
FIGURA N° 2.12
PÉRDIDA DE CARGA EN CODOS



FUENTE: ACGIH, 1992, pp.5-30

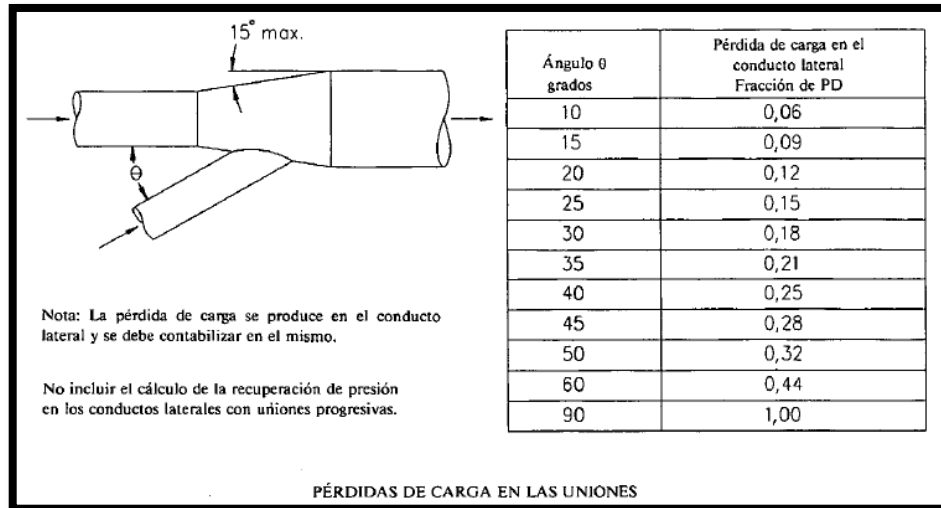
DERIVACIONES: Todas las ramas deben incorporarse al conducto principal en el centro de la zona de transición con un ángulo preferible de 30°. A fin de minimizar las turbulencias y evitar la deposición de las partículas.

FIGURA N° 2.13
PRINCIPIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DERIVACIONES



FUENTE: ACGIH, 1992, pp.8-8

FIGURA N° 2.14
PÉRDIDA DE CARGA EN DERIVACIONES



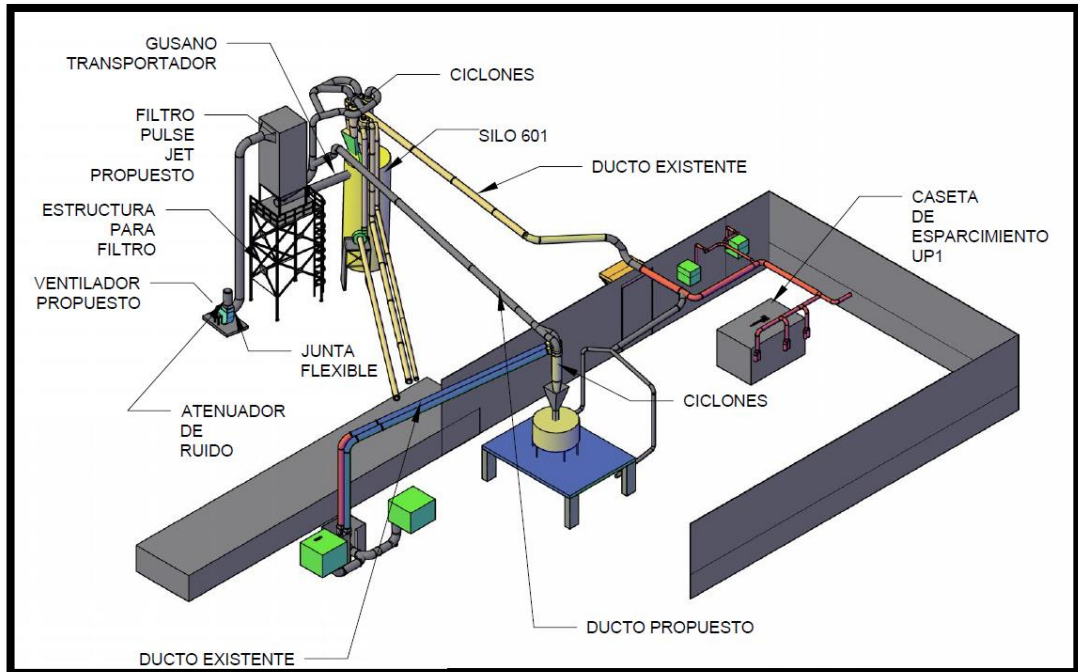
FUENTE: ACGIH, 1992, pp.5-32

2.2.2 Marco Conceptual

a) Sistema de Aspiración de polvos en suspensión

Un sistema de aspiración de polvos en suspensión es aquel que captura el polvo producido en los procesos de descarga a los molinos, cribas, casetas de esparcimiento, basculas, primero encerrando el polvo por medio de encapsulados en cada punto de generación de polvo por medio de una corriente de aire, el que será guiado a través de campanas y ductos metálicos hasta el equipo pulse jet, donde se separara el polvo colectado por medio de un elemento filtrante, el polvo será descargado a través de un tornillo sin fin, las tuberías (ductos) serán diseñadas para evitar el estancamiento de polvo dentro de ellas.

FIGURA N° 2.15
SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVOS EN SUSPENSIÓN



FUENTE: Elaboración propia

2.3 Definición de términos básicos

- **PERDIDAS DE CARGA:** Es la pérdida de que se origina al circular a la entrada o por obstáculos debido al rozamiento, al cambio de dirección o choques se mide en mmcda o pascales.
- **VELOCIDAD DE CAPTACIÓN:** Es la velocidad del aire en la boca de una campana para vencer las corrientes contrarias y recoger aire, polvo o humo obligándolas a entrar en las mismas.
- **VELOCIDAD EN EL CONDUCTO:** Es la velocidad del aire dentro del conducto necesaria para evitar que las partículas sólidas en suspensión sedimenten y queden depositadas en el mismo.
- **CAUDAL:** Es la cantidad de aire que circula por el conducto su expresión es $Q = V \times A \text{ m}^3/s$.
- **PRESIÓN DINÁMICA:** Presión cinética en la dirección del flujo que es necesaria para hacer que un fluido en reposo fluya a una velocidad seleccionada.
- **PRESIÓN ESTÁTICA:** Presión ejercida en todas direcciones por un fluido en reposo. Cuando es un fluido en movimiento se mide en dirección perpendicular a la del flujo, se expresa en mmcda.
- **DEPURADOR:** Aparato diseñado con el fin de separar del aire los contaminantes que contienen tales como polvos, humo y gases.
- **DENSIDAD:** Cociente entre la masa de una sustancia y su volumen.

- MILIMETRO DE COLUMNA DE AGUA (MMCDA): Unidad de presión igual a la ejercida por una columna de agua de un milímetro de altura a temperatura standard equivale a 1kg/m^2 .
- CAMPANA: Entrada diseñada para capturar el aire contaminado y dirigirlo e introducirlo en un sistema de conductos de extracción.
- ACGIH (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HIGIENISTS): Es un manual Práctico que es el resultado de años de experiencia de los miembros del comité y de de la recopilación de resultados de investigación e informaciones sobre diseño, mantenimiento y evaluación de sistemas industriales de extracción, lo cual pretende presentar un método lógico para el diseño y verificación de dichos sistemas.
- AMCA (AIR MOVEMENT AND CONTROL ASSOCIATION): Es una asociación que tiene la misión de mejorar el conocimiento de los sistemas de aire y defender la integridad de la industria en nombre de los miembros de todo el mundo.
- EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY): Es una agencia independiente del gobierno de los Estados Unidos para la protección ambiental y tiene la responsabilidad de mantener y hacer cumplir los estándares nacionales bajo una variedad de leyes ambientales.

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

✓ Si se diseña un sistema de aspiración de polvos en suspensión entonces se reducirá la polución de la planta de aglomerados de madera.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- ✓ Si se determina las características físico-químicas del material se lograra calcular el caudal de aspiración.
- ✓ Si se selecciona y dimensiona los componentes del sistema de aspiración se garantizara una adecuada filtración del aire contaminado.
- ✓ Si se determina los parámetros necesarios se lograra la selección del ventilador centrífugo.

3.2 Identificación y definición de variables

3.2.1 Variable independiente

El diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión es el que se encarga de captar las partículas que generan la contaminación en la planta.

X= Diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión.

3.2.2 Variable Dependiente

La reducción de la polución es la que se obtendrá después de diseñar un eficiente sistema de aspiración de polvos en suspensión.

Y= Reducir la polución de una planta de aglomerados de madera.

La ecuación funcional del presente proyecto de tesis, es:

$$Y = f(X)$$

La variable independiente se descompone en las siguientes dimensiones:

X1= Caudal de aspiración

X2= Filtración de aire contaminado

X3= Ventilador centrífugo

Por lo que la ecuación funcional se define como:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3)$$

3.3 Operacionalización de variables.

La Operacionalización de variables dependientes e independientes, se muestra en la Tabla N°3.1 y Tabla N°3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

TABLA N°3. 1
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE INDEPENDIENTE	DISEÑO DE UN SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVOS EN SUSPENSIÓN	
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Sistema que se encarga de captar la polución que se genera por procesos productivos de la planta industrial.	Caudal de Aspiración	Velocidad de transporte, peso del material a transportar
	Filtración de aire contaminado	Distribución del caudal, dimensionamiento de ductos, selección del filtro de mangas de tela
	Ventilador centrífugo	Pérdida de carga del sistema, Caudal total del sistema

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N°3. 2
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE DEPENDIENTE	REDUCIR LA POLUCIÓN DE UNA PLANTA DE AGLOMERADOS DE MADERA	
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Reducción de la polución en los procesos de fabricación de aglomerados	Cantidad de polución	Comparación entre la concentración de polvos en suspensión antes y después de implementar el sistema

FUENTE: Elaboración propia

CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y diseño de la investigación

Tipo de la investigación

El tipo de investigación utilizada en el presente estudio es tecnológico debido a que los conocimientos aplicados son del tipo científicos obtenidos en el área de estudios específicos con la ingeniería básica de ventilación industrial para diseñar un sistema de aspiración de polvos en suspensión para reducir la polución en una planta de aglomerados de madera.

La investigación tecnológica tiene la finalidad de aplicar los conocimientos científicos para solucionar los distintos problemas que favorezcan a la sociedad (Ciro Espinoza, 2010, p.76).

El nivel de investigación es aplicativo debido a que se aplican las bases teorías sobre ventilación mecánica.

Para Ciro Espinoza (2010, p.76) “La investigación aplicada tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad.

Diseño de la investigación

La investigación que se desarrolla en el presente estudio es un diseño no experimental debido a que las variables independientes ya han ocurrido y no se pueden manipular, se realizó el estudio del fenómeno tal cual sucede.

Lo que se caracteriza en el tipo de diseño no experimental es que no existe manipulación intencional de las variables, se estudian los fenómenos tal cual sucede en su ambiente natural (Arbaiza, 2013, p. 143).

4.1.1 Parámetros de diseño

La presente investigación tiene empleado los parámetros en el diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión y plantea lo necesario para el buen funcionamiento del sistema.

Parámetros de caudal de aspiración

- Características del material a transportar.
- Velocidad de transporte.
- Altura sobre el nivel del mar 34m.
- Presión atmosférica 1011 Pa.
- Temperatura de ambiente mínima 17°.
- Temperatura de ambiente máxima 30°.
- humedad relativa 70%.

Parámetros de filtración del aire contaminado

- Distribución del caudal en las líneas de aspiración.
- Dimensionamiento de ductos.
- Dimensionamiento de codos, uniones y campanas.
- Especificaciones del ciclón existente.

- Tipo de filtro de manga de tela que captara las partículas menores a 10 μm .

Parámetros para la selección del ventilador centrífugo

- Pérdida de carga total del sistema de aspiración de polvos en suspensión.
- Caudal total del sistema.
- Consumo de energía más eficiente.

4.1.2 Etapas de la investigación

Las etapas que se usaron en esta investigación del diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión para reducir la polución de una planta de aglomerados de madera están compuestas de los siguientes:

Etapas 1: Determinación de caudal de aspiración

En esta etapa se busca determinar los parámetros para obtener el caudal del sistema.

- Determinar el Tipo de material que se aspirara.
- Cantidad de polvo a transportar en un tiempo determinado.
- Determinar el peso del material en kg/m^3 a aspirar.
- Seleccionar la velocidad de transporte del material.
- Determinar los metros cúbicos de aire por kilogramo de material.

- Calcular el caudal total del sistema.

Etapa 2: Filtración del aire contaminado

En esta etapa se busca hacer un proceso para ubicar todos los componentes que ayuden a la disminución de los polvos en suspensión.

- Distribuir el caudal en líneas correspondientes de acuerdo a los focos de contaminación que existen en el sistema.
- Dimensionar los ductos para su fabricación.
- Determinar las características de los ciclones existentes.
- Seleccionar el tipo de filtro de mangas de tela que se utilizara en el sistema.

Etapa 3: selección del ventilador centrífugo

En esta etapa se busca determinar los parámetros para seleccionar el ventilador centrífugo a utilizar.

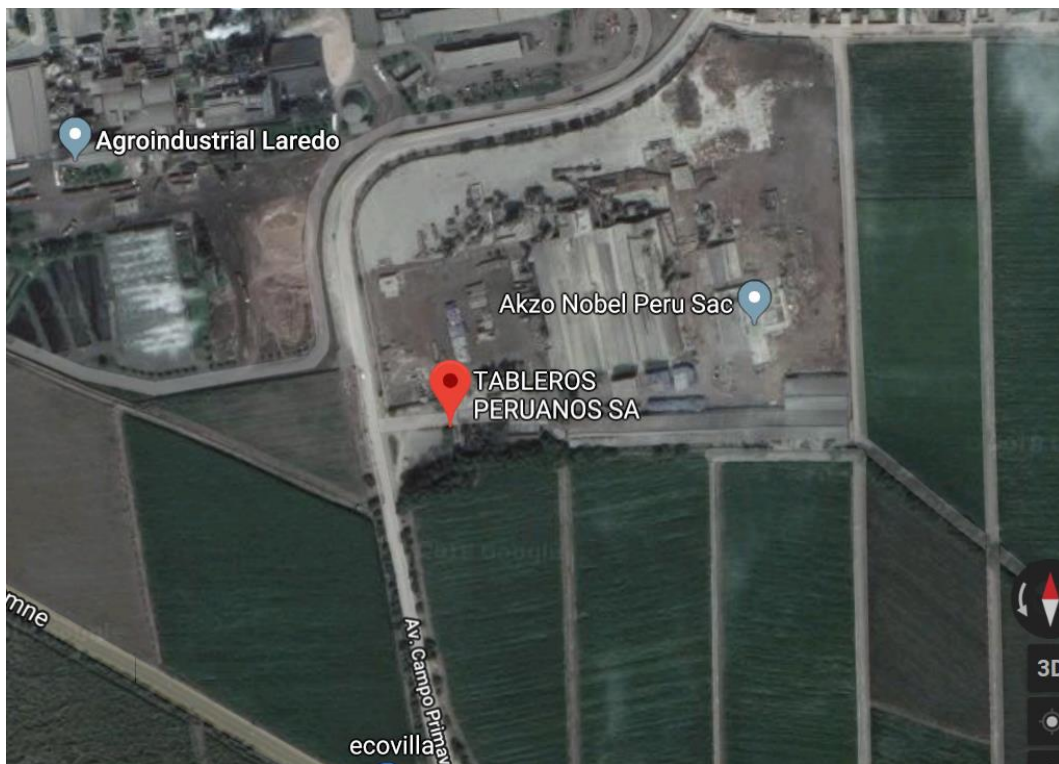
- Cálculo de la pérdida de carga total del sistema.
- Cálculo del caudal total del sistema.
- Selección del ventilador adecuado para estos parámetros.
- Selección del sistema de transmisión del ventilador.

4.1.3 Ingeniería de detalle

La planta de aglomerados de madera realiza sus operaciones en Laredo-Trujillo teniendo como coordenadas $8^{\circ} 00' 30''$ a $8^{\circ} 08' 30''$ de la latitud sur y entre $80^{\circ} 50' 00''$ a $79^{\circ} 15' 00''$ de longitud oeste véase la FIGURA N° 4.1 donde se aprecia el mapa de la planta.

FIGURA N°4. 1

MAPA DE LA PLANTA DE AGLOMERADOS DE MADERA



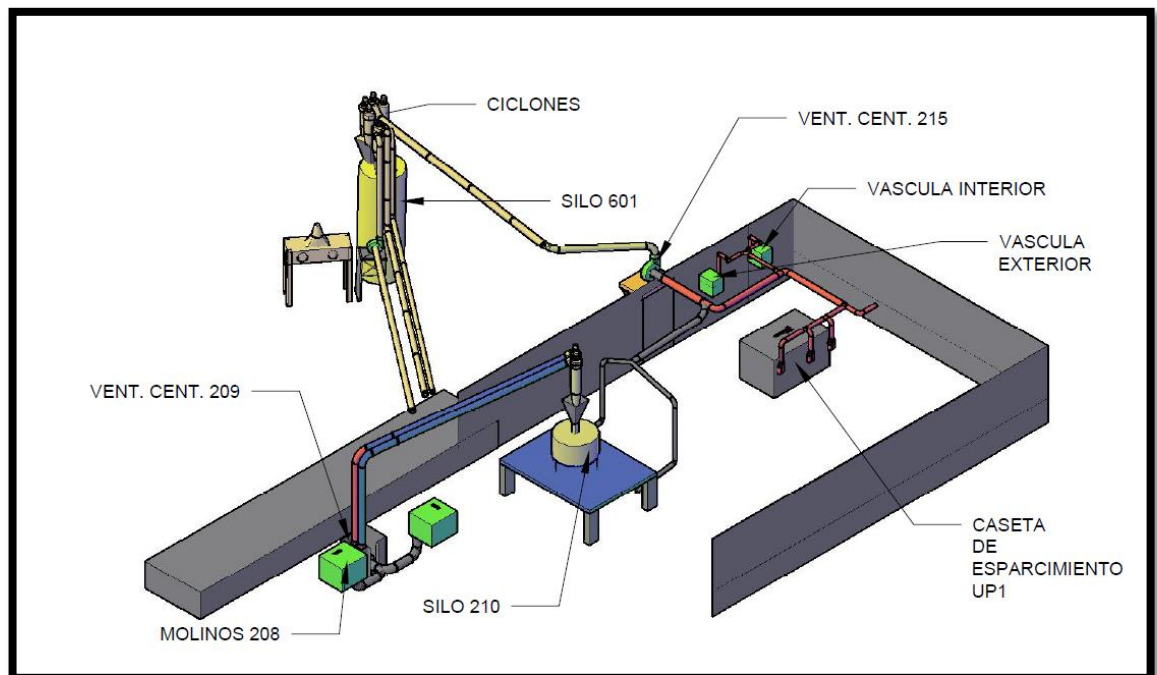
FUENTE: Google Maps

Actualmente la planta de aglomerados de madera tiene una alta contaminación y no cumple los límites permisibles de contaminación ya que no cuenta con un diseño eficiente que logre controlar los polvos en suspensión que son el producto de los procesos, en la FIGURA N° 4.1 Se muestra el esquema de la planta el cual posee un sistema de captación

ineficiente ya que solo captura partículas mayores a 10 μm mediante los ciclones de alta eficiencia, el resto es evacuado al ambiente. En esta investigación se detallara a través de estándares y experiencias la ingeniería básica la selección de un adecuado sistema de polvos en suspensión.

FIGURA N° 4. 2

SISTEMA ACTUAL DE COLECCIÓN DE POLVO



FUENTE: Elaboración propia

El diseño se inicia con la determinación de las características del material que se aspirara, luego la selección de la velocidad de transporte del material y con estos datos calcular el caudal total a emplear en el sistema.

a) Tipo de material a aspirar

El material a aspirar es el aserrín que es un tipo de polvo granular que se obtiene al realizar los procesos para obtener los aglomerados de madera, su peso promedio por volumen es de 240 a 320 kg/m³.

FIGURA N° 4. 3

FORMA DEL TIPO DE POLVO CONTAMINANTE QUE SE ASPIRARA



FUENTE: Imagen de Internet

b) Cálculo del caudal a emplear en el sistema

A continuación se va desarrollar el cálculo de transporte de material, para nuestro sistema de aspiración de polvos en suspensión, se va a transportar 80600 kg de aserrín en un tiempo de aspiración de 5 hr.

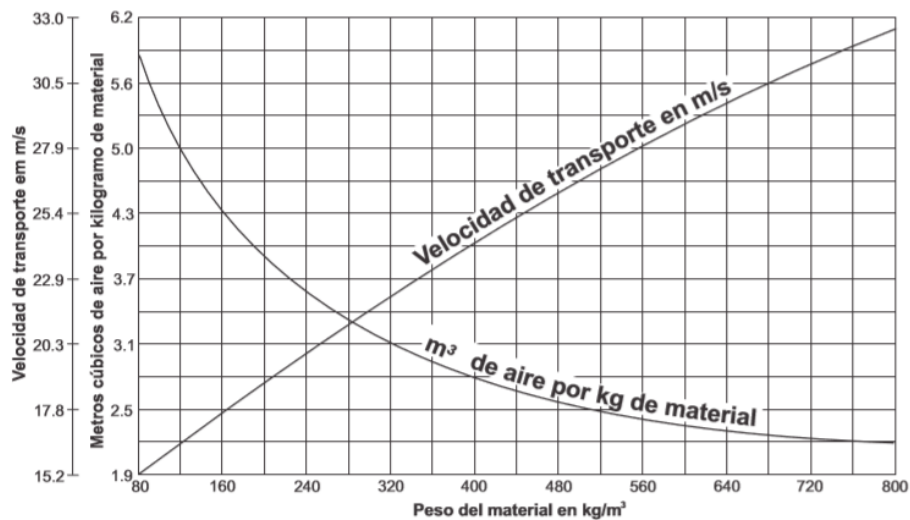
$$80600 \text{ kg}/5\text{hr} = 16120\text{kg}/\text{hr}$$

En la **Tabla N° 2.3** encontraremos que el aserrín tiene un peso promedio por volumen de (290-320 kg/m³), para nuestro diseño tomaremos 320 kg/m³.

En la figura 4.1 se podrá observar la gráfica de velocidad de transporte y de m³ de aire por kg e material, encontramos que para 320 kg/m³ se necesitara 3.1m de aire por kg de material y una velocidad de 22.4 m/s.

FIGURA N° 4. 4

GRAFICA DE VELOCIDAD DE TRANSPORTE Y DE M3 DE AIRE POR KG DE MATERIAL



FUENTE: Soler y Palao, 2008, p.3

El caudal requerido para el sistema de aspiración de polvos en suspensión se determina:

$$\frac{16120kg}{hr} \times \frac{3.1m^3}{kg} = 49972 \frac{m^3}{hr} \text{ que equivale a } 13.88 \frac{m^3}{s} \dots\dots(4.1)$$

c) Distribución del caudal en las líneas V209 Y V215

Una vez obtenido el caudal total con la que trabajara el sistema de aspiración de polvos en suspensión, se distribuirá en cada tramo el caudal requerido para llevar el fluido de un lugar a otro como la distribución es en paralelo, en la primera fase $Q_{TOTAL} = Q_{V209} + Q_{V215}$

Donde :

En Q_{V209} : Se aspirara 48500 kg/5hr= 9700 kg/hr

Entonces $9700 \times 3.1 = 30070 \text{ m}^3/\text{hr} \leftrightarrow 8.33 \text{ m}^3/\text{s}$.

En Q_{V215} : Se aspirar 32000 kg/5hr= 6400 kg/hr

Entonces $6400 \times 3.1 = 19840 \text{ m}^3/\text{hr} \leftrightarrow 5.55 \text{ m}^3/\text{s}$.

En las derivaciones se aplicara $Q = 2Q_2 + 32Q_1$ para tuberías en paralelo, donde:

$$\underline{2Q_2 = 8.33 \text{ de aqui tenemos } Q_2 = 4.165,}$$
$$\underline{\text{y } 32Q_1 = 5.55 \text{ donde tenemos que } Q_1 = 0.173}$$

d) Selección del filtro de mangas de tela

El filtro de mangas propuesto según diseño del fabricante TABLA N°2.9 tiene las siguientes características:

Área filtrante total: 362.2 m²

Diámetro de mangas: 6"

Longitud de manga: 12ft ~ 3.6576 m

Cálculo de velocidad de filtrado, según diseño:

$$Q_{TOTAL} = 29412 \sim 13.88 \frac{m^3}{s}$$

$$V_{filtrado} = \frac{Q}{A_{filtrante\ total}}, m/s$$

$$V_{filtrado} = \frac{13.88}{362.2} = 0.038 \frac{m}{s} \sim 6.49\ fpm$$

Cálculo del can velocity:

De la ecuación 2.7

$$V = \frac{Q}{A_{Seccion\ del\ filtro} - A_{seccion\ total\ de\ mangas}}\ fpm$$

$$V = \frac{13.88}{10.89 - 4.09} = \frac{2.017m}{s} \sim 397\ fpm$$

El filtro de magas de tela también estará compuesta por canastillas, mangas, Venturi, controlador de pulsaciones, tanque pulmón, válvula solenoide y la estructura.

Por lo tanto el filtro de mangas de tela pulse jet seleccionado para este sistema de aspiración de polvos en suspensión tendrá las siguientes características, En el ANEXO 9 se puede apreciar datos sobre el tipo filtro empleado.

Cantidad: 1

Caudal a filtrar: 29420 CFM

Cantidad de filtros: 225 unidades

Área filtrante: 3920 ft²

Marca: Donaldson

Modelo: 196 FT 12

Medida de filtros: Ø6 x 12ft

Dimensiones del equipo: 3.3 x 3.3 x 8.4 m (LXAXH)

Selección de la esclusa rotativa

En la descarga del filtro de manga de tela se instalara una esclusa rotativa que apoyara en el transporte hacia el tornillo de Arquímedes para luego sea descargado en el silo, en el ANEXO 1 se puede apreciar las dimensiones de la esclusa seleccionada, en ANEXO 2 Y ANEXO 3 nos muestra las dimensiones y diseño del tornillo de Arquímedes.

FIGURA N° 4. 5

ESCLUSA PARA DESCARGA DE FILTROS DE TELA

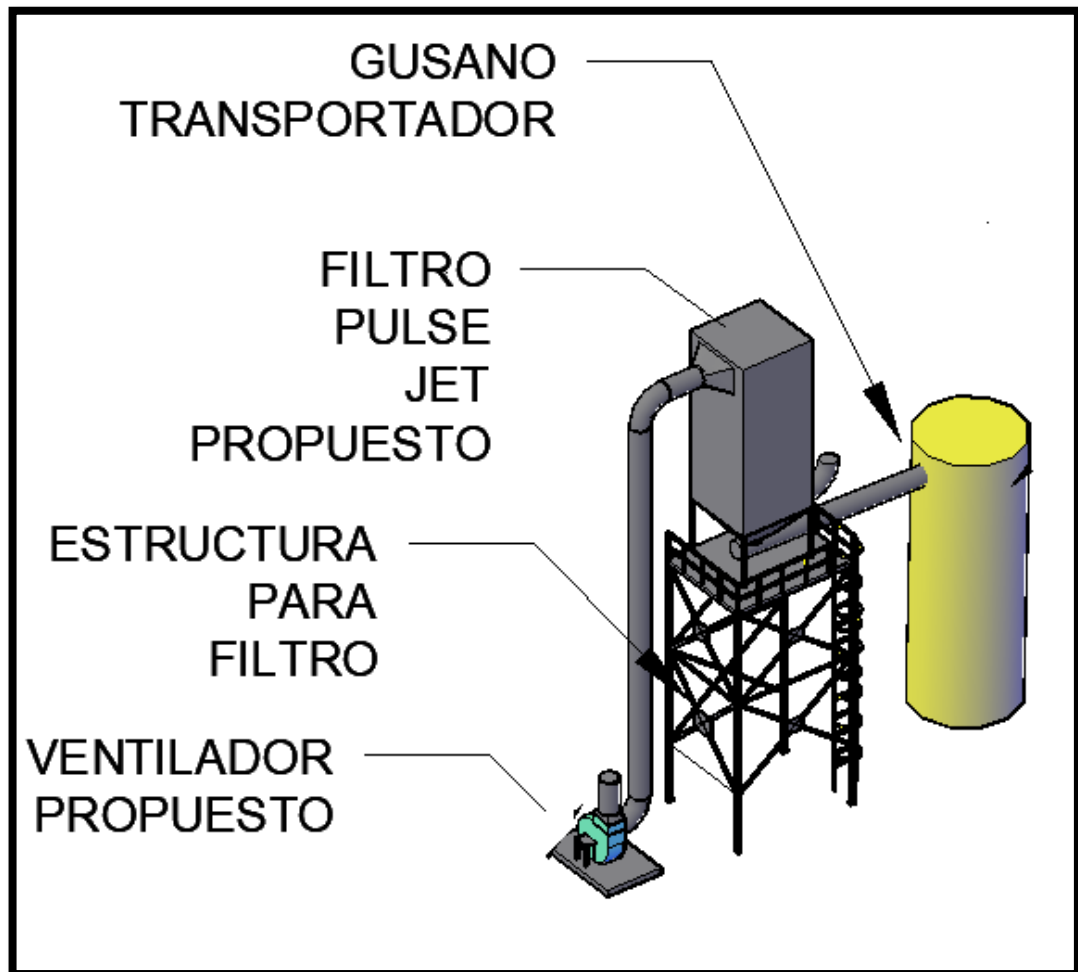


FUENTE: Catalogo buhler, 2018

Véase la FIGURA N° 4.5 Donde se puede apreciar el filtro pulse jet descarga los contaminantes.

FIGURA N° 4. 6

MODELO DEL SISTEMA DE FILTRO DE MANGAS PULSE JET



FUENTE: Elaboración propia

e) Diseño de ductos

Cálculo para el diseño de ductos

Para el diseño de los ductos vamos a trabajar con los valores mencionados en la TABLA N° 2.12, donde nos indica que para los polvos de madera no

decanten, la velocidad de transporta debe ser de 18 a 22 m/s, eligiendo para nuestro diseño una velocidad de 22 m/s.

Se trabajara con el caudal determinado para cada tramo correspondiente y velocidad 22 m/s, el diámetro de los ductos se hallara de la ecuación:

$$Q = V \times \frac{\pi d^2}{4} \dots (4.2)$$

V= velocidad de transporte, en m/s

Q= caudal del tramo, en m³/s

d= diámetro del ducto, mm

Simplificando tenemos que: $d = \sqrt{\frac{4}{\pi \times 22}} \times \sqrt{Q} = 0.24 \times \sqrt{Q} \dots (4.3)$

Para la construcción de los ductos nos guiaremos de la TABLA N° 2.13 donde nos indica que es recomendable usar espesores de 3mm <> 1/8", se construirá con plancha A-36.

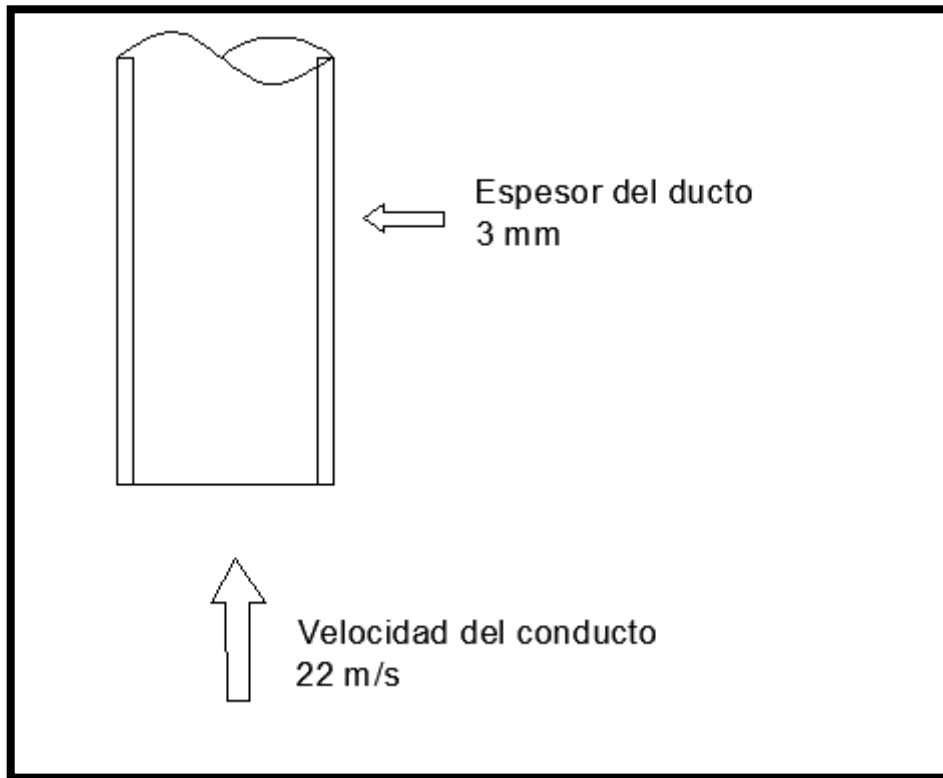
Se usara planchas de formatos 1200mmx2400mmx1/8" y 1200mmx6000mmx1/8" en A-36

Pérdida de carga en ductos

La pérdida de carga se determinará por el método de la presión dinámica, tomando datos de la FIGURA N° 2.10 nos da el factor hf(PD/m) y multiplicando por la longitud del ducto nos da la pérdida de carga en PD mmca.

FIGURA N° 4.7

VELOCIDAD Y ESPESOR SELECCIONADO PARA LOS DUCTOS



FUENTE: Elaboración propia

f) Diseño de codos

Método para el diseño de codos

Para el diseño de codos se realizara con un prolongado diámetro de curvatura por la abrasión con la que se trabaja en estos tipos de sistemas, en la FIGURA N° 2.11 nos muestra que es aceptable considerar codos de 90° con radio de curvatura de 2.5 D, la cantidad de codos que tiene cada tramo se indicara en la tabla de procesamiento de datos.

Para la construcción de codos es importante que tenga 1 mm mas que los ductos por la fricción que hay, también se utilizara formatos 1200mmx2400mmx3/16"

Pérdida de carga en codos

En el ANEXO N° 5, se indica los factores para hallar las pérdidas de carga en PD.

g) Diseño de las uniones

Método para el diseño de uniones

Para el diseño de las uniones se trabajara con ángulos de 30° y de ser necesario con 45°, en la FIGURA N° 2.13 nos muestra el dimensionamiento y la forma que es aceptable para nuestro diseño, el ángulo elegido se mostrara en procesamiento de datos.

Pérdida de carga en uniones

En el ANEXO 5, se indica los factores que se deberán multiplicar con la cantidad de uniones en cada tramo del diseño para hallar la pérdida de carga en PD.

h) Diseño de campanas

Método para el diseño de campanas

Las campanas extractoras que irán en cada foco de contaminación de nuestro diseño serán campanas simples con un ángulo de inclinación de 45°, según la TABLA N° 2.11 se muestra las velocidades de captura según la actividad que se realice, en este sistema de aspiración de polvos en suspensión, el lugar es abierto a corrientes de aire por ello la velocidad de captura es entre 0.5 a 2.5 m/s, para nuestro diseño se elegirá 2 m/s.

En la parte de cálculo del caudal se distribuyó los caudales en cada línea, de acuerdo a esto cada tramo tiene un caudal específico y las dimensiones en la boca de la campana se determinara con la siguiente formula:

$$Q = V \times a \times b \dots \dots (4.3)$$

Donde:

Q= Caudal del conducto, m³/s

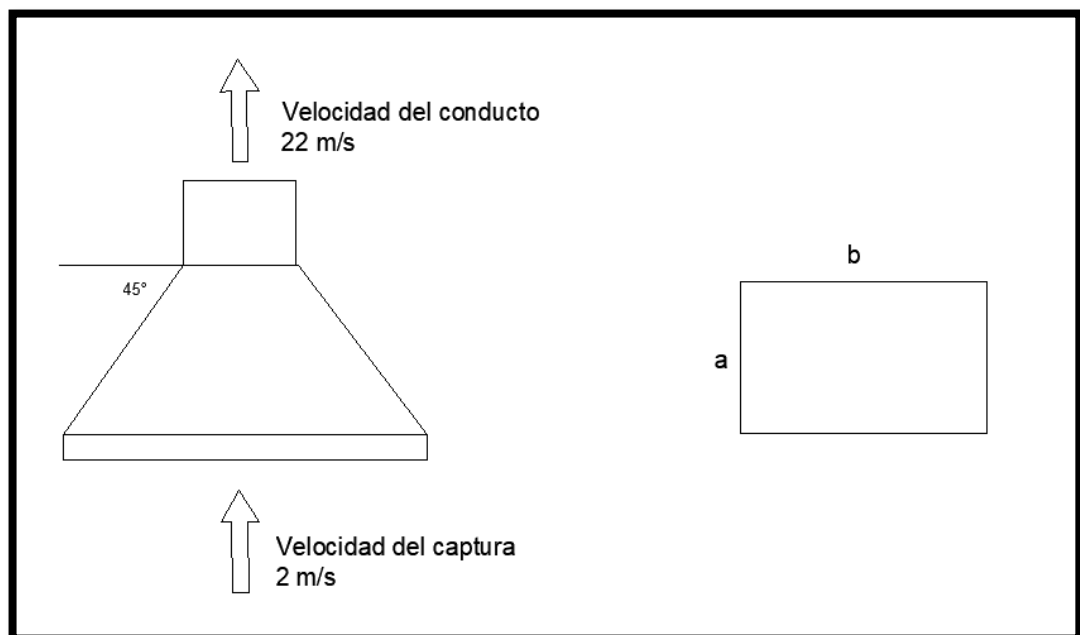
V= Velocidad de captura, m/s

a= ancho, m

b= largo, m

FIGURA N° 4. 8

VELOCIDAD DE CAPTURA Y DIMENSIONES DE LA CAMPANA



FUENTE: Elaboración propia

i) Selección del Ventilador

Para determinar el tipo de ventilador que vamos a emplear tiene que cumplir las necesidades del sistema, haciendo un análisis de sus características de Caudal y presión, luego se selecciona del catálogo técnico el modelo que mejor cumpla con los parámetros calculados, en el ANEXO 10 se detallara las características del ventilador que se utilizara.

Para ver el diseño del sistema de aspiración de polvos en suspensión, en el ANEXO 11 se presenta la vista de planos de planta.

4.1.4 Análisis de costos

Para obtener los costos del ventilador centrífugo, se hizo la consulta a la empresa FABRAQ SAC, (Empresa con alta experiencia dedicada a la fabricación de unidades manejadoras de aire) la cual influyo en la toma de costos.

TABLA N°4. 1

ANÁLISIS DE COSTOS DEL VENTILADOR CENTRÍFUGO

EQUIPO	DESCRIPCION	COSTO \$
Ventilador Centrifugo completo	Ventilador centrifugo AF 30 FANS cde caudal 30000 CFM y 18 in cda	5860
	Trasmision (faja, poleas, otros)	2051
	Guardas	100
	Balaceo dinámico	150
	Motor 125 hp, rpm 1800	12396
	Pintura	100
TOTAL		20657

FUENTE: Elaboración propia

El análisis de costos de los filtros de mangas de tela también fue tomada de las cotizaciones hechas por la empresa FABRAQ SAC, quien obtuvo precios de la compañía Donaldson (experta en fabricación de filtros)

TABLA N°4. 2

ANÁLISIS DE COSTOS DEL FILTRO DE MANGAS DE TELA

EQUIPO	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Filtro de Mangas de Tela	Costo de estructura	1	18000	18000
	Venturi	225	25	5625
	Canastilla	225	50	11250
	Balanceo dinámico	1	150	150
	Manga	225	20	4500
	Controlador de pulso	1	3500	3500
	Tanque pulmon	1	2500	2500
	Pintura	1	500	500
TOTAL				46025

FUENTE: Elaboración propia

Para el cálculo del material y costo de los ductos, campanas que se usaran en este sistema de aspiración de polvos en suspensión se trabajó en una tabla creada en Excel véase en la TABLA 4.3.

TABLA N°4. 3

PROGRAMA EN EXCEL PARA EL CÁLCULO DEL ACERO A EMPLEAR

Item	M A T E R I A L E S										SERVICIO TERCEROS		
	Descripción Por equipo	Ancho (m)	Largo (m)	Cant. Unit.	Dimensión Total	Area m²	Peso Unit.	Peso Kg Total	Costo Unit. \$	Costo Total \$	Costo \$	Total \$	
A	Ducto, Campanas para el Sistema												
1	Pl. 3 x 0 x 0 Long.	1.2	6	24	172.80 m²	172.8 m²	24 kg/m²	4069	0.9	3662			
2	Pl. 4.5 x 0 x 0 Long.	1.2	6	12	86.40 m²	86.4 m²	35 kg/m²	3052	0.9	2747			
	Perneria			150					1.2	180			
	Habilitado, Armado y apuntalado			1									
	Consumibles			7122					0.08	570			
	Soldadura Kg. 30%			213.65					7	1496			
	Tintes penetrantes m			0							2.2	0.0	
	particulas magneticas			0							2.2	0.0	
	Placas radiograficas			0							10	0.0	
	Pintura m² @ 10 MIL (DFT) ext.			259.20					0	0.0			
	Servicio Arenado y pintura m² ext.			259.20							0	0.0	
	Servicio Arenado metal blanco m²			259							5	1296.0	
	Servicio de rolado kg. (Cilindro)			7122							0.7	4985.1	
	Servicio de perforado			20							0.25	5.0	
	Servicio de torno (mecanizado brida)			0							15	0.0	
	Servicio de torno (mecanizado anillo)			0							15	0.0	
	Servicio pantografo kg.			7121.5							0.06	427.3	
	Servicio corte de perfiles kg.			7122							0.05	356.1	
	Desperdicio al 25 %			25%					5484	1371			
B	Ducto, Campanas para el Sistema												
				1		259.2		7122		10026		7069	
1	Ducto, Campanas para el Sistema												
				1		259		7122		10432		7069	

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N°4. 4

CÁLCULO TOTAL DEL PRESUPUESTO DEL SISTEMA

Item	Descripción	Cant.	Peso Kg. Total	Valor Venta Unitario	Valor Venta Total	Observaciones
1	Ducto, Campanas para el Sistema	1	7122	42,094.47	42,094.47	5.91
2	Filtros de Mangas de tela	1	1200	46,025.00	46,025.00	
3	Ventilador Centrífugo Completo	1	500	20,657.00	20,657.00	
	TOTAL		8,822	12.33	\$108,776.47	

FUENTE: Elaboración propia

4.2 Población y muestra

La población del presente trabajo de investigación es el área donde la infraestructura de la planta de aglomerados de madera en Laredo –Trujillo que a su vez es la muestra.

La población son todos aquellos elementos que se estudian, son los elementos o individual a los que se refiere la investigación (Arbaiza, 2013, p. 176)

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según (Espinoza Ciro, 2010, p.110), la técnica de recolección de datos más relacionado para este trabajo de investigación es la “técnica documental”.

La técnica que se utilizó en la presente investigación fue la toma de datos del lugar conjunta con las observaciones, también la toma de dato de catálogos para saber las características del material a aspirar, esta técnica nos ayudó a saber en qué situación se encontró el sistema actual, con la información adquirida se formula al proceso constructivo del sistema para aspirar los polvos en suspensión, el equipo adecuado, dimensiones de ductos, campanas, caudales, presiones, pérdida de carga.

Los instrumentos de recolección de datos son las bibliografías, fichas de trabajo, registros de sistema de aspiración.

TABLA N°4. 5

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

TÉCNICA	INSTUMENTO DE RECOLECCIÓN
Documental	Planos de ubicación del sistema
	Normas de construcion ACGIH
	Catalogos para sistemas de captación
	Fichas técnicas de equipos de aspiracion de polvos en suspensión
	Textos como: Ventilación industrial, Manual de ventilación Salvador E., Manual de ACGIH.

FUENTE: Elaboración propia

4.4 Análisis y procesamiento de datos

El procesamiento de datos se aplicara haciendo cálculos con las ecuaciones teóricas e empíricas, de presiones dinámicas, perdidas de carga, fluidos. Además con gráficos y tablas según la bibliografía que mencione.

Después de haber obtenido los resultados se procederá a presentar tablas de elaboración propia para mencionar las pérdidas de cargas en las tuberías, campanas, ciclones, filtros entre otros.

TABLA N°4. 6

DISTRIBUCIÓN DE TRAMOS

TRAMOS	CAUDAL Q(m ³ /s)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)
A-B-C-C*	Q	22

FUENTE: Elaboración propia

Tramo A-B-C-C*:

$$Q = 13.88 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo A-B-C-C*: ($d_{A-B-C-C^*}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{A-B-C-C^*} = 0.24 \times \sqrt{Q_{A-B-C-C^*}} = 0.24 \times \sqrt{Q} = 0,894m \text{ <>}$$

900 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{A-B-C-C^*} = 0.0175 \text{ mmcda/m}$$

Línea V209.

TABLA N°4. 7

DISTRIBUCIÓN DE TRAMOS Y CAUDALES EN LA LÍNEA V209

TRAMOS	CAUDAL Q(m ³ /s)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)
M-I-H-G-F	2Q ₂	22
N-L-K-J-F	Q ₂	22
F-E-C'	Q ₂	22

FUENTE: Elaboración propia

Tramo_{M-I-H-G-F}:

$$Q_2 = 4.165 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el tramo M-I-H-G-F: ($d_{M-I-H-G-F}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{M-I-H-G-F} = 0.24 \times \sqrt{Q_{M-I-H-G-F}} = 0.24 \times \sqrt{2Q_2} = 0.693\text{m} <> 700\text{mm aprox.}$$

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{M-I-H-G-F} = 0.023 \text{ mmcda/m}$$

Tramo_{N-L-K-J-F}:

$$Q_2 = 4.165 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el tramo N-L-K-J-F: ($d_{N-L-K-J-F}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{N-L-K-J-F} = 0.24 \times \sqrt{Q_{N-L-K-J-F}} = 0.24 \times \sqrt{Q_2} = 0.489\text{m} <> 500\text{mm aprox.}$$

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{N-L-K-J-F} = 0.032 \text{ mmcda/m}$$

Tramo_{F-E-C'}:

$$Q_2 = 4.165$$

Diámetro del ducto en el tramo F-E-C*: (d_{F-E-C^*}) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{F-E-C^*} = 0.24 \times \sqrt{Q_{F-E-C^*}} = 0.24 \times \sqrt{Q_2} = 0.489m \approx 500mm \text{ aprox.}$$

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{F-E-C^*} = 0.032 \text{ mmcda/m}$$

Línea V215:

TABLA N°4. 8
DISTRIBUCIÓN DE TRAMOS Y CAUDALES EN LA LÍNEA V215

TRAMOS	CAUDAL Q(m ³ /s)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)
Q-P-O-Ñ-D-C*	32Q1	22
R-Q	16Q1	22
X-Q	16Q1	22
T-S-R	8Q1	22
W-L-R	8Q1	22
Y-X	8Q1	22
D*-X	8Q1	22
A*-Z-Y	4Q1	22
I*-B*-Y	4Q1	22
E*-D*	4Q1	22
F*-D*	4Q1	22
G*-F*	2Q1	22
F*-J*	2Q1	22
K*-G*	Q1	22
H*-L*	Q1	22

FUENTE: Elaboración propia

Tramo Q-P-O-Ñ-D-C*:

$$Q1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el tramo M-I-H-G-F: ($d_{Q-P-O-Ñ-D-C^*}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{Q-P-O-\tilde{N}-D-C^*} = 0.24 \times \sqrt{Q_{Q-P-O-\tilde{N}-D-C^*}} = 0.24 \times \sqrt{32Q_1} = 0.565m \langle \rangle$$

550 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{Q-P-O-\tilde{N}-D-C^*} = 0.028 \text{ mmcda/m}$$

Tramo R-Q:

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el tramo R-Q: (d_{R-Q}) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{R-Q} = 0.24 \times \sqrt{Q_{R-Q}} = 0.24 \times \sqrt{16Q_1} = 0.399m \langle \rangle$$

400 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{R-Q} = 0.043 \text{ mmcda/m}$$

Tramo Q-X:

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el tramo Q-X: (d_{Q-X}) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{Q-X} = 0.24 \times \sqrt{Q_{Q-X}} = 0.24 \times \sqrt{16Q_1} = 0.399m \langle \rangle$$

400 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{Q-X} = 0.043 \text{ mmcda/m}$$

Tramo T-S-R:

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el tramo T-S-R: (d_{T-S-R}) y de la ecuación 4.3

tenemos:

$$d_{T-S-R} = 0.24 \times \sqrt{T - S - R} = 0.24 \times \sqrt{8Q_1} = 0.282m \langle \rangle$$

300 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{T-S-R} = 0.06 \text{ mmcda/m}$$

Tramo_{W-L-R}:

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo W-L-R: (d_{W-L-R}) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{W-L-R} = 0.24 \times \sqrt{Q_{W-L-R}} = 0.24 \times \sqrt{8Q_1} = 0.282m \langle \rangle$$

300 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{W-L-R} = 0.06 \text{ mmcda/m}$$

Tramo_{Y-X}:

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo Y-X: (d_{Y-X}) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{Y-X} = 0.24 \times \sqrt{Y - X} = 0.24 \times \sqrt{8Q_1} = 0.282m \langle \rangle$$

300 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{Y-X} = 0.06 \text{ mmcda/m}$$

Tramo_{D*-X}:

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo D*-X: (d_{D^*X}) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{D^*-X} = 0.24 \times \sqrt{Q_{D^*-X}} = 0.24 \times \sqrt{8Q_1} = 0.282m \langle \rangle$$

300 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{D^*-X} = 0.06 \text{ mmcda/m}$$

Tramo A*-Z-Y:

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo A*-Z-Y: (d_{A^*-Z-Y}) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{A^*-Z-Y} = 0.24 \times \sqrt{Q_{A^*-Z-Y}} = 0.24 \times \sqrt{4Q_1} = 0.199m \langle \rangle$$

200 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{A^*-Z-Y} = 0.1 \text{ mmcda/m}$$

Tramo I*-B*-Y:

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo I*-B*-Y: ($d_{I^*-B^*-Y}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{I^*-B^*-Y} = 0.24 \times \sqrt{Q_{I^*-B^*-Y}} = 0.24 \times \sqrt{4Q_1} = 0.199m \langle \rangle$$

200 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{I^*-B^*-Y} = 0.1 \text{ mmcda/m}$$

Tramo E*-D*:

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo E*-D*: ($d_{E^*-D^*}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{E^*-D^*} = 0.24 \times \sqrt{Q_{E^*-D^*}} = 0.24 \times \sqrt{4Q_1} = 0.199m \langle \rangle$$

200 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{E^*-D^*} = 0.1 \text{ mmcda/m}$$

Tramo F^*-D^* :

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo F^*-D^* : ($d_{F^*-D^*}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{F^*-D^*} = 0.24 \times \sqrt{Q_{F^*-D^*}} = 0.24 \times \sqrt{4Q_1} = 0.199m \langle \rangle$$

200 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{F^*-D^*} = 0.1 \text{ mmcda/m}$$

Tramo G^*-F^* :

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo G^*-F^* : ($d_{G^*-F^*}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{G^*-F^*} = 0.24 \times \sqrt{Q_{G^*-F^*}} = 0.24 \times \sqrt{2Q_1} = 0.141m \langle \rangle$$

140 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{G^*-F^*} = 0.160 \text{ mmcda/m}$$

Tramo F^*-J^* :

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo F^*-J^* : ($d_{F^*-J^*}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{F^*-J^*} = 0.24 \times \sqrt{Q_{F^*-J^*}} = 0.24 \times \sqrt{2Q_1} = 0.141m \langle \rangle$$

140 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{F^*-J^*} = 0.160 \text{ mmcda/m}$$

Tramo K^*-G^* :

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo K^*-G^* : ($d_{K^*-G^*}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{K^*-G^*} = 0.24 \times \sqrt{Q_{K^*-G^*}} = 0.24 \times \sqrt{Q_1} = 0.099m \langle \rangle$$

100 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{K^*-G^*} = 0.245 \text{ mmcda/m}$$

Tramo H^*-L^* :

$$Q_1 = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del ducto en el Tramo H^*-L^* : ($d_{H^*-L^*}$) y de la ecuación 4.3 tenemos:

$$d_{H^*-L^*} = 0.24 \times \sqrt{Q_{H^*-L^*}} = 0.24 \times \sqrt{Q_1} = 0.099m \langle \rangle$$

100 mm aprox.

Pérdida por metro de longitud de ducto ver FIGURA N° 2.10

$$P_{H^*-L^*} = 0.245 \text{ mmcda/m}$$

Para vencer las pérdidas por fricción se selecciona el Tramo crítico A-B-C-C*-D-Ñ-O-P-Q-X-D*-F*-G*-H*-L*, y se calculara todas las pérdidas existentes en este tramo.

Para $r=2,5d$ entonces de acuerdo al ANEXO N°3 se podrá apreciar detalles de longitudes equivalentes para codos $\Theta=90^\circ$:

1) Tramo L*-H*-G*:

Longitud equivalente en los codos de $\Theta=90^\circ$ (L_{COD})

Para 1 codo de $\varnothing = 100$ mm según los datos del ANEXO N°3 tenemos una $L_{COD}=1.1$ m,

Para 2 codos de $\varnothing = 100$ mm $L^*_{COD}=2 \times L_{COD}=2.2$ m

Longitud equivalente de la unión (L_{UN})

Para 1 unión de $\Theta=30^\circ$ y $\varnothing=100$ mm, según los datos del ANEXO N°3 tenemos una $L_{UN}=0.8$ m

Longitud total a considerar para las pérdidas en el Tramo L*-H*-G*

$$L = L_{COD} + 5m + L_{COD} + 7m + L_{UN} = 1.1 + 5 + 1.1 + 7 + 0.8 = 15 \text{ m}$$

Pérdida en la campana del Tramo L*-H*-G*: se seleccionó la velocidad de captura de 2 m/s y con un $\varnothing= 100$ mm nos vamos a la FIGURA N° 2.10 donde nos da una pérdida por metro $P_{CAMP L^*-H^*-G^*} = 0.32$ mmcda/m

Pérdidas totales de presión en el Tramo L*-H*-G*

$$P_{T(L^*-H^*-G^*)} = (P_{L^*-H^*-G^*} + P_{CAMP L^*-H^*-G^*}) \times L = (0.245 + 0.32) \times 15 = 8.475 \text{ mmcda}$$

2) Tramo G*-F*:

Longitud equivalente de la unión (L_{UN})

Para 1 unión de $\Theta=30^\circ$ y $\varnothing=140$ mm, según los datos del ANEXO N°3

Para: 150m — 125
 1.4m — 1.1m

Interpolando: 25 — 0.3 , entonces $x = 0.18$
 15 — x

Tenemos una $L_{UN}=1.1+X =1.1+ 0.18=1.28m$

Longitud total a considerar para las pérdidas en el Tramo G*-F*

$$L= 7+L_{UN} = 7+1.28=8.28m$$

Pérdidas totales de presión en el Tramo G*-F*

$$P_{T(G^*-F^*)}=P_{G^*-F^*} \times L = 0.160 \times 8.28= 1.324 \text{ mmcda}$$

3) Tramo F*-D*:

Longitud equivalente de la unión (L_{UN})

Para 1 unión de $\Theta=30^\circ$ y $\varnothing=200$ mm, según los datos del ANEXO N°3

Tenemos una $L_{UN}=2m$

Longitud total a considerar para las pérdidas en el Tramo F*-D*

$$L= 7+L_{UN} = 7+2= 9 \text{ m}$$

Pérdidas totales de presión en el Tramo F*-D*

$$P_{T(F^*-D^*)}=P_{F^*-D^*} \times L = 0.1 \times 9= 0.9 \text{ mmcda}$$

4) Tramo D*-X:

Longitud equivalente de la unión (L_{UN})

Para 1 unión de $\Theta=30^\circ$ y $\varnothing=300$ mm, según los datos del ANEXO N°3

Tenemos una $L_{UN}=3.2m$

Longitud total a considerar para las pérdidas en el Tramo D*-X

$$L= 12+L_{UN} =12+3.2= 15.2 \text{ m}$$

Pérdidas totales de presión en el Tramo D*-X

$$P_{T(D^*-X)}=(P_{D^*-X}) \times L = 0.06 \times 15.2= 0.912 \text{ mmcda}$$

5) Tramo X-Q:

Longitud equivalente de la unión (L_{UN})

Para 1 unión de $\Theta=30^\circ$ y $\varnothing=400$ mm, según los datos del ANEXO N°3

Tenemos una $L_{UN}=4.5$ m

Longitud total a considerar para las pérdidas en el Tramo X-Q

$$L = 10 + L_{UN} = 10 + 4.5 = 14.5 \text{ m}$$

Pérdidas totales de presión en el Tramo X-Q

$$P_{T(X-Q)} = (P_{X-Q}) \times L = 0.043 \times 14.5 = 0.623 \text{ mmca}$$

6) Tramo Q-P-O-Ñ-D-C*:

Longitud equivalente en los codos de $\Theta=90^\circ$ (L_{COD})

Para 1 codo de $\varnothing = 550$ mm según los datos del ANEXO N°3 tenemos una

Para: 600mm — 500mm

9.5 m — 7.6 m

Interpolando: 100 — 1.9 , entonces $x = 0.8$ m

50 — x

$$L_{COD} = 7.6 + x = 7.6 + 0.8 = 8.4 \text{ m}$$

Para 2 codos de $\varnothing = 550$ mm $L^*_{COD} = 2 \times L_{COD} = 16.8$ m

Longitud equivalente de la unión (L_{UN})

Para 1 unión de $\Theta=30^\circ$ y $\varnothing=550$ mm, según los datos del ANEXO N°3

Para: 600mm — 500mm

7.3 m — 5.9 m

Interpolando: 100 — 1.4 , entonces $x = 0.7$ m

50 — x

$$L_{UN} = 5.9 + x = 5.9 + 0.7 = 6.6 \text{ m}$$

Longitud total a considerar para las pérdidas en el Tramo Q-P-Ñ-D-C*

$$L = 11 + L_{COD} + 18 + L_{COD} + 40 + L_{COD} + 10 + L_{UN} =$$

$$11+8.4+18+8.4+40+8.4+10= 104.2 \text{ m}$$

Pérdida de carga en el ciclón del Tramo Q-P-O-Ñ-D-C*, de la ecuación 2.5 y 2.6 tenemos:

$$P_{PERD.CICL} = \frac{1}{2} \times V_i^2 \times N_H$$

$$N_H = N \times \frac{a \times b}{DC^2}$$

se seleccionó de la TABLA N° 2.6 las características del ciclón de alta eficiencia donde:

$D_c=1300$, calculamos el valor de a y b

$$\frac{a}{D_c} = 0.5, \text{ donde } \frac{a}{1300} = 0.5 \rightarrow a = 650$$

$$\frac{b}{D_c} = 0.2, \text{ donde } \frac{b}{1300} = 0.2 \rightarrow b = 260$$

$$\frac{DS}{DC} = 0.5 \rightarrow \frac{DS}{1300} = 0.5 \rightarrow DS = 650$$

En la ecuación 2.6 tenemos:

$$N_H = N \times \frac{a \times b}{DC^2} \rightarrow N_H = 6 \times \frac{650 \times 260}{650^2} = 2.4 \text{ pa}$$

Entonces en la ecuación 2.5 resultaría:

$$P_{PERD.CICL} = \frac{1}{2} \times V_i^2 \times N_H = \frac{1}{2} \times 22^2 \times 2.4 = 580.8 \text{ pa} \langle \rangle 59.1 \text{ mmcda}$$

Cabe destacar que en este tramo hay 4 ciclones con las mismas características por lo tanto se selecciona el que tiene mayor pérdida de carga, el cual sería 59.1 mmcda.

Pérdidas totales de presión en el Tramo Q-P-O-Ñ-D-C*

$$P_{T(Q-P-O-\tilde{N}-D-C^*)} = (P_{Q-P-O-\tilde{N}-D-C^*}) \times L + P_{PERD.CICL} =$$
$$(0.028) \frac{mmcda}{m} \times 104.2m + 59.1mmcda = 62.01 \text{ mmcda}$$

7) Tramo C*-C-B-A:

Longitud equivalente en los codos de $\Theta=90^\circ$ (L_{COD})

Para 1 codo de $\varnothing = 900$ mm según los datos del ANEXO N°3 tenemos una $L_{COD}=15$ m,

Para 2 codos de $\varnothing = 900$ mm $L^*_{COD}=2 \times L_{COD}=2 \times 15= 30$ m

Longitud total a considerar para las pérdidas en el Tramo C*-C-B-A

$$L = 5 + L_{COD} + 1 + L_{COD} + 12 = 5m + 15m + 1m + 15m + 12m = 48 \text{ m}$$

Pérdida en el depurador (Filtro de mangas de tela)

En la TABLA N°2.9 se muestra la especificaciones del filtro de mangas de tela que se va seleccionar en nuestro sistema de aspiración de polvos en suspensión, considerando que para este tipo de sistemas la cada de presión esta entre 2 a 10 incda, se seleccionara 4 incda $\langle \rangle$ 106.1mmcda .

Pérdidas totales de presión en el Tramo C*-C-B-A

$$P_{T(C^*-C-B-A)} = (P_{C^*-C-B-A}) \times L + P_{PERD.DEPUR.} =$$
$$(0.0175)mmcda/m \times 48m + 106.1mmcda = 106.94 \text{ mmcda}$$

Pérdidas totales en el Tramo A-B-C-C*-D-Ñ-O-P-Q-X-D*-F*-G*-H*-L*:

$$P_{T(A-B-C-C^*-D-\tilde{N}-O-P-Q-X-D^*-F^*-G^*-H^*-L^*)} = P_{T(C^*-C-B-A)} + P_{T(Q-P-O-\tilde{N}-D-C^*)} + P_{T(X-Q)} +$$
$$P_{T(D^*-X)} + P_{T(F^*-D^*)} + P_{T(G^*-F^*)} + P_{T(L^*-H^*-G^*)} =$$
$$106.94 + 62.01 + 0.623 + 0.912 + 0.9 + 1.324 + 8.475 = 180.844 \text{ mmcda}$$

Que es equivalente a 7.42 incda, a esto añadimos las pérdidas en los molinos y cribas que trabajan en la planta donde:

$$P_T = P_{T(A-B-C-C^*-D-\tilde{N}-O-P-Q-X-D^*-F^*-G^*-H^*-L^*)} + P_{T(MOLINO)} + P_{T(CRIBA)} = 7.42incda +$$

$4.5\text{incda} + 4.5\text{incda} = 16.42\text{ incda}$, la presión seleccionada será 17 incda

Datos para seleccionar el ventilador:

$Q = 13.88\text{ m}^3/\text{s} \quad 0 \quad 29411\text{cfm}$

$P_{\text{total}} = 17\text{ incda}$

De la TABLA N°2.10 se seleccionó con los datos obtenidos el ventilador centrífugo de alta presión aF-30 Fans que se utilizó en este sistema con las características siguientes:

Caudal : 30000 CFM

Caída de Presión: 18 incda

Altura de operación: 100 m.s.n.m.

Marca: ventilador de alta presión aF-30 Fans

RPM : 1409

BHP: 97.7

Eficiencia: 96.2%

Fabricación de ductos, codos y uniones

En el sistema de aspiración que se ha diseñado en la línea V-215 hay ductos existentes que serán reemplazados por nuevos, asimismo en la línea V-209 se fabricaran nuevos ductos, codos, campanas y uniones.

a) En La línea V209 se ha fabricado ductos con los diámetros obtenidos de acuerdo a los parámetros de caudal y velocidad en la TABLA N° 4.8 se muestran las especificaciones descritas, también la descripción de la cantidad de codos y uniones que se han empleado.

TABLA N°4. 9

FABRICACIÓN DE DUCTOS DE LA LINEA V209

TRAMOS	CAUDAL (m ³ /s)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	LONGITUD TOTAL(mm)
A-B	13.88	900	12000	94000
E-F	8.33	700	30000	
G-H	4.165	500	20000	
J-K	4.165	500	20000	
H-I	4.165	500	5000	
K-L	4.165	500	5000	
H-M	4.165	500	1000	
L-N	4.165	500	1000	

FUENTE: Elaboración propia

Cantidad de codos, uniones y campanas a fabricar

En el TRAMO A-B-C-C*-E:

Se tiene 3 codos de 90° con radio de curvatura de 2.5 D y 2 uniones con un ángulo de 30°

En el TRAMO F-G-H-I-M:

Se tiene 3 codos de 90° con radio de curvatura 2.5 D y una campana simple de 45°.

En el TRAMO Q-J-K-L-N

Se tiene 3 codos de 90° con radio de curvatura 2.5 D y una campana simple de 45°.

b) En la línea V215 se reemplazaran los ductos existentes por no estar en buenas condiciones, de la misma forma se ha diseñado teniendo en cuenta

los parámetros de caudal y velocidad. En la TABLA N° 4.9 se muestra la descripción.

FIGURA N°4. 9

FABRICACIÓN DE DUCTOS DE LA LINEA V215

TRAMOS	CAUDAL m3/s	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	LONGITUD TOTAL (mm)
C*-D-Ñ-O-P-Q	5.55	550	69000	69000
Q-R	2.768	400	20000	
R-S-T	1.384	300	39000	
R-L-W	1.384	300	43000	
Q-X	2.768	400	10000	
X-D*	1.384	300	12000	
X-Y	1.384	300	8000	
Y-B*-I*	0.692	200	9000	
Y-Z-A*	0.692	200	9000	
D*-E*	0.692	200	4000	
D*-F*	0.692	200	7000	
F*-J*	0.346	140	4000	
F*-G*	0.346	140	7000	
G*-K*	0.173	100	4000	
G*-H*-L*	0.173	100	12000	

FUENTE: Elaboración propia

Cantidad de codos, uniones y campanas a fabricar

En el TRAMO D-Ñ-O-P-Q-R-S-T:

Se tiene 5 codos de 90° con radio de curvatura de 2.5 D, 2 uniones con un ángulo de 30° y una campana de 45°

En el TRAMO L-W

Se tiene 2 codos de 90° con radio de curvatura 2.5 D y una campana simple de 45°.

En el TRAMO X-Y-Z-A*

Se tiene 3 codos de 90° con radio de curvatura 2.5 D, 2 uniones con un ángulo de 30° y una campana simple de 45°.

En el TRAMO B-I*

Se tiene 2 codos de 90° con radio de curvatura 2.5 D y una campana simple de 45°.

En el TRAMO D*-E*

Se tiene 1 codos de 90° con radio de curvatura de 2.5 D, 1 uniones con un ángulo de 30° y una campana de 45°

En el TRAMO F*-J*

Se tiene 1 codos de 90° con radio de curvatura de 2.5 D, 1 uniones con un ángulo de 30° y una campana de 45°

En el TRAMO G*-K*

Se tiene 1 codos de 90° con radio de curvatura de 2.5 D, 1 uniones con un ángulo de 30° y una campana de 45°

En el TRAMO H*-L*

Se tiene 1 codos de 90° con radio de curvatura de 2.5 D, 1 uniones con un ángulo de 30° y una campana de 45°

CAPÍTULO V: RESULTADOS

Como resultado de los cálculos realizada previamente demuestra que en un diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión reduce la polución que se genera en la planta de aglomerados de madera, se presenta la siguiente relación de equipos, parámetros y accesorios complementarios.

TABLA N°5. 1

DESCRIPCIÓN DEL VENTILADOR SELECCIONADO DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS

VENTILADOR CENTRIFUGO	DATOS GENERALES	Fabricante		NEW YORK BLOWER
		Modelo		AF 30 FANS
		Nivel de ruido a 1 m	dbA	89
		Ubicación del ventilador (indoor/outdoor)		outdoor
		Flujo de aire	acfm	30000
		Tipo de ventilador		Centrifugo
		Presión estática requerida	in H ₂ O	18
		Tipo de álabe		rectos curvados
		Diámetro de impulsor	mm	1800
		Velocidad del rotor	rpm	1024
		Velocidad periférica	m/s	N/A
		Velocidad de salida	m/s	N/A
			Tipo de transmisión (faja en "V" /directo)	fajas y poleas
	MOTOR	Potencia	HP	125
		Nivel de eficiencia		Nema Premium
		Tipo de arranque		Soft Starter
		Aislamiento		Clase F
		Sistema a tierra		Si
	Energía eléctrica V/Ø/Hz		460/3/60	
ACCESORIOS	Guarda de Faja		si	
	Silenciador a la descarga		no	

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N°5. 2

RELACION DE UNIDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO DE MANGAS DE TELA

		DESCRIPCIÓN	UNIDADES	1
FILTRO DE MANGAS DE TELA	DATOS GENERALES	Tipo		Colector de Polvo
		Cantidad		1
		Ubicación		Costado Silo 601
		Polvo de Material Transportado		Aserrin
		Servicio		24 h/d, 365 d/año
	CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO	Caudal	cfm	29420
		Temperatura del polvo	°C	Ambiente
		Sistema de Limpieza		Pulse Jet
		Area filtrante	ft ²	3920
		CFM / cada elemento filtrante		133.33
		Caida de Presión	in H ₂ O	4 filtro saturado
		Eficiencia de filtración		99.9% / 0.5 micras
		Dimensión del elemento filtrante	m	3.3x3.3x8.5
		Altura de tolva a piso	in	N/A
	Dimensión de caja de Filtro	mm	N/A	
	CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO	Caudal aire comprimido requerido	scfm	85
		Presión aire comprimido	psi	100
	ACCESORIOS	Valvula de pulsos de limpieza		si
		Cerramiento Valvulas selenoide		si
		Cajon de filtros		si
		Cabezal de aire comprimido		si
		Herramienta especial para cambio de filtros		no
	CONTROLADOR SISTEMA DE LIMPIEZA	Fabricante		DONALDSON
		Modelo		196FT12
		Alimentación voltaje/frecuencia/fases		120/3/60
		Salidas analoga de diferencial de presión		4-20 mA
	ESTRUCTURA	Tolva		Si
Escalera acceso			Si	
Plataforma operación at tubesheet level			si	
Estructuras soporte			si	
Dimensiones generales del colector		M	3.3x3.3x8.5	
Peso total del Colector		Tn	5.2	

FUENTE: Elaboración propia

CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación con la Hipótesis

- Se comprobó que para reducir la polución en la planta de aglomerados de madera es necesario diseñar el sistema de aspiración de polvos en suspensión.
- Se verifico que para conocer el caudal de aspiración es necesario conocer las propiedades físico-químicas del material a aspirar
- Se comprobó que para la filtración de aire contaminado es necesario seleccionar y dimensionar los componentes del sistema de aspiración.
- Se comprobó que la selección del ventilador centrífugo depende de los parámetros de caudal y pérdida de carga del sistema de aspiración.

6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares

- En contraste con los resultados de Diaz Fabian de la Universidad de Chile quien en su investigación anuncia dice que sistema de extracción de polvo tiene un programa tipo difuso como una estrategia de control de los polvos, sin embargo en esta investigación se calculó el sistema en base a parámetros como caudal y caída de presión.
- En contraste con los resultados de Sarmiento Guisella de la Escuela Politécnica del Litoral quien en su estudio citan que para que para

reducir la contaminación que se genera en el proceso de arenado diseño un sistema de extracción que era movable, sin embargo en esta investigación se ha diseñado un sistema fijo en la planta.

- En concordancia con Catillo German de la Escuela Politécnica del Litoral quien en su investigación diseña un sistema de filtros de mangas de tela tipo pulse jet para mitigar los polvos succionados, para esta investigación los resultados son parecidos ya que se llega a capturar polvos de hasta 0.5 micras.
- En contraste con Yaranga Marco de la Pontificia Universidad Católica del Perú quien en su tesis describe la contaminación generada por gases y humos lo cual necesita un caudal y caída de presión bajas, mientras que en esta investigación se captó polvo de aserrín donde los equipos de ventilación tienen parámetros altos.
- En concordancia con Laura Armando de la Universidad Nacional de Ingeniería quien en su investigación hace mención de diseñar un sistema de aspiración para mejorar la calidad de ambiente para los trabajadores utilizando filtros, ductos y ventilador de succión.
- En concordancia con Katherine de la Universidad Católica de Santa María quien hace un estudio de para poder disminuir la contaminación que se genera en la minera, diseña un sistema que mitigue los humos y gases obteniendo resultados del 99% así dando una mejor calidad de ambiente para sus trabajadores.

6.3 Responsabilidad ética

En la presente investigación del diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión, la recopilación de información teórica se basó en textos de ventilación industrial, normas y catálogos. También se tomaron datos de tesis relacionadas al estudio, se citó a los autores en las bases teóricas de esta investigación. Por lo que el presente estudio sobre el diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión para reducir la contaminación de una planta de aglomerados de madera en Laredo-Trujillo es una investigación auténtica del autor.

CONCLUSIONES

- a) El sistema de aspiración de polvos en suspensión se diseñó bajo los parámetros adecuados para que asegure la reducción de los polvos en suspensión en la planta de aglomerados de madera.
- b) Se logró determinar las características físico-químicas del material a aspirar mediante tablas y catálogos para determinar el caudal.
- c) Se logró seleccionar y dimensionar los componentes del sistema de aspiración de acuerdo a las recomendaciones del manual de ventilación del ACGIH y textos de colección de polvos para determinar una adecuada filtración del aire contaminado.
- d) Se logró determinar los parámetros de caudal y caída de presión, lo cual fue muy importante al momento de seleccionar el ventilador a usar en el sistema de aspiración.

RECOMENDACIONES

- a) Se propone la mejora de esta investigación con la adición del diseño eléctrico del sistema.
- b) Se recomienda elaborar un manual de operación y mantenimiento del sistema, respetando siempre la las indicaciones de los fabricantes y normas de los equipos y componentes del sistema.
- c) Se recomienda utilizar mediciones de los polvos en suspensión con el fin de obtener un valor exacto de concentraciones, ya que para dichos cálculos se tomaron valores aproximados o de acuerdo a las norma de construcción.
- d) Realizar anualmente inspecciones sobre la concentración de polvos que hay en el ambiente para así determinar la eficiencia de los equipos de filtrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSI/AMCA STANDARD 210, Laboratory method of testing fans for aerodynamic performance rating.1999
- ANSI/ ASHRAE/ ASHE STANDARD 51-1999, Ventilation of Health Care Facilities, Inc. 1999
- Except Low. Rise Residential Building Inc. 2013.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists, (ACGIH). Ventilación industrial. Editorial artes graficas sac. Primera Edición España. 1992.
- ARBAIZA FERMINI, Lydia **Como elaborar una Tesis de Grado.** Universidad ESAN, 2014.
- BERNAL TORRES, Cesar Augusto. **Metodología de la investigación.** Colombia. Editorial Pearson Educación de Colombia Ltda. Tercera edición. 2010.
- CARRASCO DIAZ, Sergio. **Metodología de la Investigación Científica: Pautas Metodológicas para Diseñar y Elaborar el Proyecto de Investigación.** Lima. Editorial San Marcos E.I.R.L. Segunda Edición. 2010.
- CARNICERO ROYO Enrique **Ventilación Industrial Cálculo y Aplicaciones.** Editorial PARANINFO S.A. de España. 1991.
- CEJUDO, José, GALLARDO Manuel, MIRANDA, Juan Y AGUILERA Miguel. **Selección de Equipos Secundarios según el Sistema,** España, Editorial ATECYR. Primera Edición. 2012.

- ESPINOZA MONTES, Ciro. **Metodología de la Investigación Tecnológica**. Huancayo. Editorial Imagen Gráfica S.A.C. Primera Edición. 2010.
- SUAREZ SARMIENTO, Guisella. Diseño de un sistema móvil de extracción de polvo generado durante el proceso de arenado. Escuela politécnica del litoral 2008.
- SERRADELL DÍAZ, Fabián. Modelación y control del sistema de captación de polvo por turbulencia inducida. Universidad de Chile 2013.
- PERALTA CASTILLO, German. Cálculo y diseño fluidodinámico de un filtro de mangas (tipo pulse jet) para partículas minerales de origen industrial. Escuela superior politécnica del litoral 2001.
- VEGA LAURA, Armando. Fabricación y montaje de un colector de polvo de 60 000 m³/hr. Universidad Nacional de Ingeniería 1991.
- CARHUAPOMA HURTADO, Katherine. Propuesta de Implementación de un sistema de mitigación de polvo en el proceso de Chancado de Mineral de la Planta Chancadora de Shougang Hierro Perú S.A.A. Universidad Católica de Santa María 2015.
- HERNANDEZ Samipieri y Otros **Metodología de la Investigación**. México. Editorial Mc Graw Hill Interamericana de México S.A. Quinta Edición. 2010.
- SALVADOR ESCODA, **Manual de ventilación industrial**. 2014.
- MUÑOZ RAZO, Carlos **Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis**. Editorial Pearson Educación de México. Tercera Edición. 2015.

- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). En: <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/criteria.html> consultada 20 octubre del 2018.
- HIDROMETAL, Tornillo de Arquímedes. En <https://hidrometalica.com/tornillo-arquimedes/> consultada el 01 de noviembre del 2018.
- THE NEW YORK BLOWER COMPANY, Ventiladores de alta presión. Boletín 331. 2007.
- SOLER Y PALAO (S&P). Especificaciones de ventilación industrial y transporte neumático. 2008
- BUHLER. Especificaciones de esclusas rotativas para descarga de filtros de mangas de tela. 2018

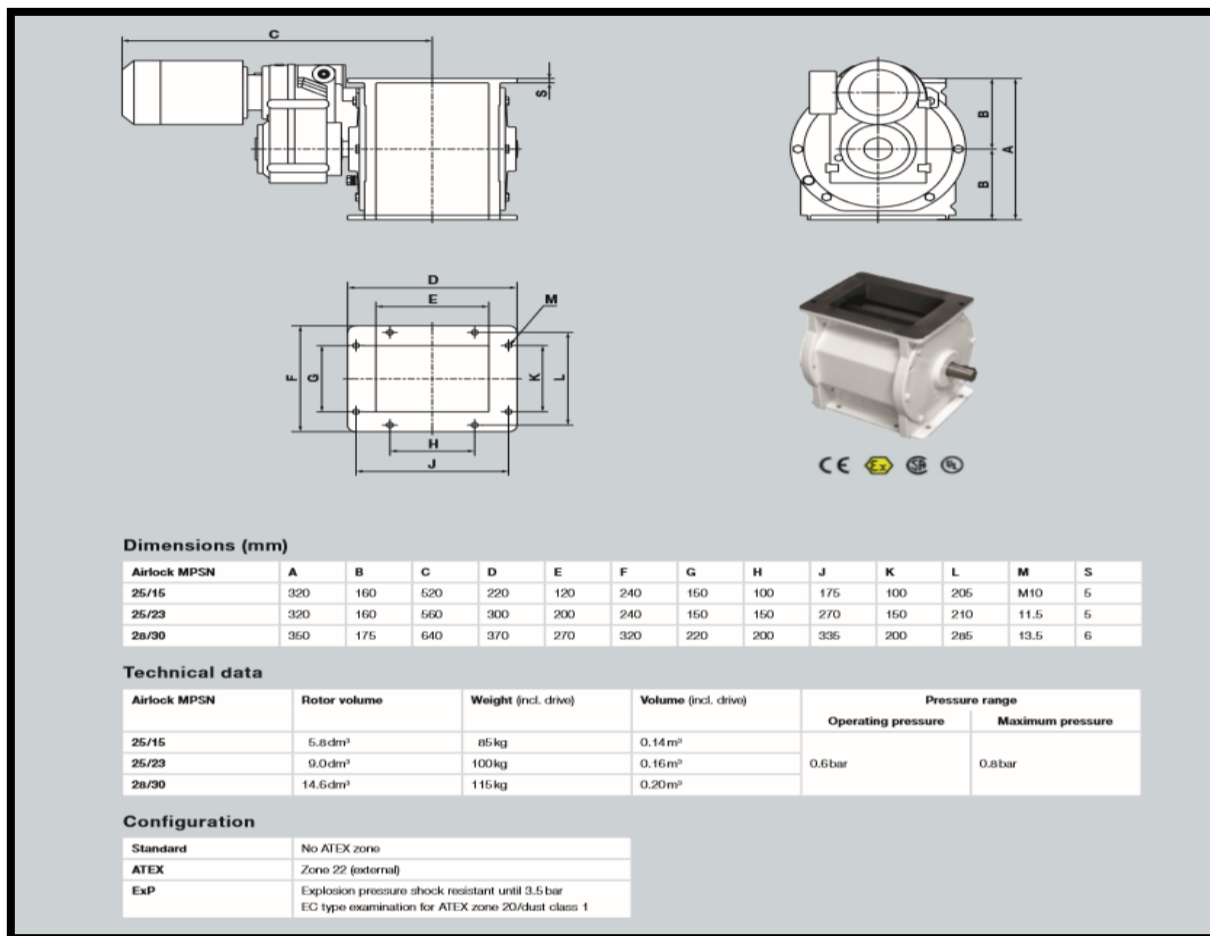
ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		VARIABLES E HIPOTESIS		METODOLOGÍA	
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo diseñar un sistema de aspiración de polvos en suspensión para reducir la polución de una planta de aglomerados de madera ?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Diseñar un sistema de aspiración de polvos en suspensión para reducir la polución de una planta de aglomerados de madera</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Si se diseña un sistema de aspiración de polvos en suspensión entonces se reducirá la polución de la planta de aglomerados de madera</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Diseño de un sistema de aspiración de polvos en suspensión</p>	<p>El tipo de investigación utilizada en el presente estudio es tecnológico debido a que los conocimientos aplicados son del tipo científicos obtenidos en el área de estudios específicos de la ingeniería básica de ventilación industrial para diseñar un sistema de aspiración de polvos en suspensión para reducir la polución en una planta de aglomerados de madera</p>	<p>La investigación que se desarrolla en el presente estudio es un diseño no experimental debido a que las variables independientes ya han ocurrido y no se pueden manipular, se realizó el estudio del fenómeno tal cual sucede</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>PE.1 ¿Cómo determinar las características físico-químicas del material para calcular el caudal de aspiración ?</p> <p>PE.2 ¿Cómo seleccionar y dimensionar los componentes del sistema de aspiración para una adecuada filtración del aire contaminado?</p> <p>PE.3 ¿En qué medida los parámetros obtenidos permitirán la selección del ventilador centrífugo?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>OE.1 Determinar las características físico-químicas del material a aspirar para calcular el caudal de aspiración</p> <p>OE.2 seleccionar y dimensionar los componentes del sistema de aspiración para una adecuada filtración del aire</p> <p>OE.3 Determinar los parámetros necesarios para la selección del ventilador centrífugo</p>	<p>Hipótesis Específicos</p> <p>HE.1 Si se determina las características físico-químicas del material se logrará calcular el caudal de aspiración</p> <p>HE.2 Si se selecciona y dimensiona los componentes del sistema de aspiración se garantizará una adecuada filtración del aire contaminado</p> <p>HE.3 Si se determina los parámetros necesarios se logrará la selección del ventilador centrífugo</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Reducir la polución de una planta de aglomerados de madera</p>	<p>El nivel de investigación es aplicativo debido a que se aplican las bases teóricas sobre ventilación mecánica</p>	<p>Población y muestra</p> <p>La población del presente trabajo de investigación es el área donde la infraestructura de la planta de aglomerados de madera en Laredo –Trujillo que a su vez es la muestra</p>

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 2 DIMENSIONES DE LA ESCLUSA ROTATIVA



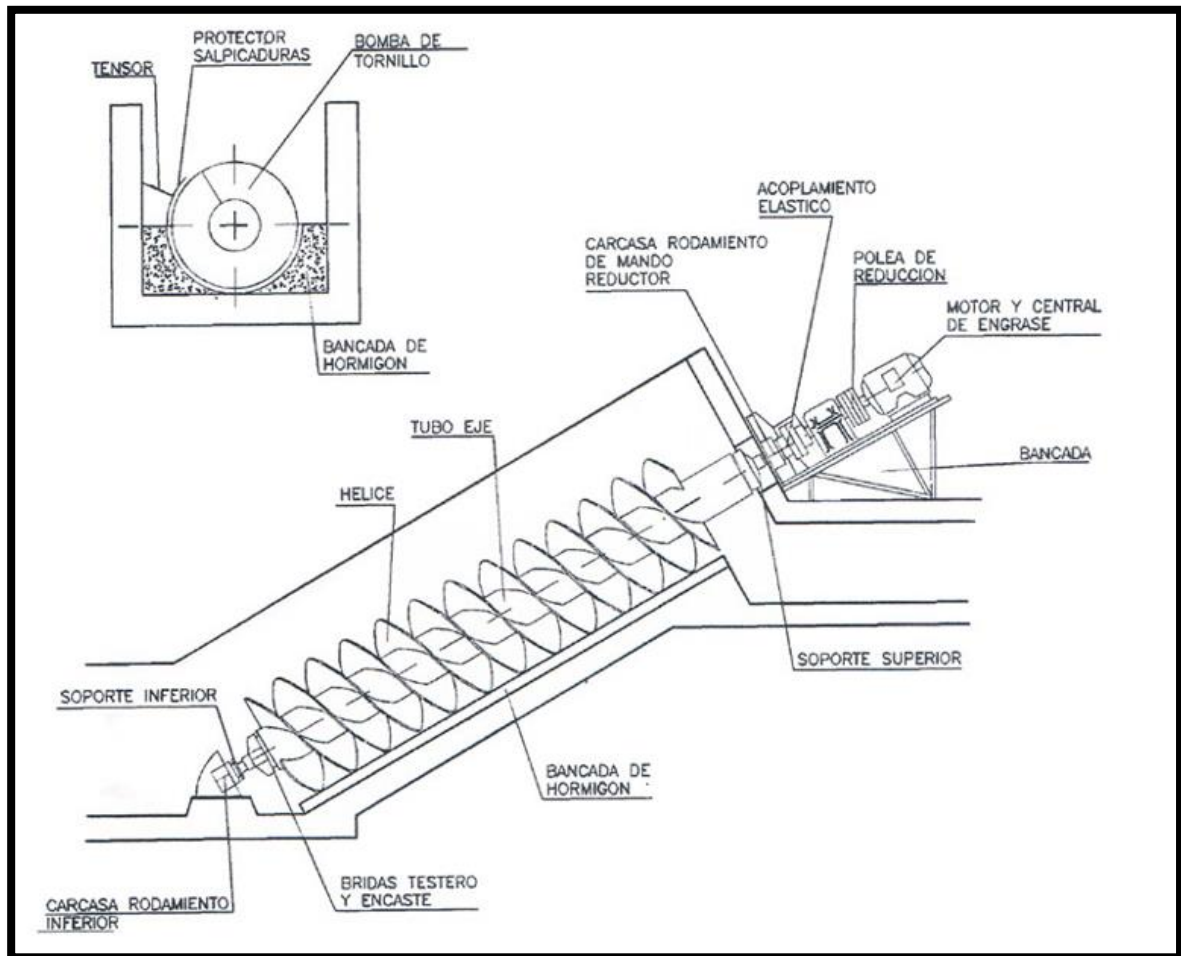
FUENTE: <https://hidrometalica.com/tornillo-arquimedes/>

ANEXO 3 Dimensiones para selección de tornillo de Arquímedes

Altura Geom.	30°		35°		38°		40°	
m	A mm	L hélice mm	A mm	L hélice mm	A mm	L hélice mm	A mm	L hélice mm
2	3464	4000	2856	3487	2560	3248	2383	3111
2.5	4330	5000	3570	4359	3200	4061	2979	3889
3	5196	6000	4284	5230	3840	4873	3575	4667
3.5	6062	7000	4998	6102	4480	5685	4171	5445
4	6928	8000	5712	6974	5120	6497	4767	6223
4.5	7794	9000	6426	7845	5760	7309	5363	7001
5	8660	10000	7140	8717	6400	8121	5959	7778
5.5	9526	11000	7855	9589	7040	8933	6555	8556
6	10392	12000	8569	10461	7680	9745	7150	9334
6.5	11258	13000	9283	11332	8320	10558	7746	10112
7	12124	14000	9997	12204	8960	11370	8342	10890
7.5	13016	15000	10711	13076	9600	12182	8938	11668
8	13856	16000	11425	13948	10239	12994	9534	12446
8.5	14722	17000	12139	14819	10879	13806	10130	13224
9	15588	18000	12853	15691	11519	14618	10726	14001
9.5	16454	19000	13567	16563	12159	15431	11322	14779
10	17320	20000	14281	17434	12799	16243	11917	15557

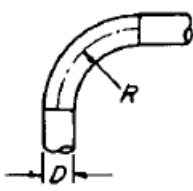
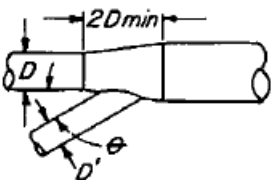
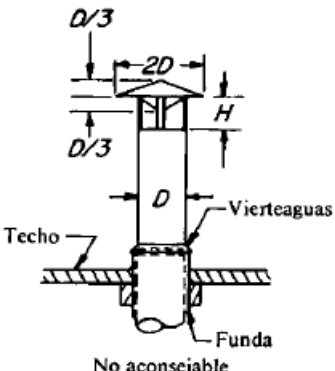
FUENTE: <https://hidrometalica.com/tornillo-arquimedes/>

ANEXO 4 MODELO DE TORNILLO DE ARQUIMEDES



FUENTE: Imagen de internet

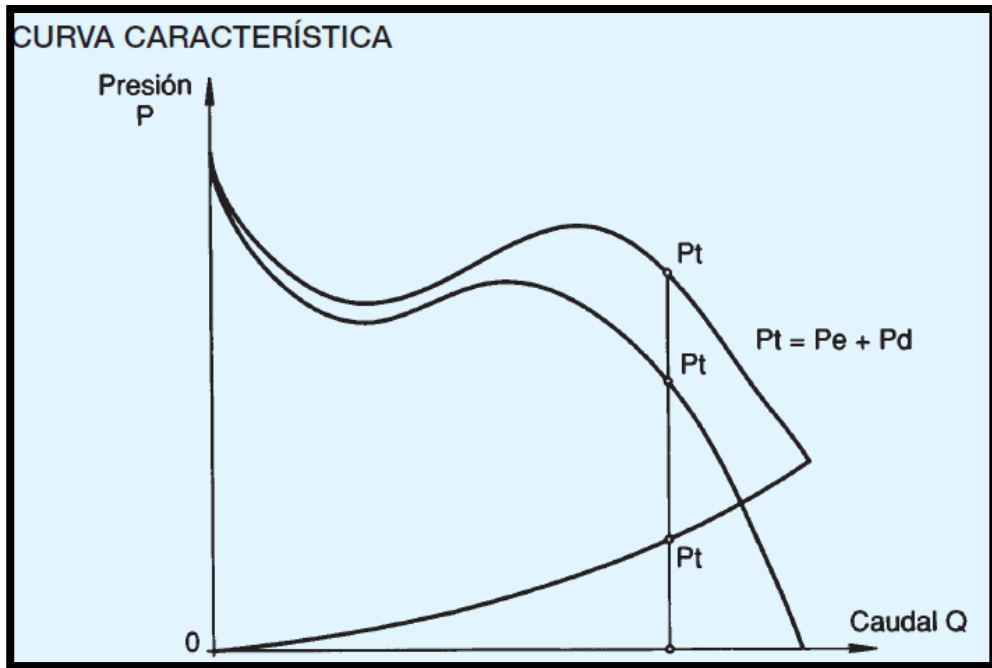
ANEXO 5 VALORES DE LONGITUDES EQUIVALENTES

LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS EN METROS								
								
Diámetro en mm	Codo de 90° Radio de curvatura R			Ángulo de la unión		H. expresada en diámetros		
	1,5D	2,0D	2,5D	30°	45°	1,0 D	0,75 D	0,5 D
75	1,4	0,9	0,7	0,5	0,9	0,3	0,5	2,0
100	2,0	1,3	1,1	0,8	1,3	0,5	0,8	3,4
125	2,6	1,7	1,4	1,1	1,7	0,6	1,1	4,4
150	3,2	2,2	1,8	1,4	2,2	0,8	1,4	5,5
175	3,9	2,6	2,2	1,7	2,6	0,9	1,7	6,6
200	4,6	3,1	2,5	2,0	3,1	1,1	2,0	7,8
250	6,0	4,0	3,3	2,6	4,0	1,4	2,6	10
300	7,4	5,0	4,1	3,2	5,0	1,8	3,2	13
350	8,9	6,0	5,0	3,8	6,0	2,1	3,8	15
400	10	7,0	5,8	4,5	7,0	2,5	4,5	18
450	12	8,1	6,7	5,2	8,1	2,8	5,2	21
500	14	9,2	7,6	5,9	9,2	3,2	5,9	23
600	17	11	9,5	7,3	11	4,0	7,3	29
700	21	14	11	8,8	14	4,8	8,8	35
800	24	16	13	10	16	5,7	10	41
900	28	19	15					
1000	32	21	18					
1200	39	26	22					
1400	47	32	26					
1600	55	37	31					
1800	64	43	36					
2000	72	49	40					

**AMERICAN CONFERENCE OF
GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS**

FUENTE: ACGIH, 1992, pp,5-35

ANEXO 6 CURVA CARACTERÍSTICA DE UN VENTILADOR



FUENTE: Escoda, 2009, p.6

ANEXO 7 CANASTILLA Y BOLSA DE MANGAS PARA FILTRO PULSE JET



FUENTE: Imagen de internet

ANEXO 8 FUNCIONAMIENTO DEL TORNILLO DE ARQUÍMEDES



FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 9 CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO PULSE JET (DONALDSON)

Donaldson
Torit®

FT Pulse Jet Baghouse Dust Collectors

Models FTD (Without Walk-In Plenum) and FTP (Walk-In Plenum)

Easy and dependable operation for high-volume dust collection applications.

- Clean side bag removal provides easier filter bag service.
- Optional walk-in plenum allows for filter bag servicing in adverse weather conditions (FTP).
- All-welded construction provides increased durability and air/water integrity.
- Integral fan option up to 75 hp helps to reduce space requirements.
- Unique cleaning system minimizes moisture and particulate issues in pulse valves.
- Collectors with up to 225 filter bags require only one dirty air inlet, one clean air outlet, and one hopper, resulting in reduced ducting and hopper outlet costs.



144FTD6
Without Walk-In Plenum



144FTP8
Walk-In Plenum

FT Pulse Jet Baghouse

Dimensions & Specifications

Model	Nominal Airflow Range* (cfm)	Cloth Area (ft ²)	Length of Filter Bags (ft)	FTD Shipping Weight (lbs)	FTP Shipping Weight (lbs)	FTD Dimensions (inches)			FTP Dimensions (inches)		
						A	B	C	A	B	C
9FT4	240 - 600	60	4	1,300	—	30	30	163	—	—	—
9FT6	360 - 900	90	6	1,400	—	30	30	187	—	—	—
9FT8	480 - 1,200	120	8	1,500	—	30	30	211	—	—	—
16FT4	428 - 1,070	107	4	1,600	—	38	38	170	—	—	—
16FT6	640 - 1,600	160	6	1,800	—	38	38	194	—	—	—
16FT8	852 - 2,130	213	8	1,900	—	38	38	218	—	—	—
25FT4	688 - 1,670	167	4	1,900	—	46	46	177	—	—	—
25FT6	1,000 - 2,500	250	6	2,100	—	46	46	201	—	—	—
25FT8	1,322 - 3,330	333	8	2,300	—	46	46	225	—	—	—
36FT4	960 - 2,400	240	4	2,200	—	54	54	184	—	—	—
36FT6	1,440 - 3,600	360	6	2,400	—	54	54	208	—	—	—
36FT8	1,920 - 4,800	480	8	2,700	—	54	54	232	—	—	—
49FT4	1,308 - 3,270	327	4	2,600	—	62	62	191	—	—	—
49FT6	1,960 - 4,900	490	6	2,900	—	62	62	215	—	—	—
49FT8	2,612 - 6,530	653	8	3,200	—	62	62	239	—	—	—
64FT6	2,560 - 6,400	640	6	3,400	—	70	70	222	—	—	—
64FT8	3,412 - 8,530	853	8	3,800	—	70	70	246	—	—	—
64FT10	4,264 - 10,660	1066	10	4,100	—	70	70	271	—	—	—
81FT8	4,320 - 10,800	1080	8	5,750	6,750	82	82	265	82	82	304.1
81FT10	5,400 - 13,500	1350	10	6,250	7,500	82	82	289	82	82	352.1
81FT12	6,480 - 16,200	1620	12	6,750	8,250	82	82	313	82	82	400.1
100FT8	5,332 - 13,330	1333	8	6,500	7,500	90	90	272	90	90	317.5
100FT10	6,668 - 16,670	1667	10	7,000	8,500	90	90	296	90	90	365.5
100FT12	8,000 - 20,000	2000	12	7,500	9,250	90	90	320	90	90	413.5
121FT8	6,452 - 16,130	1613	8	7,500	8,750	98	98	280	98	98	324.6
121FT10	8,068 - 20,170	2017	10	8,250	9,750	98	98	304	98	98	372.6
121FT12	9,680 - 24,200	2420	12	8,750	10,750	98	98	328	98	98	420.6
144FT8	7,680 - 19,200	1920	8	8,250	9,750	106	106	287	106	106	329.6
144FT10	9,600 - 24,000	2400	10	9,000	11,000	106	106	311	106	106	377.6
144FT12	11,520 - 28,800	2880	12	9,750	12,000	106	106	335	106	106	425.6
169FT8	9,012 - 22,530	2253	8	9,250	10,750	114	114	294	114	114	342.9
169FT10	11,268 - 28,170	2817	10	10,000	12,000	114	114	318	114	114	390.9
169FT12	13,520 - 33,800	3380	12	11,000	13,500	114	114	342	114	114	438.9
196FT8	10,452 - 26,130	2613	8	10,250	11,750	122	122	301	122	122	349.8
196FT10	13,068 - 32,670	3267	10	11,000	13,250	122	122	325	122	122	397.8
196FT12	15,680 - 39,200	3920	12	12,000	14,000	122	122	349	122	122	445.8
225FT8	12,000 - 30,000	3000	8	11,250	13,500	130	130	308	130	130	358.2
225FT10	15,000 - 37,500	3750	10	12,250	15,000	130	130	332	130	130	406.2
225FT12	18,000 - 45,000	4500	12	13,250	16,500	130	130	356	130	130	454.2
252FT8	13,440 - 33,600	3360	8	15,000	17,500	122	168	311.3	122	168	361.1
252FT10	16,800 - 42,000	4200	10	16,000	19,000	122	168	335.3	122	168	409.1
252FT12	20,160 - 50,400	5040	12	17,000	20,500	122	168	359.3	122	168	457.1
336FT8	17,920 - 44,800	4480	8	18,200	21,200	122	224	311.3	122	224	361.1
336FT10	22,400 - 56,000	5600	10	19,700	23,200	122	224	335.3	122	224	409.1
336FT12	26,880 - 67,200	6720	12	21,200	25,200	122	224	359.3	122	224	457.1

* Based on clean filter bags.

FT Pulse Jet Baghouse

Standard Features & Equipment Options

	Standard	Optional
Collector Design		
Clean Side Bag Removal	X	
All-Welded, Carbon Steel Construction, 12 Gauge	X	
Heavy-Duty 3/16-in Plate Tubesheet	X	
Rated 17-inch Water Gauge	X	
Compressed Air Manifold with Drain	X	
Flanged Clean Air Outlet	X	
High Performance Venturis	X	
Easy-Lift Lifting Ears	X	
Walk-In Clean Air Plenum with 10° Sloped Roof (FTP)	X	
Service Railing on Top of Collector (FTD)	X	
Integrated Exhaust Weatherhood		X
Service Platform and Ladder		X
Stainless Steel Construction		X
Mountable Direct Drive Fans with Outlet Hood and Birdscreen		X
High Performance Fan Silencer		X
Slide Gate Fan Damper		X
Filter Bags and Cages		
Dura-Life Twice the Life Polyester Snap-In Filter Bags	X	
Galvanized Cages	X	
Variety of Bag Media Options		X
Paint System		
Prime Coated Interior	X	
Liquid Alkyd Finish Exterior	X	
Standard Colors: Torit Blue or Storm White	X	
Special Colors		X
Hopper Design		
60° Pyramid Hopper	X	
Flanged Dirty Air Inlet	X	
Inlet Deflector	X	
Flanged Hopper Discharge	X	
Hopper Access Panel	X	
Coupling for High Level Indicator	X	
High Level Indicator		X
Hopper Discharge		
Dumpster Discharge with Pneumatic Lid and Controls		X
Rack and Pinion Gate		X
55-Gallon Drum Cover		X
Various Rotary Valve Options		X
Support Structure		
36" Clearance Leg Pack	X	
Custom Clearance Leg Packs		X
Electrical Controls, Gauges and Enclosures		
Goyen Diaphragm Valves	X	
120V Timerboard and Solenoid Valves in NEMA 4 Enclosure	X	
Magnehelic®* Gauge	X	
Photohelic®** Gauge		X
Photohelic Gauge (Weatherproof)		X
Delta P Control Panel without Timer		X
Safety Features		
4x4 Bag Safety Grid (bin vent units only)	X	
Sprinkler Access Ports		X
Sprinkler Pack Assembly		X
Explosion Vents		X
Warranty		
1-Year Warranty	X	

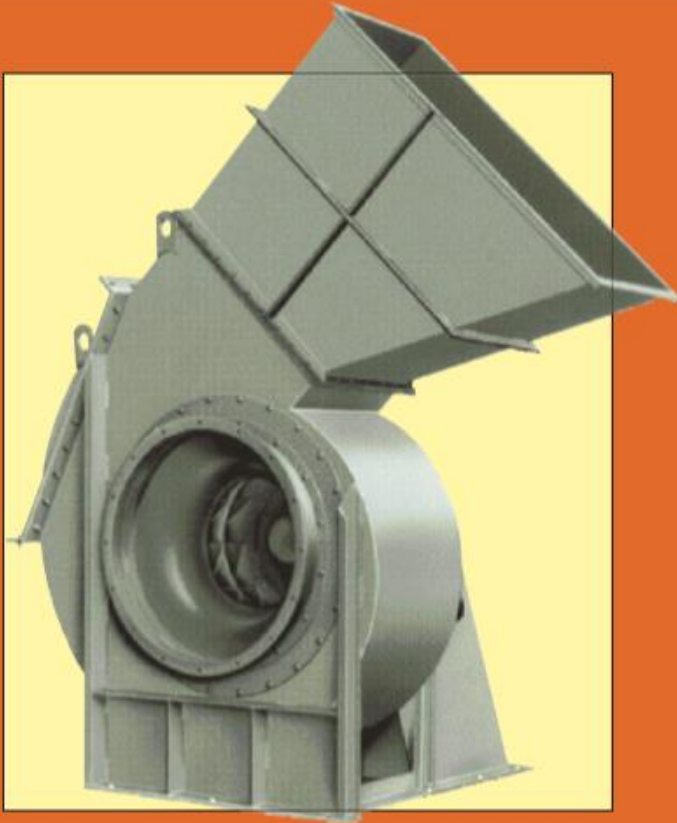
* Magnehelic and Photohelic are registered trademarks of Dwyer Instruments, Inc.



Significantly improve the performance of your collector with genuine Donaldson Torit replacement filters and parts.

FUENTE: Catalogo Donaldson, 2008

HIGH-EFFICIENCY AIRFOIL **AF FANS**



AF-40 FANS

- Capacities to 240,000 CFM
- Static pressures to 46" WG



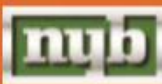
AF-30 FANS

- Capacities to 123,000 CFM
- Static pressures to 30" WG



AF-50 FANS

- Capacities to 130,000 CFM
- Static pressures to 50" WG



THE NEW YORK BLOWER COMPANY
7660 Quincy Street
Willowbrook, IL 60527-5530

Visit us on the Web: <http://www.nyb.com>
Phone: (800) 208-7918 Email: nyb@nyb.com

AF FANS

Providing more high-efficiency choices.

APPLICATIONS

With three designs to choose from, the AF line of fans is ideally suited for a wide range of high-pressure, industrial-process applications including: combustion air, solvent recovery, thermal oxidation, fluidizing, combustion, and air recirculation.

DESIGN FEATURES

- Three models to choose from:
 - AF-30 Fans for applications to 30"WG; wheel dia. 24" to 66".
 - AF-40 Fans for applications to 46"WG; wheel dia. 24" to 80".
 - AF-50 Fans for applications to 50"WG; wheel dia. 24" to 66".
- Direct-drive models to 60"WG.
- Capacities to 240,000 CFM.
- Operating temperatures to 750°F.
- Available in Arrangements 1, 3, 4, 7, and 8.
- Airfoil wheels for static efficiencies to 88%.
- Available in clockwise and counterclockwise rotations in any of seven standard discharge positions.

STANDARD FEATURES

Welded construction—heavy-gauge housing and pedestal. Reinforcements pre-engineered for each model.

Precision balancing—AF wheels are dynamically balanced before final assembly. After assembly, fans are fine-tune balanced at specified operating speed.

Shafting—turned, ground, and polished shafting is straightened to close tolerance to minimize "run-out" and ensure smooth operation.

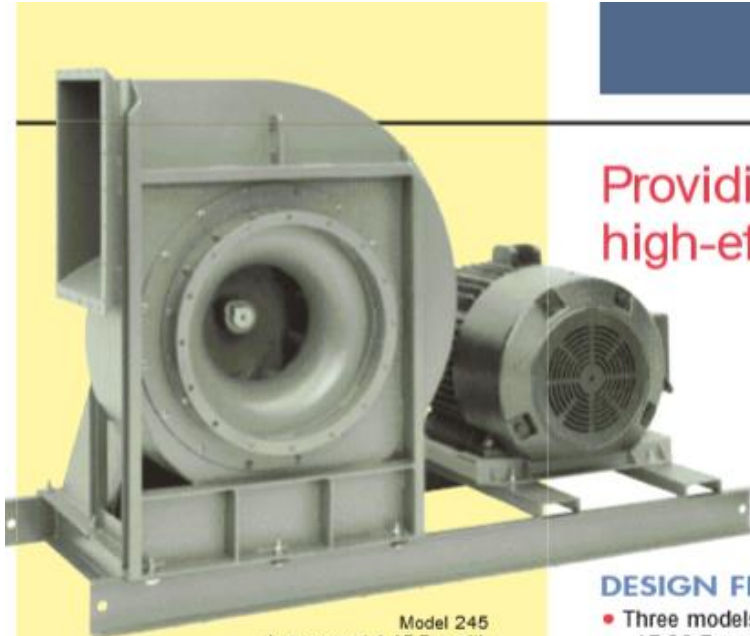
Bearings—ball or spherical roller bearings selected for each model to provide extended service life.

Flanged inlet and outlet—furnished with bolt holes for ease of installation.

Lifting eyes—sized and located for ease of handling.

Shaft seal—ceramic-felt seals standard on all Arrangement 1 and 8 fans...multiple-seal elements encased between metal backing plate and retainers. Teflon® shaft hole closure standard on Arrangement 4 fans.

[Teflon is a registered trademark of DuPont.]



Model 245
Arrangement 1 AF Fan with
unitary base and motor.



Model 305
Arrangement 1
AF Fan with
bolted cleanout door.

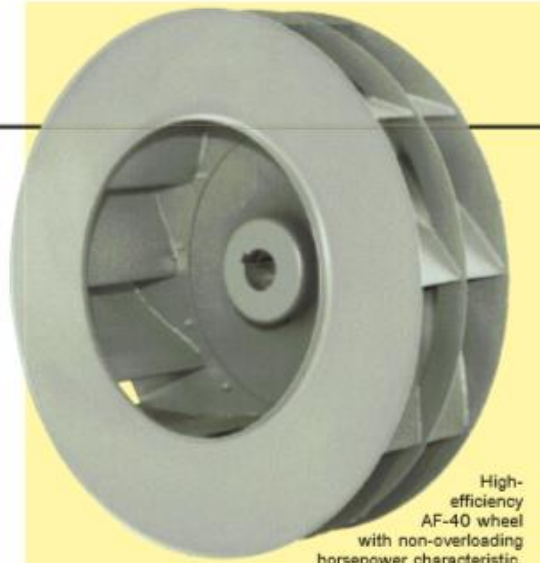
AF WHEELS

Designed for three levels of high pressure and high-capacity performance.

The AF wheel design has been in production since the 1970s. It has proven itself to be the high-efficiency, high-capacity workhorse of the industry in over 3000 industrial-process applications.

The New York Blower Company has incorporated state-of-the-art finite element analysis modeling, laboratory testing, and the latest alloy technology to the time-tested AF wheel to produce two new cost-effective wheels designed for applications requiring high capacity, high efficiency, and high pressures.

The new AF family of wheels is now capable of cost-effective performance in high-pressure applications from 30"WG of pressure to over 60"WG of pressure at high volumes.



High-efficiency AF-40 wheel with non-overloading horsepower characteristic.

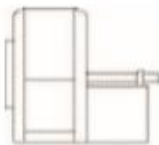
OPTIONAL ST WHEEL

The AF fan lines are also available with single-thickness airfoil ST wheel designs for slightly contaminated gas streams and alternate performance. Contact your **nyb** sales representative for selection assistance.

ARRANGEMENT FLEXIBILITY

ARRANGEMENT

1

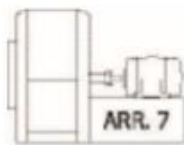


Overhung wheel on shaft-and-bearing assembly isolates fan bearings from airstream. Normally this arrangement is used for V-belt-drive fans which provides flexibility in fan performance.

Maximum temperature:

ARRANGEMENTS

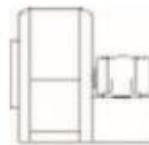
3/7



Wheel positioned between bearings...provides physically compact unit. Arrangement 3 fans are usually sold for V-belt-drive fan applications. Arrangement 7 fans include an integral motor base to accommodate motor and coupling.

ARRANGEMENT

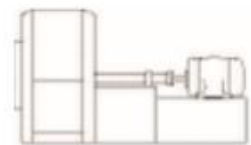
4



Wheel mounted directly on motor shaft to provide the most compact design. Elimination of shaft and bearings for minimum maintenance. Narrow-width wheel designs permit higher speeds and pressures.

ARRANGEMENT

8



Similar to Arrangement 1 but with integral motor base to accommodate motor and coupling.

Maximum temperature:
Standard fan: 300°F.
Heat fan: 750°F.

AF FAN ENGINEERING AND SELECTION

GENERAL

Due to the nature of AF Fans and the applications in which they are used, only experienced engineers and systems designers should select AF Fans. It is recommended that selection be made using New York Blower's Electronic Catalog software and that a New York Blower sales representative be consulted for assistance in optimizing the selection.

EVASE

A determination must be made as to whether or not the system discharge duct configuration will allow the use of an energy-saving evase. Depending upon the specific fan size and point of operation, an evase can significantly increase fan efficiency. Performance curves and specific performance data are available by using the Electronic Catalog.

CORRECTION FACTORS

Fan performance is based on actual cubic feet per minute [ACFM] at the fan inlet at standard density [.075 lbs./ft.³] and static pressure at the fan outlet. Static pressure capabilities are shown in inches water gauge ["WG].

Air-density corrections are necessary for proper selection when air density varies from the standard .075 lbs./ft.³ at 70°F. at sea level. This also occurs when negative static pressure exists [rarefaction] on the inlet side of the fan. Multiply the required static pressure at operating conditions by the appropriate factors in Charts I, II, and III to obtain the corrected static pressure for standard conditions. Pressure and BHP will be reduced at conditions by the inverse of these factors. Multiply one factor by the other if temperature, altitude, and rarefaction are non-standard. For example: if the installation is located at an altitude of 4000 feet, the gas temperature is 300°F. and the inlet pressure is -40"WG, the correction factor is 1.84 [1.16 x 1.43 x 1.11].

CHART I ALTITUDE [ft.] CORRECTIONS	
Alt.	Factor
0	1.00
500	1.02
1000	1.04
1500	1.06
2000	1.08
2500	1.10
3000	1.12
3500	1.14
4000	1.16
4500	1.18
5000	1.20
5500	1.23
6000	1.25
7000	1.30
8000	1.35
9000	1.40
10000	1.45

CHART II TEMPERATURE CORRECTIONS	
Temp. °F.	Factor
0	.87
20	.91
40	.94
60	.98
70	1.00
80	1.02
100	1.06
120	1.09
140	1.13
160	1.17
180	1.21
200	1.25
300	1.43
400	1.62
500	1.81
600	2.00
750	2.28

CHART III RAREFICATION CORRECTIONS	
Neg. inlet pressure "WG	Factor
15	1.04
20	1.05
25	1.07
30	1.08
35	1.09
40	1.11
45	1.12
50	1.14
55	1.16
60	1.17
65	1.19
70	1.21
75	1.23
80	1.25
85	1.26

FAN ARRANGEMENT

The choice of a fan arrangement must be made to determine specific fan capabilities. Space availability, airstream temperature, maintenance, control methods, performance requirements, and past practice must all be considered in the selection of fan arrangement. See pages 7 and 10 for further information on arrangements.

HEAT FANS

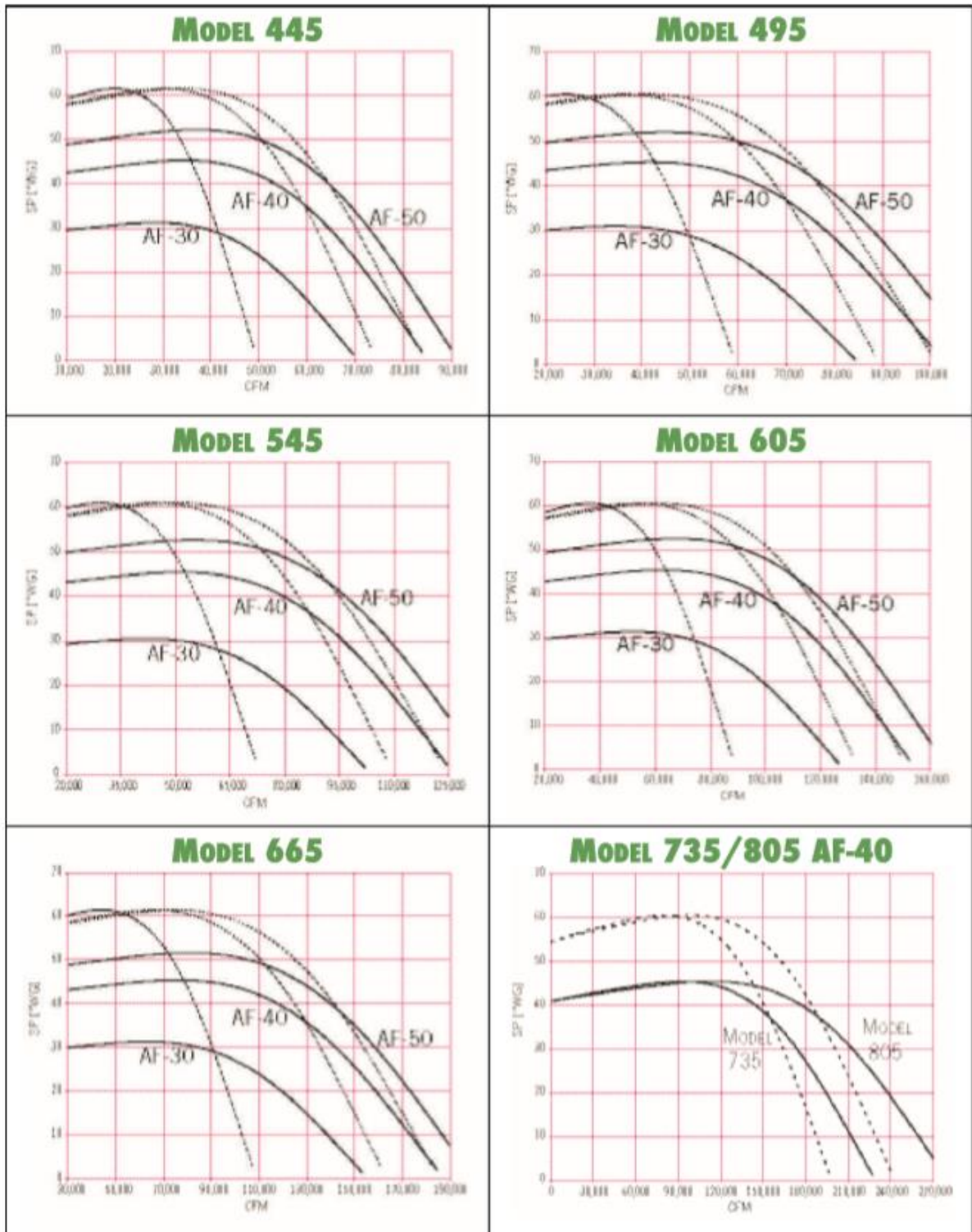
Fans handling hot airstreams must be kept in operation after system shutdown, until the airstream cools below 200°F. to prevent damage to the fan. The fan wheel or shaft might otherwise distort due to "heat-soaking". The shaft cooler on heat fans is only effective while rotating. Contact **nyb** when the application involves temperature changes greater than 20°F. per minute.

Refer to the selection example on page 10 for the effect of temperature on the maximum safe speed of wheels and the temperature derate factors in Chart V.

Pages 7 and 10 list the temperature limits by fan arrangement.

CHART IV MAXIMUM WHEEL OPERATING SPEEDS [RPM] AT 100% WIDTH			
Model	AF-30	AF-40	AF-50
245	3300	4000	4250
275	3000	3680	3900
305	2700	3310	3550
335	2500	3020	3205
365	2250	2720	2900
405	2035	2470	2640
445	1850	2230	2400
495	1675	2025	2170
545	1500	1830	1970
605	1375	1655	1780
665	1250	1505	1605
735	—	1360	—
805	—	1230	—

CHART V TEMPERATURE DERATES FOR STANDARD AF WHEELS			
Temp. °F.	AF-30	AF-40	AF-50
70	1.00	1.00	1.00
120	0.97	0.99	0.99
200	0.95	0.97	0.97
300	0.92	0.95	0.94
400	0.89	0.92	0.91
500	0.86	0.89	0.88
600	0.83	0.86	0.85
700	0.79	0.84	0.81
750	0.78	0.82	0.80



Solid lines are full-width wheels at maximum safe speeds at 70°F. up to nominal motor speed [3550 RPM].
 Dotted lines are narrow-width wheels at maximum safe speeds at 70°F. up to nominal motor speed [3550 RPM].
 Direct-drive curves are based on fan performance without evase.

BELT-DRIVE FAN SELECTIONS

The use of belt-drive arrangements provides flexibility in fan performance by changing sheaves and belts to modify fan speed.

The high speeds and horsepower requirements of AF Fans require proper drive selection to minimize shaft stress and maximize belt and bearing life. To ensure satisfactory motor performance, 1800 RPM motors 250 HP and above require motor-vendor approval of drive selection.

Arrangement 1 fans—overhung wheel keeps bearings out of airstream. Temperature limit for standard fan is 300°F., optional high-heat construction suitable to 750°F. Note: belt-drive fans are available in 24" to 66" wheel diameters.

Arrangement 3 fans—wheel between bearings provides most compact belt-drive configuration. Maximum temperature is 120°F.

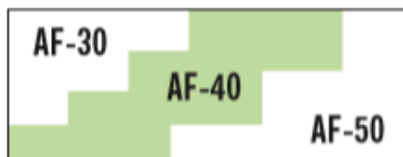


Model 245
Arrangement 1 AF Fan
with unitary base, belt guard, shaft
and bearing guard, motor, and drive.

HOW TO SELECT A BELT-DRIVE FAN

PROCEDURES	STEPS	EXAMPLE
For a given CFM and static pressure, capacity tables can be used to obtain fan size, outlet velocity, wheel RPM, and BHP. If capacities are at conditions other than 70°F., sea level, or standard density [.075 lbs./cu.ft.], correction factors must be applied to static pressure and BHP.	1	Fan required for 25,000 CFM, 33.2"SP at 120°F., and sea level. The system has 20" negative pressure at the fan inlet. The system allows for use of an evase outlet. The fan is to be Arrangement 1, belt-drive.
If temperature, altitude, or density-rarefaction corrections are required, determine the correction factor using Charts I, II, and III from page 6.	2	Correction factor for 120°F. is 1.09 from Chart II. Correction factor for rarefaction of 20" from Chart III is 1.05. The combined factor 1.09 x 1.05 = 1.145.
Multiply the required operating SP by the correction factor[s]. This gives the equivalent SP at .075 lb./cu.ft. density.	3	The required fan SP at standard air is 33.2 x 1.145 = 38.0 at 0.75 lb./cu. ft.
Select the fan size, RPM, and BHP from the capacity tables. Note: For a given performance, larger fans are generally more efficient and will have lower operating cost over the life of the fan.	4	A Model 335 AF Fan with evase is selected for 25,000 CFM, at 38.0"SP, 2808 RPM, 180 BHP at [standard air] .075 lbs./cu.ft. density.
Determine the maximum safe speed of the fan at operating [or design] temperature from Charts IV and V on page 6.	5	From Chart IV on page 6, the maximum safe speed is 3020 RPM for an AF-40 Fan at 70°F. The correction factor from Chart V for 120°F. is .99, when multiplied by 3020 gives 2990 RPM at 120°F. The fan is satisfactory for operation at 120°F.
Determine operating BHP by dividing the BHP from the capacity tables by the correction factor[s] used in step 3.	6	The fan-operating BHP is 180 divided by the combined correction factor. 180 ÷ 1.145 = 157 BHP.
Confirm maximum unit safe speed for the fan model and arrangement from Chart VII.	7	From Chart VII the Arrangement 1 maximum unit safe speed for a Model 335 AF-40 Fan is 2830 RPM...satisfactory for operation at 2808 RPM.

LEGEND



In capacity tables, pages 11 through 16, AF-30 is to the left of the shaded area, AF-40 is shaded area, AF-50 is to the right of the shaded area. Make sure to review additional speed limitations by arrangement.

CHART VII

BELT-DRIVE UNIT SAFE SPEEDS [RPM]

Model	AF-30		AF-40			AF-50		
	Arr. 1	Arr. 3	Arr. 1		Arr. 3	Arr. 1		Arr. 3
			Grease	Oil†		Grease	Oil†	
245	3300	3300	3800	4000	3800	4250	—	4250
275	3000	3000	3200	3500	3680	3900	—	3900
305	2700	2700	3000	3250	3200	3550	—	3550
335	2500	2500	2830	—	3000	3205	—	3205
365	2250	2250	2200	2720	2720	2900	—	2900
405	2035	2035	2200	—	2200	2000	2500	2640
445	1850	1850	2000	2230	2200	—	—	—
495	1675	1675	1950	—	2000	—	—	—
545	1500	1500	1690	—	1830	—	—	—
605	1375	1375	1655	—	1655	—	—	—
665	1250	1250	1500	—	1505	—	—	—

† Oil lubrication. All others are with grease lubrication.

MODEL 365		WITH EVASE			Wheel diameter: 36.5" Wheel circumference: 9.56'			Outlet area: 8.41 sq. ft. Maximum BHP = 14.5 $\left(\frac{\text{RPM}}{1000}\right)^3$			AF-30 = 2250 RPM AF-40 = 2720 RPM AF-50 = 2900 RPM												
CFM	OV	18"SP		22"SP		26"SP		28"SP		30"SP		34"SP		38"SP		42"SP		46"SP		48"SP		50"SP	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
18000	2140	1696	62.0	1851	76.9	2000	92.9	2076	102	2150	110	2284	128	2422	159	2548	180	2665	200	2715	224	2777	237
20500	2438	1741	70.2	1885	86.1	2029	103	2095	112	2159	121	2291	139	2428	171	2545	192	2666	214				
23000	2735	1802	79.8	1930	96.1	2060	114	2125	123	2189	133	2305	151										
25500	3032	1876	91.1	1993	108	2114	127	2168	136	2226	145	2345	166	2455	185	2568	208	2675	230	2728	241	2782	253
28000	3329	1959	104	2066	122	2176	141	2227	150	2281	160	2391	182	2499	204	2596	224	2700	247	2747	258	2804	272
30500	3627	2046	118	2146	137	2246	156	2300	167	2346	177	2449	199	2550	222	2639	243	2735	266	2793	281	2838	292
33000	3924	2137	133	2235	154	2332	175	2379	186	2423	196	2517	219	2612	243	2696	264	2785	288	2839	303	2881	315
35500	4221	2237	151	2329	173	2415	194	2461	206	2504	217	2588	239	2679	264	2764	289	2849	314				
38000	4518	2338	171	2425	194	2505	216	2549	228	2591	240	2673	264	2755	289	2836	314						
40500	4816	2440	192	2522	216	2601	240	2644	253	2680	265	2760	290										

MODEL 405		WITH EVASE			Wheel diameter: 40.3" Wheel circumference: 10.5'			Outlet area: 10.2 sq. ft. Maximum BHP = 24.5 $\left(\frac{\text{RPM}}{1000}\right)^3$			AF-30 = 2035 RPM AF-40 = 2470 RPM AF-50 = 2640 RPM												
CFM	OV	18"SP		22"SP		26"SP		28"SP		30"SP		34"SP		38"SP		42"SP		46"SP		48"SP		50"SP	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
24000	2348	1540	76.9	1691	96	1828	115	1895	125	1960	135	2085	167	2203	189	2320	227	2432	253	2478	264		
26600	2603	1574	85.9	1708	105	1836	124	1902	135	1966	146	2085	179	2210	204								
29200	2857	1615	95.5	1735	115	1858	136	1918	146	1976	157	2090	179										
31800	3112	1665	107	1775	126	1886	148	1947	160	2000	170	2111	194	2221	218	2320	242	2429	268	2478	281	2530	295
34400	3366	1721	119	1827	140	1928	162	1980	173	2036	186	2133	208	2241	235	2339	260	2438	286	2492	301	2539	314
37000	3620	1785	132	1880	154	1977	177	2023	188	2071	200	2173	227	2262	251	2360	278	2452	304	2501	318	2551	334
39600	3875	1850	147	1939	170	2034	195	2078	207	2124	220	2212	244	2302	271	2388	297	2481	326	2526	340	2567	354
42200	4129	1920	164	2004	188	2089	212	2131	225	2176	238	2260	265	2341	291	2429	319	2510	347	2553	362	2598	378
44800	4384	1991	181	2071	206	2150	232	2192	245	2235	260	2312	286	2396	315	2469	342	2552	372	2593	388	2629	402
47400	4638	2068	202	2144	228	2218	254	2259	268	2293	281	2373	311	2449	340	2519	367	2594	397	2633	413		

MODEL 445		WITH EVASE			Wheel diameter: 44.5" Wheel circumference: 11.7'			Outlet area: 12.5 sq. ft. Maximum BHP = 40.3 $\left(\frac{\text{RPM}}{1000}\right)^3$			AF-30 = 1850 RPM AF-40 = 2230 RPM AF-50 = 2400 RPM												
CFM	OV	18"SP		22"SP		26"SP		28"SP		30"SP		34"SP		38"SP		42"SP		46"SP		48"SP		50"SP	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
30000	2398	1409	97.6	1537	120	1661	144	1722	157	1780	169	1886	193.0	1996	236	2099	265	2194	294	2249	311	2288	323
33200	2654	1436	108	1554	131	1671	156	1730	170	1788	183	1897	210	2006	255	2106	285	2199	315	2249	332	2293	347
36400	2910	1466	118	1584	144	1692	170	1752	185	1805	199	1909	227	2006	265	2106	285	2199	315	2249	332	2293	347
39600	3165	1509	131	1616	158	1722	186	1773	200	1828	215	1924	244	2019	273	2116	305	2209	337	2254	353	2301	371
42800	3421	1556	145	1656	172	1752	201	1805	217	1851	231	1951	263	2039	293	2135	328	2221	360	2262	376	2306	393
46000	3677	1604	159	1697	187	1790	217	1840	234	1884	249	1978	283	2066	315	2150	348	2235	382	2280	401	2320	417
49200	3933	1661	175	1748	205	1834	236	1878	252	1924	270	2009	303	2092	336	2177	372	2257	406	2305	428	2343	445
52400	4189	1718	193	1801	224	1884	257	1923	273	1964	289	2050	326	2124	359	2205	395	2291	436	2325	452	2361	470
55600	4444	1780	213	1855	244	1933	278	1971	294	2010	312	2090	348	2166	385	2243	423	2315	459	2358	482	2391	499
58800	4700	1844	235	1915	267	1989	301	2026	319	2064	338	2137	374	2206	410	2280	450	2354	490	2390	510		

MODEL 495		WITH EVASE			Wheel diameter: 49.0" Wheel circumference: 12.8'			Outlet area: 15.3 sq. ft. Maximum BHP = 65.5 $\left(\frac{\text{RPM}}{1000}\right)^3$			AF-30 = 1675 RPM AF-40 = 2025 RPM AF-50 = 2170 RPM												
CFM	OV	18"SP		22"SP		26"SP		28"SP		30"SP		34"SP		38"SP		42"SP		46"SP		48"SP		50"SP	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
36000	2361	1267	116	1380	142	1500	172	1556	187	1610	202	1711	250	1810	285	1903	342	1990	378				
40000	2623	1295	130	1404	158	1507	187	1558	202	1611	218	1716	270	1811	305								
44000	2885	1336	146	1430	174	1526	205	1572	220	1621	236	1724	293	1811	305								
48000	3148	1383	164	1471	194	1558	225	1601	241	1646	258	1734	293	1822	329	1905	365	1990	403	2032	423	2075	444
52000	3410	1435	184	1516	216	1596	248	1637	265	1675	281	1758	317	1839	354	1922	393	2000	431	2038	451	2078	471
56000	3672	1493	207	1566	239	1640	272	1679	291	1716	308	1791	344	1867	383	1940	420	2018	462	2054	482	2091	503
60000	3934	1552	232	1621	266	1693	302	1728	320	1760	336	1831	375	1900	413	1969	452	2043	495	2076	515	2110	536
64000	4197	1615	260	1680	295	1744	331	1778	350	1813	370	1875	407	1941	447	2007	489	2072	531	2104	551	2137	573
68000	4459	1682	292	1741	327	1805	366	1834	385	1865	404	1925	444	1989	487	2049	527	2112	571	2142	593		
72000	4721	1748	325	1807	364	1863	401	1892	422	1923	443	1978	482	2037	525	2099	572	2155	615				

Performance shown is for AF Fans with evase discharges, with outlet ducts, and with or without inlet ducts. BHP does not include belt losses.

FUENTE: The New Yor Blower, 2007

**ANEXO 11 PLANOS DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVOS EN
SUSPENSIÓN**