

59
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**METODOLOGIA PARA LA REALIZACION DE
AUDITORIAS AMBIENTALES EN PLANTAS
INDUSTRIALES**

TESIS MANCOMUNADA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N :
ISELA LOPEZ RIVERA
JORGE CASERO GORDON

MEXICO, D. F.

1991

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL

	INTRODUCCION	1
I	EVOLUCION HISTORICA DE LA INGENIERIA AMBIENTAL EN MEXICO	8
	1.1. Evolución histórica	8
	1.2. Evolución de la Ingeniería Ambiental en Mexico	13
II	BASES LEGALES DE LA INGENIERIA AMBIENTAL EN MEXICO	17
	2.1. Ordenamientos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	17
	2.2. Ordenamientos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	19
	2.3. Reglamentos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	30
	2.4. Normas Oficiales Mexicanas	35
	2.4.1. Objetivos y principios de las normas	37
	2.4.2. Clasificación de las Normas Oficiales Mexicanas	38
	2.4.3. Formato de las Normas Oficiales Mexicanas	39

2.4.4	Normas Oficiales Mexicanas vigentes en el área de la Contaminación Ambiental	41
2.5	Normas Técnicas Ecológicas	50
2.5.1.	Normas Técnicas Ecológicas vigentes en el área de la Contaminación Ambiental originada por emisiones gaseosas	52
III	DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CONTAMINANTES	77
3.1	Definición de Emisión y Contaminante	77
3.2	Clasificación de los contaminantes atmosféricos	77
3.3	Principales fuentes de emisiones contaminantes	85
3.4	Principales fuentes contaminantes	86
IV	EQUIPOS DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA PARA PROCESOS INDUSTRIALES	95
4.1.	Principios básicos de los equipos de control	95
4.2.	Equipos de control de partículas	98
4.2.1.	Colectores mecánicos	99
4.2.2.	Precipitadores electrostáticos	108
4.2.3.	Filtración en seco	114
4.2.4.	Lavadores	120
4.3.	Equipos de control de gases y vapores	131
4.3.1.	Equipos de absorción	131
4.3.2.	Equipos de adsorción	136
4.3.3.	Combustión	139
4.3.4.	Otros controles para contaminantes gaseosos	145

V	SELECCION DEL EQUIPO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA	148
5.1.	Principales factores que influyen en la selección	148
5.2	Procedimiento general de diseño y selección de equipos de control	151
5.3	Comparación de alternativas de equipos de control	153
5.3.1.	Ventajas y desventajas de los ciclones	155
5.3.2.	Ventajas y desventajas de los equipos lavadores	156
5.3.3.	Ventajas y desventajas de los precipitadores electrostáticos	157
5.3.4.	Ventajas y desventajas de los filtros de bolsa	159
5.3.5.	Ventajas y desventajas de los sistemas de absorción (torres espacadas y de platos)	161
5.3.6.	Ventajas y desventajas de los sistemas de adsorción	163
5.3.7.	Ventajas y desventajas de los sistemas de combustión	164
5.3.8.	Ventajas y desventajas de los condensadores	165
VI	CONCEPTO DE AUDITORIA	167
6.1.	Antecedentes	167
6.2.	Tipos de auditorías	168
6.3.	Auditoría Técnica	171

VII	METODOLOGIA PARA LA REALIZACION DE AUDITORIAS AMBIENTALES	173
7.1.	Planificación de una auditoría	177
7.2.	Manual de auditoría	178
	7.2.1. Introducción del manual de auditoría	180
	7.2.2. Cuestionario pre-visita	181
	7.2.3. Cuestionarios de la auditoría	182
7.3.	Realización de la auditoría	184
	7.3.1. Actividades pre-auditoría	188
	7.3.2. Conduciendo la auditoría	189
7.4.	Informe de la auditoría	192
7.5.	Acciones de orden correctivo	194
7.6.	Elementos clave para un programa de auditoría exitoso	196
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	198
	ANEXO 1	202
	ANEXO 2	204
	BIBLIOGRAFIA	214

INTRODUCCION

Debido al creciente desarrollo industrial que se está sucediendo en el mundo, la contaminación ambiental se ha ido incrementando en proporciones similares, tal es el caso del Valle de México y de otras zonas del país.

La contaminación atmosférica en el Valle de México, ha alcanzado niveles tan elevados, que requiere de la aplicación de todos los recursos disponibles para lograr, primero detener su tendencia al empeoramiento y posteriormente, aplicar medidas que la reduzcan en forma considerable. Esta contaminación se debe al ruido, a las emisiones de polvos, de humos y de gases provenientes de fuentes naturales, de fuentes fijas (industriales y comerciales) y de fuentes móviles (vehículos automotores).

Los contaminantes del aire, como resultado del manejo y combustión de hidrocarburos, son los siguientes: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), material particulado, óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos no quemados. La importancia de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno radica en que, con ayuda de la luz del Sol, se combinan

produciendo ozono, el cual es un oxidante muy eficaz.

El dióxido de azufre reacciona con el ozono formando sulfatos. Estos (como los nitratos) reaccionan con la humedad del ambiente, para constituir los ácidos correspondientes. Antes de precipitarse como lluvia ácida, se forma un aerosol constituido por gotitas muy pequeñas capaces de dispersar la luz, y por lo tanto de disminuir la visibilidad. El decremento de ésta es uno de los rasgos más característicos de la contaminación atmosférica. Ese decremento también puede deberse a las partículas sólidas arrastradas por el viento, o a las formadas en la combustión del azufre en el diesel. La niebla, por exceso de humedad, también contribuye a la dispersión de la luz. Es esta especie de nube, de mal aspecto, a la que se le llama "smog".

En 1988 se estimó que el 95% del dióxido de azufre emitido a la atmósfera proviene de fuentes fijas y el 98% del monóxido de carbono, de fuentes móviles. Los óxidos de nitrógeno son emitidos en un 80% por fuentes móviles y el resto por fuentes fijas. Del total diario de dióxido de azufre emitido por fuentes fijas, el 4% lo genera la refinería "18 de marzo", el 39% las dos termoeléctricas y el 57% la industria en general. El contaminante que aparece con mayor frecuencia es el ozono, el cual se forma a partir de los hidrocarburos y de los óxidos de nitrógeno.

Normalmente la temperatura decrece cuando la altitud aumenta; pero algunas veces, en lugar de decrecer con la altitud, la temperatura del aire aumenta, dentro de un cierto límite; es lo que se llama inversión térmica. El problema que existe cuando la temperatura crece con la altura es que no hay corrientes de convección que tiendan a mezclar el aire. Este no tiende a subir, porque la capa superior está más caliente, y por lo tanto, es menos densa.

En 1985, se empezaron a difundir las mediciones de la calidad del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, a través del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). Este expresa en un lenguaje sencillo, de fácil comprensión, pero de manera objetiva, los niveles de concentración de contaminantes a los cuales está expuesta la población asentada en la zona.

Para obtener el Índice IMECA se calculan seis subíndices relacionados con las concentraciones de cinco contaminantes (monóxido de carbono, ozono, bióxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales y bióxido de azufre) y el producto sinérgico bióxido de azufre y partículas suspendidas totales; de estos seis subíndices se selecciona el que presente un valor máximo en el IMECA, con el cual se definen la calidad del aire y el contaminante principal.

Los niveles del índice INECA varían en una escala de 0 - 500 de la siguiente forma:

INECA		Calidad del Aire
0 - 50	Buena	Situación muy favorable para la realización de todo tipo de actividades físicas.
51 - 100	Satisfactoria	Situación favorable para todo tipo de actividades.
101 - 200	No satisf.	Aparición de molestias menores en personas sensibles.
201 - 300	Mala	Aumento de molestias e intolerancia relativa al ejercicio en personas con padecimientos respiratorios y cardiovasculares; aparición de ligeras molestias en la población.
301 - 500	Muy mala	Aparición de diversos síntomas e intolerancia al ejercicio en la población sana.
> 500	Peligroso	Peligro potencial para toda la población.

El índice INECA se basa en las normas de calidad del aire. Estas normas establecen las concentraciones máximas de ciertos contaminantes a las que, de acuerdo con la experiencia nacional e internacional, se puede garantizar la no afectación a la salud. Las normas de calidad del aire en México expresan las concentraciones máximas permisibles de aquellos contaminantes para los que ya existen criterios de afectación a los seres vivos en períodos específicos de

exposición, como son el dióxido de azufre, el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno, las partículas suspendidas totales y el ozono.

Con base en lo anterior, en la escala del INECA, el valor 100 corresponde a la norma de calidad del aire y 500, el valor máximo, representa la concentración a la cual existen evidencias de la ocurrencia de efectos significativos en la salud de los seres humanos. Entre el 100 y el 500 se definieron tres puntos más para indicar el efecto de los contaminantes a diferentes grados de exposición.

Por tal razón en los últimos años, la emisión de una nueva legislación acerca del control de la calidad del medio ambiente en nuestro país, así como el establecimiento de programas de prevención y control de contaminantes atmosféricos, han hecho necesario el asegurar el cumplimiento adecuado de tales disposiciones por parte de instalaciones industriales. Por lo cual, una herramienta que puede ser útil en dicho cumplimiento lo constituye una auditoría ambiental, ya que, puede ayudar a detectar deficiencias que necesiten ser corregidas, trayendo consigo beneficios, sobre todo de carácter económico, que cobran mayor peso cuando se presenta el riesgo de inversiones o sanciones considerables.

Las auditorías ambientales deberán ser planeadas de la

misma forma en la cual se realizan otro tipo de auditorías de carácter técnico. Una auditoría ambiental puede llevarse a cabo por una serie de razones, siendo estas, principalmente el asegurar el cumplimiento de las legislaciones existentes; el definir la responsabilidad de una empresa y sus condiciones de operación actuales y potenciales, el investigar acerca de la adquisición de algún equipo de control o instalación; el detectar el destino de fondos invertidos en algún dispositivo de control, para entrenamiento del personal, etc. Con base en estos aspectos se pueden proporcionar métodos para corregir alguna deficiencia detectada.

Así mismo, las auditorías ambientales pueden ofrecer beneficios significativos para una empresa que implemente un programa de este tipo, siendo tales el adecuado cumplimiento de las disposiciones legales y una mejor imagen pública entre otros beneficios.

Este trabajo se ha desarrollado teniendo como principal objetivo el proporcionar una guía que ayude en el reconocimiento de los problemas ambientales a nivel industrial, así como de las causas que los originan; de tal forma que se planteen las soluciones adecuadas a cada uno de ellos, con el fin de ayudar en el mejoramiento del medio ambiente.

Inicialmente se aborda el marco histórico de la Ingeniería Ambiental en México. En seguida se realiza un análisis respecto al marco legal existente en materia de contaminación ambiental con énfasis en la contaminación atmosférica; en este marco legal deberán sujetarse las diferentes actividades e instalaciones industriales, puntualizando que éste es el punto de partida para el desarrollo de las revisiones descritas con anterioridad.

De igual manera se realiza una descripción de los diferentes equipos de control existentes en la actualidad respecto de la contaminación atmosférica industrial; así como los factores que influyen en la selección de cada uno de ellos.

Posteriormente se hace referencia al concepto de auditoría; su concepción tradicional, así como la adopción y adecuación de este concepto en la revisión de aspectos de naturaleza netamente técnicos.

Finalmente se presenta el esquema a seguir para adecuar la metodología de realización de las auditorías ambientales en el marco de la contaminación atmosférica; con lo cual se pretende proporcionar un instrumento de revisión de gran utilidad, por lo que a estas áreas se refiere.

CAPITULO I

EVOLUCION HISTORICA DE LA INGENIERIA AMBIENTAL EN MEXICO

1.1. EVOLUCION HISTORICA

La contaminación del aire empezó a ser reconocida como un serio problema durante el reinado de Eduardo I (1272-1307) en el Reino Unido cuando fue editada una proclamación Real la cual prohibió el uso de carbón en hornos abiertos. La pena por violar ésta orden era una llamada de atención para el primer incumplimiento y la demolición del horno para el segundo. El segundo incumplimiento (considerando que se contaba con otro horno) era la pena de muerte.

En los siglos siguientes disminuyó la atención hacia el control de la contaminación del aire. sin embargo gracias al esfuerzo de muchas personas incluyendo la gaceta de Londres, la cual, en 1861, publicó el primer reporte escrito sobre la contaminación del aire intitulado "Fumifugium or the Aer and Smoake of London Dissipated", pero a pesar de esto, no fue sino hasta el siglo XIX en el que el gobierno de ese país empezó a tratar de restringir la contaminación del aire.

El primer paso fue tomado en 1819 cuando el Parlamento creó un Comité para investigar cómo la operación de las

maquinas de vapor y los hornos podían ser menos perjudiciales para la salud del público. Esto se originó a causa del desarrollo iniciado con la Revolución Industrial.

El acercamiento real al control de la contaminación del aire en el Reino Unido empezó con el "Alkali Act" de 1863. En este tiempo el peor efecto de la contaminación del aire se centraba alrededor de las plantas industriales fabricantes de álcalis, sulfato de sodio o de potasio. El acta exigía que el 95% de las emisiones "ofensivas" fueran retenidas y el resto se diluyeran antes de ser liberadas a la atmósfera. Apegándose a los lineamientos de esta Acta, las emisiones ácidas de las plantas de álcalis fueron dramáticamente reducidas de una proporción de 14,000 a tan sólo 45 toneladas anuales.

Una segunda "Alkali Act" fue publicada en 1874 la cual exigía a los industriales "los medios más prácticos" para atacar los problemas de la contaminación ambiental.

El "Alkali Act" intentó controlar la contaminación de las industrias, las cuales eran asociadas con una lista de gases nocivos y ofensivos de acuerdo al proceso empleado.

Las regulaciones del Acta eran administradas por un Inspectorado Nacional del Alkali. Este Inspectorado fue

severamente criticado debido a que existieron muy pocas seguimientos de industrias que debían acatar las disposiciones por las cuales fue creado dicho Inspectorado. Por ejemplo, entre 1920 y 1967 hubo únicamente 3 seguimientos y entre 1970 y 1975 se sucedieron tan sólo 20 de ellas.

El desarrollo del Control de la Contaminación del Aire en la Gran Bretaña fue fuertemente influenciado por lo sucedido con el "smog" de la ciudad de Londres del 5 al 8 de diciembre de 1952.

El "smog" sulfuroso de 1952 fue caracterizado como altamente peligroso debido a la concentración de contaminantes que diariamente alcanzaban en promedio 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para dióxido de azufre y 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para humo (el humo se refiere a material particulado suspendido en la atmósfera). Las consecuencias de este fenómeno se vieron reflejadas en el número de personas muertas debido a las diferentes enfermedades causadas por la excesiva contaminación.

La presión de la población se hizo más notoria durante la campaña adoptada por la Sociedad Nacional para la Limpieza del Aire. Como resultado de esto, en 1953 el gobierno creó un comité para investigar los problemas de contaminación del

aire a nivel nacional.

Investigadores de Londres y de otras ciudades han establecido que las emisiones de humo por parte de los quemadores domésticos son la principal causa del "smog". Algunas autoridades, sobre todo en Manchester y Coventry en 1951, intentaron reducir las emisiones domésticas estableciendo áreas de control de humos dentro de las cuales únicamente se permitían quemar combustibles que no produjeran humo. Con lo acaecido en 1952 se trató de crear zonas de control similares, sin embargo, estas medidas fueron interrumpidas cuando el Parlamento creó el Comité para examinar el problema de la contaminación en el país.

El reporte de este Comité sirvió para crear en 1956 el "Clean Air Act"; dicha Acta otorgó a las autoridades locales el poder de designar las "áreas de control de humos" en las cuales únicamente combustibles con menor emisión de aquellos eran permitidos para quemar.

En 1968 se editó el "Clean Air Act" de este año, que respaldó al Acta anterior de 1956 respecto a la designación de las zonas de control.

Las "Clean Air Acts" de 1956 y 1968 no únicamente fueron concernientes a las emisiones domésticas sino también a

las emisiones industriales que no eran cubiertas por las "Alkali Acts". Concentraciones inaceptables, a nivel de tierra, de gases efluentes, particularmente dióxido de azufre, fueron controladas requiriéndose de esta forma una altura mínima para las chimeneas. La altura de las chimeneas industriales fue determinada por la cantidad de emisión de dióxido de azufre cuando un horno opera a su máxima capacidad, la topografía local y la altura de los edificios de los alrededores. Las restricciones sobre emisiones de humo de chimeneas industriales, especialmente en el caso de humo negro u oscuro fueron apoyadas mediante el uso de la Carta de Ringelmann.

Posteriores legislaciones han sido dictadas en este país de acuerdo a las necesidades que se presentan para controlar la contaminación del aire.

Al mismo tiempo, en la década de los años 60's, el deterioro del medio ambiente emergió como un problema mas o menos simultáneo en algunos países industrializados. Anterior a esto, el interés del público respecto del medio ambiente había sido limitado a problemas de contaminación local.

A fines de la década, el impacto nacional e internacional de los problemas de contaminación se fueron agudizando. Como una consecuencia del movimiento a favor de

la protección del medio ambiente. muchos países introdujeron legislaciones ambientales y crearon dependencias encargadas de la protección del medio ambiente; organizaciones internacionales tales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) centraron su atención hacia los problemas referentes a la contaminación ambiental, creando el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Cuando la acción internacional hacia la protección del medio ambiente fue tomada, muchos países en vías de desarrollo expresaron que los fondos destinados a los programas de protección ambiental podrían disminuir su rapidez de desarrollo industrial y económico.

1.2. EVOLUCION DE LA INGENIERIA AMBIENTAL EN MEXICO.

Ante la solicitud que la Organización de las Naciones Unidas lanzara en 1970 a todos los países del mundo con el objetivo de combatir el problema de la contaminación ambiental, en México se despertó la inquietud para atacar este fenómeno. Por tal razón, se creó en este año la Subsecretaría de Mejoramiento del Medio Ambiente, la cual formaba parte de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. En 1971 se emitió por primera vez en nuestro país una legislación que intentaba resolver este problema y que se

denominó "Ley Federal para prevenir y controlar la Contaminación Ambiental".

También en este año se editó el "Reglamento para prevenir y controlar la Contaminación Atmosférica producida por humos y polvos". En 1972 fue publicado el "Reglamento para prevenir y controlar la Contaminación en Aguas"; posteriormente, en 1978 se dio a conocer el "Reglamento para prevenir y controlar la Contaminación provocada por el Ruido".

En 1978 se creó una Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental que hasta 1982 cumplió la función de coordinar las acciones de las diversas dependencias involucradas en la gestión ambiental. Por otra parte, la "Ley Federal de Protección al Ambiente" que entró en vigor a principios de 1982 incrementó la legislación sobre las reglamentaciones ecológicas.

El proceso de búsqueda de un sistema administrativo de gestión ambiental apropiado, continuó con la Administración Pública que inició sus funciones el 10. de Diciembre de 1982. Una de las primeras medidas de esa Administración consistió en proponer una reforma de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, que incluía entre otras cosas la creación de la actual Secretaría de Desarrollo Urbano y

Ecología. Esto quedó establecido en la Exposición de Motivos en la cual, se expresaba:

"...se propone transformar a la actual Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas en una nueva dependencia que además del desarrollo urbano y los asentamientos humanos, se complemente con las facultades relativas a la protección ecológica, mejoramiento del ambiente y la conducción de la política de vivienda, dando origen a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

Consecuentemente, a dicha Secretaría se le atribuyen las facultades para preservar los recursos forestales de la flora y de la fauna silvestres con que cuenta la geografía nacional y contrarrestar de manera decidida, los efectos nocivos de la excesiva concentración industrial..."

En Junio de 1984, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología organizó un importante evento, que se denominó "Primera Reunión Nacional de Ecología"; con la cual se realizó una revisión sobre la política ambiental vigente manteniéndose la Ley con el mismo nombre sin que hubieran modificaciones a los reglamentos, enfocándose hacia lo que se denominó zonas ecológicas. En septiembre del mismo año se

puso en vigor el "Programa Nacional de Ecología (1984-1988)".

El 10. de marzo de 1988 entro en vigor la " Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente". Esta Ley es la que actualmente rige la política sobre los problemas de contaminación ambiental en nuestro país.

Finalmente, con esta Ley, en el transcurso del mismo año, se lograron publicar, tras una rápida revisión a aquella, las Normas Técnicas Ecológicas como complemento de algunos reglamentos.

CAPITULO II

BASES LEGALES DE LA INGENIERIA AMBIENTAL EN MEXICO

2.1. ORDENAMIENTOS DE LA CONSTITUCION POLITICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

Debido a la importancia que tiene la protección al medio ambiente, dentro de nuestra Constitución Política se encuentran incluidas las bases constitucionales a partir de las cuales se constituye el sistema jurídico-legal para la protección al medio ambiente en su conjunto.

La primera de estas bases fue incorporada en 1917 y se encuentra contenida en el párrafo tercero del artículo 27 constitucional y se refiere a la conservación de los recursos naturales:

Art. 27.- "...de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios;..."

Debido a que la contaminación es uno de los aspectos

fundamentales de la problemática ambiental y tomando en cuenta que su prevención y control es sin lugar a dudas una tarea muy importante, existe una segunda base constitucional, la cual se encuentra contenida en la fracción XVI del artículo 73 de la Constitución y se refiere precisamente a la prevención y control de la contaminación ambiental. Esta iniciativa fue incorporada a la Constitución Política en 1971.

"...4a. Las medidas que el Consejo haya puesto en vigor en la campaña contra el alcoholismo y venta de sustancias que envenenan al individuo o degeneran la especie humana así como las adoptadas para prevenir y combatir la contaminación serán después revisadas por el Congreso de la Unión en los casos que le competan."

La tercera de estas bases es la disposición contenida en el párrafo sexto del artículo 25 de la Constitución Política de México, que se refiere al cuidado del medio ambiente con motivo de la regulación del uso de los recursos productivos por los sectores social y privado.

Analizando lo anterior, de acuerdo a las bases constitucionales, se deja en claro que la Constitución Política se ocupa de la protección al ambiente desde tres

perspectivas diferentes bastante amplias, como son la conservación de los recursos naturales, la prevención y control de la contaminación ambiental y el cuidado del medio ambiente.

De estos tres aspectos nos interesa el segundo de ellos, ya que, dentro de este se encuentran englobados los problemas que en cuanto a contaminación ambiental surgen como una consecuencia del desarrollo industrial.

2.2. ORDENAMIENTOS DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la cual entró en vigor el día 10. de marzo de 1988, incluye dentro de su contexto disposiciones en materia de contaminación ambiental y su control.

De los artículos contenidos en esta ley general, los correspondientes al tema de la contaminación atmosférica, de mayor relevancia, son:

TÍTULO PRIMERO: Disposiciones generales.

Art. 10. La presente Ley es reglamentaria de las

disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto establecer las bases para:

VI. La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

Art. 3o. Para los efectos de esta Ley se entiende por:

I. *Ambiente*: El conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados;

IV. *Contaminación*: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que causen un desequilibrio ecológico;

V. *Contaminante*: Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural altere o modifique su composición y condición natural;

VII. *Control*: Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este ordenamiento;

VIII. *Criterios Ecológicos*: Los lineamientos destinados

a preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente;

IX. *Desequilibrio Ecológico*: La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afectan negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos;

X. *Ecosistema*: La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados;

XI. *Equilibrio Ecológico*: La relación de interdependencia entre los elementos que conforman que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos;

XII. *Elemento natural*: Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinados, sin la inducción del hombre;

XVII. *Impacto Ambiental*: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza;

XVIII. *Manifestación del Impacto Ambiental*: El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial, que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo;

XIX. *Mejoramiento*: El incremento de la calidad del ambiente;

XXII. Prevención: El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente;

XXIII. Protección: El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y prevenir y controlar su deterioro;

XXVI. Residuo: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó;

XXVII. Residuos peligrosos: Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente;

XXIX. Secretaría: La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología;

Art. 8o. Corresponde a la Secretaría:

II. Aplicar, en la esfera de su competencia, esta Ley, sus reglamentos y las normas técnicas ecológicas que expida y vigilar su observancia;

VII. Expedir las normas técnicas ecológicas que serán observadas en todo el territorio nacional;

XIII. Expedir las normas técnicas ecológicas que deberán incorporarse a las normas oficiales mexicanas que se establezcan para productos utilizados como combustibles o energéticos;

Art. 36. Para los efectos de esta Ley, se entiende por norma técnica ecológica, el conjunto de reglas científicas o tecnológicas emitidas por la Secretaría, que establezcan los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes, que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente, y, además que uniformen principios, criterios, políticas y estrategias en la materia.

Las normas técnicas ecológicas, determinarán los parámetros dentro de los cuales se garanticen las condiciones necesarias para el bienestar de la población y para asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Art. 37. Las actividades y servicios que originen emanaciones, emisiones, descargas o depósitos, que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o producir daño al ambiente o afectar los recursos naturales, la salud, el bienestar de la población, o los bienes propiedad del Estado

o de los particulares, deberán observar los límites o procedimientos que se fijen en las normas técnicas ecológicas aplicables.

TITULO CUARTO: Protección al ambiente.

Art. 110. Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

I. La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país, y

II. Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar la calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Art. 111. Para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la Secretaría:

I. Expedirá, en coordinación con la Secretaría de Salud en lo referente a la salud humana, las normas técnicas ecológicas correspondientes, especificando los niveles permisibles de emisión o inmisión por contaminante y por fuente de contaminación, de acuerdo con el reglamento respectivo;

II. Convendrá, y en su caso, podrá requerir la instalación de equipos de control de emisiones, con quienes

realicen actividades contaminantes en zonas conurbadas ubicadas en dos o más entidades federativas, y cuando se trate de bienes o zonas de jurisdicción federal;

III. Expedirá las normas técnicas ecológicas para el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire;

Art. 113. No podrán emitirse contaminantes a la atmósfera, que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanan, así como las normas técnicas ecológicas expedidas por la Secretaría. Cuando dichas emisiones contengan materiales o residuos peligrosos, se requerirá para su emisión la previa autorización de la Secretaría.

Art. 114. Las autoridades competentes promoverán, en las zonas que se hubieren determinado como aptas para uso industrial, próximas a áreas habitacionales, la instalación de industrias que utilicen tecnologías y combustibles que generen menor contaminación.

TÍTULO SEXTO: Medidas de control, de seguridad y sanciones.

Art. 162. Las autoridades competentes podrán realizar.

por conducto de personal debidamente autorizado. visitas de inspección. sin perjuicio de otras medidas previstas en las leyes que puedan llevar a cabo para verificar el cumplimiento de este ordenamiento.

Dicho personal. al realizar las visitas de inspección. deberá estar provisto del documento oficial que lo acredite como tal. así como de la orden escrita debidamente fundada y motivada. expedida por autoridad competente en la que se precisará el lugar o zona que habrá de inspeccionarse. el objeto de la diligencia y el alcance de ésta.

Art. 163. El personal autorizado , al iniciar la inspección se identificará debidamente con la persona con quien se entienda la diligencia. exhibirá la orden respectiva y le entregará copia de la misma. requiriéndola para que en el acto designe dos testigos.

En caso de negativa o de que los designados no acepten fungir como testigos. el personal autorizado podrá designarlos. haciendo constar esta situación en el acta administrativa que al efecto se levante. sin que esta circunstancia invalide los efectos de la inspección.

Art. 164. En toda visita de inspección se levantará acta. en la que se harán constar en forma circunstanciada los

hechos u omisiones que se hubiesen presentado durante la diligencia.

Concluida la inspección, se dará oportunidad a la persona con la que se entendió la diligencia para manifestar lo que a su derecho convenga, en relación con los hechos asentados en el acta.

A continuación se procederá a firmar el acta por la persona con quien se entendió la diligencia, por los testigos y por el personal autorizado, quien entregará copia del acta al interesado.

Si la persona con quien se entendió la diligencia o los testigos, se negaren a firmar el acta, o el interesado se negare a aceptar la copia de la misma, dichas circunstancias se asentarán en ella, sin que esto afecte su validez y valor probatorio.

Art. 155. La persona con quien se entienda la diligencia estará obligada a permitir al personal autorizado el acceso al lugar o lugares sujetos a inspección en los términos previstos en la orden escrita a que se hace referencia en el artículo 152 de esta Ley, así como a proporcionar toda clase de información que conduzca a la verificación del cumplimiento de esta Ley y demás disposiciones aplicables.

con excepción de lo relativo a derechos de propiedad industrial que sean confidenciales conforme a la Ley. La información deberá mantenerse por la autoridad en absoluta reserva, si así lo solicita el interesado, salvo en caso de requerimiento judicial.

Art. 166. La autoridad competente podrá solicitar el auxilio de la fuerza pública para efectuar visita de inspección, cuando alguna o algunas personas obstaculicen o se opongan a la práctica de la diligencia, independientemente de las sanciones a que haya lugar.

Art. 167. Recibida el acta de inspección por la autoridad ordenadora, requerirá al interesado, mediante notificación personal o por correo certificado con acuse de recibo, para que adopte de inmediato las medidas correctivas de urgente aplicación, fundando y motivando el requerimiento y para que, dentro del término de diez días hábiles a partir de que surta efectos dicha notificación, manifieste por escrito lo que a su derecho convenga, en relación con el acta de inspección, y ofrezca pruebas en relación con los hechos u omisiones que en la misma se asienten.

Art. 168. Una vez oído al presunto infractor, recibidas y desahogadas las pruebas que ofreciere, o en caso de que el interesado no haya hecho uso del derecho que le concede el

artículo anterior dentro del plazo mencionado, se procederá a dictar la resolución administrativa que corresponda, dentro de los treinta días hábiles siguientes, misma que se notificará al interesado, personalmente o por correo certificado.

Art. 169. En la resolución administrativa correspondiente, se señalarán o, en su caso, adicionarán, las medidas que deberán llevarse a cabo para corregir las deficiencias o irregularidades observadas, el plazo otorgado al infractor para satisfacerlas y las sanciones a que se hubiere hecho acreedor conforme a las disposiciones aplicables.

Cuando se trate de segunda o posterior inspección para verificar el cumplimiento de un requerimiento o requerimientos anteriores, y del acta correspondiente se desprenda que no se ha dado cumplimiento a las medidas previamente ordenadas, la autoridad competente podrá imponer la sanción o sanciones que procedan conforme al artículo 171 de esta Ley.

Art. 170. Cuando exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico o casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes, o la salud pública, la Secretaría como medida de

seguridad, podrá ordenar el decomiso de materiales o sustancias contaminantes, la clausura temporal, parcial o total, de las fuentes contaminantes correspondientes, y promover la ejecución ante la autoridad competente, en los términos de las leyes relativas, de alguna o algunas de las medidas de seguridad que en dichos ordenamientos se establecen.

2.3. REGLAMENTOS DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

Los reglamentos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente fueron expedidos con el objeto de establecer los mecanismos y procedimientos adecuados para asegurar el debido cumplimiento de las disposiciones de esa Ley; por lo que se le considera a dichos reglamentos como un instrumento legislativo en la evaluación de las actividades que puedan causar desequilibrios ecológicos o contaminación ambiental rebasando los límites y condiciones señaladas en las normas técnicas ecológicas y otros reglamentos.

En lo que se refiere a los reglamentos que comprende esta Ley y que tienen una relación más estrecha con los problemas de contaminación del aire, a continuación se

indican los capítulos que comprende cada uno de dichos reglamentos.

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA.

Capítulo I. Disposiciones generales.

Capítulo II. De la emisión de contaminantes a la atmósfera, generada por fuentes fijas.

Capítulo III. De la emisión de contaminantes a la atmósfera generada por fuentes móviles.

Capítulo IV. Del sistema nacional de información de la calidad del aire.

Capítulo V. De las medidas de control y de seguridad y sanciones.

Transitorios.

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.

Capítulo I. Disposiciones generales.

Capítulo II. Del procedimiento de evaluación del

impacto ambiental.

Capítulo III. Del impacto ambiental de los aprovechamientos forestales.

Capítulo VI. Del impacto ambiental en áreas naturales protegidas de interés de la Federación.

Capítulo V. De la consulta a los expedientes.

Capítulo VI. Del registro de los prestadores de servicios consistentes en la realización de estudios de impacto ambiental.

Capítulo VII. Medidas de control y de seguridad y sanciones.

Transitorios.

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.

Capítulo I. Disposiciones generales.

Capítulo II. De la generación de residuos peligrosos.

Capítulo III. Del manejo de residuos peligrosos.

Capítulo IV. De la importación y exportación de residuos peligrosos.

Capítulo V. De las medidas de control y de seguridad y sanciones.

Transitorios.

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE PARA LA PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION GENERADA POR LOS VEHICULOS AUTOMOTORES QUE CIRCULAN POR EL DISTRITO FEDERAL Y LOS MUNICIPIOS DE SU ZONA CONURBADA.

Capítulo I. Disposiciones generales.

Capítulo II. De la verificación obligatoria.

Sección I. De los centros de verificación vehicular obligatoria.

Sección II. De los vehículos de transporte privado y de los destinados al servicio público local.

Sección III. De los vehículos destinados al servicio público federal.

Sección IV. De la inspección a centros de verificación autorizados.

Capítulo III. Limitaciones para prevenir y controlar la contaminación de la atmósfera que se derive de las emisiones de los vehículos automotores.

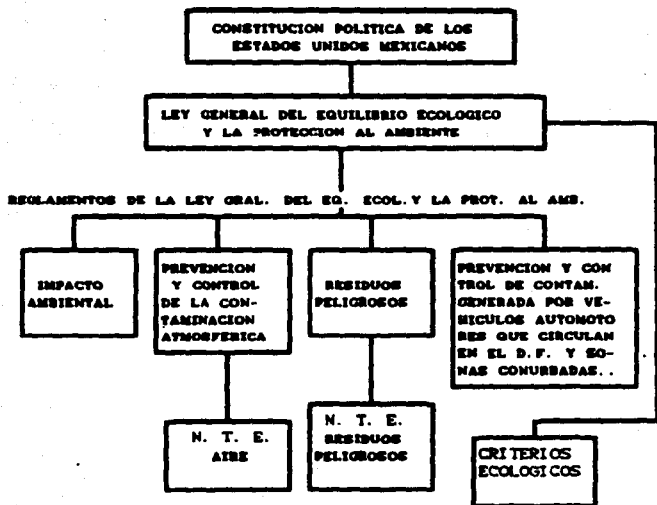
Capítulo IV. Sanciones.

Sección I. Sanciones a conductores de vehículos.

Sección II. De los propietarios o responsables de los centros de verificación.

Transitorios.

CUADRO No. 2.3
LEGISLACION AMBIENTAL NACIONAL
AREA DE CONTAMINACION ATMOSFERICA



2.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

La Organización Internacional de Normalización ha establecido la definición de Norma como la "especificación técnica u otro documento accesible al público, establecido con la cooperación y el consenso o aprobación general de todas las partes interesadas, basada en los resultados conjuntos de la ciencia, la tecnología y la experiencia, que tiene como objetivo conseguir un beneficio óptimo de la comunidad y que ha sido aprobado por un organismo reconocido a nivel nacional, regional o internacional.

Las normas son elaboradas mediante un proceso metódico llamado Normalización el cual está definido internacionalmente como "el proceso de formular y aplicar reglas de acceso ordenado a una actividad específica, para su beneficio y con la cooperación de todos los interesados y en particular para la promoción de una economía total óptima, tomando en cuenta las condiciones funcionales y los requerimientos de seguridad".

En las normas se establecen las características de un producto o servicio, tales como los niveles de calidad, el funcionamiento o comportamiento, la seguridad, las

dimensiones, además de incluir aspectos concernientes a terminología, símbolos, pruebas y métodos de prueba, envase de mercado y etiquetado entre otros.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) surgen a partir de la importancia de la protección al consumidor de productos y servicios dentro del desarrollo económico-político de nuestro país. Dicha política de protección debe estar necesariamente apoyada por una normalización para lograr satisfacer una buena calidad de consumo.

Cuando los productos o servicios cumplen con las normas dictadas para ellos por un organismo que, como la Dirección General de Normas, tiene en cuenta no solamente las opiniones del productor de los bienes y servicios, sino también, las necesidades del usuario; el consumidor tendrá la garantía de adquirir un producto de calidad definida y cierta.

El proceso de normalización es realizado por la Dirección General de Normas, teniendo como marco jurídico fundamental la Ley General de Normas, de Pesas y Medidas, la Ley Federal de Protección al Consumidor, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y el Reglamento Interior de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

La parte operativa de la formulación de Normas Oficiales Mexicanas recae dentro de la Dirección General de Normas, la

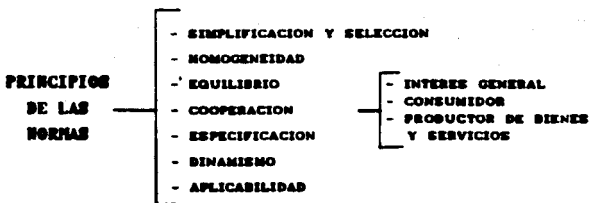
cual cuenta con dos direcciones de área, la de Normas y la de Estudios Técnicos de Metrología.

2.4.1. OBJETIVOS Y PRINCIPIOS DE LAS NORMAS.

Los objetivos fundamentales para la realización de normas son los siguientes:

1. La simplificación del crecimiento de la variedad de productos y servicios y procedimientos para la vida humana.
2. La provisión de medios de expresión y comunicación entre todas las partes interesadas.
3. La seguridad, salud y protección a la vida.
4. La protección de los intereses del consumidor y la comunidad a través de una calidad adecuada y consistente de bienes y servicios.
5. La eliminación de barreras técnicas.

Dentro de las normas deben existir ciertos principios generales los cuales son enunciados a continuación:



2.4.2. CLASIFICACION DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

Existen muy diversas formas de clasificar las NOM, siendo las más ilustrativas las siguientes:

(i) Por su carácter

- Normas obligatorias
- Normas optativas

(ii) Por su contenido

- Normas básicas
- Normas de producto
- Normas de funcionamiento
- Normas de clasificación
- Normas de instalación
- Normas de métodos de prueba
- Normas de metrología
- Normas de información comercial
- Normas de servicio

(iii) Para su consulta

Con el objeto de facilitar la consulta de las NOM.

el catálogo de Normas Vigentes presenta una clasificación de treinta y tres ramas industriales, productos y servicios existentes, algunas de las cuales presentamos a continuación en la siguiente tabla.

CUADRO 2.4.2.
CLASIFICACION DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS

CLAVE	RAMA INDUSTRIAL QUE MANEJA	CALIDAD	OTRAS	TOTAL
A	Prod. del vestido y textiles	74	176	250
AA	Contaminación Ambiental	1	75	76
B	Productos siderúrgicos	175	108	283
BB	Prod. para uso médico	48	19	67
CH	Aparatos: control y medición	23	21	44
X	Productos para manejo de gases y combustible	16	25	41
Z	Normas básicas y símbolos	1	29	30

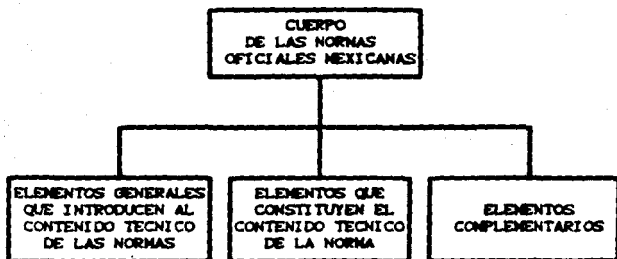
2.4.3. FORMATO DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS

El formato empleado en la formulación de las NOM se encuentra establecido en la Norma NOM-Z-13-1977, vigente para la redacción, estructuración y presentación de las NOM, misma que se basa en la guía ISO para la presentación de Normas Internacionales y reportes técnicos.

El principal objetivo que se persigue con dicho formato, es el de agilizar y facilitar el desarrollo del proceso de Normalización.

El formato empleado en las Normas Oficiales Mexicanas es el siguiente.

CUADRO 2.4.3.
FORMATO DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS



() **ELEMENTOS GENERALES:**

- Portada
- Prefacio
- Indice del contenido
- Título
- Introducción
- Objetivos
- Campos de aplicación (#)
- Referencias (#)
- Definiciones (#)
- Símbolos y abreviaturas (#)

ELEMENTOS DEL CONTENIDO TECNICO

- Terminología
- Clasificación, designación del producto o servicio
- Especificaciones
- Materiales
- Muestreo
- Metodos de prueba
- Marcado, etiquetado, envase y embalaje

(iii) ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS:

- Apéndices que forman parte de la Norma.
- Notas al pie de página
- Bibliografía
- Concordancia con las Normas Internacionales
- Apéndices que no forman parte de la Norma

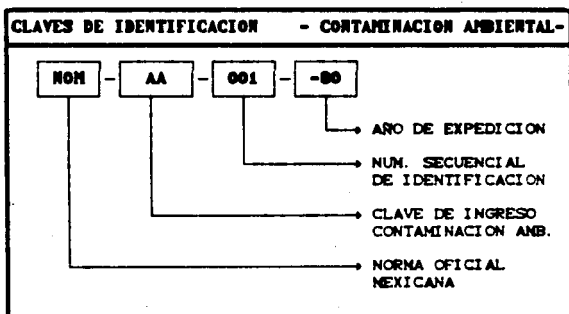
(*) elementos opcionales.

2.4.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS VIGENTES EN EL AREA DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL.

Las Normas Oficiales Mexicanas en materia de contaminación ambiental se encuentran catalogadas con la clave AA, de la siguiente manera:

CUADRO 2.4.4

CLAVES DE IDENTIFICACION DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS REFERENTES AL AREA DE CONTAMINACION AMBIENTAL



Las NOM referentes al área de contaminación ambiental presentan los métodos de prueba, parámetros, métodos de muestreo, etc., con el fin de tener homogeneidad en la realización de dichos procesos.

Debido a lo extenso de éstas Normas, presentaremos únicamente los títulos y las claves de las NOM referentes al área de Contaminación atmosférica ocasionada por plantas industriales.

NOM-AA-1-72 Método de Prueba para determinar la densidad aparente visual del humo, empleando la carta de Ringelmann (fuentes estacionarias).

Especifica el método para determinar la densidad aparente visual del humo mediante la carta de Ringelmann. Se aplica exclusivamente a los humos producidos por combustión en fuentes estacionarias, y que varían del transparente a diversos tonos de gris hasta el negro.

NOM-AA-2-77

Evaluación de las emisiones de humo provenientes de Motores Estacionarios que usan combustible Diesel.

Establece las condiciones y el método de prueba de laboratorio para la evaluación de las emisiones de humo provenientes de motores estacionarios que usan combustible Diesel.

NOM-AA-9-73

Determinación del Flujo de Gases en un conducto por medio del Tubo Pitot.

Establece el método para determinar el Flujo de Gases en un conducto utilizando el Tubo Pitot. El método es aplicable para velocidades de gases superiores a 3 metros por segundo.

NOM-AA-10-74

Determinación de la Emisión de Partículas Sólidas contenidas en los gases que se

descargan por un conducto.

Establece el metodo para determinar la emision de Partículas Sólidas contenidas en los gases que se descargan de fuentes estacionarias por captación de medio filtrante.

NOM-AA-23-88 Protección al ambiente-Contaminación atmosférica-Terminología. Cancela NOM-AA-23-75

Establece la nomenclatura para uniformar la terminología y conceptos utilizados en contaminación atmosférica.

NOM-AA-35-78 Determinación de Dioxido de Carbono, Monoxido de Carbono y Oxígeno en los Gases de Combustión.

Establece el metodo para determinar por absorción las proporciones de Dioxido de Carbono, Monóxido de Carbono, y Oxígeno contenidos en los gases de combustión.

NOM-AA-54-78 Contaminacion Atmosferica. Determinacion del Contenido de Humedad en los Gases que fluyen por ducto.

Establece el metodo gravimetrico para determinar la humedad contenida en los gases que fluyen por un ducto.

NOM-AA-55-79 Contaminación Atmosférica. Fuentes fijas. Determinación de Bióxido de Azufre, Trióxido de Azufre y Neblinas de Acido Sulfúrico en los Gases que fluyen por un conducto.

Establece el procedimiento para la determinación de la concentración y de la emisión de Bióxido de Azufre en gases que fluyen a través de un conducto.

NOM-AA-56-80 Contaminación Atmosférica. Fuentes fijas. Determinación de Bióxido de Azufre, Trióxido de Azufre y Neblinas de Acido Sulfúrico en los Gases que fluyen por un conducto.

Establece el procedimiento para la determinación de la emisión de Bióxido de Azufre, Trióxido de Azufre y neblinas de Acido Sulfúrico en los gases que fluyen por un conducto. Es aplicable para los casos en que se presenten estos tres componentes.

NOM-AA-59-80 Contaminación Atmosférica. Fuentes fijas. Determinación de Acido Sulfhídrico en Gases

que fluyen por un conducto.

Establece el procedimiento para la determinación de la emisión de ácido sulfhídrico en los gases que fluyen por un conducto.

NOM-AA-70-80 Contaminación Atmosférica. Fuentes fijas. Determinación de Cloro y/o Cloruros en los Gases que fluyen por un conducto.

Establece el procedimiento para la determinación de Cloro y/o Cloruros en los gases que fluyen por un conducto. Es aplicable en toda fuente fija emisora de estos compuestos.

NOM-AA-85-85 Protección al Ambiente. Contaminación Atmosférica. Fuentes fijas. Rotámetros. Calibración.

Establece un procedimiento para la calibración de rotámetros con ámbito de operación entre cero y $0.5 \text{ dm}^3/\text{seg.}$ (0 a 30 lt/min) por medio de un gasómetro húmedo debidamente calibrado.

NOM-AA-88-85 Protección al Ambiente. Contaminación

Atmosférica. Fuentes fijas. Gasómetros secos.
Calibración.

Establece un procedimiento para la calibración de gasómetros secos por medio de un gasómetro húmedo previamente calibrado.

NOM-AA-90-86 Protección al Ambiente. Contaminación Atmosférica. Determinación de Neblinas de Acido Fosfórico en los Gases que fluyen por un conducto.

Establece el método para determinar la emisión de neblina de ácido fosfórico en los gases que fluyen por un conducto.

NOM-AA-95-86 Contaminación Atmosférica. Fuentes fijas. Determinación de Cianuros en Gases que fluyen por un conducto. Método Pirazolona.

Establece el procedimiento para la determinación de la concentración y la emisión de Cianuros en gases que fluyen a través de un conducto.

NOM-AA-96-86 Contaminación Atmosférica. Fuentes fijas. Muestreo y cuantificación de Emisiones de Benceno, Tolueno, Xileno y Estireno.

Establece el procedimiento para el muestreo y los métodos de cuantificación de emisiones de benceno, tolueno, xileno y estireno, ya sea que contengan uno de ellos o la mezcla de varios.

NOM-AA-97-86 Contaminación Atmosférica. Fuentes fijas. Determinación de Amoniaco en los Gases que fluyen por un conducto.

Establece un procedimiento para la determinación de amoniaco en gases que fluyen por un conducto.

NOM-AA-98-86 Contaminación Atmosférica. Fuentes fijas. Determinación de la Concentración de Tricloro Etileno en los Gases que fluyen por un conducto.

Establece un procedimiento para la determinación de la concentración de tricloro etileno en gases que fluyen por un conducto.

NOM-AA-106-87 Calidad del Aire. Determinación del Diámetro Máximo de Poro en Filtros Rígidos y de Membrana en Función de la Presión.

Establece un procedimiento para determinar el diámetro máximo de poro en filtros de superficie que se utilizan para equipos de control de contaminantes, para el muestreo de partículas, así como para operaciones de filtración realizados en los laboratorios. Es aplicable a filtros de cerámica, vidrio sinterizado, membranas de plástico y otros materiales con diámetro de poro absoluto entre 0.1 y 15 μ . Además proporciona una manera para detectar y medir los cambios que tales filtros experimentan con el uso continuo.

NON-AA-107-88 Calidad del Aire. Estimación de la Altura Efectiva de Chimenea y de la Dispersión de Contaminantes. Método de Prueba.

Establece los parámetros necesarios para una ecuación semiempírica, se sustituyen en ella y por último se agrega a la altura física de la chimenea el ascenso de la pluma calculado. Posteriormente se estima la dispersión de los contaminantes al nivel del suelo, para determinadas condiciones de estabilidad.

2.5. NORMAS TÉCNICAS ECOLÓGICAS.

Por medio de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, el Gobierno Federal emitió las medidas pertinentes para prevenir y controlar el deterioro ecológico y la contaminación ambiental, estas medidas se logran por medio de las Normas Técnicas Ecológicas.

Estas normas son definidas como el "conjunto de reglas científicas o tecnológicas emitidas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, que establecen los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes, que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o dañar al ambiente y además que uniformen principios, criterios, políticas y estrategias en la materia".

Las NTE (Normas Técnicas Ecológicas) determinan las variables y los parámetros indicando los niveles máximos permisibles de emisión, mediante los cuales se garanticen de

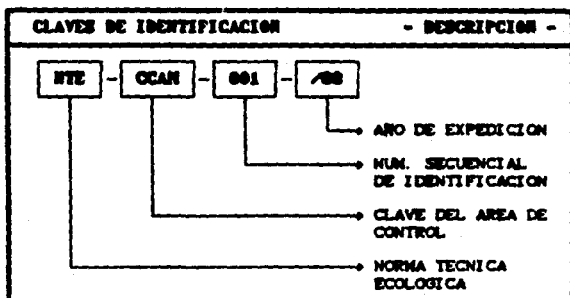
manera confiable las condiciones necesarias para el bienestar de la población y de esta manera, asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. De igual manera las NTE son aplicables para cada tipo de industria, las cuales, de acuerdo a sus actividades y servicios originan emisiones de contaminantes en cualquiera de sus formas y pueden causar un desequilibrio ecológico o daños al ambiente, afectando con esto los recursos naturales, así como la salud de la población en general.

Para la expedición de una NTE, la Secretaría determina los tipos de contaminantes que emite una industria, planteando y estudiando los parámetros a controlar mediante una evaluación exhaustiva.

Las NTE se presentan mediante acuerdos entre la Secretaría y los industriales del ramo y se estructuran mediante un "considerando", en donde se especifican sus usos y determinaciones, así como sus límites máximos y mínimos entre otros. Se establecen posteriormente los acuerdos para los cuales se crea la norma y se especifican las definiciones del punto a tratar para evitar que surja cualquier clase de confusiones.

CUADRO 2.5.

CLAVES DE IDENTIFICACION DE LAS NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS



2.5.1. NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS VIGENTES EN EL AREA DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL ORIGINADA POR EMISIONES GASEOSAS.

CLAVE

DESCRIPCION

NTE-CCAT-001/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de dióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas productoras de ácido sulfúrico.

(cf. exp. 6 junio de 1988)

NTE-CCAT-002/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas originadas en los hornos de calcinado de la industria del cemento.

(f. exp. 8 de junio de 1988)

NTE-CCAT-003/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible.

(f. exp. 8 de junio de 1988)

NTE-CCAT-004/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta que utilizan gasolina como combustible.

(f. exp. 18 de octubre de 1988)

NTE-CCAT-005/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de diesel en

fuentes fijas.

(cf. exp. 18 de octubre de 1988)

NTE-CCAT-006/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión del carbón en carboceléctricas.

(cf. exp. 14 de diciembre de 1988)

NTE-CCAT-007/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno provenientes de procesos de combustión de combustóleo en fuentes fijas.

(cf. exp. 18 de octubre de 1988)

NTE-CCAT-008/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de gas natural de fuentes fijas.

(cf. exp. 19 de octubre de 1988)

NTE-CCAT-009/88 Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas con excepción de las originadas en los hornos de calcinación de la industria del cemento, así como de los procesos de combustión.

(f. exp. 18 de octubre de 1988)

NTE-CCAT-010/88 Establece el nivel máximo permisible de opacidad del humo, proveniente del escape de motores nuevos en planta que usan diesel como combustible, utilizados para la propulsión de vehículos automotores.

(f. exp. 14 de diciembre de 1988)

NTE-CCAT-011/88 Establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

(f. exp. 14 de diciembre de 1988)

NTE-CCAT-012/88 Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de dióxido de

azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecibencensulfónico en fuentes fijas.

(cf. exp. 14 de diciembre de 1988)

NTE-CCAT-013/89

Establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina cuyos límites máximos permisibles están determinados por las NTE correspondientes.

(cf. exp. 7 de junio de 1989)

NTE-CCAN-001/88

Establece el procedimiento para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire.

(cf. exp. 19 de octubre de 1988)

NTE-CCAN-002/88

Establece el procedimiento para determinar la concentración de partículas suspendidas en el aire.

(cf. exp. 14 de diciembre de 1988)

2.5.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS NORMAS TÉCNICAS ECOLÓGICAS REFERENTES A EMISIONES GASEOSAS ORIGINADAS EN PLANTAS INDUSTRIALES.

Debido a que la Ley prevé que para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, todas las emisiones deberán basarse en las NTE, en las que se determinan los niveles adecuados de control para el equilibrio ecológico y el bienestar de la población.

Las siguientes normas se consideran de interés y uso continuo para emisiones gaseosas a nivel industrial.

-Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-001/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de dióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas productoras de ácido sulfúrico.

La industria productora de ácido sulfúrico en el país, es básica para el desarrollo de una gran cantidad de procesos industriales. En esta clase de industria se generan gases de dióxido y trióxido de azufre, así como neblinas de ácido sulfúrico que son emitidas a la atmósfera.

En el proceso de producción de ácido sulfúrico, la emisión de dióxido de azufre es inversamente proporcional a

la eficiencia de conversión. En la actualidad se han desarrollado tecnologías con las cuales se pueden obtener conversiones hasta del 98% para plantas de simple absorción y superiores al 99% en plantas de doble absorción.

Esta norma, concilia el estado actual de la planta industrial nacional, la disponibilidad de tecnología aplicable a éste tipo de industria y su contribución a la calidad del aire en torno a su ubicación. Una especificación importante es la de dar diferente tratamiento a plantas existentes que a plantas nuevas debido a la diversidad en el nivel tecnológico de cada una de ellas.

Los niveles máximos permisibles de emisión de dióxido y trióxido de azufre a la atmósfera provenientes de plantas ya existentes son los que se presentan a continuación:

a) Para las ubicadas en zonas críticas.

CAPACIDAD DE LA PLANTA (ton/día)	EMISION MAXIMA PERMISIBLE (kg SO ₂ / Ton H ₂ SO ₄ al 100%)
1 - 500	17.5
501 - 700	13.0
701 - 1000	9.0
> 1000	4.0

b) Para las ubicadas en cualquier otra parte del país.

CAPACIDAD DE LA PLANTA (ton/día)	EMISION MAXIMA PERMISIBLE (kg SO ₂ / Ton H ₂ SO ₄ al 100%)
1 - 500	28.0
501 - 700	20.0
701 - 1000	14.0
> 1000	7.0

NOTA: EL VALOR ATRIBUIBLE A SU EMISION EN LA CALIDAD DEL AIRE EN EL LIMITE DEL PREDIO, DEBERA SER INFERIOR A 0.234 PPM DE SO₂ PARA LAS DENOMINADAS ZONAS CRITICAS Y 0.300 PPM DE SO₂ PARA EL RESTO DEL PAIS, AMBAS REFERIDAS A UN HORARIO PROMEDIO Y APLICABLES A CUALQUIER EPOCA DEL AÑO.

Los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre provenientes de plantas de reciente creación no deberán rebasar los siguientes límites:

CAPACIDAD DE LA PLANTA (ton/día)	EMISION MAXIMA PERMISIBLE (kg SO ₂ / Ton H ₂ SO ₄ al 100%)
1 - 500	13.0
> 500	3.0

NOTA: LA EMISION MAXIMA PERMISIBLE DE NEBLINAS DE TRI--OXIDO DE AZUFRE Y ACIDO SULFURICO AL 100% EN PLANTAS PRODUCTORAS DE ACIDO SULFURICO DEBERA SER INFERIOR AL UNO POR MIL SOBRE EL VOLUMEN DE PRODUCCION.

Los criterios establecidos deberán basarse en los procedimientos de cuantificación de las NOM correspondientes.

-Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-002/88, que establece los niveles máximos, permisibles de emisión a la atmósfera de partículas originadas en los hornos de calcinado de la industria del cemento.

La industria del cemento se encuentra entre las actividades emisoras de contaminantes a la atmósfera debido a que, la manufactura del cemento es por su naturaleza considerada generadora de partículas.

Las emisiones de partículas a la atmósfera en la industria del cemento, provienen de diversas fuentes que comprenden desde la explotación del mineral, la trituración, la preparación de materia prima, los hornos de calcinación, el enfriamiento de Clinker, la molienda final hasta el manejo y distribución de polvos de desecho.

Los hornos de calcinación son el punto de emisión de partículas dentro del proceso de fabricación del cemento, donde técnicamente se permite su medición directa, por lo cual en esta norma se establecen los niveles máximos permisibles de emisión de los mismos.

En la adopción de los límites previstos en esta norma, se consideró la tecnología disponible de control de emisiones de material particulado, que permite obtener una eficiencia

de recolección (relación que existe entre las emisiones con controles y las emisiones sin controles, expresada como porcentaje de recolección) superior a 99% y, la existencia de asentamientos humanos. De acuerdo a la norma se da distinto tratamiento a las plantas existentes y a las plantas nuevas, debido a la diversidad de niveles tecnológicos de las instalaciones.

Los niveles máximos permisibles de emisión de partículas provenientes de los hornos de calcinación (Unidad en la cual se lleva a cabo la calcinación de la materia prima en la fabricación del Clinker) de la industria del cemento son:

EMISION MAXIMA PERMISIBLE (kg/hr)			
TIPO DE INSTALACION	Alimentacion al horno de calcinación		
	< 300 ton/hr	300 a 366 ton/hr	> 366 ton/hr
Nueva: urbana	$E=16.234(p)^{0.18}$	$E=0.150(p)$	$E=0.150(p)$
Nueva: no urbana	$E=18.975(p)^{0.18}$	$E=18.975(p)^{0.18}$	$E=0.150(p)$
Existente: urbana	$E=16.234(p)^{0.18}$	$E=0.150(p)$	$E=0.150(p)$
Existente: no urbana	$E=21.695(p)^{0.18}$	$E=21.695(p)^{0.18}$	(a)

p : PESO DEL PROCESO (kg/hr).

(a) $E=18.975(p)^{0.18}$, A PARTIR DE 1996 DEBERAN - CUMPLIR CON $E=0.150(p)$.

La concentración ambiente de las partículas en los límites exteriores del predio de la planta, no deberá ser superior a 275 microgramos por metro cúbico promedio de 24 hr.

-Norma Técnica Ecológica NTE-OCAT-008/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de diesel en fuentes fijas.

Algunos de los contaminantes que son producto de la combustión del diesel reaccionan con otros compuestos formando otro tipo de contaminantes con características toxicológicas más severas al ambiente que los primeros.

Para la determinación de los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera previstos en esta norma, se tomó en consideración la utilización de diesel en los procesos de combustión, las tecnologías de control, la optimización de dichos procesos así como la aplicación de combustibles de la mejor calidad.

Los niveles máximos permisibles para los procesos de combustión de diesel en fuentes fijas son:

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION		
CONTAMINANTES	ZONAS CRITICAS (kg/m ³) (α)	RESTO DEL PAIS (kg/m ³) (α)
PARTICULAS	0.280	0.300
MONOXIDO DE CARBONO	0.800	0.665
BIOXIDO DE AZUFRE	17.000	34.000
OXIDOS DE NITROGENO (β)	2.700	3.000

(α) KILOGRAMOS DE CONTAMINANTE POR METRO CUBICO DE DIESEL CONSUMIDO A 25°C.

(β) LOS OXIDOS DE NITROGENO SON EXPRESADOS COMO BIOXIDO DE NITROGENO.

Cabe señalar que los niveles antes descritos podrán rebasarse en casos de operaciones de arranque y soplado de equipos de combustión, siempre y cuando no excedan periodos mayores de 15 minutos y que estos no se presenten más de 3 veces al día.

Los métodos de prueba y de cuantificación quedan establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, o en su caso las que expida la autoridad competente.

-Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-885/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos

de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión del carbón en carboeléctricas.

Las carboeléctricas que usan carbón como combustible generan contaminantes dentro de los que se encuentran, entre otros, las partículas, el monóxido de carbono, el dióxido de azufre, y los óxidos de nitrógeno. Algunos de estos contaminantes reaccionan con otros compuestos, formando otros contaminantes con características toxicológicas más severas al ambiente que aquéllos; por lo cual se establecen niveles máximos permisibles de emisión, que aseguren que no se originarán alteraciones significativas al ambiente.

Para la determinación de los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera previstos en esta norma, se tomó en consideración la optimización de los procesos de combustión, las tecnologías de control actuales, así como la aplicación de combustibles de la mejor calidad.

Para los efectos de esta Norma Técnica se considerarán las siguientes definiciones:

Combustión: Oxidación rápida que consiste en una combinación del oxígeno con aquellos materiales o sustancias capaces de oxidarse, dando como resultado la generación de gases, luz y calor.

Carbón: Combustible sólido cuyo contenido de carbono fijo varía desde 10% hasta 90% en peso.

Proceso de combustión: Procedimiento mediante el cual un sistema de equipos efectúa la combustión de un combustible.

Operación de soplado: Limpiar de hollín los tubos de una caldera acuotubular, mediante la inyección de aire o vapor a presión.

Los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera provenientes de procesos de combustión de carbón en carboséctricas son:

CONTAMINANTES	NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN Kg/m ³ (a)
Partículas	3.500
Monóxido de carbono	0.270
Dióxido de azufre	51.300
Oxidos de Nitrógeno(β)	10.000

(a) KILOGRAMO DE CONTAMINANTE POR CADA METRO CÚBICO DE CARBÓN CONSUMIDO EN BASE SECA.

(β) LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO EXPRESADOS COMO DIÓXIDO DE NITRÓGENO.

El nivel máximo permisible podrá rebasarse en caso de operaciones de soplado del equipo de combustión, siempre que no excedan periodos mayores de 15 minutos y que estos no se presenten mas de 3 veces al día; los niveles dados tambien podrán rebasarse durante el inicio de la operación de arranque de los equipos de combustión, siempre que no excedan periodos de 18 hrs y que no se presente más de 2 veces al año.

-Norma Técnica Ecológica RTE-OCAT-007/88 que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno provenientes de procesos de combustión de combustóleo en fuentes fijas.

Algunos de los contaminantes provenientes de dicho proceso reaccionan con otros compuestos, formando otros contaminantes con características toxicológicas más severas al ambiente.

Para la determinación de los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera previstos en ésta norma se consideró la utilización de combustóleo en procesos de combustión, las tecnologías de control actuales, la

optimización de los procesos de combustión así como la aplicación de combustibles de la mejor calidad.

Los niveles máximos permisibles para los procesos de combustión de combustibles en fuentes fijas son:

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION		
CONTAMINANTES	ZONAS CRITICAS (kg/m ³) (α)	RESTO DEL PAIS (kg/m ³) (α)
PARTICULAS	4.240	6.740
MONOXIDO DE CARBONO	0.600	0.660
BIOXIDO DE AZUFRE	57.000	93.000
OXIDOS DE NITROGENO (β)	5.600 (γ)	6.600 (γ)
	8.000 (δ)	8.000 (δ)

- (α) KILOGRAMOS DE CONTAMINANTE POR METRO CUBICO DE -
COMBUSTIBLE CONSUMIDO A 25°C.
- (β) LOS OXIDOS DE NITROGENO SON EXPRESADOS COMO BI-
OXIDO DE NITROGENO.
- (γ) PARA EQUIPOS DE COMBUSTION DE CAPACIDAD HASTA DE
106 EP JOULES/MR.
- (δ) PARA EQUIPOS DE COMBUSTION DE CAPACIDAD MAYOR DE
106 EP JOULES/MR.

Estos niveles máximos pueden ser rebasados durante las operaciones de arranque y soplado del equipo de combustión, siempre y cuando el periodo no exceda los 15 minutos y no se presente más de 3 veces por día.

Dentro de las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes quedan contemplados los métodos y procedimientos.

-Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-002/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de gas natural en fuentes fijas.

Como ya se ha mencionado anteriormente algunas fuentes fijas (todo establecimiento que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generan o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera) que usan gas natural como combustible generan contaminantes. Algunos de dichos contaminantes emitidos en los procesos de combustión pueden reaccionar con otros compuestos formando otros contaminantes con características más severas al ambiente.

Los niveles máximos permisibles para los procesos de combustión de gas natural en fuentes fijas son:

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION	
CONTAMINANTES	kg/10 ⁶ m ³ (α)
PARTICULAS	100
MONOXIDO DE CARBONO	500 (γ)
	840 (δ)
BIOXIDO DE AZUFRE	10
OXIDOS DE NITROGENO (β)	2250 (γ)
	9000 (δ)

- (α) KG DE CONTAMINANTE POR CADA MILLON DE METROS CUBICOS DE GAS NATURAL CONSUMIDO A UNA PRESION DE 1 KG/CM² Y 20° C.
- (β) LOS OXIDOS DE NITROGENO SON EXPRESADOS COMO SI - OXIDO DE NITROGENO.
- (γ) PARA EQUIPOS DE COMBUSTION DE CAPACIDAD HASTA DE 100 ED JOULES/HR.
- (δ) PARA EQUIPOS DE COMBUSTION DE CAPACIDAD MAYOR DE 100 ED JOULES/HR.

Los niveles dados se pueden rebasar en las operaciones de arranque y soplado del equipo de combustión no excediendo los 15 minutos y no se presentandose más de 3 veces por día.

Los métodos y procedimientos quedan contemplados en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes o en las que expida la autoridad competente.

-Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-009/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas con

excepción de las originadas en los hornos de calcinación de la industria del cemento, así como los procesos de combustión.

Algunas fuentes fijas generan contaminantes dentro de los que se encuentran partículas sólidas; estos materiales al combinarse en la atmósfera con otros contaminantes pueden causar un mayor daño al ambiente.

La emisión de partículas sólidas produce deterioro a la calidad del aire si rebasa ciertos límites, por lo que es necesario el control de dichas emisiones.

Para la determinación de los niveles máximos permisibles se tomó en consideración la ubicación de la fuente fija, así como el desarrollo tecnológico actual que permite reducir dichas emisiones a través de técnicas adecuadas, modificaciones a los procesos industriales o la instalación de equipos de control.

Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas de acuerdo con el flujo de gases son:

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION		
FLUJO DE GASES EN LA FUENTE (m ³ /min)	DE PARTICULAS SOLIDAS EN mg/m ³	
	ZONAS CRITICAS	RESTO DEL PAIS
5	1530	2304
10	1148	1722
20	858	1287
30	724	1080
40	641	982
50	594	878
60	541	811
80	479	719
100	437	666
200	326	489
500	222	333
800	182	273
1000	166	249
3000	105	157
5000	84	127
8000	69	104
10000	63	95
20000	47	71
30000	40	60
50000	32	48

NOTA: LA INTERPOLACION Y EXTRAPOLACION DE LOS DATOS NO -
CONTENIDOS EN ESTA TABLA PARA ZONAS CRITICAS, ESTA
DADA POR LA ECUACION:

$$E = 9020 (C) (\exp - 0.42)$$

Y PARA EL RESTO DEL PAIS:

$$E = 4929.7 (C) (\exp - 0.42)$$

DONDE:

- E = NIVEL MAXIMO PERMISIBLE DE EMISION EN
MILIGRAMOS POR METRO CUBICO NORMAL.
C = FLUJO DE GASES EN LA FUENTE EN METROS
CUBICOS NORMALES POR MINUTO.

LA EMISION ESTA REFERIDA A CONDICIONES NORMALES DE
TEMPERATURA (25 °C) Y PRESION DE 760 mmHg EN BASE SECA.

Los métodos de cuantificación de dichos niveles se

encuentran en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

-Norma Técnica Ecológica RTE-CCAT-012/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecilbencensulfónico en fuentes fijas.

El ácido dodecilbencensulfónico es básico para el desarrollo de diversos procesos industriales, principalmente para la fabricación de detergentes.

Los procesos de producción actuales, han desarrollado tecnologías que permiten operar con eficiencias de control de emisiones contaminantes del orden del 99%. Para la determinación de los niveles permisibles de emisiones a la atmósfera, se tomó en consideración la diversidad tecnológica con que cuentan las plantas existentes y la aplicable a plantas nuevas, así como el estado actual de las mismas, la disponibilidad de tecnologías de control aplicables a las plantas productoras del ácido dodecilbencensulfónico y su impacto en la calidad del aire en el entorno de su ubicación.

Para los efectos de esta Norma se consideran los siguientes términos:

a) Acido dodecilbencensulfónico: Aquel que se obtiene de la sulfonación del dodecilbenceno con anhídrido sulfúrico gaseoso o con oleum.

b) Eficiencia de control: Cantidad de óxidos de azufre y neblinas ácidas que se emiten a la atmósfera en relación a la cantidad de óxidos de azufre alimentados al proceso expresados en por ciento.

Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera provenientes de plantas productoras de ácido dodecilbencensulfónico en fuentes fijas son:

CONTAMINANTE	EMISION MAXIMA PERMISIBLE POR KG DE ACIDO DODECILBENCENSULFONICO PRODUCIDO AL 100%	
	PLANTA EXISTENTE	PLANTA NUEVA
BIOXIDO DE AZUFRE	3.0 g	2.0 g
NEBLINAS DE TRIOXIDO DE AZUFRE Y ACIDO SULFURICO (*)	1.2 g	1.2 g

(*) EXPRESADO COMO ACIDO DODECILBENCENSULFONICO.

Se establece que para los efectos de cuantificación deberán utilizarse los métodos que establezcan las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

-Norma Técnica Ecológica NTE-CCAH-001/88, que establece el procedimiento para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire.

La medición de las concentraciones de contaminantes, debe llevarse a cabo mediante un procedimiento preciso, confiable y reproducible en todas las estaciones que realicen dicha actividad.

El procedimiento para la determinación de la concentración de monóxido en el aire, se basa en la medición de la absorción de radiación infrarroja por el monóxido de carbono, mediante un fotómetro no dispersivo, el cual trabaja en el hecho de que el monóxido de carbono absorbe fuertemente energía en ciertas longitudes de onda.

En este método la energía infrarroja emitida por una fuente pasa a través de una celda que contiene la muestra de gas para analizar. La cantidad de energía absorbida por el monóxido de carbono se mide utilizando un detector adecuado.

De esta manera, se especifican las características de los filtros ópticos por emplear, además de mencionar el tipo de analizador a emplear y el tipo de sensibilizador. Posteriormente, se especifican los métodos de calibración que requiere el analizador. El procedimiento empleado es el

referente a la dilución dinámica. Otro procedimiento que se puede emplear, es el método de varios tanques, en el cual se menciona el procedimiento mediante ilustraciones.

-Norma Técnica Ecológica NTE-CCAN-002/88, que establece el procedimiento para determinar la concentración de partículas suspendidas en el aire.

Para mejorar la calidad del aire en lugares de grandes concentraciones humanas, es necesario conocer las concentraciones actuales de los contaminantes, así como su evolución con el tiempo-espacio y con el conocimiento de que la concentración de partículas suspendidas en el aire es uno de los principales contaminantes.

Para los efectos de esta Norma, se consideran las siguientes definiciones:

a) Método equivalente: Método de muestreo y análisis de un contaminante en el aire, el cual ha sido especificado en una NTE, como método equivalente al de referencia y por lo tanto también factible de ser usado por las autoridades que tengan a su cargo la operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

b) Método de referencia: Método de muestreo y análisis de un contaminante en el aire que deberá ser usado para el

establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

c) Partículas suspendidas: Cualquier partícula sólida o líquida dispersa en la atmósfera, con diámetro hasta de 100 μm tales como el polvo, cenizas, ollín, partículas metálicas, cemento, polen y niebla entre otros.

El método empleado para la medición de partículas suspendidas en el aire es el de alto volumen. En este método, un muestreador de aire adecuadamente localizado, succiona a través de un filtro, una cantidad medida de aire hacia el interior de una caseta o coraza de protección, durante un periodo nominal de muestreo de 24 hrs. El flujo de aire y la geometría del muestreador serán tales, que favorezcan la recolección de partículas hasta de 25 a 50 μm de diámetro aerodinámico, dependiendo de la velocidad del viento y su dirección. Los filtros empleados deberán tener una eficiencia de recolección mínima del 99% para partículas de 0.3 μm .

La Norma contiene una serie de ilustraciones mediante las cuales se muestran los equipos, mencionando cuidadosamente cada una de sus partes. Por otro lado, se señala el procedimiento para efectuar el muestreo y la técnica de análisis a seguir, como las curvas de calibración del equipo y hojas de registro de datos.

CAPITULO III

DETERMINACION DEL TIPO DE CONTAMINANTES

3.1. DEFINICION DE EMISION Y CONTAMINANTE.

De acuerdo al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, en su artículo 6o. se define como Emisión a "la descarga directa o indirecta a la atmósfera de toda sustancia, en cualquiera de sus estados físicos o de energía"; y en el artículo 3o. de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como contaminante a "toda materia y energía en cualesquiera en sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural altere o modifique su composición y condición natural".

3.2. CLASIFICACION DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS.

Bajo condiciones normales se ha encontrado que la atmósfera contiene los siguientes gases y sus correspondientes porcentajes descritos.

Oxígeno (O ₂)	20.94 %
Nitrógeno (N ₂)	78.09 %
Argón (Ar)	0.93 %
Bióxido de Carbono (CO ₂)	0.03 %
Otros	0.01 %
	<hr/>
	100.00 %

Estos son porcentajes estrictamente hipotéticos, debido a que el hombre y la naturaleza han introducido algunos contaminantes dentro de la atmósfera adicionando o desplazando los gases atmosféricos normales. La magnitud de su efecto esta determinada por la cantidad de cada compuesto liberado dentro de la atmósfera y algunas veces por una combinación de un compuesto dado con algún otro.

Los contaminantes atmosféricos pueden ser clasificados de acuerdo a su origen o su estado físico.

CLASIFICACION DE ACUERDO A SU ORIGEN.

a)Contaminantes primarios.- Si los contaminantes son emitidos directamente hacia la atmósfera, tales como los óxidos de azufre desprendidos de la combustión de combustibles fósiles (carbón o aceite), son clasificados como contaminantes primarios.

b)Contaminantes secundarios.- Si los contaminantes son

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CLASIFICACION DE ACUERDO A SU ESTADO FISICO.

Los contaminantes atmosféricos son clasificados por su estado físico como contaminantes particulados (fragmentos diminutos de materia en forma sólida o líquida) o como contaminantes gaseosos. Los contaminantes gaseosos son divididos de acuerdo a su composición química como gases inorgánicos o gases orgánicos.

a) Contaminantes particulados.- Este tipo de contaminantes han sido definidos como sólidos o líquidos finamente divididos en partículas más grandes que el tamaño de una molécula pequeña de aproximadamente $0.0002 \mu\text{m}$ de diámetro siendo no mayores de $500 \mu\text{m}$.

Los vapores y humos formados como productos de la combustión y los aerosoles fotoquímicos caracterizan una gran fracción de las partículas en el intervalo de 0.1 a $1 \mu\text{m}$ de diámetro. Debido a su pequeño tamaño, estas partículas tienden a permanecer suspendidas por grandes periodos de tiempo y son ampliamente denominadas como partículas suspendidas. Algunos ejemplos de estos contaminantes son vapores metálicos y pequeñas partículas de aceite o ácido.

Las partículas entre 1 μm y 10 μm generalmente comprenden tierra, polvos finos y ollín emitidos por la industria y en regiones marítimas se pueden detectar sales de mar en la atmósfera. Las fuentes industriales que generan estos contaminantes incluyen principalmente incineradores municipales, plantas de cemento, fábricas de acero, plantas de ácido sulfúrico y algunas otras.

Las partículas mayores de 10 μm frecuentemente son originadas por procesos mecánicos, tales como la construcción de carreteras, erosión causada por el viento, esmerilado, y la pulverización de materiales ocasionada por los vehículos.

Las partículas mayores a 100 μm tienden a sedimentarse debido a la acción gravitacional originado por su tamaño y son ampliamente referidas como partículas sedimentables.

b) Contaminantes gaseosos.- Son aquellos contaminantes presentes en la atmósfera en el estado físico gaseoso. Este tipo de contaminantes son emitidos por diversas fuentes y llegan a ser dispersados o mezclados con los gases atmosféricos que están presentes bajo condiciones normales del aire. Tienden a permanecer suspendidos por grandes periodos de tiempo.

Los contaminantes gaseosos pueden también ser clasificados de acuerdo a su composición química como:

1. Gases inorgánicos.- Están compuestos de materia diferente a la originada por plantas o animales. Excepto para los compuestos del carbono más sencillos como el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO₂), estos gases inorgánicos son compuestos que no contienen carbono. Los principales gases inorgánicos son:

- Compuestos de azufre: Los óxidos de azufre (SO₂ y SO₃) y el ácido sulfhídrico (H₂S), son en su mayoría contaminantes primarios y resultan de la combustión del carbón, combustibles de aceite y diesel y del procesamiento del petróleo, químicos, metales, y algunos minerales. El ácido sulfhídrico también produce una gran contaminación debido a su olor.

- Compuestos de nitrógeno: Los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) son contaminantes primarios desprendidos de procesos petroquímicos y por combustiones industriales y de los automóviles. El amoníaco (NH₃) es producido también en algunas combustiones y producción de químicos como un contaminante primario. El NO y NO₂ pueden combinarse fotoquímicamente con otros gases bajo ciertas condiciones para producir contaminantes secundarios. Un ejemplo de esto

es la producción de ozono (O_3).

- Compuestos clorados: Las formas más comunes de contaminantes primarios son gases de cloro y de cloruro de hidrógeno producidos en procesos de blanqueado de algodón y en refinerías petroleras. Un contaminante secundario es el ácido clorhídrico que es producido por la hidrólisis del cloruro de hidrógeno gaseoso.

- Compuestos fluorados: Son contaminantes primarios producidos como tetrafluoruro de silicón (SiF_4) y fluoruro de hidrógeno. Estos contaminantes son emitidos principalmente en refinerías de petróleo, fábricas de fertilizante, plantas de aluminio, fábricas de acero, talleres de alfarería y en fábricas de ladrillos. Un contaminante secundario de vapores de fluor puede ser formado por la hidrólisis de los gases antes mencionados.

- Compuestos de carbono: El monóxido de carbono (CO) es un contaminante primario producido por la combustión incompleta de la gasolina y en una menor cantidad de las emanaciones de óxidos metálicos. El dióxido de carbono es también producido a partir de estas fuentes pero no es considerado normalmente como un contaminante; sin embargo, el CO y el CO_2 juegan un papel importante en la producción de contaminantes secundarios de compuestos del carbono.

- Oxidantes: El ozono y el dióxido de nitrógeno son los oxidantes inorgánicos más importantes en la atmósfera. El ozono es naturalmente formado en la atmósfera por descargas eléctricas, pero usualmente no alcanza proporciones contaminantes, a menos que el dióxido de nitrógeno junto con los rayos ultravioleta del sol reaccionen con oxígeno y otras moléculas, particularmente orgánicas e hidrocarburos para estabilizar el ozono como un contaminante secundario.

2. Gases orgánicos.- Son compuestos de materia derivada principalmente de organismos vivientes, los cuales contienen carbono e hidrógeno y pueden contener otros elementos. Los compuestos orgánicos pueden ser definidos como compuestos con enlaces covalentes o compartimiento de electrones y compuestos con enlaces carbono-carbono o enlaces carbono-hidrógeno. Los gases orgánicos de mayor interés son:

- Hidrocarburos (HC): Son gases orgánicos los cuales contienen únicamente carbono e hidrógeno. La principal fuente de estos contaminantes primarios es la producción de petróleo y la combustión ineficiente en vehículos de gasolina y diesel, turbinas de gas, aviones de reacción y en el uso de solventes.

- Derivados de hidrocarburos: Estos pueden ser eliminados como contaminantes primarios o presentarse en la

atmósfera como contaminantes secundarios formados a partir de ciertas reacciones fotoquímicas. Estos derivados pueden existir como hidrocarburos oxigenados (derivados de la combinación de HC con oxígeno) tales como aldehidos y acroleínas, los cuales son subproductos de la descomposición de grasas y de recubrimientos superficiales. También pueden estar presentes como hidrocarburos halogenados (derivados de la combinación de HC con fluor, cloro, bromo e iodo), como el tetracloruro de carbono, originados por operaciones de desengrase, lavados en seco y en el uso de solventes.

3.3 PRINCIPALES FUENTES DE EMISIONES CONTAMINANTES.

Las fuentes generadoras de contaminantes a la atmósfera están clasificadas principalmente en cuatro grandes grupos:

1. **Transportación :** Dentro de este grupo se incluyen aquellos medios de transporte tales como barcos, aviones, trenes y automóviles. El automóvil es el que más contribuye a la contaminación del aire.

2. **Combustión en fuentes estacionarias :** Las centrales de potencia son las principales contribuyentes de esta fuente. Únicamente a través de la conversión a combustibles de alto grado con menos potencial de contaminación se puede reducir este problema.

3. Procesos industriales : Son industrias en las cuales se procesan materias primas hacia productos de uso común. algunos ejemplos son hornos de fundición, acerías, refinerías de petróleo, plantas de productos de hule sintético, textiles, papel y químicos. Estas industrias producen contaminantes específicos de cada proceso que se suman a los contaminantes generales producidos por el quemado de combustibles para producir energía para las operaciones de las plantas de procesamiento.

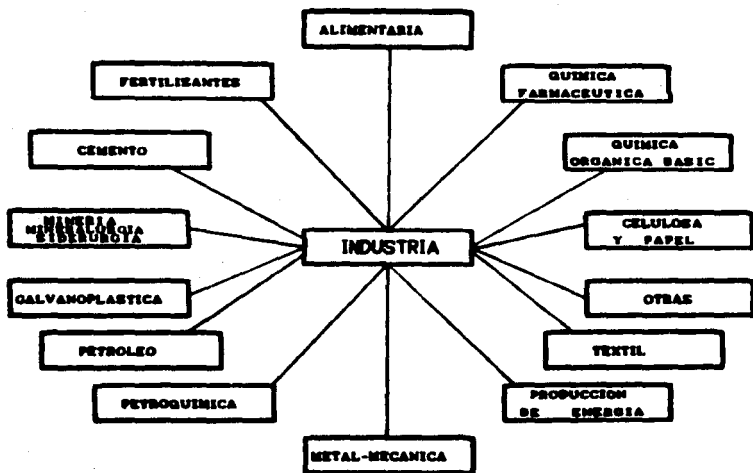
4. Manejo de desechos sólidos : Esta fuente produce contaminantes atmosféricos a partir de incineradores y de la inadecuada operación de rellenos sanitarios.

3.4 PRINCIPALES FUENTES CONTAMINANTES.

La industria en general se puede dividir en diferentes sectores, debido a la similitud de sus procesos de operación y en consecuencia a la emisión de contaminantes característicos. Estos contaminantes son sujetos a estudios y análisis con el propósito de encontrar el método de control adecuado para cada uno de ellos.

TABLA 3.4.

CLASIFICACION DE INDUSTRIAS



REV.: VEGARA MORAN O, "ESTUDIO DE LA NORMATIVIDAD EN EL AREA DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL", TESIS, FAC. QUINSCA, UNAM MEXICO, 1990, PAG. 22.

A continuación se realiza un desglose de las principales industrias así como una relación de los contaminantes emitidos por cada una de ellas.

Industria Siderúrgica.

Partículas: Partículas de polvo de carbón y coque (polvos y humos alquitranados).

Gases: SO_2 , CO , NH_3 , hidrocarburos y otros compuestos orgánicos (fenoles, piridinas, HCN , H_2S).

Este sector comprende a las empresas de fabricación de hierro, acero y manufacturas. En las coquerías se producen humos y polvos coloreados y malolientes, en los altos hornos, acerías, laminación e instalaciones auxiliares como fundiciones de hierro y su transporte se emiten humos, polvos y gases que se concentran en el área de trabajo y/o van a la atmósfera. La cantidad y coloración de los humos en exceso es señal de un mal funcionamiento de los equipos. El grado de contaminación depende de la modernidad de las instalaciones, localización, funcionamiento y condiciones atmosféricas.

Industria Alimenticia

Partículas: Humos y polvos.

Gases: Residuos de combustión y malos olores.

Forman parte de este sector la industria cárnica, láctea, de conservas, de harina, pastas, dulces, chocolates, empaçado de café, aceites y grasas, azucarera, cervecera y vitivinícola.

En este caso, la contaminación atmosférica es menos grave que la producida por los efluentes líquidos. En el manejo y producción de harinas, frecuentemente en los tostadores se producen humos formados por partículas (en la producción de café, carnes ahumadas, etc.). También existe el problema de producción de malos olores en los procesos sin control higiénico.

Industria Química Inorgánica Básica

Partículas: Humos y polvos (SiF_6)

Gases: SO_2 , NO_2 , HF, Cl_2 , NH_3 , NaOH y gases de combustión.

En la producción de ácido sulfúrico se emiten principalmente SO_x , NO_x , N_2 , niebla ácida (el SO_2 absorbe humedad para formar lluvia ácida).

En la producción de ácido nítrico se emiten principalmente NO_x procedentes del residuo gaseoso de la torre de absorción.

En el proceso de producción de ácido fosfórico se emiten partículas de fluor que provienen del fosfato de roca, así como HF y SiF_4 que provienen del reactor y filtros.

Durante la producción de sosa cáustica-cloro, la emisión de contaminantes es mínima, aunque pueden formarse nieblas de sosa, amoníaco, cloro, CO_2 y N_2 .

Industria de Refinación del Petróleo

Partículas: Humos (sólidos pequeños), partículas líquidas, nieblas y compuestos fotoquímicos.

Gases: Compuestos orgánicos, hidrocarburos, mercaptanos, SO_2 , H_2S y residuos de combustión.

En los procesos de producción se emiten mezclas de diversas características, así como también en los sistemas auxiliares de combustión, de antorcha, de almacenamiento y operaciones intermitentes (regeneración de catalizadores, mantenimiento, arranques, etc.).

Industria de la Celulosa y el Papel

Partículas: Líquidas y sólidas, humos.

Gases: Mercaptanos, olores desagradables, residuos de combustión.

En la evacuación de emisiones de los digestores y en recuperación de lejías, se obtienen mezclas gaseosas entre las que destacan los mercaptanos por su olor desagradable.

Industria de Recubrimiento de Metales

Partículas: Polvos finos, metálicos, nieblas agresivas ácidas y alcalinas.

Gases: Vapores de disolventes halogenados, de

gases tóxicos, NO_2 y H_2 .

Durante los procesos pueden emitirse diversos contaminantes como vapores de disolventes en las operaciones de limpieza y desengrase, polvos de pulido y abrillantado de superficies, nieblas ácidas y alcalinas provenientes de aplicaciones electrolíticas, de limpieza y decapado.

Industria del Cemento

Partículas: Humos y polvos.

Gases: Gases de combustión (CO , CO_2 y SO_2).

El horno calcinador es la mayor fuente de contaminación aunque también hay emisiones en entradas y salidas de los equipos de tamizado y molienda. Las principales emisiones son polvos y partículas de distinto tamaño, también se registran emisiones de SO_2 , CO_2 y CO provenientes del "fuel-oil" o carbón empleados para el calentamiento en la fabricación del clinker y el secado.

Industria de Minerales No Metálicos

Partículas: Humos, polvos de sílice, fibras de vidrio y asbesto.

Gases: Gases de combustión.

Dentro de este sector se tienen productos de mármol, asbestos, abrasivos y mosaicos. Se producen este tipo de contaminantes en operaciones tales como el pulido, formado y corte; hay desprendimiento de partículas respirables (1 a 10 μm) que pueden llegar a los pulmones y producir enfermedades como la fibrosis cuando existen condiciones de sobre-exposición.

Industria del Fertilizante

Partículas: Polvos y humos de minerales fosfóricos y alcalinos, partículas finas y gruesas.

Gases: Volatilización de amoníaco y otros compuestos inorgánicos.

Durante la producción se emiten polvos arrastrados del enfriador, del secado y de la granulación; así como también humo producido por la volatilización de cloruro de amonio y

de potasio y por la elevada proporción de polvos finos.

Industria Textil

Partículas: Sólidas (pelusas) y polvos finos.

Gases: Vapores orgánicos, niebla, gases de combustión.

Durante la elaboración de productos textiles se desprenden pelusas y polvos finos. La emisión de vapores orgánicos y nieblas son producidos en los procesos de secado, blanqueado, impregnado y limpiado. Los gases de combustión así como las partículas forman los humos provenientes de los equipos de combustión.

CAPITULO IV

EQUIPOS DE CONTROL DE CONTAMINACION ATMOSFERICA PARA PROCESOS INDUSTRIALES

4.1. PRINCIPIOS BASICOS DE LOS EQUIPOS DE CONTROL.

En lo referente a colección de partículas, existen diversos principios físicos básicos los cuales son empleados en la operación de varios tipos de colectores como son:

1. Fuerzas gravitacionales .- Pequeñas partículas son transportadas por una corriente de aire, cuando la velocidad de esa corriente es reducida, muchas de las partículas, específicamente las más pesadas pueden capturarse en la parte inferior del colector.

2. Fuerzas inerciales .- Como la dirección del movimiento de la corriente de aire cambia en función del tiempo; y dado que las partículas más pesadas debido a su momentum tienen la tendencia de continuar su movimiento en línea recta; estas se separan del flujo de aire, ocurriendo una colisión entre la pared y las partículas, por lo cual se asientan en el nivel inferior del colector.

3. Filtración .- Una corriente de aire saturada con materia

particulada pasa a través de un material poroso. Las partículas son retenidas en la superficie y al instante el aire limpio pasa a través de los poros.

4. Atracción electrostática .- Las partículas pueden ser cargadas electrostáticamente. Estas partículas cargadas son entonces atraídas hacia objetos de carga opuesta y removidos de esta forma de la corriente de aire. Cuando las partículas hacen contacto con dicho objeto, son neutralizadas y se precipitan al fondo del colector.

5. Aglomeración de partículas .- Cuando las partículas de polvo pasan a través de un rociador de agua, un aglomerado es formado. El mayor peso de este aglomerado permite más fácilmente su remoción de la corriente de aire.

Todos los métodos de colección de partículas emplean uno o más de estos principios en su operación. La eficiencia de la colección está de acuerdo con el tamaño de las partículas, las de mayor tamaño son mucho más eficientemente removidas por todas estas técnicas.

Los mecanismos físicos que rigen el funcionamiento de los equipos de control de gases y vapores, son principalmente los siguientes:

1. Absorción .- Es un proceso de transferencia de masa líquido-gas de difusión controlada. La eficiencia de la absorción en el control de la contaminación atmosférica es gobernada por la facilidad con la cual los contaminantes pueden ser transferidos a través de la interfase hacia la fase líquida. Este fenómeno es beneficiado por velocidades de difusión altas, mayor solubilidad, grandes áreas interfaciales y turbulencia.
2. Adsorción .- Es un proceso gas-sólido en el cual los gases y vapores son concentrados sobre la superficie y en el interior de los poros de algunos materiales adsorbentes. Se denomina adsorbato al material que está siendo removido y adsorbente a la fase sólida. Las variables primarias envueltas en el adecuado funcionamiento de un proceso de adsorción son la temperatura, la presión y la composición química de los adsorbatos y el adsorbente.
3. Condensación .- Es una técnica de separación básica en la cual una corriente de gas contaminado es primero llevada a la saturación y entonces los contaminantes son condensados para formar un líquido.

También existen mecanismos químicos en los procesos de control de gases y vapores tales como:

1. Reacción química .- Los contaminantes pueden ser disueltos en un líquido y entrar en contacto con algún reactivo para llevar a cabo su neutralización. Algunas de estas reacciones producen precipitados que pueden ser fácilmente removibles del líquido.

2. Procesos de oxidación .- Existen dos procesos: El primero de ellos es el denominado oxidación térmica. esta operación depende del contacto entre el contaminante y la flama de combustión de alta temperatura para oxidar los contaminantes. El segundo proceso es la oxidación catalítica. su principio es similar al de la oxidación térmica en el cual el calor es usado para convertir los contaminantes a dióxido de carbono y agua. En la oxidación catalítica la corriente de gas es precalentada y pasada a través de un lecho catalítico donde el catalizador inicia y promueve la oxidación de los compuestos orgánicos sin sufrir alteraciones.

4.2 EQUIPOS DE CONTROL DE PARTICULAS.

En esta sección se presenta la tecnología existente para el control de partículas así como la identificación de los mecanismos de colección y operación de los diferentes equipos empleados.

Los equipos de control de contaminantes atmosféricos son básicamente los colectores mecánicos (cámaras de sedimentación y ciclones), precipitadores electrostáticos, sistemas de filtración y torres de lavado.

4.2.1. COLECTORES MECANICOS.

Los colectores mecánicos proporcionan una técnica adecuada en el tratamiento de corrientes gaseosas siempre y cuando se maneje material particulado. Preferentemente si las partículas son razonablemente grandes. Frecuentemente este tipo de colectores son colocados antes de un equipo de control más eficiente, para remover la mayor parte de las partículas de gran tamaño y de esta manera incrementar la eficiencia global y reducir el mantenimiento del sistema. Tales equipos requieren un consumo mínimo de potencia sin que existan riesgos de corrosión en ellos, a menos que, manejen nieblas corrosivas, así como emisiones gaseosas calientes e higroscópicas.

La caída de presión en los colectores mecánicos es baja, desde menos de 1 pulg H₂O hasta un máximo de 10 pulg H₂O en la mayoría de los casos. Estos equipos operan generalmente en seco. Por añadidura estos equipos son comunmente de gran tamaño y muy voluminosos.

4.2.1.1. CAMARAS DE SEDIMENTACION.

Estos equipos son compartimientos cerrados donde la velocidad del gas acarreado es reducida lo suficiente como para permitir el asentamiento de las partículas de polvos y nieblas de la corriente gaseosa por las fuerzas gravitacional y de inercia. Ambas fuerzas aumentan en proporción directa al cuadrado del diámetro de la partícula. Las partículas entre 40 y 100 μm de diámetro son eficientemente colectadas con esta técnica, disminuyendo la eficiencia para partículas finas de menos de 10 μm de diámetro con el incremento en la carga de entrada de estos colectores. Su caída de presión varía entre 0.5 y 1.0 pulg H_2O ; la velocidad dentro de estas cámaras varía de 1 a 10 pies/seg.

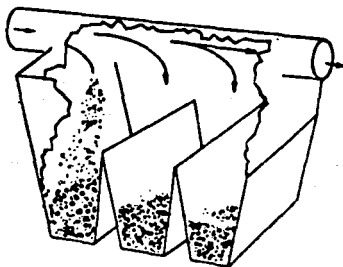


FIGURA 4.2.1.1.a
CAMARA DE SEDIMENTACION

Para grandes volúmenes de emisión, las cámaras de sedimentación deberán ser lo suficientemente grandes, como para reducir la velocidad a 10 ft/seg y proporcionar un tiempo de residencia adecuado para el asentamiento de las partículas de mayor tamaño. La eficiencia de las cámaras se define como:

$$\eta = 100 u_t L / H v$$

donde:

H = Altura de la parte inferior de la salida del gas con referencia al piso.

L = Longitud de la cámara de sedimentación.

v = Velocidad del gas.

u_t = Velocidad de asentamiento bajo condiciones de caída libre.

La eficiencia puede ser cercana a cero para partículas finas (inferiores a 2 μm de diámetro), para partículas entre 2 y 5 μm la eficiencia máxima esperada es del orden de 1 a 2%, mientras que, teóricamente la eficiencia para partículas entre 40 y 100 μm es de aproximadamente del 100 % en flujo laminar.

Una variación de las cámaras de asentamiento simples son las cámaras de sedimentación con "baffles". La adición de "baffles" o deflectores a una cámara de sedimentación simple incrementa la eficiencia de colección. El gas de entrada

sufre un cambio abrupto de dirección en su trayectoria hacia la salida; este cambio de dirección permite que las partículas de polvo de mayor tamaño debido a su momentum, puedan escapar de la corriente gaseosa y sedimentarse más rapidamente en el fondo del colector. El tamaño de los colectores con baffles es inferior al de las cámaras simples y aceptan cargas mayores de gases. Estos equipos pueden ser usados para coleccionar partículas entre 10 y 50 μm de diámetro. Al igual que las cámaras simples son altamente confiables y sus costos de instalación y mantenimiento son bajos.

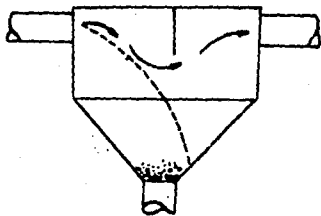


FIGURA 4.2.1.1.b
CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN CON "BAFFLES"

Sus principales aplicaciones se presentan en hornos de cerámica, altos hornos y molinos.

4.2.1.2. CICLONES.

Se rigen bajo el principio de la fuerza centrífuga. Estos equipos son estructuras sin partes móviles que separan la materia particulada de un flujo de gas estando formados por un cilindro con una entrada tangencial a través de la cual entra el gas cargado con polvo, saliendo como gas limpio a través de una tubería axial desde el interior del equipo; también consta de una base cónica y una tolva para facilitar la colección y remoción del polvo.

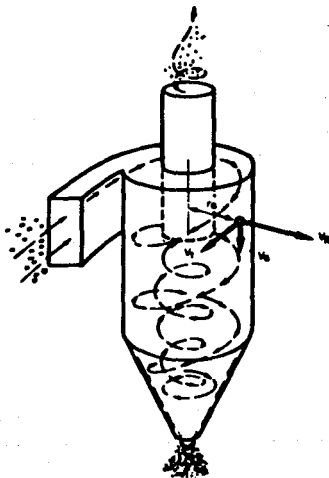


FIGURA 4.2.1.2.a
CICLON

El gas cargado de polvo es introducido produciendo un movimiento giratorio tangencial en la parte cilíndrica como un efecto de su inercia, prosiguiendo su camino hacia la sección cónica inferior; al mismo tiempo otras corrientes espirales siguen una trayectoria ascendente por el interior de las corrientes que viajan hacia la sección cónica, saliendo por la parte superior del equipo.

Las dos fuerzas implicadas en este equipo de control son la centrífuga y la fuerza de arrastre. La primera es impartida a las partículas por el movimiento rotacional del flujo de gas que desciende en el cilindro y la segunda es función de la densidad, el diámetro, la forma de las partículas, etc. Cualquier partícula en la cual la fuerza centrífuga sea mayor que la fuerza de arrastre alcanzará la pared del ciclón y caerá en la tolva donde será colectada. Si el ciclón es muy corto, la fuerza máxima no será ejercida en algunas de las partículas dependiendo de su tamaño y de su correspondiente fuerza de arrastre y por lo tanto el equipo será ineficiente. Si por otro lado el ciclón es muy largo, la corriente de gas iniciará un movimiento contrario a su dirección ascendiendo espiralmente hacia la salida del ciclón antes de llegar a la sección cónica.

Los colectores tipo ciclón son absolutamente confiables

y simples, con bajos costos de inversión, fácil mantenimiento y capacidad para operar a altas temperaturas. Dichos equipos tienden a ser menos eficientes para partículas menores de 10 μm y son los mejores para coleccionar partículas comprendidas entre 15 y 50 μm . En contraste con las cámaras de sedimentación, son mas eficientes con el aumento en la carga de entrada debido a que la interacción entre las partículas se incrementa.

Para promover un incremento en la eficiencia, especialmente para la colección de partículas de tamaño pequeño, puede ser usado un ciclón de diámetro pequeño y sección cónica larga.

La fuerza centrífuga de las partículas esta dada por:

$$f_{\text{cent}} = \frac{m v^2}{r}$$

donde:

m = masa de las partículas.

v = velocidad de las partículas.

r = radio de la trayectoria (aprox. igual que la del ciclón).

La eficiencia de colección aumenta al disminuir el radio del colector. Para obtener una mayor eficiencia se puede usar

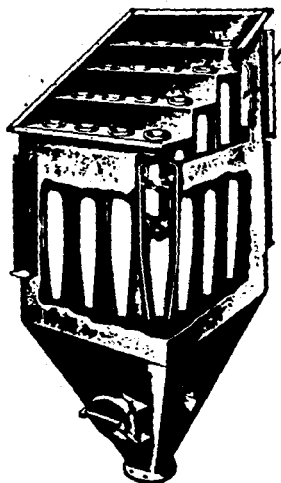


FIGURA 4.2.1.2.b
BANCO DE CICLONES

un banco de ciclones operando en paralelo con una alimentación común en vez de uno simple con diámetro grande. Las partículas más pequeñas pueden ser colectadas con ciclones múltiples, preferentemente de 5 a 20 μm de diámetro.

Los ciclones con diámetros pequeños presentan algunas dificultades, ya que, son más propensos a obstruirse o taponarse y a desgastarse debido a que la velocidad es mucho mas alta que en un ciclón grande.

Estos equipos de control son usados en muchas aplicaciones industriales debido a que no son afectados por las variaciones de temperatura, presión y condiciones atmosféricas. Sus principales usos se observan en fábricas de cemento, industrial metálicas, de alimentos y molinos de granos, plantas de asfalto y refinerías petroleras.

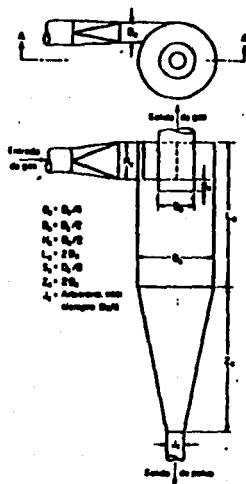


FIGURA 4.2.1.2.c
PROPORCIONES DE UN CICLÓN

REF.: PERRY, R. M., Y D. GREEN, 'PERRY'S CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK', MCGRAW HILL, NEW YORK, N. Y., 1984, PAG 20-84

4.2.2. PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS.

Los precipitadores electrostáticos se encuentran entre los equipos de control de contaminantes más antiguos. Estos equipos son generalmente usados para remover material particulado de corrientes gaseosas las cuales pueden ser fácilmente ionizadas, debido a que en dichos equipos cuando las partículas suspendidas en un gas se exponen a iones gaseosos dentro de un campo electrostático, adquieren una carga y se desplazan bajo la acción del campo.

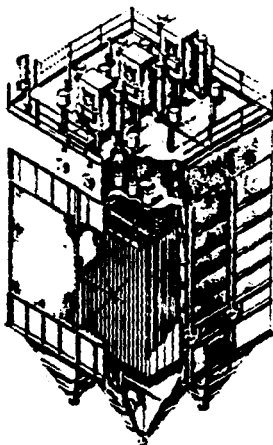


FIGURA 4.2.2.
PRECIPITADOR ELECTROSTATICO

Los mecanismos funcionales de la precipitación eléctrica son los que indicamos a continuación:

1. Ionización del gas.
2. Recolección de partículas.
 - a) Generación de un campo electrostático para provocar la carga y movimiento de las partículas de polvo.
 - b) Retención del gas para permitir el movimiento de las partículas hacia una superficie de recolección.
 - c) Prevención del rearrastré de las partículas recolectadas.
 - d) Separación de las partículas recolectadas del equipo.

Un típico precipitador electrostático consiste de un arreglo de alambres o rejillas en paralelo cargadas negativamente y unas placas colectoras cargadas positivamente.

La colección de partículas se realiza de acuerdo a los mecanismos mencionados con anterioridad. Un alto voltaje es aplicado entre los electrodos negativos y las placas de colección positivas, produciendo un campo electrostático entre los dos elementos. En el espacio libre entre los electrodos la corona (tipo de descarga local que no se llega a propagar) es establecida alrededor del electrodo cargado

negativamente. Como las partículas cargadas en el gas pasan a través de este espacio, la corona ioniza las moléculas de los gases electronegativos (ej: O_2 , CO_2 , SO_2) presentes en la corriente gaseosa. Estas moléculas se adicionan a la vez al material particulado que es introducido en la corriente gaseosa, con lo cual las partículas son cargadas. Estas partículas cargadas migran hacia las placas de colección opuestamente polarizadas. La fuerza del campo electrostático y las propiedades adhesivas de las partículas inhiben su rearrastré. La remoción de las partículas es efectuada por medio de sacudidores que hacen vibrar la placa de colección, con lo cual las partículas caen dentro de las tolvas de colección.

Los precipitadores electrostáticos pueden ser diseñados para operar en un intervalo de eficiencia entre 95 y 99.9%. La eficiencia del control es una función de algunos factores, de los cuales los más importantes son el área específica de colección (esta es el área de las placas o electrodos de colección dividido por el flujo volumétrico del gas).

Las características del gas agotado y los parámetros de la operación de la planta tales como el flujo del gas, la temperatura, el contenido de humedad, la resistividad de las partículas y la distribución del tamaño de partículas también afectan la eficiencia de colección. Una mayor área específica

disminuye la influencia que estos factores tienen sobre la eficiencia global.

Las partículas con resistividades en el intervalo de 10^6 a 10^{10} Ω -cm son las más adecuadas para controlar por medio de precipitadores electrostáticos. La gran mayoría de las partículas originadas en la industria presentan resistividades dentro de este intervalo. Las partículas menos resistivas pueden perder su carga fácilmente al entrar en contacto con las placas de colección pudiendo ser rearrastradas en la corriente gaseosa. Las partículas más resistivas pueden adherirse a las placas de colección y dificultar su desprendimiento, actuando como un aislante y reduciendo la capacidad del electrodo para coleccionar posteriormente material particulado. Debido a que la resistividad es función de la temperatura una eficiente colección de las partículas requiere la selección de la temperatura óptima de operación de un precipitador electrostático.

Una mayor densidad de las partículas finas reduce la descarga de la corona la cual si disminuye significativamente evita que las partículas se carguen reduciendo con ello la eficiencia de colección. En general, una disminución de la eficiencia ocurre en el intervalo de 0.1 a 1μ de diámetro.

Las gotas de agua que entran en la corriente gaseosa pueden encapsular las partículas disminuyendo así su resistividad. Altos flujos volumétricos disminuyen el tiempo de residencia en los precipitadores electrostáticos, reduciendo el número de partículas cargadas que migran a las placas de colección. La velocidad de migración de las partículas y la rapidez con que las partículas cargadas viajan hacia las placas de colección, también afectan la eficiencia y las especificaciones de diseño de estas unidades. Una baja velocidad de migración indica una menor captura de las partículas por unidad del área de la placa de colección. Las pequeñas partículas usualmente tienen menor velocidad de migración que las partículas grandes. El área superficial de los electrodos de colección puede ser incrementada para las aplicaciones que envuelvan grandes cantidades de partículas pequeñas.

Las principales ventajas de los precipitadores electrostáticos son su confiabilidad, bajos requerimientos de mantenimiento, requerimientos de potencia bajos, alta eficiencia de colección en un intervalo amplio de tamaño de partículas y la capacidad de operar con corrientes gaseosas relativamente húmedas. Sin embargo, los precipitadores electrostáticos presentan algunas desventajas: los cambios en las propiedades del gas y en las distribuciones del tamaño de partícula pueden alterar la eficiencia de colección; las

partículas inorgánicas con bajas resistividades son difíciles de colectar y este tipo de equipos deberán ser calentados durante el arranque y paro para evitar corrosión originada por la condensación de gases ácidos.

La eficiencia de colección para partículas en precipitadores electrostáticos se rige por la ecuación de Deutsch-Anderson:

$$\eta = 1 - \exp(-wA/V)$$

donde:

A = Área del electrodo de colección del precipitador, ft².

V = Volumen del gas, ft³/min.

w = Velocidad de migración, ft/min.

Algunas de las aplicaciones de los precipitadores electrostáticos se presentan en la eliminación del alquitrán de gases manufacturados, separación de neblinas ácidas e impurezas en plantas de ácido sulfúrico por contactos, recuperación de neblinas de ácido fosfórico, eliminación de polvos en gases provenientes de calcinadores, máquinas de sinterización, calcinadores, hornos de cemento y cal, altos hornos, hornos de negro de humo, regeneradores en unidades de catalizadores fluidos, hornos de recuperación química en molinos de sosa y pulpa de sulfato y en reactores para yeso.

4.2.3. FILTRACION EN SECO.

Los componentes básicos de un sistema de filtración en seco incluyen un medio filtrante en forma de bolsas, un soporte de las bolsas, un conducto para el gas y un mecanismo para desprender de las bolsas el polvo acumulado.

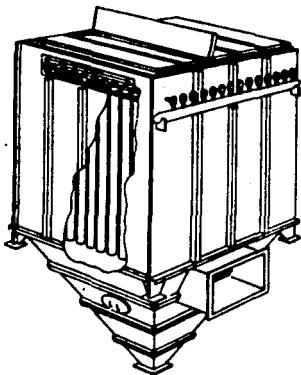


FIGURA 4.2.3
FILTROS DE BOLSA

El gas cargado de partículas normalmente se introduce en la parte inferior del sistema de filtración cercano a las tolvas de colección. Este gas asciende a través del equipo por la parte externa o interna de las bolsas, dependiendo del diseño específico. La colección de las partículas se lleva a

cabo por medio de numerosos mecanismos, entre ellos, impacto inercial, difusión, filtración directa, atracción electrostática y asentamiento gravitacional.

Las bolsas sirven como una estructura de soporte para las partículas acumuladas o la "torta" formada en el filtro. La formación de una "torta" seca y porosa es deseable, debido a que ofrece una área superficial adicional para la colección de las partículas. Eventualmente, el paso del flujo de gas llega a ser bloqueado, causando una caída de presión que puede ser excesiva, con lo cual, puede poner en peligro la integridad estructural de la unidad y el rendimiento del ventilador. Debido a lo anterior la "torta" deberá removerse periódicamente de las bolsas, lo cual es típicamente realizado por sacudimiento mecánico, limpieza con aire en flujo inverso o limpieza con pulsos de chorro invertido. El polvo cae dentro de las tolvas de colección de donde es eliminado posteriormente.

Los sistemas de filtración comercialmente disponibles emplean fieltro o telas de tejido plano como medio filtrante. Las telas de tejido plano son hechas de fibras entrelazadas con hilo mientras que el fieltro tiene una base tejida llamada soporte, con hebras cortas de fibra colocadas dentro del soporte. Un tejido se selecciona basándose en sus características térmicas, químicas y mecánicas. Algunos

tejidos son más adecuados que otros para operar a altas temperaturas, algunos más tienen un buen comportamiento ante la presencia de gases ácidos, mientras que otros son buenos al coleccionar partículas viscosas, debido a que estas poseen características que las hacen fácilmente desprendibles. En general los filtros de tela son más adecuados para velocidades bajas de filtración (1 a 2 pies/min) y los fieltros son más usados para altas velocidades (arriba de 5 pies/min).

Los filtros de bolsa pueden ser arreglados en tres formas diferentes: tubos, en forma de envoltura (es decir bolsas planas con un pliegue o costura en un extremo) o cartuchos plegados.

Los diseños de tubo y envoltura son los más comunes y pueden usarse tanto tela como fieltro. El diseño de cartucho usa una fibra entrelazada de manera similar al papel y semejante al filtro de entrada de aire de una máquina de combustión interna.

Los parámetros de diseño y operación que determinan el rendimiento de los filtros de tela son la relación aire-tejido (permeabilidad del aire) y la caída de presión. La relación aire-tejido (permeabilidad del aire) es el flujo volumétrico de la corriente del gas (pies³/min) dividido

entre el área superficial de la tela (pies²). A una mayor relación aire-tejido, los filtros de bolsa serán más pequeños, lo que hará que la velocidad aumente y por lo tanto se tenga una mayor caída de presión.

Los filtros de tela con sacudidores mecánicos y flujo inverso hechos con telas de tejido plano tienen generalmente una baja relación aire-tejido que va desde 2.0 hasta 3.5 dependiendo del tipo del polvo que va a ser colectado. Los colectores con pulsos de chorro invertido de fieltro tienen una alta permeabilidad (relación aire-tejido) que varía en un intervalo de 5 a 12.

La caída de presión a través del filtro es una función de la velocidad de la corriente gaseosa que pasa a través del filtro y una combinación de la resistencia de la tela y de la capa de polvo acumulada. Para evitar problemas de operación y excesivos requerimientos de potencia, la máxima caída de presión a través del filtro debe ser limitada entre 5 y 8 pulg H₂O.

Las principales ventajas de controlar las emisiones de partículas con filtros de tela incluye el funcionamiento que es independiente del flujo, la eficiencia de colección uniforme sobre un amplio intervalo de tamaños de partícula y la eficiencia de colección que es independiente de la

resistividad de las partículas.

Un colector bien diseñado y adecuadamente dimensionado, puede operar con una eficiencia arriba del 99%, frecuentemente tan alta como el 99.99%. Algunas de las causas de la ineficiencia de los filtros de tela son el resultado de no advertir daños en la tela, sellados defectuosos o fugas. Cualquier penetración de polvos a través del filtro que pueda ocurrir, es mayor durante o inmediatamente después de la limpieza.

Algunas de las desventajas de este tipo de equipo son la obstrucción del medio filtrante debido a condensaciones de la corriente gaseosa, la cementación de la "torta" del filtro debido al manejo de humedad y gases a baja temperatura (especialmente en la presencia de cal proveniente de un lavador); la salida de altas concentraciones de partículas en donde la bolsa se encuentre rota. Además se tiene que si algunas partículas son viscosas o tienen un alto contenido de humedad pueden adherirse a las bolsas de tela, y la operación para poder desprenderlas resulta muy difícil.

Varios tipos de telas y diferentes tejidos pueden ser usados en los filtros tipo bolsas. Algunos factores a considerar en la selección de las telas son su temperatura de fusión, su resistencia a los ácidos y bases, su permeabilidad

y su resistencia a la abrasión y a la contracción (encogimiento).

**CUADRO 4.2.3.
CARTA DE SELECCION DE FIBRAS**

FIBRA	RESISTENCIA A LA TENSION	RESISTENCIA A LA ABRASION	RESISTENCIA QUIMICA		FLAMABILIDAD resiste a la combustion?	TEMPERATURA RECO- MENADA (°F)	
			ACIDA	BASICA		CONTINUA	CRITICA
ALGODON	BUENA	REGULAR	DEFICIENTE	ECELENTE	SI	+ 180	+ 225
POLIPROPILENO	ECELENTE	BUENA	ECELENTE	ECELENTE	SI	+ 190	+ 190
VIDRIO	ECELENTE	DEFICIENTE	BUENA	DEFICIENTE	NO	+ 500	+ 550
NYLON	ECELENTE	ECELENTE	DEFICIENTE	ECELENTE	SI	+ 200	+ 250
DACKON	ECELENTE	ECELENTE	BUENA	ACEPTABLE	SI	+ 275	+ 325
OFELON	REGULAR	REGULAR	MUY BUENA	ACEPTABLE	SI	+ 240	+ 260
LANA	DEFICIENTE	REGULAR	ACEPTABLE	DEFICIENTE	NO	+ 200	+ 250
MOPEL	MUY BUENA	MUY BUENA	ACEPTABLE	MUY BUENA	NO	+ 400	+ 425
TEFLON	DEFICIENTE	BAJA	ECELENTE	ECELENTE	NO	+ 450	+ 500
POLITETILENO	ECELENTE	ECELENTE	ECELENTE	ECELENTE	SI	+ 150	+ 212

Los filtros de tela son frecuentemente puestos en serie despues de un colector mecánico para capturar las partículas pequeñas no colectadas por dicho colector.

Partículas abajo de $0.01 \mu\text{m}$ de tamaño pueden ser eficientemente colectadas. Estos filtros son generalmente usados en hornos de cemento, chimeneas de hornos, altos hornos de acero, y en operaciones de manejo de granos.

4.2.4 LAVADORES.

Los lavadores representan una clase de equipos para eliminar polvos y nieblas de gases en los que un líquido, que casi siempre es agua, se agrega o se hace circular para ayudar en el proceso de recolección. Dichos equipos son los más comunes para controlar emisiones inorgánicas.

La naturaleza iónica de los ácidos, bases y sales hace a estos compuestos buenos candidatos para removerlos de la corriente de aire o gas por medio de los lavadores, ya que la separación iónica que se lleva a cabo en el agua crea ventajas en las condiciones de equilibrio. La remoción puede ser frecuentemente mejorada mediante la manipulación de las propiedades químicas de las soluciones lavadoras (ej. solución de NaOH para una corriente ácido-gas).

Los lavadores pueden ser usados para controlar especies covalentes, tales como cloro, difluoruro de oxígeno y tricloruro de fósforo. Sin embargo, las técnicas de remoción disponibles para compuestos iónicos no son generalmente aplicables a estas sustancias porque el ajuste del pH tiene muy poco o ningún impacto en el equilibrio acuoso de estas sustancias. En estos casos, la capacidad para remover eficientemente un compuesto es significativamente influenciada por la solubilidad del gas en el agua.

La selección del tipo de lavador que se va a utilizar depende principalmente de:

- 1) El tamaño de la partícula del dispersoide que se desea separar.
- 2) La eficiencia de recolección buscada.
- 3) La caída de presión permisible.

CUADRO 4.2.4
TAMAÑO MÍNIMO DE PARTICULA PARA VARIOS TIPOS DE LAVADORES

TIPO DE LAVADOR	Caída de presión pulg H ₂ O	Tamaño min. partícula μ m
Torres rociadoras	0.5 - 1.5	10
Lavadores ciclónicos de rocío	2 - 10	2 - 10
Lavadores de platos	2 - 50	1 - 5
Lavadores de lecho empacados	2 - 50	1 - 10
Lavadores de lecho fluidizado	2 - 50	1 - 10
Lavadores de orificios	5 - 100	1
Lavadores venturi	5 - 100	0.8
Lavadores de lecho fibroso	5 - 25	0.5

Existen una gran cantidad de tipos de lavadores siendo los más comunes las torres empacadas y las torres de esparado, así como también los lavadores ciclónicos de rocío de los cuales se da a continuación una breve descripción.

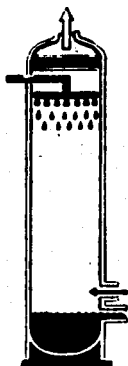
4.2.4.1. TORRES DE ASPERSION.

Estas torres operan basadas en los principios de la absorción. Los contaminantes en forma de gases o nieblas son transferidos desde la corriente gaseosa hacia el líquido lavador, en tanto que el gas no alcance la condición de equilibrio en la corriente líquida.

En este tipo de lavador se producen gotitas líquidas por medio de boquillas de rocío y se dejan asentar a través de una corriente de gas en ascenso. Las gotitas deben tener tamaños que varíen de 500 a 1000 μm de diámetro. Esto proporciona una eficiencia de recolección óptima y asegura que la mayoría de las gotitas tendrán una velocidad de sedimentación mayor que la velocidad ascendente de la corriente de gas, que es normalmente alrededor de 2 y 4 pies/s.

La caída de presión típica en una torre de esparado

varia entre 1 y 2 pulg H₂O (0.25 y 0.5 kPa), y la relación de diseño líquido-gas se encuentra generalmente entre el



**FIGURA 4.2.4.1
TORRE DE ASPERSION**

intervalo de 20-100 gal/1000 pies³ (3-14 l/m³). El líquido puede ser recirculado para reducir los requerimientos de agua.

Estas torres son generalmente simples en su operación y mantenimiento, y tienen relativos bajos requerimientos de energía (necesitan una potencia del ventilador de alrededor de 3×10^{-4} kW/pie²/min). Sin embargo, sus desventajas son la relativamente alta cantidad de agua a usar, la baja eficiencia de remoción de nieblas con diámetros de partículas de menos de $5 \mu\text{m}$ y la generación de agua de desecho.

La instalación y operación de las torres rociadoras son relativamente baratas, pero su economía se ve fuertemente influenciada por los costos en el manejo de aguas de desecho, los cuales pueden ser altamente variables debido a los factores específicos del lugar. Los costos de inversión dependen principalmente de los costos de almacenamiento, del sistema de tratamiento químico y del sistema de tratamiento de las aguas de desecho. Otros costos adicionales que afectan los costos de operación incluyen los requerimientos de potencia de bombas y ventiladores así como el tratamiento químico para el líquido lavador.

4.2.4.2. LAVADORES CICLONICOS DE ROCIO.

Este tipo de lavadores es una modificación de los lavadores anteriormente descritos, en los cuales la eficiencia de recolección de gotitas de rocío se incrementa.

aumentando la velocidad relativa entre el gas sucio y las gotitas. Los lavadores ciclónicos de rocío, tienen la ventaja de la fuerza centrífuga dentro de una corriente de gas en rotación.

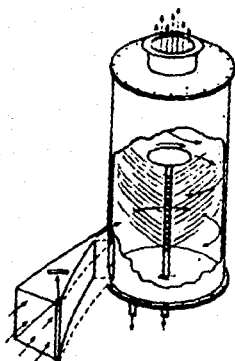


FIGURA 4.2.4.2
LAVADOR CICLÓNICO DE ROCÍO

El tamaño óptimo de gota para estos lavadores es de 40 a 200 μm de diámetro, que es considerablemente más fino que el tamaño recomendado para torres de rociado de tipo gravitacional.

4.2.4.3. LAVADORES DE PLATOS.

La placa de choque consiste en una hoja perforada que tiene entre 800 y 3000 orificios/pie². y un conjunto de deflectores de choque acomodados de tal manera que uno de estos queda ubicado directamente encima de cada perforación, a una distancia que corresponde, en forma aproximada, a la posición de vena contracta de los chorros de gas.



**FIGURA 5.2.4.3.
LAVADOR (TORRE) DE PLATOS**

El gas penetra en la base de la torre rociadora, en donde se separa el polvo más grueso. Los rociadores sirven también para regar la base de la primera placa, con el fin de minimizar los depósitos.

La velocidad del gas al pasar por los chorros es de 75 a 100 pies/s. Esto atomiza al líquido en gotitas del orden de 100 μm de diámetro. Estas gotitas, y no los deflectores, son las que constituyen en realidad los cuerpos recolectores del lavador. La caída de presión es de 1.5 pulg H_2O , aproximadamente, por placa.

4.2.4.4. LAVADORES DE LECHO EMPACADO.

Las torres empacadas se utilizan, en general, para destilaciones y absorciones, pero casi nunca para la recolección de partículas. Las excepciones incluyen elementos como los lechos de coque y piedras que se utilizan para las nieblas de ácido sulfúrico, los filtros de arena que se emplean para la eliminación de desechos radiactivos así como algunos lavadores de polvo y neblina.

El mecanismo de recolección predominante es el impacto por inercia del gas y el aerosol con alta velocidad, contra las gotitas atomizadas y la aspersión del líquido. Las torres de lecho empacado tienen incorporado un sistema de distribución de líquido en la parte alta de la torre, el cual fluye sobre un lecho de empaques acomodados o en forma aleatoria. El empaque aleatorio puede estar formado por fragmentos de piedra o por empaques con formas diseñadas técnicamente, que intentan maximizar el área superficial disponible para el líquido y minimizar la caída de presión.

Los lechos empacados pueden remover nieblas muy finas, mientras que se utilicen empaques de mayor tamaño para prevenir el taponamiento ante la presencia de partículas gruesas. La corriente gaseosa puede ser introducida en varios puntos del sistema. Un separador elimina el líquido contenido en la corriente de gas antes de que éste sea descargado hacia la chimenea. El flujo de gas puede introducirse a contracorriente, a corriente cruzada o en corriente paralela. Los equipos más comunmente instalados son de diseño de flujo a contracorriente, los cuales usualmente requieren altas relaciones líquido-gas y son más adecuados cuando las cargas de partículas son mayores. También proporcionan las mayores eficiencias teóricas de remoción.

debido a que el gas con una menor concentración de contaminantes entra en contacto con el líquido con la menor concentración de contaminantes, de esta forma se maximiza la fuerza accionadora de la absorción.

Los diseños a corriente cruzada, en general, son menos probables de sufrir taponamientos, tienen menor caída de presión y requieren bajas relaciones líquido-gas. Son aplicables cuando los gases son altamente solubles, debido a que ofrecen un menor tiempo para la absorción, además tienden a aceptar un mayor flujo de líquido de entrada.

Los diseños en corriente paralela tienen menor caída de presión, no están sujetos a limitaciones por inundación y son mas eficientes para la remoción de nieblas finas (submicrónicas). Son eficientes únicamente cuando esten disponibles grandes fuerzas accionadoras de la absorción y la remoción esta limitada por el acercamiento del sistema líquido-gas a la condición de equilibrio en la parte baja de la torre.

Las caídas de presión en torres empacadas varía desde 1 a 8 pulg H₂O (0.25 - 2.0 kPa). Las relaciones típicas de líquido-gas son de 10 a 20 gal/1000 pies³ (1 a 3 l/m³). Como

en las torres de rociado, el líquido puede ser recirculado para reducir los requerimientos de agua.

Los lavadores de torre empacada pueden alcanzar altas eficiencias de remoción y tienen requerimientos de consumo de agua relativamente bajos (cerca de 0.75 a 3.7 gal/1000 pies³, contra 20 a 100 gal/ 1000 pies³ para torres de rociado). Las principales desventajas incluyen sistemas con altas caídas de presión (arriba de 3 veces mas altas que las torres rociadoras), un potencial relativamente alto de taponamiento e incrustaciones, costos de mantenimiento potencialmente altos, y requerimientos de disposición de las aguas de desecho.

Los lavadores de lecho empacado son mas caros de instalar y operar que las torres de rociado y su economía está fuertemente influenciada por los costos de disposición de las aguas de desecho. En adición a los requerimientos de potencia de bombeo, ventilación y tratamiento químico para el líquido lavador, están los costos de operación asociados con el mantenimiento del empaque.

4.3. EQUIPOS DE CONTROL DE GASES Y VAPORES.

Las técnicas y los equipos usados para controlar un contaminante gaseoso dependen de las propiedades específicas del gas a ser controlado. Las técnicas de control son generalmente clasificados bajo cualquiera de los cinco métodos diferentes de tratamiento: absorción, adsorción, combustión, colección en sistemas cerrados y sistemas de recuperación, y enmascaramiento y neutralización. Aunque los equipos que aplican estos métodos son inicialmente diseñados para controlar emisiones gaseosas, algunos pueden ser usados para reducir emisiones visibles y partículas.

4.3.1. EQUIPOS DE ABSORCION.

Son equipos que físicamente contienen un absorbente líquido a través del cual pasa la corriente del gas efluente. La eficiencia depende de la magnitud del contacto superficial entre el gas y el líquido (a mayor superficie existe una mayor absorción), el tiempo en el que se permite que el gas este en contacto con el líquido, la concentración del medio de absorción y la velocidad de reacción entre el absorbente y

el gas. Los arreglos y diseños están planeados para obtener una máxima remoción de contaminantes gaseosos de la corriente del gas efluente.

Algunos de los tipos de absorbedores se describen a continuación, los cuales tienen tanto similares aplicaciones como problemas de operación debido a que se rigen bajo el mismo mecanismo.

Uno de los problemas de operación en el uso de todos los tipos de absorbedores es que la temperatura debe permanecer abajo de 100°C para mantener al absorbente en estado líquido, lo cual significa que la corriente de gases no puede ser tratada sin un previo enfriamiento. Unos separadores deben ser instalados después de los absorbedores para prevenir un sobrecarreo del absorbente y evitar crear un nuevo problema de contaminación.

Las aplicaciones de los equipos de absorción incluyen la remoción de SO_x en gases efluentes de quemadores que utilizan carbón de las plantas generadoras de vapor, SO_x de los gases de fundición, vapores de ácido sulfúrico provenientes de la manufactura de pigmentos de pinturas, sulfuro de hidrógeno del gas natural y de los gases de refinación del petróleo, cloro gaseoso producido en procesos químicos, halógenos, bióxido de carbono, bióxido de nitrógeno de industrias que

producen ácido nítrico y sulfúrico así como cloruro de hidrógeno gaseoso proveniente de procesos de platinado.

4.3.1.1. TORRES EMPACADAS.

Al igual que para el control de partículas, las torres empacadas para el control de contaminantes gaseosos se rigen bajo los mismos principios y consisten de elementos similares. Las torres empacadas son efectivas para remover nieblas (partículas líquidas de 10 μm o más pequeñas formadas por la condensación de moléculas de la fase vapor).

4.3.1.2. TORRE DE PLATOS.

Consiste de una envolvente vertical en la cual un gran número de platos perforados, igualmente espaciados, han sido colocados. Las burbujas de los gases y vapores ascienden a través del sello del líquido sobre cada plato. El paso de los gases a través de las perforaciones previene que el líquido pase a través de ellas. En un extremo de cada plato un conducto llamado derramadero es colocado para facilitar el paso del líquido de plato a plato descendientemente.

Las torres de platos, debido a su diseño, son preferidas

respecto a las torres empacadas cuando los líquidos contienen sólidos suspendidos, o gases tóxicos relativamente insolubles, debido a su facilidad de limpiar y poder manejar grandes cantidades de líquido. Cuando el calor de solución debe ser removido, la torre de platos es más adecuada por la fácil instalación de serpentines de enfriamiento; sin embargo, los costos iniciales son mayores para una torre de platos que para una torre empacada.

4.3.1.3 TORRES DE ROCIADO.

Estos equipos también cumplen las mismas funciones y poseen elementos idénticos que las torres de rociado para la colección de material particulado.

4.3.1.4. LAVADOR DE CHORRO DE LIQUIDO.

Es un equipo formado por dos cámaras, en las cuales, el absorbente entra en una de ellas por la parte superior como un chorro rociado contra el flujo de gas efluente que es inducido en la parte superior. Este chorro atomiza el absorbente o genera diminutas gotas de líquido que interceptan las partículas pequeñas, incrementando de esta forma la eficiencia de colección. Los gases no condensables

son expulsados por la otra cámara.

4.3.1.5. TANQUES AGITADOS.

Contienen un equipo de agitación que origina una turbulencia por el esparcimiento del absorbente y el gas efluente contra los baffles y platos colocados en un costado. Esta turbulencia hace que la absorción de los gases por el líquido absorbente sea mucho más satisfactoria cuando los gases efluentes contienen tanto gases contaminantes como partículas.

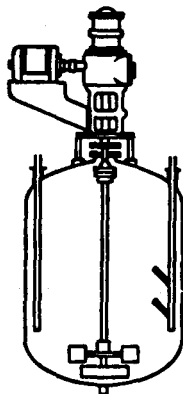


FIGURA 4.3.1.5.
TANQUE AGITADO

4.3.2. EQUIPOS DE ADSORCION.

La adsorción está basada en la reacción de los gases con un sólido adsorbente lo cual ocurre cuando las moléculas o átomos son concentrados unicamente en la interfase del sólido. Este mecanismo se lleva a cabo mediante el paso del gas efluente a través del sólido adsorbente contenido en un equipo de colección por adsorción.

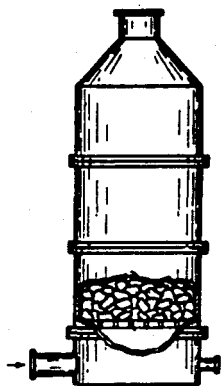


FIGURA 4.3.2.
ADSORBEDOR DE CARBON ACTIVADO

Los equipos de adsorción pueden ser usados para recuperación de alcohol isopropílico de plantas de procesamiento de cítricos, recuperación de metil cloroformo en plantas de procesamiento de películas para cine, recuperación de vapores de alcohol etílico de almacenes (depósitos) de licores y remoción de contaminantes del aire primordialmente el que se usa en cuartos de operación o en cuartos de control electrónico.

Algunos de los principales tipos de adsorbedores se describen a continuación:

4.3.2.1. ADSORBEDORES DE LECHO FINO.

Este tipo de equipos utilizan carbón activado como adsorbente en capas delgadas ($\frac{1}{2}$ pulg de espesor) la cual economizará potencia debido a la menor resistencia al paso del aire. EL adsorbente puede estar contenido en un diseño de "canister" o en uno de celda plegada.

El adsorbedor de capa delgada, es muy usado en la purificación del aire que es inducido hacia interiores de edificios. El aire, aunque algunas veces se encuentra altamente contaminado está al mismo tiempo altamente diluido con lo que los contaminantes se encuentran de esta forma en

cantidades unicamente de trazas. La adsorción es rápida y los contaminantes no pueden acumularse en la superficie lo suficiente, como para reducir la eficiencia de colección de la capa de lecho delgado del adsorbedor.

4.3.2.2. ADSORBEDORES DE LECHO PROFUNDO.

Usan también carbón activado como adsorbente en capas más gruesas que $\frac{1}{2}$ pulg.; pueden ocupar una mínima cantidad de espacio y además su fabricación es más sencilla que los adsorbedores de capa fina.

Los adsorbedores de capa delgada pueden ser usados en aquellos lugares en que el ahorro en costos de potencia esté determinado por otros factores. En algunos casos como en la purificación del aire que sale de edificios (pueden acarrear grandes concentraciones de contaminantes), la acumulación de contaminantes sobre el adsorbente puede ocurrir rápidamente en un adsorbedor de lecho delgado por lo cual se prefiere el uso de los de capa profunda.

4.3.2.3. OTROS DISEÑOS.

Existen una gran variedad de diseños como los

adsorbedores de lecho fijo en cilindros verticales u horizontales, adsorbedores de lecho móvil contenidos en un recipiente rotatorio dentro de una envolvente y adsorbedores en serie. Cada diseño tiene alguna ventaja en una aplicación específica bajo un conjunto de condiciones dadas.

4.3.3. COMBUSTION.

Muchos compuestos orgánicos desprendidos en operaciones de manufactura pueden ser convertidos a compuestos inofensivos como CO_2 y H_2O por medio de combustión (oxidación rápida).

Para obtener una completa combustión, deberá suministrarse la adecuada proporción de oxígeno, temperatura, turbulencia y tiempo (las 3 "T's" de la combustión).

Oxígeno. - Es necesario para llevar a cabo la combustión. Los productos finales de la combustión dependen del suministro de oxígeno. Por ejemplo, cuando el metano es quemado con insuficiente cantidad de oxígeno, el resultado es carbón sólido, la formación de partículas de hollín y humo. Con suficiente oxígeno, el carbón es quemado hasta CO_2 .

Temperatura. - Deberá ser mantenida a valores de ignición

(temperatura a la cual es generado más calor por la reacción que la que se pierde a los alrededores). Las temperaturas de ignición para la combustión de sustancias combustibles cubre un intervalo muy grande; por ejemplo: el azufre a 470°F, el carbón a 650°F, el metano de 1170°F a 1300°F, el CO de 1130°F a 1215°F. Puede requerirse un aislamiento para evitar pérdidas de calor del sistema. Una altura adecuada de la chimenea deberá ayudar a mantener las temperaturas del gas mayores que la del aire a temperatura ambiente, la cual es una condición que ayuda a maximizar la dilución en la atmósfera.

Turbulencia. - Proporciona un mezclado íntimo entre el oxígeno y la sustancia combustible todo el tiempo. Deflectores (baffles) o toberas de inyección pueden ser requeridas para mantener la turbulencia necesaria. La forma y altura de la chimenea pueden ser factores necesarios para proporcionar una adecuada turbulencia.

Tiempo. - Para obtener un eficiente quemado en una cámara de combustión de tamaño apropiado deberá proporcionarse un tiempo adecuado. Incrementando la altura de la chimenea se proporciona más tiempo para el quemado y por lo tanto, se reduce la cantidad de humo emitida.

El tipo del proceso de combustión a usar, depende del

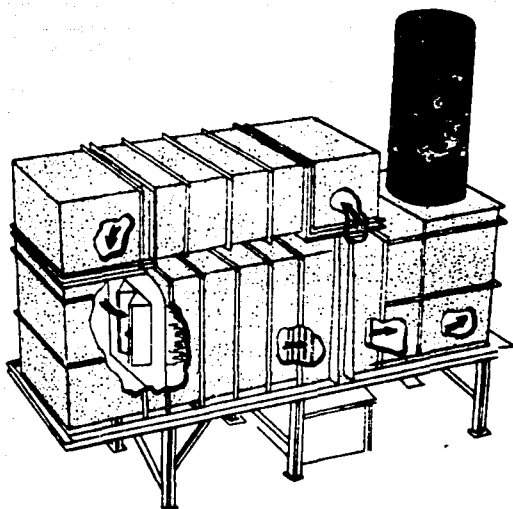
tipo de combustible a ser quemado. Sin embargo, si los combustibles son sólidos, líquidos o gaseosos, la mayoría contienen C, H, O, y S los cuales producen CO_2 , CO, SO_2 , H_2O e hidrocarburos no quemados.

La remoción del azufre mejora la combustión del carbón, tanto como para reducir la contaminación por óxidos de azufre.

La combustión puede ser clasificada como combustión en hornos, combustión a la flama y combustión catalítica.

4.3.3.1. COMBUSTION EN HORNOS.

Es un proceso en el cual son necesarios un gas, un combustible auxiliar, aire para combustión y una cámara de combustión. La combustión en hornos está clasificada como oxidación térmica cuando los gases contaminados tienen un contenido de combustible por debajo del límite explosivo. La oxidación térmica del gas contaminante a CO_2 y vapor de H_2O , se completa al exponerlo a una flama alimentada con el combustible y aire que eleva la temperatura del incinerador a intervalos de 1000 a 1500°F por medio de un mezclado turbulento. Una pequeña flama de azul intenso, permite completar la oxidación dentro de un espacio confinado.



**FIGURA 4.3.3.1.
OXIDACION TERMICA**

La combustión en hornos es clasificada como combustión a flama directa, cuando los gases contaminados contienen el suficiente combustible como para desarrollar una flama en presencia de una adecuada cantidad de aire auxiliar. El calor generado oxida los contaminantes descargando un aire limpio a la atmósfera. Este tipo de combustión produce una flama amarilla luminosa.

La combustión en hornos puede ser usada para controlar metilmercaptanos, sulfuro de hidrógeno y olores de sulfuro de metilo; control de vapores de pintura y barniz de "cookers"; control de olores de tostadores de café y control de vapores y partículas de incineradores de casas habitación. Postquemadores son usados para efectuar una combustión completa de los gases efluentes del incinerador adicionándose también una cámara de sedimentación para colectar las partículas.

4.3.3.2. COMBUSTION A LA FLAMA.

Se conoce también como combustión directa; se lleva a cabo mezclando directamente un gas con aire para producir una flama abierta. Un piloto eléctrico es usado en la parte alta de la chimenea para iniciar la ignición de la flama. La flama abierta aparece cuando el oxígeno en el aire que rodea la flama, entra en contacto con los hidrocarburos unicamente por difusión.

Todas las plantas de proceso que manejan hidrocarburos, hidrógeno, amoniaco, cianuro de hidrógeno u otros gases tóxicos y peligrosos están sujetas a condiciones de emergencia, las cuales ocasionalmente requieren un inmediato

desprendimiento de grandes volúmenes de tales gases para proteger a la planta y al personal. Las flamas de combustión son el mejor medio para la dispersión de estos contaminantes.

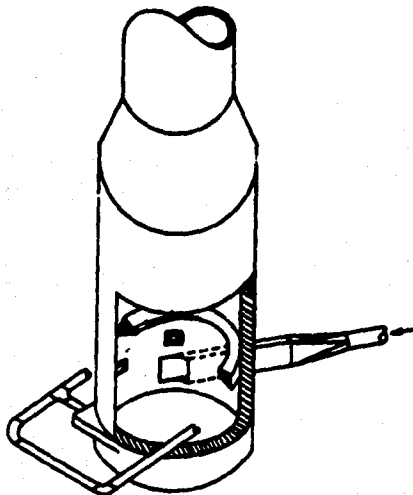


FIGURA 4.3.3.2.
COMBUSTION DIRECTA

4.3.3.3. COMBUSTION CATALITICA.

Es un proceso de combustión a baja temperatura que se controla por medio de una emisión gaseosa; es usado cuando

los gases sirven de enfriadores o limpiadores, esto es, cuando la corriente de gas contiene material combustible gaseoso o vaporizado con poca cantidad de material particulado.

Los gases del proceso, a una temperatura de 600°F aproximadamente, son dirigidos hacia o sobre un lecho de material catalítico, donde la temperatura aumenta y la oxidación se desarrolla para consumir o destruir elementos indeseables en los gases. El catalizador acelera la rapidez

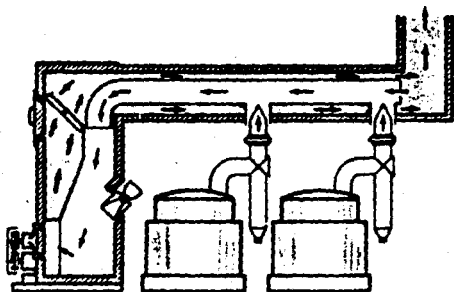


FIGURA 5.3.3.3.
COMBUSTION CATALITICA

de oxidación de los combustibles en los gases de proceso y en concentraciones bajo su intervalo de flamabilidad. Esta técnica requiere menor consumo de combustible. Las aleaciones de platino, así como algunos óxidos o pentóxidos de vanadio son frecuentemente usados como catalizadores debido a su capacidad para producir las mas bajas temperaturas de ignición catalítica.

Algunas aplicaciones de esta técnica se encuentran en hornos para litografía, hornos de cocimiento de pintura, plantas de fabricación de ácido nítrico y plantas de suministro de aceites y grasas.

4.3.4. OTROS CONTROLES PARA CONTAMINANTES GASEOSOS.

En el caso de tanques de almacenamiento de petróleo, donde existe una considerable evaporación, es posible el colectar y condensar los vapores de hidrocarburos en un tanque de lecho flotante para prevenir las pérdidas a la atmósfera. Esto es referido como un sistema cerrado de colección y recuperación.

En el control de olores, el enmascaramiento y neutralización pueden ser llevados a cabo adicionando un elemento con un olor agradable en una concentración lo

suficientemente alta como para enmascarar el mal olor o por combinar un par de olores mezclados en concentraciones apropiadas como para que puedan neutralizarse el uno al otro. Deberá tenerse especial cuidado para asegurar que en la eliminación de olores, las sustancias empleadas en áreas de trabajo no sean tóxicas, corrosivas o alérgicas.

Un ejemplo de enmascaramiento, es la inyección de vainilla dentro de un clarificador primario en plantas de tratamiento de lodos, para reducir los olores causados por el escape de sulfuro de hidrógeno y metano. Muchos odoríficos pueden existir como líquidos bajo condiciones ambientales; el enfriamiento de tales vapores puede remover mucho del olor por medio de una simple condensación del vapor.

Muchos gases orgánicos y vapores, responsables de los olores pueden ser convertidos a compuestos inodoros por medio de formas apacibles de oxidación química, usando oxidantes tales como cloro, ozono o permanganato de potasio. La remoción de harina de pescado es un ejemplo de aplicación de oxidación química.

CAPITULO V

SELECCION DEL EQUIPO DE CONTROL DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

5.1. PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCION.

Existen un gran número de factores que deben ser considerados antes de seleccionar un equipo específico de control de contaminación atmosférica. En general, estos factores pueden ser agrupados en dos grandes categorías: ingeniería ambiental y económico.

INGENIERIA AMBIENTAL

CARACTERISTICAS FISICAS:

1. Localización del equipo.
2. Espacio disponible.
3. Condiciones del medio ambiente.
4. Disponibilidad de servicios adecuados (potencia, agua, etc.) e instalaciones secundarias (tratamiento y disposición de desechos, etc.).
5. Emisiones máximas permisibles (normas de

contaminación atmosférica).

6. Consideraciones estéticas. (emisiones visibles de vapor y agua).
7. Contribución de los sistemas de control de contaminación del aire a las aguas de desecho y contaminación de la zona.
8. Contribución de los sistemas de los sistemas de control de contaminación atmosférica a los niveles de ruido de la planta.

Características de las corrientes contaminantes:

1. Propiedades físicas y químicas.
2. Concentración.
3. Forma y distribución de tamaños de partícula (en el caso de partículas, reactividad química, corrosividad, abrasividad, toxicidad, etc.).
4. Flujo volumétrico.
5. Temperatura.
6. Presión.
7. Humedad.
8. Composición.
9. Viscosidad.
10. Densidad.
11. Reactividad.
12. Combustibilidad.

13. Corrosividad.
14. Toxicidad, etc.

Características de diseño del equipo de control:

1. Tamaño y peso del equipo.
2. Curvas de eficiencia.
3. Caída de presión.
4. Confiabilidad.
5. Capacidad de desmantelar.
6. Requerimientos de potencia.
7. Requerimientos de servicios.
8. Limitaciones de temperatura.
9. Flexibilidad para cumplir con normas de contaminación atmosférica más estrictas.

ECONOMICO

1. Costos de capital (equipo, instalación, ingeniería, etc.).
2. Costos de operación (servicios, mantenimiento, etc.).
3. Tiempo de vida esperado del equipo y valor de salvación.

Los problemas más comunes de diseño, procura, construcción y arranque pueden ser uno o una combinación de los siguientes:

1. La no familiaridad del ingeniero de proceso con la ingeniería ambiental.
2. Nuevas normas y cambios en las ya existentes.
3. Nuevos proveedores con equipo frecuentemente no verificado.
4. Falta de normas industriales en áreas clave.
5. Interpretaciones del personal de campo de la dependencia de control.
6. Cumplimiento de normas muy severas.
7. Especificaciones dudosas.
8. Garantías débiles para los nuevos equipos de control.
9. Distribución no confiable de normas.
10. Problemas debido a la no confiabilidad del proceso.

5.2. PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO Y SELECCION DE EQUIPOS DE CONTROL.

Las razones principales por las cuales se selecciona un equipo de control, son principalmente:

- a) Para anticipar el cumplimiento con las normas de contaminación del aire aplicables.
- b) Para estimar el comportamiento de equipos de control existentes.
- c) Para evaluar la factibilidad del diseño de un equipo propuesto.
- d) Para valorar el efecto sobre el equipo de control por una modificación del proceso.

Una generalización típica acerca de la selección e instalación de equipos de control ha sido propuesta en el siguiente diagrama:

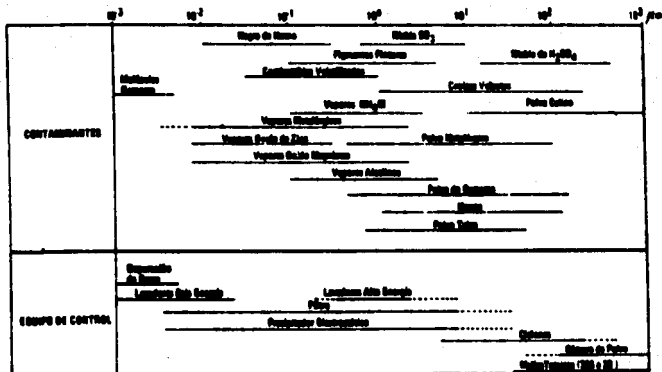
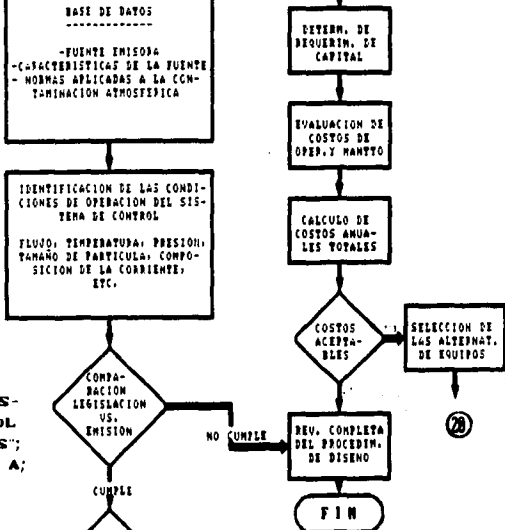


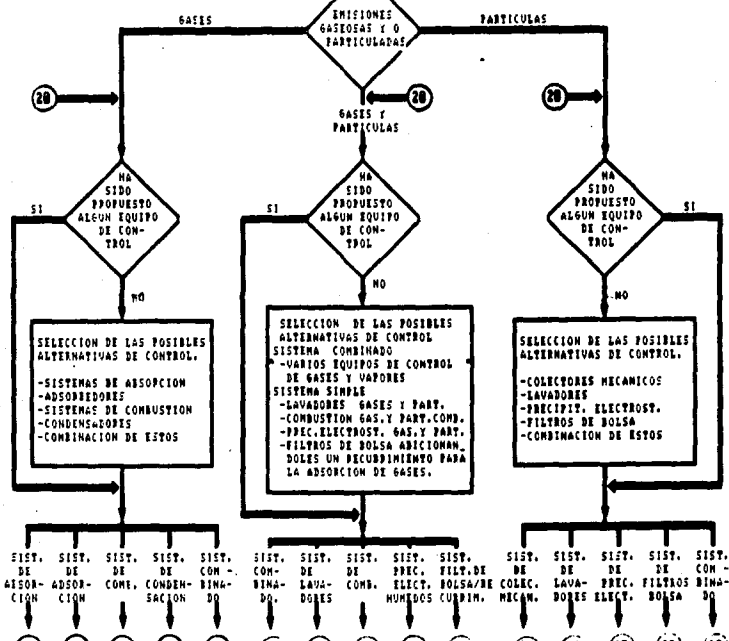
TABLA 5.2.1.
SELECCION DEL EQUIPO DE CONTROL
EN FUNCION DEL TAMAÑO DE PARTICULA

TABLA 5.2.2

PROCEDIMIENTO GENERAL DE SELECCION DE EQUIPOS DE CONTROL



REF. BUONICORE, A. J.; "INDUSTRIAL AIR POLLUTION CONTROL EQUIPMENT FOR PARTICULATES"; CRC PRESS, INC.; FLDA, U. S. A; PAGES 23-25; (1976).



5.3. COMPARACION DE ALTERNATIVAS DE EQUIPO DE CONTROL.

La selección final de los equipos, está usualmente determinada por la capacidad del equipo de cumplir con las normas a bajos costos anuales (capital de inversión amortizada más costos de operación y mantenimiento). Para comparar las alternativas de equipos de control específicas, es esencial que se tenga un conocimiento de la aplicación y sitio donde se llevará a cabo. Una visualización preliminar puede realizarse para revisar las ventajas y desventajas de cada tipo de equipos de control de contaminación del aire.

Hay una serie de situaciones donde el conocimiento de la capacidad de las diversas opciones de control, combinado con el sentido común, puede simplificar el procedimiento de selección. Por lo cual las ventajas y desventajas generales de los equipos de control de contaminación atmosférica más comunes son presentadas en la siguiente parte:

5.3.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CICLONES.

VENTAJAS

1. Bajo costo de construcción.
2. Equipo relativamente simple con pocos problemas de

mantenimiento.

3. Caídas de presión en operación relativamente bajas en el intervalo aproximadamente de 2 a 8 pulg H₂O.
4. Límites de temperatura y presión impuestos solo por los materiales de construcción empleados.
5. Colección en seco.
6. Requerimientos de espacio relativamente pequeños.

DESVENTAJAS

1. Relativamente bajas eficiencias de colección de partículas, especialmente en partículas abajo de 10 μ m en tamaño.

5.3.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS EQUIPOS LAVADORES.

VENTAJAS

1. No origina polvos secundarios.
2. Requerimientos de espacio relativamente pequeños.
3. Capaz de coleccionar gases así como partículas.
4. Capaz de manejar altas temperaturas y corrientes de gas con alta humedad.
5. Sus costos fijos son relativamente bajos (si no requiere sistema de tratamiento de aguas).
6. Para algunos procesos, la corriente de gas se encuentra a

- altas presiones (de esta manera las consideraciones de caída de presión pueden no ser significativas).
7. Capaz de lograr altas eficiencias de colección de finas partículas (sin embargo, a costa de la caída de presión).

DESVENTAJAS

1. Puede crear problemas de disposición de agua.
2. El producto es colectado húmedo.
3. Los problemas de corrosión son más severos que en los sistemas en seco.
4. La caída de presión y los requerimientos de potencia pueden ser altos.
5. Sólidos formados en la interfase húmeda-seca pueden ser un problema.
7. Costos de mantenimiento relativamente altos.

5.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS.

VENTAJAS

1. Eficiencias de colección de partículas (gruesas o finas) extremadamente altas pueden ser alcanzadas (con relativamente bajos costos de energía).
2. Colección e instalación en seco.

3. Baja caída de presión (típicamente menor a 0.5 pulg H₂O).
4. Diseñado para operaciones continuas con requerimientos mínimos de mantenimiento.
5. Costos de operación relativamente bajos.
6. Capaz de operar a alta presión (150 psi) o en condiciones de vacío.
7. Capaz de operar a altas temperaturas (1300°F).
8. Flujos de gas relativamente grandes pueden ser efectivamente manejados.

DESVENTAJAS.

1. Altos costos de inversión.
2. Muy sensible a fluctuaciones en las condiciones de la corriente de gas (en particular flujo, temperaturas, composición del gas y las partículas y la carga de las partículas).
3. Determinadas partículas son difíciles de colectar debido a sus extremadamente altas o bajas características resistivas.
4. Requerimientos de espacio relativamente grandes son requeridos para la instalación.
5. Riesgo de explosión cuando se manejan gases combustibles y/o se colectan partículas combustibles.
6. Son requeridas precauciones especiales para salvaguardar al personal del alto voltaje que se maneja.

7. Es producido Ozono por la descarga del electrodo cargado negativamente durante la ionización del gas.
8. Requerimientos de mantenimiento relativamente sofisticados.

9.3.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS FILTROS DE BOLSA.

VENTAJAS

1. Eficiencia de colección extremadamente alta en partículas gruesas o finas (submicrónicas).
2. Relativamente insensible a las fluctuaciones en la corriente gaseosa. La eficiencia y la caída de presión no son relativamente afectadas por grandes cambios ocurridos en la carga de polvo que entra hacia los filtros limpiadores.
3. El aire que sale del filtro puede ser recirculado dentro de la planta en muchos casos. (para conservación de la energía).
4. El material colectado es recuperado seco para usarlo en procesos subsecuentes o para tenerlo disponible.
5. No ocasiona problemas de desechos líquidos, agua contaminada o líquido congelado.
6. La corrosión y el enmohecimiento de los componentes generalmente no son problemas.

7. No hay peligro de alto voltaje, simplificando el mantenimiento y la reparación y permitiendo la colección de partículas inflamables.
8. El uso de fibras selectas o la adición de filtros granulares (recubrimientos) permiten una alta eficiencia de colección de partículas submicrónicas y contaminantes gaseosos.
9. Operación relativamente simple.

DESVENTAJAS

1. Muchas temperaturas exceden los 550°F por lo cual requieren fibras minerales refractarias especiales o metálicas que frecuentemente se encuentran todavía en etapa de desarrollo por lo cual pueden ser muy caras.
2. Ciertos polvos pueden requerir fibras previamente tratadas para reducir el paso del polvo a través de los poros o en otros casos para ayudar a la remoción del polvo recolectado.
3. Las concentraciones de algunas partículas (50 g/m³) pueden representar un peligro de fuego o explosión si una chispa o flama es suministrada accidentalmente.
4. Requerimientos de mantenimiento relativamente altos (reposición de bolsas, etc.)
5. La vida útil de las bolsas de tela puede ser reducida a altas temperaturas y en presencia de partículas y/o gases

ácidos o alcalinos.

6. Materiales higroscópicos, condensación de la humedad del ambiente o componentes adhesivos pueden causar grandes tortas incrustantes o taponeamiento del filtro de tela o requerir aditivos especiales.
7. Para la reposición del filtro de tela puede requerirse protección respiratoria para el personal de mantenimiento.
8. Requerimientos de caída de presión medios, típicamente en un intervalo de 4 a 10 pulg. H₂O.

5.3.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE ABSORCIÓN.

(TORRES EMPACADAS Y DE PLATOS)

VENTAJAS

1. Caídas de presión relativamente bajas.
2. La estandarización del uso de plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP) en la construcción permite la operación del equipo en atmósferas altamente corrosivas.
3. Capaz de obtener eficiencias de transferencia de masa relativamente altas.
4. Incrementando la altura y/o modificando el tipo de empaque o el número de platos puede mejorarse la transferencia de masa sin necesidad de adquirir un nuevo equipo.
5. Costos de inversión relativamente bajos.

6. Requerimientos de espacio relativamente pequeños.
7. Capacidad para coleccionar material particulado así como gases.

DESVENTAJAS

1. Puede crear problemas de disposición de agua (o líquido).
2. El producto es coleccionado húmedo.
3. La sedimentación de partículas puede causar taponeamiento del lecho empacado o de los platos.
4. Cuando es usada la construcción FRP, es muy sensible a la temperatura.
5. Costos de mantenimiento relativamente altos.

5.3.5.1. COMPARACION DE LAS COLUMNAS DE PLATOS Y EMPACADAS.

COLUMNA EMPACADA

1. Baja caída de presión
2. Simple y barata para construir.
3. Preferible para líquidos con altas tendencias a espumar.

COLUMNA DE PLATOS

1. Menos susceptible a taponeamientos.
2. Menos pesada.

3. Menor cantidad de problemas debido a los canales.

5.3.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE ADSORCIÓN.

VENTAJAS

1. La recuperación del producto puede ser posible.
2. Excelente control y respuesta a los cambios del proceso.
3. No existen problemas de disponibilidad de químicos cuando el contaminante (producto) es recuperado y regresado al proceso.
4. Idoneo para sistemas completamente automáticos.
5. Apto para remover contaminantes gaseosos o vapores de las líneas de proceso a extremadamente bajos niveles.

DESVENTAJAS

1. La recuperación del producto puede requerir una planta de destilación (o extracción) muy cara y exótica.
2. El poder del adsorbente se deteriora progresivamente en relación al incremento del número de ciclos.
3. La regeneración del adsorbente requiere una corriente de vapor o una fuente de vacío.
4. Costos de inversión relativamente altos.
5. Una prefiltración de la corriente de gas puede ser requerida para remover alguna partícula que pueda taponar

el lecho adsorbente.

6. Un preenfriamiento de la corriente de gas puede ser necesaria para estar dentro del intervalo de operación (menor a 120°F).
7. Requerimientos de vapor relativamente altos para la desorción de los hidrocarburos de alto peso molecular.

5.3.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE COMBUSTION.

VENTAJAS

1. Simplicidad en la operación.
2. Capacidad para generar vapor o recuperar calor en otras formas.
3. Capaz de destruir completamente los contaminantes orgánicos.

DESVENTAJAS

1. Costos de operación relativamente altos (particularmente asociado con los requerimientos de combustible).
2. Posible contaminación del catalizador (en el caso de incineración catalítica).
3. Potencial para producir alguna llamarada y existe peligro de subsecuentes explosiones.
4. Una combustión incompleta puede crear peores problemas de

contaminación atmosférica.

5.3.8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CONDENSADORES.

VENTAJAS

1. Recuperación del producto puro (en el caso de condensadores de contacto indirecto).
2. El agua usada como enfriador en los condensadores de contacto indirecto (cambiadores de calor tubo-coraza) no están en contacto con la corriente de gas contaminada y por lo tanto puede ser reusada después del enfriamiento.

DESVENTAJAS

1. Eficiencia de remoción relativamente baja para contaminantes gaseosos (a las típicas concentraciones a las que se aplican los controles de contaminación).
2. Los requerimientos del medio enfriador pueden ser extremadamente caros.

EQUIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTOS	
-SEPARADORES MECANICOS	Partículas de diámetro mediano a grande	-Bajas costas iniciales -Facil construcción -Facil de operar	-Baja eficiencia -No puede remover partículas pequeñas -Ocupo grandes espacios	Costos iniciales bajos
-SISTEMAS DE FILTRACION	Papeles y Membranas	-Alta eficiencia de colección de partículas pequeñas -Buenos niveles de retención de sólidos	-Altos costos -Ocupo grandes espacios -Se debe controlar la humedad y temperatura de la corriente de gas	Altos costos
-LAVADORES	Gases húmedos (alta temperatura)	-Caída de presión cto. -Eliminación de los problemas de retención de polvo -Buenos contactos	-La disponibilidad de agua puede ser muy cara problemática.	Medios
-PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS	Todos tamaños de partículas	-Alta eficiencia -Colección de polvos secos -Baja caída de presión -Pueden coleccionar ácidos y ácidos corrosivos	-Frecuentemente requieren precipitadores -Requiere grandes espacios -No puede coleccionar algunos materiales con resistividad alta/baja -Altos costos iniciales	Costos iniciales altos
-ABSORBEDORES	Gases tóxicos o radiactivos y otros	-Solventes contaminantes pueden ser recuperados	-Costos iniciales y de operación altos -Corrosión -Contaminación	Costos iniciales y de operación altos
-INCINERADORES	Cierras, plomo de especial, CO, vapores orgánicos	-Capaz de lograr altas eficiencias de operación -La comb. catalítica reduce los NOx	-Debe contar adicionalmente un combustible e adicional catalizador -Una combustión incompleta puede complicar el problema inicial -Los catalizadores requieren limpieza periódica y regeneración	Varían (dependiendo de la aplicación)

TABLA 8.3.

RESUMEN DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS EQUIPOS DE CONTROL

CAPITULO VI

CONCEPTO DE AUDITORIA

6.1. ANTECEDENTES.

La auditoría como tal tuvo su origen a fines del siglo pasado, y aunque el lugar donde surgió por vez primera está indefinido, se sabe que su difusión se inició principalmente en Londres y Nueva York.

La mas antigua de las auditorías es la de estados financieros y a partir de esta hacia 1940, tuvieron su evolución otros tipos de auditoría, como la administrativa y la operacional, las cuales permiten evaluar las actividades de las empresas públicas y privadas.

A partir de 1955, el Instituto Mexicano de Contadores Públicos A.C, a través de su Comisión y Procedimientos de Auditoría se encarga de regular las actividades en la materia en nuestro país. Dicho Instituto define la auditoría como "la revisión y supervisión sistemática de una actividad o grupo de actividades de una empresa".

Bajo este concepto, se puede establecer que la

realización de una auditoría no es privativa de una profesión específica. dado que en función de la especialización de las actividades, se requerirá también de profesionales especializados.

6.2. TIPOS DE AUDITORIAS.

Dentro de la auditoría tradicional existen varios tipos de auditorías. siendo éstas las que se describen a continuación.

AUDITORIA FINANCIERA

Es la revisión de los libros y registros contables de una empresa. También incluye el estudio y evaluación del capital interno y de los procedimientos contable-administrativos.

La finalidad de ésta es emitir una opinión acerca de la razonabilidad de las cifras presentadas, en la que se cubran los siguientes objetivos: salvaguardar los activos; obtener información; promover la eficiencia de operación; respetar y seguir las políticas prescritas por la dirección de la empresa y que ésta cumpla con las disposiciones legales establecidas.

AUDITORIA ADMINISTRATIVA

Es el examen comprensivo y de crítica constructiva de la estructura organizacional de empresas, instituciones, secciones de gobierno, o cualquier división de una entidad en relación a los planes y objetivos; los métodos y controles; las formas y operaciones así como de los recursos humanos y materiales.

Los objetivos a alcanzar con esta auditoría es precisar pérdidas y deficiencias; determinar mejores métodos y formas de control; lograr operaciones más eficientes y obtener el mejor uso de los recursos humanos y materiales de la empresa.

AUDITORIA OPERACIONAL O DE OPERACIONES

Consiste en el examen de las áreas de operación de una empresa, sección de gobierno o cualquier parte de una entidad, para determinar si se manejan los controles de operación de manera eficiente, y si con ellos se alcanza la disminución de costos o incrementar la productividad.

El objetivo principal consiste en lograr el máximo rendimiento en cada operación que se audite.

AUDITORIA GUBERNAMENTAL

Comprende el examen de las operaciones, cualquiera que sea su naturaleza, de las dependencias y entidades (empresa

paraestatal, fideicomiso, organismo descentralizado) de la Administración Pública Federal.

Su objetivo es emitir una opinión sobre los estados financieros y la situación que estos guardan en el momento de realizar la auditoría, así mismo verificar si los objetivos y metas se han alcanzado, si los recursos son manejados de manera eficiente y si son cumplidas las disposiciones legales aplicables.

Para normar los trabajos en la materia se cuenta con el Manual de Auditoría Gubernamental expedido por la Secretaría de Programación y Presupuesto, en el cual se establecen los tipos de auditoría empleados en el Sector Público y los puntos a cumplir en cada una de estas:

Auditoría Financiera:

Es la revisión, análisis y examen de las transacciones, operaciones y registros financieros de una dependencia o entidad, con el objeto de determinar si la información financiera que se produce es confiable, oportuna y útil.

Auditoría Operacional:

Es la revisión, análisis y examen de las operaciones y procedimientos adoptados por las dependencias y entidades, con el objeto de auxiliar a las autoridades en la toma de

decisiones.

Auditoría de Resultado de Programas:

Es el examen para verificar si las actividades de una dependencia o entidad se realizan oportunamente, a fin de determinar si se alcanzó el logro de los objetivos y las metas programadas, en relación con el avance del ejercicio presupuestal.

Auditoría de Legalidad:

Es la revisión, análisis y examen para verificar si la dependencia o entidad, en el desarrollo de sus actividades, ha observado el cumplimiento de las disposiciones legales que le sean aplicables (normas, reglamentos, decretos, etc.).

6.3. AUDITORIA TECNICA.

Es una nueva herramienta utilizable para atender problemas que se presentan en las obras y plantas industriales y que tienen un importante impacto en la economía de la empresa en su conjunto.

Consiste en la revisión integral y sistemática del aparato productivo en sus aspectos tecnológicos, de control de calidad, de mantenimiento de las instalaciones y equipos.

de seguridad e higiene en el trabajo, de la contaminación ambiental y de productividad entre otros factores.

Este tipo de auditoría nace de la necesidad de cubrir con detalle asuntos netamente técnicos como los mencionados, en razón de que la auditoría tradicional (financiera, operativa, etc.) toca esos puntos con poca profundidad y con un enfoque más bien orientado a la detección de deficiencias e irregularidades de carácter administrativo, que a las de naturaleza técnica.

La auditoría de aspectos técnicos utiliza juicios y conceptos de las diferentes ramas de la ingeniería, como la mecánica, química, industrial, etc. por lo que su realización requiere de la participación de especialistas en las diversas materias, siendo recomendable que conozcan las normas básicas y procedimientos concernientes de dicha auditoría.

Este tipo de auditoría nació posiblemente bajo el amparo de filosofías revolucionarias como la de Círculos de Calidad, hacia la mitad del siglo en curso. En este periodo se empezó a hablar y a practicar lo que conocemos como auditoría de calidad. Posteriormente aparecieron los conceptos de auditoría de productividad y de producción entre otras.

CAPITULO VII

METODOLOGÍA PARA LA REALIZACION DE AUDITORIAS AMBIENTALES

La metodología para la realización de una auditoría ambiental está apoyada fundamentalmente en los principios generales de una auditoría técnica.

Para llevar a cabo este tipo de auditoría no es suficiente el acudir a las instalaciones a revisar y realizar la auditoría; ya que, para que la auditoría se conduzca de una manera eficaz deberá ser planeada de antemano.

Para poder lograr una auditoría eficiente se debe desarrollar un programa de auditoría eficaz, el cual conducirá al cumplimiento de las legislaciones apropiadas y en algunos casos se anticipará al cumplimiento de futuras legislaciones. El programa de auditoría debe desarrollarse cuidadosamente; un programa eficaz debe incluir un manual de auditoría escrito, el cual proporcionará una guía general al auditor. También deberá incluir un cuestionario o una serie de ellos, los que deberán ser llenados durante la realización de la auditoría física.

Adicionalmente un cuestionario pre-auditoría deberá desarrollarse previamente para proporcionar al auditor la información necesaria para que se familiarice con las instalaciones, así como las regulaciones a las que se encuentran sujetas; estas se llenarán antes de realizar la auditoría física.

Junto con el manual, la auditoría manejará una serie de documentos, en los que se establecerán los objetivos y organización del programa; una guía general del manejo de los objetivos; la determinación de los requerimientos legales; las áreas de las legislaciones a ser cubiertas; una guía general del proceso de auditoría y los elementos de la selección y entrenamiento de los auditores.

CUADRO 7.a

DOCUMENTOS A MANEJAR EN EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE AUDITORIA

DOCUMENTOS
<ul style="list-style-type: none">- Procedimientos de manejo del programa de auditoría- Reportes internos de incidentes ambientales- Procedimientos de registro- Procedimientos de inspección de regulaciones externas

El programa de auditoría deberá ser diseñado basándose en cinco principios básicos:

(i) Se deberá inspeccionar todas las instalaciones para determinar el grado de ajuste con las legislaciones pertinentes.

(ii) Se deberá evaluar el orden y actualización de las normas y registros requeridos para cumplir los requerimientos apropiados con las legislaciones.

(iii) Se deberá desarrollar un informe por escrito para la información y uso del encargado del manejo de las instalaciones.

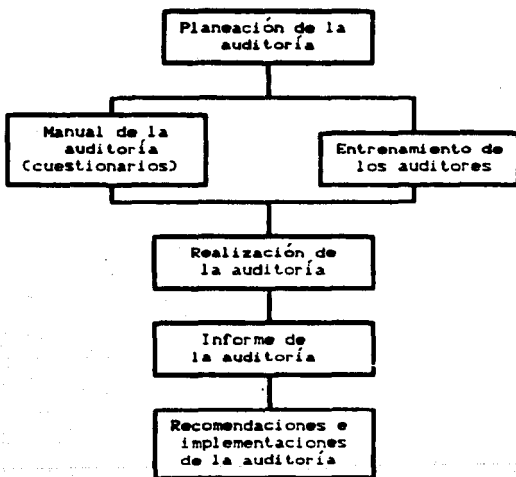
(iv) Deberá ser diseñado (el programa) para explicar cualquier desviación de las condiciones normales o esperadas y para proporcionar recomendaciones para acciones correctivas.

v) También deberá ser diseñado para operar como una función independiente, separado de todas las instalaciones y funciones sujetas a auditoría.

Para satisfacer los anteriores requerimientos la auditoría deberá contener algunos elementos claves.

El siguiente cuadro ilustra el flujo que sigue un proceso de auditoría.

CUADRO 7.b.
ELEMENTOS BASICOS DEL PROGRAMA DE AUDITORIA



7.1. PLANEACION DE LA AUDITORIA.

La planeación de la auditoría es la etapa preliminar del programa de auditoría. Existen un número de decisiones que deberán ser tomadas antes de desarrollar el programa.

Dentro de esta etapa se plantean principalmente los objetivos y el alcance de la auditoría. en este último se determinará si el programa deberá cubrir las legislaciones ambientales específicas a un caso en particular, tales como las normas técnicas ecológicas referentes a la contaminación del aire, o deberá cumplir con todo el marco legal en cuestión de contaminación ambiental.

Una vez que el alcance ha sido definido, los objetivos de la auditoría serán planteados. Dentro de estos se determinará cuales son los propósitos de la auditoría; ¿es para detectar que las instalaciones cumplen con la legislación?; ¿es para definir las condiciones de las instalaciones o empresa?; ¿es para evaluar una adquisición potencial?.

Con el alcance y los objetivos definidos, la estructura del sistema de auditoría deberá entonces desarrollarse. Otras

decisiones importantes pre-auditoría involucran si la auditoría deberá ser anunciada o sorpresiva, si los informes deberán ser escritos u orales y como pueden ser resueltos los problemas legales.

Las decisiones previas involucran el desarrollo y uso de los cuestionarios pre-visita, el número de auditores necesarios y la duración de la auditoría dependiendo del tamaño de la instalación o planta industrial.

La secuencia de procedimientos de la pre-visita, la auditoría física y la post-visita también deben ser desarrollados en esta etapa.

7.2. MANUAL DE AUDITORIA.

El manual de auditoría es la herramienta básica proporcionada al auditor para ayudarlo en la realización de la auditoría.

Este manual está diseñado para proporcionar un modelo de auditoría consistente para el uso efectivo de los recursos y para una auditoría más completa. Así mismo, puede ser una

pequeña serie de procedimientos o un documento detallado exhaustivamente incluyendo algunos cuestionarios.

TABLA 7.2.a
ESQUEMA BASICO DE UN MANUAL DE AUDITORIA

MANUAL DE AUDITORIA
1. Introducción.
2. Cuestionario pre-visita.
3. Cuestionarios.
4. Proceso de auditoria.
5. Informe de la auditoria.

El manual deberá incluir un cuestionario pre-visita, proporcionando la información legal a la que se encuentra sujeta la empresa y la información básica necesaria para conducir la auditoría. También deberá incluir cuestionarios para realizar la auditoría los cuales son necesarios para acelerarla y deberá proporcionar una guía para la preparación del informe.

CUADRO 7.2.b.

CONTENIDO TÍPICO DE UN MANUAL DE AUDITORIA

CONTENIDO
Introducción.
Plan de la auditoría.
Protocolo de la auditoría.
Cuestionario pre-visita.
Formación del equipo de auditoría.
Cuestionarios.
Realización de la auditoría.
Elaboración del informe.
Implementación de las recomendaciones

7.2.1. INTRODUCCION DEL MANUAL DE AUDITORIA.

La introducción del manual deberá describir la estructura de la organización de las instalaciones, así como la organización de la empresa en la cual la auditoría se esté llevando a cabo. Esta sección del manual es particularmente usada por auditores ajenos a la empresa con el fin de familiarizarse con ella.

También se deberá incluir una introducción a las operaciones con las cuales se podrán enfrentar durante la auditoría. Esta sección deberá incluir una discusión de los tipos de operaciones, incluyendo las funciones básicas de

cada operación. Además deberá proporcionar suficiente información para que el auditor pueda tener al menos una idea básica de las instalaciones, particularmente de aquellas áreas que estén involucradas en alguna legislación ambiental.

La introducción puede ser finalizada con una discusión básica del programa de auditoría; debiendo concentrarse sobre lo siguiente:

- El tamaño del equipo de auditoría.
- Los métodos para seleccionar al encargado de la auditoría y sus subordinados.
- La frecuencia de las auditorías.
- Las instalaciones sujetas a auditoría.
- Los objetivos de la auditoría.

7.2.2. CUESTIONARIO PRE-VISITA.

El siguiente capítulo en el manual de auditoría es el cuestionario pre-visita. Esta sección es llenada por el encargado de la empresa o una persona que el haya designado para proporcionar la información específica a las legislaciones y las operaciones que el auditor pueda necesitar.

CUADRO 7.2.2.
INFORMACION DEL CUESTIONARIO PRE-VISITA

CUESTIONARIO PRE-VISITA
Revisión de todos los permisos de la empresa. Visión general de las operaciones de la planta. Lista de los equipos de control de contaminantes. Identificación de todas las regulaciones a las que la empresa esté sujeta.

El cuestionario prepara a la empresa para la visita de auditoría, ayudándolos a identificar las legislaciones hacia las cuales la auditoría estará dirigida; debiendo de ser breve e incluyendo una serie de preguntas para desarrollar una lista de las áreas requeridas por el auditor y ayudar a la empresa a asimilar el enfoque de la auditoría. Un ejemplo del cuestionario pre-visita se da en el Anexo 1.

7.2.3. CUESTIONARIOS DE LA AUDITORIA.

El siguiente capítulo es la parte principal de la auditoría. Aquí se proporcionan una serie de cuestionarios y protocolos que deberán ser usados durante la auditoría. Es el

documento de trabajo que los auditores deberán usar mientras realizan la auditoría física.

Los cuestionarios están diseñados para que el auditor considere tres áreas específicas. Estas áreas son:

- El cumplimiento de la empresa con los requerimientos legales de la región o estado.
- El uso adecuado del organigrama de la empresa y sus funciones.
- Los procedimientos operacionales adecuados para la empresa.

Los cuestionarios estarán desarrollados para cubrir las áreas específicas comprendidas en la legislación. Un ejemplo de los cuestionarios específicos para cada tipo de equipo de control se presenta en el Anexo 2.

Un protocolo de auditoría deberá ser desarrollado para cada una de las áreas antes descritas. Existen siete elementos esenciales para un buen protocolo, los cuales son:

- Una idea general de las diferentes legislaciones que pueden ser involucradas.
- Un apéndice que cubra las principales definiciones de

las legislaciones que el auditor necesite conocer.

- Todas las principales legislaciones deberán ser enunciadas.
- Una sección destinada a la inspección deberá ser cubierta dirigiéndose principalmente hacia problemas ambientales potenciales tales como derrames, olores, etc.
- Deberá darse un listado de las guías internas y procedimientos.
- El protocolo deberá proporcionar tareas específicas las cuales ayudaran a evaluar el grado de cumplimiento de las legislaciones por parte de la empresa.
- Adicionalmente, deberá proporcionar un espacio suficiente para comentarios.

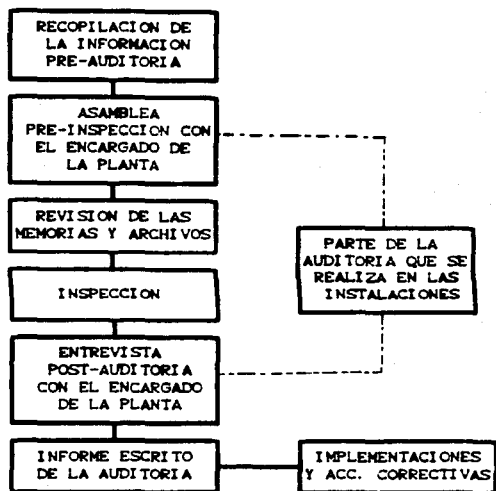
Los cuestionarios del manual y los protocolos se desarrollan para proporcionar asistencia al auditor.

7.3. REALIZACION DE LA AUDITORIA.

El programa deberá desarrollar procedimientos para realizar la auditoría. Generalmente la auditoría es realizada en un procedimiento de seis pasos.

CUADRO 7.3.

PASOS A SEGUIR EN LA REALIZACION DE LA AUDITORIA



La fase de pre-auditoría involucra el llenado del cuestionario pre-visita, la revisión de las copias de las legislaciones adecuadas y los permisos pertinentes así como la familiarización con los procesos de la planta. Este paso está diseñado para preparar a los auditores para la visita al lugar a auditar. Esta fase esta diseñada para desarrollar

un diálogo entre el encargado de la planta y el equipo de auditoría. Se deberán discutir una serie de aspectos los cuales podrán ser:

- Una introducción por parte del equipo de auditoría.
- El propósito de la auditoría y la autoridad bajo la cual se está llevando a cabo.
- Las ventajas de realizar la auditoría.
- Aspectos concernientes con la administración de la planta.
- El proceso de auditoría y como será realizado.
- La forma en que se reportará la auditoría.
- El registro de actividades durante la auditoría.
- Solicitudes a las áreas de trabajo de algún esquema de organización, permisos para tomar fotografías y acceso a todas las áreas de la planta.
- Una discusión de confidencialidad.
- Una introducción del personal de la empresa con los cuales el equipo de auditoría deberá interactuar.

La siguiente fase de la auditoría es para inspeccionar el documento de trabajo. Todos los permisos, comunicados de violación, etc. deberán ser revisados para evaluar su grado de cumplimiento.

La cuarta fase de la auditoría es la inspección en el sitio a auditar. Para facilitar el trabajo del auditor, los cuestionarios pueden ser de gran ayuda. Estos pueden ser contestados ante los equipos de operación tales como lavadores, incineradores, etc. Esta porción de la auditoría recae en la experiencia técnica y en la visión del auditor.

La quinta parte de la auditoría es la entrevista post-auditoría. En esta fase, el auditor le da a conocer al encargado de la planta sus impresiones obtenidas al realizar la inspección durante el proceso de auditoría. Además durante esta fase, podrán discutirse las recomendaciones propuestas por el equipo de auditoría.

La fase final de la auditoría es la redacción del informe. Cada miembro del equipo deberá escribir su porción del informe señalando los posibles problemas de cumplimiento con las legislaciones indicando sus recomendaciones.

La parte final de un exitoso programa de auditoría se da al implementar las recomendaciones finales para resolver los problemas detectados durante la auditoría.

7.3.1. ACTIVIDADES PRE-AUDITORIA.

Antes de que la visita al sitio de la auditoría sea realizada, el auditor necesita desarrollar cinco actividades. La primera actividad es el presentar a la planta el cuestionario pre-visita. Este cuestionario está diseñado para obtener información general de la planta.

La segunda actividad es la de revisar todas las legislaciones correspondientes a la planta. La tercera, es para definir el alcance y la responsabilidad del equipo de auditoría. Con respecto a las auditorías ambientales enfocadas hacia la contaminación del aire las áreas específicas hacia las cuales pueden ser dirigidas son, por ejemplo, hacia las fuentes de emisión, el cumplimiento con las legislaciones, hacia los equipos de control y hacia las emisiones fugitivas.

La cuarta actividad es para desarrollar una serie detallada de tareas de la auditoría. A las tareas específicas y las inspecciones pueden asignarseles cierto tiempo para realizarlas, sin embargo se debe tener cierta flexibilidad para obtener una inspección efectiva. La última actividad es la de revisar los protocolos de la auditoría, los cuales están incluidos en el manual de la auditoría y deben ser

revisados de tal modo que el equipo de auditoría no consuma tiempo valioso en el sitio de la auditoría tratando de determinar como pueden finalizar su actividad de auditoría.

7.3.2. CONDUCIENDO LA AUDITORIA.

La parte principal de la auditoría es la inspección en las instalaciones. Un programa de auditoría es tan bueno como lo sea la inspección. Un excelente manual y cuestionarios detallados no son de gran utilidad si la visita a la planta es poco efectiva. Para ser efectiva, la visita deberá ser conducida eficientemente, comprensivamente, cubriendo todas las áreas bajo la acción de las legislaciones ambientales.

Hay cuatro fases básicas en la conducción de la auditoría: la entrevista pre-auditoría, la revisión de los documentos de trabajo, la inspección al lugar y la entrevista post-auditoría. El equipo de auditoría deberá arribar al lugar llevando consigo los instrumentos que puedan necesitar, siendo estos los que a continuación se enuncian básicamente: equipo de seguridad (casco, guantes, zapatos, protección de oídos, etc), cuestionarios de la auditoría, cámara fotográfica, cuestionarios pre-auditoría y equipo de muestreo.

El primer paso en la realización de la auditoría es la entrevista pre-auditoría en la cual el principal objetivo es el de relacionarse con el encargado de la operación de la planta. El primer propósito es el de dar a conocer al encargado de la auditoría sus propósitos y su equipo de asistentes.

El éxito de una auditoría depende de la cooperación y conocimiento del encargado de la planta; su conocimiento sobre las legislaciones deberá ser explorada.

El propósito de la entrevista es el de familiarizarse con la planta, con la localización general de todos los equipos de control ambiental, así como de los equipos de producción.

La revisión de documentos es la segunda fase en la cual se examina que todas las copias de las legislaciones pertinentes se localicen en el lugar de la auditoría. Cuando los auditores han evaluado todas las regulaciones podrán entonces entrevistar al personal involucrado en las diferentes áreas.

Durante la tercera fase que es la inspección en el sitio, se deberá hacer uso de los cuestionarios

proporcionados con el manual referentes a la operación de los equipos de control ambiental. Los auditores deberán también anotar algún impacto que consideren que no está cubierto por el cuestionario.

El auditor puede tomar fotografías para ilustrar problemas obvios tales como emisiones visibles, descargas prohibidas, manejo inadecuado de recipientes y fugas en tanques de almacenamiento y tuberías de proceso.

Posteriormente el equipo de auditoría deberá discutir los resultados y formular las recomendaciones y conclusiones a las que hayan llegado.

La fase final de la conducción de la auditoría es la entrevista post-auditoría con el encargado de la planta. El equipo de auditoría deberá presentar un resumen de sus observaciones proporcionando una discusión de los elementos positivos que formarían parte de un programa correctivo. Además también deberá proporcionar una lista de recomendaciones a realizar a corto y a largo plazo por la empresa.

7.4. INFORME DE LA AUDITORIA.

La parte final de la auditoría es el informe de la misma. Este informe se diseña describiendo todas las fallas encontradas en la realización de la auditoría y las recomendaciones hechas en relación a las acciones correctivas para eliminar las fallas. Este documento será presentado al gerente de la empresa así como al encargado de la operación de la planta.

Este informe será considerado como una herramienta de los directivos para corregir algunas deficiencias y hacer destacar algunas beneficios que puede traer a la empresa la realización de este tipo de auditorías.

Este documento escrito debe reflejar el propósito de la auditoría. En la introducción se deberá hacer mención del propósito y deberá contener no únicamente datos de la auditoría y los participantes en ella, sino también los procedimientos que se siguieron al realizar la auditoría. Un resumen es el elemento esencial en la introducción del informe.

Se deberá describir de que manera fue realizada la auditoría, dando una idea de la distribución de la planta, su

historia, las actuales legislaciones que la rigen, una lista de todos los permisos importantes, etc. También incluirá una comparación de todos los requerimientos legislativos que debe acatar contra los que cumple actualmente. Esta sección del informe se enfocará a las áreas evaluadas por el auditor.

La siguiente parte es la principal, en la cual se discutirá la inspección de la auditoría. Debe ser incluido el reconocimiento de las principales operaciones comentando sus deficiencias y violaciones.

La parte final son las conclusiones. En esta parte se destacarán los comentarios positivos y negativos; así como las recomendaciones para acciones correctivas inmediatas, las cuales requerirán cambios en las políticas y operación de la planta y las mejoras a largo plazo para las cuales se deberá incluir la parte económica y operacional.

En los apéndices de el informe se deben incluir copias de todos los cuestionarios previamente llenados por el auditor, así como cualquier observación escrita realizada durante la auditoría. También pueden ser incluidas las fotografías que muestren los problemas descritos en el informe y los resultados de algún muestreo realizado para verificar la operación de los sistemas de control atmosférico.

Con el informe y las observaciones discutidas se finaliza el trabajo del equipo de la auditoría, sin embargo para que esta sea realmente exitosa deberán llevarse a la práctica las implementaciones que se hayan propuesto y de ser posible se deberá crear un programa de vigilancia permanente y de seguimiento de los mecanismos de orden correctivo.

7.5. ACCIONES DE ORDEN CORRECTIVO.

Las auditorías ambientales son de poca utilidad si algunas acciones correctivas y recomendaciones no son implementadas, por lo cual, no solo se deberá proporcionar información acerca de las recomendaciones, sino también la forma en que se puedan llevar a cabo acciones de orden correctivo que ayuden a resolver los problemas ambientales existentes en la planta.

Cuando ha sido identificado un problema específico de orden legal, la empresa se encuentra expuesta a multas muy significativas que pueden ser impuestas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología debido al no cumplimiento de la legislación bajo la cual se rigen las industrias que emiten contaminantes a la atmósfera, por lo que el auditor deberá proporcionar las acciones correctivas junto a la lista

de violaciones legales bajo las cuales se encuentra operando dicha planta.

Es conveniente que cuando SEDUE nos informe que se está cometiendo alguna violación a la legislación ambiental, se realice a dicha planta una auditoría ambiental y junto con un informe de las violaciones en las cuales se encuentra; se presenten las acciones correctivas propuestas en breve tiempo para evitar rigurosas sanciones.

Durante la auditoría, las acciones de orden correctivo deberán ser delineadas y si estas requieren de cambios muy significativos que afecten el funcionamiento global de la planta; se presentará junto al informe un documento en el que se argumente el porqué se recomiendan dichos cambios. Esta parte del informe será ampliamente evaluada por el dueño de la empresa así como por el gerente general antes de que las acciones correctivas sean presentadas a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

También deberán desarrollarse durante la auditoría algunos mecanismos que aseguren que se están aplicando las acciones correctivas planteadas y que al mismo tiempo proporcionen el avance que se da en el cumplimiento de las

legislaciones ambientales conforme las acciones correctivas son puestas en marcha.

7.6. ELEMENTOS CLAVE PARA UN PROGRAMA DE AUDITORIA EXITOSO.

Como ya se menciona anteriormente, para que un programa de auditoría sea finalizado de una manera exitosa se deben tomar en cuenta muchos factores, por lo cual a continuación se mencionan algunos elementos que son clave para un buen desarrollo del programa.

- Gran apoyo por parte del personal administrativo de la empresa.
- Funcionamiento independiente del programa.
- Un adecuado equipo de trabajo.
- Los objetivos del programa deben estar muy bien detallados.
- Planteamiento de las ventajas y alcance de la realización de la auditoría.
- Un proceso para coleccionar adecuadamente la información.
- Conocimiento de los procedimientos específicos que se manejarán en la auditoría.
- Una gran confianza en el programa.

- Compromiso de proporcionar las recomendaciones adecuadas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Una de las preocupaciones fundamentales de los países industrializados y en desarrollo con problemas de contaminación ambiental a grados muy elevados y concentración excesiva de población en sus zonas urbanas, es la de controlar a través de todos los medios a su alcance, el deterioro ecológico y las graves consecuencias para la vida misma de sus pobladores.
2. México no ha escapado de manera alguna a dichos problemas, pero se ha preocupado por lograr que su legislación este acorde con la política ambiental internacional.
3. Los avances logrados en materia de mejoramiento ambiental, no son ampliamente conocidos, por lo que es conveniente su difusión, ya que constituyen elementos valiosos de juicio para determinar hasta donde ha sido posible avanzar con la legislación existente.

4. Es preciso tener pleno conocimiento de los contaminantes que afectan a cada región en particular, ya que, con base en esto se pueden plantear alternativas de solución a problemas que los involucran, en beneficio de una comunidad.
5. Existe una amplia variedad de dispositivos de control de contaminación atmosférica para procesos industriales; cada dispositivo tiene sus características propias de operación y eficiencia en función del mecanismo de colección empleado.
6. Muchos factores afectan la eficiencia de colección de estos dispositivos, sin embargo, los más importantes son el tamaño de partícula, su forma, su densidad y su tendencia a la aglomeración.
7. La selección del equipo de control debe ser en función de su aplicación específica y del cumplimiento con la Legislación Ambiental vigente.
8. Un equipo de control de contaminación atmosférica forma parte de un sistema y por lo tanto se requiere de un estudio detallado para su selección, implementación y operación, así como mantenimiento adecuado del mismo.

9. Un sistema de control de emisiones a la atmósfera debe ser considerado como parte del equipo de proceso.
10. Un programa de auditoría ambiental deberá sujetarse a las normas generales de auditoría que son la base en el desarrollo de cualquier procedimiento de auditoría.
11. Las personas encargadas de desarrollar el programa de auditoría deben conocer perfectamente las normas básicas y procedimientos concernientes a dicha auditoría.
12. Se deben realizar periódicamente auditorías ambientales en la industria en general con el propósito de detectar alteraciones de cualquier índole y así plantear soluciones que ayuden en el mejoramiento del medio ambiente.
13. El éxito de una auditoría dependerá del seguimiento que se lleve a cabo para aplicar las recomendaciones e implementaciones indicadas en el informe de la misma.
14. Un resultado positivo en una auditoría estará dado por la calidad del informe, el cual deberá reflejar la profundidad con que se realizó.

15. El ramo debe concientizarse de que al igual que otros problemas que enfrenta la industria, el del control y prevención de la contaminación merece una evaluación, inversión y supervisión seria y constante.
16. No se debe considerar a las actividades encaminadas a controlar y prevenir la contaminación ambiental como gastos innecesarios, sino como sistemas que pueden traer como consecuencia beneficios económicos futuros, a corto y a largo plazo.
17. La planeación en el campo del control y/o prevención de la contaminación ambiental, implica una serie de actividades individuales que en conjunto permitirán tomar decisiones importantes considerando factores económicos, tecnológicos, políticos, sociales y ambientales en donde se lograrán mejoras significativas para la empresa y la comunidad.
18. Es recomendable que cualquier instalación de tipo industrial implemente este tipo de programas, al igual que uno de tipo financiero, administrativo, etc., debido a los beneficios que a la postre se obtendrán con las medidas adoptadas.

ANEXO 1

EJEMPLO DE UN CUESTIONARIO PREVISTA:

- A. Proporcionar una breve descripción del funcionamiento de la planta y su historial, un diagrama de flujo mostrando las fuentes contaminantes, y una lista de los productos y servicios.

- B. Proporcionar una breve lista de los principales equipos de control de la contaminación atmosférica y sus criterios de diseño, tiempo que han estado en funcionamiento y vida útil esperada.

- C. Proporcionar una lista de las normas bajo las cuales se rige la planta, señalando las que no se estén cumpliendo actualmente.

- D. Proporcionar un bosquejo de la organización del departamento de ingeniería ambiental (si existe), incluyendo dentro de éste, los nombres de todas las personas responsables.

E. Obtener una lista de todos los permisos por parte de SEDUE con que cuenta la planta, señalando cuales se encuentran vencidos.

F. Proporcionar los siguientes documentos (si se encuentran disponibles):

-Copias de todos los permisos otorgados por SEDUE.

-Los resultados de inspecciones que se hayan realizado por parte de SEDUE.

-Los reportes de anteriores auditorías realizadas en forma no oficial.

-Copias de las normas a las que se encuentra sujeta la empresa.

-Avisos de violaciones a la legislación ambiental (actas, demandas, etc.).

ANEXO 2

EJEMPLO DE UN CUESTIONARIO GENERAL

	SI	NO
■ ¿Se encuentran disponibles en la planta todas las normas y reglamentos de protección al ambiente bajo los cuales se rige la operación de ésta?	_____	_____
■ Si la respuesta es no, explique porqué	_____	_____
■ ¿Se cuenta con todos los permisos correspondientes que otorga la SEDUE?		
-Licencia de funcionamiento	_____	_____
-Inventario de emisiones	_____	_____
-Cédula de operación	_____	_____
-Encuesta industrial	_____	_____
-Algún manifiesto de residuos peligrosos	_____	_____

SI

NO

- * Si se cuenta con algún manifiesto especificar el tipo de residuo:

- * ¿Ha sido revisado que se encuentren vigentes todos los permisos?

- * Si la respuesta es si, anote la fecha de la última revisión: _____

- * Si la respuesta es no, explique porqué

- * ¿Se ha detectado alguna violación a estos permisos?

- * Si la respuesta es si, explique porqué

	SI	NO
■ ¿Cumplen todas las fuentes de emisión, procesos y equipo de control con las normas correspondientes a cada uno?	_____	_____
■ ¿Existe algún departamento encargado de renovar los permisos que sean necesarios y de revisar los cambios que pueden ocurrir en la legislación ambiental y que afecten la la operación de la planta?	_____	_____
■ ¿Existe algún inventario de las fuentes contaminantes, incluyendo lo siguiente?	_____	_____
Desfogues a la atmósfera	_____	_____
Chimeneas	_____	_____
Valvulas, tuberías, etc.	_____	_____
Equipos de control	_____	_____
Venteos de tanques de almacenamiento	_____	_____
Operaciones de carga y descarga	_____	_____
Otros	_____	_____
■ ¿Se encuentran todas las emisiones a la atmósfera abajo de los límites permisibles de las normas correspondientes?	_____	_____

SI

NO

- Si la respuesta es no, explique porqué

- ¿Existen bitácoras con los contaminantes que se emiten, así como sus concentraciones?

- Si la respuesta es si, indique sus períodos de revisión _____

- ¿Que equipos de control de contaminación atmosférica son asociados con las operaciones unitarias que se llevan a cabo en la planta? _____

- ¿Con cuales de estos equipos se cuenta?

	SI	NO
<p>■ Si existen equipos de control ¿Han sido notorios los cambios en los niveles de emisión desde que empezaron a operar estos?</p>	_____	_____
<p>■ ¿Se da un adecuado mantenimiento a todos los equipos de control atmosférico?</p>	_____	_____
<p>■ ¿Existe algún programa de mantenimiento preventivo?</p>	_____	_____
<p>■ ¿Existe un reporte escrito del mantenimiento que se le da a cada equipo?</p>	_____	_____
<p>■ ¿Existe en la planta algún plan de emergencia de fugas de emisiones contaminantes a la atmósfera?</p>	_____	_____
<p>■ ¿Es este periódicamente revisado ?</p>	_____	_____

	SI	NO
* ¿Han recibido alguna visita de inspectores de SEDUE en este año?	_____	_____
* Si la respuesta es si, describa las observaciones y recomendaciones hechas. _____ _____		
* Durante la inspección ¿Se descubrió alguna emisión de contaminantes no permitida por la legislación mexicana?	_____	_____
* ¿Se observó durante la inspección alguna emisión muy visible?	_____	_____
* Ha existido algún cambio considerable en los niveles de emisión desde la última inspección o auditoría?	_____	_____
* Se cuenta con archivos y registros de las siguientes pruebas:		
-Muestreo del aire ambiente.	_____	_____
-Muestreo de las chimeneas	_____	_____
-Pruebas de opacidad	_____	_____

SI

NO

-Monitoreo de los gases

-Niveles de olor

■ De existir algunos de ellos, revisar sus resultados y los métodos de evaluación _____

■ ¿Tiene la empresa planes futuros de expansión que requerirán nuevos permisos por parte de la SEDUE, para emitir contaminantes atmosféricos? _____

EJEMPLOS DE CUESTIONARIOS ESPECIFICOS PARA CADA EQUIPO DE CONTROL ATMOSFERICO.

A. Incineradores

- ¿De qué tipo de incinerador se trata?
- ¿Existen desechos del incinerador que puedan ser considerados como peligrosos?
- ¿Utiliza el incinerador un post-quemador o recupera la energía?
- ¿Se encuentra permitido este equipo por SEDUE?
- ¿Se ha realizado algún análisis del combustible?
- ¿Se conocen todas las ventajas y desventajas de este tipo de equipos?
- ¿Se proporciona suficiente exceso de aire para asegurar una combustión adecuada?
- ¿Fue probado el equipo antes de su arranque?
- ¿Se conoce bajo que condiciones legales fue diseñado el equipo?
- ¿Son frecuentemente monitoreadas la temperatura del quemador, la temperatura de la chimenea y los gases emitidos?
- ¿Existe alguna alarma que nos indique alguna condición de emergencia?

B. LAVADORES

- ¿Se diseñó esta unidad para operar dentro de los límites máximos permisibles fijados por la legislación?
- ¿Se ha realizado algún muestreo de su descarga?
- ¿Se tiene algún registro de ellos?
- Revisar las bitácoras de operación del equipo.
- ¿Existen olores notorios?
- ¿Hay signos visibles de corrosión en el equipo?
- ¿Existe un programa de mantenimiento preventivo?
- ¿Con que regularidad se lleva a cabo?

C. PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS

- ¿Está diseñado para coleccionar el tipo de material particulado que se emite?
- ¿Se verifica frecuentemente que el precipitador opere con el voltaje adecuado?
- Revisar bitácoras de operación.
- ¿Existe un programa de mantenimiento preventivo?
- ¿Se inspeccionan sus equipos auxiliares?
- ¿Se cuenta con partes de repuesto que cumplan con las especificaciones del equipo?

D. SISTEMAS DE FILTRACION

- ¿La permeabilidad de la tela es la adecuada para el tamaño de partículas que se maneja?
- ¿La caída de presión a través de la unidad es la especificada por el fabricante?
- Revisar bitácoras de operación.
- ¿Se revisa frecuentemente que las bolsas no estén desgarradas o descosidas?
- ¿El sistema de limpieza de las bolsas se encuentra en condiciones óptimas?
- ¿Existe un programa de mantenimiento preventivo?
- ¿Se cuenta con partes de repuesto que cumplan con las especificaciones del sistema?

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sell. N.J.; "Industrial Pollution Control Issues and Techniques"; Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Serie; New York U.S.A.; (1981).
- [2] Painter. D.E.; "Air Pollution Technology"; Reston Publishing Company Inc.; Virginia U.S.A.; (1974).
- [3] Bethea. R.M.; "Air Pollution Control Technology An Engineering Analysis Point of View"; Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series; New York U.S.A.; (1978).
- [4] Perry R.H.; "Chemical Engineers Handbook"; 6a. Ed.; McGraw-Hill; New York U.S.A.; (1984).
- [5] Buonicore. A.J.; "Industrial Air Pollution Control Equipment for Particulates"; CRC Press. Inc.; Flda. U.S.A.; (1976).
- [6] Strauss. W.; "Industrial Gas Cleaning"; International Series of Monographs in Chemical Engineering; Vol. 8; Pergamon Press. New York. U.S.A.; (1986).

- [7] Stern, A.C.; "Air Pollution, Volume III - Sources of Air Pollution and Their Control"; Environmental Science Monograph Series; New York, U.S.A.; (1968).
- [8] Danielson, J.A.; "Air Pollution Engineering Manual"; 2a. Ed.; U.S. Department of Health, Education and Welfare; Public Health Service; Cincinnati, Ohio; (1973).
- [9] Lund, H.F.; "Industrial Pollution Control Handbook"; McGraw-Hill Book Company; New York, U.S.A.; (1971).
- [10] Newton, J.; "Environmental Auditing"; Pudvan Publishing Co., Inc.; U.S.A.; (1980).
- [11] Bowman, B.A.; "Checklists for Environmental Compliance"; Pudvan Publishing Co., Inc.; U.S.A.; (1980).
- [12] "Air Pollution Manual, Part II: Control Equipment"; American Industrial Hygiene Association; Ohio, U.S.A.; (1968).
- [13] Hernández, J. L.; "Metodología para la Realización de Auditorías de Seguridad e Higiene en Plantas Industriales"; Tesis ; Fac. de Química, UNAM; México; (1980).

- [14] Vergara, G.M.; "Estudio de la Normatividad en el Area de la Contaminación Ambiental"; Tesis; Fac. de Química, UNAM; México; (1990).
- [15] Howard, J.; "Wiping out air pollution"; Chem. Eng.; 106-107; (Sept. 1990).
- [16] McInnes, R.; "Cutting toxic organics"; Chem. Eng.; 108-113; (Sept. 1990).
- [17] McInnes, R.; "Scrubbing toxic inorganics"; Chem. Eng.; 118-121; (Sept. 1990).
- [18] Flores, T.M.; "Modelo de la planeación orientado a la prevención y/o control de la contaminación ambiental en la industria"; Revista IMIQ; 47-51; México; (Feb. 1990).
- [19] "Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"; 6a. Ed.; Trillas; México; (1988).
- [20] "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente"; Porrúa; México; (1988).
- [21] NTE-CCAT-001/88; D.O.F.; México; 6 de junio de 1988.
- [22] NTE-CCAT-002/88; D.O.F.; México; 6 de junio de 1988.
- [23] NTE-CCAT-003/88; D.O.F.; México; 6 de junio de 1988.
- [24] NTE-CCAT-004/88; D.O.F.; México; 19 de octubre de 1988.

- [25] NTE-CCAT-005/88; D.O.F.; México; 18 de octubre de 1988.
- [26] NTE-CCAT-006/88; D.O.F.; México; 14 de diciembre de 1988.
- [27] NTE-CCAT-007/88; D.O.F.; México; 18 de octubre de 1988.
- [28] NTE-CCAT-008/88; D.O.F.; México; 19 de octubre de 1988.
- [29] NTE-CCAT-009/88; D.O.F.; México; 18 de octubre de 1988.
- [30] NTE-CCAT-010/88; D.O.F.; México; 14 de diciembre de 1988.
- [31] NTE-CCAT-011/88; D.O.F.; México; 14 de diciembre de 1988.
- [32] NTE-CCAT-012/88; D.O.F.; México; 14 de diciembre de 1988.
- [33] NTE-CCAM-001/88; D.O.F.; México; 19 de octubre de 1988.
- [34] NTE-CCAM-002/88; D.O.F.; México; 14 de diciembre de 1988.