



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PREVENCIÓN Y CONTROL DE POLVOS
INDUSTRIALES

119

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

Rosa Lidia García Ortega



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

CLAS: Testis

ADQ. 1974

FECHA 1974

PROC. M.T. Kell 118



QUIMICA

A MI MADRE

Sra. Hercilia Ortega de Umaña

A ti madre, te ofrezco lo poco que soy,
porque de tu amor y confianza en mi he-
tomado las fuerzas necesarias para se--
guir adelante.

A MI PADRE

Sr. Alfonso Umaña.

Todo lo que diga es poco, para agradecer lo que ha hecho por mi. Reciba todo mi cariño y admiración.

A mis hermanos

Alfonso

Jorge Alberto

Maira del Carmen

María Teresa

Ricardo

Rosa María

Oscar Armando

Espero que obtengan de la vida lo mejor.

A :

Roberto Rodríguez
Los Hermanos Corajes
Francisco Javier González
Mariela Domingo

Por vuestra amistad y ayuda en la realización de
ésta tesis.

A :

Todos mis amigos.

A Toti:

Con todo mi cariño.

A Mamá Chita:

Por sus buenos consejos.

A mis tíos y primos.

A los Maestros:

Ramón Vilchis Z.

Jorge Mencarini P.

Alberto de la Fuente Z.

Mi más sincero agradecimiento.

INDICE

	Página.
I - Introducción	2
II - Generalidades	12
III - Muestreo, Evaluación y Análisis.....	28
IV - Equipos de Control.....	51
V - Aspectos Económicos y Medidas Legales Tomadas para Prevenir la Contaminación por polvos.....	79
VI - Conclusiones.....	85
VII - Bibliografía	90

Jurado Asignado Originalmente Según el Tema

PRESIDENTE RAMON VILCHIS ZIMBRON
VOCAL JORGE MENCARINI PENICHE
SECRETARIO ALBERTO DE LA FUENTE ZUNO
1er. SUPLENTE RAMON ARNAUD HUERTA
2do. SUPLENTE MARIO RAMIREZ Y OTERO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

SUB SECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE

ASESOR DEL TEMA:

DR. RAMON VILCHIS ZIMBRON

CAPITULO I

INTRODUCCION

Cuando en los tiempos más remotos, el hombre logró dominar el fuego, seguramente contempló la llama -- con veneración y debió sentir un legítimo orgullo; pero -- no sospechó que por sí mismo y en ejercicio de su volun-- tas atentaba por primera vez en contra de la integridad -- de su medio ambiente. Se trata, pues, de un hecho cuya existencia se remonta mucho tiempo atrás de que el voca-- blo fuese creado; es decir antes de que se hablase de la contaminación del aire como consecuencia de las diversas actividades humanas.

Con el desarrollo de la industria, y su concentración en determinadas regiones, la contaminación, favorecida por condiciones meteorológicas excepcionales, pudo alcanzar niveles muy elevados. Ello significó para -- la mayoría una revelación; se apercibió de que la tasa de mortalidad había crecido de forma inquietante en las regiones aludidas. De hecho no eran estas las primeras -- víctimas. Es posible imaginar que desde la edad de fuego, algunos de nuestros antepasados pudieron asfixiarse -- en sus cavernas debido a emanaciones de las combustiones.

En la antigüedad, los esclavos efectuaban la mayor parte de los trabajos manuales, práctica que casi se prolongó hasta nuestros días. En sus manuscritos, 4 siglos a. C. Hipócrates menciona enfermedades de algunos obreros mineros y metalúrgicos describió las enfermedades pulmonares entre los mineros y el envenamiento producido por el manejo de compuestos de azufre y zinc.

Galeno en el siglo segundo de la era actual, cita en varias ocasiones enfermedades ocupacionales entre los trabajadores de las islas del mediterráneo.

En Europa en el siglo XVI la presencia del polvo y sus consecuencias patológicas se hizo más notable por la explotación cada vez más intensa de las minas de metales.

Las circunstancias que acabamos de recordar son más bien excepcionales, actualmente la cuestión que más preocupa es la contaminación del aire en las grandes aglomeraciones urbanas e industriales, en la que está sumida continuamente más de la mitad de la población de los países industrializados, y en las que vive, come, duerme y trabaja.

La civilización industrial existe y es definitiva. Es un hecho que ha modificado totalmente nuestro medio ambiente y nuestra vida y a quien debemos, a todos los niveles, inmensos progresos que sin la civilización industrial, serían inimaginables; sin embargo el crecimiento de la contaminación atmosférica que ha resultado de las actividades humanas, ha conducido a la mayoría de los países afectados a considerar el problema y elaborar una legislación y una reglamentación destinados a evitar accidentes funestos. Sabemos que han muerto miles de trabajadores a consecuencia del polvo, en las diferentes manipulaciones de materiales en operaciones de taladrar, moler, pulir, transportar, en la industria de la alfarería, cementera, textil, de construcción y demás industrias donde se tiene contacto con el polvo.

El éxito de las industrias depende, en parte, de la salud de los trabajadores; de ahí que la primera -- obligación de un país sea mantener sus industrias en condiciones saludables y seguras. Históricamente hablando, el reconocimiento de esta obligación es un hecho reciente y se puede llegar a apreciar su evolución por el estudio de la historia de la higiene industrial.

Aunque por su enorme importancia llamen ahora poderosamente la atención vemos que no son nuevos los problemas de contaminación del medio ambiente. Nada se logrará sin embargo sino se adopta una actitud, una nueva mentalidad, una nueva visión de nuestras sociedades que replantee la condición de que cada individuo se relaciona con el medio que lo rodea.

En países en vías de desarrollo como en México donde existen industrias nuevas y viejas, unas en período de expansión y otras que comienzan a operar, es urgente que se apresten a prepararse y hacer frente a los problemas de la prevención de riesgos y de enfermedades profesionales: en este caso producidas por todo tipo de polvos industriales y del control de los mismos.

También que se ayuden a reducir la contaminación ambiental, teniendo en cuenta que la industria es la mayor causante de contaminantes de partículas sólidas y es una poderosa fuente emisora.

Con frecuencia los fabricantes proyectan la construcción de las plantas industriales dentro o en la periferia de los centros de consumo principales como es el caso del Distrito Federal y el Valle de México, atendiendo al factor económico-político; sin tomar en cuenta-

el desequilibrio ecológico que pudiera provocar el hacerlo, causando gran daño a la comunidad.

La constante competencia entre empresas trae como consecuencia la saturación de fábricas; baste decir que en el área metropolitana existen 17 000 industrias -- contaminantes, por lo que urge tomar medidas de prevención y control del polvo.

El problema del polvo es uno de los más importantes para la higiene industrial, debido a que muchos polvos producen grandes daños a la salud, y que posiblemente más obreros industriales se encuentren expuestos a los riesgos del polvo; en particular a los de sílice, bajo condiciones que es capaz de producir serios daños a los pulmones, además algunos polvos aumentan el índice de mortalidad por tuberculosis y enfermedades respiratorias--unido esto a los daños que causan a la maquinaria de trabajo.

EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACION EN MEXICO:

Dentro del país, además de la ciudad de México, el Estado de México, sus proximidades a la capital -- y las áreas metropolitanas de Monterrey, Nuevo León y Guanajuato constituyen las zonas de más rápido crecimiento industrial y desarrollo económico que propician la concentración demográfica originando problemas como la contaminación del aire.

La identificación de olores desagradables, -- de partículas de polvo que ensucian nuestras pertenencias la irritación de las membranas mucosas y la disminución -- de la visibilidad, constituyen las molestias iniciales --

originadas por la contaminación del aire.

La fabricación anual en el país de 7.2 millones de toneladas de cemento gris, conservadoramente representan el vertimiento de 700 000 toneladas de partículas contaminantes principalmente y la producción de 4 millones de toneladas de hierro contamina el aire, con 15 000 toneladas de partículas cuando menos, además de óxidos metálicos diversos.

Las plantas de concreto asfáltico, las ladrilleras, las fábricas de yeso y de cal son eminentes productoras de partículas que contaminan el aire. La fabricación de fertilizantes representa una emisión anual de 2 000 toneladas de contaminantes particulados.

SILICOSIS: La silicosis es una enfermedad producida por el polvo de sílice a la que se ha prestado gran atención en casi todos los países, no así en México, hecho que causa preocupación y requiere de una pronta resolución.

Los estudios iniciales de esta enfermedad se remontan a 1915 y desde entonces cada vez se le ha prestado mayor atención a este problema, que ha ido agravándose como consecuencia de la mayor explotación de los recursos naturales, debido a la industrialización cada vez más intensa y por el uso de métodos y máquinas de mayor productividad. Los riesgos que presenta la silicosis y otros polvos dañinos al organismo crea una disposición de ánimo favorable para la aceptación de reglamentos que los prevengan.

PREVENCION: No es necesario el hacer hincapié en la necesidad de crear en las zonas de trabajo un -

ambiente limpio, que no se tenga polvo no solo por razones de higiene, sino como una medida de protección de las máquinas, como se dijo antes, pues el polvo afecta su -- buen funcionamiento.

El problema de la recolección del polvo en -- las industrias está prácticamente resuelto en todos los -- casos y nadie debe poner como excusa que el suyo en parti -- cular no tenga resolución.

MUESTREO: Para la evaluación del polvo se -- requiere de personal técnico capacitado e instrumentos -- adecuados para los diferentes tipos de muestreo; lo cual -- no es motivo de preocupación pues en el mercado se encuen -- tran aparatos de este tipo. Por cuanto al personal téc -- nico se refiere existe el factor primordial que es el in -- terés y cada día se cuentan con elementos muy capacitados para tal fin.

CONTROL: Actualmente en México existen --- los recursos humanos y materiales para hacerle frente a -- los problemas de contaminación, causados por las indus --- trias, desde su evaluación técnica y suministro de equipo adecuado, hasta la instalación y puesta en marcha. El -- equipo de control del polvo se encuentra disponible en nu -- merosos diseños que utilizan una gran variedad de princi -- pios y criterios, dando como resultado una amplia gama de efectividad, costo inicial, de operación, mantenimiento, -- espacio y materiales de construcción.

El tipo de emisión determinará la eficiencia de la colección, la cual en cualquier caso deberá cumplir con los reglamentos correspondientes.

Las alternativas del equipo de control son - las siguientes:

- Filtros del Tipo de Bolsas
- Precipitadores Electrostáticos
- Colectores en Húmedo
- Colectores Mecánicos.

Cada industria tiene su problema de recolección de polvo diferente y utiliza el equipo que más se -- adapte a sus necesidades, tenemos así por ejemplo cuando se tenga que recuperar polvos no inflamables, será aconsejable la adopción de colectores en seco, en las explotaciones mineras, en la manipulación y transporte del carbón, en canteras y minas, se recomienda la separación centrífuga a base de ciclones, debido al gran volumen de aire por depurar y por que el uso de ciclones es menos costoso. En manipulación y transformación de la madera que produce abundante polvo, se utilizan ciclones también, cuya eficiencia no es muy alta, pero para el polvo más fino (lijado) se pueden combinar los ciclones con colectores húmedos.

En la industria del cuero y del calzado también hay gran producción de polvo, que por su inflamabilidad hace aconsejable el uso de colectores húmedos.

MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE POLVO EN MEXICO:

En el país tiene pocos años el habersele dado la importancia debida a la prevención y control del -- polvo, pero se ve con satisfacción que el interés en el -- problema es cada vez mayor.

Tenemos que en la actual Administración se - han tomado medidas para el control de la contaminación; - promulgándose la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental y Reglamento para la Prevención - y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por - la Emisión de Humos y Polvos.

En enero del presente año se efectuó la primera reunión nacional sobre el problema de la contaminación ambiental, donde se expusieron los problemas de la - contaminación y los recursos que se cuentan para su control.

Vemos con agrado que la industria privada es tá mostrando gran interés en cooperar y como ejemplo pueden citarse algunas fábricas de cemento que ya han instalado sus dispositivos para disminuir la contaminación del aire, la Fábrica de Papel Peña Pobre que está operando -- con gran disminución en la contaminación y estimulando la producción de sus viveros.

Lista de Elementos en Cuya Fabricación o Manipulación
es necesaria la Captación y Separación del Polvo.

Abrasivos	Corindón	Oxido de Plomo
Ac. Sulfúrico	Criolita	Oxido de Cinc
Ac. Tartárico	Cristal	Papeles
Almidón	Cromita	Pastas para Pulir
Algodón	Cuarzo	Penicilina
Alúmina	Cuero	Piedras Calizas
Aluminio	Chocolate	Piedras Naturales
Amianto		Piedras Artificiales
Arcillas	Detergente	Pienso
Arenas	Desengrasantes	Pigmentos Varios
Arseniato de Cal	Dextrina	Piritas
Arseniato de Plomo	Esmaltes	Pizarra
Arsénico	Explosivos	Plásticos
Azúcar		Plomo
Azufre	Fe	Polvo de Celulosa
	Feldespatos	Polvo de Jabón
Baquelita	Fermentos	Pómez
Bauxita	Fertilizantes	
Berilio		Refractarios
Bióxido de Titanio	Gomas	Resinas
Borras	Grafito	
Botones de Nácar	Granallas de acero	Sílice
	Granito	Sosa Cáustica
Cacao		Sulfato de Hierro
Cal	Harinas	
Carbón Animal	Hueso	Tabaco
Carbón Vegetal	Insecticidas	Talco
Carbonato de Cinc		Tierra de Diatomeas
Carburo de Silicio	Manganeso	Tierra de Fundición
Cáscara de Arroz	Mármol	Titanio
Cemento	Mica	
Cerámica	Minas de Au, Fe, U.	Vidrio
Circonio	Negro de Humo	Virutas de Hierro
Cobre		Yeso
Corcho	Oxido de Hierro	

La lista anterior nos da una visión de la diversidad de polvos en la industria y de ahí el porque de la importancia de su prevención y control.

El presente trabajo tiene por objeto el dar a conocer los problemas que presenta el polvo, para la salud de los trabajadores y para la misma maquinaria, además del equipo con que se cuenta para su control, las medidias a nivel Nacional que se han tomado al respecto; las ventajas que derivan de su control y el saber que su pronta solución traerá beneficios para la Economía Nacional.

CAPITULO II

GENERALIDADES

Polvo según el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos son las pequeñas partículas emitidas a la atmósfera por los elementos naturales o por procesos mecánicos tales como molinos, perforadoras, - - transporte de tierra, demoliciones y otros.

Aunque el polvo se encuentra en todas partes de la atmósfera, se sabe que los obreros dedicados a trabajos muy polvosos son menos saludables que los que no están en esas condiciones, por lo que es importante la clasificación del polvo para ver cuales son los más peligrosos.

Existen diferentes clasificaciones, basadas bien sea en sus propiedades físicas, en el aspecto fisiológico o en el patológico; existe una clasificación bastante simple basada en el aspecto fisiopatológico y consta de los siguientes grupos:

- 1.- Polvos como el plomo que pueden producir intoxicaciones sistemáticas.
- 2.- Polvos que pueden producir alergias, tales como la fiebre de heno, asma, dermatitis.
- 3.- Polvos de materiales orgánicos como el algodón que pueden producir erupciones.
- 4.- Polvos que pueden causar fibrosis pulmo-

nares, como los de sílice.

- 5.- Polvos como los cromatos que ejercen un efecto irritante sobre los pulmones y - pueden producir cáncer.
- 6.- Polvos que pueden producir si acaso fibrosis pulmonares mínimas entre los -- que se cuentan los polvos inorgánicos,- como el carbón, hierro y bario.

Otra clasificación más general de acuerdo a su composición química es la que los divide en:

- 1.- Orgánicos
- 2.- Inorgánicos

ORGANICOS:

Se dividen a su vez en:

- a- Naturales: son los polvos - provenientes de maderas, los granos de algodón - el pólen, las -- plumas, las bacterias y los hongos.
- b- Sintéticos: cabe mencionar los plásticos y numerosos pro-- ductos y sustancias orgánicas.

INORGANICOS:

Se dividen en:

a- Silíceos: incluyen polvos de sílice y materiales que contengan sílice libre y que causan la fibrosis pulmonar. La sílice se puede encontrar en forma de cuarzo, ópalo, pedernal, calcedonia, asbesto, talco, y otras formas menos comunes.

b- No- Silíceos: Compuestos metálicos y diversas sustancias inorgánicas, entre los polvos más comunes de este grupo se encuentran el carbón, hierro, arsénico y sus compuestos.

PROPIEDADES DE LOS POLVOS:

Ante todo, se han de tomar en cuenta las pro

propiedades de un polvo determinado que defina su capacidad para producir una dolencia pulmonar.

Estas propiedades son:

- 1.- Composición Química y Mineralógica.
- 2.- Tamaño de la Partícula
- 3.- Concentración en el Aire.
- 4.- Duración de la Exposición.

COMPOSICION QUIMICA Y MINERALOGICA:

Es especialmente importante desde el punto de vista de la higiene del trabajo. Para determinar el riesgo de silicosis es de suma importancia averiguar el contenido de sílice cristalina del polvo de que se trate, ya que es la principal causante de esa enfermedad. Podemos clasificarlos de la siguiente manera:

- a- Polvos constituidos íntegramente por sílice combinada, es decir por silicatos, como el asbesto.
- b- Los que contienen sílice libre, en forma cristalina o cuarzo (el granito contiene 35% de cuarzo aproximadamente).
- c- Polvos que contienen sílice libre en forma no cristalina, como la tierra de diatomeas.

TAMAÑO DE LA PARTICULA:

Según estudios realizados se ha determinado que el tamaño de la partícula es importante pues las que causan daños al organismo son aquellas de un tamaño menor a 5 micras; pues las partículas más grandes pueden sedimentarse por gravedad o son eliminadas por la acción protectora de la mucosas superficiales del tracto respiratorio.

La capacidad de retención de los pulmones se puede representar gráficamente (ver fig. 1), y en la gráfica que la representa se puede ver la capacidad de retención máxima para las partículas de entre 1 y 2 micras aproximadamente y disminuye rápidamente por debajo y por encima de esos límites.

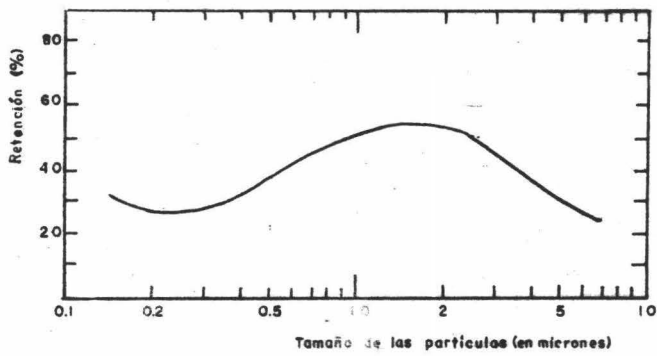


Figura 1

CONCENTRACION EN EL AIRE:

En la práctica, puede haber un grado de concentración del polvo en suspensión en el aire por debajo del cual se puede considerar que la presencia de ese polvo no extraña peligro (ver tabla I y II). Pero por mucho que se ha tratado de establecer "umbrales" universalmente aceptados para las diferentes clases de polvos, hasta ahora no se ha llegado a un acuerdo.

Una de las dificultades con que se tropieza para la medición exacta de las concentraciones de polvo - deriva de los diferentes criterios con que se les calcula, que varían según la clase de instrumentos empleados para la toma de muestra. Los dos criterios más corrientes -- son el peso (en mg/m³) y el número de partículas (en partículas/cm³).

DURACION DE LA EXPOSICION:

Es de gran importancia, pues de ello se deriva las enfermedades que se pueden producir. La exposición puede ser directa o indirecta.

- 1.- Directa: al efectuar el obrero operaciones de moler, taladrar, pulir, transportar, cortar, etc.
- 2.- Indirecta: cuando se encuentra dentro -- del área donde se genera el polvo.

El tiempo de exposición que puede provocar - Neumoconiosis varía con los diferentes tipos de polvos.

1.- A los sopladores de arena-
la silicosis se les presen-
ta después de 3 años de ex-
posición.

TABLA I

UMBRALES DE CONFIANZA PARA CIERTAS SUSTANCIAS TOXICAS

	Mg/m ³		Mg/m ³
Antimonio.....	0.5	Palation	0.1
Arsénico.....	0.5	Fósforo (amarillo)....	0.1
Bario.....	0.5	Acido Pícrico.....	0.1
Oxido de Cadmio.....	0.1	Dieldrin.....	0.25
Cromatos.....	0.1	Hidróxido de Sodio....	2
Cianuro.....	5	Acido Sulfúrico.....	1
Ferrovandio.....	1	Telurio.....	0.1
Fluoruro.....	2.5	Dióxido de Titanio....	15
Oxido de Hierro.....	15	Tricloronaftolueno....	5
Plomo.....	0.15	Trinitrotolueno.....	1.5
Oxido de Magnesio....	15	Uranio	
Malati6n.....	15	(compuestos solubles)	0.05
Manganeso.....	6	(compuestos insol.)	0.25
Molibdeno		Vanadio.....	0.05
(compuestos so.)... 5		Oxido de cinc.....	15
(comp. insol.)..... 15		Mercurio.....	0.1

TABLA II

UMBRALES DE CONFIANZA PARA CIERTOS POLVOS MINERALES TOXICOS.

	MP/pie ³
Oxido de aluminio.....	50
Asbesto	5
Polvo (no exento de sílice libre).....	50
Mica (con menos del 5% de sílice libre).....	20
Cemento Portland.....	50
Sílice	
Alta (arriba del 50% de sílice libre)..	5
Media (con un 5 a 50% de sílice libre).	20
Baja (menos de un 5% de sílice libre)..	50
Carburo de Silicón.....	50
Pizarra (con menos del 5% de sílice libre)..	50
Esteatita (con menos del 5% de sílice libre)	20
Polvo Total (con menos del 5% de sílice libre)	
bre)	50

Nota: MP/pie³millones de partículas por pie³

- 2.- En las minas de oro la silicosis se presenta de los 9-10 años de exposición.
- 3.- En industrias de granito - los trabajadores presentan signos de silicosis a los 2 años.

NEUMOCONIOSIS:

Es un proceso pulmonar crónico y diagnosticable, sea en enfermedad o condición pulmonar, provocado -- por la inhalación de polvo o humo inorgánico o polvos orgánicos excluyendo de estos últimos las partículas vivas -- como los hongos.

Aún cuando es posible que algunos polvos -- sean inocuos en concentraciones bajas y no produzcan una lesión determinada, al inhalarse en concentraciones altas pueden abrumar las defensas naturales de los pulmones, -- llegando a entorpecer su función.

TIPOS DE NEUMOCONIOSIS:

La Neumoconiosis, en la actualidad las enfermedades profesionales más frecuentes y las encontramos en la industria y la minería y en menor grado en la agricultura.

- 1.- Silicosis: descrita con ese nombre por -- Visconte en 1870, es una enfermedad profesional, causada por la inhalación de sílice --

libre, de carácter progresivo e irreductible, que produce - invalidez y aumento de suscep- tibilidad a la tuberculosis. La encontramos en la minería- metálica (perforación, trans- porte y moliendas de cuarzo y en diversas industrias en que se utiliza el cuarzo, como en las fábricas de vidrio, cerá- mica, fundiciones, pulidos de metales, ladrillos refracta- rios, jabones, polvos para -- limpiar, etc.

2.- La Asbestosis: Se presentan en las minas y en la industria del cemento- asbesto.

3.- Talcosis: En la industria de neumáticos- y perfumería.

Entre otros tipos de Neumoconiosis podemos - señalar la baricosis producida por el bario, berciliosis- producida por el berilio, la vanadiosis producida por el- vanadio, la suberosis la produce el corcho, el estaño pro- duce la estañosis, etc.

EXPLOSIVIDAD DEL POLVO:

Los materiales en forma de polvo con tenden- cias a quemarse o explotar bajo condiciones favorables - son: el azúcar, carbón pulverizado, cocoa, cerealés, cor- cho, aserrín, resinas, plásticos, té, magnesio, y alumi--

nio entre otros.

El oxígeno se combina fácilmente con muchas sustancias y la reacción producida es explotar. Cuando las reacciones son rápidas, aumenta el volumen de los productos de reacción. La correspondiente elevación rápida de la presión de dichos productos alcanza a producir una explosión.

Otra causa de explosión se debe a que el polvo toma carga electrostática cuando escapa por boquillas o cuando está en contacto con correas que giran sobre poleas o con cualquier elemento que friccionen. Cuando la tensión electrostática es suficiente se produce la descarga a tierra y la consecuencia es una explosión con un incendio subsecuente.

La concentración del polvo está ligado directamente con su explosividad y se requiere un valor mínimo en el aire para que se produzca la explosión (ver tabla - III).

Las presiones de explosión pocas veces pasan de 7 kg/cm², y solo se alcanzan presiones máximas con concentraciones mucho mayores que la mínima explosiva.

Los polvos oxidables tienen explosividad potencial, pero esta no ocurre si se mantiene una atmósfera que contenga una cantidad de oxígeno inferior al mínimo de explosión.

Los polvos orgánicos como los que se producen en la manipulación, depósitos, silos, sistemas de transporte de cereales, hulla, plásticos y plumas se inflaman con facilidad.

Entre los polvos inorgánicos inflamables tenemos los de aluminio, cinc, magnesio, antimonio, etc. Su fuerza de explosión en ambos casos depende de la concentración, tamaño de la partícula y del espacio donde se encuentran confinados.

TABLA III

LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD DE POLVOS COMBUSTIBLES

Polvo combustible	Límite inferior g/lt
Harina.....	0.052
Glucosa.....	0.225
Alimento de Ganado Vacuno.....	0.30
Alimento de aves de corral.....	0.272
Trigo.....	0.150
Almidón.....	0.098
Azúcar.....	0.066
Polvo de Pegamento.....	0.094
Cocoa.....	0.103
Leche Deshidratada.....	0.094
Harina de Papa.....	0.225
Harina de Soya.....	0.066
Celuloide Común.....	0.024
Geluloide Translúcido.....	0.031
Hulla.....	0.141

Cuidados que se deben tener al manejar polvos explosivos:

- 1.- Aislar el local donde existan posibilidades de explosión.
- 2.- Evitar la acumulación de polvo utilizando un colector adecuado.
- 3.- Evitar el fumar y toda posibilidad de que se produzca alguna chispa.
- 4.- El lugar de trabajo debe ser cerrado, con la ventilación adecuada.
- 5.- El personal debe estar adiestrado para contrarrestar incendios y explosiones.
- 6.- Estudiar las recomendaciones de las Asociaciones Nacionales y Extranjeras expertas en incendios y explosiones.

PROTECCION CONTRA EL POLVO:

A- Los sistemas preventivos más comunes son:

- 1.- Trabajar con aparatos cerrados: recubrir herméticamente los procesos industriales, que al fragmentar y movilizar los materiales que producen dispersas las partículas. Así se efectúa la pulverización, tamizado, transporte, etc. de muchos productos.

- 2.- Humectación: Especialmente en minas donde el perforado produce gran cantidad de polvo de sílice.
- 3.- Substitución de materiales: Se han reemplazado materiales que producen partículas de polvo por otros que lo hacen en menor cantidad. Por ejemplo se ha reducido la concentración y el contenido de cuarzo (sílice) en el polvo de los cuartos de soplado de las piezas de fundición, sustituyendo la arena empleada como abrasivo por municiones de acero. Los resultados han sido los siguientes:

	millones de partículas por pie ³	% de cuarzo
usando arena	996	42 - 98
usando acero	155	3

B- Sistemas destinados a retirar las partículas del ambiente:

- 1.- Ciclones
- 2.- Colectores de Bolas
- 3.- Colectores Húmedos
- 4.- Otros.

C- Sistemas destinados a aislar al trabajador: Cuando la aplicación de los sistemas mencionados anteriormente - ha fracasado o ha sido imposible su empleo y el ambiente de trabajo mantiene una concentración elevada de partículas se debe recurrir al método de protección del trabajador, o cuando la producción de polvo es esporádica, por lo que no es necesario ni económico el instalar un equipo de protección contra el polvo.

Esta protección al trabajador consiste en uso de filtros de aire, máscaras, anteojos y vestidos especiales.

Podemos concluir que es importante la recolección del polvo para reducir los gastos de conservación de la maquinaria, como el filtrado del aire aspirado por compresoras o motores, separar bagasillo en las chimeneas de combustión de los ingenios; evitar los riesgos a la salud, como es la separación de los polvos de sílice y metálicos de las máquinas de esmerilar, taladrar, desbastar, pulir y en operaciones metalúrgicas; recuperar un polvo valiosos como el de algunos hornos de fusión; recolectar un producto pulverizado, usual en los transportadores neumáticos, la desecación por pulverización del huevo, jabón, leche y óxido de cinc de gran pureza; mejorar la calidad de los productos como los farmacéuticos y películas fotográficas.

CAPITULO III

MUESTREO EVALUACION Y ANALISIS

Si se quiere proteger eficazmente a los trabajadores contra el polvo hay que obtener primeramente to dos los datos posibles respecto al polvo en suspensión en el aire, para lo cual es preciso tomar muestras y hacer mediciones y análisis. En primer lugar se debe hacer -- una visita al ambiente de trabajo para ver los riesgos -- que pueden presentar los agentes químicos, físicos y bio lógicos presentes en el lugar; así como la cantidad de -- polvo que existe y con las medidas de control con que se cuentan.

Una vez hecho el análisis preliminar se de-- ben conocer la eficiencia de los métodos de control por -- lo que es indispensable efectuar mediciones ya que ningún resultado puede ser más preciso que la exactitud misma -- del método de medición o muestreo utilizado.

La toma de muestras, las mediciones y los -- análisis proporcionan los datos necesarios para determinar la exposición general del riesgo, la cantidad de polvo -- que se produce al efectuar determinadas operaciones, las diferencias en la cantidad de polvo que se producen durante un turno de trabajo y la eficacia de las diferentes me didas de prevención.

El control de riesgos ocupacionales, en nuestro caso el polvo, se logra actuando sobre las fuentes de riesgo y sobre el personal expuesto, pues cuando estos -- son severos el control del personal por si solo no previenen enfermedades ni riesgos ocupacionales; pero en cambio cuando se controla el riesgo, no se requiere una vigilan-

cia especial del personal.

No solo no debemos dedicarnos a medir y evaluar los riesgos y generalmente un ambiente, utilizando - los cinco sentidos, pues no es suficiente, aunque se puede hacer en ocasiones, es necesario el hacer una evaluación cuantitativa y ver la relación de estos con patrones fijados con anterioridad (concentración máxima permisible). Debemos señalar principios generales para medición, muestreo y evaluación de riesgos (polvo) y relacionarlos con los síntomas derivados de un estudio médico sobre personal expuesto, que se debe efectuar en forma simultánea; - después de haber hecho una investigación cuidadosa basándose en experiencias anteriores y el sentido común.

Para que las muestras nos den una idea clara de las condiciones de trabajo se deben tomar en cuenta - los siguientes factores.

- 1.- Lugar de Muestreo
- 2.- Duración del Muestreo
- 3.- Número de Muestras
- 4.- Volúmen de Muestras
- 5.- Equipo de Muestreo

LUGAR DE MUESTREO:

Las tomas corrientes tienen por objeto determinar la cantidad de polvo que respiran las personas que trabajan en determinado lugar, de modo que se debe tomar en el lugar en que se mueven y realizan sus actividades - esas personas. Además, se deben obtener datos complementa

tarios sobre la cantidad de polvo existente en el aire -- que llega al lugar de trabajo y el aire que sale de dicho lugar.

Las muestras deben tomarse cerca de los trabajadores y al nivel medio de respiración, procurando que el aparato de muestreo capte el contaminante en forma parecida a la exposición del obrero.

DURACION DEL MUESTREO:

La frecuencia con que se debe tomar las muestras dependerá de la cantidad de polvo, que suela haber en el lugar de que se trate, del número de personas que trabajen en dicho lugar y de la clase de polvo que en él se produzcan. Muchos técnicos preveen intervalos máximos de entre uno y doce meses; pero si las cifras obtenidas varían mucho deben tomar muestras más frecuentes a fin de obtener una información más completa del origen del polvo.

NUMERO DE MUESTRAS:

Si el polvo se produce en forma más o menos constante puede ser suficiente 3 ó 5 muestras por ciclo de operación, pero para el cálculo de la exposición diaria, el número de muestras debe ser mayor y cuyo límite queda a criterio del Higienista.

VOLUMEN DE MUESTRA:

El volumen va a depender de la sensibilidad del aparato de muestreo, de la concentración permisible --

del polvo a analizar y del tiempo de duración de la operación. Este volumen variará desde unos litros hasta metros cúbicos.

EQUIPO DE MUESTREO:

Los instrumentos de muestreo se pueden clasificar como de lectura directa o indirecta, siendo estos últimos los de más uso; también en instantáneos y continuos con relación al tiempo de muestreo.

Los instantáneos son aquellos en que el tiempo de muestreo va desde unos segundos hasta unos tres o cuatro minutos.

Los continuos son los que funcionan durante largo tiempo de modo completamente automático, y sin que haya que cuidarlo y cuyo funcionamiento no puede ser interrumpido mientras se está tomando la muestra.

Los instrumentos de muestreo instantáneo solo indican exposiciones numéricas máximas o intermedias dependiendo del número de muestras y de la naturaleza de las operaciones; los continuos proporcionan datos sobre la exposición promedio, por lo que se recomienda utilizar los dos para obtener una información completa.

ELECCION DEL INSTRUMENTO:

Al elegir el sistema de muestreo es necesario decidir primeramente si la medición se ha de basar en el peso de las partículas en suspensión en el aire o en el número de partículas de tamaño que se consideren peli-

grosas.

Se deben tener en cuenta las características particulares de los diferentes instrumentos y procedimientos de muestreo. Las diferencias que en esto existen — van en detrimento de la comparabilidad de los resultados.

Lo ideal sería que el instrumento de muestreo retuviera las partículas en iguales proporciones que el pulmón humano, exactamente, señalando así las más peligrosas. Varios investigadores han tratado en cifras esta cantidad de retención de los pulmones, que es probablemente de 100% para las partículas de 1 micra, de 50% para las de 3 y 5 micras. En la práctica, todos los instrumentos existentes tienen sus inconvenientes.

Sabemos que no existe un instrumento que pueda captar el polvo tal como se encuentra en suspensión, — sin alterar las partículas ni su distribución en forma alguna y que permita evaluar rápida y fácilmente el resultado; que recogiese solamente las partículas respirables y que proporcione información media del polvo, y las fluctuaciones pasajeras, que sea un aparato sencillo y de fácil manejo de preferencia automático.

La mayor parte de los instrumentos con que se cuenta tiene sus propios límites de selección; unos deshacen las aglomeraciones de partículas indicando un número de partículas finas superior al existente; otros ocupan demasiado espacio o tienen que ser manejados por personas especializadas que deben vigilarlos muy atentamente. Las posibilidades de elección, son pues muy limitadas.

En la práctica se elegirá probablemente un instrumento que permita tomar un gran número de muestras—

en diferentes lugares en el menor tiempo posible. También se debe comparar los resultados obtenidos a lo largo de los años para conocer los efectos de la exposición al polvo de los trabajadores de manera que no se deberá cambiar de instrumento sin un estudio preliminar muy cuidadoso.

En la industria se utilizan diferentes instrumentos para tomar las muestras del polvo en suspensión en el aire y hacer las mediciones, los cuales se pueden dividir en seis grupos principales, de acuerdo al funcionamiento de cada uno de ellos.

- 1.- La Sedimentación
- 2.- La Medición Óptica
- 3.- La Precipitación por Colisión.
- 4.- La Filtración
- 5.- La Precipitación Térmica.

En principio, las muestras de casi todas clases de polvo deben comprender únicamente partículas respirables, y los instrumentos de toma deberían estar provistos de dispositivos de selección; por ejemplo cámaras de sedimentación, para eliminar las partículas no respirables. Hay algunas clases de polvo, como el de cromita o el de los minerales de uranio, de los cuales hay que tomar muestras completas, en que estén comprendidas todas las partículas, porque también pueden tener efectos nocivos para otros órganos además de los pulmones.

Debido a la gran cantidad de instrumentos - que existen en el mercado y de lo extenso que es el ha- - blar de todos ellos solamente se mencionarán algunos.

LA SEDIMENTACION:

En los instrumentos basados en este princi- - pio, las partículas de polvo se depositan sobre láminas - de vidrio, que pueden estar sin ninguna preparación o re- cubiertas por un adhesivo (por ejemplo vaselina o aceite- de madera de cedro), se exponen, en posición horizontal - o inclinadas, a la corriente de ventilación durante un pe- ríodo de 1 a 30 minutos, según la concentración del polvo. Este método se emplea únicamente para mediciones aproxima- das y presupone concentraciones de polvo bastantes gran- des, el menor movimiento posible de aire y un largo perío- do de muestreo, ya que debido a su reducida velocidad de- sedimentación únicamente se depositan una pequeña parte - de parte de las partículas respirables.

Este método se utiliza para un análisis mine- ral aproximado para descubrir la existencia de aglomera- - ciones bastantes grandes de partículas.

Los tubos ranurados para toma de muestra por sedimentación se basa en el principio de que si una co- - rriente laminar de aire cargado de polvo pasa por un tubo horizontal de sección rectangular, el polvo se va deposi- tando regularmente sobre el fondo, según la velocidad de- caída de las partículas.

Si se abre una ranura en el fondo del tubo, el polvo que cae se puede recoger en una planta giratoria y se puede medir su concentración en ella según el tiempo transcurrido. Este instrumento puede funcionar durante varios días sin exigir cuidado alguno. Lleva consigo una bomba de velocidad constante que hace funcionar un acumulador y se puede montar en un filtro a fin de recoger para su análisis la mayor parte de las partículas respirables captadas.

LA MEDICION OPTICA:

El tyndaloscopio determina la cantidad de polvo que hay en el aire por la observación de la dispersión de un haz luminoso por el polvo en suspensión. El haz luminoso atravieza una cámara cuyas paredes son de vidrio negro, en la que es dispersado por las partículas de polvo. La dispersión se observa con microscopio con ángulo de 30°.

El haz ilumina la mitad del campo ocular; la otra mitad se ilumina por medio de un prisma giratorio. Regulando los prismas se puede reducir la iluminación, dando la misma luminosidad a todo el campo ocular. El ángulo de rotación del prisma que se necesita está indicado por un cuadrante graduado de 0 a 30°, con una exactitud de ± 0.10 . la calibración se efectúa con una fuente luminosa normalizada. Si se pasa de la escala de medición se pueden insertar prefiltros que absorban la luz.

Estos instrumentos de medición óptica tienen el inconveniente de que no se puede confiar en los resultados obtenidos si no se poseen datos acerca de la compo-

sición mineralógica y de la concentración del polvo. Si se puede establecer que la composición mineralógica del polvo cuya concentración se está midiendo y su composición por tamaño de partículas son invariables, las cifras indicadas por el instrumento serán proporcionales al número, a la masa y a la superficie de las partículas respirables de más de media micra.

LA PRECIPITACION POR COLISION:

En los instrumentos basados en el principio de la colisión el aire cargado de polvo es lanzado en forma de chorro contra un obstáculo. El cambio súbito de dirección de la corriente de aire, al chocar contra ese obstáculo y la inercia de las partículas hacen que estas caigan y al caer se les recoge sobre una placa cubierta por un adhesivo (vaselina pura, bálsamo de Canadá) o un líquido (agua, petróleo, alcohol isopropílico, aceite).

Dentro de este grupo hay dos tipos de aparatos de acuerdo a su forma de recolectar el polvo, que son los de recolección en húmedo y en seco.

Entre los instrumentos de este tipo podemos mencionar los siguientes:

MIDGET - IMPINGER:

Para tomar la muestra de polvo se utiliza una bomba que se hace funcionar a manivela o eléctricamente, que aspira el aire en cantidad determinada durante un período de entre 10 y 20 minutos. El aire sale del orificio a gran velocidad, choca contra el fondo del reci-

piente, asciende a través de la columna del líquido en — fuerte barboteo y sale por un tubo. Las partículas de — polvo quedan retenidas en el líquido cuando chocan contra el fondo del recipiente o al atravesar el líquido mismo.— El aire es aspirado a razón de 3 l/min.

Como se conoce la cantidad de aire aspirado, la concentración del polvo se puede calcular por recuento o por pesaje una vez evaporado o filtrado el líquido co— lector.

MIDGET - SCRUBBER:

El aire es violentamente agitado por un lí— quido lavador. El líquido es aspirado hacia una pequeña cámara cilíndrica en la cual se obtiene una purificación completa. El volúmen de 6 l/min. aproximadamente. Las partículas de tamaño inferior a 0.2 micras no son capta— das.

Entre las ventajas de estos instrumentos es— tá el captar durante un largo período de tiempo una can— tidad de polvo lo suficientemente grande que se puede ana— lizar no solo para determinar la concentración del polvo— sino también su composición. Además al hecho de que la velocidad de aspiración es superior a la de la corriente— de ventilación y facilita la medición cuantitativa de las partículas gruesas.

Entre las desventajas está el que se necesi— ta un inyector para darles aire comprimido o bien una bom— ba de vacío. Deben ser manejados con muchos cuidados, — rompen las aglomeraciones de las partículas componentes — de modo que a veces se calcula un número de partículas su

perior al que realmente existe en el aire.

CONIMETROS:

Hay muchos tipos de conímetros, uno de los primeros fue el de Zeiss, que ha sido reproducido por otras marcas tales como la Sartorius, Kotzé y Witwatersrand.

Consisten de una bomba aspirante accionada por distensión de un resorte que lanza a gran velocidad el chorro de aire cargado de polvo contra una lámina de cristal recubierta de una substancia adhesiva. Por regla general, a esta lámina se le puede hacer girar, lo cual permite tomar varias muestras. Debido a la inercia las partículas de polvo no siguen el cambio súbito de dirección de la corriente de aire y forma sobre el cristal una mancha que se puede examinar con el microscopio.

Es un aparato ideal para utilizarlo en las minas por su poco peso y lo manuable. Es muy resistente, con piezas sencillas y bien protegidas. Sobre una misma lámina de cristal se pueden tomar gran número de muestras sin necesidad de abrir el aparato. El volúmen de aire de la muestra es relativamente grande; de manera que aunque sea débil la concentración de polvo se obtiene un depósito lo suficientemente grande como para hacer el recuento.

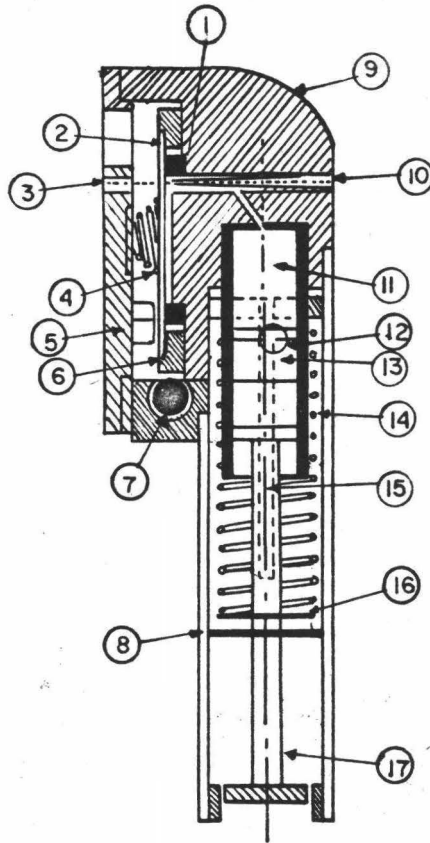
Su eficacia varía según las circunstancias. Los resultados que se obtienen con los diferentes conímetros son distintos. Tienen tendencia a deshacer las aglomeraciones de partículas debido a la gran velocidad

de choque y lo difícil que es la evaluación del denso depósito obtenido con grandes concentraciones de polvo. Da da la rapidez con que se toma la muestra (0.1 seg. aproximadamente). Solo se obtienen valores instantáneos que pueden ser muy diferentes de los valores medios. Para determinar la concentración media hay que seguir tomando muestras durante largo tiempo a intervalos entre 1 y 3 minutos, además la cantidad de polvo captada depende en gran medida de la naturaleza y del espesor de la película adhesiva.

Los conímetros no son los instrumentos adecuados para hacer mediciones muy exactas, pero son de gran utilidad cuando se utiliza junto con otros instrumentos que proporcionan datos más precisos sobre la naturaleza de las concentraciones de polvo.

CONIMETRO WITWATERSRAND:

Las piezas más características del conímetro Witwatersrand son la cabeza y el cuerpo del cilindro de aluminio resistente (ver fig. 2). Dentro del cuerpo cilíndrico del aparato hay un dispositivo de aspiración consistente en un pistón de acero movido por un resorte dentro de un cilindro de latón, con un disparador. Su capacidad es de 5 cm³ y la velocidad del aire de 75 m/seg. Cuando se dispara el pistón, el aire pasa por el conducto y va a chocar contra una lámina de vidrio donde queda retenido el polvo, que forma en ella una pequeña mancha. Se localiza la impenetrabilidad del aire mediante una arandela de caucho aplicada contra la lámina de vidrio, que se mantiene en su sitio con una cubrejunta y un resorte. El portaláminas está graduado y se le puede hacer girar, lo-



Sección Vertical de un Conímetro Witwatersrand

1.- Anillo de caucho. 2.- Lámina de Vidrio 3.- Orificio de observación del chorro de aire. 4.- Resorte de fijación de la lámina de vidrio. 5.- Placa Exterior. 6.- Portaláminas.- 7.- Vástago de la manivela con que se hace girar el portáláminas. 8.- Cuerpo del cilindro. 9.- Cabeza del aparato. - 10.- Entrada del chorro de aire. 11.- Cilindro. 12.- Disparador. 13.- Pistón. 14.- Resorte del pistón. 15.- Vástago del pistón. 16.- Guía del pistón. 17.- Barra impulsora.

cual permite recoger hasta 50 manchas sin necesidad de -- abrir el aparato.

LA FILTRACION:

Se cuenta con muchas clases de instrumentos-- de filtro y su mayor uso se encuentra en la industria; se caracterizan por tener un elemento filtrante que retiene-- el polvo, los filtros pueden ser de papel, éster, nitroce lulosa o tetracloruro de naftaleno.

Este método es de gran utilidad, con filtros de membrana para la captación de partículas radioactivas-- que emiten rayos alfa, porque penetra poco en la membrana del filtro y hay menos absorción de la radiación.

FILTRO FUSSEL:

El filtro Füssel es una aparato que deriva -- del filtro de membrana. Tiene una membrana de nitroce lulosa de gran capacidad de retención, incluso para las par-- tículas más pequeñas. A través de un dispositivo de as-- piración provisto de un filtro de membrana de 47 mm de -- diámetro se aspira una cantidad de aire predeterminada, -- regulándose la resistencia del filtro con la ayuda de un-- vacuómetro. Con este aparato se pueden aspirar hasta 40 l/min de aire. El vacío es constante, y por lo tanto la cantidad de aire aspirado disminuye a medida que aumenta-- la resistencia del filtro debido al depósito del polvo.

LA PRECIPITACION ELECTRICA:

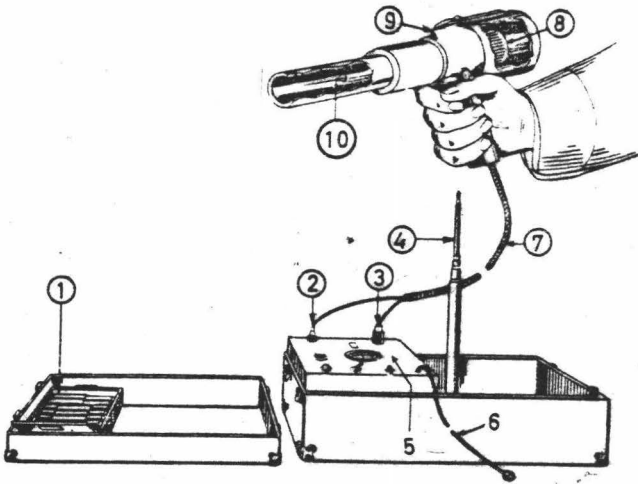
Los instrumentos de toma de muestras basados en este principio se pueden utilizar con buenos resultados cuando en la atmósfera no existen gases inflamables y no hay riesgo de una explosión. Hay que conectarlos con una fuente de energía eléctrica. El polvo se deposita directamente en láminas de cristal que pueden ser examinadas con el microscopio. Son de alto rendimiento para las partículas de menos de 5 micras.

APARATO DE TOMA DE MUESTRAS ELECTROSTATICO:

Un modelo muy conocido es el aparato de toma de muestra electrostático (ver fig. 3). El dispositivo de muestreo de este instrumento consiste en un tubo de metal a lo largo de cuyo eje está fijada una varilla también de metal. El tubo es un electrodo colector y la varilla también de metal. El tubo es un electrodo colector y la varilla que recibe una corriente continua de entre 13 y 20 Kv, es el electrodo ionizante. El aire pasa a través del tubo a razón de 85 l/min, aproximadamente, creándose la corriente por medio de un ventilador eléctrico. Las partículas de polvo en suspensión en el aire se cargan de electricidad al pasar por el tubo y se depositan en su superficie por la acción del campo electrostático. El dispositivo de muestreo consiste en el tubo de muestreo y el ventilador pesa alrededor de 1.8 kg, se le puede tener en la mano y trasladarlo de lugar, o se le puede fijar en la posición que se desee.

Un cable de alto voltaje conecta el dispositivo de muestreo con la fuente de energía, que consiste -

Fig. 3



Aparato de Toma de Muestras Electrostático

1- Tubos de muestreo y electrodos. 2- Conexión para el ventilador. 3- Conexión a alta tensión. 4- Pie telescópico. 5- Puente de energía. 6- Cables de alimentación. 7- Cable a alta tensión (3.6 m. de largo). 8- Ventilador. 9- Dispositivo de toma de muestras. 10- Electrodo central con alambre de ionización.

esencialmente de un transformador de alto voltaje conectado con dos tubos electrónicos rectificadores. El cable se puede prolongar llegado el caso.

LA PRECIPITACION TERMICA:

La precipitación térmica se basa en el principio de que las partículas de polvo finas no pueden penetrar en el espacio que rodea a un cuerpo caliente, espacio en el cual se produce un gradiente térmico muy marcado.

Las partículas de polvo se depositan en el mismo estado en que se encontraban en suspensión en el aire. No experimentan ningún cambio brusco, a menos que se presenten como núcleos de pequeñas gotas de neblina, caso en el cual la evaporación del agua puede influir sobre su posible nocividad.

PRECIPITADOR TERMICO:

El precipitador térmico es uno de los instrumentos más seguros para la toma de muestras de polvo y se le puede utilizar por toda clase de partículas en suspensión, tanto orgánicas como inorgánicas y cualquiera que sea el grado de concentración. Para las partículas de no más de 5 micras de diámetro y hasta los límites de separación del microscopio óptico, el rendimiento del precipitador térmico se aproxima al 100%.

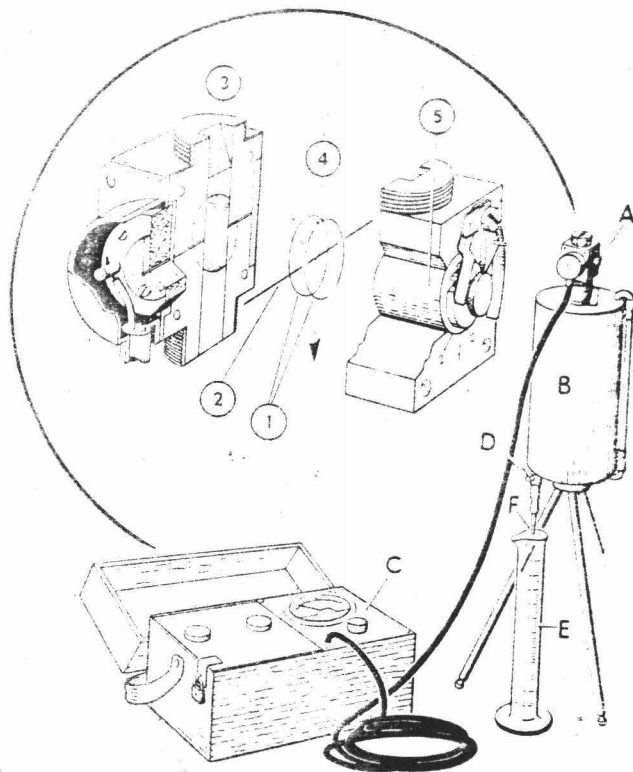
El elemento principal de este instrumento (ver fig. 4) es el dispositivo de toma de muestras, que -

consiste en un cubo de latón dividido en dos mitades separadas por un aislante, formando una ranura vertical horizontalmente atravesada por el hilo metálico calentado -- eléctricamente. En cada mitad del cubo hay dos orificios que permiten mantener los portaobjetos en la debida posición por medio de unas arandelas de latón que ajustan perfectamente. El extremo inferior del cubo de latón se prolonga y tiene una rosca por medio de la cual se le conecta con un dispositivo de aspiración que produce la corriente de aire que tiene que pasar por la ranura. El aparato lleva además consigo un aspirador de agua y un pequeño acumulador que calienta el hilo metálico dándole -- una temperatura de unos 100°C. Los elementos del precipitador térmico se pueden montar de distintas maneras, según las circunstancias.

Se han introducido diversas innovaciones en el dispositivo corriente de toma de muestras de estos aparatos. Así, se utilizan conmutadores de resorte y conmutadores especiales para tomar muestras que se pueden examinar con el microscopio electrónico. Los conmutadores de resortes se pueden colocar en seis posiciones diferentes, lo cual permite tomar seis muestras en cada portaobjeto.

ANALISIS:

Además de determinar el número de partículas y su distribución por tamaño si se quiere evaluar el riesgo que entraña el polvo desde el punto de vista de la higiene industrial hay que determinar también su composición mineralógica. La mayor parte de los métodos analíticos requiere del uso de aparatos costosos, conviene de-



PRECIPITADOR TERMICO

1- Láminas de vidrio. 2- Hilo metálico. 3- Orificio de aspiración. 4- Paso del aire. 5- Conmutador.

La cabeza A del precipitador, sólidamente atornillada sobre el recipiente que tiene el aspirador de agua B, recibe una corriente de 1.2 amperios del regulador C. Cuando está abierta la llave D, el agua pasa a la probeta graduada E. La boquilla regula el volúmen, que no debe pasar de $7 \text{ cm}^3/\text{min.}$ una vez tomada la muestra se cierra el paso del agua y se anota el volúmen con toda exactitud. Se corta la corriente eléctrica, se retira la cabeza del precipitador y se retiran luego las láminas de vidrio para su exámen al microscopio.

ser posible enviar los análisis de polvos a un laboratorio central.

Los procedimientos de análisis de polvos se pueden clasificar en:

- 1.- Procedimientos Químicos
- 2.- Exámenes con Microscopio
- 3.- Análisis con Rayos X
- 4.- Análisis Térmico Diferencial.

PROCEDIMIENTOS QUÍMICOS:

Para determinar el contenido de cuarzo o de sílice libre de polvo puede hacerse de dos maneras:

a- Utilizando reactivos que disuelven los silicatos y otros componentes minerales del polvo, pero que no disuelven el cuarzo. Entre los reactivos usados en este procedimiento se encuentran el ácido hidroflobórico. Por ejemplo se deja que el reactivo actúe sobre la muestra durante un período de 24 a 48 horas y luego se filtra. Da buenos resultados con muestras de partículas gruesas.- Introduciendo un factor de corrección para tener en cuenta la pequeña cantidad de cuarzo disuelto. Para partículas muy finas no sirve pues la cantidad de cuarzo disuelto es grande.

b- Utilizando reactivos que descomponen los silicatos y liberan la sílice combinada en forma de ácido silícico o de sílice amorfa, y luego disolución del ácido

sílico en una solución alcalina. Este procedimiento es el mejor y se utiliza piro sulfato de potasio para descomponer los minerales.

EXAMENES CON EL MICROSCOPIO:

Se puede utilizar el microscopio para identificar el cuarzo y otros minerales de diversas maneras -- (luz polarizada, índice de refracción, temperatura de fusión, etc.). Se han hecho ensayos con microscopios ordinarios, por contraste de fase, pero con las partículas menores de dos micras ninguno de estos métodos ha dado resultados; de manera que no son adecuados para analizar -- polvos respirables. Los que han dado buenos resultados han sido los métodos de coloración por inmersión para determinar cuarzo mica y caolín que contiene el polvo del carbón en el tamaño de partículas de entre 1 y 5 micras. -- Estos métodos están basados en el fenómeno de que la coloración de la luz blanca producido por los minerales es inferior al índice de refracción del medio circundante, medio cuyo poder de dispersión debe ser el mayor posible.

ANALISIS CON RAYOS X:

Con el espectrofotómetro contador Geiger, es muy apropiado este procedimiento para los análisis del -- polvo, pues el tamaño de las partículas en suspensión es aquel para el cual este instrumento da los mejores resultados.

Sobre la muestra en estado pulverizado se dirige un estrecho haz de rayos X monocromático; las sustanci

cias cristalinas que contiene la muestra producirán la difracción de los rayos X de manera que se producen máximos de intensidad en haces de diversos ángulos. La intensidad de esos máximos y los ángulos que se producen dependen de la estructura cristalina de la sustancia, y nunca son iguales para dos sustancias diferentes. La intensidad de los máximos depende también de la cantidad de la sustancia correspondiente que existe en el polvo. Por lo tanto, es posible identificar con exactitud todas las sustancias cristalinas y determinar cuantitativamente su proporción.

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL:

Da buenos resultados con la arcilla y parece ser de utilidad para determinar sílice libre.

Calentar una pequeña cantidad de la sustancia pulverizada uniformemente hasta 1000°C aproximadamente y registrar reacciones endotérmicas y exotérmicas que se produce y la intensidad de las mismas son diferentes - en muchos minerales.

La toma de muestras y su análisis y medición tienen por objeto obtener datos de aplicación práctica, - especialmente datos utilizables para proveer la Neumoco--niosis.

Por consiguiente es fundamental que los da--tos obtenidos sean los adecuados para este fin y que se - les registre de manera que se puedan utilizar lo mejor posible. Así se pueden necesitar datos para saber si las- condiciones existentes en el lugar de trabajo correspon--den o no a las normas admisibles, para saber las medidas- que se han tomado y las mejores logradas o por establecer una correlación entre la concentración del polvo y la frecuencia de Neumoconiosis.

CAPITULO IV

EQUIPOS DE CONTROL

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DE UN EQUIPO:

Las mejores consideraciones para determinar el tipo de colector necesario, deben ser dadas por las ca racterísticas del trabajo, del polvo y los resultados requeridos para dar mayor eficiencia y garantías económicas.

CARACTERISTICAS DEL POLVO:

El tamaño de partícula y la carga que entra al sistema de colección del polvo, también la composición química del polvo son las consideraciones primarias.

El polvo industrial consiste de una gran variedad de tamaños de partículas y su composición química es de una alta complejidad. La eficiencia del colector está directamente relacionada con ambos. Es por esta ra zón que se debén checar los siguientes puntos en el análi sis del polvo para tener una base en las recomendaciones de los equipos colectores del polvo.

Estos puntos nos darán una idea segura sobre el equipo colector que se necesite en un lugar determinado y por eso les debemos dar mucha importancia.

Los puntos a considerar son:

- 1.- Fuente del Polvo.
- 2.- Composición Química
- 3.- Tamaño
- 4.- Densidad

- 5.- Forma
- 6.- Carga
- 7.- Humedad
- 8.- Cualidades Erosivas
- 9.- Resistividad
- 10.- Espesor
- 11.- Cualidades Higroscópicas
- 12.- Valor
- 13.- Inflamabilidad
- 14.- Distribución

CARACTERISTICAS DEL GAS:

El gas o corriente de aire que lleva el polvo, crea un efecto en la eficiencia de un sistema colector de polvo. Debemos examinar características específicas que son:

- 1.- Cantidad
- 2.- Temperatura
- 3.- Presión
- 4.- Composición Química
- 5.- Punto de Rocío
- 6.- Contenido de Mezcla
- 7.- Combustibilidad
- 8.- Cualidades Corrosivas

EFICIENCIA REQUERIDA:

En la colección de polvos valiosos o molestos la eficiencia requerida son usualmente predeterminadas por estos factores:

- 1.- Valor en pesos del polvo
- 2.- Requerimientos del proceso
- 3.- Concentración del polvo en el gas
- 4.- Reglamentación existente

También debemos tener en cuenta la capacidad técnica del personal con que se cuenta, el conocimiento del proceso, equipo auxiliar, tamaño del equipo y costo de mantenimiento.

No es posible tener una regla general para seleccionar un colector de polvo, debido a que no todos tienen iguales principios de operación. Para escoger un buen equipo colector debemos procurar que reúna ciertas características como lo son su eficiencia de operación -- que no debe verse afectada por el volúmen de gas que se maneje; que su eficiencia de operación se mantenga igual a través de toda su vida útil y que sus costos inicial, de operación y mantenimiento no sean tan elevados.

Todos los colectores deben tener a las partículas en suspensión sometidas a un esfuerzo físico determinado, que pueden ser clasificados en mecánicos y eléctricos.

Los procesos mecánicos incluyen a los que -- fundamentalmente dependen de fuerza inerciales o mecánicas tales como asentamiento gravitacional, separación -- centrífuga o ciclónica, lavado de gases, filtración a través de mallas, bolsas de tela y aglomeración sónica.

El proceso eléctrico comunmente se refiere a la precipitación electrostática, difiere básicamente de

todos los mecánicos en que las fuerzas de separación, actuando en partículas suspendidas, son de naturaleza eléctrica.

TIPOS DE COLECTORES:

- 1.- Colectores de Polvo del Tipo de Bolsas
- 2.- Precipitadores Electrostáticos
- 3.- Colectores en Húmedo
- 4.- Colectores Mecánicos.

COLECTORES DE POLVO DEL TIPO DE BOLSAS:

Son de alta eficiencia y de un costo medio.- Ampliamente utilizados en la industria. Los medios filtrantes pueden ser de tejido o de fieltro. Los equipos pueden ser de varias clases, mencionándose en forma general los de sacudimiento continuo a base de aire comprimido y los de sacudimiento mecánico intermitente.

Los colectores de bolsa están limitados a -- las condiciones de aire seco para prevenir condensaciones sobre la superficie filtrante, siendo también una limitación la temperatura de la corriente de gases. En ocasiones el manejo de materiales puede originar un problema secundario de producción de polvo.

Su uso más generalizado es en las plantas de cemento por sus altas eficiencias de colección. Su empleo más frecuente es en procesos de la colección de partículas que no tienen contenido de humedad.

Su aplicación se considera ideal sobre todo en molienda de producto y en almacenamiento en silos de éste.

Normalmente el colector de bolsas es diseñado para mantener en manejo grandes volúmenes de aire; entre los factores que deben tomarse en cuenta para su diseño está la velocidad del aire y las características del polvo a colectar.

COLECTOR DE BOLSAS DE SACUDIMIENTO MECANICO:

En estos colectores (ver fig. 5), el aire o gas con polvo que entra al colector se encuentra primero con una placa de choque; debido al rápido cambio de velocidad y dirección del flujo de gas, las partículas más grandes caen dentro de la tolva. El polvo más fino y la corriente viajan hacia la parte superior del colector, acumulándose dentro de las bolsas filtrantes, pasando a través de ellas la corriente de gas al lado limpio del cuerpo siendo cargado posteriormente al exterior.

A medida que el polvo se deposita en la superficie interior de las bolsas, la resistencia al flujo aumenta. Periódicamente el flujo de aire a cada compartimiento debe ser detenido con compuertas adecuadas, procediendo en este momento al sacudido, vibración a flujo reversible de aire para limpiar ese compartimiento.

Como el período de tiempo de limpieza de cada compartimiento es relativamente largo, un buen porcentaje del área total de filtrado (10 a 33%). Por lo tanto la selección del colector deberá ser basada en el área de filtrado neta requerida para cada operación específica.

COLECTOR TIPO SACUDIMIENTO
MECANICO

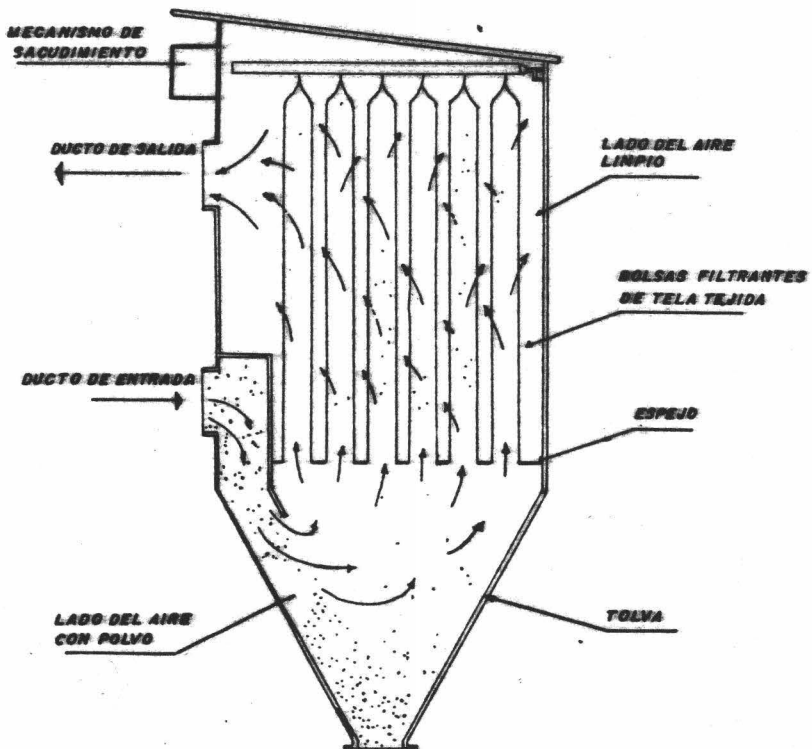


Fig. 5

Existen también colectores del tipo automático y flujo reversible que tienen alta capacidad y alta -- eficiencia de colección, algunos utilizan aire a alta presión y otros aire a baja presión.

PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS:

La precipitación electrostática utiliza la -- fuerza que actúa en las partículas cargadas eléctricamente por la presencia de un campo eléctrico, para efectuar la separación de aerosoles de sólidos o líquidos de un -- flujo de gas.

El proceso de precipitación electrostática -- puede ser considerado en tres pasos básicos:

- 1.- Carga de Partículas: el polvo, vapor o -- niebla suspendida en los gases es eléc-- tricamente cargado.
- 2.- Colección de Partículas: El polvo carga-- do es pasado a través de un campo eléc-- trico en donde las fuerzas eléctricas -- causan que las partículas emigren hacia-- la superficie colectora. Entonces el -- polvo es separado de los gases por retención de la superficie colectora.
- 3.- Desalojamiento de las Partículas: El de-- salojo de las partículas colectadas de -- las superficies colectoras es a través -- de tolvas y de fuerzas del precipitador.

El precipitador electrostático de alto voltaje

je es un colector que cae dentro del grupo de equipos de alta eficiencia y alto costo.

En la mayoría de los diseños la diferencia de voltaje entre electrodos y placas es en rango de 60 000 a 75 000. El mecanismo de limpieza puede ser por medios de raspadores, vibradores o por medio de agua, en el caso de precipitadores electrostáticos húmedos. La caída de presión es prácticamente despreciable. El espacio necesario es relativamente grande y el costo es alto cuando se aplica a volúmenes menores de 1400 m³/min.

Aunque su costo inicial es más alto comparado con otros, los costos de operación y mantenimiento son menores comparados con los mismos y las eficiencias de colección son altas aún para partículas muy pequeñas. En la práctica la mayoría de las instalaciones con precipitadores electrostáticos operan a eficiencias entre 90 y 99%. El tamaño del precipitado depende básicamente de la eficiencia de colección deseada, el volumen de gases por manejar y de su temperatura.

Son utilizados en la industria de la pulpa y papel; en calderas de licor de bisulfito de calcio con una eficiencia del 93 - 95%; en la industria del cemento; en la de hierro y acero; de metales no ferrosos; petróleo y generación de fuerza eléctrica.

La precipitación electrostática separa partículas menores de 20 micras. En caso de existir partículas mayores es recomendable el anteponer un colector tipo ciclón antes del precipitador. Se manejan volúmenes de 10 000 - 20 000 pie³ y trabajan a presiones inferiores a la atmosférica hasta 150 lb/pulg² manométricas y las temperaturas van desde la ambiente hasta unos pocos más o me

nos 1000°C.

La selección de un precipitador electrostático es fundamental en consideraciones técnico-económicas -- determinadas por las características propias de los gases y materiales en suspensión, de consideraciones mecánicas -- como son la disposición de ductos, el espacio disponible -- y la experiencia con que se cuenta en el uso de tales e-- quipos.

Hay dos tipos de precipitadores más comunmen-- te usado los tubulares y los de platos. Los tubulares -- consisten de un electrodo de colección cilíndrico con -- electrodos de descarga localizados en los ejes del cilin-- dro. El gas que va a ser limpiado pasa a través del es-- pacio que hay entre los electrodos y el polvo es colecta-- do en el cilindro externo.

Los precipitadores de platos consisten de -- placas colectoras paralelas con electrodos de descarga lo-- calizados entre placas.

Los componentes mecánicos de un precipitador son: la coraza, electrodos, tolva, soportes y alimenta-- ción eléctrica. La coraza puede ser cilíndrica o rec-- tangular y puede estar construída de acero o de concreto. Por lo general está provista de un aislador térmico en -- el caso de gases corrosivos para mantener la coraza aba--ajo de la temperatura del punto de rocío, para minimizar-- la corrosión.

La resistividad eléctrica del polvo es un -- factor importante en el funcionamiento del precipitador-- y no debe ser mayor de 2×10^{10} ohm-cm.

COLECTORES EN HUMEDO:

Este tipo de colectores llamados también lavadores de gases, tienen la habilidad de manejar gases de alta temperatura y humedad.

La colección en forma húmeda elimina problemas secundarios de producción de polvo por el material colectado, sin embargo deberá considerarse un tratamiento especial para la recuperación de sólidos y reacondicionamiento del agua de lavado.

El líquido más comúnmente usado para efectuar la separación de partículas sólidas es el agua, también se emplean otros líquidos, especialmente en la industria química.

Dentro de los colectores de contacto el líquido entra en contacto con el contaminante del gas y se obtienen partículas líquidas contaminadas. En la separación se trata de separar al máximo las partículas del líquido contaminado del gas limpio.

Los colectores en húmedo presentan las siguientes características:

- 1.- La corriente de gases se enfría y se lava simultáneamente.
- 2.- Se pueden eliminar tanto gases como partículas.
- 3.- Los vapores corrosivos pueden neutralizarse mediante la selección adecuada del líquido de lavado.

- 4.- No existe límite en la temperatura y contenido de humedad en la corriente de proceso.
- 5.- Los riesgos del manejo de una mezcla de aire con polvos explosivos, son reduci--dos.
- 6.- El espacio que ocupa el equipo es moderado.
- 7.- La eficiencia varía en función de la po--tencia consumida.
- 8.- El costo inicial es moderado, pero el --costo de operación es elevado, especial--mente para altas eficiencias ya que es--tas requieren un gran consumo de poten--cia.

CLASIFICACION:

Existen diferentes formas de clasificación de los colectores en húmedo, pero la más adecuada es aquella que se basa en los criterios de diseños empleados. Esta clasificación reúne cinco tipos característicos que son:

1.- COLECTOR HUMEDO TIPO CICLONICO

Aquí se emplea la acción centrífuga. El líquido lavador es introducido por un cabezal vertical pro--visto de atomización fina, las que atomizan el líquido la

vador radialmente a través de la corriente gaseosa. (ver-fig. 6) se utilizan para manejar:

- a- Partículas de 1 micra o mayores, obteniéndose eficiencias de 98 - 99%.
- b- Absorber gases muy solubles, tales como ácido clorhídrico y el amoníaco.
- c- Para eliminar SO_2 , H_2S y compuestos orgánicos sulfurados, usando como medio de lavado una solución alcalina.

El consumo de líquido es de 650 - 700 l/min, por cada 1000 m³ de gas saturado. La presión del líquido es de 3.5 a 10 Kg/cm², la mayor de estas presiones se usa para partículas las de una micra de diámetro. La caída de presión varía de 25 - 100 mm de c.a. dependiendo de la capacidad del equipo.

2.- COLECTORES HUMEDOS DE INERCIA O DE CHOQUE:

En este tipo de colectores (ver fig. 7) los gases pasan horizontalmente a través de espreas orientadas en varias direcciones, ya sea a contracorriente o corriente paralela, tratando de provocar colisión entre gotas de líquido lavador y las partículas sólidas de la corriente de gas.

En el mercado actual existen muchas variaciones de estas unidades, de todas formas, todas involucran dos pasos. Un paso donde la corriente de gas que lleva el contaminante, se hace cambiar bruscamente de dirección una o más veces, obligando de esta forma a las partículas

. Fig. 6

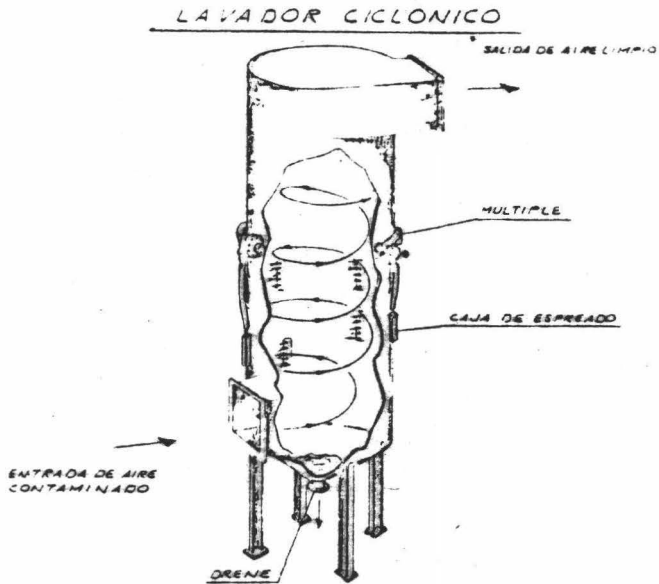
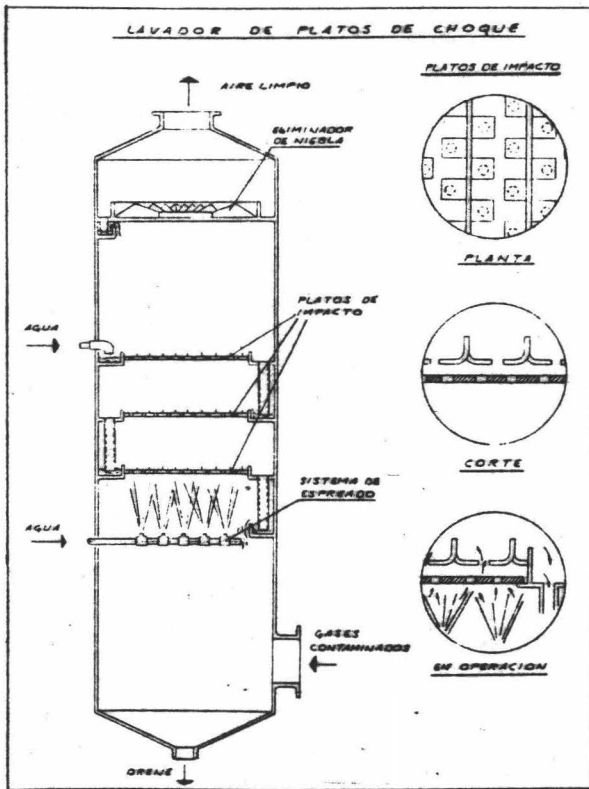


Fig. 7



a chocar contra el colector o la superficie mojada.

El segundo paso es donde el líquido es espreado y lanzado a través de la corriente de gas una o más veces, a fin de ocasionar en la mayor forma posible el choque de las partículas.

En los separadores de choque, los cambios de dirección se provocan con mamparas o platos que se localizan apropiadamente en el trayecto de la corriente gaseosa y la dispersión del líquido se logra atomizando directamente dentro de la corriente gaseosa.

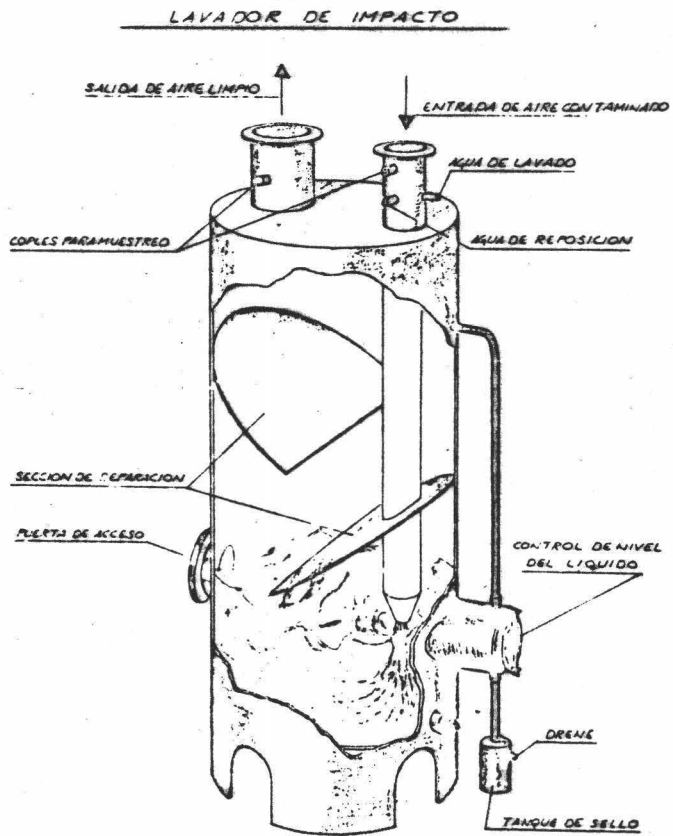
Este lavador es de baja energía, para eliminar partículas de polvo cuyo tamaño varía entre 2 y 10 micras. El consumo de agua está entre 250 - 400 l/min de líquido de lavado sin embargo, este líquido puede recircularse hasta con un contenido de polvo de un 25% en peso. La eficiencia de colección de este tipo de colectores es de 97- 99%,

3.- LAVADORES DE IMPACTO:

Es de mediana energía, para remover grandes concentraciones de polvo con un alto grado de eficiencia para partículas de media micra de tamaño o mayores. (ver fig. 8).

Se pueden manejar materiales de naturaleza pegajosa o higroscópicas, sin el peligro de taponamiento, debido a que el sistema de recirculación no tiene espaldas que puedan obstruirse; la solución resultante puede ser usada como líquido de lavado, siempre y cuando la concentración del polvo no exceda un 30% en peso.

Fig. 8



Los requerimientos de agua están limitados - solo al agua evaporada y al agua de repuesto. La presión de estos lavadores varía entre 200 y 375 mm de c.a.

4.- TORRES EMPACADAS:

Las torres empacadas se utilizan para la eliminación de humos y gases contaminantes.

La velocidad de la corriente de gases debe ser tal que permita el contacto suficiente y adecuado entre el gas y el medio de lavado, esta velocidad varía entre 1 y 2 m/seg.

El tipo de empaque debe ser el que proporcione la máxima área superficial. La eficiencia varía de 95 a 99%, excepto, cuando se trata de absorber vapores nitrosos y nítricos, en estos casos la eficiencia es del orden de 80 - 85%.

5.- COLECTORES HUMEDOS DE ALTA ENERGIA O TIPO VENTURI:

Dentro de todos los tipos de colectores húmedos, (ver fig. 9) el colector de alta energía proporciona la más alta eficiencia de colección para el rango de partículas sólidas pequeñas. Debido a la turbulencia empleada introducir el líquido lavador dentro de la corriente del gas a alta velocidad en el orificio de la garganta del venturi, se tiene un consumo de potencia superior al de otros sistemas de colección húmedos.

La base del diseño de un colector tipo ventu

LAVADOR DE GASES TIPO VENTURI
CON SEPARADOR CICLONICO

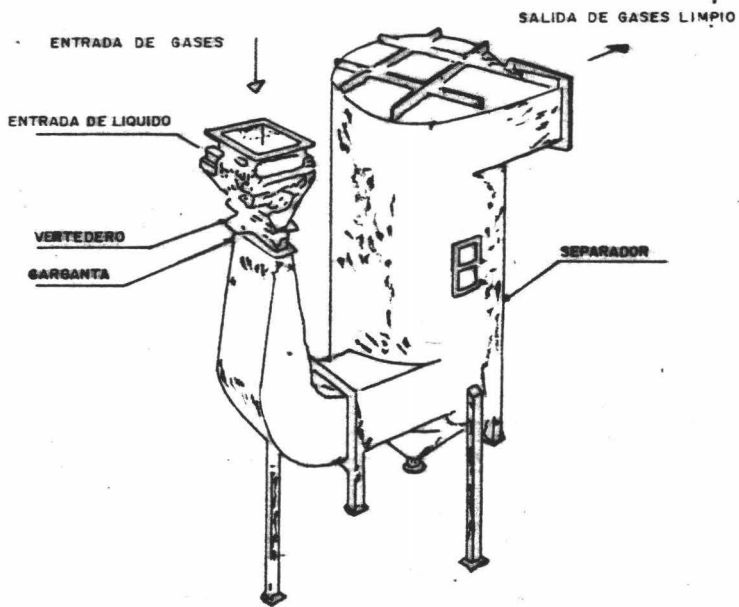


Fig. 9

ri es el de la atomización del líquido lavador dentro de una de alta velocidad, empleando fuerzas cinéticas reducidas por medio de la aceleración de gases a la entrada de la garganta, creando para el líquido lavador una succión hacia el orificio angosto. Debido a esta aceleración se producen turbulencias que causan una mezcla homogénea entre el líquido finamente dividido, los gases y las partículas de polvo; produciéndose colisiones entre el líquido y las partículas de polvo, que promueven el crecimiento de las partículas por aumento de masas de las mismas, de tal forma que permite su separación centrífuga.

Los rangos ideales de operación en lo que se refiere a gastos de agua de lavado y a la velocidad del gas en el venturi son los siguientes: 650-100 l/min de líquido y velocidad entre 40 y 90 m/seg. La caída de presión en estos lavadores varía generalmente entre 125 y 750 mm de c.a., dependiendo de la eficiencia y el tamaño de partículas.

COLECTORES MECANICOS:

Fueron los primeros en ser utilizados en la industria, siendo sus dos tipos básicos el ciclón de entrada axial y el de entrada tangencial. Otros colectores mecánicos son los de cámaras de asentamiento gravitacional y separadores de choque.

CAMARAS DE ASENTAMIENTO:

Es el colector más simple y más antiguo que se ha fabricado. Consiste en una amplia cámara donde -- por su interior se desplaza el aire a muy baja velocidad-- permitiendo el asentamiento de las partículas de polvo -- que se tengan en suspensión.

En muchas ocasiones, se les acondicionan baffles o deflectores para cambiar la dirección del flujo de gas.

Su aplicación es limitada, ya que trabaja relativamente bien la captación de partículas pesadas. Su eficiencia es muy baja con polvo fino y tiene el inconveniente de requerir mucho espacio en el lugar de instalación.

CICLONES:

Su principio de trabajo consiste en introducir el aire cargado de polvo por la parte superior de una sección cilíndrica. El polvo con una trayectoria espiral, viaja a través de la sección inferior del ciclón don

de se descarga y se separa del aire que sale por la parte superior.

El rango de eficiencia varía de acuerdo con el tamaño de partículas como lo podemos apreciar en el siguiente cuadro.

Tamaño de las partículas de polvo. (micras)	<u>Rango de eficiencia % en peso</u>	
	Convencional	Eficiencia alta
menores de 5	menor de 50	50 - 80
5 - 20	50 - 80	80 - 95
15 - 40	80 - 95	95 - 99
mayor de 40	95 - 99	95 - 99

Los ciclones de alta eficiencia son de mayor longitud o altura en relación a los de baja eficiencia. - Pueden captar partículas desde 3 micras en adelante dependiendo de las características y arreglo del equipo.

El colector ciclónico es ampliamente usado, - de bajo costo, no tiene partes móviles y puede trabajar - con temperaturas hasta 1880°F. Puede trabajar en paralelo para grandes volúmenes de aire y en serie para altas eficiencias.

MULTICICLONES:

Este sistema presenta un arreglo formado por un conjunto de tubos, cada uno de los cuales constituye -

en realidad un pequeño ciclón, pero de diámetros menores, normalmente no mayores de unos 200 mm. y en una cantidad-
que, dependiendo de los volúmenes de aire por manejar pue
de pasar por centenar.

Su separación está basada en la teoría de que
que a igual velocidad de los gases, los ciclones de menor
diámetro ofrecen una eficiencia de colección mayor. La-
entrada de los gases puede ser axial o tangencial y se ha
ce por una sola abertura, desde la cual se reparte uniforme
mente a todos los ciclones.

CONSERVACION DE LOS APARATOS COLECTORES DE POLVO

Por muy grande que sea la eficiencia con que
se extrae el aire cargado de polvo en los lugares donde -
este se desprende y aunque se hayan instalado aparatos de
extracción muy costosos, puede ocurrir que el aire que sa
le de la instalación de filtración contenga una cantidad-
de polvo considerable. Si la instalación ha sido bien -
montada, este hecho solo se puede atribuir a la falta de-
control y a una mala conservación de los aparatos instalado
dos. Ninguno de los aparatos construídos hasta ahora pa
ra la captación del polvo puede funcionar satisfactoria--
mente durante largos períodos si no se le cuida como es -
debido.

Entre otras cosas, se debe vigilar si la te-
la en otro material de filtro empleado, o los marcos que
los sostienen, están estropeados y dejan escapar el aire-
cargado de polvo; si se ha obstruído el filtro debido a -
la excesiva acumulación de polvo o por falta de limpieza;
si está obstruída la entrada de aire o han sufrido daños-

los conductos, reduciéndose así el poder de aspiración en el lugar donde se produce el polvo; si hay un exceso de humedad que estropee la tela del filtro o haga que funcionen mal los filtros electrostáticos, y si el funcionamiento del ventilador es defectuoso. Se deben seguir estrictamente las instrucciones del fabricante. Tanto en la propia instalación como en los conductos se deben abrir tomas para poder medir la presión, ya que estas mediciones indicarán inmediatamente el estado del material filtrante, la existencia de escapes y el buen funcionamiento del ventilador.

Se debe de asignar a una persona calificada para que vigile la instalación de los filtros y se encargue más tarde más tarde de controlar su buen funcionamiento y su limpieza y de hacer cambiar el material filtrante cuando sea necesario. Esta persona llegará a conocer perfectamente cada instalación y podrá reparar los pequeños desperfectos sin demora. También se debe de encargarse de la conservación del equipo mecánico; de su engrase, etc, y de controlar todas las campanas de aspiración, los conductos y otros elementos análogos a la instalación.

PRINCIPIOS BASICOS DE CONTROL:

Cuando el ingeniero con la ayuda de los métodos y técnicas utilizadas conoce los riesgos en la industria y la toxicidad de los materiales empleados puede implantar métodos y equipo para controlar los riesgos.

No existe un método para protegerse de los polvos industriales y su control lo establecerá las necesidades propias de cada planta. Pero como los equipos de control de polvo son por lo general costosos, se recomienda en toda operación polvosa revisar antes los principios básicos para su control y que en muchos casos hace innecesario el empleo de equipo especializado.

Entre los principios básicos de control podemos señalar los siguientes:

- 1.- Substitución
- 2.- Cambio de procedimiento
- 3.- Confinamiento
- 4.- Aislamiento
- 5.- Dilución
- 6.- Ventilación
- 7.- Equipo de Protección Personal
- 8.- Orden y Limpieza.

SUBSTITUCION:

Sabemos que cualquier sustancia por peligrosa que sea puede ser usada si se tiene con ella todas las precauciones que se necesiten, pero, si es posible el substituir la debe hacerse para eliminar el riesgo; este -

debe ser el primer paso a dar, el ver la posible sustitución de un material peligroso por otro que no lo sea, vía que aún siendo muy simple pocas veces se explora, prefiriéndose el tomar medidas de control en algunos casos innecesaria.

Como ejemplo podemos citar el de los compuestos de titanio y cinc que han sustituidos a los pigmentos de plomo, eliminando todos los riesgos que producía el plomo en los trabajadores de pintura. La arena que es utilizada para la limpieza a chorros con abrasivos ha sido sustituida con éxito por los abrasivos de plomo, reduciéndose el riesgo de la exposición de sílice en las fundiciones.

CAMBIO DE PROCEDIMIENTO:

Tenemos que cuando un material no se puede sustituir, debemos ver la posibilidad de cambiar el procedimiento.

El cambio de métodos manuales por los mecánicos en muchos casos da el resultado que buscamos como en el caso de la industria de baterías eléctricas, donde se redujo la exposición al plomo, cuando la pasta de óxido de cinc se aplicó a las rejillas de plomo con maquinaria eliminando el riesgo de la aplicación manual.

A este respecto es bueno señalar que la mecanización no siempre es el camino ideal, pues existen situaciones en que las consecuencias de la misma puede provocar riesgos mayores. Podemos poner como ejemplo la conducción mecánica de los materiales que producen más polvo cuando se hacen por métodos mecánicos que cuando se

hace en forma manual.

Otra forma de cambiar un proceso es por métodos húmedos y que ha dado magníficos resultados en las minas y operaciones de perforación. La trituración bajo agua es otra forma de controlar el polvo, así, como también el rociado de los materiales polvosos.

Al cambiar un método por otro, debemos buscar que el nuevo método no implique nuevos riesgos, como sucedió al emplearse soldaduras en lugar de remaches, se eliminó el ruido es cierto, pero trajo consigo la exposición de gases tóxicos.

CONFINAMIENTO:

Este principio básico es muy útil ya que en muchas operaciones puede confinarse el proceso de esta manera se controla la producción de polvo.

AISLAMIENTO:

Esta medida permite que los trabajadores que están cerca del lugar donde se produce el polvo sólo sean unos pocos.

También da buenos resultados cuando las operaciones muy polvosas se hacen fuera de turno; como la vibración de los vaciados en las fundiciones, que se realizan en la noche. En los trabajos de las minas donde las explosiones se hacen cuando todos los mineros han terminado sus labores y regresan al día siguiente, cuando los gases

ses producidos por las explosiones ya se han disipado.

DILUCION:

La dilución se debe hacer de manera que la concentración del contaminante sea muy poca. Este método es muy simple y es de los más empleados, muchas veces solo basta con una buena ventilación aunque a veces es necesario el utilizar ventilación mecánica.

VENTILACION:

Se recurre a la ventilación para evitar que el contaminante se esparza por todo el lugar de trabajo, es un medio de los más importantes con que se cuenta para el control de los contaminantes atmosféricos.

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL:

En caso de que el riesgo no pueda ser controlado por los principios antes mencionados, en operaciones demasiadas polvosas o cuando éstas no sean muy frecuentes, se utiliza el equipo de protección personal contra el polvo.

Se utilizan máscaras que deben proteger eficazmente la boca y permitir los movimientos respiratorios normales evitando la sensación de falta de aire.

Las máscaras contra polvo se utilizan preferentemente para operaciones tales como el cepillado de pinturas, limpieza y barrido de locales de trabajo, remo-

ción de desperdicio, tamizado, envase de materiales como la harina, operaciones de la industria textil, molienda de minerales, operaciones de moldeo y limpieza de las calderas.

Los factores principales que se deben tomar en cuenta al fabricar una máscara son los siguientes: peso; características de la máscara propiamente dicha, impermeabilidad del aire y perfecto ajuste a la cara; comodidad de las personas que han de usarla y no irritación de la piel; calidad de las válvulas de inspiración y de espiración; salida del sudor; espacios muertos; características de las bandas de fijación; campo visual; construcción del filtro; resistencia a la respiración; facilidad de limpieza y esterilización; solidez y facilidad de transporte del estuche.

ORDEN Y LIMPIEZA:

El orden y limpieza es un factor primordial para el buen funcionamiento de una planta y necesario en cualquier programa de protección ambiental; nos brinda el orden y limpieza mejores resultados que cualquier otro sistema.

El decir orden y limpieza no se refiere en exclusiva al barrer los pisos, sino al cuidado del equipo para conservarlo en buen estado y evitar riesgos, el mantener limpias las ventanas y todos los muebles del lugar de trabajo y además que se encuentren en su lugar correspondiente.

CAPITULO V

ASPECTOS ECONOMICOS Y MEDIDAS LEGALES TOMADAS
PARA PREVENIR LA CONTAMINACION POR POLVOS

En el problema del control del polvo hay dos preguntas muy importantes, la primera es ¿Cuál es la mejor manera de solucionar el problema? y la segunda ¿Cuánto va a costar?.

La segunda de mucha importancia en el aspecto económico, si se ve desde el punto de vista que son -- gastos que van a aumentar el costo de fabricación, de -- cualquier producto, por pequeño que sea el equipo instalado; pero debemos comprender que el cuidado de la salud es más importante que el dinero que se tenga que invertir en un equipo que ayude a conservarla.

Para evaluar el costo de un equipo se deben tener en cuenta muchos factores que son la capacidad, accesorios, constos de instalación y costos de operación.

CAPACIDAD: el costo de un equipo está en función directa con el volúmen de aire manejado, entre menos volúmen de -- aire manejen más caro saldrá el equipo. Por lo general existe un punto de acuerdo al diseño debajo del cual, -- cuestan igual cualquiera que sea el volúmen de aire manejado.

ACCESORIOS: algunos equipos incluyen accesorios aunque -- otros no lo necesiten. Estos deben ser adquiridos en -- forma adicional. Podemos mencionar algunos accesorios -- como lo son los ventiladores, motores, reguladores, bom--bas, tuberías, válvulas, etc. que van a aumentar el costo

de equipo.

COSTOS DE LA INSTALACION: el costo de instalación varía - mucho con los diferentes tipos de equipo. Podemos men-- cionar la instalación de la fuerza eléctrica, líneas de - vapor, líneas de agua, protección contra el viento, tempe-- raturas extremas, etc.

COSTOS DE OPERACION: entre estos costos podemos mencionar la energía eléctrica que consume el equipo, agua, vapor, - lubricación, limpieza, reemplazo de partes que se vayan - gastando y costos de pruebas.

Tomando en cuenta estos factores, vemos que- los equipos de control del polvo son bastantes costosos, - los precios varían desde los 20 000 pesos al medio millón de pesos, de acuerdo al equipo que se instale; entre los- más costosos se encuentra el precipitador electrostático.

Como el presente trabajo no pretende el ha-- cer una evaluación de los equipos de control, sino el dar a conocer el riesgo que representan los polvos industria- les a la salud de los trabajadores y de las medidas y - - equipos que existen para controlarlos, solo nos limitare- mos a dar una idea muy somera de su valor.

Ya hemos visto los peligros y daños a la sa- lud y a la maquinaria que puede causar el polvo, así como también los equipos para su medición, análisis y control; debemos ahora ver las medidas legales que se han tomado-- y las facilidades que se están brindando a las industrias para la instalación de equipos de control, para abatir la contaminación.

La lucha contra la contaminación no debe constituir un freno a la industrialización, ni al crecimiento o a las posibilidades de competir en los mercados internacionales.

Por lo que toca a México, el Gobierno del -- Presidente Echeverría ha creado en la opinión pública conciencia del problema y ha formado un marco legal que dota al país de los instrumentos necesarios para abordar el -- problema de la contaminación; pero solo estamos al principio de una dura y prolongada batalla. La solución definitiva será difícil y costosa.

La administración actual ha adoptado ya muchas y muy importantes medidas para propiciar la descentralización industrial y fomentar el desarrollo regional. Entre estas se encuentran las obras de infraestructura; -- la construcción de ciudades y parques industriales; incentivos fiscales; asistencia y ayuda técnica para estimular, tanto el desplazamiento de empresas establecidas en zonas de gran concentración industrial hacia zonas o regiones -- de menor desarrollo, como la creación y ampliación de nuevas empresas en esos mismos tipos de zonas.

Una de las razones por las que la actividad productiva genera contaminación, estriba en que los empresarios tratan de evitar aquellos costos sin efectos directos e inmediatos en la capacidad o eficiencias productivas, como la instalación de equipos para eliminar la contaminación ambiental.

Una medida directa del Gobierno tendiente a prevenir y controlar la contaminación ambiental, es la relativa al tratamiento otorgado dentro de la Ley del Im--

puesto Sobre la Renta, a los equipos destinados a prevenir y controlar aquella. La Ley respectiva concede una depreciación del 35%. Esta depreciación deriva del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos.

Otra medida de orden fiscal tomada para combatir la contaminación ambiental, deriva del Reglamento antes mencionado, son los subsidios y exenciones con carga a los impuestos que cause la fabricación o importación del equipo destinado a suprimir o atenuar la expedición de polvos y humos que contaminen el ambiente.

ALGUNOS ASPECTOS SOBRE EL REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA ORIGINADA POR LA EMISIÓN DE HUMOS Y POLVOS.

Este reglamento contiene además de las reglas generales, dispositivos sobre la emisión de humos y polvos, medidas de orientación y vigilancia para cumplir la Ley; implementándola con la inspección necesaria, así como la regulación de las sanciones y el procedimiento para aplicarlas,, también la regulación del recurso administrativo de inconformidad.

Definiendo además los conceptos de acción popular, para que cualquiera persona denuncie ante la Secretaría de Salubridad y Asistencia las fuentes de contaminación.

El Reglamento rige en toda la República con el fin de proveer la observancia de la Ley en cuanto a emisión de humos y polvos en el aire.

Para el establecimiento y ampliación de industrias que pudieran producir contaminación atmosférica, deberá ajustarse a normas de prevención y control de contaminación ambiental y medidas sanitarias, presentando un estudio a la Secretaría de Industria y Comercio, donde se indique ubicación, materia, proceso, maquinaria y naturaleza de los contaminantes y equipos de control.

En toda actividad industrial, el propietario del establecimiento deberá adoptar y aplicar el sistema establecido para la emisión de polvos fugitivos, base para obtener licencia de instalación de industrias nuevas.

Respecto a los contaminantes, las sanciones-

varían de 50.00 a 100 mil pesos y clausura temporal de -- las fábricas o establecimientos que produzcan contaminantes.

Para aplicar el máximo o mínimo de las san-- ciones, se hará conforme a las imprudencias del daño, peligro, reincidencias y condiciones económicas del infractor.

El esfuerzo que se está haciendo es grande y el gobierno está dando toda clase de apoyo apra ayudar a combatir la contaminación, deben ahora los industriales - poner todo su empeño en cooperar para lograr la purificación del ambiente y evitar daños a la salud.

CONCLUSIONES

El polvo causa graves enfermedades pulmonares, como son la silicosis, la asbestosis y la talcosis - entre otras, a los trabajadores que están expuestos a él, de donde se deriva la necesidad de su prevención y control. Todos los riesgos que implica el polvo son por causa del descuido de las industrias que no planean con cuidado todos los problemas que se les pueden presentar - y los que pagan las consecuencias en forma directa son los obreros por encontrarse en contacto directo con el polvo.

Al recolectar el polvo no solamente evitamos el peligro de la Neumoconiosis y protegemos la maquinaria, sino que también al hacerlo obtenemos mejor calidad de los productos y mejores beneficios económicos como en el caso de los polvos valiosos, también para evitar explosiones cuando se tienen polvos explosivos.

Una de las labores del ingeniero, en el campo de la higiene industrial, es estudiar el ambiente del lugar de trabajo, para determinar la relación existente entre éste y la salud del trabajador. En todas estas investigaciones hay ciertos pasos preliminares de importancia fundamental y que deben ser tomadas en cuenta en el proyecto de cada nueva planta, ya que su realización será la guía para los estudios más detallados que se consideran convenientes. Estos pasos previos son la base del reconocimiento preliminar y consisten en la valoración sanitaria, el análisis ocupacional del lugar de trabajo y de los trabajadores.

El reconocimiento del lugar del trabajo con-

siste en anotar los dispositivos de carácter general, sanitario e higiénico, tales como los medios para la ventilación, iluminación, protección a la exposición de tóxicos específicos como polvos, humos, vapores y gases.

Cada nueva planta en construcción debe tomar en cuenta el problema de la recolección del polvo, pues - una vez instalada la planta es más costoso y antiestético el buscar espacio para colocar aparatos colectores de polvo.

Actualmente se están adaptando dispositivos de captación del polvo en máquinas no pensando el fabricante tal vez en la protección del obrero, sino en la de la máquina para alargar su vida útil de trabajo, pero que ayuda al problema en sí.

Todos los aparatos diseñados para la evaluación del polvo se deben utilizar de la manera más correcta, por lo tanto deben ser manejados por personal experto, para que el resultado de las mediciones sea lo más exacto posible para una mejor evaluación del riesgo.

Que estos aparatos sean usados para revisar si todos los equipos de control del polvo están funcionando en forma adecuada y sino poder corregir las fallas que se tengan, para ayudar a mantener limpio el ambiente.

Las industrias, especialmente las que producen más polvos en sus instalaciones, deben aportar su ayuda para que junto con dependencias oficiales se realicen investigaciones sobre el problema del polvo, y a su vez - lograr mejores técnicas y mejores aparatos para su muestreo y evaluación.

Para llegar a tener éxitos en las medidas de prevención del polvo se necesita en gran parte el conocer los peligros que el mismo encierra y el poner en práctica las medidas de prevención y control con que se cuentan. - Esto se logrará con la ayuda de todos los trabajadores y del personal administrativo apoyándose en buenas campañas de educación formación y propaganda.

Estas campañas de prevención del polvo deben ser a nivel nacional, constantes y empezar en las Universidades, donde se forman los futuros profesionales, para que vayan tomando conciencia de los riesgos que trae consigo el polvo.

Vemos con agrado que en nuestra Facultad se ha incluido dentro de las materias optativas la Ingeniería Ambiental que dada la importancia del tema se debería de haber impartido desde antes; pues el problema de la contaminación es uno de los más importantes en nuestros días.

Los trabajadores deben recibir información-- en forma sencilla de los peligros a que están expuestos - al realizar operaciones polvosas para que puedan comprender que ninguna medida que se tome está demás para protegerles la salud y de esta forma lograr de ellos la cooperación necesaria, para la disminución de los riesgos ocupacionales.

Antes de instalar un equipo colector de polvo, debemos estudiar todos los detalles, revisar los principios básicos de control del polvo y ver si es posible - el controlarlo por medios más económicos. Asegurarnos - que el equipo escogido es el que se ajusta a nuestras ne-

cesidades y evitar gastos que con estudio detallado del problema se podrían evitar.

Hay que apoyar al gobierno en su esfuerzo para controlar la emisión de polvos, pues debido a la gran cantidad de industrias contaminantes que existen el mecanismo de inspección es bastante lento, por lo que la cooperación del sector privado al respecto es de gran importancia definitiva para la pronta resolución del problema.

En México se ha reglamentado legalmente el control de la emisión de polvo y se ha dado toda clase de facilidades para disminuir los gastos que las industrias realizan al adquirir maquinarias destinadas a prevenirlo.

Es muy importante el establecer un departamento en la Sub-Secretaría de Mejoramiento del Ambiente dedicado exclusivamente al estudio del polvo industrial, donde se lleven estadísticas de los problemas, accidentes y enfermedades originadas por el polvo, de los cuales hasta la fecha no se tienen datos. Además que se lleve un control de las industrias polvosas existentes en el país, para tener sobre ellas una vigilancia más estricta en sus equipos de control de polvo.

Todo esto encaminado a la protección del obrero en primer lugar y al ambiente que nos afecta a todos en general y a nuestro medio de vida y que la industrialización no nos perjudique y sea un desarrollo efectivo para el país.

Es necesario el hacer un llamado a los industriales para que contemplen el problema desde el punto de vista humano, que se den cuenta que en sus fábricas ope-

ran personas y no objetos que los ayudan a obtener día --
con día mas y mejores ganancias y que por lo tanto se de-
be cuidar de su salud. Que comprendan que una industria
libre de polvo a la larga traerá consigo mejores benefi--
cios económicos para ellos y ayudará al desarrollo del --
país.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Paul Chovin
André Rousell
Editorial Oikos- Tau, S.A.
- 2- Vicent Massuet Graw
La lucha Contra el Polvo en la Industria.
Ediciones Cedel
Barcelona 1969
- 3- Manpowers Development Staff
Control of Particulate Emissions
Institute for Air Pollution Training Office of Air -
Programs.
Research Triangle Park North Carolina
- 4- Magil P. L.
Air Pollution Handbook
Editorial Mc. Graw Hill, 1956
- 5- Chemical Engineering/deskbook issue
Controlling Fine Particles
June 18, 1973
- 6- Forbes J.J
Review of Literature on Dust
United States Department of the Interior of Mines
Washington, 1950
- 7- O.I.T.
Guía Para la Prevención y Supresión de Polvo en las-
Minas, Túneles y Canteras.
Ginebra, 1965.

- 8- Phillips Drinker
T. Hatch
Industrial Dust
Second Edition
Editorial Mc Graw Hill, 1954
- 9- Buell Industrial Engineering
The Collection an Recovery of Industrial Dust
N.Y., 1954
- 10- Waste Gases an Particulatte Matter
Manual on Disposal of Refinery Wastes. Vol. II
Fifth Edition
American Petroleum Institute
- 11- "Threshold Limit Values for 1956"
18th Annual Mecting.
American Conference of Governmental Industrial Hygie
nists
Philadelphia, apr. (1956)
- 12- H.L. Green
W.R. Lane
Particulate Clouds: Dust, Smoke and Mist
Second Edition, 1964
Editorial E. & F.W. Spon Ltd
- 13- Ley Fedral para Prevenir y Controlar la Contaminación
Ambiental y Reglamento para la Prevención y Control -
de Humos y Polvos.
México 1971

- 14- Memorias de la I Reunión Nacional Sobre Problemas de Contaminación Ambiental.
Tomos I y II
México 1973
- 15- J.J Bloomfield
Introducción a la Higiene Industrial
Editorial Reverté, S.A.
- 16- American Industrial Hygiene Association
Air Pollution Manual
- 17- Juan Kaplan
Medicina del Trabajo
Segunda Edición
Editorial Ateneo
- 18- John H. Perry
Chemical Engineers Handbook
Fourth Edition
Editorial Mc Graw Hill
- 19- Equipos de Procesos, S.A.
Mikropul-Formely Pulverizin Machinery
- 20- An Electrostatic Precipitator Systems Study
Final Report to the National Air Pollution Control Administration.
Southern Research Institute.
Birmingham, Alabama
October 30, 1970
- 21- Reprinted of Air Engineering
All About Cyclone Collectors
Knowlton J. Kaplan.