

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“DISEÑO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL PARA
UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PINTURAS”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR

NIÑO ESPINOZA PATRICIA VIOLETA

ASESOR

ING° FABIO MANUEL RANGEL MORALES

Callao, Noviembre, 2017

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue Sustentada por la Bachiller **NIÑO ESPINOZA PATRICIA VIOLETA** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° CARLOS ALEJANDRO ANCIETA DEXTRE PRESIDENTE

ING° JULIO CÉSAR CALDERÓN CRUZ SECRETARIO

Lic. ANA MARÍA REYNA SEGURA VOCAL

ING° FABIO MANUEL RANGEL MORALES ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 1 de Tesis con Ciclo de Tesis Folio N° 21 y Acta N° 20 de fecha **DIEZ DE SETIEMBRE DE 2017**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 135-2017-CU de fecha 22 de junio de 2017 y modificado por Resolución N° 631-2017-R de fecha 24 de julio de 2017

DEDICATORIA

In memoriam,

Lorena Ramos de Espinoza e

Ing° Carlos Edmundo Castillo Saldaña,

Vuestro amor y recuerdo me acompañan siempre

AGRADECIMIENTOS

A Dios, sobre todas las cosas.

A mis queridos padres,

Luis Gustavo Niño Gastulo y Elena Espinoza Ramos de Niño,
como homenaje al gran esfuerzo que realizaron para brindarme
una educación profesional, al ejemplo de responsabilidad hacia el
trabajo y la disciplina.

A mi amado esposo,

Ing° Adolfo Rafael Reyes Condezo,

por su apoyo incondicional, quien con su comprensión y cariño
me motivó y alentó a concluir esta etapa tan anhelada de mi vida.

A mis hermanos Gustavo, Alexander y Magaly,

con quienes comparto la inmensa alegría de este logro profesional.

Al Ing° Fabio Manuel Rangel Morales,

por sus valiosos consejos y soporte como asesor para la elaboración de esta tesis.

Al Ing° Dennis Lino Bautista,

por su valioso tiempo en la revisión de esta tesis.

ÍNDICE

	Pag.
RESUMEN	06
ABSTRACT	07
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	08
1.1 Identificación del problema	08
1.2 Formulación del problema	09
1.2.1 Problema general	09
1.2.2 Problemas específicos	10
1.3 Objetivos de la investigación	10
1.3.1 Objetivo General	10
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 Justificación de la investigación	11
1.5 Importancia	12
II. MARCO TEORICO	14
2.1 Antecedentes del estudio	14
2.2 Bases teóricas	18
2.2.1 Proceso de producción de pinturas	18
2.2.1.1 Análisis de las materias primas	18
2.2.1.2 Procesos de producción de pinturas	20
2.2.1.3 Subprocesos	25
2.2.1.4 Producción de resinas	27
2.2.1.5 Tipos de pinturas	32
2.2.2 Fuentes y caracterización de emisiones a la atmósfera	32
2.2.3 Ventilación industrial	37
2.2.4 Ventilador	40
2.2.4.1 Tipo de ventilador	40
2.2.4.2 Zona de funcionamiento	47
2.3 Definiciones de los términos básicos u otros contenidos para fundamentar la propuesta de la investigación	49
III. VARIABLES E HIPÓTESIS	52
3.1 Variables de la investigación	52

	Pag.	
3.2	Operacionalización de las variables	53
3.3	Hipótesis	55
3.3.1	Hipótesis general	55
3.3.2	Hipótesis específica	55
IV.	METODOLOGÍA	57
4.1	Tipo de la investigación	57
4.2	Diseño de la investigación	57
4.3	Población y muestra	59
4.3.1	Población	59
4.3.2	Muestra	59
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
4.5	Procesamiento de recolección de datos	60
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos	60
4.7	Modelos y métodos de diseño del sistema de ventilación	60
4.7.1	Fundamento de diseño del equipo del sistema de ventilación para una planta de producción de pinturas	60
4.7.1.1	Ubicación de la planta de producción de pinturas para el diseño del sistema de ventilación	61
4.7.1.2	Normas legales aplicables para las seguridad y salud ocupacional	61
4.7.1.3	Análisis de la prevención de riesgos y factores que afectan a la seguridad industrial y salud ocupacional	66
4.7.1.4	Fundamento de diseño del sistema de ventilación industrial	95
4.7.2	Procedimiento de diseño	120
V.	RESULTADOS	142
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	144
6.1	Contrastación de hipótesis con los resultados	144
6.2	Contrastación de resultados con otros estudios similares	144
VII	CONCLUSIONES	146
VIII.	RECOMENDACIONES	150
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla N° 2.1 : Principales materias primas utilizadas en la fabricación de resina	29
Tabla N° 2.2 : Pinturas en base a solventes	33
Tabla N° 2.3 : Pinturas en base agua	34
Tabla N° 2.4 : Descripción general de productos del mercado de pintura nacional	34
Tabla N° 4.1 : Composición de aires reales	96
Tabla N° 4.2 : Composición de aire seco	96
Tabla N° 4.3 : Volumen necesario (m ³ /h) por persona	98
Tabla N° 4.4 : Número de renovaciones, según tipo de ambiente	99
Tabla N° 4.5 : Número de renovaciones, según volumen del ambiente	99
Tabla N° 4.6 : Clasificación de conductos de chapa	100
Tabla N° 4.7 : Valores recomendados para la velocidad de diseño de conductos	104
Tabla N° 4.8 : Pérdida de carga en codos de sección circular	105
Tabla N° 4.9 : Pérdida de carga en codos de sección cuadrada y Rectangular	105
Tabla N° 4.10 : Pérdida de carga en las uniones	106
Tabla N° 4.11 : Pérdida de carga en los sombreretes	106
Tabla N° 4.12 : Longitudes equivalentes de accesorios en metros	109

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 3.1 : Operacionalización de las variables	54
Cuadro N° 4.1 : Actividades capaces de producir enfermedades durante la producción de Pinturas	67
Cuadro N° 4.2 : Riesgo y consecuencias para la salud por exposición al agente químico resina acrilvinílica	70
Cuadro N° 4.3 : Riesgo y consecuencias para la salud por exposición al agente químico silano	71
Cuadro N° 4.4 : Consecuencias para la salud por exposición al agente químico ácido acrílico	72
Cuadro N° 4.5 : Consecuencias para la salud generados por exposición al agente químico cloruro de vinilo	77
Cuadro N° 4.6 : Consecuencias para la salud por exposición al agente químico acetato de vinilo	79
Cuadro N° 4.7 : Materias primas utilizadas en la fabricación de pinturas	80
Cuadro N° 4.8 : Riesgos y lugar de exposición durante el proceso de Producción	80
Cuadro N° 4.9 : Rendimiento real del esmalte sintético	82
Cuadro N° 4.10 : Datos físicos de las resinas alquídicas	83
Cuadro N° 4.11 : Signos y síntomas relacionados con la exposición a las resinas alquídicas	84
Cuadro N° 4.12 : Componentes químicos del thinner	85
Cuadro N° 4.13 : Signos y síntomas relacionados con el uso del thinner	86

	Pag.
Cuadro N° 4.14 : Datos físicos de la pintura oleo mate	87
Cuadro N° 4.15 : Propiedades físicas y químicas del aguarrás	88
Cuadro N° 4.16 : Enfermedades producidas por exposición a pigmentos cadmíferos	89
Cuadro N° 4.17 : Enfermedades Ocupacionales ocurridas durante el periodo 2016	90
Cuadro N° 4.18 : Enfermedades ocupacionales causadas por agentes químicos 2016	91
Cuadro N° 4.19 : Enfermedades ocupacionales en la producción de esta pintura	92
Cuadro N° 4.20 : Enfermedades ocupacionales para personas gestantes en Planta	93
Cuadro N° 4.21 : Riesgos disergonómico para personas gestantes en planta	94
Cuadro N° 4.22 : Riesgos disergonómico para personas gestantes en planta	101

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama N° 2.1 : Diagrama de proceso de fabricación de pinturas a base de agua.	24
Diagrama N° 2.2 : Diagrama de producción de pinturas a base de agua de agua.	26
Diagrama N° 2.3 : Diagrama de proceso de producción de pinturas a base de solvente.	27
Diagrama N° 2.4 : Diagrama de subprocesos en la fabricación de pinturas	28
Diagrama N° 2.5 : Diagrama de flujo del proceso de producción de resina por lotes	30
Diagrama N° 2.6 : Diagrama de proceso para la producción de pinturas	31
Diagrama N° 2.7 : Diagrama del proceso de fabricación de pinturas Identificando las etapas de generación de residuos	36
Diagrama N° 4.1 : Tipos de pinturas producidas	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1 : Componentes de un sistema de ventilación exhaustivo localizado	39
Figura N° 2.2 : Ventiladores con envolvente	41
Figura N° 2.3 : Ventiladores murales	41
Figura N° 2.4 : Ventiladores de chorro	42
Figura N° 2.5 : Ventiladores centrífugo	43
Figura N° 2.6 : Ventiladores transversales	43
Figura N° 2.7 : Ventiladores heliocentrífugos	44
Figura N° 2.8 : Ventiladores de baja presión	44
Figura N° 2.9 : Ventiladores de alta presión	45
Figura N° 2.10 : Ventiladores de baja presión	45
Figura N° 2.11 : Ventiladores de especial	46
Figura N° 2.12 : Acondicionamiento por transmisión	46
Figura N° 2.13 : Atendiendo al control de las presentaciones	47

	Pag.
Figura N° 4.1 : Depurador húmedo (torre de relleno)	117
Figura N° 4.2 : Diseño recomendable de codos	117
Figura N° 4.3 : Diseño recomendable de uniones	118
Figura N° 4.4 : Diseño recomendable de entrada al ventilador	118
Figura N° 4.5 : Diseño recomendable de ensanchamiento	119
Figura N° 4.6 : Diseño recomendable de contracciones	119

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 2.1 : Ventiladores centrifugo con rodetes	48
Grafico N° 2.2 : Ventiladores axiales	49
Grafico N° 4.1 : Factor de pérdida por fricción por metro	107
Grafico N° 4.2 : Factor de pérdida por fricción en longitud equivalente (1)	110
Grafico N° 4.3 : Factor de pérdida por fricción en longitud equivalente (2)	111
Grafico N° 4.4 : Factor de pérdida en la entrada de la campana	113

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema N° 4.1 : Esquema del sistema de ventilación	124
--	-----

ÍNDICE DE PLANOS

Plano N° 4.1 : Plano de distribución de la planta de producción de pinturas	62
Plano N° 4.2 : Plano de disposición del sistema de ventilación Industrial	136
Plano N° 4.3 : Plano de disposición de planta para el sistema de ventilación industrial	137
Plano N° 4.4 : Plano de construcción e instalación del sistema de ventilación	138
Plano N° 4.5 : Plano de diseño de campana	139
Plano N° 4.6 : Plano del diseño de sombrero y sus dimensiones	140
Plano N° 4.7 : Plano isométrico del sistema ventilación industrial	141

RESUMEN

Se ha diseñado detalladamente el equipo del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas identificando los focos o zonas en donde se producen o desprenden los contaminantes (polvos y vapores) del área de proceso en la industria de pinturas, para mejorar las condiciones ambientales y de esta manera mitigar los efectos en la salud que podrían experimentar los trabajadores al estar expuestos a sustancias características de este tipo de actividades. Para ello se ha evaluado las enfermedades profesionales que generan los componentes de la materia y sus productos en el proceso de producción de pinturas. Del estudio de las enfermedades profesionales se observó que las enfermedades más recurrentes fueron la dermatitis por contacto directo, silicosis e irritaciones en las fosas nasales e intoxicaciones. El diseño detallado del sistema de ventilación industrial cuenta con una campana, ductos, un equipo colector de material particulado y un ventilador con las siguientes especificaciones: Un ducto de 1 m de diámetro con 31 m de longitud total para manejar un caudal de 20 000 m³/h de aire y extraer los gases contaminantes. Un ventilador tipo axial tubular de una potencia de 4 Hp – 3 600 rpm, cuyo diámetro de la hélice es de 450 mm y con un tamaño de carcasa de 400 x 400 mm. **Palabras Clave** : Diseño, Sistema de Ventilación Industrial, Planta de Producción de Pinturas, Componentes de la materia prima y productos, Contaminantes de la materia prima y productos, enfermedades profesionales

ABSTRACT

The industrial ventilation system equipment for a paint production plant has been designed in detail to identify the pockets or areas where the contaminants (dust and vapors) from the process area in the paint industry are produced or released, to improve the Environmental conditions in this way to mitigate the health effects that workers could experience when being exposed to substances characteristic of this type of activities. To this end, the professional diseases that generate the components of the material and its products in the paint production process have been evaluated. From the study of occupational diseases, it was observed that the most recurrent diseases were direct contact dermatitis, silicosis and irritations in the nostrils and intoxications.

The detailed design of the industrial ventilation system has a hood, ducts, particulate collecting equipment and a fan with the following specifications: A duct of 1 m in diameter with 31 m of total length to handle a flow of 20000 m³ / h of air and extract the contaminating gases.

A tubular axial fan of a power of 4 Hp – 3 600 rpm, whose propeller diameter is 450 mm and with a shell size of 400 x 400 mm.

Keywords: Design, Industrial Ventilation System, Paint Production Plant, Raw material components and products, Raw material contaminants and products, occupational diseases

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del Problema

La industria utiliza un número creciente de sustancias y preparados químicos, muchos de los cuales poseen elevada toxicidad. Esto puede dar lugar a emisiones gaseosas, vaporizadas o material particulado que, aunque dispersas, alcancen concentraciones que exceden los límites higiénicos. Entre las diferentes metodologías de control aplicables a interiores laterales, las técnicas de ventilación son, sin duda, los procedimientos más utilizados para diluir o captar los flujos emisivos.

Los riesgos a los que están sometidos los trabajadores en la industria de pinturas es una realidad cotidiana en vista de los datos de siniestralidad laboral que nos ofrecen las estadísticas debido a la falta de higiene y seguridad industrial en la planta. Los siniestros que se producen son consecuencias de los fracasos en la acción preventiva con unos costes humanos y materiales muy elevados. Elevar el nivel de protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados del trabajo, debe realizarse mediante la aplicación de las técnicas de prevención por higienistas industriales, como forma de garantizar unas condiciones seguras o aceptables en los ambientes de trabajo.

Situaciones en que los trabajadores están expuestos a sustancias químicas (vapores y nieblas) y calor son muy frecuentes en el ambiente de

proceso de una planta industrial de producción de pinturas. Diseñar un Sistema de Ventilación Industrial brinda la solución a estos problemas mitigando el riesgo higiénico y generando condiciones favorables para los trabajadores durante la jornada laboral.

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

Para evitar que estos vapores y nieblas (sustancias químicas) provenientes de la materia prima e insumos que contaminan el aire que se encuentra en el interior de la zona de trabajo o área de proceso en la planta de producción de pinturas generen o produzcan enfermedades profesionales a los trabajadores u operarios, es necesario diseñar el sistema de ventilación industrial para dicha planta, el cual, es presentado en este trabajo de tesis.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

El diseño del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas abarca varios aspectos, entre los cuales los más relevantes, y teniendo en cuenta a la descripción inicial del objeto de investigación, se podrá plantear la siguiente pregunta, tal como:

¿Cuál es el método con el que se diseñará el sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles son los componentes de la materia prima y de sus productos que se analizará en el proceso de producción de pinturas?
- b) ¿Cuáles son los contaminantes producidos por la materia prima y de sus productos que se analizará en el proceso de producción de pinturas?
- c) ¿Cuáles son las enfermedades profesionales que pueden producir la materia y sus productos en el proceso producción de pinturas?
- d) ¿Cómo se diseñará detalladamente el sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Diseñar el sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas

1.3.2. Objetivos Específicos

- 1) Analizar y evaluar los componentes de la materia prima y de sus productos en el proceso de producción o elaboración de pintura.**
- 2) Identificar los contaminantes producidos por la materia prima y de sus productos en el proceso de producción de pinturas.**
- 3) Evaluar las enfermedades profesionales que pueden producir la materia y sus productos en el proceso producción de pinturas.**
- 4) Diseñar detalladamente el equipo del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas.**

1.4. Justificación de la investigación

La presente tesis se justifica por lo siguiente :

- a) En las literaturas existentes investigadas (artículos publicados) no se ha encontrado hasta la actualidad estudios sobre el diseño del sistema de ventilación industrial detallado para una planta de producción de pinturas mediante la fundamentación y el procedimiento de diseño adecuado.**
- b) El sistema de ventilación industrial diseñado proporcionará dar la solución a la contaminación ambiental, el exceso de humedad y la disipación del calor generado en el recinto o ambiente de trabajo**

mediante la remoción del aire contaminado con aire fresco de manera que sirva de guía para garantizar la calidad de aire en las plantas industriales en general y así reducir el riesgo de que los trabajadores, operarios, empleados o todo el personal que labora padezcan molestias o adquieran enfermedades ocupacionales.

- c) Desarrollar trabajos de investigación en el campo de ingeniería química que den un aporte a la seguridad e higiene industrial y protección ambiental con temas relacionadas al diseño del sistema de ventilación industrial.

1.5. Importancia

Muchas industrias químicas modernas del país requieren para el desarrollo de sus procedimientos industriales la utilización de diversas sustancias y productos químicos, los cuales, poseen elevadas toxicidades y lo expulsan al ambiente con concentraciones que exceden los niveles de seguridad permisible de partículas, gases, vapores y nieblas, siendo estos nocivos para la salud del trabajador u operario, sobre todo, cuando se tiene un contacto frecuente por cierto tiempo. Asimismo, el estrés térmico también origina ambientes de trabajo incómodos e inseguros. Por ello una ventilación eficiente y bien diseñada ofrece una solución a esta situación en la que se requiere protección del personal o trabajadores para controlar el aire viciado, la humedad y otras condiciones inseguras indeseables.

Uno de los aspectos más importantes del uso de la ventilación industrial, consiste en el cumplimiento de las leyes u obligaciones definidas para la protección del trabajador en materia de seguridad y salud en el trabajo en el Perú, de manera que, pueda evidenciarse el cumplimiento legal por parte de la empresa ante cualquier actuación inspectiva por parte de las autoridades como SUNAFIL o MINTRA.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del Estudio

Actualmente los estudios sobre el diseño del sistema de ventilación industrial para diversas plantas de producción, representan una solución para reducir el riesgo de que los trabajadores padezcan molestias o enfermedades ocupacionales a futuro, lo que conlleva a investigar más y de ellos se derivan :

- a) **Larrea Pombo M., 2014**, publica un proyecto sobre el diseño de un sistema de ventilación y aire acondicionado de un edificio técnico de una central de generación eléctrica en un emplazamiento con climatología extrema. En este proyecto da a conocer el diseño de la instalación de climatización de un edificio perteneciente a una central de generación eléctrica. Dicho edificio está situado en la ciudad de Yanbu, Arabia Saudita, por lo que toda la instalación se basa en las condiciones legales y técnicas establecidas. Estas instalaciones de climatización diseñadas han permitido cubrir las necesidades de calefacción y refrigeración a lo largo de todo el año. Asimismo, destacan la ubicación del proyecto, y menciona que la ciudad se encuentra en el nivel del mar y en mayor parte rodeada de desiertos, lo que el investigador ha tomado en cuenta al momento de elegir los

equipos y componentes para su instalación, así como la presencia de trampas de arena siempre que se lleve a cabo una infiltración de aire desde el exterior del edificio.

- b) **Gonzales Dávila, R., 2011**, ha publicado su tesis para optar el título de Ingeniero mecánico industrial titulado “Diseño de la cabina de pintura de un taller automotriz de enderezado y pintura” desarrollando el diseño de una instalación que proporcione un ambiente adecuado para la aplicación de pintura automotriz. El autor menciona que los factores que ha considerado para el diseño son, ambiente libre de partículas, ventilación, calefacción e iluminación adecuadas, ambiente óptimo para el operario de la misma de manera que cumpla con los requerimientos o parámetros establecidos por las casas matrices fabricantes de pintura automotriz.

- c) **Suarez Sarmiento, S., G., 2008**, en su tesis para optar el título de ingeniero mecánico titulado “Diseño de un sistema móvil de extracción de polvo generado durante el proceso de arenado” presenta el diseño de un sistema móvil de ventilación industrial para la evacuación de polvos contaminantes que se producen durante el arenado en la empresa DYFEMSA.

- d) **Pérez Gil, M., A., 2013**, en su tesis publicada “Diseño de sistemas de ventilación industrial para los ambientes de trabajo de una empresa

dedicada a la elaboración y comercialización de productos cosméticos” ha considerado dos factores : la materia prima que utilizan para los productos que se comercializan, y las condiciones de trabajo, menciona que para mejorar las condiciones ambientales en dichas zonas requiere del sistema de ventilación industrial y de esta manera, mitigar los efectos en la salud que podrían experimentar los trabajadores al estar expuestos a sustancias características de este tipo de actividades.

Asimismo, mencionan, que han diseñado dos sistemas, uno de ventilación general o diluidora y otro de ventilación localizada por la extracción. El sistema de ventilación diluidora es para la zona o sala de envasado de quita esmalte o acetona, y el de ventilación localizada por extracción para la sala de compactación de polvo cosmético.

Por último, estimaron los costos iniciales de estos sistemas de ventilación relacionado a los materiales, accesorios y equipos, además del costo energético, y un breve análisis entre el costo estimado del diseño y del beneficio a obtener.

- e) **Hermosilla García, R., y colaboradores, 1994** presentan el resumen de la normativa RITE parte II la exigencia de bienestar e higiene :

Mencionan que los parámetros que definen la calidad térmica del ambiente, capaz de brindar el bienestar térmico, como la temperatura seca del aire y operativa, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire en la zona ocupada e intensidad

de la turbulencia se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos. La temperatura operativa y humedad relativa : La fijan en función del número de personas y de su vestimenta.

La Velocidad media del aire, es decir, la velocidad del aire en la zona ocupada se debe mantener dentro de los límites del bienestar teniendo en cuenta la actividad de las personas y su vestimenta, así como la temperatura del aire y la intensidad de la turbulencia. También mencionan la exigencia de calidad del aire interior en los edificios de viviendas, en los locales habitables del interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes y en los edificios de cualquier otro uso; a los aparcamientos y los garajes ellos consideran válidos los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la Sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación. Asimismo, mencionan que el resto de edificios dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte de un suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes.

Otro parámetro a considerar es el aire de extracción que, en función del uso del edificio o local se puede clasificar de la siguiente manera: para la zona de oficinas y de comercialización, dónde no está permitido fumar, tenemos un bajo nivel de polución, para la zona de trabajo tenemos un moderado nivel de polución y para la zona de lacado tenemos un aire de alto nivel de polución. Finalmente, la exigencia de

calidad del ambiente acústico implica el cumplimiento de la exigencia del documento DBHR Protección Frente al Ruido.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Proceso de producción de pinturas

2.2.1.1. Análisis de las Materias primas

Los componentes o sustancias utilizadas en la elaboración de pinturas pueden agruparse en cuatro categorías de materias primas : pigmentos, aglutinantes, solventes y aditivos menores (Austin, T, 1988)

a) Pigmentos.- Son los componentes o productos en polvo, insolubles por si solos en el medio líquido de la pintura; tienen la función de suministrar el color y poder cubriente, contribuyendo a las propiedades anticorrosivas del producto y darle estabilidad frente a diferentes condiciones ambientales y agentes químicos.

Entre los pigmentos más utilizados en la fabricación de pinturas se encuentran variados compuestos en base a cromo y plomo, zinc en polvo, dióxido de titanio, sulfato de bario, negro de humo, aluminio en polvo y óxido de hierro.

Dentro de la formulación de las pinturas se encuentran también las llamadas "cargas", que cumplen el objetivo de extender el pigmento y contribuir con un efecto de relleno. Entre estos materiales se

encuentran sustancias de origen mineral como baritas, tizas, caolines, sílice, micas, talcos, etc., y de origen sintético como creta, caolines tratados y sulfato de bario precipitado.

- b) Los agentes aglutinantes.-** Son los componentes y sustancias que normalmente son orgánicas, cuya función principal es dar protección; se pueden utilizar en forma sólida, disueltos o dispersos en solventes orgánicos volátiles, en solución acuosa o emulsionados en agua. Estas sustancias comprenden los aceites secantes, resinas naturales y resinas sintéticas. Entre los aceites secantes, el más utilizado es el aceite de linaza.

Las resinas naturales en su mayoría son de origen vegetal con excepción de la goma laca; actualmente, su uso ha declinado considerablemente debido al desarrollo de un gran número de resinas sintéticas. Estas últimas normalmente se utilizan en combinación con los aceites antes mencionados siendo más resistentes al agua y agentes químicos. De todas éstas, la primera es la más utilizada.

- c) Los solventes o vehículos volátiles.-** Son los componentes o sustancias líquidas que dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la pintura. La variedad de solventes que ocupa este tipo de industria es muy amplia pero, a pesar de ello, su uso se ha visto disminuido en los

últimos años, debido a restricciones de tipo ambiental y de costo, especialmente en el caso de los solventes clorados.

d) Aditivos.- Los aditivos menores, son componentes o sustancias añadidas en pequeñas dosis para desempeñar funciones específicas, que no cumplen los ingredientes principales. Entre los más utilizados se encuentran los materiales secantes, plastificantes y antisedimentantes.

2.2.1.2. Procesos de Producción de Pinturas

Las sustancias secantes permiten controlar la velocidad de secado. Normalmente se utilizan sales orgánicas de elementos metálicos (cobalto, manganeso, plomo, calcio, zinc, hierro, vanadio, cerio y zirconio) (Kirk, J 1970)

Las sustancias plastificantes, por su parte, proporcionan flexibilidad y adherencia a los recubrimientos de superficie. Se clasifican en : aceites vegetales no secantes (derivados del aceite de ricino), monómeros de alto punto de ebullición (ftalatos) y polímeros resinosos de bajo peso molecular (poliéster)

Las sustancias antisedimentantes previenen o disminuyen la precipitación de los pigmentos, reduciendo la fuerza de atracción entre

partículas (ejemplo : lecitina) o formando geles (ejemplo : estearato de aluminio; anhídrido de silicio)

Las materias primas utilizadas en las industrias nacionales son similares a las de uso común a nivel mundial. Respecto de los solventes, el aguarrás se utiliza de preferencia en las pinturas de tipo decorativas, en tanto que en las pinturas de tipo industrial se utilizan productos más específicos.

De acuerdo a la información recopilada bibliográficamente, se puede establecer que las principales materias primas utilizadas en plantas industriales y sus factores de consumo son los siguientes :

- a) Solventes (principalmente aguarrás) L/ton. pintura. 160
- b) Dióxido de titanio (pimento) Kg/ton, pintura. 43
- c) Resina Kg/ton pintura. 16
- d) Parafina L/ton pintura. 30
- e) Gas licuado Kg/ton pintura. 2
- f) Petróleo 5 y 6 L/ton pintura. 5

Producción de pinturas

Los productos de la industria de recubrimientos de superficies son muy amplios, incluyendo pinturas en base agua (látex) y en base a solventes (óleo), barnices, lacas, impermeabilizantes y anticorrosivos,

pinturas marinas, automotrices, industriales, etc. A nivel nacional, la industria de pinturas sigue el mismo esquema de procesamiento que se utiliza a nivel mundial, considerando, similares etapas de proceso para ambos tipos de pinturas (Nahurm, E, 1985)

a) Pinturas en base agua.- Según la bibliografía revisada mencionan, que las pinturas basadas en agua generalmente están compuestas de agua, pigmentos, extensores de tiempo de secado (sustancias secantes), agentes dispersantes, preservantes, amoniaco o aminas, agentes antiespumantes y una emulsión de resina.

La elaboración de estas pinturas al agua se inicia con la adición de agua, amoniaco y agentes dispersantes a un estanque de premezclado. Posteriormente, se adicionan los pigmentos y agentes extensores.

La premezcla realizada, y dependiendo del tipo de pigmento, el material pasa a través de un equipo especial de molienda, donde ocurre la dispersión y luego se transfiere a un estanque de mezclamiento con agitación. En éste se incorporan las resinas y los plastificantes, seguidos de preservantes y antiespumantes y finalmente la emulsión de resina.

Finalmente, se agrega la cantidad de agua necesaria para lograr la consistencia deseada. Luego de mezclar todos los ingredientes, el producto obtenido es filtrado para remover pigmentos no dispersos

(mayores a 10 μ m), siendo posteriormente envasado en tarros y embalado.

Comúnmente, sólo los esmaltes en base agua pasan por equipos de molienda; los látex y pastas se dispersan y terminan en los tanques de mezclado.

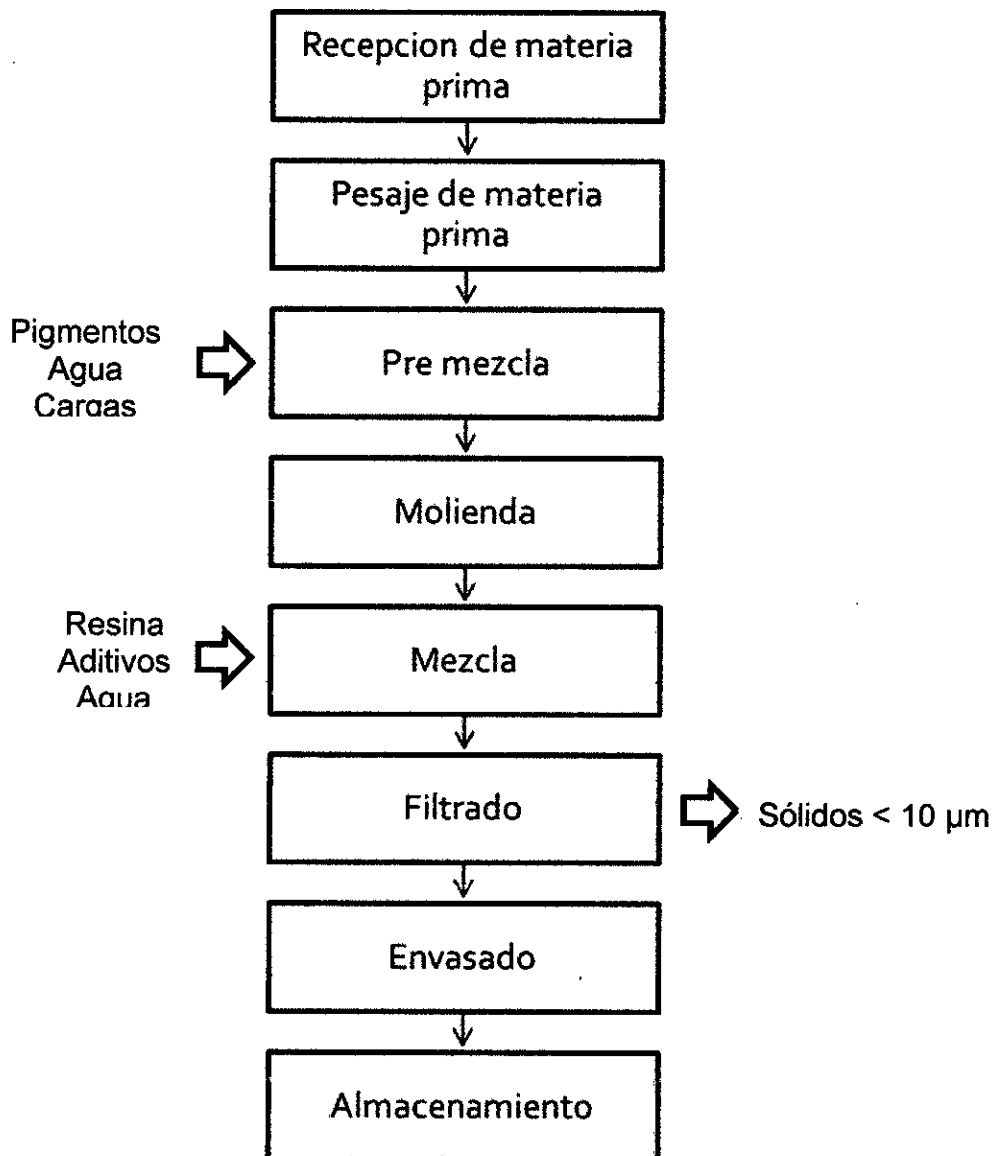
- b) **Pinturas en base a solventes.**- La bibliografía revisada menciona, que las pinturas basadas en solventes incluyen los siguientes componentes: un solvente, pigmentos, resinas, sustancias secantes y agentes plastificantes.

La secuencia en la elaboración de pinturas cuyo vehículo es un solvente que son similares a los descritos anteriormente. Inicialmente, se mezclan los pigmentos, resinas y agentes secantes en un mezclador de alta velocidad, seguidos de los solventes y agentes plastificantes. Una vez que se ha completado la mezcla, el material se transfiere a un segundo estanque de mezclado, en donde se adicionan tintes y solventes. Una vez obtenida la consistencia deseada, la pintura se filtra, envasa y almacena. Cabe hacer notar que en este proceso también es posible usar un estanque de premezcla y un molino en lugar del mezclador de alta velocidad. El **Diagrama N° 2.1 (Véase en la página N° 22)** es el proceso general de fabricación de pinturas.

- c) Los otros aditivos menores, usados con propósitos especiales, en ambos tipos de pinturas son las sustancias antibacterianas, estabilizantes, tensoactivos y agentes para ajuste de pH

DIAGRAMA N° 2.1

DIAGRAMA DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE PINTURAS A BASE DE AGUA



Fuente : Argudo Posligua, 2014

2.2.1.3 Subprocesos

En el proceso de producción de pinturas se pueden distinguir dos sub-procesos, en función del producto final que se quiera obtener, y esto es :

a) Sub – Proceso A : Producción de base incolora (pintura blanca).-

En la elaboración de este producto, se distinguen las siguientes operaciones :

- 1) Dispersión de la base concentrada incolora (30% concentración de sólidos).
- 2) Mezclado de terminación de base incolora.

Luego de estas etapas, se obtiene la base incolora, la cual puede continuar a envasado o a completar el proceso de fabricación de pintura color.

b) Sub – Proceso B : Producción de pintura color.- Este se caracteriza

por las siguientes operaciones :

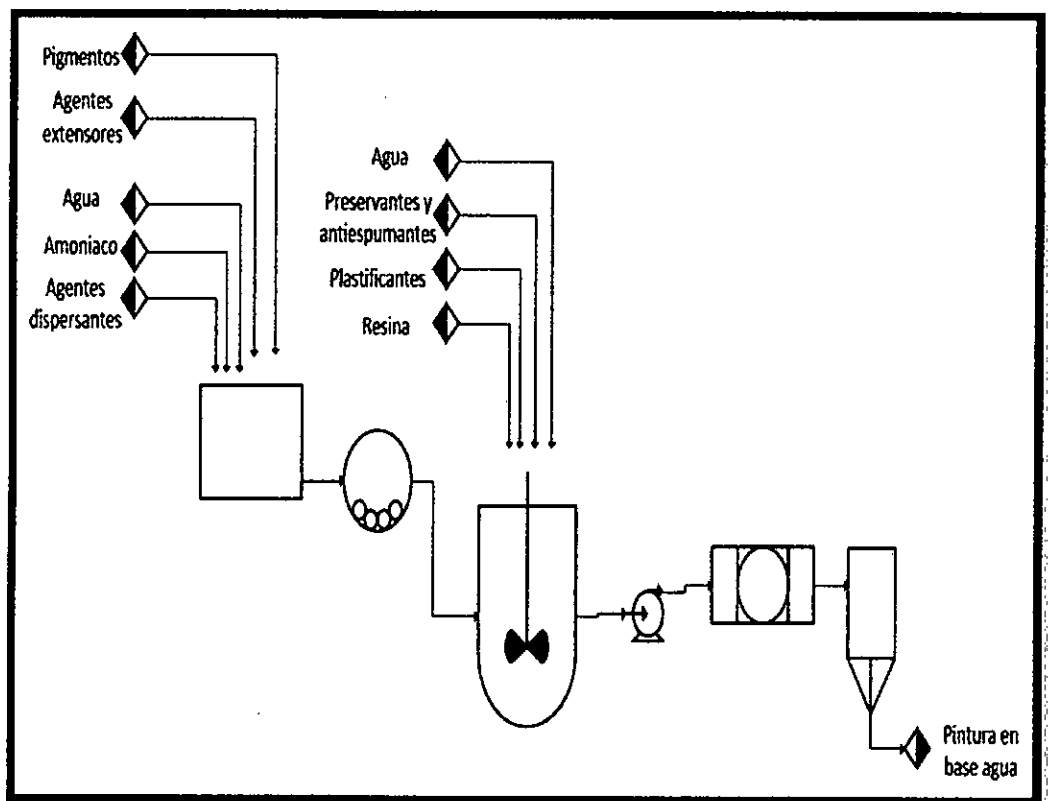
- 1) Dispersión del pigmento para formar una pasta coloreada (45% concentración de sólidos).
- 2) Molienda de la pasta coloreada para formar empaste.
- 3) Mezclado del empaste con resinas y solventes formando un concentrado coloreado.

Luego que se obtiene el concentrado coloreado terminado, la base incolora se mezcla con éste, obteniéndose pintura color. Por último, se envía a envasado, pasando previamente por control de calidad.

En cuanto a la operación de envasado, este puede ser manual o automático, dependiendo de las características técnicas y el tipo de empresa, las operaciones de transporte de fluido se realizan en forma manual, por bombeo (bombas de diafragma) o una combinación de ambas.

DIAGRAMA N° 2.2

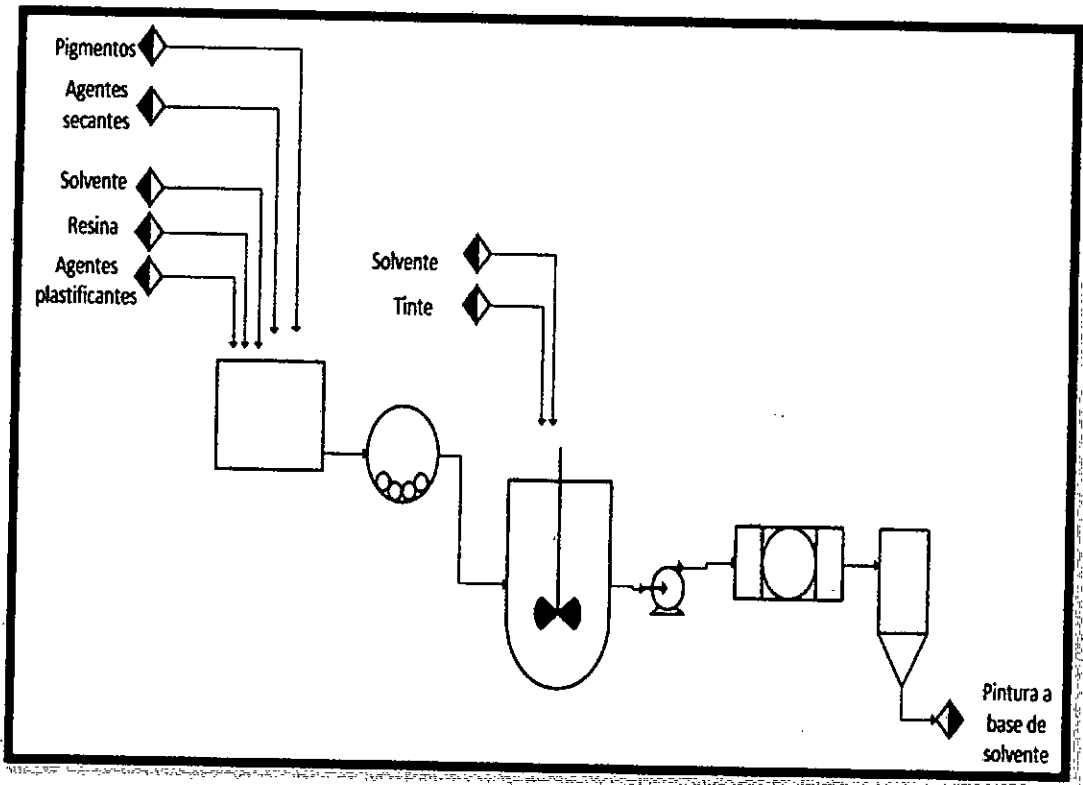
DIAGRAMA DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PINTURAS A BASE DE AGUA



Fuente : Argudo Posligua 2014

DIAGRAMA N° 2.3

DIAGRAMA DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PINTURAS A BASE DE SOLVENTES



Fuente : Argudo Posligua 2014

2.2.1.4 Producción de resinas

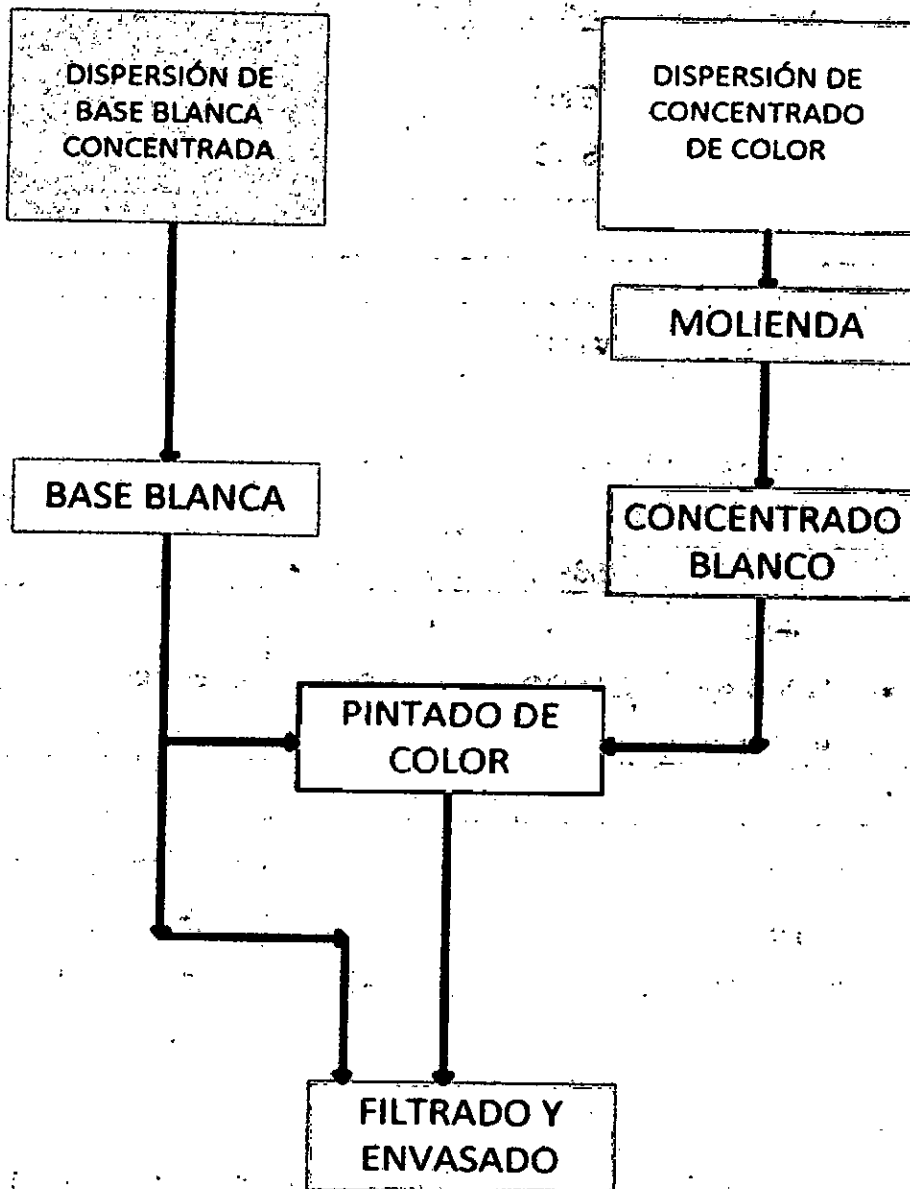
El proceso de producción de resinas, no es propia del proceso mismo de manufacturación de pinturas, pero algunas fábricas lo tienen incorporado dentro de su proceso.

La principal reacción presente en el proceso es la de esterificación, cuya ecuación de reacción es la siguiente :



DIAGRAMA N° 2.4

DIAGRAMA DE SUBPROCESOS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURAS



Fuente : Elaboración propia

El ácido orgánico que generalmente se utiliza es ácido ftálico y se produce al combinar anhídrido ftálico más agua.

El proceso consiste en la mezcla y reacción de anhídrido ftálico, un polialcohol y aceites insaturados a 200°C – 250°C. El tiempo de residencia en el reactor es de 8 a 12 horas aproximadamente con un pH de operación cercano a 9, utilizando amoniaco para su ajuste. De la reacción se obtiene una resina concentrada, la que es posteriormente diluida con solventes (aguarrás, xilol) y filtrada. La resina finalmente es almacenada en estanques. Este proceso es ilustrado en el **Diagrama N° 2.5 (Véase en la página 28)**

Asimismo, los procesos artesanales incluyen el calentamiento de resinas naturales para obtener aceites de diferentes tipos, como por ejemplo de linaza en el caso de una resina natural. También en algunos casos se utilizan resinas alquídicas, (Nahurm, E, 1985)

En la **Tabla N° 2.1** se presentan las principales materias primas utilizadas en la fabricación de resina.

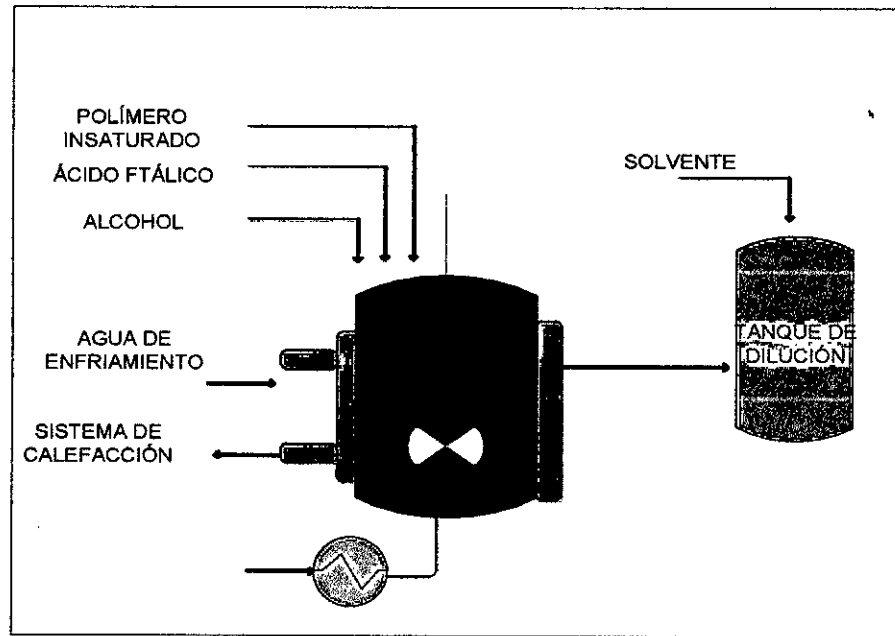
TABLA N° 2.1
PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA
FABRICACIÓN DE RESINA

MATERIA PRIMA	FACTOR DE CONSUMO Kg/TON pintura
Aceite de pescado	62
Anhídrido ftálico	30
Alcohol	15

Fuente : Elaboración Propia

DIAGRAMA N° 2.5

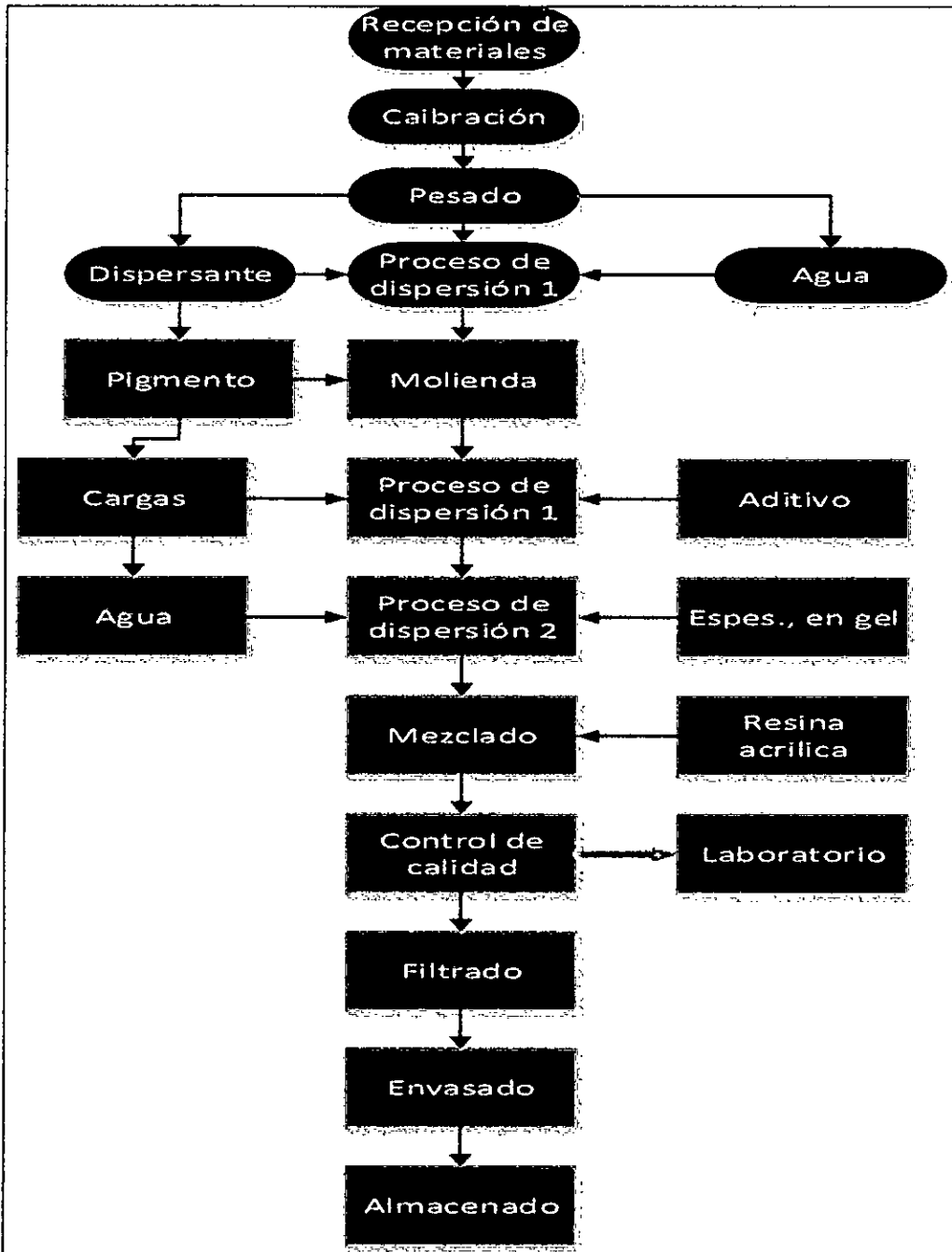
**DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE RESINA
POR LOTES**



Fuente : Industria de elaboración de pinturas, 1998

DIAGRAMA N° 2.6

DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE PINTURAS



Fuente : Elaboración propia

2.2.1.5 Tipos de Pinturas

En las **Tablas N° 2.2 (Véase en la pag. 31), N° 2.3 y N° 2.4 (Véanse en la pag. 32)** se presentan una caracterización de los tipos de pinturas con sus respectivos vehículos sólidos y volátiles, pigmentos y usos, tanto para pinturas como solvente como para pinturas al agua.

Se presenta a continuación, una descripción general de productos de la industria de pinturas a nivel nacional, basada tanto en el tipo de productos, su aplicación y sus componentes.

2.2.2. Fuentes y caracterización de emisiones a la atmósfera

Las fuentes identificadas que emiten a la atmósfera comprenden principalmente :

- a) Material particulado en suspensión (P.T.S.), estimado en un 0,8% respecto del material particulado emitido por las diferentes actividades industriales de la Región Metropolitana (1990)

TABLA N° 2.2

PINTURAS EN BASE SOLVENTE

TIPO DE PINTURA	VEHICULO SOLIDO	DISOLVENTE	TIPO DE PIGMENTOS	USOS
Alquídicas de secado al aire	Resina gliceroftalica con aceites secantes	Aguarrás	Amarillo cromo, Rojo molibdeno, Amarillo zinc	Decoración anticorrosiva
Alquídicas de secado al horno	R. oleo-gliceroftalica + melamino-formol	Tolueno-xileno Butanol	Amarillo cromo, Rojo molibdeno	Automotriz Electrodoméstico
Vinílicas	Polivinil-butiral	Tolueno	Amarillo zinc	Anticorrosivos
Celulósicas (lacas)	Nitrocelulosa modificada con resinas y plastificante	Acetato de etilo Ciclohexano Etilcetona	Amarillo cromo, Rojo molibdeno	Decoración de muebles, automotriz
Cloro - caucho	Caucho clorado	Xileno Tolueno	Amarillo zinc	Pinturas ignifugas Rev. Antiácidos, antiherrumbe
Poliuretano	Poliéster y poliisocianato	Cetonas, acetato de etilglicol acetato de butilo	Amarillo cromo, Rojo molibdeno, Amarillo zinc	Pinturas marinas y para hormigón, protectoras de fierro y aluminio
Epóxicas	Poliamida o poli amina con resina	Esteres, cetonas, alcoholes, glicoles		Pinturas marinas, revest, estanques.

Fuente : Ficha Técnica de la industria de pinturas

TABLA N° 2.3

PINTURAS EN BASE AGUA

TIPO DE PINTURA	VEHÍCULO SOLIDO	DISOLVENTE	TIPO DE PIGMENTOS	USOS
Plásticos	Acetato de polivinilo	Agua	Oxido de cromo, Azul ultramar	Decoración de paredes interiores y exteriores.
Acrílicas	Acrilatos	Agua	Oxido de cromo, Azul ultramar	Decoración, madera, metal interior y exteriores.

Fuente : Ficha Técnica de la industria de pinturas

TABLA N° 2.4

DESCRIPCIÓN GENERAL DE PRODUCTOS DEL MERCADO DE PINTURAS NACIONAL

PRODUCTOS	TIPO
Pinturas de fondo	Anticorrosivo estructural económico, de aparejo, crominio epoxil, crominio sintético amarillo, crominio sintético rojo, crominio zinc, súper crominio marítimo y selladores.
Pinturas de terminación	Ester – epoxy, ferrolastic, látex acrílico, látex vinílico, látex habitacional, oleo habitacional.
Esmaltes	Esmalte habitacional y tinte lustre
Esmaltes industriales	Amartillado, corrugado, esmalte secado horno liso, epoxil y esmalte industrial.
Barnices	Para maderas, epóxido, secado horno incoloro y marino sintético.
Lacas nitrocelulósicas	
Productos especiales	Aceite sintético de impregnación, antifouling, anti galvánica, calorkotem fixif negro, barnices sanitarios, lacas para estampados, pintura para pisos, pintura, removedores, pinturas

Fuente : Ficha Técnica de la industria de pinturas

b) **Compuestos orgánicos volátiles (C.O.V.).** Se pudo estimar que las emisiones de las industrias de pintura constituyen un 8%, respecto de las emitidas por el resto de los procesos industriales de la región en estudio, y de un 1,3% respecto del total de COV que se emiten en Lima punto de vista de la contaminación del aire, existe presencia de polvo en suspensión en los sectores de trabajo con pigmentos, en las zonas de preparación de bases, empastes, almacenaje, etc., debido principalmente a que el manejo de la carga es manual. Por otro lado, las calderas de la mayoría de las empresas, si existen, cumplen, con la reglamentación vigente de emisión de fuentes fijas. Otra fuente importante dice relación con las emanaciones de vapores de los solventes usados en el proceso, tales como aguarrás y compuestos en base a fenoles o bencenos.

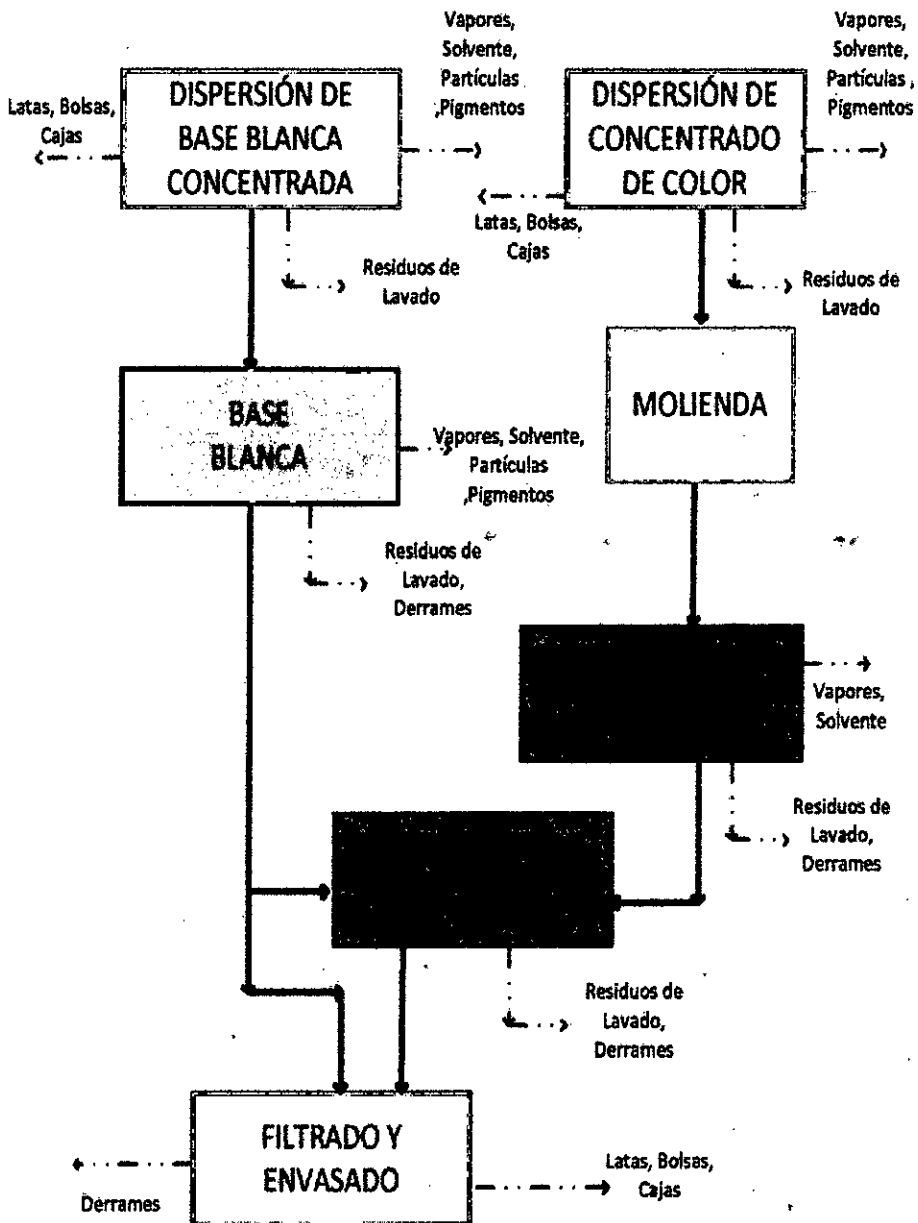
Actualmente, las empresas no poseen sistemas de control para este tipo de emisiones gaseosas, aun cuando a nivel mundial se utilizan sistemas de captación de polvo y lavado de gases.

Respecto a las emanaciones de solventes, no se cuenta con datos de medición del nivel de concentración de estos compuestos en el proceso, aun cuando existe una normativa que rige las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo y que especifica límites permisibles (Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales

básicas en los lugares de trabajo), (Soler, E, 2011). El cual es ilustrado en el Diagrama N° 2.7

DIAGRAMA N° 2.7

DIAGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PINTURAS, IDENTIFICANDO LAS ETAPAS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS



Fuente : Guía para el control de la contaminación industrial, 1998

2.2.3. Ventilación Industrial

La ventilación industrial es el conjunto de tecnologías que se utilizan para neutralizar y eliminar la presencia de calor, polvo, humo, gases, condensaciones, olores, etc. en los lugares de trabajo, que puedan resultar nocivos para la salud de los trabajadores.

La ventilación industrial también se define como un método común para reducir la exposición de las personas a los contaminantes químicos que se originan en los procesos industriales. También es útil para prevenir la acumulación de gases, vapores, polvos inflamables y/o explosivos. Asimismo, la ventilación es una buena solución cuando las modificaciones en los procesos u otros métodos de control no son efectivos.

Se presentan dos tipos de ventilación: la diluyente o ventilación general y la ventilación exhaustiva local.

La ventilación diluyente se presenta cuando los contaminantes presentes en el lugar de trabajo se mezclan con el aire que fluye a través del salón. Para este caso se puede utilizar el movimiento del aire inducido en forma natural o mecánica para diluir contaminantes hasta concentraciones inferiores a los límites ambientales permisibles para cada sustancia, siendo las sustancias únicamente gases o vapores de baja toxicidad (TLV mayor o igual a 100 ppm) También se utiliza la ventilación general para control de ambientes con presencia de calor convectiva.

Los sistemas de ventilación exhaustiva local son aquellos que capturan los contaminantes directamente en la fuente de origen antes de que ellos escapen hacia el ambiente del área de trabajo.

La ventilación exhaustiva local tiene la gran ventaja de remover los contaminantes en vez de diluirlos y requiere menos flujo de aire para la dilución, siendo esto otro de la ventaja que tiene este tipo de ventilación.

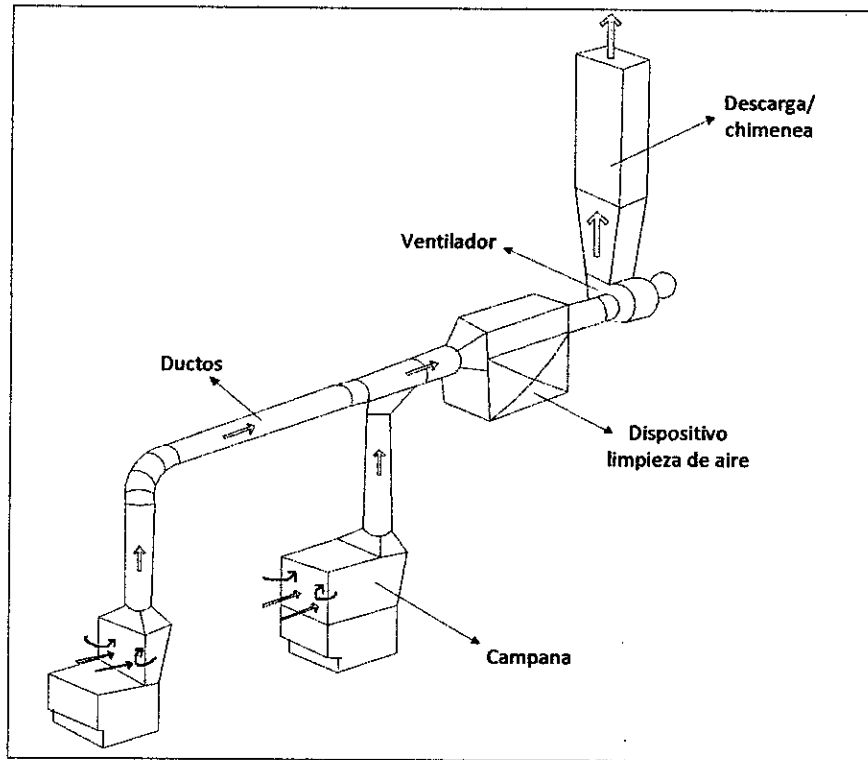
La desventaja de este tipo de ventilación son los más difícil de diseñar que los sistemas de dilución. Las campanas o cabinas extractoras deben tener la forma apropiada y estar bien localizados para hacer un control eficaz y eficiente de los contaminantes, y el ventilador y los ductos, deben diseñarse para extraer la cantidad correcta de aire a través de la campana, (Soler, E, 1998)

Los sistemas de ventilación exhaustiva local están compuestos por cinco elementos básicos, el cual es ilustrado en la **Figura N° 2.1 (Véase en la pag. N° 37) :**

- a) Sistema de captación o La campana
- b) El conjunto de ductos con sus accesorios (codos, entrada, uniones)
- c) El equipo para limpieza de aire.
- d) El ventilador con su motor y sistema de transmisión de fuerzas.
- e) La chimenea, la cual debe tener una altura mínima de acuerdo con la legislación existente.

FIGURA N° 2.1

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN EXHAUSTIVO LOCALIZADA



Fuente : Health and Safety Executive, 1998

La ventilación localizada incluye tanto a la extracción como a la inyección de aire. La extracción localizada encuentra una aplicación importante en la evacuación de contaminantes en su propia fuente de origen.

Idealmente el cálculo de este tipo de ventilación no requiere el conocimiento de la cantidad ni de la toxicidad de los contaminantes, puesto que el aire evacuado del local no debe ajustarse a las exigencias de respirabilidad. Desde un punto de vista práctico, los factores mencionados

influyen en el factor de seguridad que se adopta para determinar el caudal a extraer.

La inyección localizada de aire se aplica a la creación de zonas de alta velocidad con el fin de aliviar la carga térmica ambiental o, como se ha señalado, para reducir la concentración de contaminantes mediante su dispersión.

2.2.4. Ventilador

Son maquinarias rotatorias, que tienen la finalidad de mover una determinada masa de aire, a la que comunican cierta presión suficiente para que puedan vencer las pérdidas de carga que se producen en la circulación por los ductos: Compuestos por: Elemento Rotatorio (Hélice o Rodete), Soporte y Motor, (Baturin, V, V, 1976)

En general pueden llegar a 3 000 milímetros de columna de agua (m.m.c.a.)

2.2.4.1 Tipo de Ventilador

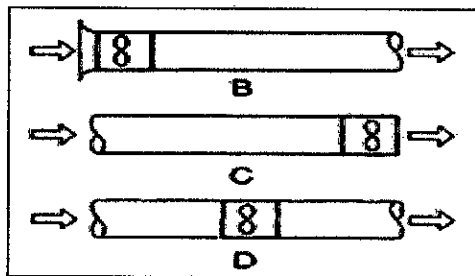
a) Atendiendo a su función :

- 1) Ventiladores con envolvente.** - Suele ser tubular. A su vez pueden ser :

- Impulsores (a).- Entrada libre, salida entubada.
- Extractores (b).- Entrada entubada, descarga libre.
- Impulsores – Extractores (c).- Entrada y salida entubadas.

FIGURA N° 2.2

VENTILADORES CON ENVOLVENTE

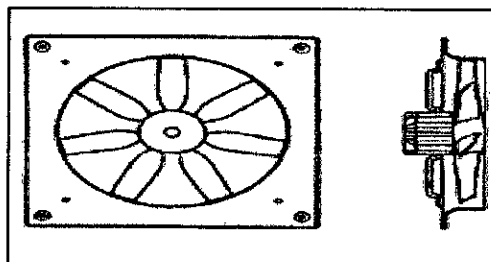


Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

2) Ventiladores murales :

FIGURA N° 2.3

VENTILADORES MURALES

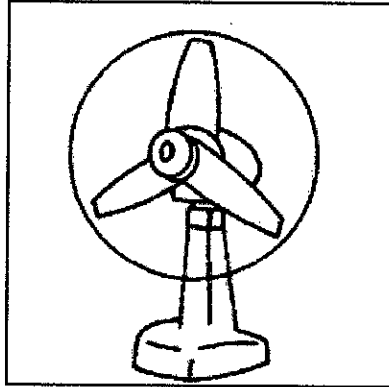


Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

- 3) Ventiladores de chorro.-** Aparatos usados para proyectar una corriente de aire incidiendo sobre personas o cosas.

FIGURA N° 2.4

VENTILADORES DE CHORRO



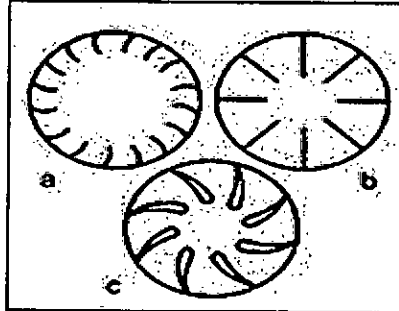
Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

b) Atendiendo a la trayectoria del aire :

- 1) **Ventiladores centrífugos.**- En estos aparatos 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. El rodete de estos aparatos está compuesto de álabes que pueden ser hacia adelante (a), radiales (b) o atrás (c)
- 2) **Ventiladores axiales.**- La entrada de aire al aparato y su salida siguen una trayectoria según superficies cilíndricas coaxiales.
- 3) **Ventiladores transversales.**- La trayectoria del aire en el rodete de estos ventiladores es normal al eje tanto a la entrada como a la salida, cruzando el cuerpo del mismo.

FIGURA N° 2.5

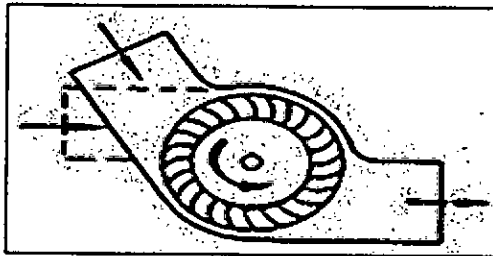
VENTILADOR CENTRÍFUGO



Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

FIGURA N° 2.6

VENTILADOR TRANSVERSALES



Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

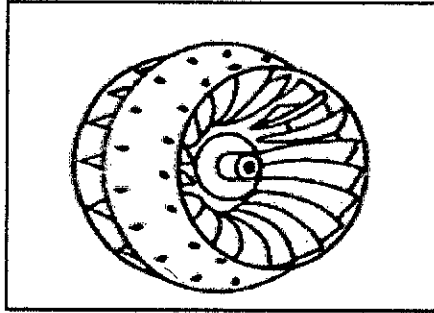
- 4) **Ventiladores helicocentrífugos.** - El aire entra como en los axiales y sale igual que en los centrífugos.

c) **Atendiendo a la Presión :**

- 1) **Ventiladores de baja presión.**- Se llaman así a los que no alcanzan los 70 Pascales. Suelen ser centrífugos y por antonomasia se designan así los utilizados en climatizadores.

FIGURA N° 2.7

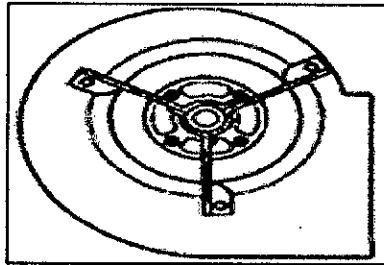
VENTILADOR HELIOCENTRÍFUGOS



Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

FIGURA N° 2.8

VENTILADORES DE BAJA PRESIÓN



Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

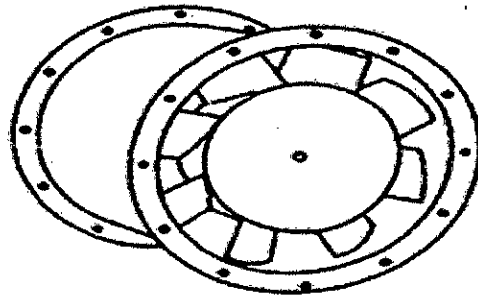
- 2) **Ventiladores de mediana presión.**- Si la presión está entre los 70 y 3,000 Pascales pueden ser centrífugos o axiales.
- 3) **Ventiladores de alta presión.**- Cuando la presión está por encima de los 3,000 Pascales. Suelen ser centrífugos con rodetes estrechos y de gran diámetro.

d) **Atendiendo a las condiciones de funcionamiento :**

- 1) **Ventiladores estándar.**- Son los aparatos que vehiculan aire sin cargas importantes de contaminantes, humedad, polvo, partículas agresivas y temperaturas máximas de 40° si el motor está en la corriente de aire.

FIGURA N° 2.9

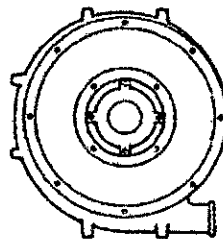
VENTILADORES DE ALTA PRESIÓN



Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

FIGURA N° 2.10

VENTILADOR DE BAJA PRESIÓN

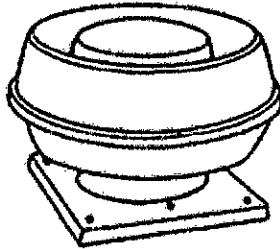


Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

- 2) **Ventiladores especiales.**- Son los diseñados para tratar el aire caliente, corrosivo, húmedo etc. o bien para ser instalados en el tejado o dedicados al transporte neumático.

FIGURA N° 2.11

VENTILADOR ESPECIAL



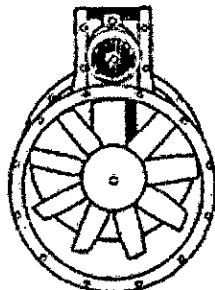
Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

e) **Atendiendo al sistema de accionamiento :**

- 1) **Accionamiento directo.**- Cuando el motor eléctrico tiene el eje común, o por prolongación, con el del rodete o hélice del ventilador.
- 2) **Accionamiento por transmisión.**- Como es el caso de transmisión por correas y poleas para separar el motor de la corriente del aire (por caliente, explosivo, etc.)

FIGURA N° 2.12

ACONDICIONAMIENTO POR TRANSMISIÓN

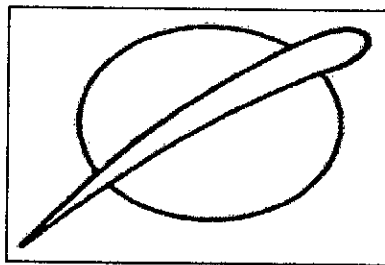


Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

- f) **Atendiendo al control de las prestaciones.-** Es el caso de ventiladores de velocidad variable por el uso de reguladores eléctricos, de compuertas de admisión o descarga, modificación del caudal por inclinación variable de los álabes de las hélices, etc.

FIGURA N° 2.13

ATENDIENDO AL CONTROL DE LAS PRESENTACIONES



Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

2.2.4.2. Zona de funcionamiento

Existe una zona de la curva característica en la que es recomendable el uso los ventiladores según su tipo y tamaño. Fuera de ella pueden producirse fenómenos que hacen aumentar desproporcionadamente el consumo hundiendo el rendimiento, provocando un aumento intolerable del ruido e incluso produciendo flujos intermitentes de aire en sentido inverso.

En los catálogos de ventiladores vienen indicadas las zonas de la curva característica.

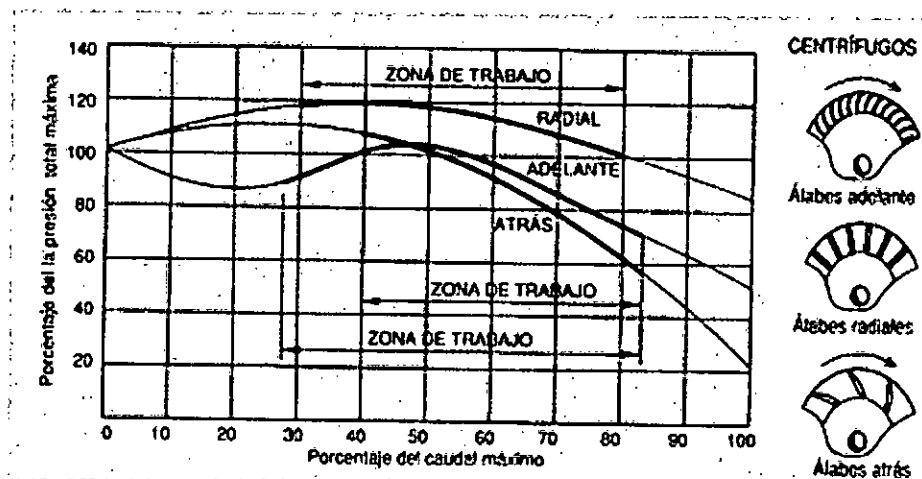
Recomendadas de uso o, simplemente, solo se publica el tramo de curva en el que es aceptable su funcionamiento. En general la mencionada

zona abarca la superficie sombreada que se indica en la Ilustración para una familia de curvas de un aparato a varias velocidades.

Las gráficas de la siguiente ilustración son las de ventiladores centrífugos con rodetes Adelante, Radiales y Atrás con indicación de la zona normal de trabajo y en porcentajes de caudal y presión.

GRÁFICO N° 2.1

VENTILADORES CENTRÍFUGOS CON RODETES

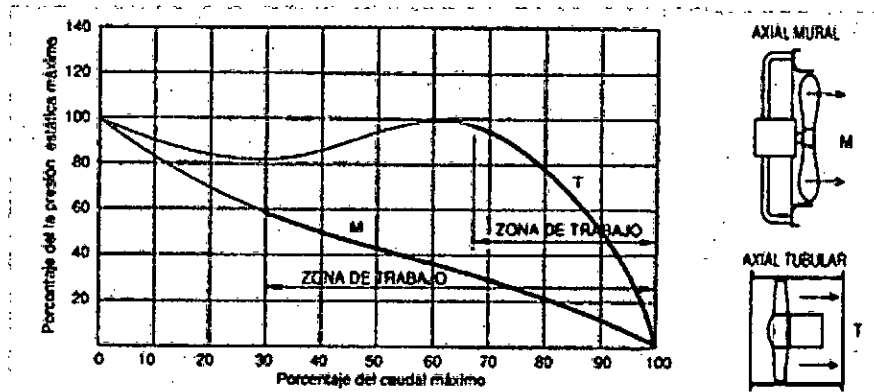


Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

La siguiente grafica representa a los ventiladores axiales, impulsor uno y tubular el otro, de mediana presión, con las mismas indicaciones descritas para los aparatos anteriores.

GRÁFICO N° 2.2

VENTILADORES AXIALES



Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

2.3. Definiciones de los términos básicos u otros contenidos para fundamentar la propuesta de la investigación

- a) **Diseñar.** - Consiste en delinear o dar forma a una figura cualquiera, describir las cualidades de un objeto, dimensionar o determinar la capacidad del objeto.
- b) **Sistema.** - Es el conjunto ordenado de normas y procedimientos que regulan el funcionamiento de un equipo, grupo o colectividad.
- c) **Ventilación.** - Sistema o abertura que permite que el aire de un lugar cerrado se renueve. Se denomina **ventilación** al acto de mover o dirigir el movimiento del aire para un determinado propósito.
- d) **Ventiladores.** - Son dispositivos o maquinarias que trasladan aire de un punto a otro.

También, se define como la maquina rotativa que transmite energía al fluido que circula por ella, bajo la forma de aumento de presión.

Los ventiladores se pueden clasificar en centrífugos, tangenciales y axiales, en función y la dirección que adopta el flujo que los atraviesa. Otra clasificación, atendiendo a la presión que desarrollan, nos proporciona un criterio de selección.

Los ventiladores centrífugos se usan en aplicaciones en que se requieren presiones de medias altas y caudales medios. Los ventiladores axiales, se emplean para mover caudales medios, altos y muy altos con presiones relativamente bajas.

- e) **Sistema de Ventilación.** - Es la instalación de la ventilación que debe funcionar correctamente en todo momento, garantizando las condiciones de temperatura y humedad requeridas para cada sala además de estar provista de equipos de reserva para minimizar los problemas derivados de un posible fallo en el sistema principal.
- f) **Caudal.** - Flujo volumétrico determinado para la densidad del aire
- g) **Presión estática.** - Presión del aire debida solo a su grado de compresión. Puede ser positiva o negativa. En el ventilador es la diferencia entre la presión estática de salida y la presión total a la entrada.

- h) Presión dinámica.** - Presión del aire debida solo a su movimiento. La presión dinámica puede ser solo positiva. En el ventilador será la correspondiente al promedio de las velocidades a la salida del ventilador.
- i) Presión total.** -- Presión del aire debida a su compresión y movimiento. Es la suma algebraica de las presiones dinámica y estática en un punto determinado. Por lo tanto, si el aire está en reposo, la presión total es igual a la presión estática. En el ventilador será la diferencia entre las presiones totales determinadas a la salida.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la Investigación

Las variables son las siguientes :

$$X = f (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6)$$

Variable dependiente :

X = Diseño del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas.

Variables independientes :

Y₁ = Flujo volumétrico de aire contaminada con vapores y nieblas de los compuestos químicos en el interior de la planta de pinturas.

Y₂ = Composición del contaminante (%) en el aire caliente y contaminada

Y₃ = % de humedad del aire a extraer

Y₄ = Velocidad del aire

Y₅ = Presión dinámica y presión estática

Y_6 = Sección del ducto

3.2. Operacionalización de las Variables

Variables independientes, controlables :

- a) Flujo volumétrico de aire caliente y contaminado con vapores y nieblas de los compuestos químicos en el interior de la planta de pinturas, m^3/s
- b) Composición del contaminante, % molar, fracción molar.
- c) Condición de operación: presión dinámica, estática, temperatura (m.m.c.d.a.), ($^{\circ}C$)
- d) Velocidad del aire, m/s
- e) Humedad del aire, % H
- f) Sección del ducto, m^2

Variables dependientes :

Diseño del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas.

- a) Capacidad del ventilador o potencia de instalación, hp
- b) Dimensiones: Longitud del canal o tubo de succión y descarga del aire, m

- c) Diámetro del canal o tubo de succión y descarga del aire, m.
- d) Tiempo de extracción.
- e) Datos de construcción
- f) Especificaciones técnicas

Variables intervinientes :

- a) Rendimiento del ventilador.

CUADRO N° 3.1

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

TIPO DE VARIABLES	INDICADORES	DIMENSIONES
Variables independientes, controlables:		
Y ₁ = Flujo volumétrico de aire caliente y contaminado con vapores y nieblas de los compuestos químicos en el interior de la planta de pinturas.	Caudal volumétrico, Qv	m ³ /s
Y ₂ = Composición del contaminante en el aire	Fracción molar, y	% molar
Y ₃ = Condición de operación	Presión dinámica y estática, Pd, Pa Temperatura (T)	m.m.c.d.a °C
Y ₄ = Velocidad del aire	Velocidad del aire, v	m/s
Y ₅ = Humedad del aire	% Humedad del aire, h	%
Y ₆ = Sección del ducto	Área: S _T Diámetro, D Longitud, L	m ² m m
Variables dependientes, controlables:		
Diseño del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas.	Capacidad dimensionamiento: Diámetro, longitud especificaciones, datos de construcción	HP m m

Fuente : Elaboración propia.

3.3. Hipótesis

3.3.1. Hipótesis General

El diseño del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas emplea métodos para el cálculo de parámetros de funcionamiento del equipo de ventilación industrial en la extracción e impulsión del aire contaminado.

3.3.2. Hipótesis Específica

- a) Los componentes de la materia prima y de los productos en una planta de producción de pinturas tales como resinas, silano, ácido acrílico, cloruro de vinilo, acetato de vinilo, tolueno, alcoholes, ésteres, pigmentos, dióxido de titanio, carbonato de calcio, producen contaminantes durante el proceso de fabricación de pinturas.

- b) Los contaminantes producidos por los componentes de la materia prima y de los productos durante el proceso de producción de pinturas tales como vapores, gases, humos y partículas finas originan consecuencias negativas para la salud del trabajador.

- c) Las enfermedades profesionales tales como neumoconiosis, rinoconjuntivitis e hipoacusia, asma y neoplasias malignas son

generadas por exposición a los componentes de la materia prima y del producto en la planta de producción de pinturas.

- d) Se diseñara el Sistema de Ventilación Industrial para una Planta de Producción de Pinturas mediante los fundamentos y los procedimientos de diseño de ingeniería de detalle para el dimensionamiento de equipos industriales

IV. METODOLOGIA

Para lograr los objetivos propuestos en este trabajo de tesis, se ha relacionado con el diseño sistema de ventilación para la planta de producción de pinturas y la prevención de riesgos y seguridad industrial y salud ocupacional.

Se utilizará la siguiente metodología :

4.1. Tipo de la investigación

El tema se encuentra ubicado dentro del área de la Ingeniería Química (sección de seguridad e higiene industrial en diseño plantas químicas) y en la Ingeniería de diseño de equipos industriales, el primero responde fundamentalmente al estudio y a los principios de la Ingeniería de proceso industriales, y la segunda responde los fundamentos y procedimiento de diseño de equipos industriales.

Este trabajo es una investigación predictiva y aplicada, que utiliza técnicas del diseño de equipos para su elaboración.

4.2. Diseño de la investigación

a) Definir el escenario de la investigación.- El presente trabajo de investigación tiene como escenario el Laboratorio de Operaciones y

Procesos Unitarios (LOPU) de la FIQ – UNAC

- b) Elegir el método o modelo de diseño.-** Para el Diseño de Detalles o Dimensionamiento es necesario el cálculo de la Pérdida de carga en los conductos para lo cual se presentan dos métodos, el método de la Presión Dinámica y el método de la longitud Equivalente y sus respectivos modelos matemáticos para la determinación de la potencia del motor del ventilador para el sistema de ventilación industrial en una planta de producción de pinturas.
- c) Recolectar la información necesaria para evaluar cada clase de uso (o de no uso) objeto de este estudio.-** Ante la imposibilidad del material de obtener información para todos los indicadores de las variables contempladas para alcanzar todos los propósitos de este estudio; se ha coleccionado las informaciones de fuentes secundarias; producto de investigaciones previas, ejecutadas por instituciones, para el análisis de los componentes de la materia prima y producto que emiten contaminantes nocivos para la salud humana, que están reglamentadas por normas legales.
- d) Diseñar el sistema de ventilación para la planta de producción de pinturas.-** Para diseñar detalladamente el equipo del sistema de ventilación se han aplicado los fundamentos y procedimientos de

diseño de ingeniería de detalles.

4.3. Población y Muestra

4.3.1. Población

El universo de la investigación o línea de trabajo son las Plantas de Producción de Pinturas. El desarrollo de la tesis está enmarcada dentro de los lineamientos de la Seguridad e Higiene Industrial en Plantas Químicas.

4.3.2. Muestra

La muestra de la investigación es el Diseño del Sistema de Ventilación Industrial para una Planta de Producción de Pinturas.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas del procedimiento de recolección de datos se mencionaron en el diseño de la investigación, y es :

- a) Método de cuantificación el flujo volumétrico.
- b) Método descriptivo y demostrativo para determinar la capacidad de ventilación en la planta de producción de pinturas.
- c) Métodos y procedimiento de diseño de equipos industriales.

4.5. Procesamiento de recolección de datos

En esta etapa se procedió a desarrollar la fundamentación del diseño del sistema de ventilación industrial, posteriormente se ha realizado el procedimiento de diseño, con el propósito de cumplir con los objetivos y las hipótesis de la presente tesis.

4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos

Debido a la naturaleza de la presente tesis, no se han procesados datos estadísticos. Los datos obtenidos del dimensionamiento del ventilador industrial son presentados de manera comparativa de acuerdo a los dos métodos para el cálculo de la pérdida de carga en los conductos a fin de obtener la potencia del motor, así como una comparación posterior con los datos técnicos emitidos por fabricantes del rubro.

4.7. Modelos y Métodos de diseño del sistema de ventilación

4.7.1. Fundamento de diseño del equipo del Sistema de Ventilación para una Planta de Producción de Pinturas

Para el diseño del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas, se ha tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- a) En la distribución de planta y capacidad de producción de pinturas de una planta industrial.
- b) Se ha analizado las normas legales y reglamentaciones para las enfermedades profesionales y ocupacionales.
- c) Se ha analizado la prevención de riesgos y factores que afectan a la seguridad industrial y salud ocupacional.
- d) se ha analizado los fundamentos de diseño del sistema de ventilación industrial

4.7.1.1. Ubicación de la planta de producción de pinturas para el diseño del sistema de ventilación

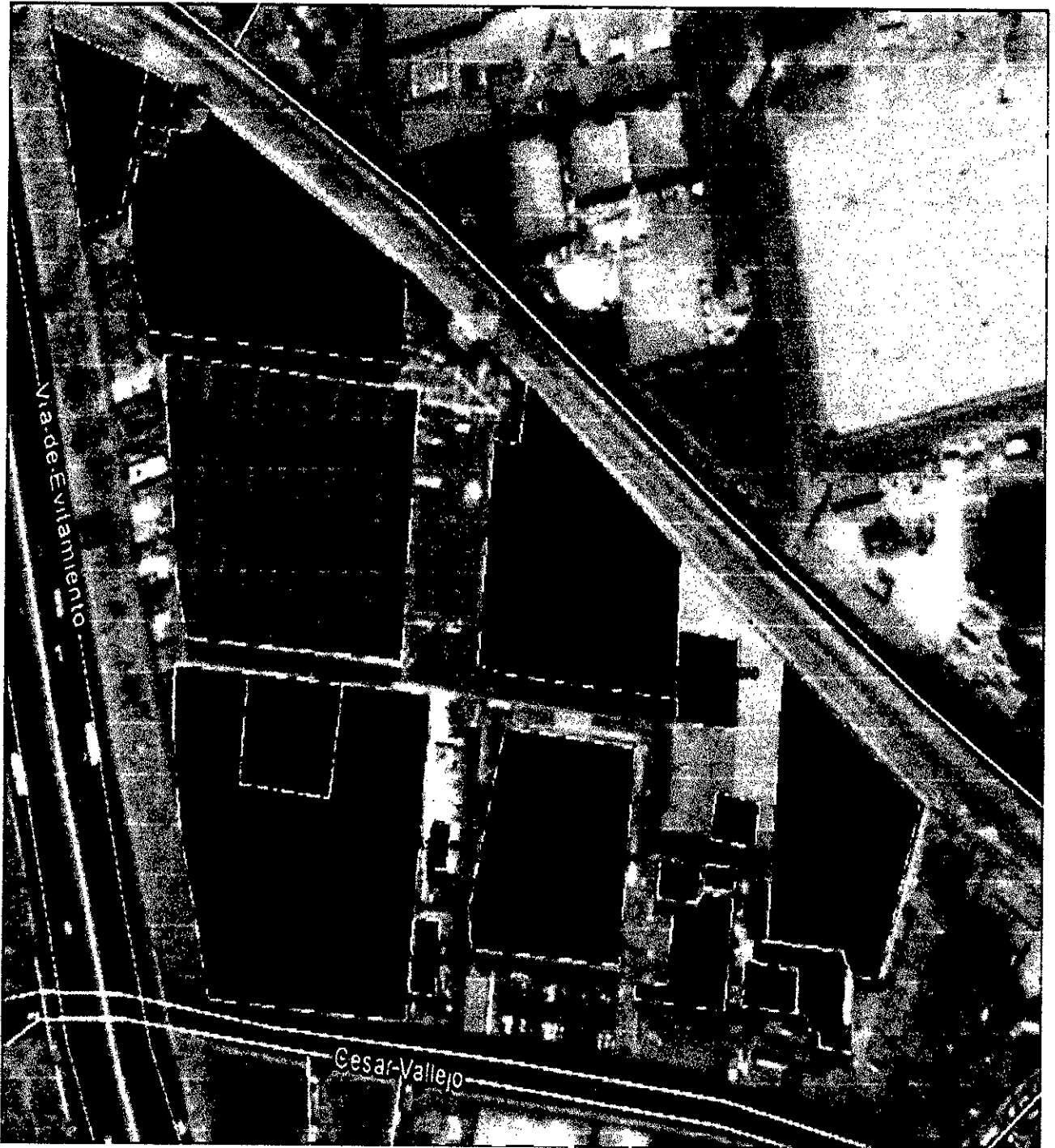
Cualquier planta industrial de producción de pintura que cubra el mercado nacional con la finalidad de diversificar y cubrir las necesidades del mercado peruano.

4.7.1.2. Normas legales aplicables para las Seguridad y Salud Ocupacional

En esta sección se presenta la totalidad de normativas ambientales aplicables a la industria, distinguiendo entre normas que regulan la localización, emisiones, descargas líquidas, residuos sólidos, ruido y seguridad y salud ocupacional.

PLANO N° 4.1

**PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE
PINTURAS**



Fuente : Ficha Técnica de la Industria de Pinturas

Es necesario establecer como regulación marco y general a todas las distinciones anteriormente señaladas, las siguientes, (Suarez, S. Sandra, 2008)

- a) Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- b) Ley N° 30222, Ley que modifica la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- c) Decreto Supremo N° 005–2012–TR, Reglamento de la Ley N° 29783.
- d) Decreto Supremo N° 006–2014–TR, Modifican el Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 005–2012–TR.
- e) Decreto Supremo N° 012–2014–TR que aprueba el Registro Único de Información sobre accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales y modifica el artículo 110 del Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- f) Decreto Supremo N° 016–2016–TR, Modifican el Reglamento de la Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 005–2012–TR
- g) RM 050–2013–TR "Formatos Referenciales del Sistema de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo".
- h) D.S. 003–98–SA "Normas Técnicas del Seguro Complementario del Trabajo de Riesgo.

- i) DIGESA : Manual de salud Ocupacional; 2005.
- j) Ley 28806 Ley General de Inspección del Trabajo; 22.07.2016
- k) Reglamento de la Ley General de Inspección del Trabajo D.S. N° 019–2006.TR, 29.10.2006
- l) Modifica el Reglamento de la Ley de Inspección del Trabajo, D.S. 007–2017–TR, 31.05.2017
- m) Ley 29981, Ley que crea la Sunafil; 15.01.2013.
- n) Reglamento del Tribunal de Fiscalización Laboral, D.S. N° 004–2017–TR, 31.03.2017
- o) RES N° 039–2016–SUNAFIL, Directiva N° 001–2016–SUNAFIL/INII, Reglas Generales para el ejercicio de la función inspectiva, 03.04.2016.
- p) RES N° 058–2016–SUNAFIL, Directiva N° 001–2016–SUNAFIL/INII, Reglas Generales para la fiscalización en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, 29.04.2016.
- q) Resolución Ministerial N° 148–2012–TR, guía para el proceso de elección de los representantes de los trabajadores ante el comité.
- r) Decreto Supremo N° 014–2013–TR, Registro de Auditores Autorizados para la Evaluación Periódica del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- s) Resolución Ministerial N° 374–2008–TR, aprueba listado de agentes físicos, químicos, biológicos, disergonómico y psicosociales que afectan a la madre gestante, feto o al embrión.

- t) Resolución Ministerial N° 375–2008–TR, aprueba norma básica de ergonomía y procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico.
- u) Resolución Ministerial N° 050–2013–TR, aprueba formatos referenciales que contemplan la información mínima que deben contener los registros obligatorios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- v) Resolución Ministerial N° 082–2013–TR, aprueba el sistema simplificado de registros del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo para Mypes.
- w) Ley del Procedimiento Administrativo General, Ley N° 27444.
- x) Código Penal de la República del Perú.

En el caso de cumplimiento de normas internas del Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo, estas deben estar debidamente fundamentadas y, previamente a su aprobación por el Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, ser puestas en conocimiento de todos los trabajadores y a los nuevos trabajadores contratados antes de firmar sus contratos y mantener capacitaciones a fin de mitigar los riesgos laborales propios de sus actividades. El Supervisor de Salud y Seguridad en el Trabajo, según la ley peruana, es el nexo entre la parte trabajadora y la empresa en los casos en los que no deba haber un comité de Seguridad y Salud en el Trabajo por no contar con más de 20 trabajadores.

4.7.1.3. Análisis de la prevención de riesgos y factores que afectan a la seguridad industrial y salud ocupacional

Teniendo en cuenta los métodos de trabajo, las actividades impuestas a los trabajadores del área de mezclamiento, formulación y producción de pinturas en la planta industrial dedicada a esta actividad, estas deben disponer de aire limpio en cantidad suficiente para prevenir la ocurrencia de enfermedades profesionales u ocupacionales, por lo que, se debe aplicar el principio de Prevención removiendo el aire contaminado mediante el sistema de ventilación industrial diseñado, para cual se han analizado los componentes de la materia prima y productos del proceso de fabricación de pintura que producen contaminantes nocivos para la salud de los trabajadores y que generan enfermedades profesionales. Estos puntos se han analizado en esta sección para cada componente de la materia prima y el producto final de la industria de pinturas.

Las pinturas producidas por una planta industrial, se muestra en el **Cuadro N° 4.1 (Véase en la pag. N° 65)**, del cual tenemos el siguiente análisis :

CUADRO N° 4.1

ACTIVIDADES CAPACES DE PRODUCIR ENFERMEDADES DURANTE LA PRODUCCIÓN DE PINTURAS

AGENTE QUÍMICO	PRINCIPALES ACTIVIDADES CAPACES DE PRODUCIR ENFERMEDADES
Arsénico y sus compuestos	Fabricación de pinturas que contienen compuestos de arsénico
Cadmio y sus compuestos	Fabricación de pigmentos para pinturas y esmaltes
Cromo trivalente y sus compuestos	Fabricación y empleo de pigmentos, pinturas a base de compuestos de cromo
Mercurio y sus compuestos	Fabricación de pinturas anticorrosivas a base de cianabrio
Plomo y sus compuestos	Fabricación de pinturas, lacas a base de compuestos de Pb.
Antimonio y derivados	Fabricación de pintura (Sb ₂ O ₅)
Ácidos orgánicos: Ácido acético	Disolvente de pinturas
Alcoholes	Fabricación y utilización de disolventes en pinturas
Derivados halogenados de los hidrocarburos alifáticos, saturados o no, cíclicos o no	Preparación, manipulación y empleo de los hidrocarburos clorados y bromados de la serie alifática: fabricación y utilización de pinturas, disolventes, decapantes y látex.
Amoniaco	Utilización como decapante en pintura
Xileno y tolueno	Operación de disolución de resinas naturales o sintéticas para la preparación de esmaltes, diluyentes de pintura
Cetonas	Empleo de pinturas, esmaltes y barnices
Epóxidos : Epiclorhidrina	Se utiliza como disolventes de pinturas, esmaltes y en la producción de resinas de alta resistencia.
Ésteres orgánicos y derivados	Fabricación de pinturas
Éteres: Éteres de glicol, metil cellosolve o metoxi - etanol	Fabricación y utilización de disolventes y decapantes para las pinturas
Glicoles: Etilenglicol, dietilenglicol y derivados nitrados de los glicoles y del glicerol	Utilización en la industria química como productos intermedios en la síntesis orgánica de resinas y de ciertas pinturas
Isocianatos : Poliuretanos	Exposición a la inhalación de isocianatos orgánicos como en la elaboración y utilización de pinturas
Órgano clorados	Utilización de policlorobifenilos (PCBs) como constituyentes en pinturas
Polvo de sílice libre : Silicosis	Fabricación de pinturas
Talcosis, Silicocaolinosi,	Fabricación de pinturas
Sustancias de bajo peso molecular (sustancias químicas y aditivos): Asma, rinoconjuntivitis, alveolitis alérgica extrínseca	Aplicación de los pigmentos
Antimonio y derivados	Fabricación de pinturas (Sb ₂ O ₅)
Arsénico y sus compuestos: Neoplasia Maligna de bronquio y pulmón, carcinoma epidermoide de piel.	Fabricación y empleo de pigmentos y pinturas que contengan compuestos de As.
Cadmio: Neoplasia maligna de bronquio, pulmón y próstata.	Fabricación de pigmentos cadmíferos para pinturas y esmaltes.
Cromo VI y compuestos de Cr ⁽⁺⁶⁾	Fabricación y empleo de pigmentos de pinturas a base de compuestos de cromo.
Radiación ionizante: síndromes linf y miel proliferativos y carcinoma epidermoide de piel	Fabricación de productos con sustancias radiactivas en pinturas.

Fuente : Normas Técnicas de salud del Perú, 2008

Tipos de Pinturas Producidas

a) Látex superior :

- 1) Es una pintura formulada a base de látex vinil acrílica modificada con silano que otorga mayor adhesión a la superficie, protección y resistencia.
- 2) No contiene metales pesados como plomo, mercurio ni cromo en su formulación.
- 3) El diluyente usado es el agua.

Componentes.- Resina látex vinil acrílica

La presentación usada para la industria de pinturas es de forma líquida. Según la hoja de datos de seguridad para la resina, menciona que su almacenamiento debe tener sistema de ventilación.

Estas se muestran en el **Diagrama N° 4.1 (Véase en la pag 67)**

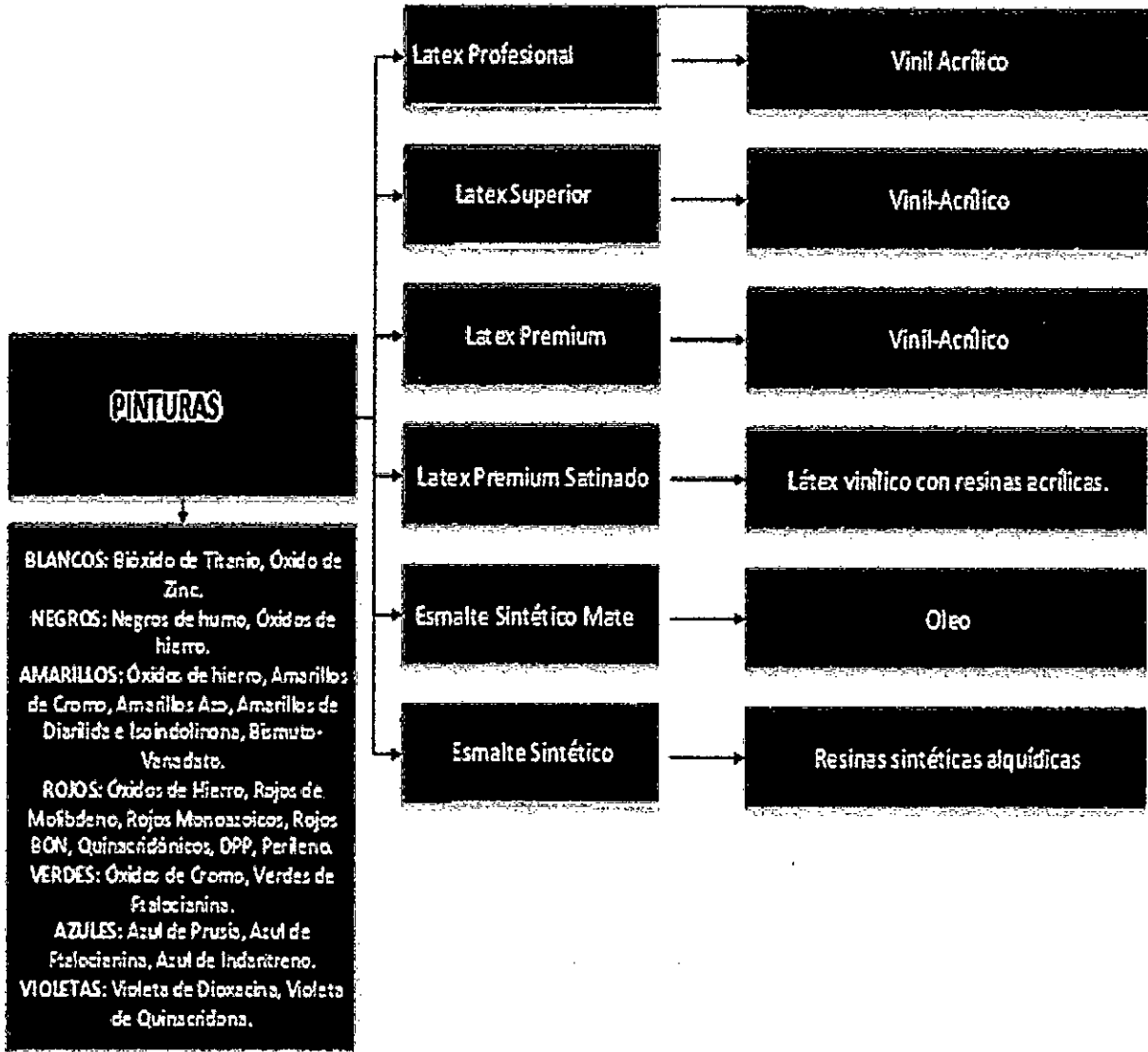
La singular combinación de las propiedades especiales de los revestimientos minerales y los ligados con resina sintética, confiere una protección duradera y eficaz a las fachadas.

El silano para la industria de las pinturas también contiene etanol y ácido acético.

Según menciona la hoja de seguridad no es necesario un sistema de ventilación para su manipulación ni almacén.

DIAGRAMA N° 4.1

TIPOS DE PINTURAS PRODUCIDAS



Fuente : Ficha Técnica de la industria de pinturas

CUADRO N° 4.2

RIESGO Y CONSECUENCIAS PARA LA SALUD POR EXPOSICIÓN A AGENTE QUÍMICO RESINA ACRILVINÍLICA

AGENTE QUÍMICO : RESINA ACRILVINÍLICA		
RIESGO	CONSECUENCIAS PARA LA SALUD	CONTROLES (EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL)
Inhalación	Severa Irritación nasal	Máscara completa con cartuchos para vapores orgánicos.
Contacto con los ojos	Irritación ocular	Gafas de seguridad
Contacto con la piel	Irritación dérmica	- Uso de ropa de protección impermeable (overol) - Guantes de caucho. - Zapatos de caucho

Fuente : Adapataado de INVESA – hoja de seguridad de la resina acrilvinilica en solución

b) **Látex Acrílico Satinado o Base de Resinas Vinil Acrílica :**

- Es una pintura moderna de lujosa apariencia y fina textura formulada para satisfacer las más sofisticadas exigencias de los pintores profesionales, arquitectos, decoradores y usuarios en general.
- Amplia variedad de colores matizables entre sí y resistente a los rayos solares.
- Fácil de limpiar.
- Excelente lavabilidad después de 21 días de aplicado.

CUADRO N° 4.3

RIESGO Y CONSECUENCIAS PARA LA SALUD POR EXPOSICIÓN AL AGENTE QUÍMICO SILANO

AGENTE QUÍMICO : SILANO		
RIESGO	CONSECUENCIAS PARA LA SALUD	CONTROLES (EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL)
Inhalación(>1000ppm)	Irritación nasal Cefalea	Mascarilla
	Somnolencia, Cansancio	Rotación en la carga al tanque de agitación
Contacto con los ojos	Irritación ocular	Lentes de seguridad
Contacto con la piel	Irritación y sequedad dérmica	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de ropa de protección impermeable (overol). - Guantes de seguridad impermeables. - Zapatos de seguridad

Fuente : Adapitado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad del silano

Componentes - Ácido Acrílico.- Se usa como fuente de producción de los acrilatos. También, se usa en resinas hidrosolubles y en polímeros de emulsión y solución acrílica. El acrilato de metilo se usa en la fabricación de fibras acrílicas. El acrilato de etilo es un compuesto de polímeros de emulsión y solución para capas de tejidos, papel y cuero. Se usan también como adhesivos y para encuadernaciones. En tanto, el ácido poliacrílico se usa en la fabricación de caucho, pinturas látex, y como floculante.

Los ácidos acrílicos polimerizados y sus ésteres no son tóxicos, pero algunos de los monómeros y, especialmente, ciertos productos

químicos utilizados para su preparación, lo son en extremo y, por lo tanto, deben ser considerados como riesgos añadidos.

Los ácidos acrílicos y metacrílico tienen sabor picante y son algo más irritantes que el ácido acético; debe evitarse el contacto con la piel y con los ojos. El ácido acrílico es más irritante que el ácido metacrílico. Dentro de los productos intermedios del ácido acrílico y sus derivados se encuentra el ceteno que es un gas extremadamente irritante para el aparato respiratorio.

La secuela más corriente, tras la inhalación de ceteno, es el edema agudo de pulmón (presencia de cantidades anormales de líquido en los pulmones) de extrema gravedad; además, no se evita el enfisema y la fibrosis pulmonar a largo plazo.

CUADRO N° 4.4

CONSECUENCIAS PARA LA SALUD POR EXPOSICIÓN AL AGENTE QUÍMICO ÁCIDO ACRÍLICO

AGENTE QUÍMICO: ÁCIDO ACRÍLICO		
RIESGO	CONSECUENCIAS PARA LA SALUD	CONTROLES (EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL)
Inhalación	Edema agudo de pulmón	Mascara completa con cartuchos para vapores orgánicos.
Contacto con los ojos	Irritación ocular	Gafas de seguridad
Contacto con la piel	Irritación dérmica	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de ropa de protección impermeable (overol). - Guantes de caucho. - Zapatos de caucho

Fuente : Adaptado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad del ácido acrílico

Componente – Cloruro de Vinilo.- Es un monómero (cloroetileno,

cloroetano, monocloroetano, monocloroetileno, monocloruro de etileno, CV, CLORURO DE VINILO). Gas incoloro a temperatura ambiente, con olor ligeramente dulzón, con un umbral oloroso a partir de concentraciones de 2,000 ppm. Sus efectos a la Salud son los siguientes :

- **Intoxicación aguda.-** Es irritante para piel, ojos y mucosa respiratoria y tóxica para el Sistema Nervioso Central de forma aguda. Se considera que el Cloruro de Vinilo tiene una toxicidad aguda relativamente baja, cuyo principal efecto es el narcótico. Se ha encontrado una relación dosis-respuesta con síntomas como obnubilación, náuseas y vómitos, cefalea, parestesias y fatiga. Exposiciones de alrededor de 5,000 ppm producen euforia, seguida de astenia, sensación de pesadez de piernas y somnolencia. Concentraciones de 8,000 – 10,000 ppm producen vértigos, y cuando se alcanzan las 16,000 ppm se producen alteraciones auditivas y de la visión. Con 70,000 ppm se produce narcosis, y la muerte puede llegar con concentraciones de 120,000 ppm.
- **Toxicidad crónica.-** La exposición crónica da lugar a la llamada enfermedad por Cloruro de Vinilo caracterizada por síntomas neurotóxicos, alteraciones de la microcirculación periférica, alteraciones cutáneas del tipo de la esclerodermia, alteraciones óseas, alteraciones de hígado y bazo con alteraciones de la

celularidad sanguínea asociadas, síntomas genotóxicos y cáncer. Los síntomas neurotóxicos son precoces, se presentan en forma de excitación psíquica seguida de astenia, pesadez de miembros inferiores, mareos y somnolencia. Si la exposición persiste puede producirse un cuadro de neurosis asténica. Las alteraciones angioneuróticas constituyen los primeros y más frecuentes signos de la enfermedad. Es característico el síndrome de Raynaud, con crisis asfícticas de manos y, menos frecuentemente, pies. Pueden persistir durante años tras el cese de la exposición, y su fisiopatología no es bien conocida. Las alteraciones cutáneas se producen en un número reducido de casos. Pueden estar asociadas a esclerodermia del dorso de la mano, articulaciones metacarpianas y falángicas y la zona interna de los antebrazos, y también en pies, cuello, rostro y espalda. La acrosteolisis se suele localizar en las falanges distales de las manos, en alrededor del 3% de las personas expuestas. Se debe a necrosis aséptica del hueso, debida a isquemia por arteriolitis ósea estenosante producida por depósitos de inmuno complejos circulantes en el endotelio arteriolar. Aparece a los 20 años postexposición. Radiológicamente, se aprecia un proceso de osteolisis con bandas transversas o estrechamiento de las falanges ungueales. La alteración hepática debuta con hepatomegalia de consistencia normal, con función hepática generalmente conservada.

Posteriormente puede aparecer una fibrosis hepática, asociada frecuentemente con una esplenomegalia, que puede acompañarse de hipertensión portal, varices esofágicas y hemorragias del aparato digestivo. La función y el parénquima hepático pueden estar poco afectados. Estas alteraciones pueden ser reversibles con el cese de la exposición. La trombopenia es una de las consecuencias de la afectación hepática debida a Cloruro de Vinilo y, para algunos autores, constituye el primer signo biológico detectable. También se ha informado de efectos genotóxicos y mutagénicos. Diversos estudios han mostrado un incremento de la frecuencia de aberraciones cromosómicas en sujetos expuestos y en su descendencia, aunque disminuyen con el nivel de exposición, aumento del número de abortos y partos prematuros y un aumento del número de malformaciones del Sistema Nervioso Central en la descendencia. El efecto para la salud más importante debido al Cloruro de Vinilo es el cancerígeno. La IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER) clasifica al Cloruro De Vinilo en el Grupo 1 (carcinógeno establecido para humanos) por su asociación constatada con la exposición al hemangiosarcoma de hígado. El hemangiosarcoma de hígado es un cáncer muy poco frecuente, que se asocia fuertemente, y específicamente, con la exposición a Cloruro de Vinilo (se ha encontrado un exceso de mortalidad desde un 86% hasta un 300%) El riesgo se ha

encontrado asociado a la edad al inicio de la exposición, el tiempo transcurrido desde el inicio, la duración y la intensidad de la exposición, aunque parecen precisarse exposiciones altas para que se produzca la inducción del cáncer. No se ha encontrado asociación, o se han encontrado asociaciones poco consistentes con otros cánceres. Se trata de una neoplasia que se manifiesta tras un período de latencia de unos 20 – 22 años (menor cuando la exposición se inicia en edades más tempranas), y que evoluciona de forma asintomática o con pocas alteraciones funcionales hasta estadios evolutivos avanzados. La supervivencia media tras el diagnóstico es de 3 – 4 meses.

Componente – Acetato de Vinilo.- Es un líquido transparente e incoloro. Tiene un aroma de frutas dulce y agradable, pero su olor puede ser fuerte e irritante para ciertas personas. Usted puede oler fácilmente el acetato de vinilo cuando la sustancia se encuentra a concentraciones en el aire de alrededor de 0,5 ppm (la mitad de una parte de acetato de vinilo en un millón de partes de aire) Esta sustancia química se evapora rápidamente en el aire y se disuelve fácilmente en el agua. El acetato de vinilo es inflamable y puede incendiarse debido a la acción del calor, las chispas o las llamas.

CUADRO N° 4.5

**CONSECUENCIAS PARA LA SALUD GENERADOS POR EXPOSICIÓN
AL AGENTE QUÍMICO CLORURO DE VINILO**

RIESGO	CONSECUENCIAS PARA LA SALUD	CONTROLES (EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL)
Ojos	Enrojecimiento, dolor, graves irritaciones y quemaduras con posibilidad de daño ocular.	Equipo de protección personal : Equipo de respirador autónomo (con suministro de aire) de máscara completa. Guantes de neopreno o nitrilo. Ventilación natural o forzada de dilución Suministro y extracción de aire de forma natural o mecánica. Alejado de cualquier fuente de ignición Lejos de cualquier fuente eléctrica, chispa mecánica o de soldadura, superficie o área caliente y electricidad estática.
Piel	Irritación. El contacto prolongado puede provocar congelación.	
Sistema Respiratorio	Irritación de vías respiratorias. Efectos en el sistema nervioso central como: vértigo, dolor de cabeza, náuseas, vómito, mareo, cansancio, debilidad, confusión, somnolencia y disminución del estado de alerta. Niveles altos pueden causar sensación de desvanecimiento, desmayo e incluso la muerte	

Fuente : Adapatado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad del cloruro de vinilo

c) **Látex Premium.**- Este tipo de pintura está fabricada a base de látex vinil acrílico, tiene una textura de gel, de aspecto altamente viscoso que sirve para distintas superficies.

No contiene metales pesados como plomo, mercurio, ni cromo en su formulación y al ser una pintura que usa al agua como disolvente no es tan dañino con el medio ambiente.

Contiene pigmentos que junto con la resina ofrecen resistencia a los rayos UV, logrando que la superficie pintada presente gran resistencia y sus colores se conserven.

Durante el proceso de fabricación los riesgos y el lugar de exposición del proceso de producción Véase Cuadro N° 4.9 en la pag N° 78

Riesgos que se pueden prevenir tomando precauciones :

- 1) Evitar la exposición directa a los productos químicos.
- 2) Se deben evitar fuentes de ignición cuando se manejen materiales inflamables.
- 3) Se deben controlar los métodos de mezcla, porque el polvo de ciertas sustancias puede formar mezclas explosivas en el aire
- 4) Controlar el ambiente en las zonas de trabajo para laborar en condiciones de buena ventilación y evitar enfermedades profesionales
- 5) Los usuarios deben de disponer de hojas de seguridad (MSDS) con datos sobre la seguridad de los materiales, incluyendo información sobre la composición y propiedades de los mismos, tales como :
 - Identificación de peligros
 - Primeros auxilios recomendados
 - Medidas de protección contra incendios
 - Medidas contra escapes accidentales (derrames)

CUADRO N° 4.6

CONSECUENCIAS PARA LA SALUD GENERADOS POR EXPOSICIÓN AL AGENTE QUÍMICO ACETATO DE VINILO

RIESGO	CONSECUENCIAS PARA LA SALUD	CONTROLES (EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL)
Efectos de una sobreexposición aguda (por una vez)	Dolor de cabeza, irritación de ojos y del tracto respiratorio, mareos y náuseas, debilidad y pérdida de la conciencia.	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo de protección personal: Equipo de respiración autónoma. Trajes de PVC impermeables. Guantes de butilo. Botas de neopreno. - Cierre los envases en forma hermética y almacénelos en áreas bien ventiladas, lejos de cualquier fuente de ignición. - Al reparar o limpiar reactores o estanques que hayan contenido el producto, primero desplace con agua el contenido y los gases. - Asegure luego, con detectores adecuados, la ausencia de gases contaminantes. - Almacene en un lugar frío, bien ventilado. - Debe envasarse en tambores metálicos. Los tambores plásticos no son adecuados.
Inhalación	Puede causar irritación a las vías respiratorias, descarga nasal y dolor de pecho. Puede causar también narcosis, con dolor de cabeza, mareo, debilidad, somnolencia e inconsciencia.	
Contacto con la piel	Puede causar irritación, manifestándose como enrojecimiento. El contacto prolongado puede causar irritación severa con enrojecimiento local, o dolor.	
Contacto con los ojos	Causa irritación, manifestándose como lagrimeo y malestar o dolor.	
Ingestión	Puede causar náuseas y narcosis, con dolor de cabeza, mareo, debilidad, somnolencia e inconsciencia.	
Efectos de una sobreexposición crónica (largo plazo)	La repetida exposición a altas concentraciones de acetato de vinilo (aprox. 200 ppm o más) produjo evidencia de irritaciones. El acetato de vinilo esta listado como cancerígeno por IARC (2B) y ACGIH (A3)	

Fuente : Hojas de datos de seguridad del acetato de vinilo

CUADRO N° 4.7

MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURAS

MATERIA PRIMA	CARACTERÍSTICAS QUE AFECTAN A LA SALUD	EPP ADECUADO
Solventes	Vapores altamente nocivos	Mascarillas o respiradores con filtro lentes
Pigmentos	Material particulado (PM)	Trajes de protección Mascarillas o respiradores con filtro Lentes

Fuente : Adapatado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad del ácido acrílico

CUADRO N° 4.8

RIESGOS Y LUGAR DE EXPOSICIÓN DURANTE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

POSIBLES CONSECUENCIAS	LUGAR DE EXPOSICIÓN	EPP BÁSICO Y ESPECÍFICO
Quemaduras corrosivas	Manipulación de los agentes químicos en la zona de mezcla principalmente	Guantes Trajes de protección
Irritaciones de la piel y los ojos	Manipulación de agentes químicos en la zona de envasado, molienda y mezcla	Lentes Guantes Trajes de protección
Irritaciones pulmonares	Material particulado presente en la zona de molienda	Mascarillas o respiradores con filtro
Dermatitis	Manipulación de insumos químicos durante la mezcla	Guantes Trajes de protección
Contaminación acústica	Presente en la zona de molienda (principalmente) zona de mezcla y zona de envasado	Protección Auditiva Taponos auditivos (en las zonas más crónicas)

Fuente : Adapatado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad

- Buenas prácticas de Manejo y almacenamiento de productos químicos.

- Protección personal
- Información ecológica y toxicológica
- Información sobre las medidas para el transporte y la eliminación de los residuos.

d) Esmalte Sintético :

- 1) Producto formulado a base de resina alquídica y pigmentos de muy buena calidad.
- 2) Presenta un acabado brillante, de película flexible y buen poder cubriente.
- 3) Tiene buena resistencia a la intemperie y rayos solares.
- 4) Se puede aplicar en interiores y exteriores, sobre sustratos de fierro, madera y concreto previamente imprimado.

Componentes – Resinas Alquídicas.- Es básicamente un poliéster cuya cadena principal está modificada con moléculas de ácido graso, las que le otorgan propiedades particulares.

- 1) **Alquid puro.-** Se define como el polímero formado únicamente por la combinación del anhídrido ftálico como diácido, glicerina o pentaeritritol como polioles y ácidos grasos saturados o insaturados como modificantes primarios.

2) **Alquid modificado.**- Así se denomina a la resina alquídica en cuya composición intervienen compuestos diferentes a los que participan en alquídicas puras, como por ejemplo polioles y poliácidos especiales, mono ácidos, compuestos fenólicos, epoxídicos, acrílicos, vinílicos, silicónicos, etc.

También conocido como adelgazador o rebajador de pinturas, es una mezcla de disolventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo que ha sido diseñado para disolver, diluir sustancias insolubles en agua, como la pintura de esmalte o basada en aceites, los aceites y las grasas.

CUADRO N° 4.9

RENDIMIENTO REAL DEL ESMALTE SINTÉTICO

ACABADO	BRILLANTE
Componentes	Uno
Curado	Evaporación de solventes y oxidación
Sólidos en volumen	30% ± 2%
VOC	550 – 560 g/L
Disolvente	Aguarrás mineral o thinner standard
El rendimiento real depende de las condiciones de la aplicación y el estado de la superficie.	

Fuente : Adaptado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad

CUADRO N° 4.10

DATOS FÍSICOS DE LAS RESINAS ALQUÍDICAS

Punto de ebullición	140°C – 240°C
Peso específico	0,94
Solubilidad en agua	Insoluble
Apariencia y olor	Líquido ámbar con olor permanente

Fuente : Adaptado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad

El diluyente está compuesto por un disolvente activo, un cosolvente. Sustancias que efectúan una función en particular. El disolvente activo es el que tendrá un efecto directo sobre lo que se está disolviendo, el cosolvente potenciará el efecto del disolvente activo y el diluyente dará volumen al compuesto. Esta mezcla tiene como disolvente principal al tolueno, como cosolvente al benceno y como diluyente a una serie de disolventes, sustancias todas ellas tóxicas para el ser humano.

Componente – Disolvente Thinner.- Todos los fabricantes de diluyentes desarrollan sus propios productos teniendo en cuenta la composición de sus diluyentes, y por lo tanto, aunque parezcan similares, pueden obtenerse resultados muy diversos

No todos los diluyentes tienen el mismo poder de dilución. Por lo tanto, con idénticas cantidades de diluyente se obtendrán distintas viscosidades de aplicación. Es decir, el poder de dilución de un

diluyente dependerá no sólo de la composición del diluyente sino también, y fundamentalmente, de la del producto.

CUADRO N° 4.11

SIGNOS Y SÍNTOMAS RELACIONADAS CON LA EXPOSICIÓN A LAS RESINAS ALQUÍDICAS

EXPOSICIÓN	SÍNTOMAS Y SIGNOS	CONTROLES (EPP)
Sobreexposición	Xileno concentración máxima permitida 100 ppm Metanol (concentración mínima letal)	Guantes de material sintético (neopreno o PVC) Ducha de seguridad
Contacto con la piel	Puede causar irritación y dermatitis por contacto frecuente.	Guantes de material sintético (neopreno o PVC) Ducha de seguridad
Contacto con los ojos	Puede causar irritación y lagrimeo	Gafas de seguridad
Inhalación	Produce irritación de las membranas mucosas y tracto respiratorio superior. Efecto narcótico, dolor de pecho e irritación pulmonar. Sensibilizante respiratorio	Utilizar máscara con filtros para vapores orgánicos. En emergencias tales como incendios utilizar equipo de respiración autónomo.

Fuente : Adaptado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad

No existen normas ni criterios que definan sus características durante la elaboración de diluyente de baja calidad. Por esta razón, es imposible generalizar con exactitud sus propiedades tanto en sus aplicaciones comerciales como en los riesgos que representan su manipulación por trabajadores y su abuso por farmacodependientes.

CUADRO N° 4.12

COMPONENTES QUÍMICOS DEL THINNER

SUSTANCIA	PORCENTAJE
Tolueno	5 – 50%
Alcohol metílico	15 – 50%
Cetonas	5 – 40%
Hexano	5 – 30%
Alcoholes	5 – 40%
Xileno	5 – 20%
Ésteres	3 – 50%

Fuente : Adapatado de Pulpdent Corporation –
hoja de seguridad

Enfermedades profesionales relacionadas :

- 1) Neuropatía Periférica.**- Síndrome neurológico que incluye todas las enfermedades inflamatorias y degenerativas que afectan al sistema nervioso periférico. Los rasgos principales incluyen alteraciones motoras y sensitivas diseminadas de los nervios periféricos.
- 2) Dermatitis ocupacional.**- Alteración de la piel y mucosas causada o agravada por algún agente en el ambiente laboral.
- 3) Síndrome del pintor.**- Afección permanente debido al uso continuo de disolventes orgánicos que causa síntomas inespecíficos tales como, dolor de cabeza, fatiga, perturbaciones del estado anímico, trastornos del sueño y posibles cambios conductuales.

CUADRO N° 4.13

SIGNOS Y SÍNTOMAS RELACIONADOS AL USAR EL THINNER

EXPOSICIÓN	SIGNOS Y SÍNTOMAS	CONTROLES
Ojos	Irritación leve y temporal, pero no causa daños a los tejidos de los ojos. Los síntomas incluyen picazón, lagrimeo, enrojecimiento e hinchazón.	Equipo de protección personal :
Piel	Irritación y salpullido. Puede ser absorbido por la piel. Contacto prolongado con ropa húmeda puede desarrollar quemaduras, ampollas y dolor.	– Respiradores de máscara completa con cartucho para vapores orgánicos. – Guantes de nitrilo o viton.
Sistema respiratorio	Irritación del tracto respiratorio, depresión del sistema nervioso central, mareos, deterioro y fatiga intelectual, confusión, anestesia, somnolencia, inconsciencia, neuropatía periférica (adormecimiento de los miembros) y otros efectos incluyendo la muerte.	Ventilación natural o forzada de dilución suministro y extracción de aire de forma natural o mecánica.
Sistema gastro – Intestinal	Irritación de las membranas mucosas de la boca, garganta, esófago y estómago. Puede causar graves trastornos gástricos con sistemas como sensación de ardor en la boca y el esófago, náuseas, vómitos, además de vértigos, somnolencia, pérdida del sentido delirio y efectos adicionales del sistema nervioso central.	Alejado de cualquier fuente de ignición. Lejos de cualquier fuente eléctrica, chispa mecánica o de soldadura, superficie o área caliente y electricidad estática.

Fuente : Adaptado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad

e) Oleo Mate Sintético :

- 1) Producto formulado a base de resina alquídica, con acabado mate y de rápido secado.
- 2) Presenta película flexible, de buena adhesión y buen poder cubriente.
- 3) Resiste lavado después de 2 semanas de secado.

- 4) Amplia variedad de colores matizables entre sí.
- 5) Para aplicación en interiores, sobre sustratos de fierro, madera y concreto previamente imprimado.
- 6) Para uso en cocinas, baños, muebles, reposteros, etc.

CUADRO N° 4.14

DATOS FÍSICOS DE LA PINTURA OLEO MATE

Acabado : Mate
Componentes: Uno
Curado : Evaporación de solventes y oxidación
Sólidos en volumen 42% ± 3%
VOC 452 – 462 g/L, según
Rendimiento teórico 62 m ² /gl por mano a
Disolvente Aguarrás Mineral o Thinner Standard

Fuente : Adapitado de Pulpdent Corporation –
hoja de seguridad

Componente – Aguarrás.- Es un líquido volátil e incoloro producido mediante la destilación de la resina, o miera, de diversas especies de coníferas y de varias especies de árboles terebintáceos. Es usada como disolvente de pinturas, materia prima para la fabricación de compuestos aromáticos sintéticos y algunos desinfectantes. Es un líquido casi incoloro de olor característico. En la actualidad se obtiene en grandes cantidades como subproducto de la producción de celulosa (materia prima de la fabricación de papel) en industrias que usan como materia prima coníferas.

Está formado principalmente por una mezcla de hidrocarburos terpénicos, mayormente alfa y beta pinenos, aunque su composición varía dependiendo de la clase de pino de la que provenga la resina.

CUADRO N° 4.15

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUARRAS

PUNTO DE EBULLICIÓN	145°C aprox.
DENSIDAD 20/4 °C	0,7850
OTRAS SOLUBILIDADES :	Soluble en alcoholes, éter, cloroformo, acetona y solventes no polares.
SOLUBILIDAD EN AGUA	Insoluble en agua.

Fuente : Adaptado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad

- 1) La inhalación de los vapores causa irritación del tracto respiratorio superior con tos, disnea, dolor de cabeza, congestión, salivación, suave deshidratación, bronquitis, neumonitis química y/o edema pulmonar y efectos sobre el sistema nervioso central.
- 2) El contacto con los ojos puede causar ceguera y daños al tejido ocular.
- 3) La ingestión causa dolor abdominal, náuseas, vómitos, tos, somnolencia, dolor de cabeza, jadeo, debilidad.

E2. Enfermedades profesionales por pigmentos cadmíferos.- Las enfermedades profesionales causadas por pigmentos cadmíferos se muestra en el **Cuadro N° 4.15**

CUADRO N° 4.16

**ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR EXPOSICIÓN A PIGMENTOS
CADMIFEROS**

AGENTE	G – CADMIO
G – CADMIO	01 - Neoplasia maligna de bronquio, pulmón y próstata. Preparación y empleo industrial de cadmio, y esencialmente. Fabricación de pigmentos cadmíferos para pinturas, esmaltes, materias plásticas, papel, caucho, pirotecnia.

Fuente : Adaptado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad

CUADRO N° 4.17

ENFERMEDADES OCUPACIONALES OCURRIDAS EN EL PERÍODO 2016

CIE 10	2016-01		2016-02		2016-03		2016-04		2016-05	
	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
H90.0 – HIPOACUSIA CONDUCTIVA BILATERAL	1	0,19	1	0,18	1	0,19	1	0,18	3	0,55
H90.1 – HIPOACUSIA CONDUCTIVA, UNILATERAL CON AUDICION IRRESTRICTA CONTRALATERAL	1	0,19	1	0,18	1	0,19	1	0,18	1	0,18
H90.3 – HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL, BILATERAL	466	87,2	467	86,3	466	86,9	469	86,6	469	86,5
H90.4 – HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL, UNILATERAL CON AUDICION IRRESTRICTA CONTRALATERAL	10	1,87	10	1,85	10	1,87	10	1,85	10	1,85
H90.5 – HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL, SIN OTRA ESPECIFICACION	33	6,18	33	6,1	34	6,34	35	6,47	35	6,46
H90.6 – HIPOACUSIA MIXTA CONDUCTIVA Y NEUROSENSORIAL, BILATERAL	7	1,31	7	1,29	7	1,31	7	1,29	7	1,29
H90.7 – HIPOACUSIA MIXTA CONDUCTIVA Y NEUROSENSORIAL, UNILATERAL CON AUDICION IRRESTRICTA CONTRALATERAL	2	0,37	2	0,37	2	0,37	2	0,37	2	0,37
H91 – OTRAS HIPOACUSIAS	4	0,75	4	0,74	4	0,75	4	0,74	4	0,74
H91.9 – HIPOACUSIA, NO ESPECIFICADA	1	0,19	1	0,18	1	0,19	1	0,18	1	0,18
J62 – NEUMOCONIOSIS DEBIDAS A POLVO DE SILICE	9	1,69	9	1,66	9	1,68	9	1,66	9	1,66
J62.0 – NEUMOCONIOSIS DEBIDA A POLVO DE TALCO	0	0,0	2	0,37	0	0,0	0	0,0	0	0,0
J64 – NEUMOCONIOSIS NO ESPECIFICADA	0	0,	4	0,74	1	0,19	2	0,37	1	0,18
TOTAL	534	100	541	100	536	100	541	100	542	100

Fuente : Ficha técnica de datos de seguridad de una planta industrial de producción de pinturas

CUADRO N° 4.18

ENFERMEDADES OCUPACIONALES CAUSADAS POR AGENTES QUÍMICOS AÑO 2016

AGENTE CAUSAL	2016-01		2016-02		2016-03		2016-04		2016-05	
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS	1	0,19	1	0,18	1	0,19	1	0,18	1	0,18
HIPOACUSIA O SORDERA POR RUIDO	523	97,94	524	96,86	524	97,76	528	97,6	529	97,6
LEGIONELLA PNEUMOPHILA	1	0,19	1	0,18	1	0,19	1	0,18	1	0,18
OTROS POLVOS DE MINERALES	0	0,	0	0,	0	0,	1	0,18	1	0,18
POLVO DE MADERA	1	0,19	1	0,18	1	0,19	1	0,18	1	0,18
POLVO DE SILICE LIBRE	7	1,31	13	2,4	8	1,49	8	1,48	8	1,48
SILICE	1	0,19	1	0,18	1	0,19	1	0,18	1	0,18
TOTAL	534	100	541	100	536	100	541	100	542	100

Fuente : Ficha técnica de datos de seguridad de una planta industrial de producción de pinturas.

Principales enfermedades profesionales que se presentan en la pintura látex calidad Premium :

CUADRO N° 4.19

ENFERMEDADES PROFESIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE ESTA PINTURA

TIPO DE PINTURA	VEHÍCULO SÓLIDO	DISOLVENTE	TIPOS DE PIGMENTOS	ENFERMEDAD PROFESIONAL		PREVENCIÓN
				AGENTE	ENFERMEDAD PROFESIONAL	
LATEX PREMIUM (látex vinil acrílico)	Acrilatos	Agua	Orgánicos e inorgánicos	LATEX	Rinoconjuntivitis	Uso de respiradores aislantes
					Asma	Uso de respiradores aislantes
				ALDEHÍDO ACRÍLICO	Neoplasia maligna de hígado (cáncer)	Uso de respiradores, guantes antiadherentes, mandiles, o trajes desechables de protección
					Angiosarcoma de hígado (cáncer)	Uso de respiradores, guantes antiadherentes, mandiles, o trajes desechables de protección

Fuente : Elaboración Propia

CUADRO N° 4.20

ENFERMEDADES OCUPACIONALES PARA PERSONAS GESTANTES EN PLANTA

AGENTES FÍSICOS				
PELIGRO	RIESGO	NIVELES DE EXPOSICIÓN	PERIODOS EN LOS QUE AFECTA AL EMBARAZO	EFECTOS NOCIVOS
Radiaciones no ionizantes: rayos infrarrojos, microondas, ultrasonidos	Reducir al mínimo la exposición, cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda dar lugar a proyecciones o radiaciones, peligrosas sea durante su funcionamiento o en caso de anomalía previsible, deberán adoptarse las medidas de prevención o protección adecuadas para garantizar la seguridad de los trabajadores.	Alto	Desarrollo Del Embrión	Enfermedades oftalmológicas a consecuencia de exposiciones a radiaciones ultravioletas
			Feto	Trabajos con exposición a radiaciones no ionizantes con longitud de onda entre los 100 y 400 nmpmo.

Fuente :-Elaboración Propia

CUADRO N° 4.21

RIESGOS DISERGONÓMICO PARA PERSONAS GESTANTES EN PLANTA

RIESGOS DISERGONOMICOS			
TRABAJO/TAREAS	ESPECIFICACIÓN	Última semana de gestación permitida	Efectos nocivos: trabajadora embarazada, feto, en la lactancia y en la reproducción
Puestos de oficina y dirección	-	40	Alteraciones en el desarrollo fetal, bajo peso al nacimiento prematuridad.
Estar de pie	Intermitente < 30 min/h	40	En la gestante : *Patología osteomuscular *Patología vascular estrés : Trastornos vasculares periféricos.
	Intermitente > 30 min/h	32	
	Prolongada > 4h	24	
Inclinación y flexión por debajo del nivel de las rodillas	Intermitente < 2 veces/h	40	Trastornos vasculares periféricos.
	Intermitente 2 – 10 veces/h	28	
	Repetitiva >10 veces/h	20	
Subir escaleras	Intermitente	32	Enfermedades de las bolsas serosas debida a la presión, celulitis subcutáneas :
	4 veces/turno 8 h	28	
	Repetitiva > 4 veces/turno 8 h	-	
Subir escaleras de mano	Intermitente < 4 veces/turno 8 h	24	- Enfermedades por fatiga e inflamación de las venas tendinosas, de tejidos peritendinoso e inserciones musculares y tendinosas. - Parálisis de los nervios debidos a la presión. - Lesiones del menisco por mecanismos de arrancamiento y compresión asociadas, dando lugar a fisuras o roturas completas.
	Repetitiva > 4 veces/turno 8 h	20	
		-	
	< 20 minutos en forma intermitente	24	

Fuente : Adaptado de Pulpdent Corporation – hoja de seguridad

4.7.1.4. Fundamento de diseño del sistema de ventilación industrial

a) Ventilación.- Es la renovación o sustitución de una porción de aire que se considera indeseable es decir remover por otra que aporte el mejoramiento en calidad, pureza, temperatura, Humedad, (Argudo, Posligua, L 2014)

1) Función de la Ventilación.- En los seres vivos como el suministro de O₂, del consumo de O₂ para su respiración y a la vez controla el calor que produce proporcionando las condiciones de confort afectando a la Humedad, Temperatura y la velocidad del aire.

2) En los procesos industriales.- Permite controlar el calor, la toxicidad de los ambientes o la explosividad potencial, garantizando en muchos casos la salud de los trabajadores, operarios, etc., en el ambiente de trabajo.

3) Ventilación adecuada.- Debemos atender los siguientes factores:

- Determinar la función a realizar (calor a disipar, los tóxicos a diluir, los sólidos a transportar)
- Cálculo de la cantidad de aire necesario
- Establecer el trayecto de circulación de aire

b) **Extracción Localizada.**- Un sistema de extracción localizada tiene como objetivo captar el contaminante en el lugar más próximo posible del punto donde se ha generado, el foco contaminante, evitando que se difunda el ambiente general de la planta o laboratorio.

TABLA 4.1

COMPOSICIÓN DE AIRES REALES

COMPONENTE	AIRE LIMPIO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	AIRE CONTAMINADO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (MEDIDA EN CADA LUGAR, SITIO)
CO	Máx. 1 000	6 000 a 225 000
CO ₂	Máx. 65×10^4	$(65 \text{ a } 125) \times 10^4$
SO ₂	Máx. 25	50 a 5 000
NO _x	Máx. 12	15 a 600
CH ₄	Máx. 650	650 a 13 000
Partículas	Máx. 20	70 a 700

Fuente: Soler, E. y Palau, J., 2011

TABLA 4.2

COMPOSICIÓN DE AIRE SECO

COMPONENTE	% VOLUMEN	% PESO	CONTENIDO EN EL AIRE (g/cm^3)	PESO ESPECÍFICO Kg/m^3
N ₂	78,08	75,518	976,30	1,2304
O ₂	20,94	23,128	299,0	1,4280
Argón, Ar	0,934	1,287	16,65	1,7826
CO ₂	0,0315	$0,4 \times 10^{-6}$	0,62	1,5640
Otros	0,145	0,078	0,23	-

Fuente : Soler, E y Palau, J. – 2011

La extracción localizada consta de cuatro elementos básicos y

éstos son :

- a) **Campana.**- Es la arte del sistema a través de la cual son efectivamente captados los contaminantes
- b) **Conducto.**- Lugar por el que el aire extraído cargado de contaminante circula hasta el ventilador.
- c) **Depurador.**- Sistema de tratamiento/purificador del aire del que, cuando la concentración, peligrosidad u otras características del contaminante lo aconsejen y de cara a la protección del medio ambiente atmosférico, dispone la instalación de extracción localizada.
- d) **Ventilador.**- Mecanismo que proporciona la energía necesaria para que el aire circule a través de la campana, el conducto y el depurador.

Todo sistema de extracción localizada requiere un diseño y unas características de funcionamiento que permitan el arrastre del contaminante a la velocidad necesaria, su vehiculación a través de la instalación a un caudal adecuado y un ventilador que proporcione dicho caudal venciendo la pérdida de carga ofrecida por el conjunto de la instalación.

- a) **Número de Renovaciones.**- Para conocer la renovación del aire, se debe establecer el caudal mínimo de aire exterior de ventilación que garantice la calidad de aire interior.

Para saber el número de renovaciones necesarias o caudales de aporte de aire exterior, existen multitud de tablas y recomendaciones bibliográficas que indican el número de renovaciones por hora o directamente el caudal de aire por persona o metro cuadrado de superficie. Como se verá en las siguientes tablas, (Soler, E, Palau, 1998)

TABLA. 4.3

VOLUMEN NECESARIO (m³/h) POR PERSONA

AMBIENTE	V (m³/h)
Hospital, sala general	60
Hospital, sala de heridos	100
Hospital, sala enfermedades	150
Talleres	60
Industria insalubre	100
Teatros y sala sesión	50
Escuela de niños	15
Escuela de adultos	30
Estancias ordinarias	10
Velocidad mínima (m/s)	0,6
Velocidad máxima (m/s)	25,0

Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

TABLA. 4.4**NÚMERO DE RENOVACIONES, SEGÚN TIPO DE AMBIENTE**

AMBIENTE	RENOVACIONES (N° VECES/h)
Habitaciones ordinarias	1
Oficina general	5 – 6
Dormitorios	2
Hospital, enfermedad común	3 – 4
Hospital, enfermedad epidémica	5 – 6
Taller	3 – 4
Teatros	3 – 4
Fábrica	5 – 10
Taller de mantenimiento	5 – 10
Taller de pintura	40 – 60
Laboratorio (Localizada)	6 – 8
Fundición (Sin extracción localizada)	20 – 30
Tintorería	20 – 30
Panadería	25 – 35
Naves industriales	30 – 60

Fuente : Soler, E. y Palau, J. – 2011

TABLA. 4.5**NÚMERO DE RENOVACIONES, SEGÚN VOLUMEN DEL AMBIENTE**

V (m³)	RENOVACIONES (N° VECES/h)
≤ 1000	20
1000 – 5000	15
5000 – 10000	10
≥ 10000	6

Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

b) **Tipo de Conductos.**- Los conductos son elementos a través de los cuales se distribuye el aire por todo el sistema. Sus propiedades determinan en gran parte la calidad de la instalación, al jugar un papel fundamental en determinados factores, como, por ejemplo, el aprovechamiento energético o el comportamiento acústico de la misma.

Conductos de Chapa Metálica.- Se trata de conductos realizados a partir de planchas de chapa metálica (acero galvanizado o inoxidable, cobre, aluminio, las cuales se cortan y se conforman para dar al conducto la geometría necesaria para la distribución de aire.

TABLA. 4.6

CLASIFICACIÓN DE CONDUCTOS DE CHAPA

CLASE DE CONDUCTOS	PRESIÓN MÁXIMA (PA)
Estanqueidad A	500 (1)
Estanqueidad B	1000 (2)
Estanqueidad C	2000 (2)
Conductos Especiales	2000 (2)

Fuente : Norma UNE- 12237. (1) Presión positiva o negativa, (2) Presión positiva

c) **Presión.**- La presión estática (P_E) se define como la presión que tiende a hinchar o colapsar el conducto, y se expresa en milímetros de columna de agua (m.m.c.d.a). La presión estática puede ser positiva o negativa con respecto a la presión atmosférica local, pero debe medirse perpendicularmente a la dirección del flujo de aire.

La presión dinámica (P_D) se define como la presión requerida para acelerar el aire desde velocidad cero hasta una cierta velocidad (V), y es proporcional a la energía cinética de la corriente de aire. La relación entre P_D y V , viene dada por :

$$V = 4.43 \sqrt{\frac{PD}{d}} \quad (4.1)$$

Si se supone que el aire se encuentra en condiciones standard, la ecuación anterior se reduce a :

$$V = 4.043 \sqrt{PD} \quad (4.2)$$

P_D se ejerce únicamente en la dirección del flujo y es siempre positiva.

Se define la presión total (P_T) como la suma algebraica de las presiones estática y dinámica :

$$P_T = PE + PD \quad (4.3)$$

La presión total puede ser positiva o negativa con respecto a la presión atmosférica, y es una medida del contenido energético del aire, por lo que va siempre descendiendo a medida que se produce el

avance del aire por el interior del conducto. Únicamente aumenta al pasar a través del ventilador.

- d) **Velocidad mínima en el conducto.**- La velocidad mínima viene fijada por el tipo de material que se transporta en el conducto. Para sistemas que manejan partículas es necesario establecer una velocidad mínima de diseño a fin de impedir su deposición y el taponamiento del conducto, por otra parte, velocidades demasiado elevadas implican un derroche de energía y pueden causar rápidamente abrasión de los conductos.

Las velocidades de diseño mínimas recomendadas son superiores a los valores teóricos y experimentales a fin de tener en cuenta contingencias tales como las siguientes :

- 1) Si una o más ramas se obstruyen o son puestas fuera de servicio se reducirá el caudal total en el sistema y por tanto disminuirá la velocidad en, al menos, alguna de las partes del mismo.
- 2) El deterioro de los conductos, por ejemplo, por abolladuras, aumentará la resistencia y disminuirá el caudal y la velocidad en la parte dañada del sistema.

- 3) Las fugas en los conductos aumentarán el caudal y la velocidad aguas abajo de la fuga, pero disminuirá el caudal aguas arriba y en otras partes del sistema.
- 4) La corrosión o la erosión de las palas del ventilador o el deslizamiento de la correa de tracción del mismo reducirá el caudal y las velocidades.

En la **Tabla N° 4.7 (Véase en la pag. N° 102)**, se indican algunos valores típicos para la velocidad en conductos.

e) Pérdida de carga en el conducto :

- 1) **Método de la presión dinámica.**- Éste método se basa en el hecho de que todas las pérdidas de carga, por rozamiento en los conductos y resistencia de forma por desprendimiento en accesorios, son función de la presión dinámica, y pueden ser calculadas multiplicando la presión dinámica por un factor. De esta manera solo es preciso establecer al inicio del proceso de diseño los valores de los factores de pérdidas de codos y uniones.

TABLA N° 4.7

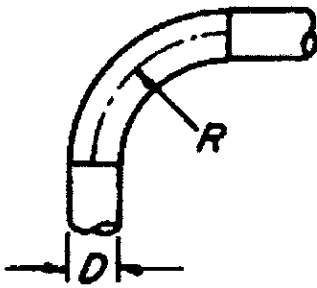
VALORES RECOMENDADOS PARA LA VELOCIDAD DE DISEÑO DE CONDUCTOS

NATURALEZA DEL CONTAMINANTE	EJEMPLOS	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión y partículas finas	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldaduras	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, polvo de detergente, raspaduras de cuero	15 – 20
Polvo ordinario	Polvos de desbarbado, polvos de granos de café, polvos de cuero, polvo de granito, harina de sílice, corte de ladrillos.	17,5 – 20
Polvos pesados	Polvo de aserrado, viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, virutas de latón, polvo de plomo	20 – 22,5
Polvos pesados húmedos	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo del corte de tubos de amianto-cemento.	> 22,5

Fuente : Salvador Escoda, 2016

TABLA N° 4.8

PÉRDIDA DE CARGA EN CODOS DE SECCIÓN CIRCULAR

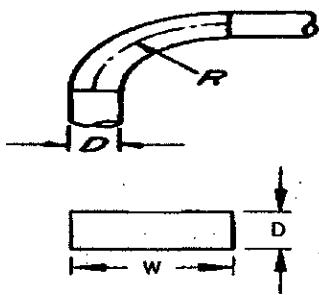


R/D	Pérdida de carga fracción de PD
2,75	0,26
2,50	0,22
2,25	0,26
2,00	0,27
1,75	0,32
1,50	0,39
1,25	0,55

Fuente : Salvador Escoda, 2016

TABLA N° 4.9

PÉRDIDA DE CARGA EN CODOS DE SECCIÓN CUADRADA Y RECTANGULAR

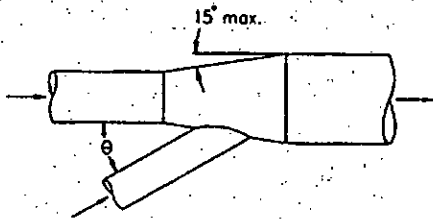


R/D	Relación de Tamaños W/D					
	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
0,0 (A escuadra)	1,5	1,32	1,15	1,04	0,92	0,86
0,5	1,36	1,21	1,05	0,95	0,84	0,79
1,0	0,45	0,28	0,21	0,21	0,20	0,19
1,5	0,28	0,18	0,13	0,13	0,12	0,12
2,0	0,24	0,15	0,11	0,11	0,10	0,10
3,0	0,24	0,15	0,11	0,11	0,10	0,10

Fuente : Salvador Escoda, 2016

TABLA N° 4.10

PÉRDIDA DE CARGA EN LAS UNIONES



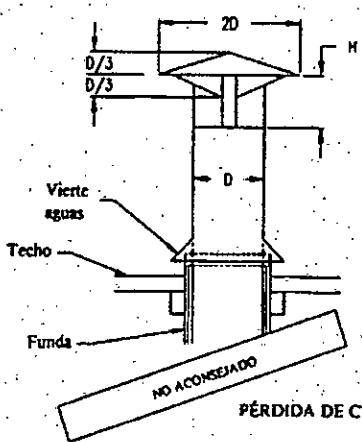
NOTA: La pérdida de carga se produce en el conducto lateral y se debe contabilizar en el mismo.
No incluir el cálculo de la recuperación de presión en los conductos laterales con uniones progresivas

ÁNGULO O GRADOS	PÉRDIDA DE CARGA EN EL CONDUCTO LATERAL FRACCIÓN DE PD
10	0,06
15	0,09
20	0,12
25	0,15
30	0,18
35	0,21
40	0,25
45	0,28
50	0,32
60	0,44
90	1,00

Fuente : Salvador Escoda, 2016

TABLA N° 4.11

PÉRDIDA DE CARGA EN LOS SOMBRERETES



H, NÚMERO DE DIÁMETROS	PÉRDIDA DE CARGA FRACCIÓN DE PD
1,00D	0,10
0,75 D	0,18
0,70 D	0,22
0,65 D	0,30
0,60 D	0,41
0,55 D	0,56
0,50 D	0,73
0,45 D	1,00

Fuente : Salvador Escoda, 2016

GRÁFICO N° 4.1

FACTOR DE PÉRDIDA POR FRICCIÓN POR METRO

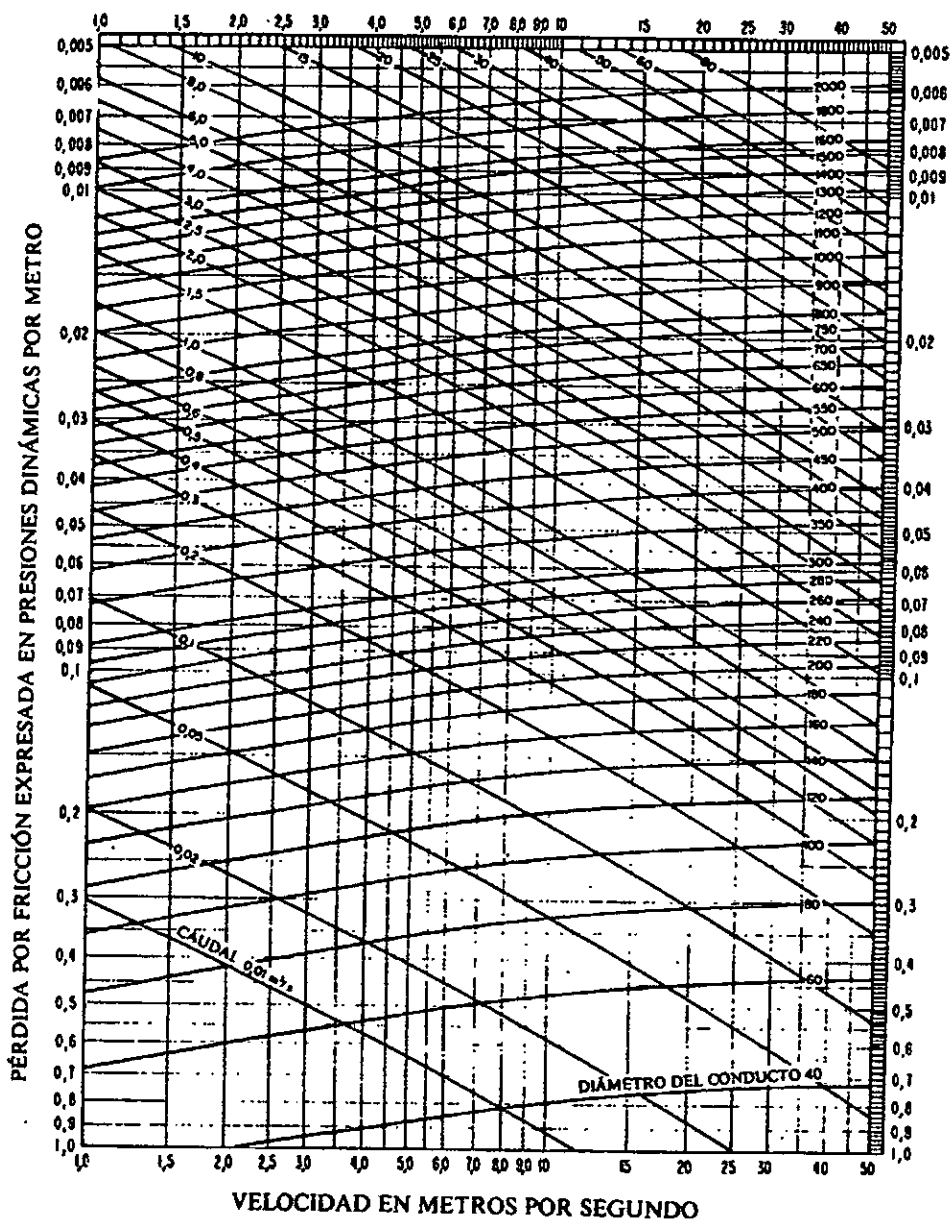


FIGURA 5-18

$$H_f(\text{PD}/\text{m}) = 0,0155 \frac{V^{0,333}}{Q^{0,612}} = \frac{27,8}{Q^{0,612} D^{1,024}}$$

H_f : Factor de pérdidas por metro
 V : Velocidad, m/s
 Q : Caudal, m³/s
 D : Diámetro, mm

Fuente : Salvador Escoda, 2016

f) Método de la longitud equivalente.- Éste método es muy similar al anterior. Se diferencia en la forma de calcular las pérdidas por fricción y en accesorios. La longitud de conducto recto se determina igual que antes. Los accesorios se sustituyen por la longitud de un conducto recto que tenga la misma pérdida de carga. Estas longitudes equivalentes son función del diámetro del conducto. La longitud equivalente de los accesorios se añade a la longitud geométrica del tramo.

g) Tipos de Campana.- La elección del tipo de campana a emplear dependerá de las características físicas de la fuente de contaminación, del mecanismo de generación del contaminante y de la posición relativa del equipo y del trabajador.

Los procedimientos para el diseño de una campana son :

- Determinar la ubicación respecto al proceso.
- Determinar la forma y tamaño.
- Determinar el caudal de aspiración.

TABLA N° 4.12

LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS EN METROS

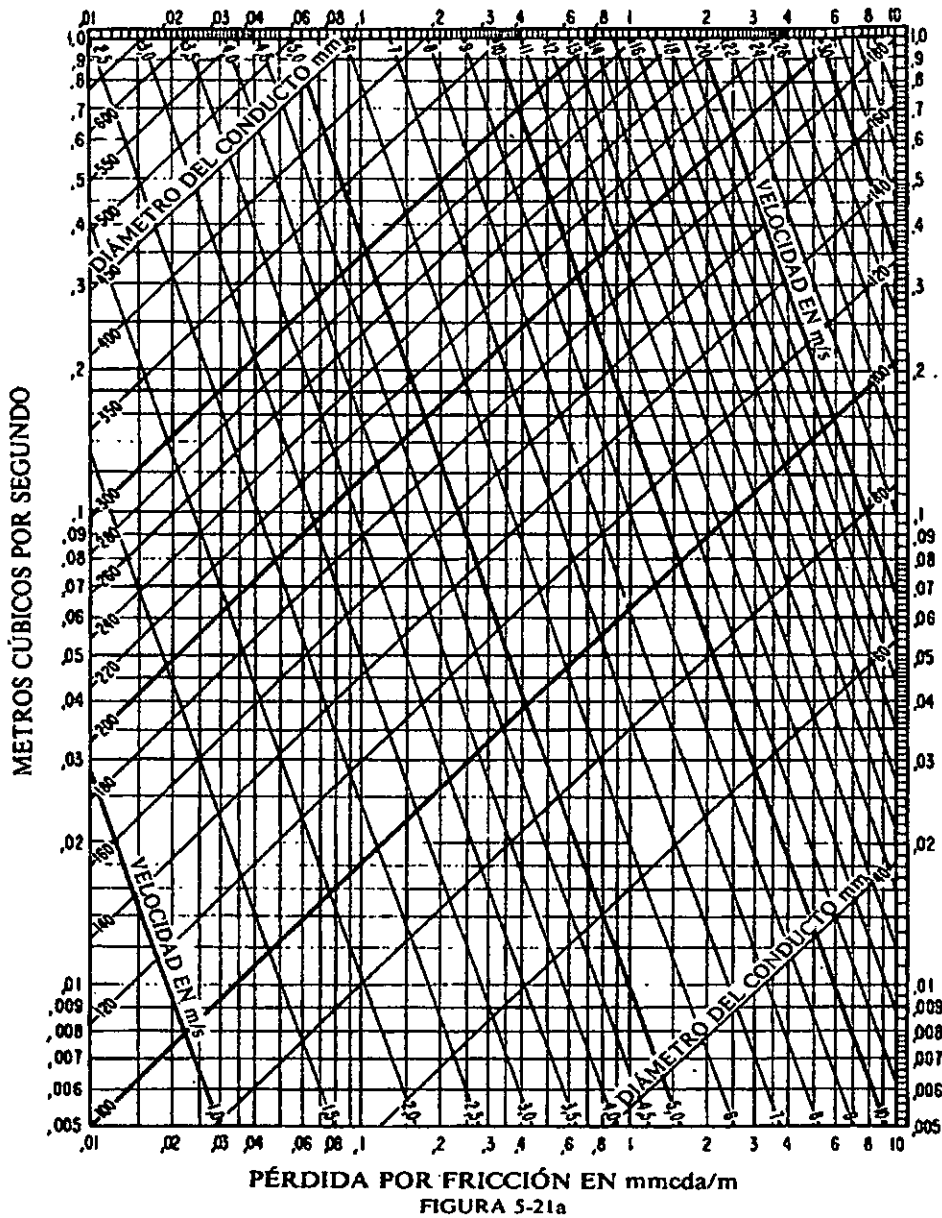
Diámetro en mm	Codo de 90°			Ángulo de la Unión		H, expresada en Diámetros		
	Radio de curvatura R			30°	45°	1,0 D	0,75 D	0,5 D
	1,5 D	2,0 D	2,5 D					
75	1,4	0,9	0,7	0,5	0,9	0,3	0,5	2,0
100	2,0	1,3	1,1	0,8	1,3	0,5	0,8	3,4
125	2,6	1,7	1,4	1,1	1,7	0,6	1,1	4,4
150	3,2	2,2	1,8	1,4	2,2	0,5	1,4	5,5
175	3,9	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	9,5	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					

Para codos de 60° → x 0,67
 Para codos de 45° → x 0,50

Fuente : Salvador Escoda, 2016

GRÁFICO N° 4.2

FACTOR DE PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN LONGITUD EQUIVALENTE (1)



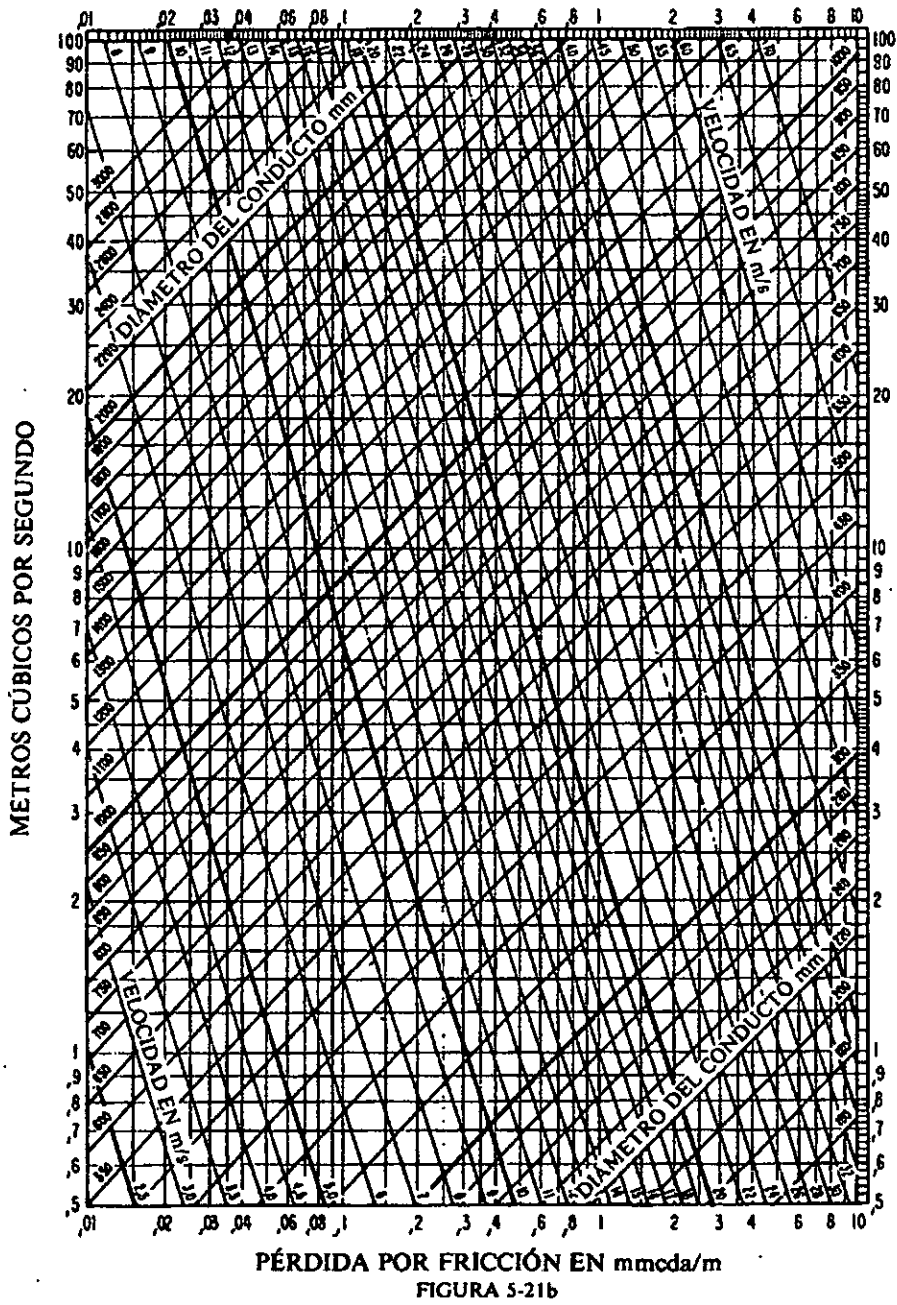
$$h_f = 5,38 \frac{V^{1,9}}{D^{1,22}}$$

h_f : Pérdida por fricción, mmca/m
 V : velocidad, m/s
 D : diámetro, mm

Fuente : Salvador Escoda, 2016

GRÁFICO N° 4.3

FACTOR DE PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN LONGITUD EQUIVALENTE (2)



$$h_f = 5,38 \frac{V^{1,9}}{D^{1,22}}$$

h_f : Pérdida por fricción, mmda/m
 V : velocidad, m/s
 D : diámetro, mm

Fuente : Salvador Escoda, 2016

- 1) Campanas Exteriores.**- Las campanas exteriores se llaman así, a las que se encuentran situadas adyacentes al foco contaminante, pero sin encerrarlo. Cuando el contaminante es un gas, vapor o polvo fino, y no es emitido con una velocidad significativa, la orientación de la campana no es crítica. Sin embargo, si el contaminante incluye partículas grandes que son emitidas con una velocidad apreciable, la campana debe colocarse en la dirección de dicha emisión.

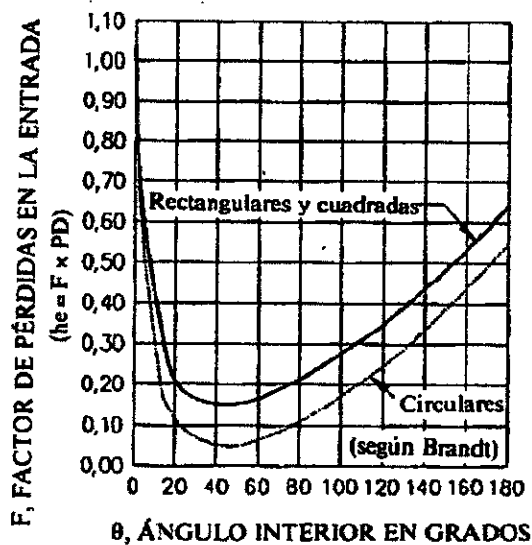
Si el proceso emite aire contaminado muy caliente, éste ascenderá por efecto de su menor densidad. El empleo de una campana exterior situada lateralmente a la corriente de aire ascendente puede no producir una captación adecuada a causa de que la corriente de aire inducida por la campana sea insuficiente para contrarrestar el flujo de aire de origen térmico. Esto será especialmente cierto para los procesos de muy alta temperatura, como los hornos de fusión.

- 2) Pérdida de carga en la Entrada de la Campana.**- 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 vena contracta, y a continuación el aire se expande para llenar todo el conducto, convirtiendo la presión

dinámica en presión estática. Es en esta zona de expansión desde la vena contracta hasta alcanzar la velocidad correspondiente al conducto, donde se origina la mayor parte de la pérdida de carga. Cuanto más pronunciada sea la vena contracta, mayores serán la pérdida de carga y la presión estática después de la campana. La pérdida de carga en la entrada de la campana puede expresarse en términos de un factor de pérdidas de carga (F_c) que, multiplicado por la presión dinámica en el conducto (P_b), dará la pérdida de carga en la entrada (P_{ce}), en m.m.c.d.a.

GRÁFICO N° 4.4

FACTOR DE PÉRDIDA EN LA ENTRADA DE LA CAMPANA



Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

En una campana simple, la presión estática después de la campana es igual a la suma de la presión dinámica en el conducto más la pérdida de carga en la entrada. La presión dinámica representa la presión necesaria para acelerar el aire desde el reposo hasta la velocidad en el conducto; la pérdida de carga en la entrada a la campana representa la energía necesaria para superar las pérdidas a medida que el aire penetra en el conducto. Esto puede expresarse así :

$$P_{Ec} = P_{Dc} + h_{ec} \quad (4.4)$$

Dónde :

- P_{Ec} = Presión estática de la campana, m.m.c.d.a
- h_{ec} = Pérdida de carga en la entrada al conducto
- P_{Dc} = Presión dinámica en el conducto, m.m.c.d.a.

h) Depuradores para Contaminantes Gaseosos.- Los equipos específicamente diseñados para la eliminación de contaminantes en fase gas o vapor se pueden clasificar según su principio de funcionamiento en :

- 1) Absorción.-** En estos aparatos se eliminan los gases solubles o químicamente reactivos contenidos en una corriente de aire por contacto con un líquido adecuado. A pesar de que todos los

diseños se basan en conseguir un contacto entre el contaminante gaseoso y el líquido absorbente, existen grandes diferencias en el modo de operación y en el rendimiento entre los distintos modelos. La eliminación del contaminante puede ser por absorción, si la solubilidad del gas y su presión de vapor lo posibilitan o por reacción química. El agua es el líquido absorbente más utilizado, si bien en muchas ocasiones se precisa el uso de los aditivos y en algunos casos es necesario emplear disoluciones de reactivos químicos. La torre de relleno es el ejemplo típico de equipo de absorción.

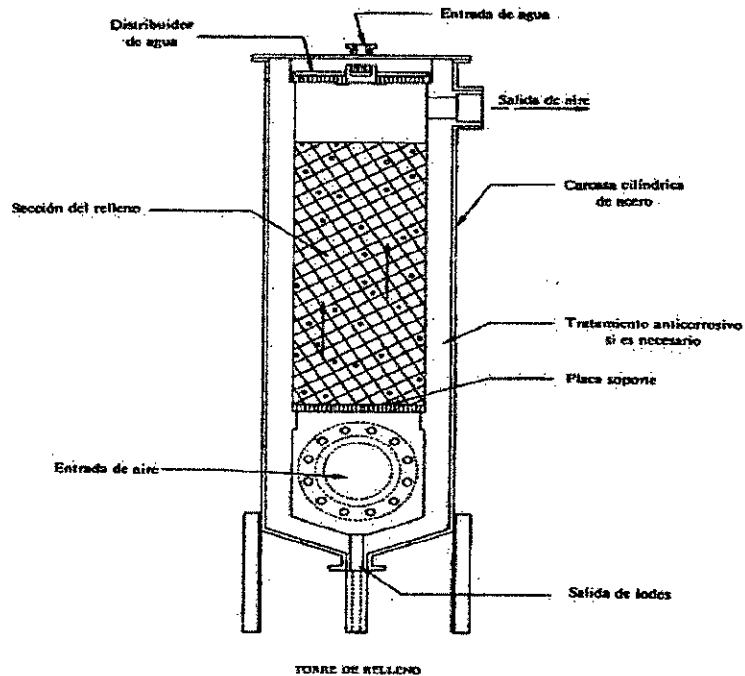
- 2) **Adsorción.**- En estos aparatos se captan los contaminantes por adsorción sobre un sólido. El proceso es de tipo físico sin que exista ninguna reacción química, y consiste en que las moléculas de un gas quedan retenidas en la superficie del sólido adsorbente. Los adsorbentes más comunes son el carbón activado y los tamices moleculares.
- 3) **Oxidación térmica.**- Se puede utilizar cuando el contaminante es combustible. La corriente de aire contaminado se introduce en un equipo de llama abierta o provista de un sistema de calentamiento seguido de una cámara en la que los combustibles son oxidados produciendo dióxido de carbono y agua. La mayoría de contaminantes combustibles se pueden oxidar a temperaturas entre 537 y 815 °C. la cámara debe diseñarse de forma que el

tiempo de residencia y la turbulencia permitan una oxidación completa.

- 4) Incineración.-** La incineración se diferencia de la oxidación térmica en que el gas contaminado y el aire auxiliar, se introducen directamente en el mechero actuando aquel como combustible. Para inicial la combustión generalmente es necesario el aporte de un combustible auxiliar como gas natural o fuel – oil y en ocasiones también es necesario este aporte para el mantenimiento de la combustión.
- 5) Oxidación catalítica.-** Se puede usar cuando el contaminante es combustible. La corriente de gas contaminado, después de precalentada, pasa a través de un lecho catalítico que acelera la oxidación de los combustibles a dióxido de carbono y vapor de agua. Los metales de la familia del platino son los elementos catalizadores generalmente utilizado para acelerar la oxidación a temperaturas entre 350°C y 500°C.

FIGURA N° 4.1

DEPURADOR HÚMEDO (TORRE DE RELLENO)



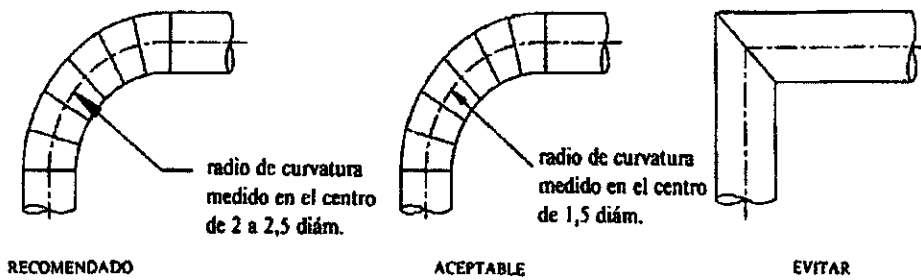
Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

i) Accesorios :

1) Codos :

FIGURA N° 4.2

DISEÑO RECOMENDABLE DE CODOS

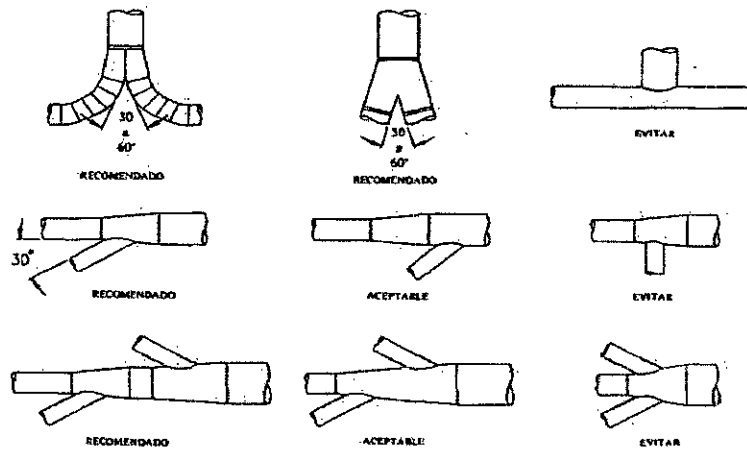


Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

2) Uniones :

FIGURA N° 4.3

DISEÑO RECOMENDABLE DE UNIONES

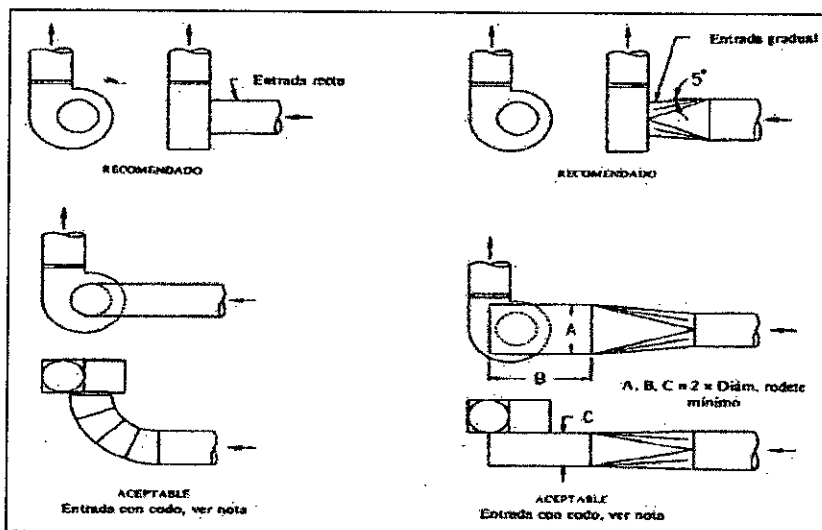


Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

3) Entrada al Ventilador :

FIGURA N° 4.4

DISEÑO RECOMENDABLE DE ENTRADA AL VENTILADOR



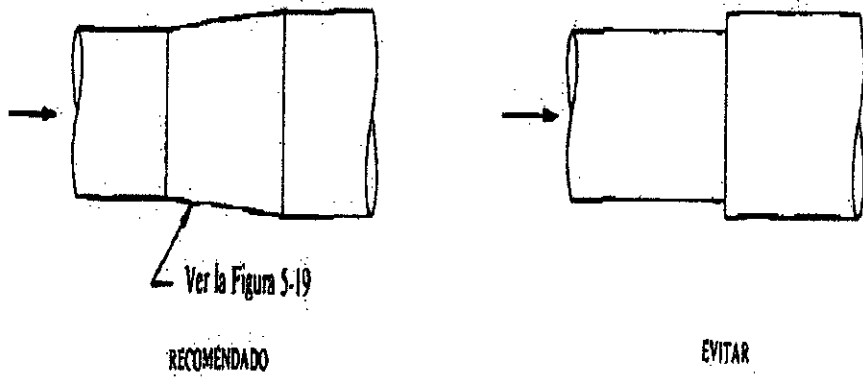
Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

4) Ensanchamiento :

FIGURA N° 4.5

DISEÑO RECOMENDABLE DE ENSANCHAMIENTO

ENSANCHAMIENTOS DE CONDUCTOS



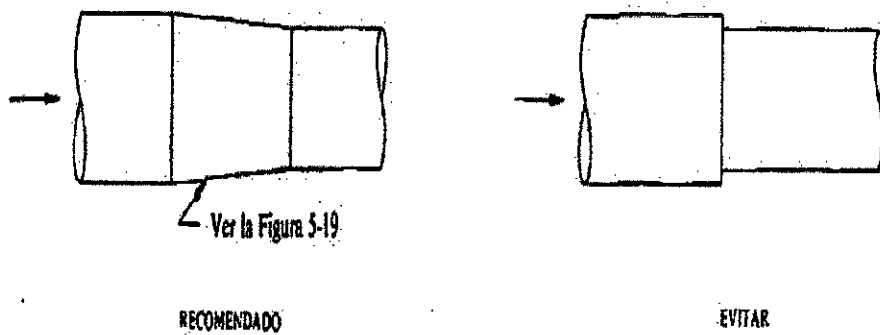
Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

5) Contracciones :

FIGURA N° 4.6

DISEÑO RECOMENDABLE DE CONTRACCIONES

CONTRACCIONES DE CONDUCTOS



Fuente : Soler, E. y Palau, J., 2011

- i) **Velocidad del Aire.**- La velocidad del aire, se calcula utilizando la ecuación de continuidad :

$$Q = V \times A \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (4.7)$$

Dónde :

Q = Caudal volumétrico de aspiración

V = Velocidad del aire

A = Área de la sección de pasaje del aire

4.7.2. Procedimiento de diseño

a) **Bases de diseño :**

- 1) Tipo de proceso.- Proceso unitario. Mezclamiento
- 2) Capacidad de producción.- 500 L/lote (dato de una planta industrial)
- 3) Tiempo de dilución y mezclado.- 20 minutos (dato práctico de planta)
- 4) Producción anual.- 10 800 m³/año
- 5) Área de Proceso.- Mezclamiento de pinturas LATEX PREMIUM (látex vinil acrílico) : 3,12 m²

$$A_T = S_s + S_g + S_e = 0,65 + 1,30 + 1,17 = 3,12 \text{ m}^2$$

- 6) Diámetro del área de captación = longitud de captación : 1,91 m ≈ 2,00 m
- 7) Tipo de ventilación : Ventilación localizada
- 8) Esquema de localización e instalación para todos los accesorios correspondientes. **Ver Esquema N° 4.1 (Véase en la pag. 122)**

b) Cálculo de capacidad :

1) Cálculo de la capacidad del tanque de mezclado :

$$V_T = V_{\text{mezclado}} \times 1,3 = 0,5 \times 1,3 = 0,65 \text{ m}^3$$

Usando la relación $H/D = 1,1$ [13]

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times 1,1}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,65}{\pi \times 1,1}} = 0,91 \text{ m}$$

Área estática $S_s = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} (0,91)^2 = 0,65 \text{ m}^2$

Área gravitacional $S_g = 2 S_s = 0,65 \times 2 = 1,30 \text{ m}^2$

Área evolutiva $S_e = K (S_s + S_g) = 0,6 (0,65 + 1,30) = 1,17$

m^2 Área total del tanque de mezclado : 3,12 m^2

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times 1,1}} = \sqrt{\frac{4 \times 3,12}{\pi \times 1,1}} = 1,91 \text{ m} \approx 2,0 \text{ m}$$

Longitud del área de captación = 2,0 m

2) Cálculo del caudal de aire en m³/s (Q) :

- De la **Tabla N° 4.3 (Véase en la pag. N° 96)** el volumen de aire necesario por persona en Industrias Insalubres es 100 m³/h
- De la **Tabla N° 4.4 (Véase en la pag. N° 97)** las renovaciones del aire en Talleres de Pinturas son 40 renovaciones/h mínimo.
- Considerando que existen cinco personas por área de producción, se tiene :

$$Q = V_{\text{necesario}} \times N^{\circ}_{\text{personas}} \times N^{\circ}_{\text{renovaciones}}$$

$$Q = \frac{100 \text{ m}^3}{\text{h} \times \text{persona}} \times 5 \text{ persona} \times 40$$

$$Q = \frac{20000 \text{ m}^3}{\text{h}}$$

$$Q = \frac{5,6 \text{ m}^3}{\text{s}}$$

3) Cálculo de la velocidad de Captación en la Campana.- Cálculo área de la entrada a la campana. Consideramos que la entrada a

la campana tiene una forma cuadrática, se calcula con la siguiente fórmula : $A = L^2$

Donde :

$$L = D = 2 \text{ m}$$

$$A = (2\text{m})^2 = 4 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, la velocidad del aire para arrastrar los vapores, gases, humos y polvo, será :

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

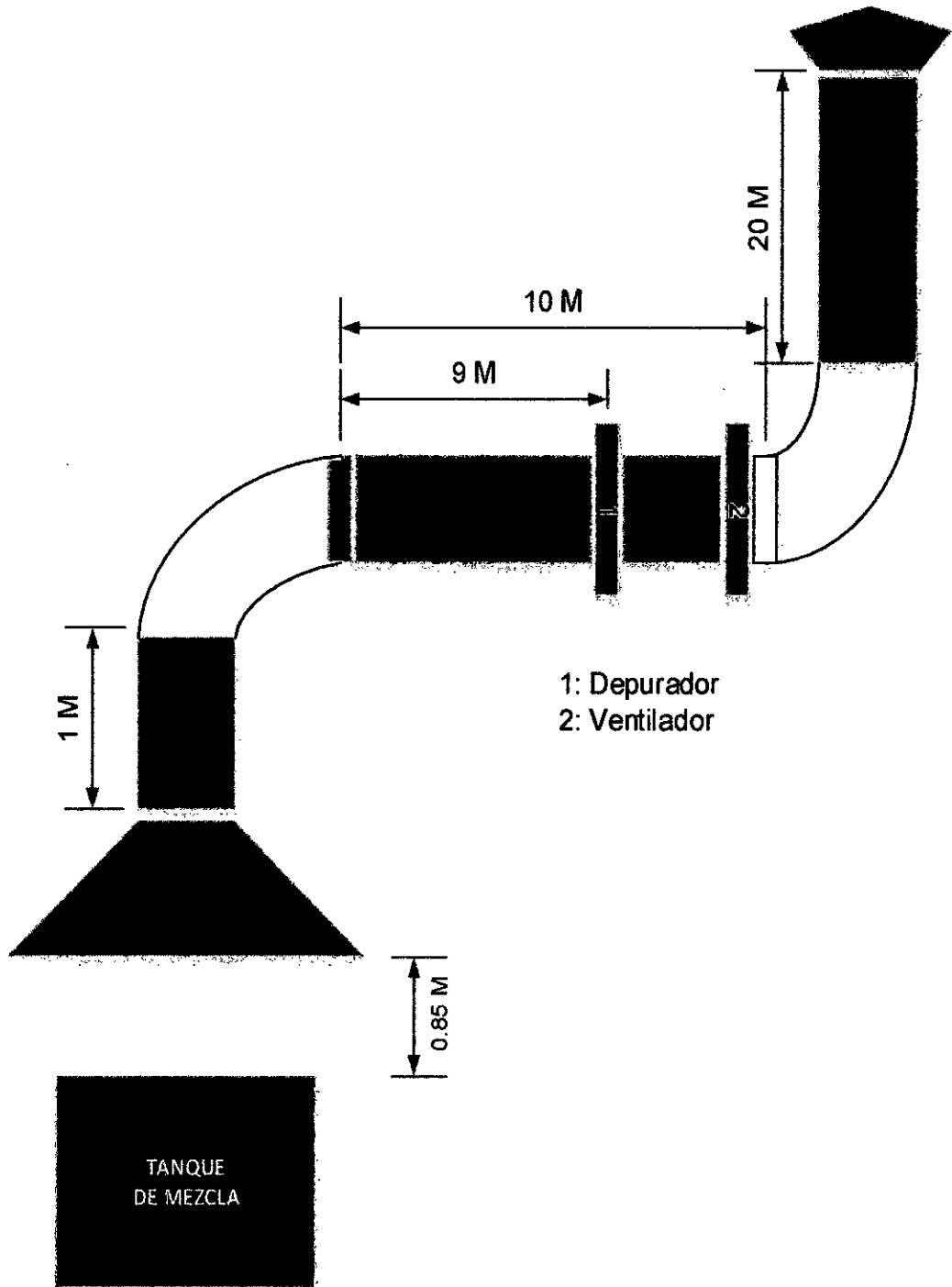
$$V = \frac{5,6 \text{ m}^3}{4 \text{ m}^2}$$

$$V = \frac{1,4 \text{ m}}{\text{s}}$$

El valor de esta velocidad está el rango de 1 a 2,5 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ recomendado por el manual práctico de ventilación de Soler & Palau.

ESQUEMA N° 4.1

ESQUEMA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN



Fuente : Elaboración propia

4) **Cálculo de la velocidad del aire en el Conducto.**- De la Tabla N° 4.7 (Véase en la pag. N° 102) y en función de la naturaleza de nuestros contaminantes (gases), observamos que la velocidad de diseño de los conductos debe encontrarse en el rango de $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ y $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para cálculos del sistema de ventilación, consideraremos a la velocidad de diseño del conducto como $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$V_{\text{conducto}} = \frac{Q_{\text{conducto}}}{A_{\text{conducto}}} \quad (4.8)$$

Consideramos el caudal constante en todo el sistema de ventilación, por tanto : $Q_{\text{conducto}} = \frac{5,6 \text{ m}^3}{\text{s}}$

Por lo tanto, el área del conducto, se determinará como :

$$A_{\text{conducto}} = \frac{Q_{\text{conducto}}}{V_{\text{conducto}}}$$

$$A_{\text{conducto}} = \frac{\frac{5,6 \text{ m}^3}{\text{s}}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$A_{\text{conducto}} = 0,56 \text{ m}^2$$

Consideramos el conducto de forma circular.

El diámetro del conducto, se determinará como :

$$A_{\text{conducto}} = \pi \times \left(\frac{D_{\text{conducto}}}{2} \right)^2$$

$$D_{\text{conducto}} = 2 \sqrt{\frac{A_{\text{conducto}}}{\pi}}$$

$$D_{\text{conducto}} = 0,844 \text{ m}$$

Por cuestiones de manufactura de los conductos, se trabajará con un diámetro de un metro.

- 5) Calculo de la capacidad del ventilador.-** El cálculo de la capacidad del sistema de ventilación consistió en hallar la potencia del ventilador en HP, ver diseño de detalles.

c) Diseño de Detalles o Dimensionamiento :

- 1) Pérdida de Carga en la entrada de la Campana**

$$PE_c = PD_c + h_{ec}$$

2) Presión Dinámica en el Conducto :

$$PD_c = \left(\frac{V_{\text{conducto}}}{4,043} \right)^2$$

$$PD_c = \left(\frac{10 \text{ m}}{4,043 \text{ s}} \right)^2$$

$$PD_c = 6,12 \text{ mmcda}$$

Pérdida de Carga en el Conducto

$$h_{ec} = F_c \times PD_c$$

Del **Gráfico 4,4 (Véase en la pag. N° 109)** para un ángulo de 70° tenemos que $F_c = 0,19$

Entonces la pérdida de carga en el conducto será :

$$h_{ec} = 0,19 \times 6,12 \text{ mmcda}$$

$$h_{ec} = 1,16 \text{ mmcda}$$

Presión Estática de la Campana

$$PE_{\text{camp}} = PD_c + h_{ec}$$

$$PE_{\text{camp}} = 6,12 + 1,16 \text{ mmcda}$$

$$PE_{\text{camp}} = 7,28 \text{ mmcda}$$

3) Pérdida de Carga en los Conductos.- Para el cálculo de la pérdida de carga en los conductos, se ha desarrollado comparando los dos métodos de "Presión Dinámica" y "Longitud Equivalente".

En el **Esquema N° 4.1 (Véase la pag. N° 122)**, se observa que:

- Longitud del tramo : 31 m
- Codos : 2 unidades

$$\text{Radio de Curvatura} = 1,5 D$$

– **Método de la Presión Dinámica.-** Del **Gráfico 4.1 (Véase la pag. N° 105)**, determinamos el factor de pérdida en los tramos rectos, mediante :

$$H_f = \frac{27,8}{Q^{0,079} \times D^{1,066}}$$

$$H_f = \frac{27,8}{5,6^{0,079} \times 1000^{1,066}}$$

$$H_f = 0,0154$$

De la **Tabla N° 4.8 (Véase la pag N° 103)**, para codos con Radio de curvatura igual a 1.5D, el factor de pérdida en P_D es 0,39

Para calcular las pérdidas de carga en el sistema, se multiplicará el factor de pérdida en los tramos rectos por la longitud del tramo recto, y se sumarán el factor de pérdida de los accesorios multiplicado por la cantidad de accesorios. Para obtener la pérdida en m.m.c.d.a, el resultado anterior se multiplicará por la Presión Dinámica en el conducto. De la siguiente manera :

$$h = (H_f \times \text{longitud}_{\text{conducto}} + H_{\text{codo}} \times \text{N}^\circ \text{Codos}) \times PD_c$$

$$h = 1,2574 \times 6,12$$

$$h = 7,70 \text{ mmcda}$$

La presión estática en el conducto se calculará sumando la presión estática de la campana y las pérdidas de carga en el sistema :

$$PE_c = PE_{\text{camp}} + h$$

$$PE_c = 7,28 + 7,70$$

$$PE_c = 14,98 \text{ mmcda}$$

La presión total en el conducto, corresponde a la suma de la presión estática en el conducto y la presión dinámica en el conducto.

$$P_T = PE_c + PD_c$$

$$P_T = 14,98 + 6,12$$

$$P_T = 21,1 \text{ mmcda}$$

- **Método de la Longitud Equivalente.-** Del Gráfico 4.2 (Véase la pag. N° 108) y Grafico 4.3 (Véase la pag. N° 109), determinamos el factor de pérdida en los tramos rectos, mediante la siguiente expresión :

$$H_f = 5,3845 \times \frac{V^{0,533}}{Q^{0,612}}$$

$$H_f = 5,3845 \times \frac{10^{0,533}}{1000^{0,612}}$$

$$H_f = 0,0936$$

De la **Tabla N° 4.12 (Véase la pag. N° 107)**, para codos con Radio de curvatura igual a 1,5 D y con diámetro un metro, la longitud equivalente de los codos es de 32 m.

Para calcular las pérdidas de carga en el sistema, se sumarán la longitud del tramo recto con la longitud equivalente de los accesorios, este último multiplicado por el número de accesorios. Al resultado de esta sumatoria, se deberá multiplicar por el factor de pérdida en los tramos rectos, y así se obtendrá la pérdida en mmcda. De la siguiente manera :

$$h = (L_{\text{tramo recto}} + L_{\text{eq-codos}} \times N^{\circ}_{\text{codos}}) \times H_f$$

$$h = (31 + 32 \times 2) \times 0,0936$$

$$h = 8,89 \text{ mmcda}$$

La presión estática en el conducto se calculará sumando la presión estática de la campana y las pérdidas de carga en el sistema :

$$PE_c = PE_{\text{camp}} + h$$

$$PE_c = 7,28 + 8,89$$

$$PE_c = 16,17 \text{ mmcda}$$

La presión total en el conducto, corresponde a la suma de la presión estática en el conducto y la presión dinámica en el conducto es :

$$P_T = PE_c + PD_c$$

$$P_T = 16,17 + 6,12$$

$$P_T = 22,29 \text{ mmcda}$$

4) Potencia de Funcionamiento Ventilador.- Para el cálculo de la potencia del ventilador se ha utilizado la siguiente ecuación :

$$Pot_{\text{Funcionamiento}} = 2,22 \times P_1 \times Q \left(\frac{k}{k-1} \right) \times \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{k}{k-1} \right)} - 1 \right] \quad (4.6)$$

De donde :

P_1 = Presión en la entrada (m.m.c.d.a)

P_2 = Presión de descarga (m.m.c.d.a)

Q = Caudal del aire $5,6 \frac{\text{m}^3}{\text{S}}$

K = relación de calores específicos a presión constante y a volumen constante (1,3947)

– Calculo de la Potencia de la ventilación por el método de Presión Dinámica, aplicando la ecuación 4.6

$$P_{\text{ot Funcionamiento}} = 2,22 \times \frac{14,98}{1000} \times 5,6 \left(\frac{1,3947}{1,3947-1} \right) \times \left[\left(\frac{21,1}{14,98} \right)^{\left(\frac{1,3947}{1,3947-1} \right)} - 1 \right]$$

$$P_{\text{ot Funcionamiento}} = 1,5449 \text{ Hp}$$

- Cálculo de la Potencia de la ventilación por el método de Longitud Equivalente, aplicando la ecuación 4.6

$$P_{\text{ot Funcionamiento}} = 2,22 \times \frac{16,17}{1\ 000} \times 5,6 \left(\frac{1,3947}{1,3947-1} \right) \times \left[\left(\frac{22,29}{16,17} \right)^{\left(\frac{1,3947}{1,3947-1} \right)} - 1 \right]$$

$$P_{\text{ot Funcionamiento}} = 1,498 \text{ Hp}$$

- 5) Potencia de Instalación del Ventilador.**- Para calcular la potencia de instalación se ha usado la siguiente ecuación [13] :

$$P_{\text{ot Instalación}} = 2 \times \frac{P_{\text{ot funcionamiento}}}{\epsilon_{\text{motor}}}$$

Consideraremos una eficiencia del motor de un 80%

- Cálculo de la Potencia instalación por el método de Presión Dinámica, aplicando la ecuación 4.7

$$P_{\text{ot Instalación}} = 2 \times \frac{1,5497 \text{ Hp}}{0,8}$$

$$P_{\text{ot. Instalación}} = 3,87 \text{ Hp} \approx 4 \text{ Hp}$$

- Cálculo de la Potencia de instalación por el método de la Longitud Equivalente, usando la ecuación 4.7

$$P_{\text{Ot Instalación}} = 2 \times \frac{1,498 \text{ Hp}}{0,8}$$

$$P_{\text{ot. Instalación}} = 3,744 \text{ Hp} \approx 4 \text{ Hp}$$

d) Datos de Construcción :

Tipo de extracción	:	Extracción localizada
Tipo de Industria	:	Manufactura (Pinturas)
Nº Renovaciones / hora	:	40
Tipo de Ventilador	:	Axial tubular
Velocidad de captación	:	$1,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Velocidad en conductos	:	$12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Diámetro de conductos	:	1,0 metros
Codos	:	2
Longitud	:	31 metros
Cantidad de Personas	:	5
Eficiencia de motor	:	0,8

Potencia instalada del motor :

Método Presión Dinámica : 4 HP

Método Long. Equivalente : 4 HP

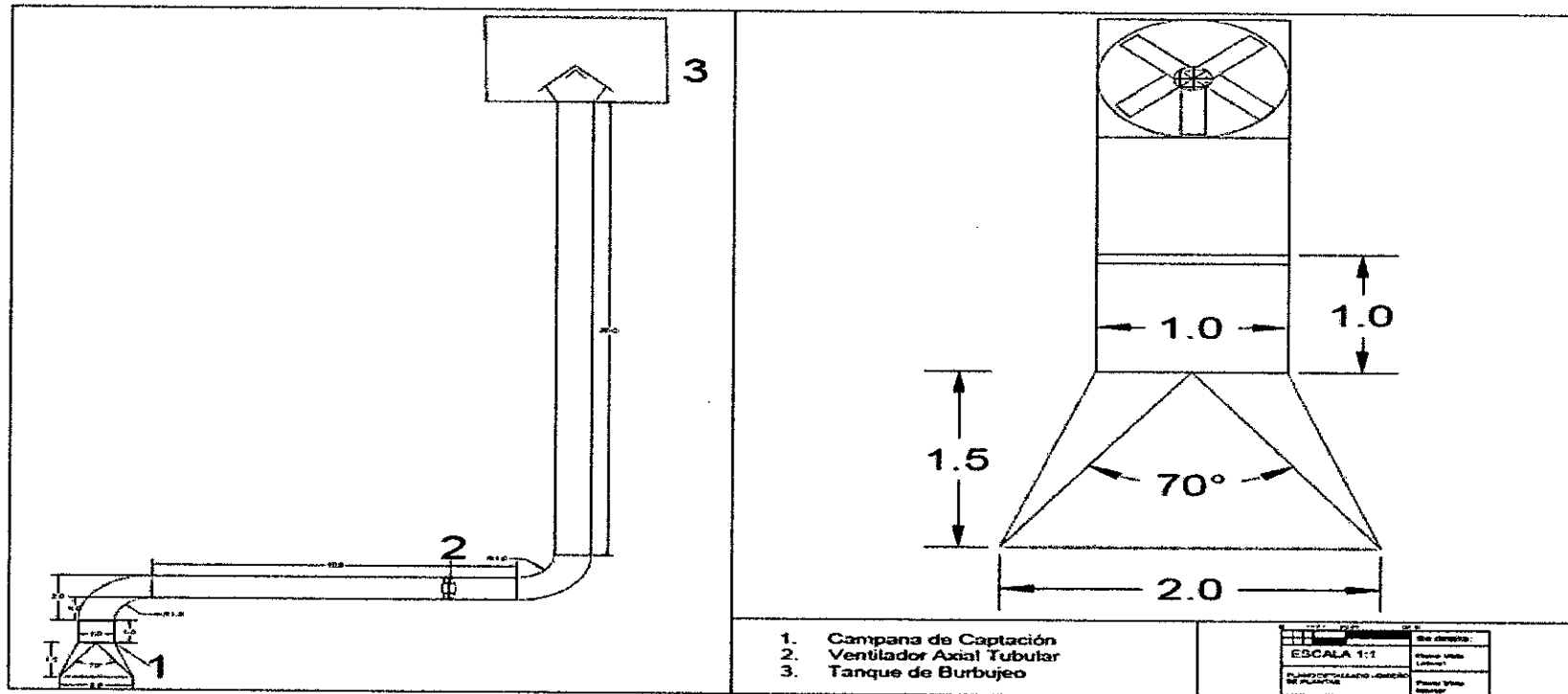
Pérdida de carga : 2,52 x E-3 metros

Tipos de material : Acero galvanizado

e) Elaboración del plano :

PLANO N° 4.2

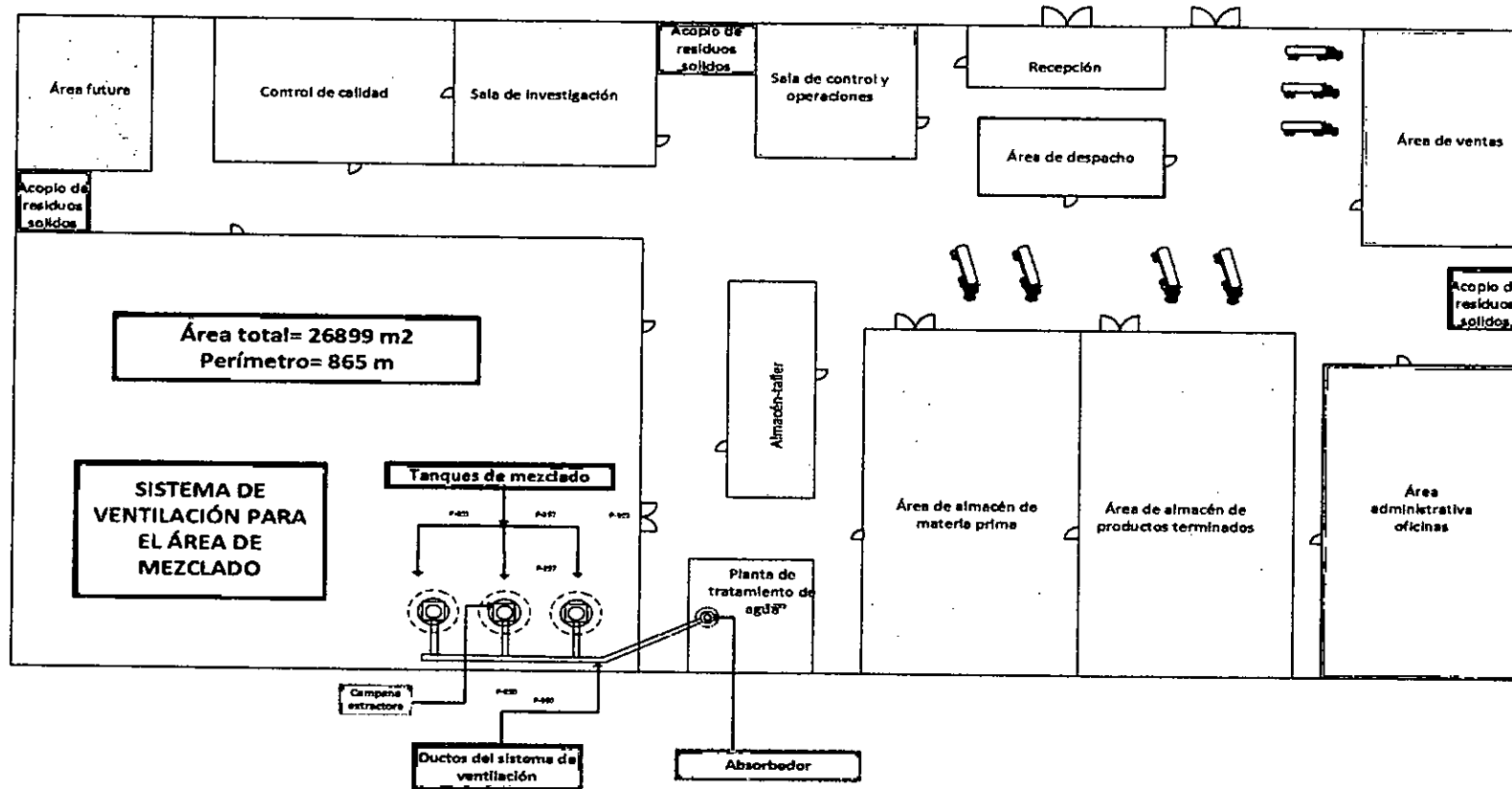
PLANO DE DISPOSICIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL



Fuente : Elaboración Propia

PLANO N° 4.3

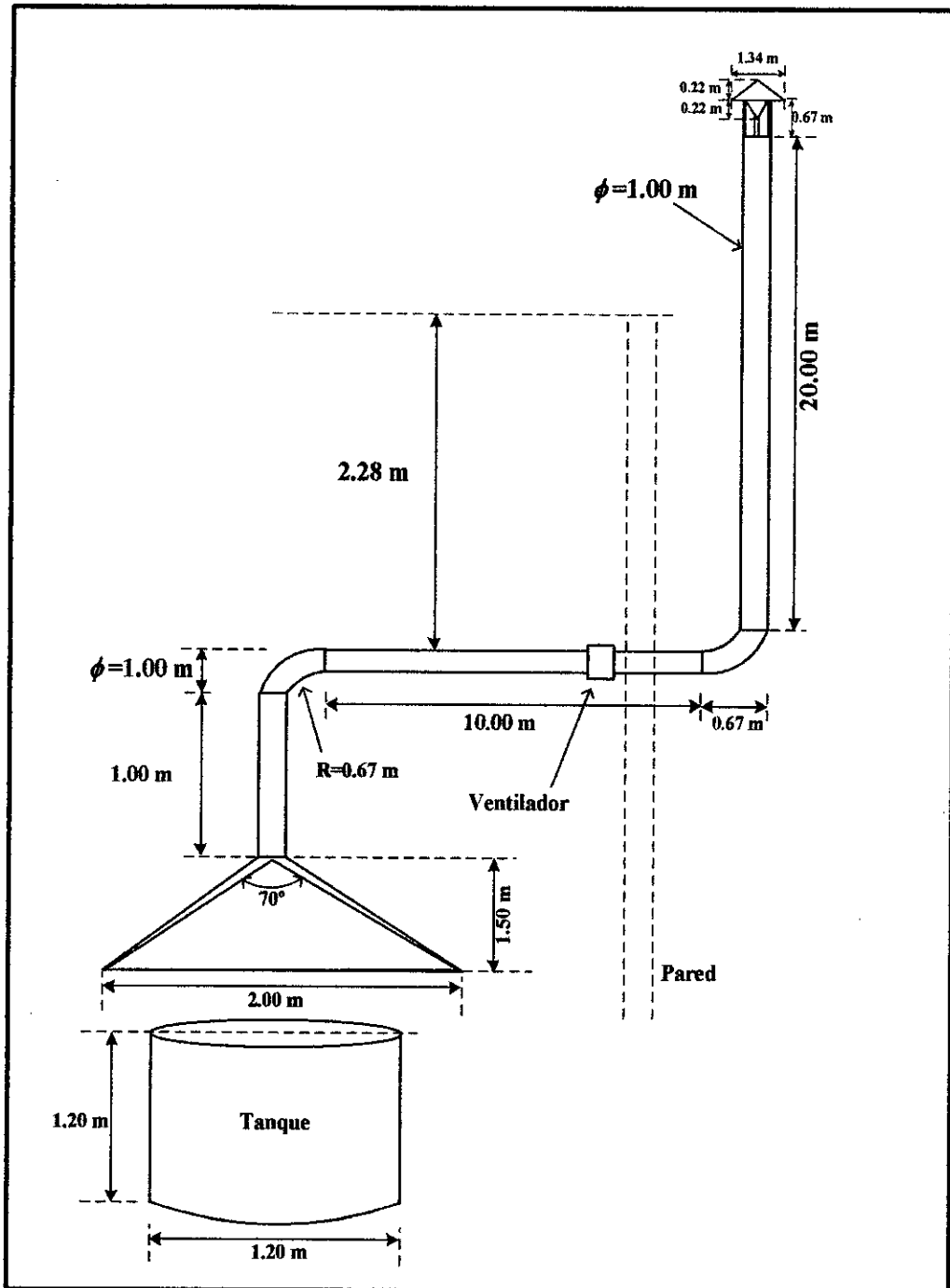
PLANO DE DISPOSICIÓN DE PLANTA PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL



Fuente : Elaboración Propia

PLANO N° 4.4

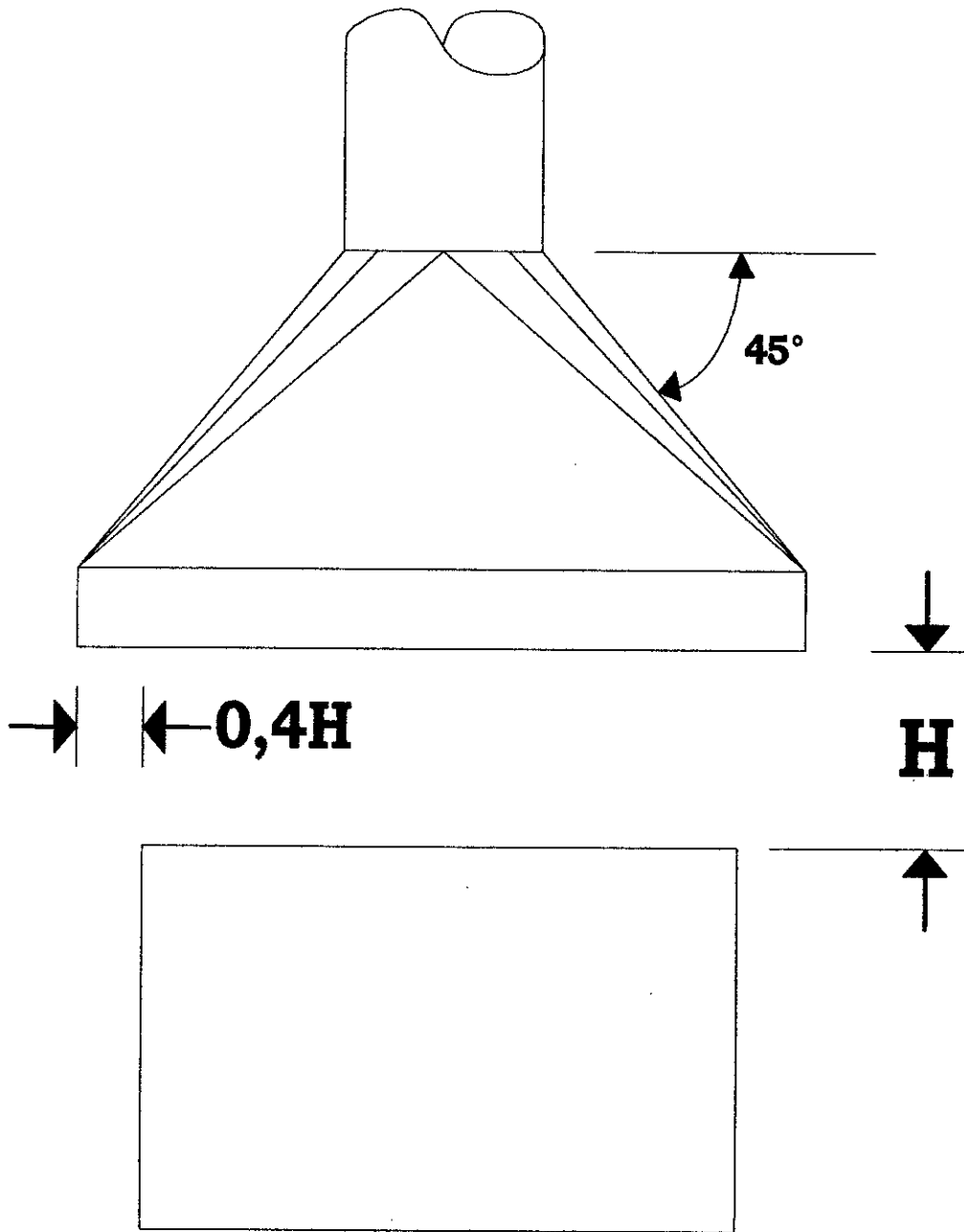
PLANO DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA VENTILACIÓN



Fuente : Elaboración Propia

PLANO N° 4.5

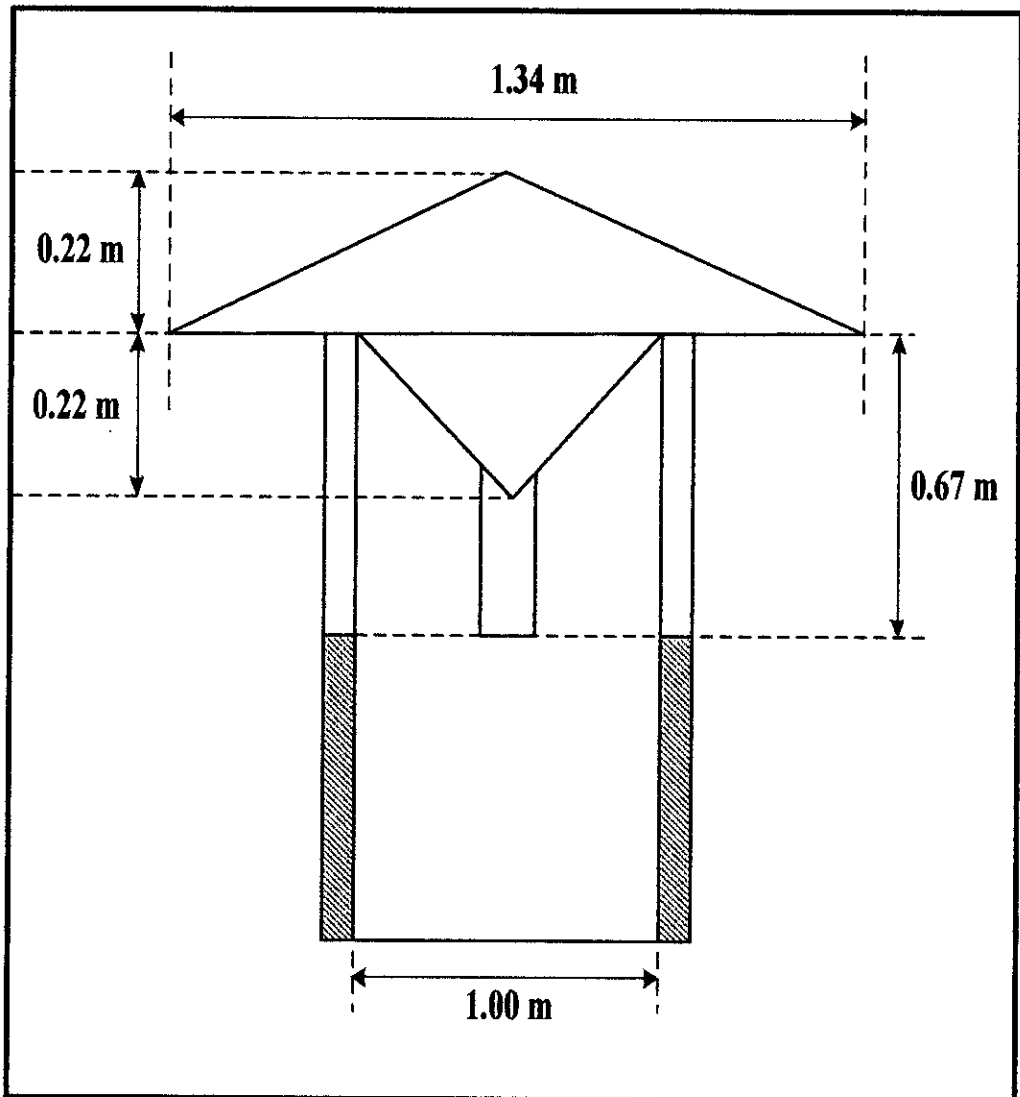
PLANO DE DISEÑO DE CAMPANA



Fuente : Elaboración Propia

PLANO N° 4.6

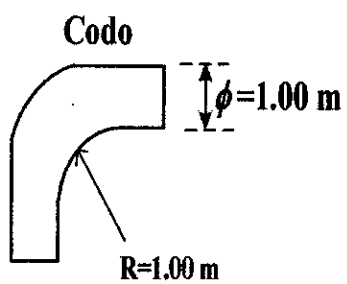
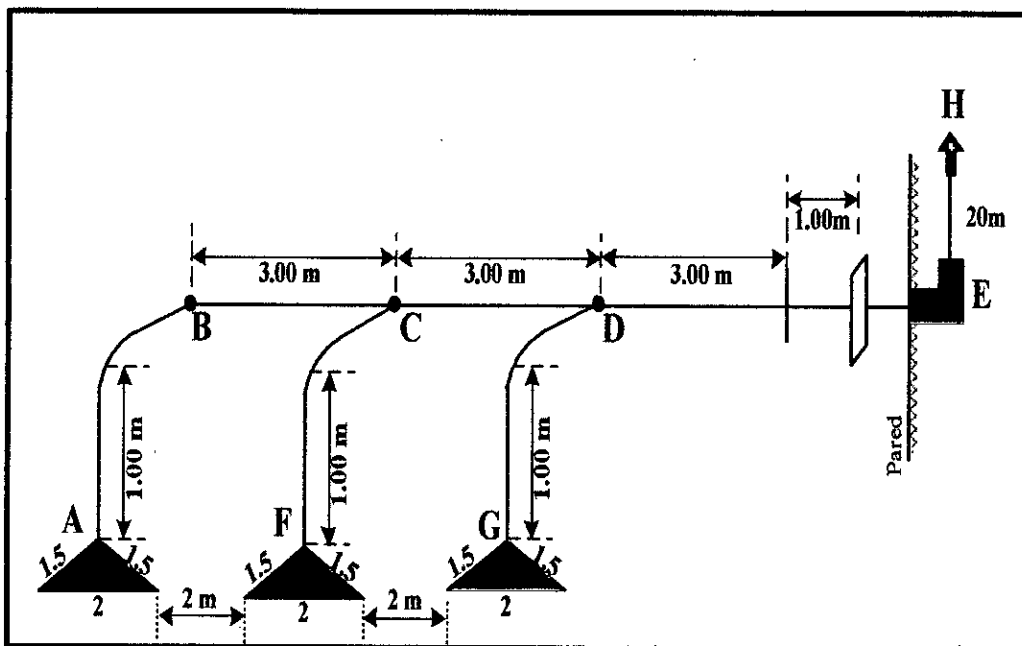
PLANO DEL SOMBRERETE Y SUS DIMENSIONES



Fuente : Elaboración Propia

PLANO N°4.7

PLANO ISOMÉTRICO DEL SISTEMA VENTILACIÓN INDUSTRIAL



Fuente : Elaboración propia

V. RESULTADOS

Con el objeto de disponer los datos de diseño del sistema de ventilación industrial, se ha obtenido los cálculos del fundamento y procedimiento de diseño, siendo estos resultados los siguientes :

a) Campana de extracción :

- 1) Tipo de Campana : Campana elevada
- 2) Velocidad de Captación : $1,4 \frac{m}{s}$
- 3) Distancia de la campana al mezclador : 0,85 m
- 4) Ancho de la campana : 2 m
- 5) Angulo de la campana : 70°
- 6) Boca de Campana : Rectangular

b) Conductos :

- 1) Tipo de conducto : Circular
- 2) Longitud de conducto : 31 m
- 3) Diámetro del conducto : 1,0 m
- 4) Caudal del aire en el conducto : $5.6 \frac{m^3}{s}$
- 5) Velocidad de aire : $10 \frac{m}{s}$

- 6) Presión Dinámica : 6,12 m.m.c.d.a
- 7) Perdida de Carga en tramos rectos : 8,89 m.m.c.d.a
- 8) Perdida de Carga por accesorios : 7,28 m.m.c.d.a
- 9) Perdida de Carga total : 22,294 m.m.c.d.a
- 10) Accesorios: campana, codos y sombrero.

c) Ventilador :

- 1) Tipo de Ventilador : Ventilador Axial
- 2) Elemento rotatorio : Hélice axial de perfil sustentador.
- 3) Presión total : 22,29 m.m.c.d.a
- 4) Potencia del ventilador : 4 Hp – 3 600 rpm
- 5) Diámetro de hélice : ϕ 450 m.m
- 6) Tamaño de carcasa : ϕ 450 x 400
- 7) Coeficiente de rendimiento : 0,80
- 8) Coeficiente de Seguridad : 1,5

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados

Partiendo de la Hipótesis General, se demostró que el diseño del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pintura emplea métodos para el cálculo de parámetros de funcionamiento del equipo de ventilación industrial en la extracción e impulsión del aire contaminado. Los métodos para determinar la potencia del ventilador por presión dinámica y presión de longitud equivalente son aproximadamente iguales, es decir, los dos métodos se pueden usar con mucha confiabilidad para determinar la potencia del motor del ventilador.

6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares

Los fabricantes de ventiladores axiales de usos industriales PAGGI INGENIEROS 2013 en su galería reportaron en su catálogo los siguientes datos de operación y funcionabilidad de ventiladores :

Código – OT08 – 1639

Modelo : AXITUB – 450, AF + RG

Caudal : $Q = 6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Presión estática	:	35 m.m.c.d.a
Motor trifásico	:	4 Hp – 3 600 rpm
Diámetro de Hélice	:	φ 450 mm
Tamaño carcasa	:	φ 450 x 400 mm

Como se observa los resultados obtenidos del diseño de detalles son aproximadamente concordantes con los datos proporcionados por los fabricantes así como la potencia de 4 Hp y la presión estática de 22,29 m.m.c.d.a.

VII. CONCLUSIONES

- 1) Se ha diseñado un Sistema de Ventilación Industrial para una Planta de Producción de Pinturas empleando dos métodos para el cálculo de parámetros de funcionamiento del ventilador industrial.
- 2) Se han determinado los componentes de la materia prima y de sus productos durante el proceso de producción de pinturas tales como resinas, pigmentos aditivos, cargas y solventes.
- 3) Se ha identificado los contaminantes emitidos por la materia prima y los productos en el proceso de producción de pinturas. Se determinó que los agentes químicos más nocivos para salud se encuentran en los solventes (fenoles, cetonas entre otros) y en los pigmentos (Cd, Pb, Cu, Cr, etc.)
- 4) Se han determinado cuales son las enfermedades profesionales que generan los componentes de la materia y sus productos en el proceso producción de pinturas. De los datos de estudio de las enfermedades profesionales se observó que las enfermedades más recurrentes fueron la dermatitis por contacto directo, silicosis e irritaciones en las fosas nasales e intoxicaciones. Así también se recomienda una manipulación adecuada de estas materias primas y productos tomando en cuenta sus valores máximos permisibles de exposición según la normativa legal vigente peruana e internacional al utilizar estos reactivos en su fabricación de pinturas.

5) Se ha diseñado detalladamente el equipo del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas identificando los focos o zonas en donde se producen o desprenden los contaminantes (polvos y vapores) del área de proceso en la industria de pinturas con las siguientes especificaciones, manejando un caudal de 20000 m³/h en un ducto de 1m de diámetro necesario para extraer los gases contaminantes y se hace necesario un ventilador tipo axial tubular de una potencia de 4 Hp – 3 600 rpm, cuyo diámetro del hélice de 450 mm y con un tamaño de carcasa de 450 x 400, luego del diseño detallado del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pintura se obtuvo los siguientes datos :

a) Campana de extracción :

- Tipo de Campana : Campana elevada
- Velocidad de Captación : $1,4 \frac{m}{s}$
- Distancia de la campana al mezclador : 0,85 m
- Ancho de la campana : 2 m
- Angulo de la campana : 70°
- Boca de Campana : Rectangular

b) Conductos :

- Tipo de conducto : Circular
- Longitud de conducto : 31 m
- Diámetro del conducto : 1,0 m
- Caudal del aire en el conducto : $5,6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
- Velocidad de aire : $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- Presión Dinámica : 6,12 m.m.c.d.a
- Perdida de Carga en tramos rectos : 8,89 m.m.c.d.a
- Perdida de Carga por accesorios : 7,28 m.m.c.d.a
- Perdida de Carga total : 22,294 m.m.c.d.a
- Accesorios : campana, codos y sombrero.

c) Ventilador :

- Tipo de Ventilador : Ventilador Axial
- Elemento rotatorio : Hélice axial de perfil sustentador.
- Presión total : 22,29 m.m.c.d.a
- Potencia del ventilador : 4 Hp – 3 600 rpm
- Diámetro de hélice : ϕ 450 m.m

- Tamaño de carcasa : ϕ 450 x 400
- Coeficiente de rendimiento : 0,80
- Coeficiente de Seguridad : 1,5

VIII. RECOMENDACIONES

- 1) Construir e instalar el sistema de ventilación industrial en la planta de producción de pinturas de la Industria de pinturas, para mitigar el riesgo higiénico y la contaminación ambiental producidos por gases, vapores, y material particulado provenientes del tanque de mezclado y de la dilución de pinturas.**
- 2) De acuerdo a los parámetros establecidos durante la fase de diseño, este estudio garantiza la instalación del sistema de ventilación industrial en una planta de producción de pinturas.**
- 3) Incentivar a las industrias que producen pinturas a tomar acciones para evitar que sus trabajadores adquieran enfermedades profesionales como consecuencia de la exposición a agentes químicos, implementando controles de ingeniería tales como el Sistema de Ventilación propuesto en esta tesis.**

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ALLIENDE F., Manual de manejo de Residuos Sólidos Industriales. Ministerio de Economía y Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile, 1995**
- 2) ARGUDO POSLIGUA, L. G., Diseño e implementación de un proceso productivo para la recuperación de solventes de lavados de equipos para reutilizarlos en procesos de producción de esmaltes alquílicos en la empresa Pintuco Ecuador. Guayaquil, 2014**
- 3) AUSTIN T. GEORGE, Manual de Procesos Químicos en la Industria. Tomo II. Mac Graw Hill, México 1988**
- 4) BATURIN, V.V. Fundamentos de Ventilación Industrial. Editorial Labor, S.A. Barcelona – España. 1976**
- 5) CENTRAL POLLUTION CONTROL BOARD DELHI, Minimal National Standards for liquid effluents Paint Industry, India. 1990 – 1991**
- 6) COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE- Región Metropolitana, Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial. Industria Elaboradora de Pinturas, Santiago de Chile, 1998**
- 7) ECKENFELDOR W. WESLEY, Industrial Water Pollution Control, Mac Graw – Hill, USA, 1989**
- 8) ESPINOZA, H.B. Y RAMÍREZ, M. Informe de técnica de Ventilación Industrial, 2015**
- 9) GONZALES, D., ROBERTO, A., Diseño de la Cabina de pintura de un taller automotriz de enderezado y pintura, Tesis para optar el título de ingeniero mecánico Industrial en la Universidad Rafael Landívar, Guatemala, 2011**
- 10) HERMOSILLA G., RUBÉN Y SOTO E. PEDRO, L., Diseño de sistema de ventilación de un establecimiento Industrial dedicado a la fabricación de harina, caso práctico 2, 1994**
- 11) KIRK, J., Diccionario Químico Industrial, 1^{era} Edición, pag. 154 – 169, 1970**
- 12) LARREA, P. MIGUEL, Diseño de sistema de ventilación y aire acondicionado de un edificio técnico de una central de generación eléctrica en y emplazamiento con climatología externa, Proyecto de**

fin de carrera profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 2014

- 13) MACHACA, G. L.F., **Diseño de Plantas Químicas (Volumen I)**, trabajo de investigación (informe final). Facultad de Ingeniería Química Universidad Nacional del Callao, Callao – Perú, 2013
- 14) NAHURM, E., **Apuntes de tecnología de pinturas. pinturas cerasita**, Chile 1985
- 15) PÉREZ GIL, M., A., **Diseño de sistemas de ventilación industrial para los ambientes de trabajo de una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de productos cosméticos**, Tesis para optar el título de Ingeniero en Mecánica y Ciencias de la Producción, de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la Escuela Superior Politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador, 2013
- 16) SALVADOR ESCODA. **Manual práctico de ventilación**. Catálogo Técnico, 2^{da} Edición. Editorial Salvador Escoda S.A. Barcelona – España
- 17) SOLER, E. Y PALAU, J. **Manual práctico de ventilación**. Editorial Soler y Palau. S.A. Ripoll – Gerona – España 1998
- 18) SOLER, E. Y PALAU, J. **Manual de Instalación, operación y mantenimiento de ventiladores centrífugos y axiales**, editorial Soler y Palau. S.A. Ripoll – Gerona – España 2011
- 19) SORIANO FRANCIA, J. H., **Factores de riesgo de contaminación ambiental en la fabricación de pinturas en la industria nacional**, Perú, 2007
- 20) SUAREZ S. SANDRA, G., **Diseño de un sistema móvil de extracción de polvo generado durante el proceso de arenado**. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Mecánico en la escuela superior Politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador, 2008
- 21) **NORMAS TÉCNICAS DE SALUD QUE ESTABLECE EL LISTADO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES EN EL PERÚ**, Lista abierto, Perú, 2008

ANEXOS

- ANEXO N° 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA
- ANEXO N° 2 RIESGOS Y SU ATENUACIÓN EN TRABAJOS DE PINTURAS
- ANEXO N° 3 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN
- ANEXO N° 4 EMISIONES DE COV DE DIVERSOS TIPOS DE PINTURAS
- ANEXO N° 5 GRÁFICO DE PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE EN CONDUCTOS CIRCULARES RECTILINEOS
- ANEXO N° 6 TABLA DE LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS EN METROS
- ANEXO N° 7 GRÁFICO DE COEFICIENTE η EN CAMPANAS DE CAPTACIÓN
- ANEXO N° 8 GRÁFICO DE PRESIÓN DINÁMICA, CAUDAL Y DIÁMETRO
- ANEXO N° 9 TABLA DE VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA DISEÑO DE CONDUCTOS
- ANEXO N° 10 TABLA DE RENOVACIÓN DEL AIRE EN LOCALES HABITADOS
- ANEXO N° 11 TABLA VELOCIDADES DE CAPTACIÓN
- ANEXO N° 12 TABLA DE VELOCIDAD DEL VIENTO
- ANEXO N° 13 GRÁFICO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS
- ANEXO N° 14 TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE VENTILADORES

ANEXO N° 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál es el método con el que se diseñará el sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas?</p> <p>Problemas Específicos.-</p> <p>a. ¿Cuáles son los componentes de la materia prima y sus productos que producen contaminantes durante el proceso de producción de pinturas?</p> <p>b. ¿Cuáles son los contaminantes producidos por la materia prima y sus productos durante el proceso de producción de pinturas?</p> <p>c. ¿Cuáles son las enfermedades profesionales que pueden producir la materia y sus productos durante el proceso producción de pinturas?</p> <p>d. ¿Cómo se diseñará detalladamente el sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Diseñar el sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>a. Determinar y evaluar los componentes de la materia prima y sus productos durante el proceso de producción o elaboración de pinturas.</p> <p>b. Identificar los contaminantes producidos por la materia prima y los productos durante el proceso de producción de pinturas.</p> <p>c. Determinar cuáles son las enfermedades profesionales que pueden producir las componentes de materia prima y sus productos durante el proceso producción de pinturas.</p> <p>d. Diseñar detalladamente el equipo del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>El diseño del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas emplea métodos para el cálculo de parámetros de funcionamiento del equipo de ventilación industrial en la extracción e impulsión del aire contaminado.</p> <p>Hipótesis Específica.-</p> <p>a. Los componentes de la materia prima y de los productos en una planta de producción de pinturas tales como resinas, silano, ácido acrílico, cloruro de Vinilo, acetato de vinilo, tolueno, alcoholes, esteres, pigmentos, dióxido de titanio, carbonato de calcio producen contaminantes durante el proceso de fabricación de pinturas.</p> <p>b. Los contaminantes emitidos por los componentes de la materia prima y de los productos durante en el proceso de producción de pinturas tales como vapores, gases, humos de combustión y partículas finas originan consecuencias negativas para la salud del trabajador.</p> <p>c. Las enfermedades profesionales tales como Hipoacusia, Neumoconiosis, rinoconjuntivitis, asma y neoplasias malignas son generadas por exposición a los componentes de la materia prima y del producto en la planta de producción de pinturas.</p> <p>d. Se diseñara el Sistema de Ventilación Industrial para una Planta de Producción de Pinturas mediante los fundamentos y los procedimientos de diseño de ingeniería de detalle para el dimensionamiento de equipos industriales.</p>	<p>VARIABLES</p> <p>Las variables son las siguientes: $X = f(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6)$</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>X = Diseño del sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas.</p> <p>Variables independientes:</p> <p>Y_1 = Flujo volumétrico de aire caliente y contaminado con vapores y nieblas de los compuestos químicos en el interior de la planta de pinturas, m³/s.</p> <p>Y_2 = Composición del contaminantes (%) en el aire caliente y contaminado, % molar, fracción molar.</p> <p>Y_3 = % de humedad del aire a extraer</p> <p>Y_4 = velocidad del aire, m/s</p> <p>Y_5 = Presión dinámica y presión estática, m.m.c.d.a.</p> <p>Y_6 = sección del ducto, m².</p>	<p>Para el Diseño del Sistema de Ventilación Industrial para una Planta de Producción de Pinturas se ha tomado en cuenta la Distribución de una planta y su capacidad de producción, La tesis se encuentra enmarcada dentro del área de la Ingeniería Química (sección de Seguridad e Higiene Industrial en Diseño de Plantas Químicas) y en la Ingeniería de Diseño de Equipos Industriales. El primero responde fundamentalmente al estudio y a los principios de la Ingeniería de procesos industriales y la segunda responde los fundamentos y procedimientos de diseño de equipos industriales. Esta tesis es una investigación predictiva y aplicativa que utiliza técnicas del diseño de equipos industriales presentando métodos para el cálculo de la capacidad del ventilador industrial. El presente trabajo de investigación tiene como escenario el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios (LOPU) de la FIQ - UNAC</p> <p>El procedimiento de diseño consta de las siguientes etapas: Calculo de las Bases de Diseño, Calculo de la Potencia de funcionamiento del ventilador industrial, el Diseño de Detalles o Dimensionamiento y Los datos de Construcción.</p> <p>En la presentación de los datos de Construcción hacemos referencia al número de renovaciones de aire por hora según la normativa peruana vigente, EM 030 Instalaciones de Ventilación. Aplicando los fundamentos de diseño de los equipos para el sistema de ventilación industrial es necesario comparar entre dos métodos para la determinación de la pérdida de carga en los conductos y así, calcular la potencia del motor del ventilador industrial para el sistema de ventilación para la planta de producción de pinturas. Luego se obtiene datos de construcción del equipo con los que se procederá a la elaboración del Plano de Disposición del Sistema de Ventilación Industrial y el Plano de Construcción e Instalación del Sistema de Ventilación.</p> <p>Finalmente se presentan los resultados obtenidos del fundamento y procedimiento de diseño. Estos resultados son contrastados con la hipótesis y con otros estudios similares.</p>

ANEXO N° 2

RIESGOS Y SU ATENUACIÓN EN TRABAJOS DE PINTURAS

- 1) Golpes y cortes por herramientas manuales, máquinas y objetos en manipulación**
 - a) Mantener orden y limpieza en el lugar de trabajo.**
 - b) Utilizar la herramienta – adecuada para cada trabajo.**
 - c) Utilizar los equipos de protección individual cuando no se pueda eliminar el riesgo.**
 - d) Caídas al mismo nivel**
 - e) Utilizar calzado antideslizantes.**
- 2) Caídas desde las escaleras o andamios hundimiento de la cubierta.**
 - Seguir Normas de seguridad en el montaje y uso de andamios y escaleras.**
 - Utilizar cinturón de seguridad con cabo de vida y con correcto punto de anclaje.**
 - Colocación de redes perimetrales en cubiertas, que permitan recoger personas y objetos.**
- 3) Electrocutión por contacto directo**
 - Asegurar la desconexión de la electricidad, cuando trabajemos muy próximos a la instalación eléctrica.**
- 4) Caídas de objetos**
 - Colocación de redes perimetrales.**

- No pasar por debajo de andamios.
- 5) Inhalación de productos químicos.**
- Utilizar mascarilla adecuada a los productos que utilice.
 - Pintar con pistola a favor del viento
- 6) Afectación de la piel-Dermatitis**
- Utilizar los guantes de protección.
 - Nunca use disolventes para limpiarse la piel manchada de pintura.
- 7) Proyección de partículas en ojos**
- Utilizar gafas de protección en trabajos que pueda ocasionar proyección de partículas.
- 8) Sobre esfuerzos**
- Ver procedimiento de Manejo correcto de cargas

ANEXO N° 3

PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

ENFOQUE	CONTAMINACION	FUENTE	CAUSA	SOLUCION
1. Control de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Polvo 	<ul style="list-style-type: none"> • Faenas de carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de envases sin precauciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor automatización.
1.2 Líquidos y borras	<ul style="list-style-type: none"> • Derrames de lípidos • Líquidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de transporte de fluidos. • Lavado de estanques 	<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuada mantención. • Transporte manual • Falta de cuidado en el uso de agente de limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor mantención • Optimización del programa de producción.
1.3 Vapores y P.T.S.	<ul style="list-style-type: none"> • Vapores de solventes • P.T.S. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos • Lugares de almacenamient o • Procesos 	<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuada ventilación • Falta de control de polvos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas con presión negativa • Equipos de captación por línea de producción y reuso. • Empleo de pigmentos en forma de pasta.
2. Cambios tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> • General 	<ul style="list-style-type: none"> • Varias 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos manuales 	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenamiento de procesos • Reuso materias primas • Recirculación de productos intermedios • Automatización
3. Reducción en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> • Polvo • RILES • Otros sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos • Sistemas de transporte • Estanques • Almacenamient o • Envasado 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de control • Falta de control • Falta de control 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo más cuidadoso • Equipos de captación • Caracterización físico/química • Mantención • Reemplazo de materias primas • Caracterización de residuos • Acopio segmentado y reuso.

Fuente : Ficha técnica de producción de pinturas

ANEXO N° 4

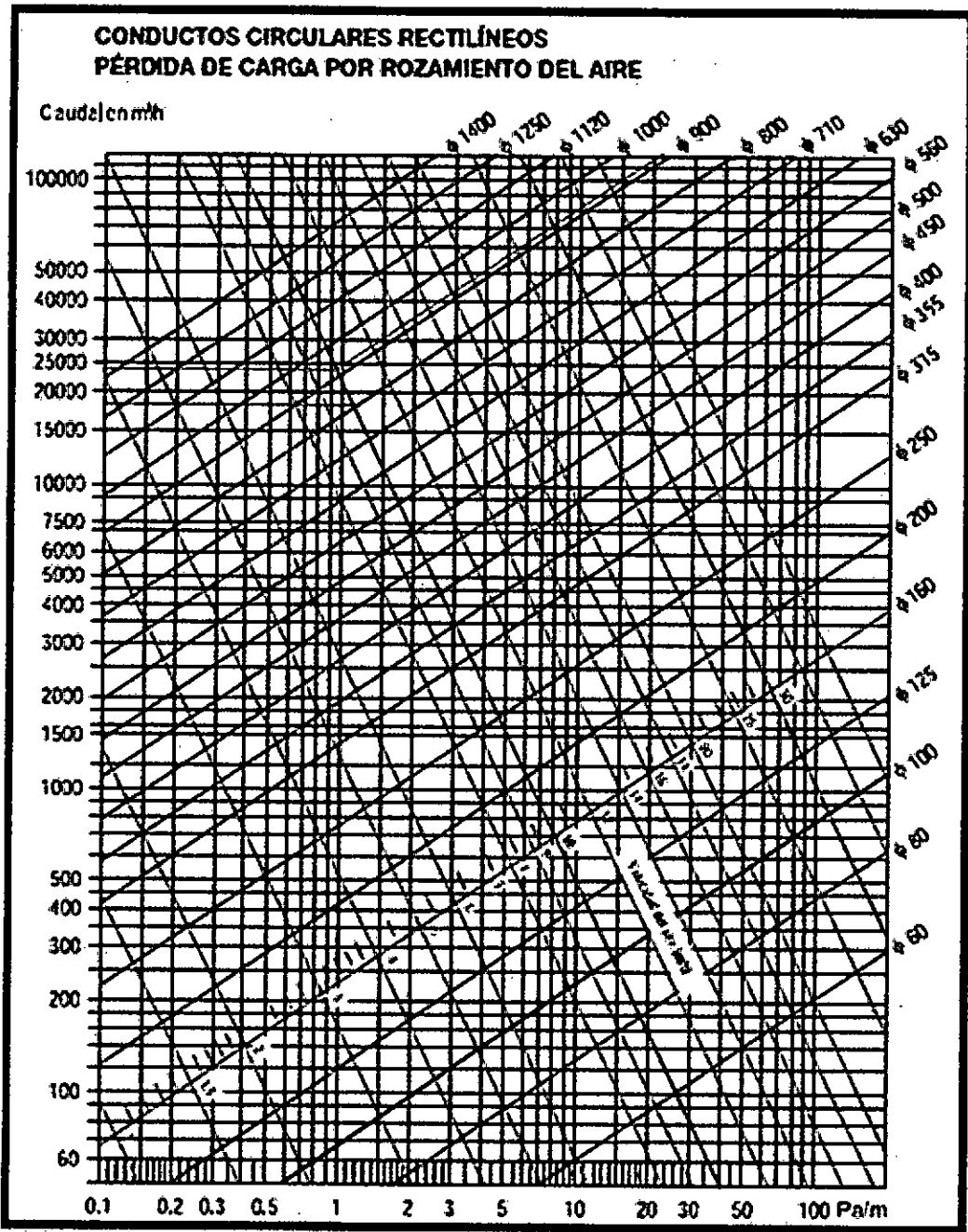
EMISIONES DE COV DE DIVERSOS TIPOS DE PINTURAS

	Pintura base solvente	Pintura base agua	Pintura alto % sólidos	Pintura en polvo
% sólidos	33	35	60	99
contenido COV (%v)	67	16	40	1
emisiones COV (ton/año)	38	26	31	0.6

Fuente : Ficha técnica de producción de pinturas

ANEXO N° 5

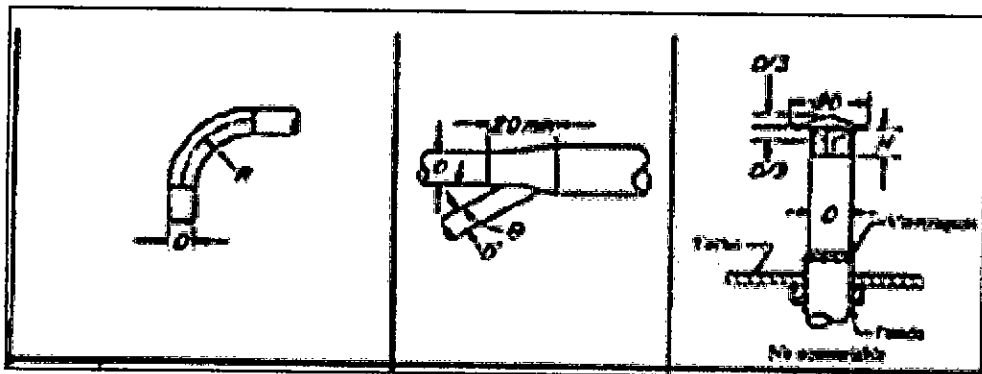
GRÁFICO DE PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE EN CONDUCTOS CIRCULARES RECTILÍNEOS



Fuente : Salvador Escoda S.A.

ANEXO N° 6

TABLA DE LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS EN METROS



Diámetro en mm	Codo de 90° Radio de curvatura, R			Ángulo de la salida		N expresado en diámetro		
	1,5D	2,0D	2,5D	30°	45°	1,0D	0,75D	0,5D
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					

60° CODOS --- 0,67 x pérdida para 90°

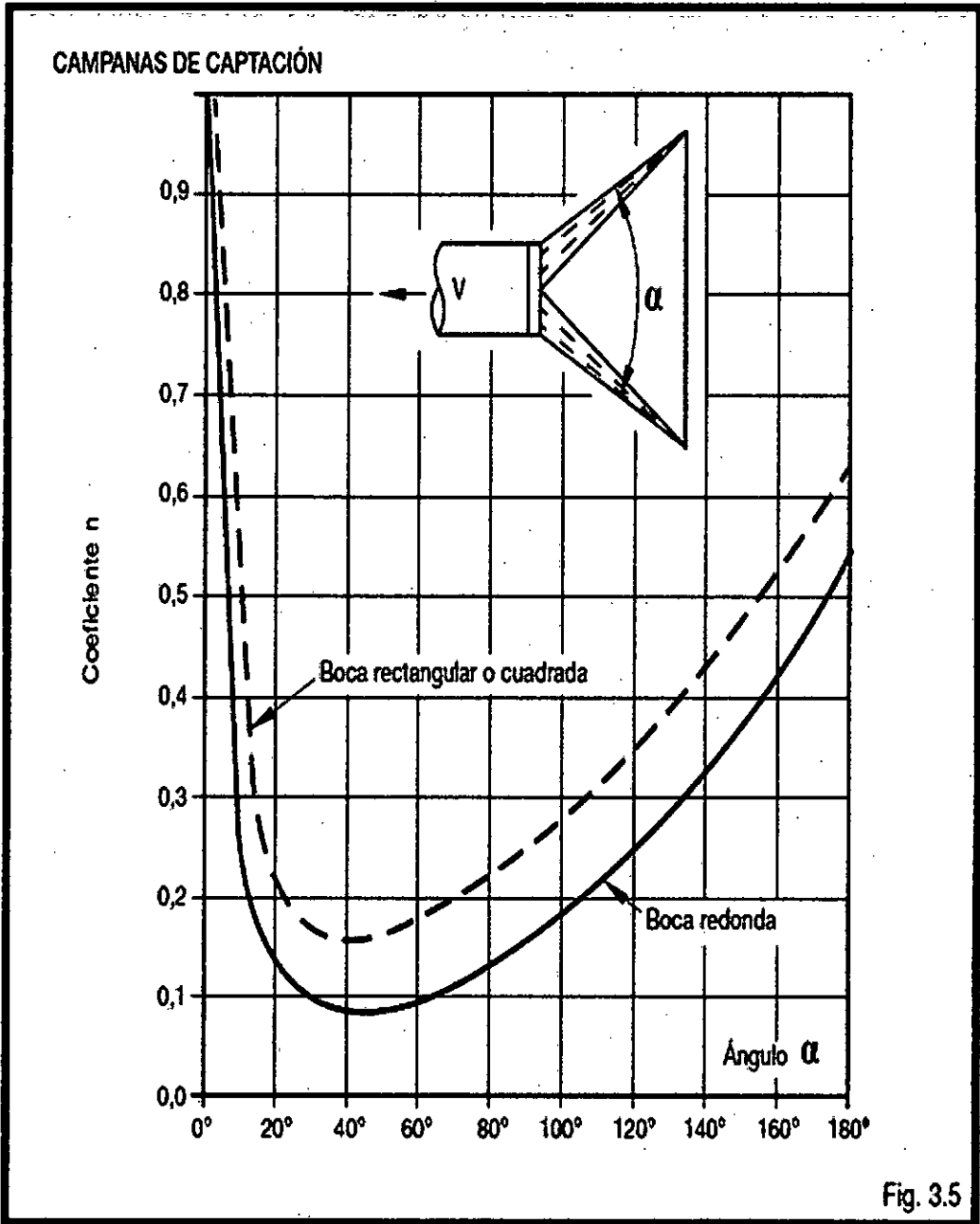
45° CODOS --- 0,50 x pérdida para 90°

30° CODOS --- 0,33 x pérdida para 90°

Fuente : Salvador Escoda S.A.

ANEXO N° 7

GRÁFICO DE COEFICIENTE η EN CAMPANAS DE CAPTACIÓN



Fuente : Salvador Escoda S.A.

ANEXO N° 8

GRÁFICO DE PRESIÓN DINÁMICA, CAUDAL Y DIÁMETRO

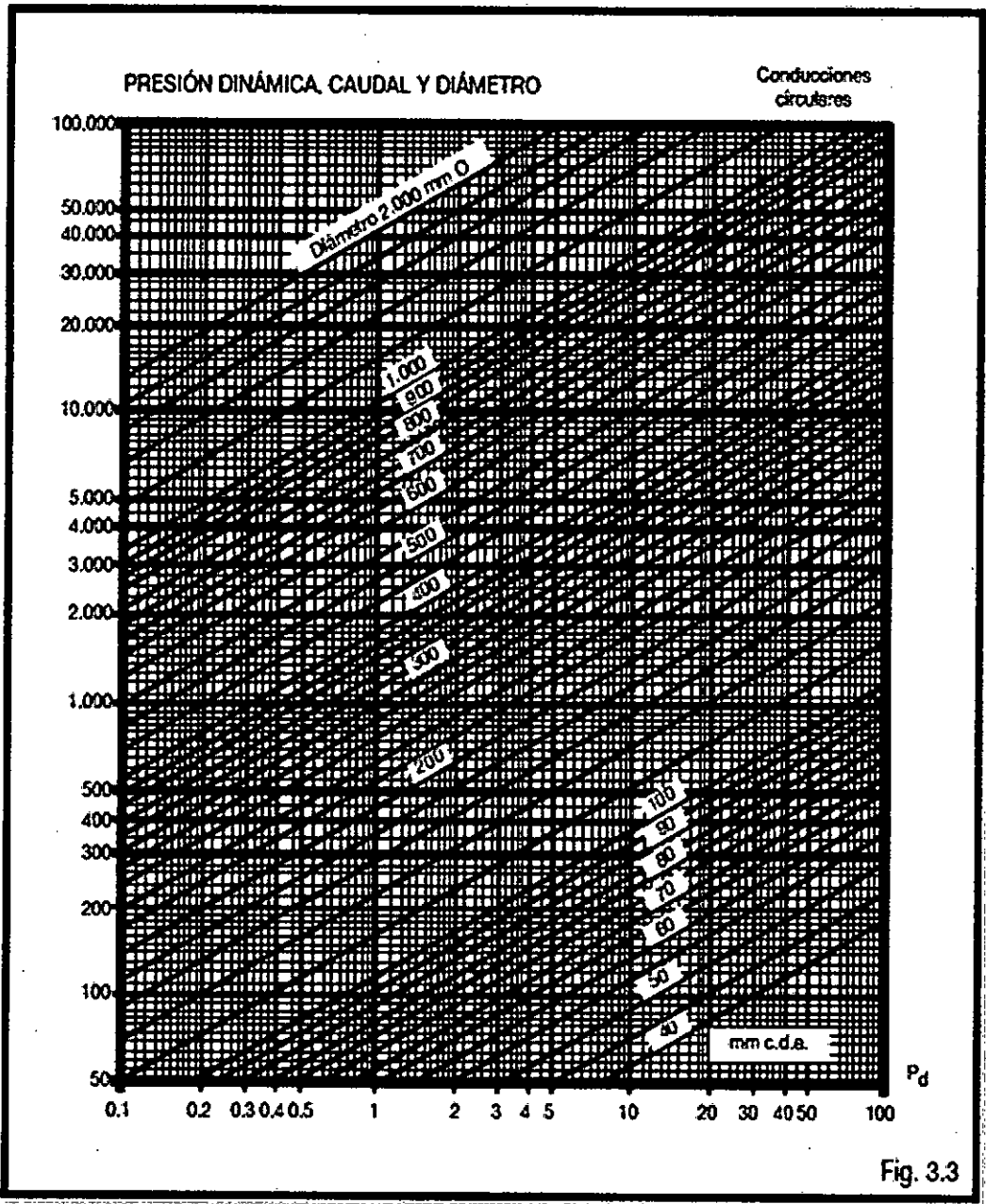


Fig. 3.3

Fuente : Salvador Escoda S.A.

ANEXO N° 9

TABLA DE VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA DISEÑO DE CONDUCTOS

NATURALEZA DEL CONTAMINANTE	EJEMPLOS	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente suele encontrarse entre 5 y 10
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	15 – 20
Polvo ordinario	polvo desbarbado	17,5 – 20
Polvos pesados	Polvo de aserrado	20 – 22,5

Fuente : Salvador Escoda S.A.

ANEXO N° 10

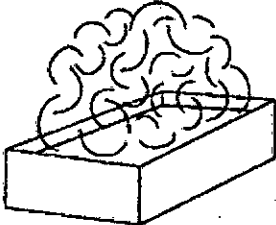
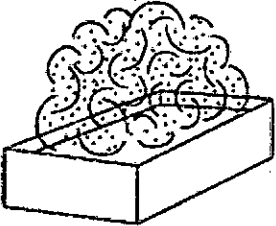
TABLA DE RENOVACIÓN DEL AIRE EN LOCALES HABITADOS

RENOVACIÓN DEL AIRE EN LOCALES HABITADOS	Renov./hora N
Catedrales	0,5
Iglesias modernas (techos bajos)	1 – 2
Escuelas, aulas	2 – 3
Oficinas de Bancos	3 – 4
Cantinas (de fábricas o militares)	4 – 5
Hospitales	5 – 6
Oficinas generales	5 – 6
Bar de hotel	6 – 8
Restaurantes lujosos (espaciosos)	5 – 6
Laboratorios (con campanas localizadas)	6 – 8
Talleres de mecanizado	5 – 10
Tabernas (con cubas de vinos presentes)	10 – 12
Fábricas en general	5 – 10
Salas de juntas	5 – 8
Aparcamientos subterráneos	6 – 8
Salas de baile clásico	6 – 8
Discotecas	10 – 12
Restaurante medio (con un tercio de fumadores)	8 – 10
Granjas Avícolas	6 – 10
Clubs privados (con fumadores)	8 – 10
Cafés	10 – 12
Cocinas domésticas (mejor instalar campana)	10 – 15
Teatros	10 – 12
Lavabos	13 – 15
Sala de juego (con fumadores)	15 – 18
Cines	10 – 15
Cafeterías y Comidas rápidas	15 – 18
Cocinas industriales (indispensable usar campana)	15 – 20
Lavanderías	20 – 30
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20 – 30
Tintorerías	20 – 30
Obradores de panaderías	25 – 35
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 – 60
Talleres de pintura (mejor instalar cabinas o campanas)	40 – 60

Fuente : Salvador Escoda SA.

ANEXO N° 11

TABLA VELOCIDADES DE CAPTACIÓN

	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación (m/s)		
<p>Únicamente gases y vapores</p> 	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto	Cocinas. Evaporación en tanques. Desengrasado.	0,25 – 0,5		
	Desprendimiento a baja velocidad en aire tranquilo	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnia	0,5 – 1		
	Generación activa en zonas de movimiento rápido de aire	Cabinas de pintura	1 – 2,5		
<p>Con partículas sólidas en suspensión</p> 	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire	Trituradoras	1 – 2,5		
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire	Esmerilado. Rectificado	2,5 – 10		
<p>Se adoptarán valores en la zona inferior o superior a cada intervalo según los siguientes criterios :</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Inferior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Pocas corrientes de aire en el local. 2) Contaminantes de baja toxicidades. 3) Intermitencia de las operaciones. 4) Campanas grandes y caudales elevadas. </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Superior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Corrientes turbulentas en el local. 2) Contaminantes de alta toxicidad. 3) Operaciones continuas. 4) Campanas de pequeño tamaño. </td> </tr> </table>				<p>Inferior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Pocas corrientes de aire en el local. 2) Contaminantes de baja toxicidades. 3) Intermitencia de las operaciones. 4) Campanas grandes y caudales elevadas. 	<p>Superior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Corrientes turbulentas en el local. 2) Contaminantes de alta toxicidad. 3) Operaciones continuas. 4) Campanas de pequeño tamaño.
<p>Inferior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Pocas corrientes de aire en el local. 2) Contaminantes de baja toxicidades. 3) Intermitencia de las operaciones. 4) Campanas grandes y caudales elevadas. 	<p>Superior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Corrientes turbulentas en el local. 2) Contaminantes de alta toxicidad. 3) Operaciones continuas. 4) Campanas de pequeño tamaño. 				

Fuente : Soler & Palau

ANEXO N° 12

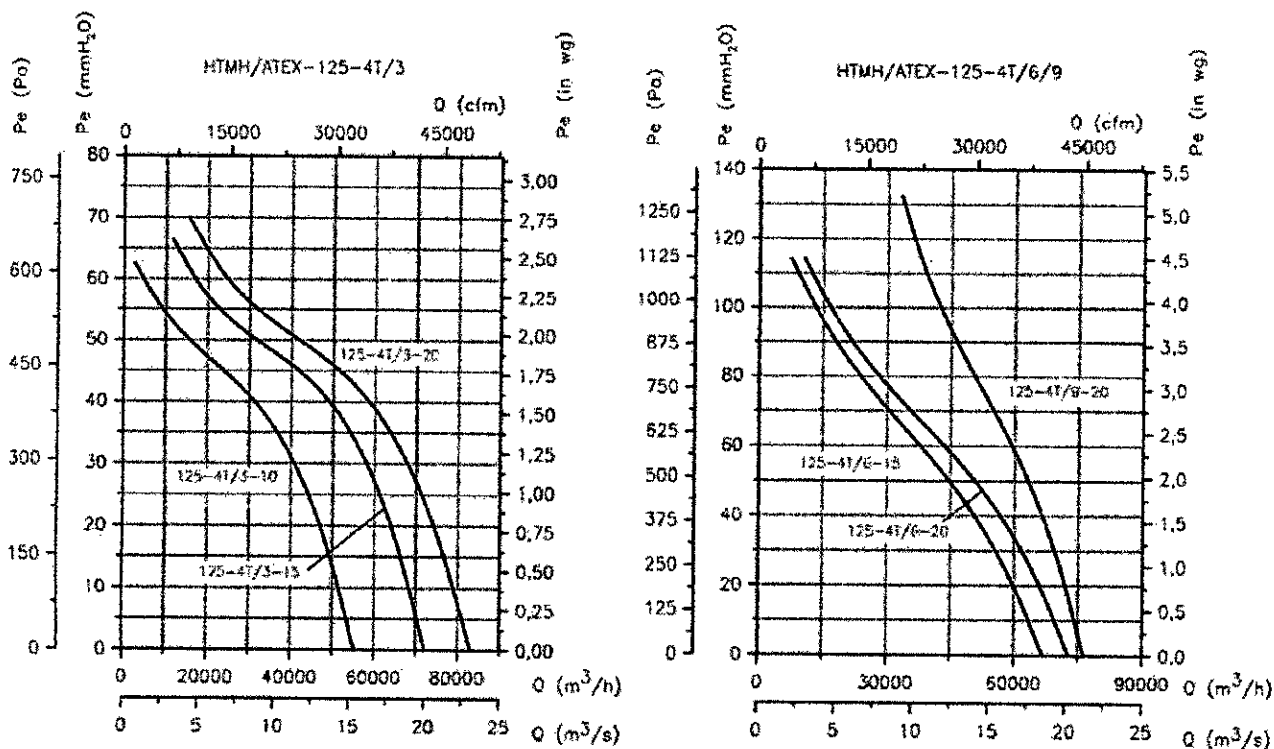
TABLA DE VELOCIDAD DEL VIENTO

VELOCIDAD DEL VIENTO Km/h	T °C
6,5	28,2
16,27	25,1
10,06	26,0
8,04	27,0
12,16	26,5
12,81	25,9
13	25,5
12,98	27,4
12,18	25,5

Fuente : Tomas de campo

ANEXO N° 13

GRÁFICO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS



Fuente : SODECA S.A.

ANEXO N° 14

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE VENTILADORES

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)		Potencia Instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión (1) sonora dB(A)		Peso aprox. (Kg)
		220-277V	380-480V			Aspiración	Descarga	
HTMF-100-8T-3	846	13,20	7,60	2,20	26404	69	68	189
HTMF-100-8T-4	852	15,60	9,00	3,00	28704	70	69	249
HTMF-THT-125-4T/3-10	1752		13,90	7,50	55250	75	72	333
HTMF-THT-125-4T/3-15	1764		20,90	11,00	72150	76	73	372
HTMF-THT-125-4T/3-20	1758		27,90	15,00	83120	78	75	394
HTMF-THT-125-4T/6-15	1764		20,90	11,00	66800	76	73	388
HTMF-THT-125-4T/6-20	1758		27,90	15,00	72900	76	73	410
HTMF-THT-125-4T/9-20	1758		27,90	15,00	76310	75	72	425
HTMF-THT-125-6T/6-5,5	1164		11,00	4,00	47760	63	61	347
HTMF-THT-125-6T/6-7,5	1164		14,00	5,50	55600	63	61	384
HTMF-THT-125-6T/6-10	1170		14,80	7,50	66170	65	63	393
HTMF-THT-125-6T/6-15	1170		21,90	11,00	76380	67	65	415
HTMF-THT-125-6T/9-7,5	1184		14,00	5,50	50000	64	62	399
HTMF-THT-125-6T/9-10	1170		14,80	7,50	59340	64	62	408
HTMF-THT-125-6T/9-15	1170		21,90	11,00	71890	67	65	430
HTMF-THT-125-6T/9-20	1170		28,20	15,00	83660	70	68	475
HTMF-THT-125-8T/6-4	852	15,60	9,00	3,00	47510	56	55	384
HTMF-THT-125-8T/6-5,5	852		13,00	4,00	52770	58	57	404
HTMF-THT-125-8T/6-7,5	852		15,10	5,50	60410	60	59	416
HTMF-THT-125-8T/6-10	858		20,60	7,50	66030	61	60	424
HTMF-THT-125-8T/9-5,5	852		13,00	4,00	51330	58	57	419
HTMF-THT-125-8T/9-7,5	852		15,10	5,50	54480	61	60	431
HTMF-THT-125-8T/9-10	858		20,60	7,50	65660	63	62	439
HTMF-THT-125-8T/9-15	870		21,70	11,00	73870	64	63	445

(1) Los valores de los niveles sonoros, son presiones en dB (A) medidos a 6 metros, en campo libre.

Fuente : SODECA S.A.