

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE
EMANACIONES TÓXICAS
PARA EMPRESAS QUE MANIPULAN QUÍMICOS**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LEÓN OMAR MÁRQUEZ SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1999

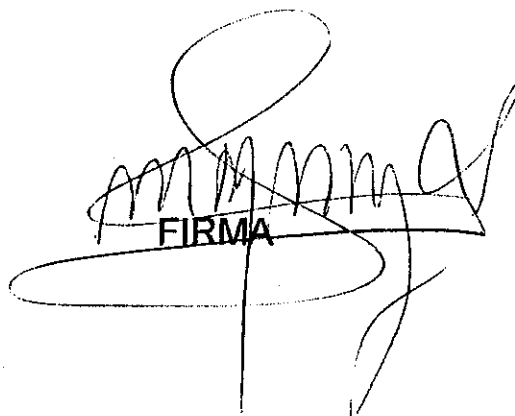


HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE
EMANACIONES TÓXICAS
PARA EMPRESAS QUE MANIPULAN QUÍMICOS**

tema que me fuera asignado por la Directiva de la Escuela de Ingeniería mecánica Industrial con fecha de 30 de julio de 1998.


FIRMA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1º.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2º.	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3º.	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL 4º.	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL 5º.	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA	Ing. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illezcas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
EXAMINADOR	Ing. René Alfonso Aguilar Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Oscar Mauricio Herrera Ramos
SECRETARIA	Ing. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illezcas

Guatemala, agosto de 1998.

**Ingeniero
Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela Ingeniería
Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala.**

Estimado señor Director:

Atentamente me permito comunicarle que he tenido a la vista el informe final de Tesis de Graduación del estudiante León Omar Márquez Salazar, carnet No. 91-12599, titulado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE EMANACIONES TÓXICAS PARA EMPRESAS QUE MANIPULAN QUÍMICOS" y, después de realizar las revisiones correspondientes, he encontrado que es satisfactorio, procediendo por ese medio a su aprobación.

El autor de esta Tesis y el suscrito asesor, nos responsabilizamos por el contenido y conclusiones que en ella se exponen.

Atentamente,



**Ing. Hernan Cortes Urioste
Asesor**



FACULTAD DE INGENIERIA

El Catedrático Revisor de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCION DE EMANACIONES TOXICAS PARA EMPRESAS QUE MANIPULAN QUIMICOS**, presentado por el estudiante universitario **León Omar Márquez Salazar**, aprueba el presente trabajo y recomienda la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Cecilio Baeza Gamar
Catedrático Revisor de Tesis
INGENIERÍA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, 22 de julio de 1,999.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

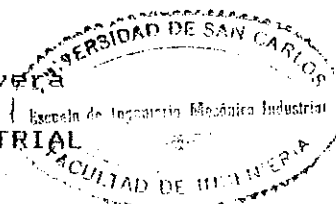


FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCION DE EMANACIONES TOXICAS PARA EMPRESAS QUE MANIPULAN QUIMICOS**, presentado por el estudiante universitario León Omar Márquez Salazar, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

LIBRO DE TESIS
ID Y ENSEÑANZA A TODOS


Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, noviembre de 1999.

ends

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE EMANACIONES TOXICAS PARA EMPRESAS QUE MANIPULAN QUIMICOS**, presentado por el estudiante universitario León Omar Márquez Salazar, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, noviembre de 1999

DEDICATORIA

A DIOS

A mis padres: **Carlos Vidal Márquez Roche
Olga Yolanda Salazar Velazquez**

A mis hermanos: **Carmen Julia, Delia René, Elva Marisol
Ingrid Eleonora, Edwin Rafael y
Jorge Mario**

A mis abuelitos: **Miguel Ángel Márquez, Delia Soto
Q. E.P.D. y Julia Salazar Q.E.P.D.**

A mis tíos: **Osmín Dario y Luis Eduardo Q.E.P.D.**

A mis primos: **en especial a Henry Q.E.P.D.**

A toda mi familia

A mis amigos y compañeros: **en especial a Luis Fernando, Kennet
Y Pedrito**

En especial a: **LA FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
GLOSARIO	V
INTRODUCCIÓN	VIII
OBJETIVOS	IX
1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Antecedentes históricos de seguridad industrial	1
1.1.1. La seguridad en Guatemala	1
1.1.2. Normas y reglamentos	2
1.1.3. El impacto ambiental y la seguridad en la industria	4
1.1.4. Control de desechos tóxicos	5
1.1.4.1. Sustancias orgánicas	7
1.1.4.2. Remoción con aire	7
1.1.4.3. Oxidación	7
1.1.4.4. Procesos biológicos	8
1.1.4.5. Monitoreo continuo de las emisiones	8
1.1.4.6. Concentración de los desperdicios	8
1.1.4.7. Recuperación de desperdicios	8
1.2. Toxicología industrial	10
1.2.1. Tipos de intoxicación	15
1.3. Ventilación industrial	16
1.3.1. Forma de contaminantes atmosféricos	18
1.3.2. Clases de ventilación	20
1.3.2.1. Renovación natural	21
1.3.2.2. Renovación forzada (artificial)	24
1.3.2.2.1. Renovación forzada estática	25

1.3.2.2. Renovación forzada dinámica	25
1.3.3. Equipo de ventilación y evacuación	26
1.3.3.1. Ventiladores	26
1.3.3.2. Extractores	31
1.3.3.3. Ductos	32
1.3.3.4. Filtros	36
1.3.3.5. Eliminación de ruido	37
2. ESTUDIO DE UNA EMPRESA TÍPICA CUYO PROCESO INCLUYE LA MANIPULACIÓN DE QUÍMICOS	41
2.1. Proceso de fabricación	41
2.1. Tipos de químicos y sus características	42
2.3. Instalaciones	44
2.4. Personal	45
2.5. Aspectos técnicos	51
2.6. Consideraciones y mediciones	52
3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA	54
3.1. Solución propuesta	55
3.2. Análisis de viabilidad técnica	55
3.3. Estudio financiero	56
3.4. Análisis de costos	57
4. Diseño e implementación del proyecto	61
4.1. Ergonomía del proyecto	61
4.2. Proyecto del ducto	61
4.3. Potencia del ventilador extractor	66
4.4. Diseño de las campanas de succión	67
4.5. Ventiladores	67
4.6. Eliminación de ruido y de vibración	70

4.7. Protección personal	71
5. CONTROL Y MANTENIMIENTO	72
5.1. Verificación de operación del sistema	72
5.1.1. Controles antes de operar	72
5.1.2. Controles en operación	73
5.2. Mantenimiento programado	74
5.2.1. Mantenimiento de ductos	76
5.2.2. Mantenimiento de ventiladores	76
5.2.3. Mantenimiento de extractores	78
5.2.4. Mantenimiento de filtros	79
5.2.5. Mantenimiento de instalaciones	79
6. SEGUIMIENTO Y MEJORAS	80
6.1. Posibles cambios a futuro	80
6.1.1. Cambios que pueden surgir en el futuro	80
6.1.1.1. Ampliación de las instalaciones	80
6.1.3.3. Reestructuración y remodelación de la nave industrial	81
6.1.1.3. Utilización de sustancias químicas nuevas	82
6.1.1.4. Modernización del proceso de producción	82
6.1.2. Posibles mejoras en el sistema	83
6.1.3. Qué hacer en el caso de daños y deterioros en el sistema de evacuación	85
6.1.3.1. Desperfectos en el ventilador de tiro inducido	85
6.1.3.2. Daños en los ductos	85
6.1.3.3. Daños en las campanas de extracción	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXO	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Pág.
1	Ventilador de hélice	27
2	Ventilador Axial	28
3	Ventilador de tipo centrífugo	29
4	Ventilador (extractor) de techo	30
5	Extractor	31
6	Campana extractora de gases	68

TABLAS

No.	Título	Pág.
I	Calidad de aire según Norma EPA	9
II	Exposición a algunos componentes químicos	10
III	Cambios de aire por minuto para diferentes establecimientos	17
IV	Velocidades de aspiración en cubiertas sobre las zonas de producción del gas	64
V	Velocidades de marcha en los conductos	65
IV	Sustitutos posibles de los productos químicos peligrosos	84

GLOSARIO

Axial	Que tiene relación con un eje.
Cinética	Es la parte de la mecánica que estudia el movimiento.
Concentración	Densidad de una disolución.
Conducto	Canal o tubo, natural o artificial que permite el paso de líquidos o de gases.
Corrosión	Alteración de la superficie de un cuerpo producida por agentes naturales o artificiales.
Crónico	Enfermedades o padecimientos largos provocados por exposiciones continuas a ambientes peligrosos o falta de tratamiento.
Erosión	Conjunto de elementos físicos y químicos que modifican el relieve de una superficie determinada.

Flecha	En mecánica, eje transmisor de potencia de una máquina.
Flocular	Precipitación en copos de una sustancia coloidal por procedimiento físico, químico o electrolítico.
Fluido	Sustancia que fluye.
Ingestión	Acto de introducir alguna sustancia por la boca de alguna persona.
Inhalación	Aspirar en forma de gas o líquido pulverizado una sustancia.
Productividad	Grado de producción por unidad de trabajo.
Renovación	Cambio de una atmósfera enrarecida por una limpia y fresca.
Ruido	Sonido desarticulado y confuso más o menos fuerte.
Sistema	Conjunto de elementos relacionados entre sí, entre los que existe cierta cohesión y unidad de propósito.

Tóxico	Sustancia venenosa que produce trastornos patológicos en el organismo.
Turbulencia	Formación de remolinos por variaciones irregulares y rápidas de la dirección y velocidad de flujos.
Vibración	Experimentar un cuerpo elástico cambios alternativos de forma, de tal manera que sus puntos oscilen sincrónicamente en torno a sus posiciones de equilibrio, sin que el campo cambie de lugar.
Volátil	Se aplica a las sustancias que se volatilizan en condiciones de temperatura y presiones normales.
Volatilizar	Convertir un cuerpo sólido o líquido en gaseoso.

INTRODUCCIÓN

La fabricación de cualquier producto genera desechos de tipo líquido, sólido y/o gaseoso. Las implicaciones que trae consigo la generación de estos últimos en el trabajo, son de fatales consecuencias para los trabajadores que están en contacto ya sea al ingestarlos, inhalarlos o tocarlos.

Este trabajo de tesis se tiene como objetivo principal solucionar el problema de las emanaciones tóxicas en el trabajo. Inicia con una investigación de los tratados y normas que en el ámbito mundial rigen la Seguridad Industrial, así como los tipos de químicos y sus consecuencias al ingresar al organismo humano y un breve estudio sobre ventilación industrial.

El segundo capítulo es un estudio de las generalidades técnicas de una empresa que utiliza químicos en su proceso de producción. En el tercer capítulo se analiza el problema y su solución, desde el punto de vista de factibilidad.

En el capítulo cuatro se lleva a cabo el diseño de un sistema de extracción tipo y en el cinco se dan los lineamientos para su mantenimiento efectivo.

Por último, en el capítulo seis se definen condiciones de mejoras futuras para el sistema en caso de cambios en el proceso, ampliaciones o necesidad de incremento en la capacidad del mismo.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar un sistema de extracción de emanaciones tóxicas que permita a los trabajadores de empresas cuyo proceso incluye la manipulación de químicos, trabajar en un ambiente sano y limpio y producir según las exigencias de seguridad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar las consecuencias y efectos nocivos producidos por las emanaciones expelidas por distintos químicos usados en los procesos de manufacturas.
2. Estudiar los tipos de equipos necesarios para llevar a cabo una extracción eficiente de emanaciones tóxicas.
3. Establecer con claridad la forma, los pasos y la secuencia de estos, necesarios para el diseño y construcción del equipo (campanas, ductos, etc.).
4. Buscar la forma más apropiada y menos costosa de proteger el equipo de la alta corrosión de ciertos químicos para que el proyecto tenga viabilidad económica y no sean necesarios cambios de equipo en un lapso muy corto de tiempo y los consiguientes gastos lo conviertan en antieconómico.

5. Desarrollar el proyecto con los materiales más económicos y de la mejor calidad, buscando los equipos más eficientes del mercado y crear el diseño más óptimo de acuerdo con las técnicas de espacio y confort.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. Antecedentes de seguridad industrial

SEGURIDAD es, según la OIT(1997. 356) mantenerse a sí mismo y a los demás a salvo de peligro de accidentes o enfermedades, o lo relacionado con la salvaguarda del público, de un grupo de empleados o de otras personas, respecto a accidentes.

1.1.1. La seguridad en Guatemala

La situación actual de la seguridad en el ámbito de Guatemala es muy variable porque, a pesar que instituciones como el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) y el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad patrocinan cursos y seminarios sobre algunos temas de Seguridad Industrial, estos no están fundamentados en alguna norma o legislación específica aplicada al territorio nacional y aunque sí se ha logrado fortalecer la conciencia de velar por la seguridad en muchos ámbitos laborales, se continúa tomando como base o norma el Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo, el cual es considerado actualmente como muy general y obsoleto.

Desafortunadamente, no se conoce en Guatemala un compendio o recopilación con carácter de ley de las normas de seguridad en la industria; solo se conocen reglamentos aislados como el de Construcción (municipal), el Reglamento sobre Manejo y Aplicación de plaguicidas (IGSS, ICAITI) y otros de instituciones relacionadas con el tema como del Ministerio de Trabajo, División de Normas del ICAITI, etc.

Algunas de las principales normas europeas y norteamericanas pueden ser utilizadas en Guatemala con algunos cambios.

1.1.2. Normas y reglamentos

Existen diversas normas y reglamentos referentes a seguridad industrial creados por instituciones europeas y norteamericanas y que de alguna forma pueden y, de hecho, han sido aplicados en Guatemala, por algunas empresas. Se inicia con el único reglamento guatemalteco existente.

- *Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo.* Este reglamento "exige que se adopten medidas tendientes a proteger la vida, la salud, la integridad de los trabajadores". Aunque es muy general, el Ministerio de Trabajo y el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social velan por su cumplimiento, haciendo visitas e inspecciones a los centros de trabajo.

- *Asociación Alemana de Normas -DIN-* dicta normas sobre seguridad, además trabaja con la Asociación Alemana de Ingenieros para la promulgación de normas sobre instalación, materiales y diseños eléctricos.
- *Asociación Nacional de Protección contra Incendios -NFPA-* por sus siglas en inglés. Es la encargada de velar por la seguridad y prevención de los incendios. Es considerada como la más completa en la emisión de normas a este respecto, pues cuenta con investigaciones, normas, teorías y temas relacionados con el aspecto de siniestros.
- *The American Society For Testing and Materials -ASTM-* es el organismo más grande a escala mundial en la promulgación de normas sobre materiales, productos, sistemas y servicios, muchas de las cuales están estrechamente relacionadas con el aspecto de seguridad.
- *La Organización Internacional del Trabajo -OIT-* tiene como objetivo mejorar las condiciones de trabajo, elevar los niveles de vida, fomentar la sensibilidad económica y social como piedra angular de paz duradera en el mundo.
- *The Environmental Protection Agency* es la oficina de protección del ambiente y trabaja en conjunto con otras organizaciones en la elaboración de normas, por ejemplo: de materiales contaminantes.

1.1.3. El Impacto ambiental y la seguridad industrial

Decididamente, la seguridad industrial forma parte importante de la prevención de la contaminación industrial, a tal grado que determina hasta qué punto una empresa está decidida a minimizar el impacto ambiental que su proceso productivo o su producto tengan sobre el ambiente.

Si una empresa se compromete con su "Responsabilidad Ambiental" debe empezar por asegurarse a sí misma buscando mecanismos de control que permitan a sus propios empleados estar seguros en sus puestos. Luego, capacitando a su personal, deberán extrapolar sobre sus principios y buscar controlar sus desperdicios y emanaciones para que no afecten a vecinos y ecosistemas circundantes.

Definitivamente, es posible pensar que al implementar un programa de Seguridad Industrial, se está iniciando un programa de prevención de la contaminación ambiental.

Por ejemplo, la OSHA define un laboratorio como "un lugar de trabajo en el que se emplean cantidades relativamente pequeñas de productos químicos peligrosos cuya base no es la producción". (Freeman 1997. 466) Un laboratorio incluye instalaciones para enseñanza, control de calidad, pruebas ambientales, investigación y desarrollo de las áreas químicas y medicas, además de pruebas clínicas. Entonces, al igual que en otras instalaciones que emplean productos químicos, la prevención de la

contaminación en el laboratorio implica su reducción en la fuente de origen, la minimización de desechos, el reciclaje y la recuperación.

Para que todo esto sea posible, la gerencia debe iniciar con la capacitación de su personal, por medio de personal capacitado, sobre como protegerse a sí mismos y luego al ambiente exterior.

1.1.4. Control de desechos tóxicos

El manejo de los desechos es parte muy importante de la prevención de la contaminación y el mejor momento para tratarlos es durante o antes del proceso de producción. Para ello es de gran importancia llevar a cabo estrategias de control de procesos para prevenir la emisión de contaminantes. Así, los reglamentos de la RCRA (Resource Conservation and Recovery Act) exigen que quienes produzcan desechos peligrosos tengan en operación un programa para reducir el volumen y la toxicidad del desecho que generan, en la medida en que sea práctico desde el punto de vista económico.

El control en la fuente puede definirse como el tratamiento previo de los materiales de desecho destinado a minimizar o evitar la descarga de sustancias tóxicas al medio ambiente natural. Dicho tratamiento suele clasificarse en la categorías generales de procesos de tratamiento para agua o para control de emisiones al aire. Los materiales de desecho sólido se incineran en la instalación correspondiente (cuando tienen suficiente valor térmico) a fin de generar energía y calor, o bien se colocan en un contenedor y se almacenan en una instalación o relleno sanitario autorizado.

La aplicación de los controles de procesos para prevenir la contaminación (control en la fuente) puede dividirse en varias categorías, incluyendo la disminución de desechos por medio de mejoras en la eficiencia del proceso, tales como el tratamiento previo de los derrames que contengan contaminantes por medio de reacciones químicas, la captura y el reciclado de los subproductos que contengan contaminantes y la recolección y almacenamiento de dichos subproductos.

Algunos ejemplos para el tratamiento previo del agua residual son:

- Neutralización

- Precipitación química

- Filtración

El agua residual puede contener uno o varios materiales tóxicos combinados forma de sustancias orgánicas, metales y sustancias orgánicas no metálicas.

La instrumentación analítica se utiliza para dar tratamiento previo al agua residual y medir características tales como el pH, turbiedad, conductividad, temperatura y color. Estas mediciones pueden utilizarse como métodos indirectos para detectar y controlar diversos contaminantes. A manera de ejemplo, la turbiedad y la conductividad son dos métodos que se emplean para determinar la concentración de los sólidos suspendidos en el agua residual.

1.1.4.1. Sustancias orgánicas

Las sustancias orgánicas suelen eliminarse del flujo de desechos o tratarse por alguno de los diversos métodos existentes, entre la que se incluye: la remoción con aire, la oxidación, la absorción por carbono y por procesos biológicos.

1.1.4.2. Remoción con aire

Los procesos de remoción con aire convierten la sustancias químicas volátiles del estado líquido al gaseoso mediante un flujo de aire en movimiento. Un soplador mueve el aire a través de una torre llena de un material diseñado para maximizar el contacto de la superficie húmeda con el flujo de aire a medida que se rocía al aire un patrón de contraflujo de agua residual. Como resultado de esto, las sustancias tóxicas volátiles se liberan al flujo de aire por medio de un procesos de nominado transferencia de masa.

1.1.4.3. Oxidación

Los procesos de oxidación implican una sustancia química a los contaminantes con base de carbón. Esto produce una reacción de oxidación que los convierte en subproductos no tóxicos como el bióxido de carbono. Los controles de proceso para esta aplicación incluyen el control y la medición de variables como el pH, temperatura y tiempos de reacción, con el fin de asegurarse que la reacción haya sido completa y que se utilice una cantidad mínima de catalizador.

1.1.4.4. Procesos biológicos

Los procesos biológicos utilizan organismos vivos (bacterias) para que se alimenten y digieran (descompongan) las sustancias orgánicas tóxicas y las conviertan en componentes no tóxicos. Este procesos no es tan costoso o complejo y, a diferencia de los demás métodos, recurre a técnicas de control de procesos menos refinadas

1.1.4.5. Monitoreo continuo de las emisiones

Existe gran variedad de sistemas para el monitoreo continuo de las emisiones, los cuales analizan y registran los componentes y concentraciones de los gases y particulados provenientes de las fuentes de emisión. El refinamiento de los sistemas es variable, desde los cromatógrafos de gas hasta los monitoreos de opacidad.

1.1.4.6. Concentración de los desperdicios

Existen varias técnicas para reducir el volumen de los desperdicios mediante tratamiento físico, estas técnicas suelen eliminar un componente del desecho, por ejemplo el agua. Los métodos de concentración disponibles incluyen la filtración por gravedad o vacío, la vaporización, la ultrafiltración, la ósmosis inversa, la vaporización de congelados, el filtro de prensado, el secado por calor y la compactación.

1.1.4.7. Recuperación de desperdicios

Algunos expertos no consideran que la recuperación de los desechos sea una medida de la prevención de la contaminación a menos que ésta se logre dentro del proceso de producción que genera el flujo de desperdicios.

Sin embargo, la recuperación de desperdicios es una alternativa de manejo muy rentable y corresponde con certeza al concepto de reducir el impacto ambiental de las actividades industriales.

El uso eficiente de la recuperación depende de que el desecho recuperable sea apartado de los desperdicios de otros procesos o materiales extraños. Esta separación asegura que el desecho no se contamine y que la concentración de material recuperable sea mayor.

Norma de calidad de aire promulgada por la agencia ambiental de Estados Unidos (EPA 1971, 78, 79)

Tabla I: Calidad de aire según Norma EPA

Elemento Contaminante	Concentración normal		Promedio de tiempo
	ug/m ³	pum	
Partículas suspendidas Tot	75	-	24 horas
Bióxido de azufre SO ₂	80	0.03	media anual
	365	0.14	24 horas
Monóxido de Carbono CO	10000	9	8 horas no más 1 vez/año
	40000	35	1 hora no más 1 vez/año
Oxidos Nitrógenos NO ₂	100	0.05	media anual
Ozono O ₃	235	0.12	1 h/d max. 1 vez/año
Hidrocarburos no Metanos	160	0.24	6-9 h. no más de 1 vez/año
Plomo Pb	1.5	-	promedio 3 meses

Fuente: Manual de prevención de la contaminación Industrial

Norma recomendada por la Conferencia Norteamericana de Higienistas Industriales (ACGIH-1980).

Tiempo promedio ponderado (TPP) de un día (8horas) o una semana (40 horas) de trabajo.

Tabla II: Exposición a algunos componentes químicos

COMPONENTES	PPM	mg/m ³
Monoxido de Carbono	50	55
Metil-etileno-glicol		
Acepto de éter (Metilo)		
Acetato de Metilcellosolve	25	120
Formaldehído	2	
Plomo	-	0.15
Cloruro de metilo	50	105
Polvos minerales	--	
OxidoNitrico	25	polvos respirables
Bioxido de Nitrógeno		
Ozono	0.1	0.2
Bioxido de Azufre	2	5

Fuente: Manual de prevención de la contaminación industrial.

1.2. Toxicología industrial

Para toda sustancia química existe un límite de concentración por encima del cual si una persona hace contacto físico con la misma puede dar lugar a alteraciones en su salud.

Los agentes químicos se diferencian por los efectos nocivos que pueden tener sobre el hombre, ya que algunos que únicamente alteran tejidos o células y otros que ejercen su efecto nocivo en todo el organismo.

La toxicidad y el peligro para la salud son términos que difieren en cuanto a que el primero se refiere a la capacidad de un material para producir lesión o daño y el peligro a la posibilidad de que se cause lesión cuando se usa en cantidades específicas.

La toxicidad de un producto químico, no es una constante física y únicamente puede hacerse afirmaciones generales, según sea la naturaleza del producto. Es decir que, aunque exista cierta analogía entre estructura y toxicidad de compuestos, cada uno debe ser estudiado individualmente.

Los elementos que deben considerarse al evaluar el peligro de la salud son: toxicidad de los materiales, propiedades físicas y químicas de las sustancias, efectos de exposición ya sea a corto o largo plazo, equipos de protección personal y medidas de control tomadas.

La toxicidad depende de la dosis, de la velocidad con la que determinada sustancia se distribuye en el organismo, método y punto de absorción y de otros factores, como estado general de salud, diferencias individuales, tolerancia, dieta y temperatura. Existen únicamente tres formas por las cuales las sustancias químicas pueden ejercer su acción nociva en los individuos, como pueden ser: el contacto o absorción por la piel, la inhalación por el sistema respiratorio y la ingestión por el sistema digestivo

Una diferencia importante entre la inhalación como vía de entrada y la ingestión por la piel es que por la primera el material entra directamente a la sangre arterial, mientras que por ingestión o absorción cutánea, entra por la sangre venosa y llega a la parte derecha del corazón donde se diluye en todo el sistema venoso, atravesando seguidamente el pulmón para llegar después, por la parte izquierda del corazón al cerebro y a los otros órganos.

En general, las intoxicaciones comunes en el trabajo pueden producirse por:

- Inhalación de sustancias tóxicas, debido al contacto con materiales irritantes y corrosivos.

- Ingestión de las sustancias tóxicas.

- Absorción a través de la piel por contacto con sustancias tóxicas.

La absorción de materiales nocivos por el pulmón depende de la solubilidad de los mismos en los líquidos orgánicos, la permeabilidad de los pulmones, del volumen de inhalación, del volumen de la sangre en los pulmones y el grado de concentración de vapor entre el aire inhalado y la sangre.

El sistema respiratorio se compone de las vías respiratorias superiores que comprenden: la nariz, la faringe, tráquea y bronquios, los cuales actúan como un intercambiador de calor, ya sea calentando o humedeciendo el aire, con el fin de proteger el tejido pulmonar. Además, la otra parte fundamental la constituyen los alvéolos pulmonares, que es el lugar donde se intercambian los gases a través de una pared celular y que actuando como filtro retienen las partículas más finas. El efecto nocivo de un material es función de la dosis total acumulada en el ambiente. Y el efecto tóxico producido se define como la relación entre el número de mg de material nocivo y el peso corporal en Kg.

Es decir, que la concentración del material nocivo en el aire no necesariamente corresponde a la cantidad que se absorbe. Es por eso que además de los análisis de aire, resultan de gran aplicación los análisis de exposición en la sangre y en menor escala, las muestras de biopsia de pulmón, piel y grasa; así como productos de excreción como la orina y el aire respirado.

Se estima que el volumen de respiración pulmonar de un trabajador medio, correspondiente a una jornada de trabajo de ocho horas, es de 10,000 litros. Por lo tanto, si el aire contiene una partícula por metro cúbico de un agente tóxico, la cantidad máxima que puede absorberse en un día es de 10 gm.

El trabajador se encuentra expuesto generalmente a estas sustancias durante la jornada de trabajo; sin embargo, el tiempo que éste pasa fuera de su trabajo es el suficiente para que se pueda eliminar de la sangre el material volátil. Excepto en caso de sustancias muy solubles como el metanol, que no se eliminan fácilmente.

Las vías por las que el cuerpo elimina todo este material son: el sistema respiratorio, el sistema intestinal, el urinario y en algunos casos por las glándulas sudoríferas.

La mayoría de los productos volátiles se eliminan en algunas horas o a veces en días. Cuando sucede una intoxicación la misma no se distribuye uniformemente en todo el organismo, sino que tienden a centrarse en un solo lugar, es decir es el órgano crítico el más afectado y a través del cual suele determinarse el efecto de la lesión. En muchos casos el órgano afectado es el hígado y, a la vez, el riñón, y en otros el hígado y los huesos. Por ejemplo, cuando se absorbe plomo, éste se deposita en los huesos y se elimina por la excreción.

ATMÓSFERAS PELIGROSAS

En general se pueden distinguir, principalmente, tres tipos de atmósferas peligrosas:

a) **Atmósferas explosivas:** éstas son creadas en aquellos lugares donde son manipulados líquidos inflamables que generalmente son volátiles como gasolina, solventes y otros productos derivados del petróleo principalmente.

b) **Atmósferas cargadas de productos químicos:** éstas atmósferas se generan en áreas de preparación de compuestos químicos a través de polvos, gases o vapores (por ejemplo en fábricas de pinturas, fertilizantes, destilerías, etc.).

c) **Atmósferas biológicas:** principalmente en laboratorios en donde se trabaja con animales, bacterias, cultivos, etc.

1.2.1. Tipos de intoxicación

De acuerdo con la tasa de absorción de materiales nocivos, la rapidez en la presentación de los síntomas y la duración de los mismos, la intoxicación puede ser: aguda, subaguda o crónica.

a) Intoxicación aguda

Ésta se produce cuando la absorción del material es rápida y porque la exposición es brusca e intensa. Por lo general, se produce por la absorción de una dosis que lesione uno o más de los procesos fisiológicos vitales.

La evolución de un cáncer mucho después de la recuperación de una lesión por irradiación aguda se denomina efecto agudo retardado.

b) Intoxicación subaguda

Exposiciones repetidas y extensas en un período de varias horas o días, producen efectos subagudos según la dosis.

c) Intoxicación crónica

Ésta se produce por absorción continuada durante un largo período de tiempo de un material nocivo de pequeñas dosis; cada dosis, tomada sola, apenas sería efectiva. Se caracteriza porque los materiales nocivos permanecen en los tejidos lesionando continuamente algún proceso orgánico. Sin embargo, los síntomas de la intoxicación crónica suelen ser diferentes a los que se observan en la intoxicación aguda por el mismo agente tóxico.

1.3. Ventilación industrial

Este tema tiene mucho que ver con el control de riesgos para la salud. La ventilación influye sobre el control del ambiente para la protección de riesgos físicos. El aire seco y puro en su estado natural es una mezcla de gases constituidos, fundamentalmente, por 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno, 3% de bióxido de carbono y cantidades menores de otros gases como: argón, neón, helio, metano, bióxido de azufre, hidrógeno y otros elementos en cantidades menores.

TABLA III Cambios de aire por minuto para diferentes establecimientos

	MINUTOS POR CAMBIO		MINUTOS POR CAMBIO		MINUTOS POR CAMBIO
Auditorios	2 a 10	De muebles	2 a 5	Panificadoras	2 a 3
Bancos (establecimientos bancarios)	3 a 10	De papel	1 a 5	Recidencias	2 a 5
Billares públicos	2 a 5	De plásticos	1 a 3	Salas de máquinas:	
Bodegas	2 a 10	De vidrio	1 a 3	Calderas	1 a 5
Boliches	2 a 10	Fraguas	1 a 5	Generadores eléctricos	2 a 5
Cantinas	2 a 5	Fundiciones			
Ciubes	2 a 10	Aluminio	3 a 5	Motores de comb. Int.	1 a 3
Cocinas:		Hierro gris	1 a 3	Transformadores	1 a 5
De hospital	2 a 5	Latón	1 a 3	Sala de proyecciones	1 a 3
De residencias	2 a 5	Garajes	2 a 10	Sala de recreo	2 a 10
De restaurantes	1 a 3	Gimnasios	2 a 10	Salas de reunión	2 a 10
Comedores	3 a 10	Graneros	10 a 20	Salones de baile	2 a 5
Electrólisis	1 a 5	Iglesias	5 a 15	Salones de belleza	2 a 5
Empacadoras	2 a 5	Imprentas	1 a 3	Salones de exposición	2 a 10
Fabrics:		Laboratorios	1 a 5	Sanitarios	2 a 5
Talleres de ensamble	3 a 5	Lavanderias	1 a 3	Talleres de soldadura	1 a 3
Talleres de maquinado	2 a 5	Lecherias	2 a 5	Teatros	2 a 8
Talleres de soldadura	1 a 3	Mercados	2 a 10	Tintorerias	1 a 5
		Oficinas	2 a 10		

Fuente: Manual de prevención de la contaminación industrial

Cualquier actividad humana aporta al medio ambiente una cantidad de impurezas que vienen a alterar las proporciones químicas y físicas del aire y, por añadidura, la actividad atmosférica como lluvia, descargas eléctricas, polvos, etc., son responsables también de una modificación sustancial al grado de pureza del aire, combinándose con la actividad química-biológica presente en la superficie de la tierra.

1.3.1. Forma de los contaminantes atmosféricos

Las impurezas del aire se dividen, fundamentalmente, en impurezas mecánicas correspondientes a partículas sólidas en suspensión e impurezas químicas correspondientes a gases o vapores, cuya presencia altera la composición química del aire desplazado en mayor o menor proporción los gases que se encuentran naturalmente contenidos.

Las impurezas mecánicas incluyen:

Polvos: Término general que se aplica a partículas esencialmente mayores que las coloidales que son capaces de formar, temporalmente, una suspensión gaseosa. Los polvos no tienen tendencia a flocular excepto bajo la acción de fuerzas electrostáticas; que se difunden, pero se asientan por la influencia de la gravedad. Los polvos son resultado de operación como: molienda, aplastamiento, perforación, pulverización, tamizado y explosiones.

Las impurezas químicas incluyen:

Vapores: Partículas sólidas generadas por la condensación del estado gaseoso producido generalmente después de la volatilización de sustancias fundidas y, a menudo acompañadas por una reacción química, como la oxidación. Por ejemplo el vapor de zinc parte de una superficie caliente del metal líquido y se condensa por el contacto con el aire ambiente para formar partículas pequeñas con apariencia de pelusa de Oxido de Zinc. En general, los vapores tienen un tamaño menor que un μm , aunque pueden flocular para formar partículas mayores.

Humos: Partículas sostenidas por un gas, de un tamaño generalmente menor a $0.5 \mu\text{m}$, resultado de la combustión incompleta de materiales como madera, carbón y petróleo.

Neblinas: término aplicado a las dispersiones de partículas líquidas, de 0.1 a $2.5 \mu\text{m}$; éstas son de baja concentración, aunque las partículas son de gran tamaño.

La falta de ventilación adecuada produce fatiga y reduce la atención de los trabajadores, produciendo mayor propensión a los accidentes. En sitios en donde hay polvos perjudiciales o vapores nocivos, es necesario instalar sistemas locales para eliminarlos.

1.3.2. Clases de ventilación

Al construir un edificio industrial debe tomarse como un aspecto vital el de la planeación de la ventilación.

En todo tipo de industria se requiere de una buena ventilación. El aire que se respira ha de poseer la calidad necesaria para no afectar la salud humana. La calidad del aire está determinada por la concentración de agentes contaminantes. Se entiende por contaminación, la existencia de partículas que normalmente no deben hallarse en el aire o una concentración demasiado alta de partículas existentes, ya que el aire está contaminado siempre por varias razones tales como, polvo, humo, detergentes, gases, vapores, disipadores de calor de motor, secadores, calderas y el calor que libera el cuerpo humano de los operarios que laboran dentro del edificio.

Cuando se piensa en ventilación de edificios industriales se está analizando el proceso mediante el cual el aire viciado del interior es reemplazado por aire fresco del exterior. En este proceso se está extrayendo el calor generado por las fuentes mencionadas anteriormente; es decir, se está efectuando un balance térmico ya que la cantidad de calor desplazado por el aire fresco es igual al calor ganado en el edificio menos el calor irradiado en el mismo y, así, mantener la temperatura interior constante, beneficiando al proceso y a los trabajadores.

Básicamente, se conocen dos tipos de sistemas usados para ventilación: el sistema de ventilación local que se usa individualmente para ciertos procesos, equipos o máquinas a través de campanas extractoras o bien en máquinas que cuentan con elementos aisladores. Y el segundo sistema conocido como sistema de ventilación general que se aplica para áreas mayores de bodegas, salas de producción, salas de máquinas etc.

Estos dos tipos de ventilación, dentro de una nave industrial, se pueden llevar a cabo por dos medios: renovación natural y renovación artificial o forzada.

1.3.2.1. Renovación natural

Esta es la ventilación mediante la cual se aprovechan los medios naturales disponibles para introducir aire al interior del edificio, pasarlo por él y expulsarlo.

Estos medios son los siguientes:

- 1) La energía cinética del viento;

- 2) El tiro natural provocado por la diferencia de temperaturas entre el aire interior y el aire exterior. El movimiento del aire puede ocurrir por una de éstas fuerzas actuando individualmente o la combinación de ambas, esto depende de las condiciones atmosféricas, del diseño del edificio y de la

localización y orientación del mismo. Los resultados esperados pueden variar con el tiempo debido a los cambios de velocidad y dirección del viento y a las diferencias de temperaturas considerando también la orientación de las ventanas y su diseño para que éstas actúen en favor de las fuerzas naturales y no se produzcan efectos antagónicos.

La temperatura del aire en el interior de los edificios es, generalmente, mayor que del aire exterior, por ello, el peso de una columna de aire interior es menor que el peso de la misma columna exterior, estas diferencias de peso referidas a un área específica crea una diferencia de presiones que recibe el nombre de tiro natural y que establece una corriente de aire del exterior al interior del edificio a través de las aberturas localizadas en los niveles inferiores.

El aire frío que entra por la parte inferior del edificio toma calor del interior del mismo, formándose corrientes convectivas ascendentes que encuentran su salida por las aberturas del nivel superior. Este efecto de chimenea dentro de edificios es el que se aprovecha para ventilarlos naturalmente, reforzando así, la acción dinámica del viento cuando éste sopla contra el edificio.

Los medios de instalación usados para un proyecto de ventilación natural son, entre otros: persianas, ventiladores de gravedad, monitores, ventiladores tipo turbina, cubiertas, campanas de extracción.

Reglas generales de ventilación natural

El área de ventanas para una buena iluminación es suficiente para una buena ventilación, el área aceptable es del 25% al 30% de la superficie del suelo.

Es conveniente considerar las siguientes reglas para completar el funcionamiento de la ventilación.

- 1) Las áreas de paso del aire deben estar bien distribuidas en el edificio, debiendo ser localizadas las entradas lo más bajo posible y las salidas lo más alto que se pueda.
- 2) No debe haber obstáculos cerca de las entradas ni tabiques interiores que impidan la circulación interior del aire.
- 3) Cuando las áreas de entrada son sensiblemente iguales a las áreas de salida, se obtiene el mayor rendimiento por metro cuadrado de ventana.
- 4) Cuando la dirección del viento es prácticamente constante, deben aprovecharse estas circunstancias orientando el edificio, de tal manera que su eje mayor quede perpendicular a la dirección del viento dominante. Si la dirección del viento es muy variable, entonces el diseño del edificio debe hacerse en tal forma que éste tenga las áreas de sus ventanas balanceadas en los cuatro costados, para que independientemente de la dirección del viento siempre se tenga ventilación en el interior.

- 5) Para que exista tiro natural debe haber desnivel entre las ventanas: ventanas de diferente altura.
- 6) Cuando se usan tragaluces, las ventanas del lado del viento deben cerrarse, pues si se abren, habrá la tendencia del tiro ascendente que se opondrá al tiro natural. Las ventanas del lado opuesto deben abrirse para que el efecto del viento y el del tiro natural se unan en el mismo sentido.
- 7) Cuando se usan chimeneas de ventilación se deben colocar en forma que se aproveche al 100% el aire exterior, ello es posible si se busca la perpendicularidad con el techo.

1.3.2.2. Renovación forzada (artificial o mecánica)

Debido a lo contaminante que resulte un proceso, muchas veces no se podrá ventilar usando únicamente los efectos de ventilación natural.

Existen diversos procesos industriales donde la presencia de partículas en suspensión en el aire pueden deteriorar el producto a conseguir: pinturas, laboratorios, gases, etc. o bien perjudicar la salud de los trabajadores.

En este tipo de ventilación el intercambio de aire viciado por aire nuevo se realizará sin cambios térmicos.

1.3.2.2.1. Renovación forzada estática

Esta es la que precisa algún tipo de instalación para crear unas corrientes de aire y poder evacuar los gases viciados: chimeneas. Aquí se hará entrar aire fresco y así la concentración descienda a límites aceptables.

1.3.2.2.2. Renovación forzada dinámica

Esta precisa de instalaciones de impulsión y/o extracción para crear depresión o sobrepresión. Esta puede ser, a su vez, local o directa la cual consiste en atajar aire contaminado antes de que se expanda por la habitación. Obviamente, este tipo de extracción es la solución más lógica desde el punto de vista de seguridad higiénica y por supuesto del consumo de energía y mantenimiento.

En casos de gases de volumen pequeño pero gravemente tóxicos: laboratorios, soldadura eléctrica, gases de mezclas químicas, etc., por ser emitidos cerca de las personas, es imprescindible la extracción directa, intercalada antes que llegue a las vías respiratorias del operario.

En algunos casos, la extracción directa no puede reemplazar totalmente a la ventilación general, así que puede ser combinada aunque esto por lo general trae una mayor inversión y aumento de mantenimiento.

Las técnicas de ventilación forzada dinámica son: a) ascendente, b) descendente y c) cruzado

La elección de una u otra dependerá básicamente de las características del elemento a evacuar.

1.3.3. Equipo de ventilación y evacuación

Como se ha visto, existen variadas y diversas formas de renovar el aire dentro de un recinto o una nave industrial: si el aire no es muy contaminado y el viento sopla bien, puede usarse solo tiro natural, pero si la concentración es demasiada y el aire no es muy favorable, deberá usarse equipo de extracción y ventilación. A continuación se describe el equipo típico usado en sistemas de evacuación de gases contaminados, en edificios industriales.

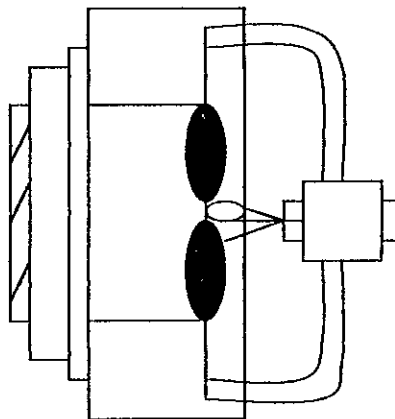
1.3.3.1. Ventiladores

Estos son empleados universalmente en la circulación de aire u otros gases a través de sistemas de baja presión.

Ventilador tipo hélice

También conocido como propulsor, usa impulsores de tipo axial. Estos ventiladores pueden montarse dentro de un anillo o marco montaje o panel. Su utilización más frecuente es para traslación del aire de un lugar a otro, hacia el ambiente exterior o para introducir aire nuevo. Su montaje puede ser de acoplamiento directo, transmisión por banda, flechas extendidas y otros. Puede mover grandes cantidades de aire pero no produce aumentos de presión significativos en el aire de circulación. Sus aplicaciones comprenden la ventilación fabril, cómoda y enfriamiento de productos industriales.

FIGURA No. 1 Ventilador de hélice

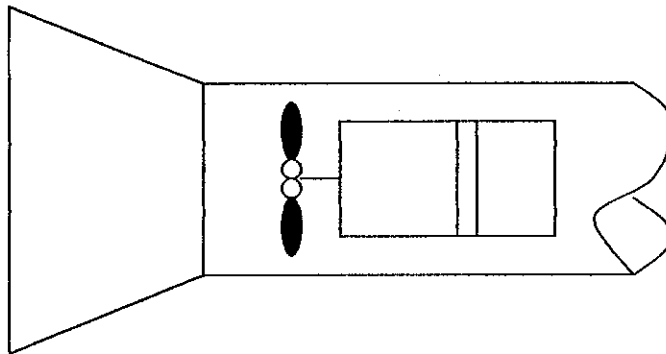


Fuente: Manual del ingeniero mecánico

Ventilador tipo axial

Estos ventiladores al igual que el anterior, utilizan impulsores de tipo axial, además tiene carcasa o envolvente cilíndrico. Posee álabes guía, lo que lo hace capaz de producir mayores presiones estáticas, siendo más eficiente. Su uso no es sólo en la extracción sino en aplicaciones específicas como escapes de hornos, ventiladores para enfriamiento de productos a alta velocidad y muchos otros.

FIGURA No. 2 Ventilador tipo axial



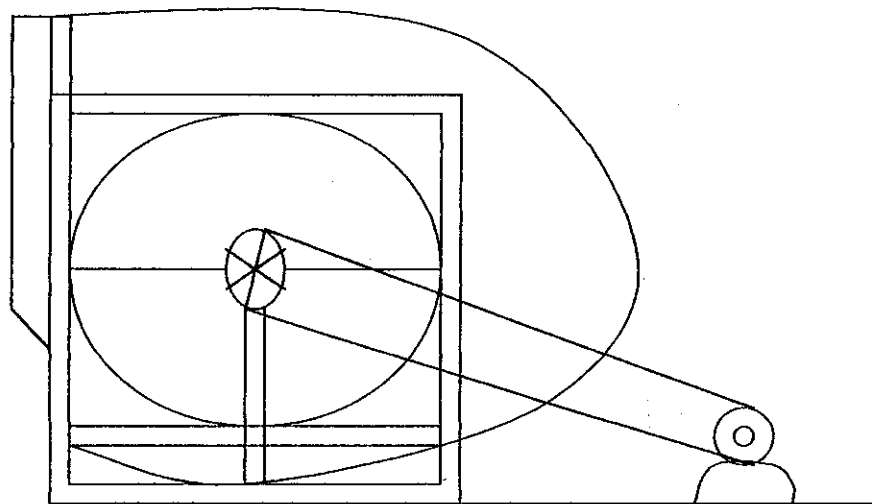
Manual del ingeniero mecánico

Ventilador de tipo centrifugo

Estos ventiladores utilizan impulsores de flujo radial, es el tipo más versátil y altamente usado. Consiste en un rotor encerrado en un envolvente de forma espiral. El aire entra a través del ojo del rotor paralelo a la flecha del ventilador y se descarga por la salida de la envolvente en ángulos rectos con respecto de la flecha.

Existen con aspas curvadas hacia adelante y aspas curvadas hacia atrás. Los primeros se utilizan en oficinas y lugares donde el bajo nivel de ruido es indispensable. Los segundos son más usados en la industria teniendo la característica de no sobrecarga y funcionan a más alta velocidad usando transmisiones sencillas. Su presión va desde 1/2 hasta 16 plg. de columna de agua, para volúmenes de hasta varios cientos de miles de pies cúbicos por minuto (pcm).

FIGURA No. 3 Ventilador tipo centrifugo



Fuente: Manual del ingeniero mecánico

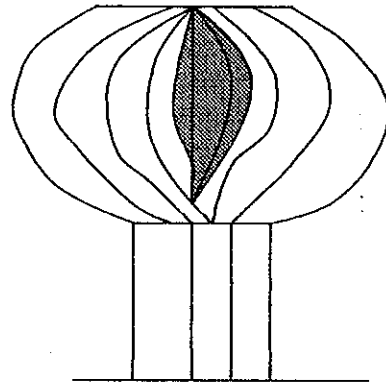
Ventiladores de techo

Los hay de dos tipos: ventiladores motorizados y ventiladores que funcionan por gravedad. Los ventiladores de techo que funcionan por gravedad dependen de la velocidad del viento que sopla sobre ellos, así como de su altura sobre el nivel del piso y de la diferencia de temperaturas en el edificio, entre la del piso y la del techo. Su gran desventaja es que funcionan según las condiciones externas climatológicas, donde el operador no tiene ningún control.

Los ventiladores para techo motorizados, que por lo general se emplean para propósitos de extracción, también se construyen en la actualidad para propósitos de admisión del aire y se controlan por completo por estaciones de botones, sin tomar en cuenta las condiciones externas climatológicas.

Para las plantas industriales se proporcionan generalmente ventiladores del tipo hélice o del tipo axial en tubo, debido a sus altas velocidades de descarga o de movimiento del aire.

Figura No. 4 Extractor de techo

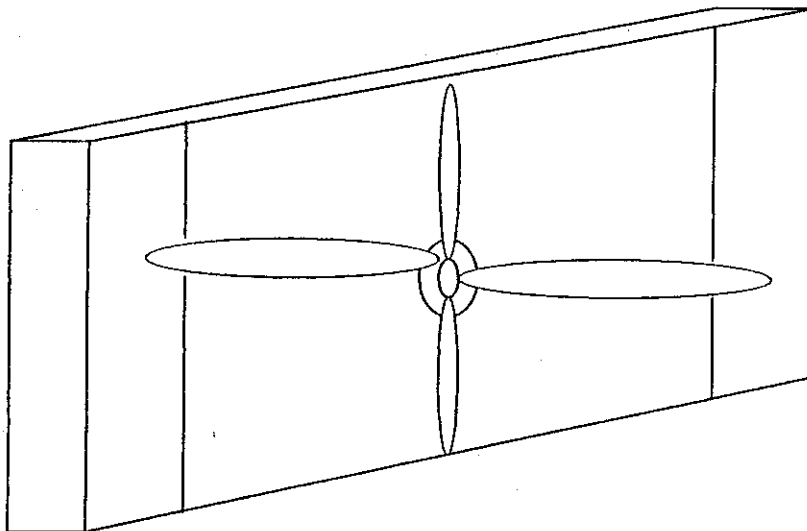


Fuente: Manual del ingeniero mecánico

1.3.3.2. Extractores

Los extractores son, esencialmente, ventiladores trabajando en sentido inverso, o sea, ventiladores que en lugar de ingresar el aire a un local, lo sacan; también se les conoce como *ventiladores de tiro inducido*. Existen algunos requisitos para la extracción de aire efectiva, por lo que a continuación se presenta una tabla que contiene una serie de establecimientos y los cambios necesarios.

Figura No. 5 Extractor de aire



Fuente: Manual del ingeniero mecánico

1.3.3.3. Ductos

En la mayoría de los casos, por no decir siempre, es necesario conducir el aire por tuberías, con una sección de acuerdo al volumen y la velocidad del fluido para mantener equilibrio en la presión.

Las tuberías de conducción pueden ser construidas con láminas de hierro. En la aplicación, las tuberías de hierro laminado se usan principalmente en las instalaciones industriales, las construidas directamente en las paredes en construcciones civiles y particulares, debe respetar el valor estético.

Se debe tratar de lograr que los distintos ramales se conecten al caño maestro, mediante curvas de pequeño desarrollo. Además, los ramales deben ser lo más cortos que sea posible para disminuir la resistencia total y tener menor consumo de potencia; se logrará también un equipo más compacto.

Consideraciones para el diseño de ductos

El suministro de aire necesario para producir el transporte de polvos industriales y gases, ocupa un lugar importante entre los factores que se han de tener en cuenta para el diseño de los equipos extractores.

Debe partirse de que el volumen de aire extraído de un determinado local debe siempre ser repuesto, a menos claro está, que el volumen sea insignificante en relación con el espacio del local y no valga la pena hacer consideraciones preliminares. En la mayoría de los casos, por no decir siempre, es necesario conducir el aire por tuberías, con una sección de acuerdo con el volumen del local y con la velocidad del fluido para mantener equilibrio en la presión.

Como campo de aplicación, las tuberías de hierro laminado se usan principalmente en las instalaciones industriales.

Factores de los que depende la caída de presión

Del movimiento del aire en el conducto nace una resistencia, la cual provoca una caída de presión, cuya magnitud depende de: el tipo de material usado, de la superficie interna de la pared, del largo del circuito, del perímetro y por ende de la forma de la sección.

Como ventaja en cuanto a los materiales usados, puede decirse que la lámina de hierro negro, especialmente la de sección circular, es la más usada en la práctica por su facilidad de construcción y montaje, ofreciendo además la facilidad de ser cambiada total o parcialmente.

Resistencia debida al paso del aire por las tuberías

Se dijo anteriormente que por efectos del movimiento del aire en una tubería, se genera una resistencia y de ésta se genera un movimiento tumultuoso similar a un torbellino, próximo a las paredes del conducto. Este movimiento y su magnitud varía con la naturaleza del material de la canalización, su construcción, su mayor o menor rugosidad y, principalmente, por el perímetro y la sección del tubo.

Esta turbulencia debida al movimiento del aire, da lugar a una resistencia la cual se asemeja a una contracorriente y que tiene por resultado una oposición dinámica al movimiento principal.

Resistencia de fricción con paredes del ducto

De experiencias realizadas en los últimos 10 años, se puede inferir el valor r que vale:

$$r = aLp / s$$

en donde:

r = coeficiente de turbulencia, variable de acuerdo al material de que se haya hecho la cañería.

L = longitud total de la cañería.

p = perímetro interno del tubo en mt.

S = sección de la tubería en mt^2

El valor de la resistencia de la turbulencia de que se habló será variable, se puede tomar para velocidades comprendidas entre 6 y 12 mt/s de desplazamiento del aire, siendo los valores medios más usados en la práctica los siguientes:

- a = 0.006 para conductos de hierro laminado.
- a = 0.0042 para conductos de madera lisa bien empalmada.
- a = 0.015 para conductos de mampostería
- a = 0.01 para conductos de fundición
- a = 0.03 para conductos de madera áspera bien empalmada.

Sumando todas las resistencias, turbulencias locales se llega a determinar el valor de R de la resistencia total del circuito. Para la aplicación de un ventilador a una instalación capaz de provocar un impulso que venza esta resistencia, se necesita, además, conocer la presión.

En el aire y en cualquier otro fluido existen dos tipos de presiones:

a) *Presión estática*: es la interna del fluido que constituye la energía de presión o de trabajo de flujo, siendo ésta la energía que vence la resistencia del circuito, cualquiera que sea.

Esta presión se ejerce para vencer la resistencia del conducto y se expresa con la fórmula:

$$h_s = R (V^2 d) / 2g \text{ en mm de col. de agua.}$$

donde:

h_s = presión estática

R = resistencia local del circuito, (adimensional)

V = velocidad del aire en m/s

d = peso específico del aire en Kg/m³

g = gravedad en m/s

b) *Presión dinámica*: es la presión debida a la velocidad y que representa la energía cinética del aire. Se expresa así:

$$h_d = V^2 d / 2g$$

En la que V , d y g tienen el mismo significado que en la fórmula anterior. La suma algebraica de la presión estática y de la presión dinámica representa la presión total que un ventilador debe generar.

1.3.3.4. Filtros

Los filtros se usan en los sistemas de aire para evitar que partículas sólidas circulen por él, evitando con esto que se dañen las aspas del ventilador, exista mayor resistencia al paso del aire por los ductos y haya erosión en las juntas de los mismos con lo que puede darse lugar a fugas.

Por otra parte, cuando lo que circula por los ductos son gases o vapores químicos, se deben utilizar filtros para evitar o minimizar la alta corrosión de los mismos sobre el material del ducto y de los extractores, así como de los ventiladores.

En general, los filtros se instalan para satisfacer los siguientes requisitos.

1. Evitar daños al equipo de ventilación;
2. evitar el regreso de contaminantes al lugar de trabajo;
3. reducir los riesgos por fuego y explosión;
4. permitir la recirculación de aire limpio en las áreas de trabajo;
5. evitar que las emanaciones lleguen con demasiada pureza al exterior y puedan causar daños al medio ambiente.

Existen muchos tipos de filtros, en el caso de emanaciones provenientes de químicos, lo más recomendable es utilizar filtros con base de carbón ya que este reacciona favorablemente ante los agentes corrosivos de dichos químicos.

1.3.3.5. Eliminación de ruido

En el caso del ruido, es muy importante que las empresas lleven a cabo audiometrías periódicas a los trabajadores. El objetivo de esto es el de llevar un control de la salud del trabajador.

Un adecuado control de ruido puede efectuarse en varias etapas:

Ruido en sistemas de ventilación

Los ventiladores son una fuente bastante común de ruidos en edificios ya que las fuerzas aerodinámicas presentes pueden producir ruido considerable. De los dos tipos de ventiladores (axial y centrífugo), el axial es más ruidoso, con ruidos de altas intensidades producidos por altas velocidades periféricas.

Cuando las aspas del ventilador pasan a través del aire transmiten ondas a través de él y la misma aspa resulta sujeta a fuerzas fluctuantes. Si el ventilador forma parte de un sistema de ventilación en un edificio, el ruido producido podrá pasar a través de los ductos y ser radiado por ellos.

Cuando el aire es expulsado al exterior puede ocurrir mayor turbulencia pues pasa a través de las rejillas, ocurriendo mayor cantidad de sonido, esto también se aplica a los sistemas de retorno.

Para minimizar la necesidad de reducir el ruido en ventiladores con la instalación de materiales de soporte de ductos y rejillas, deberán considerarse los siguientes factores:

- 1) La distribución del sistema de aire deberá diseñarse para el mínimo de resistencia ya que la generación del ruido en ventiladores, depende del tipo de ventilador y se incrementa proporcionalmente con la presión estática.
- 2) Los ventiladores con un número de aspas relativamente poco (menos de 15) tienden a generar tonos puros, que dominan en el espectro, esto ocurre en la "frecuencia pasajera de las aspas" y en sus armónicas (la frecuencia pasajera es el producto del número de hojas y de la velocidad de rotación en revoluciones por segundo).

La intensidad de estos tonos depende de la resonancia entre el sistema de ductos y el diseño del ventilado, tanto como de las distorsiones del flujo en el interior.

- 3) El ventilador deberá diseñarse o seleccionarse para operar cerca de su máxima eficiencia a la cantidad deseada de aire y a la presión estática indicada, la elección del tamaño apropiado es importante para asegurar el mínimo de ruido para cualquier tipo de ventilador. Con respecto a la energía, no hay una relación directa con la generación de ruido y la eficiencia, debido a que un pequeño excedente de energía requerida produce ruido pero se ha encontrado que los mismos factores que reducen la eficiencia del ventilador, también incrementan el ruido.

Ruido por flujo en ductos

Aunque los ventiladores son la mayor fuente de sonido que se considera en el diseño de sistemas de ventilación, no son la única, puesto que también produce sonido el flujo de aire a través de los codos, trampas o registros, bifurcaciones en T y otros elementos de los ductos. La potencia del nivel del sonido en cada octava, depende de la geometría del sistema, de la turbulencia de aire y del rango de flujo.

No hay límite en el número de formas y geometrías usadas en la industria para ductos, pero se ha llegado a estimar el comportamiento de ciertos tipos de elementos.

2. ESTUDIO DE UNA EMPRESA TÍPICA CUYO PROCESO INCLUYE LA MANIPULACIÓN DE QUÍMICOS

2.1. Proceso de fabricación

Generalmente, los procesos de fabricación en los que intervienen químicos se caracterizan por estar bien organizados y estudiados por los Ingenieros químico-industriales, de tal manera que existen pasos bien definidos, los cuales son especificados a los laborantes para evitar cualquier tipo de accidente o bien de error en la producción. Las empresas que producen, basándose en químicos, deben poseer instalaciones seguras y prácticas para que los trabajadores laboren con eficiencia y seguridad. Sin embargo, muchos empresarios que se inician en el campo de la fabricación a partir de químicos no poseen la experiencia adecuada y deciden empezar sin equipo e instalaciones adecuadas, con poca seguridad y malas costumbres de producción, lo que puede traer graves consecuencias y pérdidas en la producción.

Un ejemplo puede ser una fábrica pequeña de bombitas de Navidad. Eventualmente el empresario decide que un salón grande es suficiente para llevar a cabo varios procesos, entre ellos soldadura, soplado de vidrio, baño de nitrato de plata, pintado a soplete, etc. Cada uno de estas operaciones tiene distintos efectos: la soldadura acarrea un gran calor y despidе vapores procedentes de la oxidación de los gases y el electrodo.

Por aparte, el soplado de vidrio también eleva la temperatura del ambiente y genera vapores al utilizar soplete; por último el baño del vidrio con nitrato de plata y luego con pintura, permite la emanación de otro tipo de vapores más tóxicos y corrosivos para el hombre.

La mezcla de estos elementos en un espacio pequeño y sin buena ventilación crearán un ambiente pesado, caluroso y altamente corrosivo en el que una persona se dañará inevitablemente ya sea por quemaduras directas con fuego o por contacto con el nitrato o por intoxicación. A continuación se detallan algunos elementos químicos usados en la industria y sus características, a fin de que se conozca su peligrosidad.

2.2. Tipos de químicos y sus características

Es muy interesante conocer todos los tipos de químicos utilizados en la industria y sus características, sin embargo ésta es una labor muy extensa y no forma parte de la estructura de este trabajo de tesis. Sin embargo, resulta necesario mencionar algunos de los químicos que más frecuentemente son usados en la producción, sus características y sus efectos sobre la salud humana.

Dimetilcetona (acetona): es un líquido volátil, incoloro y con un olor muy penetrante, su límite de exposición permisible es de 1000 partes por millón de partes de aire promediados sobre un turno de trabajo de ocho horas. Puede ser inhalada por vía respiratoria o puede ser absorbida por la piel, conduciéndola por la sangre a todo el organismo. En un principio produce dolores de cabeza y vómitos, luego puede dañar los órganos renales e hígado.

Ácido muriático: es un líquido transparente y con olor picante, es altamente corrosivo con la mayoría de los metales. Su límite de exposición permisible es de 4 ppm, lo que también puede expresarse como 7 mg/ mt³.

La exposición al gas o a las soluciones del mismo producen irritación de los ojos y daño permanente con pérdida de la vista. Al tener contacto con la piel se provocan quemaduras graves e inflamación de la parte contaminada, su ingestión provoca quemaduras en la garganta, nariz y estomago.

Ácido sulfurico: líquido incoloro, aceitoso e inodoro, cuya descomposición provoca la emanación de gases tóxicos como ácido sulfúrico (vapor), dióxido de azufre y monóxido de carbono. El límite de exposición del ácido sulfúrico es de 1 mg/mt de aire promediado sobre un turno de trabajo de ocho horas. Provoca irritación en la nariz, garganta, ojos y pulmones. La aspiración de nieblas o vapores del ácido sulfúrico provoca erosión dental o ampollas en la boca y dificultad para respirar.

Amoníaco: es un gas incoloro, fácilmente licuable, con olor muy penetrante característico. El límite de exposición permisible para el amoníaco es de 50 ppm de aire con base en un turno de ocho horas de trabajo. El vapor de amoníaco es un irritante fuerte para los ojos, en especial para la córnea, las vías respiratorias y la piel. Provoca ardor y lagrimeo, secreciones nasales, tos y dolores en el pecho, paro respiratorio y hasta la muerte.

Hidróxido de sodio (soda caustica): Escamas de color blanco, inodoras. Su límite de exposición permisible es de 2 mg/mt³ Al contacto con la piel puede destruir los tejidos de la misma produciendo quemaduras graves, la inhalación de los gases produce irritación del aparato respiratorio.

2.3. Instalaciones

Los edificios industriales se dividen en tres categorías: de primera, de segunda y de tercera. Las características de cada categoría están especificadas en varios libros y tesis sobre edificios industriales. Aquí sólo se hará mención de los edificios de primera categoría pues son los que cuentan con la mayor seguridad y sus instalaciones son las más adecuadas para el trabajo con químicos.

En los edificios de primera categoría los techos y entrepisos pueden ser de losas de hormigón armado o nervadas, siendo estas últimas del tipo de concreto pretensado, las cuales se apoyan sobre vigas y columnas del mismo material.

Este tipo de techo permite la instalación más fácil y adecuada de los ductos en forma aérea, sostenidos con abrazaderas pernadas, además de permitir un ambiente más fresco pues sirve de aislante para el calor del exterior. Por otra parte, el piso de estos edificios es de concreto armado y superficies alisadas. Esto ayuda para el mantenimiento limpio de las áreas de producción y también cuando existen derrames de químicos, estos no estropearán las áreas de trabajo.

Además, es aconsejable que los edificios sean lo más amplios posible y que no se reúna en un mismo salón dos o más procesos para evitar los riesgos vistos con anterioridad.

Las paredes deben ser altas y con áreas apropiadas de ventanas, pintadas con colores claros en pinturas de aceite o especiales para contrarrestar los efectos de descascaramiento que producen los ácidos así como conocer cuándo una pared ha sido manchada con un químico y su limpieza se hace necesaria.

2.4. Personal

El personal que labora con químicos debe estar bien instruido en los procesos de fabricación, el uso de los elementos a utilizar e incluso en formas de socorrer a personas con síntomas de intoxicación, quemaduras, etc.

Debe tomarse en cuenta el tipo de químico que se usa para crear los implementos de protección personal ya que algunos nos son inflamables pero si altamente corrosivos, otros como ya se vio, atacan la vista, otros el sistema respiratorio y otros más causan quemaduras en la piel.

El número de personas en el lugar de trabajo dependerá del espacio y el tipo de proceso, se aconseja no tener más de un trabajador por cada 3 mt², para que pueda movilizarse y respirar cómodamente. Si existen personas más cerca de lo permitido, puede darse el caso que se quemen entre sí o no exista suficiente aire por mt para cada una.

Se reconoce que el equipo personal de protección es necesario e importante para el desarrollo de un programa de seguridad industrial, por lo tanto puede obviarse una investigación a fondo para conocer su necesidad y solicitarse a la alta gerencia.

Uso del equipo de protección personal

Un programa de protección personal no consiste únicamente en adquirir equipo y decirles a los trabajadores que lo usen. Un programa de este tipo fracasará si:

- 1) El uso de un protector deteriora el prestigio o la autoestima de un trabajador, así como si lo hace parecer ridículo ante sus compañeros de trabajo.

- 2) Inicialmente da una sensación de torpeza para la realización de una tarea. Esta actitud puede contrarrestarse utilizando los siguientes enfoques:
- (a) Hágase sentir la necesidad de usar un dispositivo requerido para una tarea específica, usando el idioma que los trabajadores entienden;
 - (b) indíqueseles exactamente que equipo de protección requiere cada tarea y cada área y enséñeles la forma correcta de usarlo;
 - (c) debe dársele a los trabajadores, participación a la hora de seleccionar el equipo, así como adquirir el que le resulte cómodo y le guste;
 - (d) deberá tenerse siempre una reserva de equipo de protección en caso de que éste se averíe o se contraten otros empleados;
 - (e) las estanterías donde se guardan los dispositivos de protección deben conservarse siempre limpias. La gente rehusa usar equipos que han sido sacados de un almacén desordenado y sucio;
 - (f) debe reemplazarse cualquier equipo que evidencie desgaste o deterioro, no solo por razones de seguridad sino para mantener la moral alta entre los trabajadores.

Equipo para la protección del cuerpo

Protección del cabello: el cabello largo puede ser un elemento distractor para el manejo de los químicos, puede introducirse accidentalmente en un recipiente que los contenga, puede también servir como obstáculo para el movimiento. Por todo esto se recomienda que el cabello de los trabajadores sea corto o bien que ellos usen una gorra que lo mantenga recogido.

Protección de cuerpo y ojos. Al seleccionar protectores oculares, sólo y combinados con protectores para rostro, deben tenerse por lo menos los siguientes aspectos: tipo y grado del riesgo, grado de protección que proporcionan y la comodidad de quien los usa, se pueden conseguir en gran variedad. Se les clasifica como sigue

Gafas con protector o cubierta lateral

De copa sobre el ojo:

Modelo para soldadores

Modelo para polvo

De ajuste flexible:

Con escudo de plástico para el ojo

Otras clases.

Gafas comunes de seguridad: son parecidos a los anteojos ordinarios pero su construcción es más sólida, cuenta con cristales resistentes a los golpes y pueden tener o no cubiertas protectoras laterales.

Protección para las manos, pies y piernas: alrededor de tres quintas partes de los daños profesionales en la industria norteamericana afectan piernas, manos y pies. En trabajos donde deben manipularse elementos calientes o químicos se impone utilizar guantes o almohadillas de mano.

En el caso de ácidos, álcalis, varios tipos de aceites o disolventes los guantes deberán ser de un material sintético como neoprene.

Para proteger los brazos basta con usar camisas de manga larga o protectores de brazo.

Pies y piernas: debe protegerse contra la caída de objetos pesados o de ácidos, por medio de zapatos especiales con puntera de acero y cuero grueso.

Vestidos protectores: muchas exposiciones a riesgos en la industria exigen ropa apropiada en lugar de la ordinaria o encima de ésta. Es aconsejable que los trabajadores porten ropa de asbesto, tela tratada contra el fuego, hecha de hule o neoprene, etc.

Protección para las vías respiratorias: la mayoría de las veces no es suficiente el equipo de ventilación o extracción en los procesos industriales, entonces se hace imperativo utilizar equipo de protección del aparato respiratorio.

Respirador sencillo contra polvos: es el dispositivo filtrante mecánico más común y sencillo. La pieza facial está fabricada con bordes que facilitan adaptarse al trabajador y garantizar el cierre hermético. El área del filtro es de 46.5 cm², en la parte superior tiene una protuberancia para darle cavidad holgada a la nariz y en la parte inferior un buen espacio para la boca y parte de la barbilla. El resguardo o cubierta es lavable y reemplazable para mantener aseados los puntos de contacto con la piel y además ayuda a mantener el ajuste hermético.

Monogafa de ventilación directa: protección de la vista contra salpicaduras en el manejo de elementos químicos corrosivos, de polvo y pequeñas partículas y radiaciones térmicas.

Precauciones de los respiradores contra polvos:

- a) Estos respiradores no proveen oxígeno.
- b) Úsense en áreas adecuadas ventiladas donde no hayan un peligro inmediato para la vida.
- c) Abandone el lugar de inmediato si la respiración en el lugar se hace difícil, siente mareos u otras molestias, percibe algún olor o sabor contaminante.
- d) Nunca altere o modifique estos elementos.

e) Úse los respiradores estrictamente como lo indican las instrucciones, sellos o catálogos que incluya el fabricante.

2.5. Aspectos técnicos

Deben tomarse en cuenta muchos aspectos técnicos tanto para el diseño de las instalaciones así como para el diseño posterior de sistemas de ventilación y evacuación de los gases generados en la producción.

El ingeniero deberá preguntarse si el proceso amerita la construcción de un edificio de primera, segunda o tercera categoría; y si será necesario utilizar ventilación con tiro forzado o si será suficiente la ventilación natural.

En los lugares calurosos y muy húmedos, el viento no sopla con buena velocidad y entonces la ventilación natural se hace insuficiente para evacuar gases y vapores, esto nos demuestra que debe pensarse en factores climáticos y no solamente en el tipo de producción.

Por otra parte, debe tomarse en cuenta que algunos químicos producen vapores que poseen mayor densidad que el aire, lo que naturalmente los hace descender hacia el suelo en lugar de subir. En este caso el ingeniero debe crear un sistema más complejo de ductos y campanas que lleguen hasta el piso pero que no entorpezcan la labor de los trabajadores.

En el caso que se trata en ésta tesis, es mejor tomar los gases lo más cerca posible de la fuente de donde salen, de esa forma aunque tengan tendencia a descender no se les dará tiempo y la fuerza de extracción los hará subir por los ductos.

El diseño de las campanas de extracción tiene que ver con la forma del lugar de trabajo (una mesa, una pila, etc.) y no es necesario que se construya de una forma específica ya que esto dependerá del criterio del Ingeniero proyectista y de las necesidades.

Existen muchos otros aspectos a tomar en cuenta, pero estos dependen de la situación que se contemple y de la experiencia del Ingeniero.

2.6. Consideraciones y mediciones

Existen otras consideraciones para llevar a cabo un proyecto adecuado de ventilación y evacuación de emanaciones, pues no sólo debe tomarse en cuenta estrictamente el equipo o las instalaciones, o, en una palabra lo puramente físico. También es necesario conocer el clima imperante en la zona de ubicación de la industria, su alineamiento con respecto al viento, el tipo de químico, etc.

Algo muy importante y que de hecho es usado en éste proyecto, es que si el espacio interior del edificio industrial es suficientemente grande, puede obviarse ya que el volumen de aire que se extrae es insignificante con

respecto al que queda dentro. Si esto no es así hay que pensar en una forma adecuada de hacer ingresar aire al recinto ya que se crea un vacío peligroso y una falta de aire adecuado para los trabajadores. Por ello se considera necesario que los edificios utilizados para la industria deben ser grandes y espaciosos en su interior.

3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

La situación prevaleciente en la industria local que utiliza químicos es de inseguridad porque sus propietarios consideran muy costoso implementar proyectos que permitan proporcionar seguridad máxima y completa a sus trabajadores. Por otro lado, existe la idea errónea de que es más económico esperar a que no ocurra un accidente que prevenirlo.

Sin embargo, es fácilmente demostrable todo lo contrario, al hacer un análisis de costos aún comparándolo con proyectos altamente confiables.

La prevención de la contaminación es un tema de mucha importancia en la actualidad pues permite mantener los diferentes ambientes, no sólo internos sino externos, de una industria limpios y ayuda al mantenimiento de los ecosistemas. La máxima de los defensores de esta teoría es que quien por producir crea desechos tóxicos y contaminantes, mejor deje de producir. Sin embargo, en Guatemala esto no es posible pues como se vio en un principio incluso en nuestra legislatura no se contemplan sanciones drásticas. Por todo esto, en Guatemala tenemos que seguir produciendo contaminación y tratando únicamente de que la misma afecte en la menor medida posible a nuestros trabajadores y personas en general.

La contaminación que producen las emanaciones de ciertos químicos debe ser "evacuada" de los recintos de trabajo para que se pueda laborar con tranquilidad. Para dicha evacuación existen muchos métodos, el que se propone es, por su sencillez, el más económico y el menos complicado a la hora de instalarlo.

3.1. Solución propuesta

El problema de las emanaciones tóxicas puede resolverse de diferentes maneras, la solución propuesta se basa en un sistema compuesto por un extractor, varios ramales de ductos conectados en un extremo a una campana de extracción y el otro a un ducto principal que a su vez se conecta al extractor.

El diseño de las campanas de extracción puede variarse un poco respecto de las convencionales, como se muestra más adelante, esto con el fin de capturar las emanaciones con la mayor eficiencia y respetar la ergonomía.

3.2. Análisis de viabilidad técnica

Al analizar el problema en cuestión y la forma en que se piensa resolver, podemos inferir que, aunque no es la solución más acertada, pues los gases son expulsados al ambiente externo y con ello se contamina el aire de las poblaciones circunvecinas, sí se cumple con el objetivo para el que se diseñó que es evacuar las emanaciones del interior del recinto de trabajo.

La potencia de succión establecida para el ventilador extractor es suficiente para absorber los gases antes de que estos se esparzan en el ambiente, aun si los mismos son tan pesados que tiendan a descender.

3.3. Estudio financiero

Para llevar a cabo este estudio pueden utilizarse indicadores financieros como calcular el valor presente neto de cada flujo de efectivo y, si éste es positivo significa que el proyecto debe aceptarse. También puede calcularse la Tasa Interna de Retorno que iguale el valor presente de los flujos de entrada de efectivo que se esperan de un proyecto con el valor presente de los costos esperados para el mismo. Se dice que un proyecto vale la pena cuando la Tasa Interna de Retorno calculada es superior al costo de capital necesario para financiar el proyecto. También podemos calcular el índice de rentabilidad, la técnica de reembolso u otros.

Todos esos indicadores pueden dar o no los resultados esperados de aceptación del proyecto, pero estos son poco útiles si no se toma en cuenta los beneficios menos tangibles que aquél puede proporcionar a la empresa.

Esos beneficios que no se ven a simple vista, engrosan de manera gigantesca los datos positivos, si pueden cuantificarse, pero lamentablemente esto sólo puede verse en un horizonte de tiempo muy largo. Los beneficios intangibles de que se habla son, entre otros:

- Mayor ingreso a partir de un mejor producto.
- Mayor productividad de los obreros.
- Reducción de los costos de conservación de la salud.
- Ahorro en costos de responsabilidad futura.
- Minimizar la exposición de los empleados a los vapores orgánicos e inorgánicos lo cual reducirá los riesgos para la salud y la necesidad de monitorear y llevar un registro estricto de la higiene industrial.

- Minimizar el pago de seguros.
- Aumento de las ganancias de participación en el mercado debido a una mejor imagen del producto o de la compañía.

Con todo esto, es indudable que el proyecto se acepte como muy positivo para una empresa.

3.4. Análisis de costos

Ésta es una de las etapas críticas que deben darse en el estudio, ya que de ella depende que la administración dé su aprobación para la ejecución del proyecto.

La unidad más importante que tiene el sistema de extracción es el ventilador extractor, el cual constituye la unidad impulsora de movimiento de los gases. Más adelante, en el capítulo 4, se muestra la forma de seleccionar el ventilador que tiene un costo en el mercado de US\$760.00 (unos Q4500.00 a la tasa de cambio actual).

Calculo de materiales y suministros

Actualmente, en el mercado existe una variedad ilimitada de materiales que pueden ser útiles en la construcción de las diferentes unidades que integran el proyecto, pero esta selección se basa, principalmente, en la experiencia de profesionales que han utilizado estos materiales y que, a su vez, conocen muy bien el comportamiento de los mismos. Un ejemplo es el uso de la lámina galvanizada para la construcción de los ductos ya que ésta presenta una buena característica de superficie y de manejo para la construcción, su precio de adquisición es bastante accesible en relación con otros materiales, sin embargo, esta clase de

lámina presenta inconvenientes que dan una buena razón para no usarla en el proyecto.

1. Su manejo para la instalación como para su mantenimiento se tiene que efectuar con mucho cuidado ya que podría doblarse porque es muy liviana.
2. Las uniones solamente pueden soldarse con estaño (soldadura blanda), esta clase de soldadura es muy frágil.
3. Debido a que los extractores producen vibración las juntas se abrirán y tendrán fugas con el transcurrir del tiempo.

Luego de estudiar las distintas opciones y comparar sus características se concluye que la mejor para el proyecto es la lámina negra de 1/32 de pulgada de espesor.

Se investiga cuánto costará la fabricación de los diferentes componentes a usar, (cabe mencionar que se investiga en varias empresas dedicadas a la construcción de dicho equipo y que se usan los que tienen precios más bajos pero no por ello menor calidad).

1. Campana de extracción de 1 mt. de largo, 50 cm. de ancho y 50 cm. de alto (ver diseño de la misma en la sección 4.4).....	Q 1,100.00
2. 1 mt. de tubo de 30 cm por 25 cm.....	Q 90.00
3. 1 mt. de tubo de 20 por 20 cm.....	Q 55.00
4. 1 codo de gajos de 20 por 20 cm.....	Q 120.00

Estos costos están dados por unidad de cada pieza y por metro lineal de tubo. Dependiendo de la necesidad de cada empresa se puede conocer

cuánto material se utiliza en total y así calcular el costo del proyecto.

Cálculo de gastos de instalación

La instalación del sistema depende de la importancia que la administración le dé al proyecto. El tiempo de instalación es un factor muy importante pues del mismo depende la mano de obra, la que puede arreglarse por día, por mes o por contrato. Este último es, obviamente, el más atinado para el proyecto pues hace que la instalación sea más eficiente, de mayor calidad y en menor tiempo. Además, es posible introducir en el contrato un punto en el que se obligue al encargado de la instalación a brindar garantía en caso de fallas o un trabajo mal hecho.

La instalación puede calcularse, con cierta holgura, en un mes y su costo en Q10, 000.00.

Dicho trabajo de instalación puede llevarse a cabo por los mismos empleados de la empresa, con ello se ahorrará en ese rubro; sin embargo, es recomendable que sea personal calificado quien lo haga y sea dirigido por el ingeniero diseñador, pues él conoce las necesidades.

Calculo de gastos de mantenimiento

En medida que el equipo trabaja, sus componentes se desgastan y, como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores.

Un programa de mantenimiento representa gastos de mano de obra, repuestos, materiales, lubricantes, etc. Debe programarse un buen mantenimiento preventivo ya que es la única manera de reducir costos.

A continuación se observa una lista de rubros y sus costos, necesarios para llevar a cabo un buen programa de mantenimiento.

Mano de obra: ésta puede ser la misma que le da mantenimiento a las instalaciones y equipo de la empresa, por lo que puede obviarse el gasto.

Repuestos.....	Q 100.00
Lubricantes.....	Q 50.00
Materiales (lámina, electrodo, etc.).....	Q 60.00
	<hr/>
TOTAL/MES.....	Q 210.00

Los cálculos son promediados mensualmente ya que, por ejemplo, se pueden necesitar repuestos un mes y el siguiente no.

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

4.1. Ergonomía del proyecto

Definitivamente el proyecto debe tener en cuenta éste aspecto, ya que el proceso de producción debe ser llevado a cabo de una manera efectiva y los trabajadores poder moverse sin dificultad, sin obstáculos en los que puedan tropezarse, golpearse la cabeza o perder de vista los objetos que maniobran.

Para este proyecto se diseñan los ductos con una altura no menor de 3 mt. y las campanas de extracción son lo más cercanas al punto de trabajo pero con una forma que permita el trabajador ver en todo momento lo que sus manos hacen.

Los ductos en sus partes verticales están lo más alejados de los lugares de trabajo unidos por medio de codos y sostenidos por la parte de arriba.

4.2. Proyecto del ducto

Es necesario, para el buen diseño de ductos, tomar en consideración factores de diseño puramente prácticos, así como económicos. Para cumplir la misión de transmitir el aire desde el punto a evacuar hasta el aparato extractor, debe proyectar dentro de ciertas limitaciones de antemano

establecidas relativas a espacio disponible, pérdidas por rozamiento, velocidad, nivel de ruido y fugas. Los sistemas pueden diseñarse con velocidades bajas y pérdidas por fricción bajas o velocidades altas y pérdidas por fricción altas.

Las velocidades bajas ahorran energía en el ventilador extractor, pero los ductos se hacen más grandes y caros, mientras con altas velocidades ocurre lo contrario.

Crterios para el diseño

- a) Los ductos deben ser lo más rectos posible.
- b) No deben haber cambios de dirección pronunciados o al menos evitarlos lo más que sea posible.
- c) Si los ductos son rectangulares no deben ser muy aplanados.

Pasos para el diseño

- a) Calcular cantidades de aire necesarios para cada ramal, salida o zona.
- b) Proyectar una ruta conveniente para obtener una distribución adecuada y tener facilidades en la instalación de los ductos.
- c) Efectuar el cálculo por cualquiera de los métodos de diseño.

d) El caudal se determina por medio de la fórmula:

$$Q = V_a \times S_a$$

Donde: Q = caudal

V_a = Velocidad de aspiración

S_a = Superficie de aspiración de la campana.

Método de diseño

Como no se conoce la necesidad específica de una empresa en particular, se dará el lineamiento mínimo para diseñar los ductos.

- a) Se inicia calculando el área transversal de los ductos, en mt cuadrados.
- b) Luego en la tabla V (ANEXO) se encuentra la longitud equivalente de cada ramal o del ducto principal.
- c) En la figura 1 (ANEXO), de doble entrada, se buscan las pérdidas de cada ducto intersectando los datos conocidos, caudal y diámetro equivalente.
- d) Por último se dimensionan los ductos de forma que las pérdidas por fricción sean constantes, aquí también se escoge o supone la velocidad a la salida del ventilador.
- e) Se diseña cada ramal para obtener la misma pérdida de presión desde el ventilador hasta la salida o se determina la presión disponible en el ventilador y se diseñan los ductos, de manera que esa presión disponible se consuma en pérdidas.

Detalles de construcción

Se debe tratar que los codos y ángulos, tengan un radio igual a dos veces el radio del ducto, si la circunstancia lo exige pueden llegar a una vez.

Se debe usar el criterio de usar codos de mayor radio cuando mayor sea la abrasividad del elemento a extraer. Los codos y los ángulos se deben hacer por segmentos, pueden llegar a ser siete para codos de radio mayor de 15 cm. y cinco para radios de hasta 15 cm, todos los segmentos deben tener el mismo desarrollo.

Las juntas longitudinales de los conductos deben estar en lo posible, recubiertas, pudiendo ser soldadas o remachadas; deben tener recubrimientos en dirección de la corriente; cuando se ejecutan las uniones con soldadura continua, las juntas deben ser a tope.

Tabla IV

Velocidades de aspiración en cubiertas sobre las zonas de producción del gas.

Método de producción	velocidad en m/min	Proceso
Formación sin movimiento apreciable	15 – 30	vaporaciones, soldadura
Formación a baja velocidad	30 – 60	sopleteado, pinturas, inspección, envasado
Formación activa	60 – 150	limpieza de cajas de las Fundiciones, molindas.

Fuete: Manual del ingeniero mecánico

A continuación se presentan los cálculos y procedimientos que se utilizan para el diseño adecuado de los distintos componentes del sistema, se toman como datos las medidas usadas para el análisis de costos solamente como ejemplo.

a) Cálculo del caudal

Usando la fórmula para el caudal mostrada en la pagina 43 tenemos:

$$Q = Sa \times Va = (0.50m) (0.5m/s) (3600 s/h) = 900 m^3 /h$$

b) Dimensionamiento y disposición

Tabla V. Velocidades de marcha en los conductos

Materiales transportados	velocidad (m/min)
Vapores, gases, humos, polvos muy finos	450 – 600
Polvos secos finos	900
Polvos industriales medianos	1,050
Partículas bastas	1,000 – 1350

Fuente: Manual del ingeniero mecánico

Entonces tomando el valor de 600 M/min y convirtiéndolo a m/seg. Se tiene que la velocidad $v = 10$ m/min. Y en función de ello podemos encontrar el diámetro del ducto.

$$S = Q/v = (0.25\text{m}^3 / \text{h}) / 0.16 \text{ m}$$

$$S = 1.5 \text{ m}$$

Luego debe acomodarse ésta área a las necesidades de espacio.

4.3. Potencia del ventilador extractor

Para determinar la potencia del ventilador extractor se necesita conocer todas las resistencias por fricción, ya que éstas deben ser vencidas por el mismo.

La velocidad de extracción es nuevamente:

$$V_a = 0.5 \text{ m/s}$$

El caudal es:

$$Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Las medidas de los tramos deben ser constantes, esto es recomendable para que sean homogéneas las pérdidas y se facilite también la instalación.

Los tramos se supondrán de 2 mt. y serán 3.

Para hayar la resistencia se usa la fórmula mostrada en la pagina 22:

$$r = aLp/S$$

$$r(\text{turbulencia}) = Lpa/S$$

$$r(\text{turbulencia}) = (2 \text{ mt}) (1.38 \times 0.006 \times 3.14) / 1.5 = 0.034$$

$$\text{Entonces } 3r = 0.1040$$

$$3 \text{ Boca de aire} = 3 \times 1.0000 = 3.0000$$

$$2 \text{ curvas suaves de } 90^\circ = 0.2 \times 2 = 0.4000$$

$$r \text{ tot} = 3.5000$$

Presión estática:

$$hs = RV / 16 = (3.5) (0.5) / 16 = 0.0546$$

$$\text{Presión estática total} = 0.164$$

Presión dinámica

$$hd = V/16 = 10 / 16 = 6.25 \text{ mm}$$

$$\text{Entonces } P \text{ tot} = hd + hs = 16.24 \text{ mm}$$

En definitiva se necesita un ventilador de $0.25 \text{ m}^3 / \text{seg}$.

Pt es 16.24 mm de columna de agua.

Potencia del ventilador

$$N = Q \times Pt / 75r$$

$$N = 0.25 \times 16.24 / (75 \times 0.6) = 0.75 \text{ HP} = \frac{3}{4} \text{ HP}$$

4.4. Diseño de la campana de succión

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, la campana puede modificarse de tal manera que su diseño sea lo más eficiente posible en la captura de los gases, esto puede hacerse si se piensa en que la campana debe estar lo más cerca posible de la fuente de la emanación; sin embargo, no debe interferir en las maniobras de los obreros.

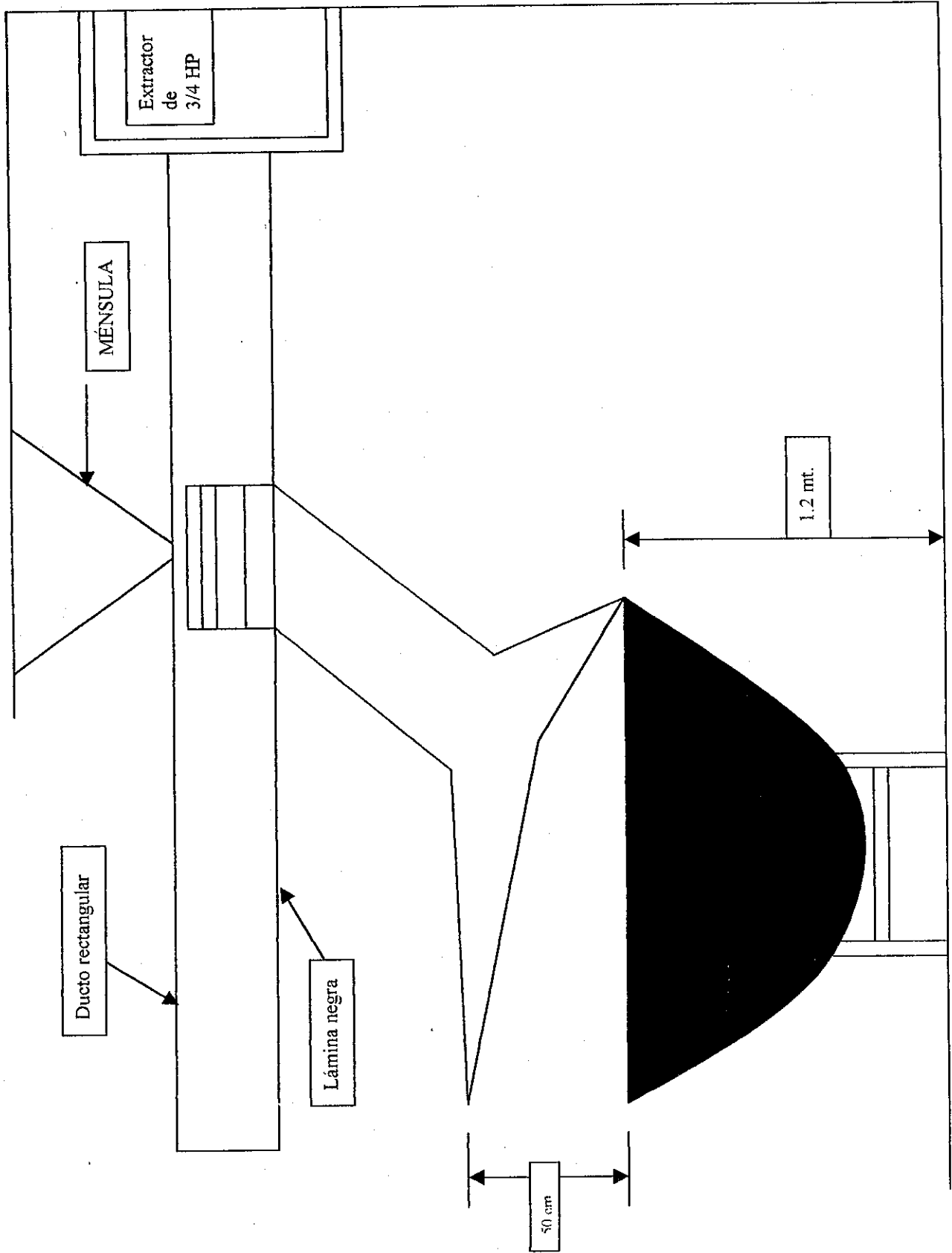
El diseño propuesto se muestra en la página 69.

4.5. Ventiladores

La implementación del sistema de extracción de emanaciones tóxicas, debe ser versátil de tal manera que al no ser lo suficientemente capaz para eliminar dichas emanaciones, permita la colocación de ventiladores en cualquiera de sus tipos, los cuales se describen en la sección 1.3.3.1. de este trabajo.

Cuando la instalación lo permite y el proceso no es muy delicado se puede usar los ventiladores de hélice ubicados en la pared, éstos no son caros por lo que no harán variar el presupuesto en forma considerable y además son de fácil instalación.

También se tienen los extractores gravitatorios de techo, los que son eficientes y muy fáciles de fabricar, trabajan con la densidad del aire caliente, el cual tiende a subir y salir por los mismos; sin embargo, es necesario colocar entradas de aire frío y limpio por otro lugar del recinto ventilado.



4.6. Eliminación de ruido y de vibración

La protección contra el ruido es preferible llevarla a cabo disminuyendo el ruido en la propia fuente, sin embargo esto no siempre es posible, por ello es que se exponen otros dos métodos.

1) En la fuente: a través de cambios de diseño o por algún procedimiento de silenciamiento.

2) Durante la transmisión del ruido: poniendo atención en la vía por la que es propagado al receptor, cuando las vibraciones y ruidos no pueden eliminarse en la fuente. El método más común es la introducción de discontinuidades elásticas utilizando fieltro, corcho, caucho, etc. y por la introducción de láminas alternadas de plomo y corcho en juntas y anclajes.

3) Por silenciamiento en la posición del receptor que se traducen en medidas de protección al trabajador. Este es el caso en donde el ruido no puede eliminarse ni en la fuente ni en la trayectoria y donde las intensidades sobrepasan los niveles de ruido (por ejemplo 90 Db en períodos de 8 horas).

La vibración es, en un sentido general, un movimiento periódico, es decir que se repite, exactamente en todos sus aspectos después de cierto intervalo de tiempo llamado periodo.

El concepto anterior nos indica que si interrumpimos el movimiento para que éste no se repita, estaremos eliminando la vibración.

Existen materiales antivibración como el corcho o el duroport, los cuales se instalan en las partes más afectadas por la vibración y no permiten que el movimiento se extienda a otros lugares del sistema.

4.7. Protección personal

Existe la necesidad de proteger a los empleados que laboran con químicos, pues hay que recordar que los mismos también afectan otras partes de su cuerpo como la piel, ojos, etc.

Como se menciona en el capítulo 2, existen accesorios de seguridad para cada parte del cuerpo y de materiales diversos, los cuales se deben escoger de acuerdo con ciertas características como: seguridad y comodidad.

Para industrias en las que se manipulan químicos es recomendable que, como mínimo, se utilicen, guantes, anteojos, mascarillas y botas, todos adecuados al tipo de químico que se utiliza. Para saber cuál es el equipo adecuado a la necesidad específica debe consultarse con los fabricantes de equipo de seguridad.

5. CONTROL Y MANTENIMIENTO

5.1. Verificación de operación del sistema

La manera más fácil de saber si el sistema de extracción sirve para el objetivo que se ha construido, es hacerlo funcionar. El equipo de extracción debe encenderse, luego verter un químico que exhale vapores y los mismos deben ser absorbidos por la campana correspondiente, se debe sentir aire limpio al respirar, ya que existe entrada del mismo por las ventanas y puertas. Como se lee en el capítulo 1, se crea una renovación forzada estática.

5.1.1. Controles antes de operar

Para estar seguros que el sistema no fallará, deben tomarse varias medidas y controlar ciertas reacciones en el equipo como:

1. Inspeccionar todo el ducto, especialmente las uniones y asegúrese que no tiene fugas.
2. Observar que el ventilador extractor no vibre fuera de lo normal, si lo hace apáguelo rápidamente.
3. Observar que los filtros no estén obstruidos por pelusas, si es así límpielos antes de arrancar el ventilador extractor.

4. Comprobar que haya un lugar por donde ingrese aire limpio al recinto, de lo contrario se creará un vacío muy peligroso.
5. Asegurarse que las chumaceras y flechas estén bien alineadas y montadas.
6. El rotor deberá estar montado en la correcta dirección para que succione en lugar de soplar.

5.1.2. Controles en operación

1. Observar que ninguna parte del sistema se sobrecaliente.
2. Asegurarse que no existen fugas de aceite en el equipo.
3. Asegurarse de que no existe olor a la emanación despedida por el químico manipulado.
4. Observar si existe goteo de agua en algún lugar del sistema.
5. Comprobar que los empleados usen correctamente su equipo de protección personal.
6. Asegurarse que la ergonomía del sistema cumple con los requisitos de seguridad tratados en el proyecto.

5.2. Mantenimiento programado

Según la definición de mantenimiento, este consiste en la actividad necesaria para mantener una instalación en las mismas condiciones en que se encontraba cuando se construyó.

Todo equipo físico es susceptible de fallar y de descomponerse, de deteriorarse debido al uso y al tiempo y de llegar a la obsolescencia debido a los avances de la tecnología.

Existen dos formas de dividir el mantenimiento: reactivo y proactivo.

El mantenimiento reactivo incluye:

- **Mantenimiento en caso de descompostura.** El equipo se repara cuando existe alguna descompostura.
- **Mantenimiento condicional o indicativo.** Puede basarse en la aplicación de las técnicas de inspección modernas para detectar problemas en sus etapas iniciales; con frecuencia, se basa en el conocimiento intuitivo que los obreros experimentados tienen sobre un problema potencial y del programa de aprendizaje efectivo.

El mantenimiento proactivo incluye:

- **Mantenimiento preventivo.** Este se realiza con base en un calendario regular e incluye mantenimiento de rutina, limpieza completa y calibrado. Asimismo puede incluir inspecciones programadas del equipo de la planta fin de descubrir y remediar situaciones que podrían provocar fallas

prematuras, pérdida de producción y daños en el equipo. Este tipo de mantenimiento puede ser de particular importancia en analizadores, alarmas y sistemas de alerta, la cual puede funcionar solo de manera ocasional y funcionar mal en los momentos más inconvenientes.

- **Mantenimiento predictivo o de confiabilidad.** A diferencia del mantenimiento preventivo, que parte de la premisa de que el comportamiento del equipo y de la máquina sigue cierto promedio estadístico, el mantenimiento predictivo monitorea de manera muy precisa el desempeño de cada máquina en su entorno de operación real y dirige el mantenimiento hacia un momento preestablecido de acuerdo con el desempeño anterior del equipo en la unidad. Emplear los datos de inspección permite predecir cuándo fallará el equipo y el momento oportuno del mantenimiento correctivo de modo que se eviten problemas más serios, también permitirá determinar cuál es la causa principal.

Una categoría adicional del mantenimiento es

- **Mantenimiento para el crecimiento.** Se diferencia de la definición normal en que la meta no es que el sistema recupere el mismo nivel que cuando se construyó, sino que alcance un nivel superior a los estándares originales de la unidad cuando se construyó.

5.2.1. Mantenimiento de ductos

- 1) Revise periódicamente que los ductos estén limpios.
- 2) Asegúrese que las unidades estén bien soldadas y recuerde que las mismas pueden erosionarse debido al paso del viento, así que es necesario resoldar en puntos como codos, etc.
- 3) Con el paso del tiempo el peso muerto de los ductos puede ocasionar que se venzan las columnas o soportes, por ello hay que revisar estas características de diseño y su posterior mantenimiento.

5.2.2. Mantenimiento de ventiladores

- 1) La corrosión originada por la humedad se puede controlar con pintura de buena calidad, la que provenga de otros elementos debe tratarse sobre una base como es la construcción de ventiladores plásticos.
- 2) Compruebe que el nivel de lubricación esté en el punto recomendado por el fabricante y compruebe que no haya escurrimiento.
- 3) Debe controlarse la temperatura de las chumaceras comparándolas con las especificaciones de fabricación.
- 4) Es necesario revisar y apretar todos los tornillos fijos y todas las uniones atornilladas o remachadas comprobando su apretadura particularmente en chumaceras, coples, base del motor y cimentaciones.

- 5) Revisar la tensión en las bandas de transmisión.
- 6) Observar la condición general de la unidad de extracción, observándose si está sucio especialmente dentro de la envolvente y el rotor.
- 7) Después de hacer una reparación y de efectuar un arranque inicial es conveniente observar:
 - (a) Que debe arrancarse con carga ligera de ser posible.
 - (b) Que el ventilador debe pararse inmediatamente si se produce ruido o vibraciones extrañas y deben encontrarse las causas y corregirse, ya que una vibración excesiva puede dañar las chumaceras, las flechas o el ventilador completo. Sin embargo, no debe haber preocupación por una vibración pequeña ya que es cosa inherente a un ventilador.
- 8) Existen problemas característicos en el sistema de ventilación, como:
 - (a) Mala alineación de las chumaceras, coples, rotor o transmisión por banda en V.
 - (b) Materiales extraños sobre el rotor que causan desbalanceamiento.
 - (c) Chumaceras desgastadas.
 - (d) Rotor y motor dañados.
 - (e) Pernos y tornillos fijos, rotos o sueltos.

- (f) Coples desgastados.
- (g) El motor entrega más de la capacidad nominal
- (h) Ventilador gira en dirección errónea.
- (i) Gravedad específica o densidad del gas arriba del valor de diseño.

5.2.3. Mantenimiento de extractores

El mantenimiento de ventiladores extractores es igual al de cualquier ventilador, sin embargo, ya que en este caso pasarán por el mismo emanaciones altamente corrosivas, debe cuidarse y protegerse por medio de filtros de carbón activado.

- a) Por otro lado, debe limpiarse las aspas del extractor con regularidad, con líquidos especiales para quitar residuos químicos.
- b) Periódicamente debe quitarse la pelusa y la suciedad de los componentes del ventilador extractor.

- c) Debe limpiarse el rotor del ventilador dirigiendo un chorro de agua a presión entre las aletas, usando un gancho de alambre se quita cualquier materia extraña que esté pegada en las aletas.
- d) Deben lubricarse las chumaceras del ventilador y del rotor.

5.2.4. Mantenimiento de filtros

Algunos filtros pueden ser desarmados y limpiados en sus partes más importantes; sin embargo, la mayoría son desechables y solo necesitan ser cambiados con regularidad. Además no es recomendable reusarlos pues se expone a todo el equipo a fallas si el filtro ya no funciona correctamente.

5.2.5. Mantenimiento de instalaciones

1. El piso del recinto de trabajo debe limpiarse constantemente, evitando que existan sustancias con que puedan resbalarse los trabajadores.
2. Las paredes deben estar pintadas con colores claros y con pinturas de base anticorrosiva.
3. Verifíquese que los drenajes dentro del recinto estén en buen estado.
4. Revísese las tuberías y ductos de agua potable, para que el líquido fluya constante y limpiamente.
5. Revise las ventanas y accesos de aire fresco.

6. SEGUIMIENTO Y MEJORAS

6.1. Posibles cambios a futuro

Toda empresa debe tener en cuenta que existe la posibilidad de cambio, ya sea a corto, mediano o largo alcance. A continuación se enumeran las situaciones que pueden darse y sus consecuencias.

6.1.1. Cambios que pueden surgir en el futuro

El proyectista debe tomar en cuenta los cambios que la empresa necesite llevar a cabo en el futuro, ya sea por ampliación de instalaciones, por cambios en el producto, remodelación del edificio industrial, etc. Muchos de estos cambios pueden dar lugar a una reconstrucción o, algunas veces al rediseño y construcción total del sistema de extracción. En otras palabras, existen casos en los que el sistema puede rescatarse e incluso mejorarse y los costos pueden reducirse pues no se necesitará cambiarlo por completo.

A continuación se profundiza en algunos cambios que la empresa puede llevar a cabo en el futuro y que el ingeniero proyectista debe tomar en cuenta.

6.1.1.1. Ampliación de las instalaciones

En caso de que las instalaciones deban ampliarse por alguna causa, es necesario observar si el ventilador extractor posee potencia para seguirlo utilizando aun cuando se extiendan o agreguen ramificaciones de ducto, de no ser así posiblemente sea necesario agregar otro extractor igual o comprar uno con mayor capacidad.

Debe, también, considerarse los casos en que las instalaciones se amplían, pero el proceso para el cual se diseñó el sistema de extracción, no. Con ello puede aprovecharse para tratar de mejorar el sistema y aumentar su eficiencia.

6.1.1.2. Reestructuración y remodelación de la nave industrial

La reestructuración o remodelación de las instalaciones puede obedecer a varias razones como

- a) Mejorar la imagen de la empresa.
- b) Solucionar problemas de ergonomía o comodidad para el personal.
- c) Aumento de producción.
- d) Introducción de otros productos.
- e) Otros.

En los casos mencionados lo mejor es cambiar el sistema de extracción, o puede reestructurarse el edificio tratando de que éste no dañe el funcionamiento del mismo.

En el caso de aumento de producción y por ello debe remodelarse el edificio, sí será necesario el cambio del sistema en su totalidad pues aumentarán los gases y por ello se necesitará un extractor más potente, más campanas y más ductos o ramales.

6.1.1.3. Utilización de sustancias químicas nuevas

Debido a que el sistema de extracción ha sido diseñado para determinadas emanaciones, es posible que las nuevas sustancias despidan otros vapores para los que deba usarse filtros especiales, lámina anticorrosión o proteger el ventilador con algún tipo de recubrimiento plástico, etc. Por todo ello, el sistema deberá sufrir algunos o muchos cambios.

6.1.1.4. Modernización del proceso de producción

En el caso de procesos que incluyen la manipulación de químicos, es recomendable tratar de eliminar los que sean tóxicos por otras opciones que sean menos peligrosas.

El hecho de mejorar la eficiencia de un proceso de producción puede reducir en forma drástica la producción de emanaciones desde su origen. De hecho, algunas de las técnicas más económicas para reducir las emanaciones son modificaciones sencillas y más o menos baratas de los procesos de producción. Las técnicas disponibles incluyen:

- Mejora de los procesos de operación y mantenimiento actuales.
- Modificación de los materiales utilizados en la producción.
- Modificación del equipo (extractor, etc.) o la adquisición de uno más eficiente y económico.

6.1.2. Posibles mejoras en el sistema

Al mejorar el sistema, no sólo se debe incluir el de extracción de emanaciones tóxicas, y al mismo tiempo, de avanzar en la seguridad del trabajador, limpieza del medio ambiente y mejoras en la producción y en el producto.

De esa cuenta debe ponerse especial empeño en sustituir los químicos peligrosos por otros productos que existen en el mercado, que pueden cumplir con la misma función y su reacción sea benigna. De la misma forma deben realizarse esfuerzos para eliminar o reducir las cantidades de la escala para los procedimientos de laboratorios que empleen productos químicos que puedan ser reactivos o explosivos, solventes oleagenados o metales pesados como el arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio, selenio y plata. La tabla VI muestra algunos productos sustitutos para químicos peligrosos utilizados en la industria.

TABLA No. VI. Sustitutos posibles de los productos químicos peligrosos

Procedimiento	Producto químico peligroso	Sustituto
Limpieza de material de vidrio	Soluciones de ácido crómico-sulfúrico	Detergentes enzimáticos
Prueba de calidad para iones de haluro	Tetracloruro de carbono	Ciclohexano
Síntesis orgánica	Ion cromato	Ion hipoclorito
Prueba de calidad para metales pesados	Ion sulfuro	Ion hidróxido
Medición de presión de Vapor-temperatura mediante un isotensiscopio	Tetracloruro de carbono	Alcohol isopropílico
Determinación del peso molecular mediante método de disminución del punto de congelación	Benceno	Ciclohexano
Temperatura	Termómetros de mercurio	Termómetro de líquido rojo
Almacenamiento de conservador muestras biológicas	Formaldehído	Etanol u otro
Síntesis orgánica, etc.	Éter etílico	Éter t-butilmetílico
Cambio de fase y depresión del punto de congelación	Acetamida	Ácido esteárico

Fuente: Manual de prevención de la contaminación industrial.

6.1.3. Qué hacer en caso de daños y deterioros en el sistema de evacuación

Ya se ha escrito sobre el mantenimiento del equipo, sin embargo, el mismo es preventivo y no de averías. A continuación se describe brevemente lo que se puede hacer en caso de dañarse las distintas y más importantes partes del sistema.

6.1.3.1. Desperfectos en el ventilador de tiro inducido

Cuando el ventilador extractor se descompone debe destaparse y la caja protectora y observar:

- Si hay algo atascado entre las aspas, limpiarlo y destrabarlo.
- Si el rotor está trabado, puede ser que haya fallado el cojinete interior, en este caso debe cambiarse el mismo.
- También puede darse el caso de que el ventilador no tenga corriente, en cuyo caso debe examinarse su sistema eléctrico y su conexión al motor.
- Debe también observarse que el extractor esté en un lugar que permita su libre funcionamiento, o bien que la pared esté debidamente construida.

6.1.3.2. Daños en los ductos

Los ductos pueden sufrir daños con el tiempo, su función de transportar los gases movidos por el aire, puede degenerarse dando lugar a que los mismos escapen por agujeros, regresen al lugar de trabajo, etc.

Los daños más comunes pueden ser causados por la erosión debida al viento y por partículas que el mismo arrastra, esta erosión se da con mayor frecuencia en las juntas soldadas de los codos o las uniones de tubo con tubo. Cuando se detectan estas imperfecciones debe apagarse el sistema en un día en que no haya producción y resoldar todas las uniones, no solo los puntos en los que hay agujeros, ya que si existe un agujero lo más seguro es que toda la soldadura esté ya gastada.

6.1.3.3. Daños en las campanas de extracción

Las campanas de extracción pueden sufrir daños de cualquier tipo:

- Por erosión
- Por desunión de los gajos
- Por estar más cerca de los químicos puede ser atacada por la corrosión más fácilmente

Las uniones de los gajos de la campana pueden resoldarse aprovechando el trabajo del mismo tipo que se lleva a cabo sobre los ductos. Por otro lado existen en el mercado líquidos especiales para limpiar el óxido de los metales, los cuales pueden utilizarse para remover el mismo de la superficie de las campanas.

CONCLUSIONES

1. En Guatemala urge una reglamentación seria sobre seguridad industrial, ya que sólo en algunas empresas se utilizan reglamentos internacionales que no cumplen con lo requerido para Guatemala.
2. Además de solucionar el problema de la inhalación de emisiones tóxicas es necesario capacitar y dotar de equipo de protección personal a los trabajadores para evitar las otras dos formas de intoxicación: contacto e ingestión.
3. Lo más adecuado para una empresa típica es la instalación de un sistema de extracción local para solucionar el problema de las emanaciones tóxicas.
4. El equipo y material con que se construirá el sistema de extracción deberá ser seleccionado con sumo cuidado y por profesionales del ramo, también deben tomarse en cuenta los factores económicos y ergonómicos.
5. El mantenimiento del sistema debe ser seguido de una forma estricta para que éste último tenga durabilidad y sea eficaz. Entre mejor y mayor sea su vida útil menores serán los gastos de construcción, instalación y de operación del sistema.
6. Es preciso analizar los cambios que a futuro puede tener la empresa o su proceso, para evitar gastos de ampliación o capacidad del sistema en un lapso corto.

7. La decisión de implementar el sistema de extracción de emanaciones tóxicas debe, como todos los proyectos de la empresa, estar respaldada por la gerencia de la misma la que tiene que saber que la inversión es beneficiosa a corto mediano y largo plazo.
8. El estudio financiero debe llevarse a cabo desde el ángulo cualitativo del proyecto, pues el mismo no generará beneficios económicos fáciles de identificar para la gerencia, más bien proporcionará beneficios en la salud, productividad y comodidad de los trabajadores.
9. La construcción del sistema debe basarse únicamente en la ergonomía de las instalaciones, cálculos y criterio del proyectista. No existe ninguna receta para llevar a cabo ningún diseño y es responsabilidad de aquel hacer las pruebas para que el proyecto resulte satisfactorio para los propósitos para los que fue diseñado.

RECOMENDACIONES

1. Si el químico utilizado es demasiado fuerte, es deseable utilizar el equipo individual de protección y, al mismo tiempo, el sistema de extracción. Si no es muy fuerte, siempre debe usarse guantes y mascarilla.
2. Los supervisores deben informar a los gerentes de empresas sobre la situación que se vive en las áreas de trabajo y hacerles ver que al dar seguridad y comodidad al empleado se asegura mayor producción y trabajadores más satisfechos.
3. Debe darse el mantenimiento a toda la unidad en días u horas que no se labora. Jamás debe apagarse el sistema si se está trabajando con químicos.
4. Al diseñar estos sistemas deberá calcularse la capacidad para extraer lo que se desea, sin pasarse, ya que de ser así puede causar turbulencias y arrastrar otros materiales o productos.
5. Debe capacitarse a los trabajadores sobre seguridad industrial: uso de químicos, herramientas, primeros auxilios y equipo personal de protección.
6. Debe utilizarse, siempre que sea posible, extractores de techo junto con el sistema de extracción local, ya que los mismos permitirán entrada de aire limpio y fresco a las salas de trabajo y un permanente cambio de ambiente para bienestar de los trabajadores.


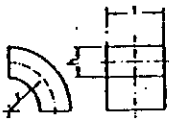
7. Es recomendable para el ingeniero proyectista, que se tomen pruebas cuando el diseño está a mitad de camino para conocer las variaciones que puede sufrir el ambiente para el cual se está creando y no tener sorpresas a la hora de finalizarlo.
8. En Guatemala, las empresas pueden recurrir a Organizaciones como los bomberos voluntarios, el INTECAP, el IGSS y otros, para que sus empleados reciban capacitación y lineamientos sobre seguridad en el trabajo.
9. En las áreas de trabajo donde se manipulan químicos, debe tenerse extinguidores en perfecto estado y en lugares visibles, los trabajadores deben saber utilizarlos y conocer de antemano su ubicación, para poder con facilidad apagar un siniestro en caso de que éste se presente.
10. Las mejoras al sistema deben ser tomadas en cuenta en el proyecto, pues existe la posibilidad de cambios en el futuro y de no hacerse deberá proyectarse de nuevo todo desde cero, con los respectivos costos y el tiempo perdido.

BIBLIOGRAFÍA

1. Oficina Internacional del Trabajo OIT. **Control de riesgos de accidentes mayores..** México: Editorial Alfaomega. 1997.
2. CARNICER Royo, Enrique. **Ventilación Industrial.** 2da. reimp. Madrid: Editorial Paraninfo. 1996.
3. FREEMAN M., Harry. **Manual de prevención de la contaminación Industrial..** México: Editorial Mcgraw-Hill. 1998.
4. Ingeniería del Diseño Medioambiental. **Desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes.** México: Edictorial: McGraw-Hill. 1996.
5. LADOU, Joseph. **Medicina laboral.** México: El manual moderno. 1995.
6. WARDEN, Richard A. **Contaminación del aire en interiores.** 4ta ed. México: Editorial Limusa. 1997.

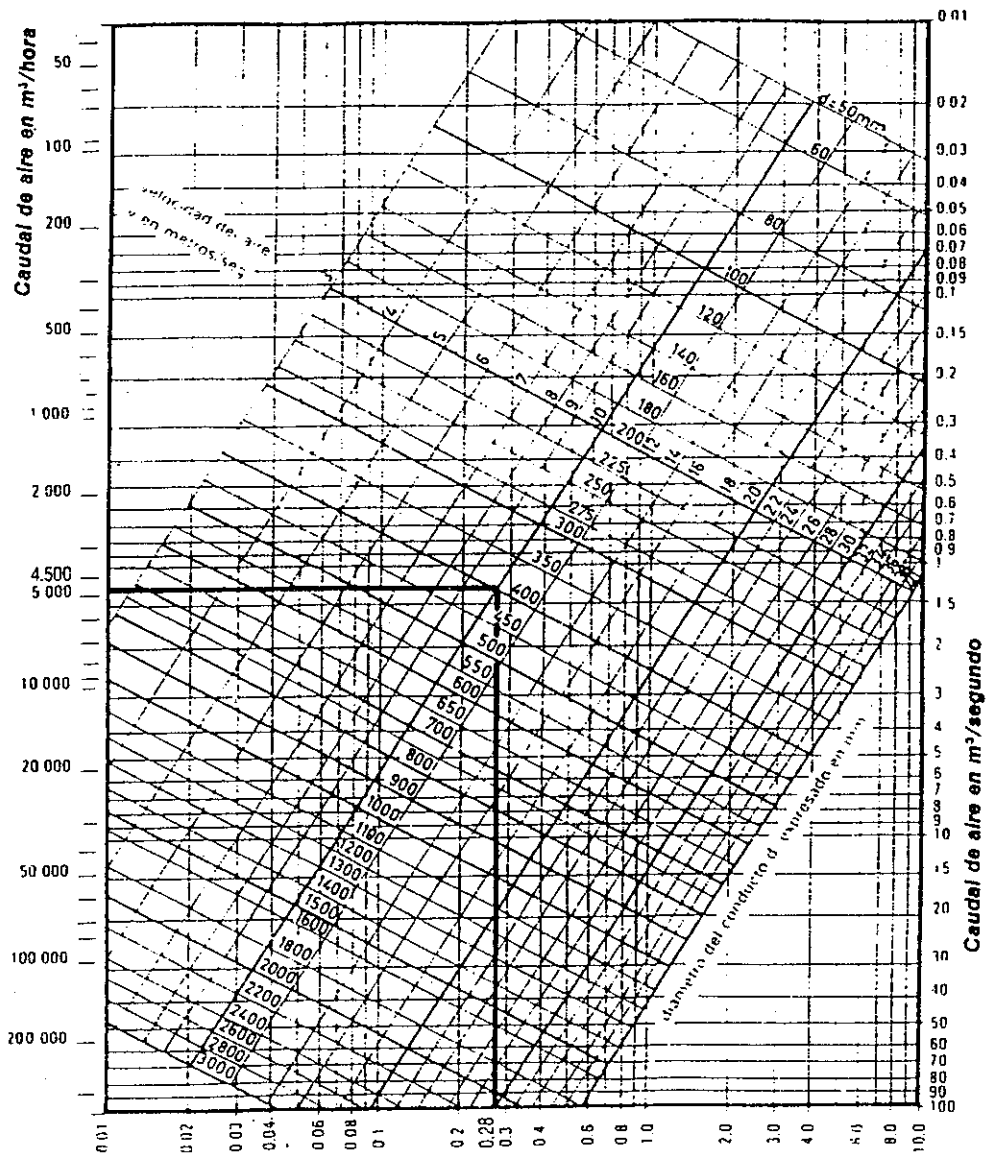
ANEXO

**Longitud en metros de tramo recto de conducción, equivalente a las
pérdidas de carga de diversos accesorios**

Elemento		Ø conducto o cota h, en milímetros														
		75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800		
CODOS		$r = d$	1,3	1,7	2,5	3,4	4,3	5,1	6	6,8	7,6	8,5	10	12	13,5	
		$r = 1,5 d$	0,9	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,4	6	7,2	8,4	9,6	
		$r = 2 d$	0,7	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	
		$\frac{l}{h} = 0,25$	$r = 0,5 h$	1,9	2,5	3,7	5	6,3	7,5	8,8	10	11	12,5	15	17,5	20
			$r = h$	0,5	0,7	1	1,4	1,7	2,1	2,5	2,8	3,2	3,5	4,2	4,9	5,6
			$r = 1,5 h$	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,2
		$\frac{l}{h} = 0,5$	$r = 0,5 h$	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32
			$r = h$	0,6	0,9	1,4	1,8	2,2	2,7	3,2	3,6	4,1	4,5	5,4	6,3	7,2
			$r = 1,5 h$	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,2
		$\frac{l}{h} = 1$	$r = 0,5 h$	3,7	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	30	35	40
			$r = h$	0,8	1	1,6	2,2	2,7	3,3	3,9	4,4	5	5,5	6,6	7,7	8,8
			$r = 1,5 h$	0,4	0,5	0,7	0,9	1	1,4	1,6	1,8	2	2,3	2,7	3,2	3,6
	$\frac{l}{h} = 4$	$r = 0,5 h$	5	6,5	10	13	16	20	23	26	29	33	39	46	52	
		$r = h$	1,3	1,7	2,6	3,4	4,3	5,1	6	6,8	7,7	8,5	10	12	13,5	
		$r = 1,5 h$	0,5	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,6	4,2	4,8	

Fuente: Manual del ingeniero mecanico

Diagrama para el cálculo de conductos circulares



Pérdidas de carga en mm. de c.d.a. por cada metro de longitud de conducto

Fuente: Manual del ingeniero mecánico.