



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

G- 603623

- La capa de aire que constituye nuestra atmósfera tiene una composición media bien conocida:

Nitrógeno	78,09 % en volumen
Oxígeno	20,95 % en volumen
Argón	0,93 % en volumen
CO ₂	300 ppm.
Neon	18 ppm.
Hélio	5 ppm.
Metano	2 ppm.
Otros gases	1 ppm.
Agua	cantidad variable. -

-El Consejo de Europa definió que existe polución del aire, cuando aparece una sustancia extraña, o se produce una en la proporción de sus constituyentes, capaz de provocar un efecto perjudicial, a tenor de los conocimientos científicos del momento, o de causar alguna molestia. -

-La polución puede ser exterior, cuando afecta a los espacios libres, o interior cuando afecta a locales cerrados o semicerrados. - En cuanto sigue nos referiremos casi exclusivamente a la polución exterior.

Existen poluciones producidas por emisiones localizadas, que permiten su captación en el origen, y otras difusas, cuya captación es difícil y a veces imposible.

Para su estudio, y atendiendo a su origen, las clasificaremos de la siguiente manera: De origen natural, debidas a la combustión, y de origen industrial.

1.- POLUCION DE ORIGEN NATURAL

-A.- Origen marino: Las brumas y brisas marinas introducen en la atmósfera cristales de sal, compuestos principalmente de NaCl (70 %). MgCl₂, CaCl₂, etc.



El peso total de estas partículas emitidas en la atmósfera se estima en 2.10^6 Tn/año. Teniendo en cuenta que sus efectos, alcanzan a una faja de 300 Km de anchura, y que la longitud de las costas es de 3.10 Km, se puede calcular el peso de los sedimentos marinos depositados en 0.06 Tn/día/Km.

603623 Este tipo de polución es responsable de los desgastes materiales debidos a la corrosión.

-B.- Origen extraterrestre: Proviene principalmente de los meteoritos, pero una parte se atribuye a la nube zodiacal y otra incluso al sol.

Son partículas de décimas o centésimas de micra y se estima que el total que diariamente se deposita en la tierra asciende a 1.000 Tn.

Estos polvos, presentes en las capas altas de la atmósfera absorben parte de la luz y de la energía solar pudiendo influenciar el estado físico de la misma.

Se clasifican en dos grupos: los meteoritos que contienen principalmente Na, Mg, Al etc. y los sideritos que contienen principalmente Fe, Co, Ni.

-C.- Origen vegetal: Entre los poluciantes vegetales se encuentran el pólen, cuyas partículas oscilan entre 10 y 50 micras, que en ciertas épocas del año son muy abundantes en la atmósfera, las esporas, de máxima concentración en julio y agosto y compuestos orgánicos volátiles (terpenos) cuya emisión puede alcanzar 15 Tn/Km²/año. Producen alergias y enfermedades de diversa índole.

-D.- Otros orígenes: Otros poluciantes son los humos del tabaco; los gases respiratorios, capaces de producir en una población de 5 millones de habitantes, 2.10^6 m³ de CO₂, y 100 m³ de líquidos diariamente; partículas procedentes del desgaste de neumáticos, calzado, productos de limpieza, cosméticos, perfumes etc.

<2.- POLUCION DEBIDA A LA COMBUSTION

La combustión incompleta de los diversos combustibles sólidos, líquidos y gaseosos es una de las poluciones más importantes y peligrosas para la salud.

Pueden distinguirse las siguientes orígenes:

- De los transportes.
- De los hogares fijos.
- De las centrales térmicas.
- De la incineración de los residuos urbanos y basuras domésticas. -

Quando se quema una combustible cualquiera, teóricamente, no deberian obtenerse mas que dos productos totalmente inofensivos: CO₂ y H₂O resultantes de la oxidación completa del carbono y del hidrógeno del combustible por el oxígeno del aire. Sin embargo como todos los combustibles tienen otros elementos tales como el S, se producen SO₂ y óxidos de nitrógeno, por reacción a altas temperaturas del N del aire.

- Cuando la combustión es incompleta por falta de oxígeno, o por temperatura insuficiente de la llama, se producen estados de equilibrio intermedios que tienen como consecuencias:

Producción de negro de humo y cenizas.

Producción de CO.

Combinación de átomos de carbono y de hidrógeno con la producción de hidrocarburos ligeros.

Hidrocarburos oxidados (Aldehidos y ácidos) -

- A.- Polución debida al transporte.

-1.- Vehículos automóviles.

De todos los medios de transporte los automóviles son los que producen mayor contaminación, teniendo en cuenta la densidad del tráfico y las condiciones en muchos casos desfavorables de las atmósferas de las ciudades.

Intervienen los siguientes factores:

Tipo del motor.

Naturaleza del carburante.

Marcha del tráfico.

- a) Tipo del motor.

El motor de explosión funciona con una mezcla de carburante-aire, en la que generalmente está en exceso al carburante. Las emisiones más poluciantes se producen en la marcha a relanti, a bajas velocidades de rotación del motor, y en el arranque en fricon el "starter", ya que entonces la mezcla es más rica en carburante. Estas condiciones se agravan con una utilización defectuosa del motor o un entretenimiento poco cuidadoso del mismo.

El motor Diesel, de concepción diferente, funciona con un exceso de aire, lo que favorece una combustión mejor. Estos motores no deben ser, en principio, responsables de grandes poluciones, aún cuando se les asocia a la idea de humos negros y desagradables. Estos se producen por reglajes defectuoso y errores en la conducción, que provocan la formación de inquemados sólidos o líquidos, que salen por el tubo de escape en forma de hollín.

Entre los poluciantes comunes a las dos clases de motores se encuentran:

CO y CO₂

Oxidos de nitrógeno

SO₂

Aldehídos

Hidrocarburos inquemados ligeros y pesados.

Los motores de explosión emiten además compuestos a base de Pb, Cl, Br, etc., que son productos contenidos en los carburantes.

b) Naturaleza del combustible.

Actualmente están sometidos a normas muy estrictas para asegurar la combustión más perfecta posible. La ley en

azufre es del 1% para el gas-oil.

En la gasolina, más volátil que el gas-oil, existe mayor emisión de hidrocarburos ligeros a las temperaturas normales. La adición de compuestos de Pb. provoca poluciones por las sales de este producto, que pueden alcanzar hasta varios microgramos por m³.--

- c) Marcha del tráfico.

Hemos indicado que la marcha al "ralentí", y los acelerones son factores que contribuyen a la combustión incompleta. De ahí que en las calles estrechas, en las zonas de embotellamiento, pasos subterráneos, etc, la polución sea más elevada.

Composición de los gases de escape de los motores de explosión y Diesel.

Ley en %	régimen del motor					
	ralentí		aceleración		marcha estable	
	E	D	E	D	E	D
CO %	7,0	Tr	2,5	0,1	1,8	Tr
Hidroc. %	0,5	0,04	0,2	0,02	0,1	0,01
O de N (ppm)	30,0	60	1.050	850	650	250
Ald (ppm)	30,0	10	20	20	10	10

E: Motor de explosión; D: Motor Diesel; Tr: Trazas

2.- Polución debida a los ferrocarriles.

Esta polución es sólo importante en las estaciones y zonas circundantes, donde los humos ennegrecen los edificios, Las locomotoras de vapor, practicamente desaparecidas desprenden aldehído y óxidos de carbono.

3.- Polución debida a la navegación y a la aviación.

Estas poluciones estan practicamente localizadas en los puertos y en los aerodromos y sus intensidades son relativamente pequeñas comparadas con las existentes en el interior de las ciudades. Sólo en puertos o aeropuertos de traficos grandes se alcanzan valores dignos de ser tenidos en cuenta.

B.- Polución debida a los hogares fijos.

Designamos como hogar fijo todas las instalaciones que permiten la calefacción tanto domestica como industrial. Hacemos excepción de los problemas creados por las centrales térmicas que seran comentados mas adelante.

1.- Factores que influncian la naturaleza y cantidad de los poluciantes emitidos.

a) Naturaleza de los combustibles.

Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos.

Entre los sólidos se encuentran: madera, carbón, cok, aglomerados etc. Sus características físicas y químicas tienen una influencia innegable sobre la calidad de la combustión y de los poluciantes emitidos:

- Dimensiones de los granos
- Poder aglutinante
- Ley en materias volátiles, que generalmente está comprendida entre el 10 y el 37 %
- Ley en azufre, una de las características más importantes sobre la polución.

Puede presentarse bajo la forma de azufre orgánico o mineral. Esta ley es del orden del 1 %

Los combustibles líquidos suelen tener unas especificaciones más estrictas y su contenido en azufre varia según el tipo de combustible.

El empleo de estos, por su facilidad de regulación, y por su bajo contenido en azufre, permite una disminución importante de los riesgos de polución.

En Francia, el contenido en azufre, para las distintas clases de Fuel-oil, está limitado a los siguientes valores:

Fuel-oil doméstico	:	0,7	%
" " ligero	:	2	%
" " pesado nº. 1	:	2	%
" " pesado nº. 2	:	4	%

Los combustibles gaseosos (gas de cok, natural, procedente de hidrocarburos licuados, etc.) se considera como nobles, gracias a su facilidad de regulación en la combustión y su bajo contenido en azufre: 0,007 %. Los únicos poluentes que emiten en mayor proporción son los óxidos de nitrógeno.

b) Tipo del aparato de combustión.

Existen factores que favorecen la combustión disminuyendo los riesgos de polución: arquitectura adecuada de la cámara de combustión, canales correctos de penetración del aire, regulación de quemadores mediante dispositivos fáciles de accionar, etc.

Si las llamas entran en contacto con partes frías de la cámara existe el peligro de que interrumpa la formación de CO_2 , formándose CO y hollín.

c) Chimenea.

Para asegurar un tiro correcto la chimenea y los conductos han de reunir un mínimo de características:

Trazado lo más rectilíneo posible, buena estanqueidad, aislación térmica conveniente y una sección bien calculada. Independientemente de estas características se puede dotar a los circuitos de dispositivos reguladores o activadores del tiro.

2.- Principales poluciantes emitidos.

En el cuadro adjunto se indican, como referencia, las cantidades de combustible utilizadas para la combustión en Francia en 1.970, y la emisión correspondiente de poluciantes principales:

	Energía consumida M.t. e.c.	Dioxido de azufre Kt	Oxido de carbono Kt	Oxido nitrogéno Kt	partículas Kt
Hogares domésticos, pequeña industria y agricultura.	65	324	275	79	92
Industria (Toda clase de procesos industriales).	112	1.195	15	222	85
Producción de electricidad.	26	473	0	189	92
T O T A L E S	203	1.992	290	489	269

Unidades: M.t.e.c.: Millones de toneladas equivalentes de carbón

Kt: Millares de toneladas

Cuando los datos actuales parece poder constatarse que el gas carbónico aumente en la atmósfera alrededor del 0,2 % anual. Se calcula que podría alcanzarse el 18 % hacia el año 2.000. La consecuencia podría ser un aumento de la temperatura superficial de la tierra de 0,5 °C., si bien se desconocen los efectos que puedan producir esta elevación de temperatura.

Correlativamente se plantea la cuestión de saber cómo evoluciona la ley en oxígeno de la atmósfera, ya que la combustión es un consumidor muy importante de este gas, que lo producen la vegetación y los océanos. Con los datos actuales parece que aquella no ha variado desde 1.910, a partir de cuyo año se estableció en 20.945 %.

Los poluciantes emitidos se dispersan y se encuentran a niveles bajos en concentraciones cuyas leyes se miden en general en microgramos por m³ de aire (g/m³), en miligramos por metro cúbico de aire (mg/m³), o en partes por millón (p.p.m.).

Para fijar ideas, las leyes máximas admitidas en ambientes profesionales, aunque varían de unos países a otros, son del siguiente orden según normas americanas:

Sustancias	p.p.m.	g/m ³
Dióxido de azufre	5	13.000
Oxido de carbono	50	55.000
Oxidos de nitrógeno (en NO ₂)	5	9.000

Las leyes del aire ambiente general son, en promedio, muy inferiores a estas cifras.

C.- Polución debida a las centrales térmicas.

Las centrales térmicas queman en grandes cantidades: carbones, derivados de hidrocarburos, gases e incluso residuos de destilación. Los diversos poluciantes que emiten a la atmósfera son, por consiguiente, del mismo tipo que los enumerados con anterioridad. La polución es importante debido a las grandes cantidades de combustibles que se queman diariamente. Por ejemplo la central de El Hambre, quema 28.000 Tn por día y emite 7 millones de m³ de gas por hora.

En general las sociedades productoras abordan el problema y toman medidas adecuadas para la reducción del riesgo. Entre estas se pueden citar: instalación de depuradores de gran eficacia, utilización de combustibles seleccionados, construcción de chimeneas muy elevadas para facilitar la dispersión y mejora de la combustión, mediante regulaciones y mantenimientos adecuados.

Resumimos seguidamente algunos datos referentes a la emisión de poluciantes de diferentes procedencias en Los Angeles ME, UU. (1.959). Las cifras están expresadas en Tm/Día.

Poluciante	Automoviles	Centrales		Aviación
		verano	invierno	
Partículas	43	1	6	11
CO	9.282	-	-	24
NO ₂	624	135	145	7
SO ₂	31	30	115	3
Hidrocarburos	1.677	4	6	61
T O T A L	11.657	170	272	106

Según estos valores, la proporción de las centrales en el conjunto de la contaminación es del 1,4 % en verano y del 2,4 % en invierno. Sin embargo, en lo que se refiere a la emisión de SO₂ las centrales representan el 64% en invierno y el 17% en verano.

D.- Polución debida a la incineración de los residuos urbanos.

Los residuos urbanos están constituidos por un 20 a 35 % de materias orgánicas, y por un 35 a 50 % de materias minerales. La humedad es del orden de un 30 %, aunque como es lógico, varia entre límites bastante amplios.

Un ejemplo de composición podría ser el siguiente:

Materias finas (arena, tierra, cenizas)....	25-31 %
Papeles, cartones	30-40 %
Restos vegetales y de alimentos	12-15 %
Vidrio	5- 9 %
Metalos	5- 6 %
Maderas	4- 6 %
Plásticos	2- 3 %
Varios	resto

Aparte de otros procedimientos de eliminación o aprovechamiento de los residuos, la incineración es muy aplicada y transforma en cenizas y humos gran parte de las materias anteriormente descritas como componentes.

Tras un secado previo, son quemadas en un horno, con lo que se obtiene una reducción tanto en volumen como en peso. El volumen queda del orden del 10 - 15 % y el peso del 30 - 50 %. El calor que se desprende de la combustión puede recuperarse, y las cenizas pueden emplearse para la fabricación de hormigón, aglomerantes de firmes de carreteras etc.

Una instalación clásica de incineración comprende:

Silo de descarga

Cámara de secado

Horno de cremación

Circuito de refrigeración de las cenizas

Dispositivo de depuración de los gases de la combustión.

Los gases de la combustión deben alcanzar una temperatura de 750°, con objeto de evitar olores molestos.

En cuanto a los problemas de contaminación que crean estos gases, son fundamentalmente de las mismas características que las descritas en apartados anteriores.

3.- POLUCION DE ORIGEN INDUSTRIAL

Las diversas industrias han sido clasificadas por el Consejo de Europa de la siguiente forma:

Industrias de metales férreos

Industrias de metales no férreos

Industrias del cemento

Industrias químicas

Coquerías y fábricas de gas

Industrias del petróleo

Industrias de metales férreos

Los principales poluciantes emitidos son:

Polvos de granulometria muy diversa (10 a 100 micras)

Humos, de los cuales los mas conocidos son los rojos, compuestos de particulas finas de óxidos de hierro.

SO₂ procedente del azufre presente en, los combustibles y los minerales

En algunos casos CO y compuestos de fluor

Industrias de metales no férreos

En las mayorias de estas industrias (plomo, cobre, - - cinc, etc.) se procede a la reducción del mineral por el carbón. Estas operaciones dan lugar a la formación de humos espesos, con gran contenido en SO₂, óxidos metálicos y los restantes poluciantes característicos de las combustiones.

Industrias del cemento

Emiten principalmente polvos que se produce en las siguientes operaciones:

Machaqueo y almacenamiento de las materias primas (Calizas, Arcillas etc.).

Preparación de la pasta (La emisión no es importante - en el caso de via húmeda).

Cocción y secado: Los poluciantes principales son los polvos arrastrados por el escape de los gases y el SO₂ procedente del combustible.

Molido y almacenamiento del clinker: emisión de polvos

Industrias químicas

Citaremos tan solo alguno de los grupos principales:

Acido sulfurico: Oxidos de nitrógeno y de azufre

Acido nitrico: Oxidos de nitrógeno

Industrias del cloro: Cloro y ácido clorhídrico

Fertilizantes: Fluor

Industrias papeleras: SO_2 y malos olores

Industrias de plástico: No son muy contaminantes, pero tienen gran diversificación.

Fábricas de coque y de gas

Producen emisión de polvos, humos amarillos y gases de CO , CO_2 y CH_4 óxidos de N.

Industrias del petróleo

Emanaciones nauseabundas debidas al SH_2 y mercaptanos.

Emisiones de SO_2

Evaporación de hidrocarburos pesados y ligeros.

Producción de polvos y de humos.

Ley normal media de los principales poluciantes en la atmósfera

SO_2	0,15 ppm	(Ciudades industriales)
NO_2	0,10 ppm	(o valores menores)
CO_2	300 ppm	
CO	20 ppm	(Ciudades)
Compuestos fluor ..	0,1 ppm	(Ciudades industriales)
O_3	0,01 ppm	

2. DIFUSION Y EVOLUCION DE LAS POLUCIONES EN LA ATMOSFERA

La difusión de las sustancias que constituyen la polución atmosférica esta influenciada por diversos factores meteorológicos como el viento, la temperatura; las turbulencias atmosféricas etc., e influyen tambien las condiciones locales y situación topográfica.

- 1.- INFLUENCIA DE LOS PARAMETROS ATMOSFERICOS Y TOPOGRAFICOS

- A.- La Temperatura

Se considera en la atmósfera que toda expansión o contracción se efectua según procesos adiabáticos, ya que el intercambio de calor con el medio ambiente no permite la igualación de temperaturas, teniendo en cuenta la velocidad con que se desarrolla.

- Cuando una masa elemental de aire se eleva tiende a dilatarse y su temperatura disminuye; cuando esta masa desciende se contrae, y su temperatura aumenta.

Se denomina "gradiente adiabático seco" el índice de enfriamiento de una masa gaseosa elemental cuando se eleva en la atmósfera seca. Es del orden de 10° C por kilómetro. (Fig. 1).-

- Se distinguen en la atmósfera tres clases de estado: -

- a) Indiferente

- Cuando cumple las condiciones de adiabatismo.-

En este caso, cualquiera que sea la posición de la masa gaseosa en la atmósfera está a la misma temperatura que ésta y por consiguiente no se provoca ningún movimiento distinto del conferido por las fuerzas de desplazamiento iniciales. (Fig. 2).

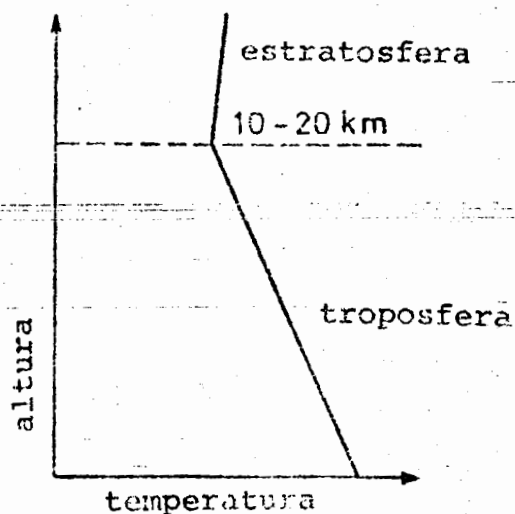


Fig. 1 - Gradiente vertical de temperatura

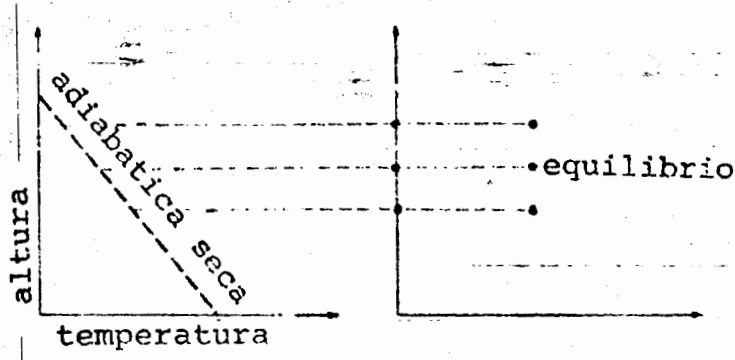


Fig. 2 - Atmósfera indiferente.

b) Inestable

Cuando la disminución de temperatura es superior al gradiente adiabático. Atmósfera superadiabática (Fig. 3). Si a un nivel dado se inicia un movimiento descente, puesto - que la masa esta mas fría que el aire ambiente, pesará más y proseguirá en su movimiento; igualmente si se inicia un movimiento ascendente proseguira en él. Esta atmósfera es propicia para la difusión de la polución.

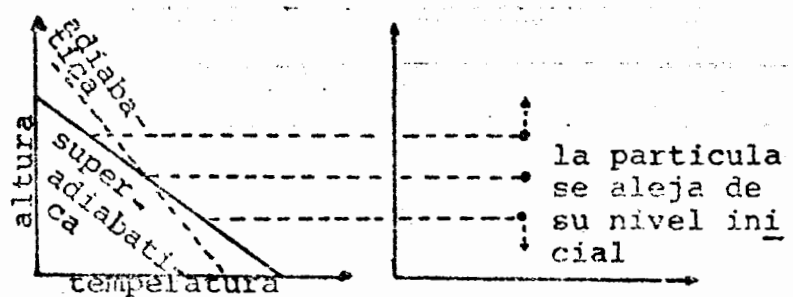


Fig. 3 - Atmósfera inestable o superadiabatica

c) Estable

Atmósfera subadiabática (Fig. 4). En este caso, por razonamientos análogos, las partículas tienden a mantenerse en su nivel inicial resultando condiciones que desfavorecen la difusión.

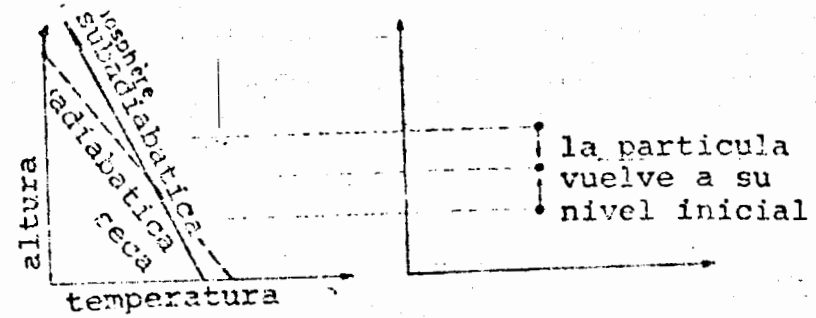


Fig. 4 - Atmósfera estable o subadiabatica

- Existen fenómenos naturales capaces de provocar estas situaciones de estabilidad o inestabilidad de la atmósfera. Durante la jornada, en días claros, generalmente las condiciones son adiabáticas. Si el sol calienta el suelo muy intensamente, éste calienta por radiación las capas más bajas de la atmósfera y puede producirse el superadiabatismo. Inversamente, a la puesta del sol, el rápido enfriamiento del suelo puede provocar un estado subadiabático e incluso inversiones de temperatura (Fig. 5), es decir que es mayor la temperatura de las capas más elevadas que las de las mas bajas.

Esta situación de inversión puede verse favorecida por otras condiciones climáticas:

- El clima en invierno puede que el calentamiento diurno del sol no sea capaz de quebrar la inversión.
- Las nieblas: que impiden al sol penetrar hasta el suelo.
- Las capas de nubes, en particular si son bajas, provocan efecto similar.
- El desplazamiento de masas de aire frío o caliente puede perturbar el decrecimiento vertical de la temperatura.

Las figuras siguientes muestran la evolución del penacho a la salida de la chimenea en distintas hipótesis atmosféricas.

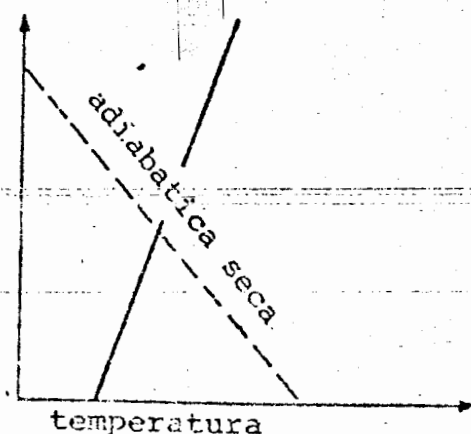


Fig. 5 -- Gradiente negativo - inversión de temperatura

a) **Atmósfera indiferente:**

El penacho es cónico (Coning) (Fig. 6) Concentración -- uniforme de los contaminantes en todas las direcciones a -- partir del eje del cono

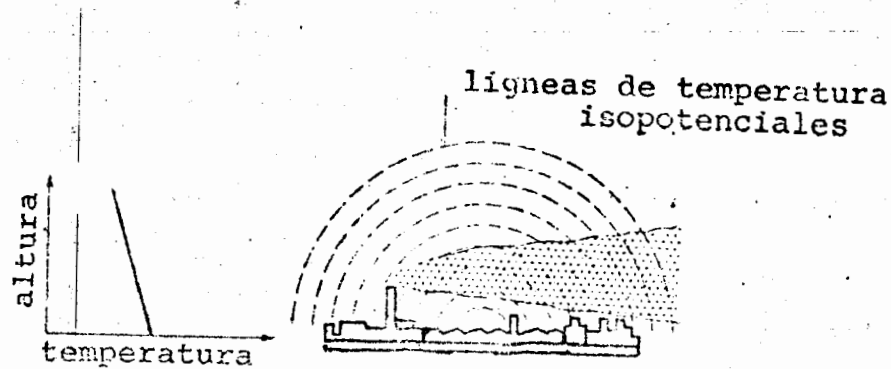


Fig. 6 - **Atmósfera indiferente (coning)**

b) **Atmósfera inestable:**

El penacho está retorcido y los humos tienen una tendencia ascendente -- acentuada. Si el gra-- diente es fuertemen-- te superadiabático -- hay fenomeno de "loo-- ping" (Fig. 7).

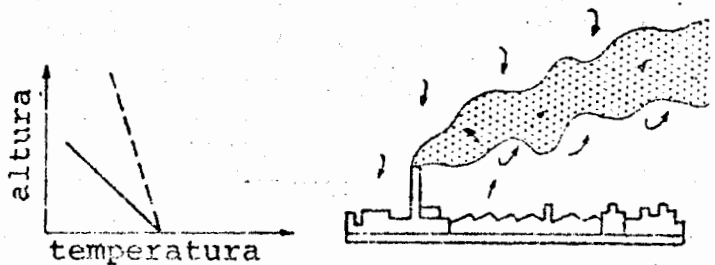


Fig. 7 - **Atmosfera inestable**

c) **Atmósfera estable:**

El penacho se es-- trecha y alarga en -- la dirección del vien-- to (fanning) (Fig. 8).

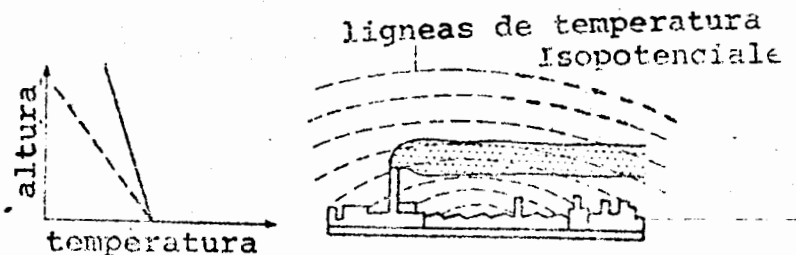
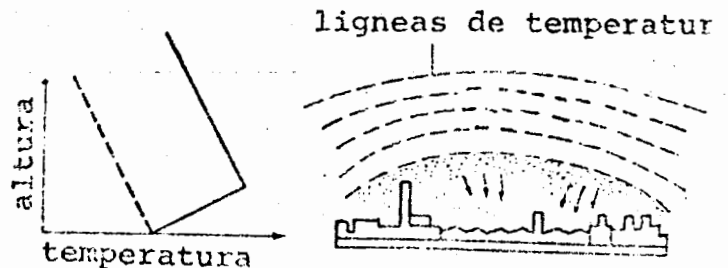


Fig. 8 - **Atmósfera estable (fanning).**

d) **Inversion de temperatu-- ra a las del suelo y sobrepasando la altu-- ra de la chimenea.** El penacho queda apri-- sionado y la polución



en la zona es muy fuerte (Fig. 9). **Fig. 9 - Inversión a baja altura a la salida del Sol**

e) Inversión de temperatura a cierta altura. Según esta -- altura pueden produ-- cirse los dos casos mostrados en las -- Fig. 10 y 11.

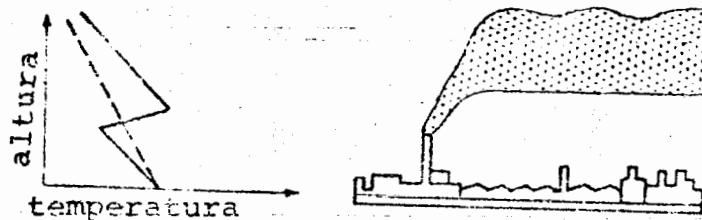


Fig. 10 - Inversión de temperatura en altura

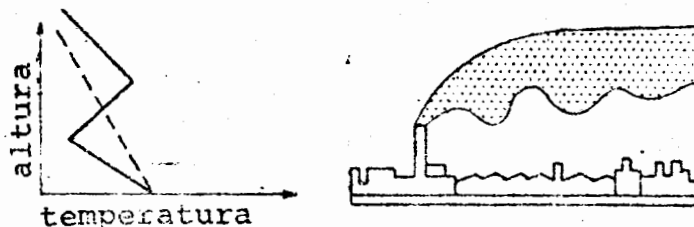


Fig. 11 - Inversión de temperatura en altura

f) Paso de un frente - de separación de dos masas de aire de dis-- tinta temperatura. A lo largo de esta fren-- te se forma una in-- version de temperatu-- ra produciendo polu-- cion muy fuerte. (Fig. 12)

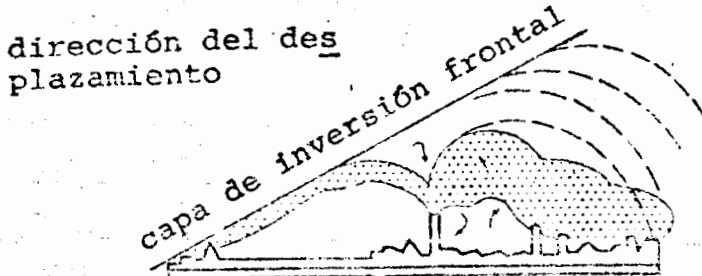


Fig. 12 - Paso de un límite entre 2 capas de aire

B.- El viento

En un gas inmóvil la velocidad de sedimentación de las partículas sigue las leyes de Stokes, que definen esta - velocidad, o la del movimiento Browniano, cuando su tama- ño es inferior a 0.1 micras.

Cuando hay viento las partículas no siguen estas leyes y se dispersan según la intensidad y las condiciones an- teriormente expuestas.

C.- Las precipitaciones

Limpian la atmósfera arrastrando hacia el suelo las -- partículas, aunque la eficacia disminuye cuando estas -- son muy pequeñas y es casi nula para tamaños inferiores a 2 micras.

D.- La topografía

La topografía colabora en las condiciones ambientales características de la zona. Los valles generalmente son poco favorables para la dispersión, ya que se acumulan en ellos las masas de aire frío y ayudan a la formación de nieblas. Un valle aislado en una llanura puede favorecer la dispersión como consecuencia de la formación de vientos locales entre ambas zonas.

Las zonas de edificación pueden favorecer la dispersión, al alcanzar temperaturas mas elevadas que las de los campos que las rodean.

Un terreno rugoso o accidentado puede estimular la formación de torbellinos en el aire ayudando a aumentar la dispersión.

2.- INFLUENCIA DE LOS PARAMETROS DEL TIPO DE EMISION Y DE LAS CARACTERISTICAS DE LA CHIMENEA

A.- Características de la emisión

La concentración máxima sobre el suelo depende de la distancia al punto de emisión y de la granulometría de las partículas (Fig. 13).

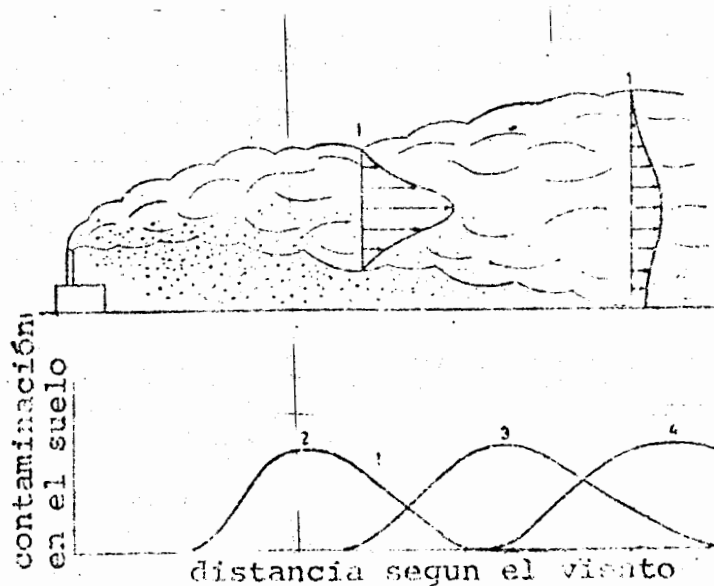


Fig. 13 - Comportamiento de los gases y de las partículas en un penacho para una velocidad dada del viento.

- 1) Curva de concentración de los gases
- 2) Partículas gruesas
- 3) Partículas finas
- 4) Gases

Cuanto mas elevada es la temperatura de los gases, en relación a la del aire ambiente, mas se eleva el penacho, y es mayor la dispersión. Por el contrario, si la densidad de los gases es elevada, el penacho tiende a descender aunque la temperatura de los gases sea alta. Una influencia similar tiene la velocidad de salida de los gases de la chimenea.

B.- Características de la chimenea

La altura de la chimenea tiene una fuerte influencia sobre la dispersión y los valores de máxima concentración sobre el suelo. Estos varían en razón inversa del cuadrado de la altura efectiva, y esta altura puede incluso impulsar los gases por encima de capas de inversión situadas a baja altura (Fig. 14).

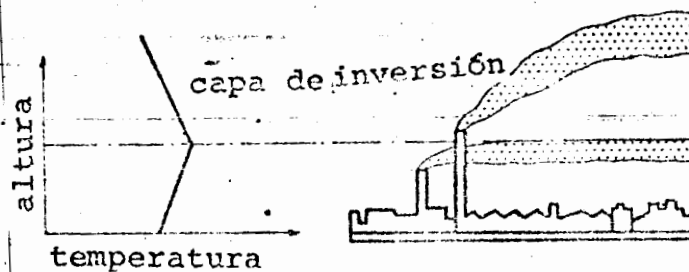


Fig. 14.- Efecto de la altura de la chimenea
- Inversión a altura baja.

Por el contrario, también es capaz de provocar torbellinos en las corrientes de aire que producen a sotavento, - pérdidas de velocidad y la consiguiente caída de las partículas mas gruesas. Para evitar estos inconvenientes puede imprimirse a los gases de salida mayor velocidad, con la contrapartida de unas mayores pérdidas de energía. Se estima que una velocidad de salida de 2,5 veces la velocidad del viento es capaz de anular estos inconvenientes. - (Fig. 15).

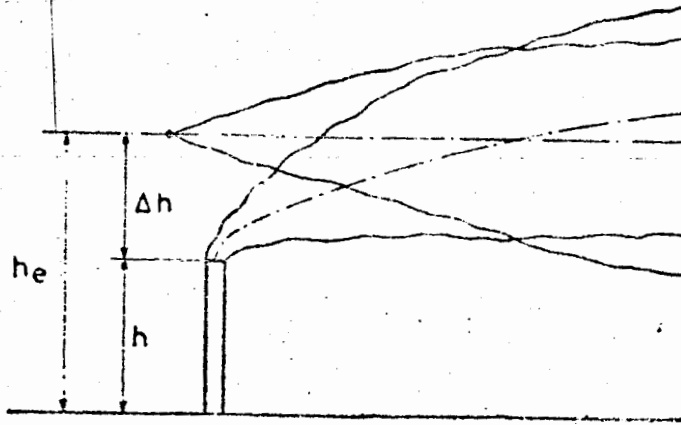


Fig. 15 - Determinación de la altura efectiva de una chimenea

Los edificios circundantes pueden crear zonas turbillonarias con los mismos efectos. Para evitarlos se recomienda que la altura sea 2,5 veces la de citados edificios.

3.- CALCULO TEORICO DE LA DIFUSION

Teóricamente se pueden aplicar las fórmulas de Bosanquet-Pearson y de Sutton, que sirven para cálculos aproximados de evaluación de la contaminación en el suelo en función de la altura de la chimenea y de las características locales.

Bosanquet-Pearson

Sutton

$$X_0 = \frac{4 Q P}{2\pi e^2 u H_e^2 q}$$

$$X_0 = \frac{2 Q Cz}{\pi e u H_e^2 Cy}$$

$$x_0 = \frac{H_e}{2p}$$

$$x_0 = \frac{H_e^2}{Cz} \frac{1}{2-n}$$

X_0 : Concentración máxima en el suelo (m)

x_0 : Distancia del maximo a la chimenea (m)

u : Velocidad media del viento (m/seg)

Q : Caudal del gas (Kg/seg)

H : Altura efectiva de la chimenea (m)

p_q : Coeficientes de difusión (entre 0,05 y 0,09)

C_y : Coeficientes de difusión lateral y vertical (Aprox 0,07)
 C_z

n : Coeficiente característico de turbulencia (Aprox 0,25)

4.- ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DIFUSION

Este estudio se efectua mediante maquetas o en verdadera magnitud. El estudio mediante maquetas permite determinar la influencia de la velocidad del viento y su direccion y algunas otras características atmosféricas. Los gases se materializan mediante la inyeccion de cuerpos fumígenos. Las maquetas no permiten estudiar la influencia del estado atmosférico: estabilidad, inestabilidad, inversión etc.).

Los experimentos en verdadera magnitud se efectuan -- sobre chimeneas construidas a cuyos gases se incorporan cuerpos coloreados que permitan seguir sus trazas y se utilizan el sulfuro de Cinc, y la fluoresceina entre -- otras.

3. EFFECTOS DE LA POLUCION ATMOSFERICA

1.- EFFECTOS SOBRE EL HOMBRE

Las sustancias contaminantes ejercen su accion nociva sobre el organismo humano por contacto sobre la piel y las mucosas, por deglucion y sobre todo por inhalacion, al contacto con las mucosas pulmonares.

El estudio de estos efectos se puede efectuar de varias maneras:

a) Experimentación mediante animales:

- Generalmente se trata de pruebas de toxicidad aguda y más raramente de pruebas de toxicidad crónica. En general estas experimentaciones proporcionan indicaciones -- precisas y sirven de base para el estudio del comportamiento del organismo humano.

Para ello deben elegirse animales cuyas condiciones - metabólicas se asemejen lo mejor posible al organismo humano y deben tenerse presentes las diferentes circunstancias entre los procesos de laboratorio, generalmente limitados, y las reales de la existencia en las que la - accion de los elementos se prolongan durante toda la vida.

b) Experimentación sobre el hombre:

Estas experiencias son muy raras y se efectuan sobre personas que voluntariamente se prestan a tal estudio y durante periodos muy cortos, con concentraciones débiles, que generalmente no son capaces de producir efectos importantes.

2.- NIVELES DE NOCIDIDAD

Estos niveles se establecen en función de los conocimientos actuales derivados de experimentos químicos, -- bioquímicos, epidemiológicos y otros, sobre animales --

y personas.

Se admiten generalmente cuatro niveles:

- 1.- La concentración y la duración de la exposición a las sustancias nocivas no producen efectos capaces de ser detectados.
- 2.- Se producen efecto de irritación de algunos órganos, efectos nocivos sobre la vegetación, y una disminución de la visibilidad.
- 3.- Se alteran las funciones fisiológicas vitales y como consecuencia se producen enfermedades crónicas.
- 4.- Se producen enfermedades agudas e incluso muertes prematuras.

A título orientativo damos seguidamente algunos valores fijados para atmósferas en los Estados Unidos.

Valores máximos admisibles en atmósferas de ambientes profesionales.

	ppm	mg/m ³
Anhidrido carbónico	5.000	9.000
Hidrogeno sulfurado	10	15
Oxidos de nitrógeno (NO)	5	30
Ozono	0,1	0,2
Tetraetilo de plomo	--	0,1
Acido sulfúrico	--	1
Sulfuro de carbono	20	60

Valores máximos admisibles en el aire ambiente en mg/m³

	máximo	media 24 horas
Dioxido de azufre	0,5	0,05
Hidrogeno sulfurado	0,008	0,008
Polvos inertes	0,5	0,15
Monoxido de carbono	3,0	1,0

3.- EFECTOS AGUDOS

El "smog" ácido: Este smog es característico de las ciudades con inviernos brumosos y fríos. Se quema de ellas gran cantidad de combustible y por consiguiente se lanzan a la atmósfera grandes cantidades de SO_2 que asociado al polvo y aerosoles de H_2SO_4 produce efectos irritantes muy importantes que, en algunos casos, produjeron numerosas víctimas. Así en Diciembre de 1.952, en Londres, se produjeron 4.000 muertes mas de lo normal durante los periodos registrados.

El "smog" oxidante: Es completamente diferente del smog ácido. Apareció como tal en la ciudad de Los Angeles, en California. La ciudad esta al borde del oceano Pacifico y rodeada de montañas. El aire caliente y húmedo procedente del mar se encontro con la capa mas fria de la atmósfera circundante, provocando una inversión de temperatura y reteniendo el smog sobre la ciudad, produjo gran número de víctimas hace unos 25 años.

La teoría mas generalizada sobre la formación de este smog es la transformación fotoquímica de los hidrocarburos alifáticos en presencia de óxidos de nitrógeno. Esta reacción provoca la liberación de ozono. La responsabilidad de esta polución corresponde primordialmente a los vehiculos que dado el intenso tráfico de la ciudad provocan la liberación de grandes cantidades de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos quemados.

4.- EFECTOS PRINCIPALES DE LA POLUCION ATMOSFERICA

Enfermedades respiratorias: Los principales agentes que producen estas enfermedades son productos muy irritantes tales como los óxidos de azufre, de nitrógeno, los clorados, derivados del fósforo y ozono. Es indudable la correlación entre el aumento de los niveles de estas sustancias y el aumento de la morbilidad y de la mortalidad, especialmente en las personas con afecciones pulmonares o de edad avanzada.

Cancer de pulmón: Aunque parece indudable la influencia de la polución del aire sobre la aparición del cancer del pulmón, todavía sigue siendo un problema muy discutido. El poder cancerígeno del benzopireno ha sido puesto en evidencia en la experimentación animal, y en las atmósferas de las ciudades se detecta, con frecuencia, que compuesto.

En todo caso, la polución produce irritación de las mucosas de las vías respiratorias haciéndolas más vulnerables a los elementos cancerígenos. Esta influencia de la polución sobre el cáncer aparece reflejada en la siguiente tabla:

Mortalidad por cancer de pulmón por cada 100.000 habitantes (Gran Bretaña)

	Hombres	Mujeres
Ciudades muy grandes	125	121
Ciudades de mas de 100.000 Hab.	112	101
" entre 60.000 y 100.000 Hab	93	88
Ciudades de menos de 50.000 Hab	84	86
Zonas rurales	64	87

De todas formas, si la polución atmosférica influye de forma importante en la aparición del cancer de pulmón, parece mucho mas influyente el hábito de fumar

Mortalidad por cancer de pulmón por cada 100.000 Habitantes (Gran Bretaña)

	Indice de mortalidad (45-74 años)	
	Medio rural	Medio Urbano
No fumadores	14	131
Fumadores de pipa	41	143
Fumadores de cigarrillos		
suaves	87	297
medios	183	287
fuertes	353	394

Oxycarbonemia: Es una enfermedad que se produce por la fijación del óxido de carbono en la hemoglobina de los glóbulos rojos de la sangre. Sus efectos son la producción de náuseas y vértigos cuyo mecanismo no ha sido todavía suficientemente explicado. El contenido de CO en la sangre ha sido determinado para grupos de individuos clasificados por categorías, llegandose a la conclusión de que es mas elevados entre los conductores de automóviles que entre otros obreros expuestos a este riesgo. La ley normal es de 0.4 ml en 100 ml de sangre. En la tabla siguiente se indican los niveles de intoxicación y sus efectos principales:

Contenido de CO en la sangre en los diferentes estados de intoxicación

<u>Sintomas</u>	<u>ml/l</u>
Sin efectos perceptibles	menos de 10
Vertigos, cefaleas	20 a 60
Anormalidades visuales, auditivas, alucinaciones	70 a 120
Coma	120 a 160
Muerte	160 a 200

Saturnismo: El plomo ejerce una accion nociva sobre los riñones y el sistema nervioso y puede fijarse sobre el sistema óseo y dental. Es por consiguiente tóxico y una dosis de 1 mg diario puede conducir a intoxicaciones crónicas. Generalmente el contenido de plomo en el aire no es capaz de producir intoxicaciones, salvo en talleres expuestos muy directamente a emanaciones de sus sales, soldaduras, etc., que provoquen atmósferas contaminadas en locales cerrados o poco ventilados.

Los óxidos y sales de plomo que normalmente se encuentran en el aire provienen del tetraetilo que se emplea como aditivo en los carburantes a razón de unos 0,8 cm³ por litro.

Afecciones producidas por el polvo: El polvo genera enfermedades llamadas neoconiosis, entre las cuales se distinguen:

Neumoconiosis o afecciones pulmonares que según la composición del polvo originan la antracosis (por el carbón); siderosis (por el hierro); silicosis (por la sílice); asbestosis etc.

Dermatosis, o irritaciones de la piel por lana de vidrio, -- polvos causticos etc. Oftalmoconiosis o conjuntivitis crónicas; adontoconiosis etc.

Estas afecciones, de forma general, conducen a enfermedades crónicas que normalmente no se pueden contraer como afectos de la contaminación atmosférica del aire libre, salvo en ca sos muy especiales.

5.- ACCION SOBRE LOS MATERIALES; LOS ANIMALES Y LAS PLANTAS

Las partículas sólidas y líquidas de sustancias oxidantes y ácidas ejercen una acción abrasiva, corrosiva o salinizante sobre los materiales. Existen diversos factores, tales como la temperatura, el grado de humedad, el viento, el sol etc., que favorecen estos fenómenos. Muchas de las sustancias que polucionan el aire juegan un papel muy importante en los procesos de degradación y corrosión de fachadas, tejados pinturas cueros etc. A título de ejemplo citamos algunos efectos más destacados:

- El CO₂ ataca las piedras calizas utilizadas en construc ción.
- Los óxidos de azufre a metales férreos y no férreos, pie dras, cueros.
- El sulfídrico pasa a óxidos de azufre con los efectos - precedentes.
- El fluorhídrico ataca a vidrios, y esmaltes
El ozono a los neurátics y artículos de goma

Y así una gama muy amplia de productos que se ven afec tados por la polución.

La acción sobre los animales, atacando a su salud, re-

viste analogías con la descrita anteriormente para el -- hombre, y también las plantas pueden sufrir los efectos nefastos de la polución. Una simple disminución de la vi-- sibilidad, debida a los humos y polvos, reduce la fun-- ción clorofilica y puede conducir a la enfermedad de las mismas. Independientemente las acciones químicas de los productos afectan de forma muy distinta a cada uno de -- los vegetales, con la consiguiente disminución de sus -- funciones o producciones.

6.- ASPECTO ECONOMICO

La polución atmosférica cuesta mucho dinero. Algunos de sus perjuicios pueden ser evaluados difícilmente. Son ejemplo los atentados a la salud y la vida del hombre. Otros se estiman, por extrapolación, traduciendolos en cifras: disminución de productividad, desgaste de materiales, pérdidas industriales y sociales debidas al absentismo. En Estados Unidos se cita la cifra de 11.000 millones de dólares anuales, equivalentes a 60 dólares por habitante. Estas evaluaciones, aunque imprecisas -- dan una idea del importante costo de la polución.

Por las razones apuntadas con anterioridad, la lucha con-- tra ella es indispensable, y aunque sea onerosa, lo son más los tributos que nos impone.

La determinación de la concentración de la polución atmosférica exige la toma de una muestra de aire que sea verdaderamente representativa de la atmósfera que se desea estudiar. Esta simple toma constituye, por sí sola, un problema complejo ya que existen multitud de factores capaces de influenciar su autenticidad.

Entre estos factores podemos citar:

Duración del tiempo de toma: Si la toma es de larga duración permitirá determinar la concentración media en el tiempo; si la toma es corta podrá servir para determinar las variaciones en cada momento.

Número de tomas: puede ser función del tiempo, si se desean conocer las variaciones diurnas, estacionales, meteorológicas etc.; o función del espacio, si se trata de analizar la dispersión según dirección de los vientos, topografía, edificios circundantes u otras causas.

La velocidad con que se efectúa la toma de la muestra con una sonda, puede influir en su representatividad (Fig. 16).

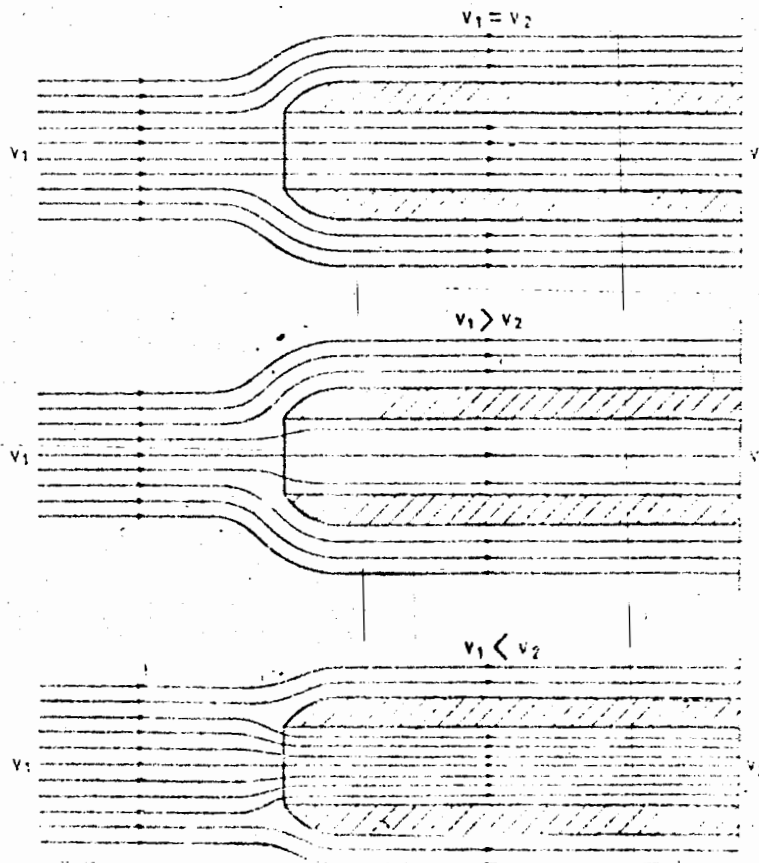


Fig. 16 - Variación del flujo, gaseoso a la entrada de una sonda.

El punto de toma ha de ser cuidadosamente elegido, especialmente cuando la atmósfera que se estudia no es uniforme y la concentración varía de unos sitios a otros.

1.- MEDIDAS DE LA POLUCION DEBIDA A LAS PARTICULAS SÓLIDAS

MÉTODOS DE TOMA

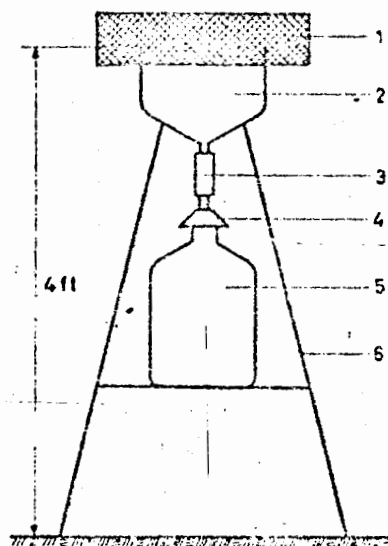
1.- Polvos sedimentables.

Estos polvos se recogen por medio de aparatos sencillos que se colocan a cierto nivel del suelo, para evitar que el polvo procedente de este, en caso de viento, pueda elevarse hasta la altura de la toma.

Los resultados se miden en peso de partículas por unidad de superficie, para un tiempo determinado.

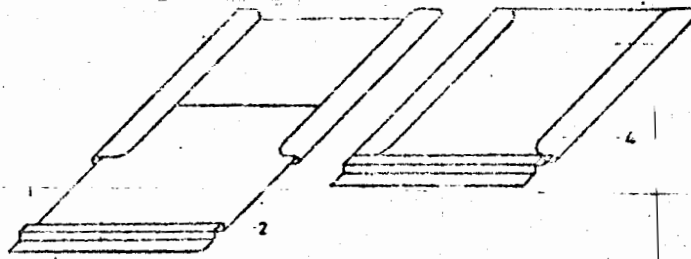
Existen muchos tipos de aparatos. Citaremos algunos.

Dispositivo standard: Está constituido por un embudo grande, unido a un frasco lleno de agua, destinado a recoger el polvo. Generalmente el dispositivo está protegido por una rejilla (Fig. 17)



Dispositivo Standard

- Fig. 17 -
1. Rejilla de protección
 2. Embudo colector
 3. Acoplamiento
 4. Embudo invertido
 5. Frasco colector
 6. Soporte



Plaquetas

- Fig. 18 -
1. Plaqueta
 2. Reborde
 3. Plaqueta
 4. Deslizadera

Las plaquetas Diem estan recubiertas por una película de vaselina, destinada a recoger las partículas.

2.- Polvos no sedimentables

- a) Métodos de filtración: Se utilizan filtros, de composición diversa: papel, fibras celulósicas, amianto, vidrio, y otras membranas.

El poder de retención varia según la composición del filtro entre 0,5 micras y 0,05 micras.

- b) Métodos de inercia: Cuando se imprime un cambio de dirección a una corriente que contiene partículas sólidas, éstas por inercia ofrecen resistencia al cambio de dirección y pierden energía cinética. Estos procedimientos son eficaces para tamaños comprendidos entre 1 y 2 micras, para velocidades normales. Para velocidades muy elevadas, hasta sónicas, se pueden captar partículas muy finas.

Los aparatos de impacto en cascada alcanzan un rendimiento próximo al 100 % para tamaños entre 0,5 y 50 micras (Fig. 19).

Los conímetros, aparatos muy versátiles, tienen una lámina de vidrio vaselinizada.

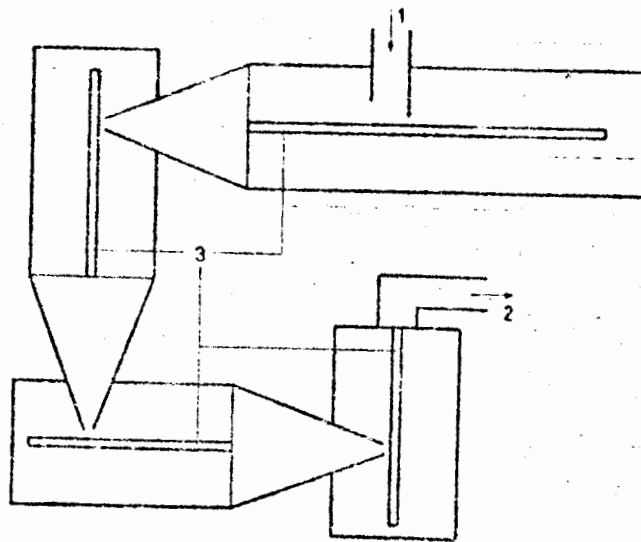


Fig. 19 - Sistema de impactos en cascada

1. Entrada de gases polvorientos
2. Salida de gases limpios
3. Placa porta-objetos de vidrio

Algunos disponen de un microscopio incorporado que permite la medición directa de las partículas. (Fig. 20).

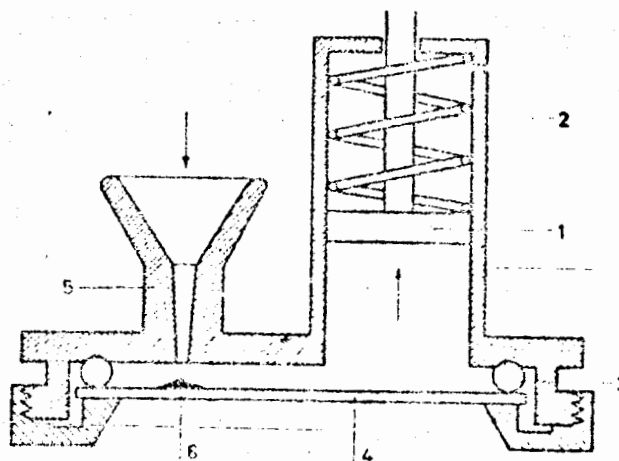


Fig. 20 - Confimetro

1. Pistón
2. Muelle
3. Junta estanca
4. Placa porta-objetos
5. Boquilla de entrada
6. Deposito de polvo

Métodos por fuerza centrífuga: Ciclones. - Son aparatos en los que intervienen simultáneamente las fuerzas de inercia y centrífuga, alcanzar alto rendimiento para las partículas de tamaño superior a 5 micras. Para otras más pequeñas el rendimiento varía entre menos del 50 y el 80 %. (Fig. 21)

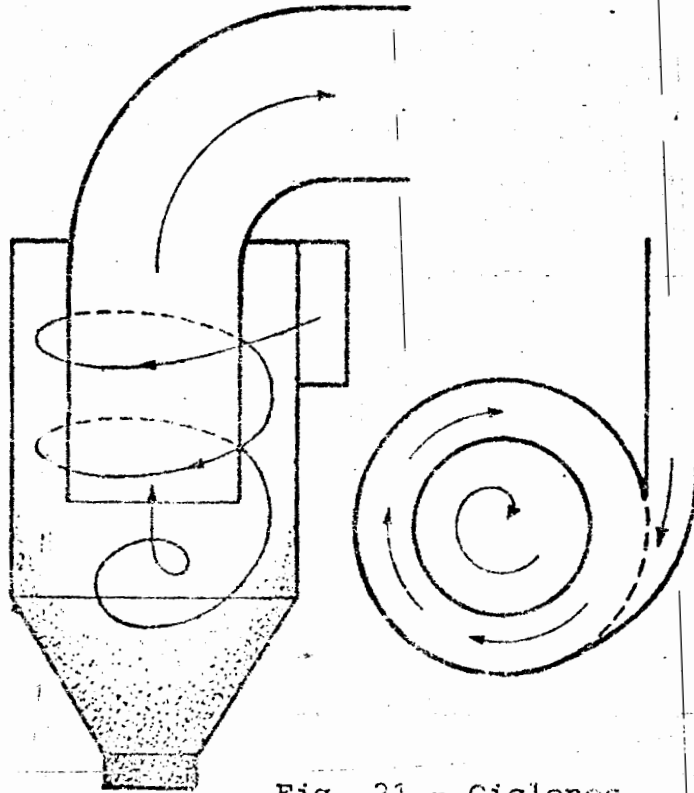


Fig. 21 - Ciclones

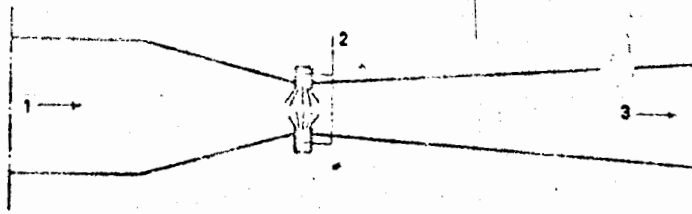


Fig. 22 - Lavador Venturi

1. Entrada de gases polvorientos
2. Pulverización
3. Salida de gotas de agua cargadas de polvo

Métodos por pulverización: Estos aparatos tienen una garganta dotada de un sistema de pulverización de un líquido en gotas

muy finas que constituyen una superficie muy grande de impacto para el polvo. (Fig. 22)

Métodos eléctricos: El precipitador electrostático consiste en un electrodo filiforme, rodeado de un cilindro concéntrico (electrodo colector). Aplicando una diferencia de potencial elevada (de unos 30 Kv) se provoca la ionización del dieléctrico (efecto Corona). Los iones siguen las líneas del campo y son captados por el cilindro.

El rendimiento de estos aparatos se aproxima al 100 % para tamaños entre 0,5 y 10 micras (Fig. 23)

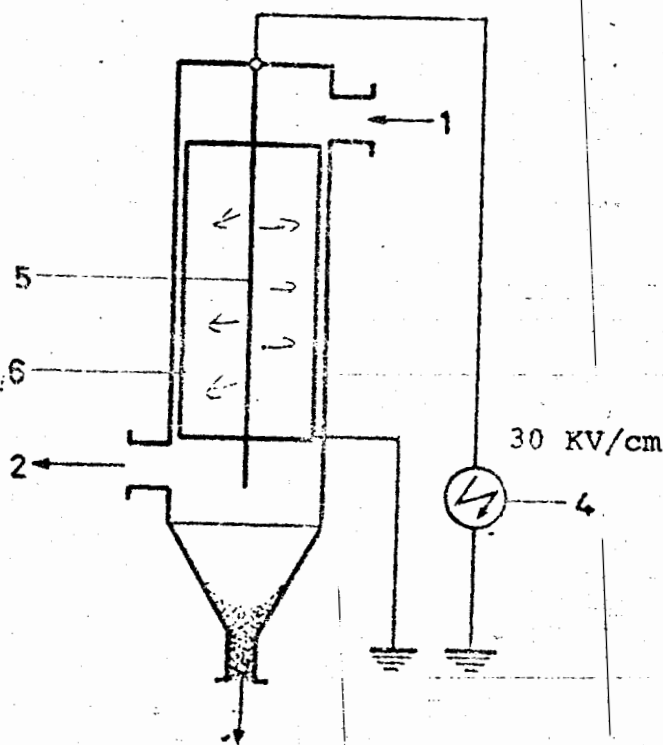


Fig. 23 - Precipitador eléctrico

- 1. Entrada de gases sucios
- 2. Salida de gases limpios
- 3. Salida de polvo
- 4. Generador
- 5. Electrodo emisor (hilo)
- 6. Electrodo receptor (tubo)

Métodos térmicos: El precipitador térmico está basado en el principio de repulsión térmica: un hilo calentado, colocado -

en el eje de un cilindro aumente considerablemente el movimiento de las moléculas de aire. El polvo que penetra en el tubo experimenta un bombardeo enérgico que lo aleja del centro y lo dirige hacia las paredes del tubo más frías, donde quedan depositados. Para que sea eficaz el gradiente de temperatura debe ser del orden de 3000°C/cm . Estos aparatos tienen un rendimiento aproximado al 100% para partículas comprendidas entre 0,01 y 100 micras. El precipitador Casella tiene unas láminas de vidrio como superficies frías. El aire se aspira a razón de $4 \text{ cm}^3/\text{min}$. sobre un hilo de cromá-niquel. (Fig. 24)

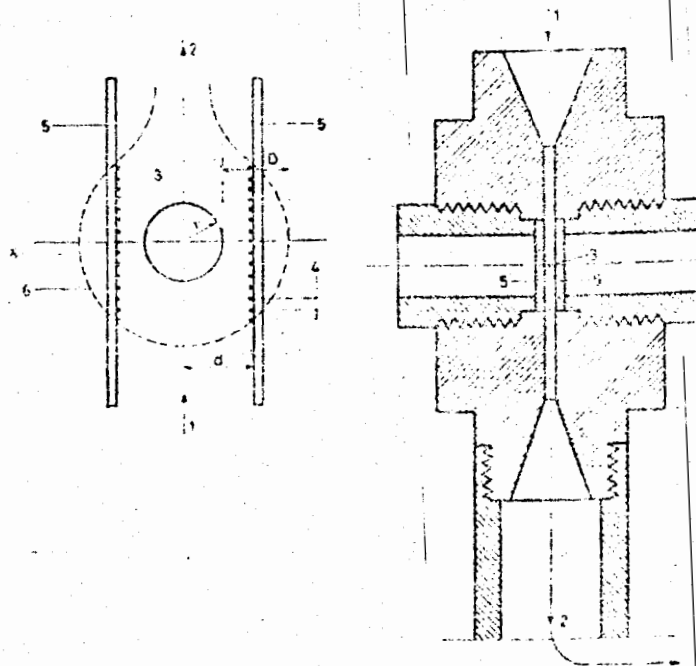


Fig. 24 - Precipitador térmico

1. Entrada de gas es polvorientos
2. Salida de gases sin polvo
3. Hilo calentado
4. Partículas
5. Placa porta-objetos
6. Zona de repulsión

MÉTODOS DE MEDIDA.

Métodos granulométricos: Seguidamente damos una idea de las dimensiones de las principales partículas que constituyen los humos y los aerosoles:

<u>Sustancia</u>	<u>Diámetro (En micras)</u>
Gotas de lluvia	500-5000
Vapor de agua (bruma)	60-500
Vapor de agua (nubes, nieblas)	2-60
Carbón pulverizado, cenizas volantes	1-50
Polvos de fundición	1-1000
Polvos de cementerías	3-100
Polvos metalúrgicos	0,5-100
Polen	10-100
Talco	0,5-50
Humo de cigarrillos	0,01-1,0
Sales marinas	0,03-0,5
Polvos de combustión	0,01-0,1
Cabellos humanos	35-200
Glóbulos rojos (adultos)	7,5

Las separaciones granulométricas se efectúan por tamizado, para partículas gruesas hasta 40 micras, y para partículas más finas por decantación, centrifugación fraccionada, elutriación, es decir, por suspensión del polvo en un líquido animado con una fuerza ascensional que elimine el efecto de pesantéz de las partículas etc.

Las técnicas microscópicas permiten la clasificación y recuento de las partículas en función de su diámetro.

Métodos ópticos: Se basan en la difusión de la luz por las partículas, en la absorción por la reflexión etc, y permiten la evaluación global de los polvos recogidos o de la opacidad de los penachos de humos.

Métodos químicos: Todos los métodos de la química tradicional y moderna son aplicables al estudio de la composición de los polvos. La elección depende de la composición de estos y de los resultados que se pretendan conseguir.

— 2.- MEDIDA DE LA POLUCION DEBIDA A LOS GASES; AEROSOLES Y VAPORES —

— METODOS DE TOMA —

- 1.- Métodos por adsorción: Es un procedimiento en el que los gases o vapores se ponen en contacto con sustancias sólidas que tienen la propiedad de retenerlos en su superficie. Estos materiales pueden ser el carbón de madera, gel de sílice, alúmina etc. El gas retenido debe ser expulsado pronto de la superficie por calentamiento y absorbido en un reactivo conveniente en el que pueda ser dosificado.
- 2.- Métodos por absorción: Esta técnica se utiliza con mayor frecuencia. Se efectúa haciendo pasar el aire a través de un barboteador de tipo adecuado, provisto de un líquido captador, determinado por la naturaleza de la sustancia que hay que retener, así como su tamaño y características específicas.
- 3.- Freezout: Se utiliza este método cuando se desea obtener una muestra completa de todos los constituyentes de la polución que se encuentran en la atmósfera. La técnica consiste en hacer pasar una muestra de aire a través de una serie de recipientes que están a temperaturas cada vez más bajas. Los refrigerantes que se emplean van desde el agua (0°C) al aire líquido (-147°C), hasta el nitrógeno líquido (-196°C) Después de su captación deben quedar a muy baja temperatura hasta su análisis.
- 4.- Muestreo instantáneo: En algunos casos puede ser interesante la toma instantánea de aire. Según los casos se emplean frascos de vidrio, o depósitos de goma o materias plásticas. El aire recogido por el depósito se analiza directamente en los laboratorios.
- 5.- Métodos simplificados: Existen técnicas simplificadas que permiten la obtención de resultados relativos du-

rante periodos de tiempo mas o menos largos. Por ejemplo: La absorción de SO_2 sobre una superficie constituida por un tejido impregnado de bicarbonato de sosa (Frasco de Liesegang-Leclerc) o de una varilla impregnada de óxido de plomo. Al final del periodo se dosifica la cantidad de sulfito formada. La absorción de SH_2 por un papel tratado con acetato de plomo: Mediante el cambio de coloración puede evaluarse la cantidad de SB_2 absorbida, durante el tiempo de la exposición.

La determinación de la cantidad de ozono en el ambiente, por la exposición a este de banda de goma, cuyo envejecimiento es producido por este.

METODOS DE MEDIDA

Métodos normalizados

Existen infinidad de métodos físico-químicos normalizados para la determinación de varias sustancias. A título de ejemplo citaremos algunos:

a) Dosificación de SO_2

- 1.- Método del agua oxigenada: El aire se aspira a través de una solución de agua oxigenada con Ph de 4,5. Se determina la acidez por medio de NaOH hasta que se vuelva a obtener un Ph de 4,5'
- 2.- Método colorimétrico de Westand Gaake: Se aspira el aire a través de una solución de tetramercuriato de sodio. La adición de una solución que contiene formaldehído produce una coloración roja cuya intensidad es proporcional a la cantidad absorbida de SO_2

b) Dosificación de NO y NO_2 : Métodos colorimétrico de Saltzman: Se aspira el aire en una solución de naftil-etileno y ácido sulfanílico. La intensidad de la coloración es proporcional a la cantidad absorbida.

Dosificación de CO : El aire se aspira a través de una solución que contiene un gel impregnado de molibdato amónico y paladio

con ácido sulfurico. La coloracion, que varia del verde al -- azul, depende de la concentracion de CO.

Dosificacion de H_2S : Método del azul de metileno: Se aspira - el aire en una solución de hidróxido calcico y sódico. Se agre ga una solución de sulfurico y cloruro férrico con otros com- ponentes. Se obtiene una coloración azul que permite dosifi-- car el SH_2 .

Análogamente existen otra serie de procedimientos que permiten el análisis de una serie de sustancias con sensibilidades muy variables, pero que muchas veces, en la práctica, son suficien tes para las determinaciones sedimentarias.

Métodos automáticos: La necesidad de conocer las fluctuaciones de las concentraciones en funcion de las condiciones climáti cas, diurnas, estacionales y de las actividades domésticas e industriales, justifica el que cada vez mas se recurra a pro- cedimientos automáticos de dosificación.

Estos aparatos, de gran diversidad, se basan entre otros en - los siguientes métodos: Conductometria, potenciometria, ampe- riometria, colorimetria, turbiscencia, fotometria, fluorescen- cia, espectrofotometria etc.

3.- MEDIDA DE LA POLUCION POR LOS OLORES

Algunas instalaciones lanzan a la atmósfera productos que sin ser necesariamente tóxicos o agresivos producen un -- olor nausebundo. Estos efectos, sin embargo, son de medi- ción muy difícil. Se han establecido diversas escalas en- tre las cuales podemos citar la siguiente: Nivel 0: ausen- cia de olor; Nivel 1; límite de percepcion; Nivel 2: lími- te de identificación; Nivel 3: Olor sensible; Nivel 4: -- Olor marcado; Nivel 5: Olor excesivo. Citamos seguidamen- te algunos niveles de percepcion para productos corrien- tes; en ppm.

Amoniaco	70	H_2S	0,2	Sulfuros orgánicos	0,005
Cloro	50	Ozono	0,05	Esencia de vainilla	0,0008

→ 5. LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION

→ 1.- ACCION EN ORIGEN

La prevención por todos los medios posibles, de la formación de las sustancias que constituyen la polución es el mejor método para disminuir sus efectos. La concepción de las operaciones industriales, la elección adecuada de los combustibles, la construcción de las instalaciones, y su regulación y mantenimiento son medios muy eficaces en esta lucha.

→ Mejora de los combustibles sólidos:

→ Ley en azufre: Existen combustibles sólidos con leyes bastante elevadas e incluso superiores al 3 %. Los procedimientos de desulfuración son muy variados: escojido manual de las materias piritosas, levigación en agua o mediante líquidos densos, flotación, hidrodesulfuración, desulfuración catalítica mediante hidrógeno etc.

→ Materias volátiles: La combustión completa se dificulta cuando es elevado el contenido en materias volátiles. Desgraciadamente los recursos de carbones con leyes bajas en este aspecto son escasos. La tendencia actual es la preparación de combustibles artificiales, partiendo de carbones grasos o semi-grasos, con características adecuadas: coque, aglomerados etc.

→ La ley inglesa (Clean Air Act) de 1.956, prohibió la emisión de humos negros por las chimeneas industriales y domésticas, obligando incluso a la sustitución de combustibles parotos -- "sin humo". Esta Ley exigía que la sustitución debería efectuarse en un plazo de 5 años (1.961). La mayoría de los hogares fueron adaptados a las nuevas exigencias llegándose a reducciones muy importantes de las leyes en polvos y humos en todos los centros contaminantes del país.

Homogeneidad de las características: Esta homogeneidad, en dimensiones, leyes etc, es un factor muy importante en el momento de establecer la forma mas adecuada de combustión y ayuda

muy sensiblemente a facilitar la obtención de una combustión completa.

— Combustibles líquidos: —

— Ley en azufre: El problema de la desulfuración de los combustibles líquidos es mucho más difícil que el de los sólidos. Se efectúa en las refinerías por el procedimiento de hidrogenación catalítica, mediante el cual se libera el S pasando a SH_2 . Los hidrocarburos con poco contenido en azufre son generalmente escasos en el mundo; sólo del 12 al 15 % de los conocidos.

— Combustibles gaseosos: Como se indicó anteriormente estos combustibles pueden utilizarse en las mejores condiciones y generalmente producen muy poca emisión de sustancias contaminantes.

— Carburantes: Los contenidos en azufre de esta clase de combustibles son generalmente muy débiles, y los esfuerzos se dirigen a la disminución cloro, bromo, plomo etc. —

Utilización de aditivos:

Combustibles líquidos: Mediante la adición de sustancias básicas a los humos de composición preferentemente ácida se pueden alcanzar reducciones importantes de las cantidades de SO_2 emitidas a la atmósfera. Los principales aditivos son: amoníaco, dolomia y compuestos magnésicos.

Carburantes: Se consigue un aumento del rendimiento de la carburación mediante la adición de compuestos etílicos.

Mejora y control de los aparatos

Pues de mejorarse la combustión, para un mismo tipo de combustible, mediante la regulación adecuada de los aparatos en general, y especialmente de quemadores y carburadores. Se indican algunas de las operaciones más importantes:

Aparatos de calefacción: Aparatos modernos bien adaptados a los conductos de salida y chimeneas; combustibles adecuados a este tipo de aparatos.

- 43 -

Motores y automoviles: Regulación del carburador, filtro de aire, sistemas de encendido, utilización limitada del starter, limitación del tiempo de marcha a "relenti".

2. TRATAMIENTO DE LAS EMANACIONES

— ELIMINACION DEL POLVO —

Existen diversos procedimientos para este tipo de tratamiento de las emanaciones, y su eficacia depende, en cada caso, de los tamaños de las partículas que se trata de eliminar. Examinaremos, a título de ejemplo, algunos de los más utilizados actualmente:

Sistemas por gravedad: Estos aparatos se basan exclusivamente en la pesantez de las partículas de polvo, en un fluido que circula a escasa velocidad. Un sistema de cámaras, dispuestas horizontalmente en el circuito, provocan la disminución de la velocidad del gas efluyente, y consecuentemente la deposición de las partículas. El rendimiento es aceptable para tamaños superiores a 50 micras, pero disminuye sensiblemente para tamaños inferiores (Fig. 25).

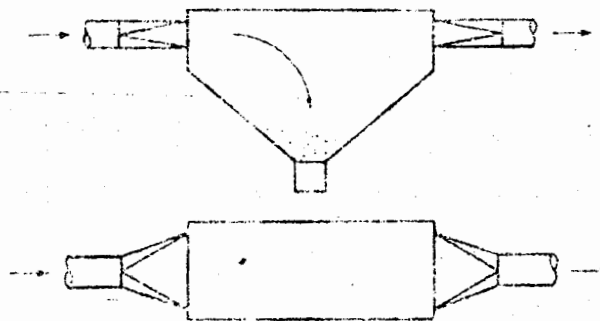


Fig. 25 - Camaras de sedimentación

Sistemas por inercia: Estos aparatos utilizan las fuerzas de inercia, para provocar la pérdida de velocidad de los sólidos, y con ella su caída a los puntos de recogida. Su rendimiento es escaso para partículas de tamaño inferior a 20 micras (Fig. 26, 27).

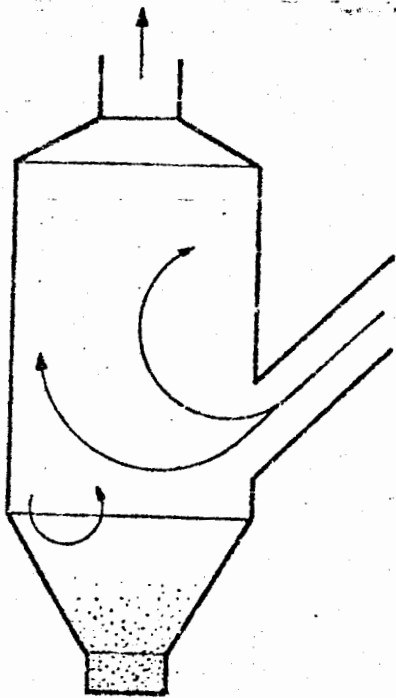


Fig. 26 - Deposita-
dor de polvo

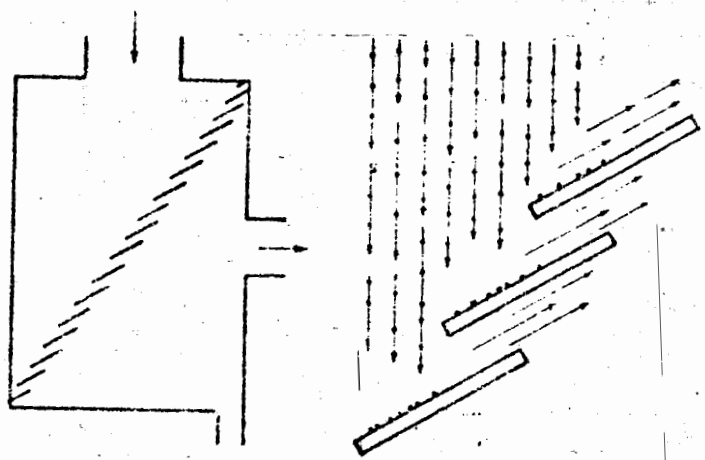


Fig. 27 - Separador de persianas

Sistemas, por fuerza centrífuga o ciclones: La eficacia de un ciclón depende de la velocidad radial (V_R) que puede expresarse por la siguiente fórmula:

$$V_R = \frac{2 V_t}{9\eta r_a} (\rho_p - \rho_g) a^2 \text{ siendo } V_t = K_1 \left(\frac{\Delta P}{\rho_g}\right)^{0,5} \text{ y } \rho_g =$$

$$= f \left(\frac{wP}{T}\right)$$

En estas fórmulas intervienen los siguientes valores:

- V_R = Velocidad radial
- V_t = Velocidad tangencial
- η = Viscosidad del gas portador
- r_a = Radio medio de rotación
- ρ_p = Densidad de las partículas
- ρ_g = Densidad del gas portador
- K_1 = Constante del ciclón

P = Presión del gas portador
T = Temperatura del mismo gas
W = Peso molecular del gas

La eficacia depende por consiguiente del cuadrado de la velocidad tangencial y del radio de curvatura de la trayectoria. Se tiende a aumentar la velocidad del fluido y a disminuir el diámetro del aparato. Por esto se utilizan con frecuencia multiciclones que trabajan en paralelo para obtener una caudal suficiente. Son eficaces para tamaños superiores a 10 micras. (Fig. 28).

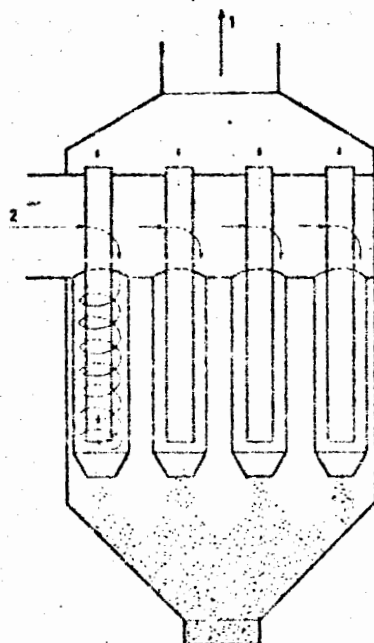


Fig. 28 - Multiciclón de entrada axial

1. Salida de gases limpios
2. Entrada de gases

Sistemas por lavado: Existen dos procedimientos principales: el barboteo y la pulverización. El rendimiento es bueno para partículas comprendidas entre 1 y 10 micras según el sistema utilizado. (Fig. 29). <

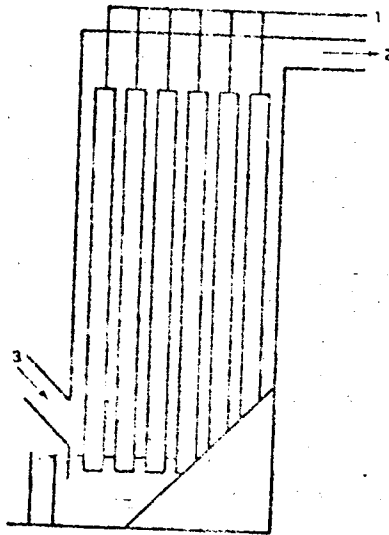


Fig. 29 - Lavador por barboteo

1. Entrada de agua
2. Salida de gases limpios
3. Entrada de gases

En los sistemas de barboteo se hace circular a los gases por un sistema que permite la recogida del polvo en forma de lodos.

Los aparatos de pulverización pueden ser simples o tipo Venturi. Son adecuados para partículas muy pequeñas, pero requieren un gran consumo de agua y energía.

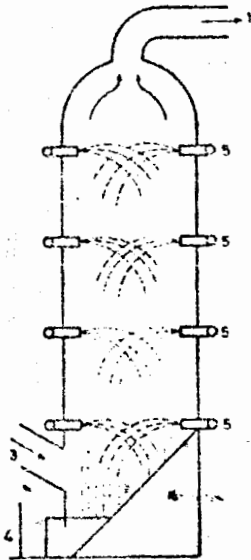


Fig. 30
1. Salida de gases
3. Entrada de gases
4. Salida de agua
5. Toberas

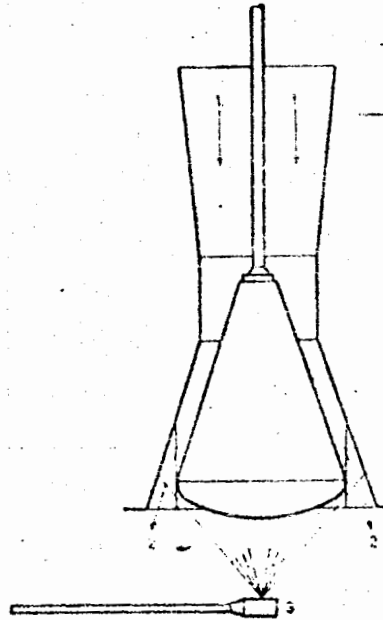


Fig. 31
1. Entrada de gases
2. Salida de gases
3. Pulverizador

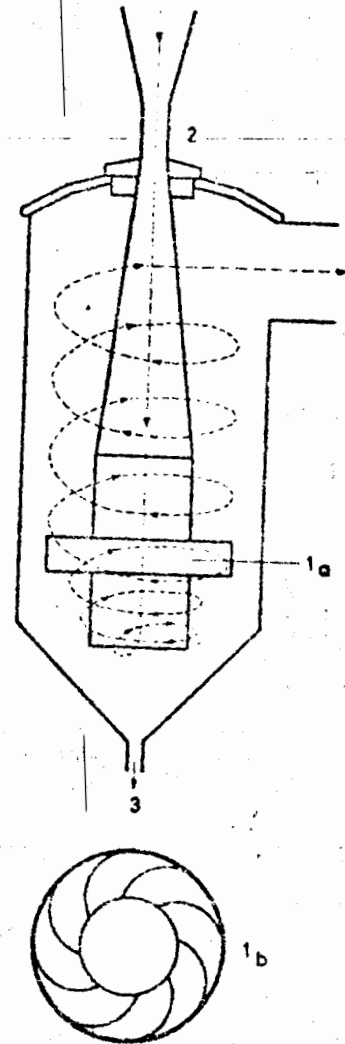


Fig. 32 - Ciclón Venturi
1_a. Corte longitudinal
1_b. Corte transversal
2. Venturi
3. Salida de lodos

Sistemas por filtrado: Los aparatos de este tipo están constituidos por una superficie porosa, más o menos espesa, que es atravesada por el gas que se quiere depurar. Muchos de ellos tienen un sistema de sacos que están dispuestos en paralelo, y dotados de dispositivos de vibración que permiten la eliminación, en marcha, del polvo que depositado sobre ellos.

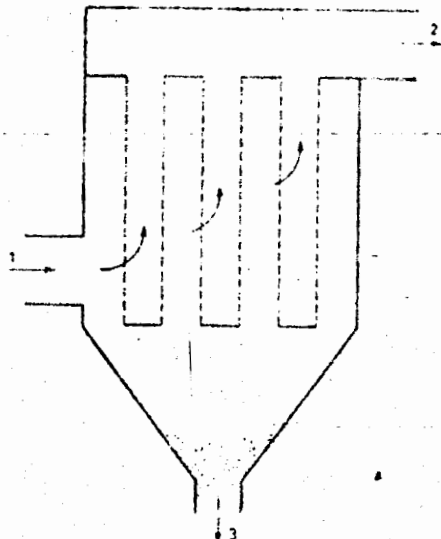
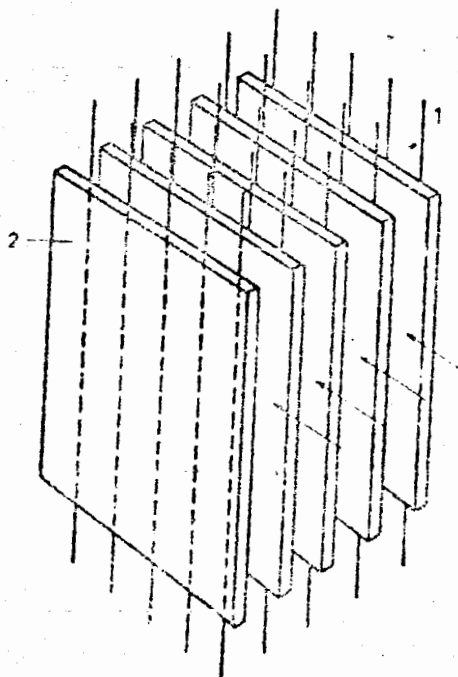


Fig. 33 - Filtro de sacos

- 1. Entrada
- 2. Salida
- 3. Evacuación de polvo

⇒ Sistemas eléctricos: El principio del funcionamiento ha sido descrito con anterioridad. Existen dos métodos de recogida del polvo depositado: via seca y via húmeda. En este ultimo sistema se avacuan las particulas mediante un riego intenso de las superficies colectoras.



- 1. Hilos emisores
- 2. Placas colectoras

Fig. 34 - Electrofiltro

ELECCION DEL METODO: La determinacion del sistema mas adecuado a cada caso es un problema bastante complicado, Hace falta tener en cuenta muchas variables:

Características del gas que hay que tratar: Caudal, temperatura, presión, humedad etc. Además debe tenerse presente si estas características son o no constantes con el tiempo, y la amplitud de la variaciones que pueden presentarse.

Características de las partículas que se tratan de eliminar: Peso específico, composición química, estado físico, resistividad etc.

Concentración de partículas, rendimiento deseado, disponibilidad de agua y de evacuación de lodos etc.

Coste de la instalación, gastos de amortización, factores económicos condicionantes.



TRATAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES GASEOSOS

Métodos de combustión: El procedimiento de antorchas es muy utilizado cuando las concentraciones son superiores a los límites de inflamación. La combustión resultante es bastante completa y pueden alcanzarse producciones limitadas de humo.

Métodos de incineración: Cuando el contenido en gases es inferior al límite de inflamabilidad es preciso recurrir a las técnicas de combustión en cámara cerrada. Hay que elevar la temperatura hasta la autocombustión con oxígeno en cantidades suficientes para provocar reacciones de oxidación.

Métodos de combustión catalítica: Son en realidad una mejora del método anterior. Los catalizadores permiten la oxidación de los gases contaminantes a temperaturas inferiores a las de la autocombustión.

Métodos de absorción: Utilizan la propiedad de muchos gases que son fácilmente solubles en líquidos, especialmente el agua, o soluciones básicas en las cuales la simple disolución está acompañada de reacciones químicas. Los aparatos de este

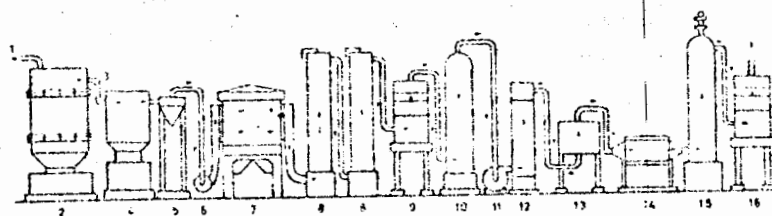
sistema se conciben de tal forma que la superficie de contacto, líquido/gas, favorezca la penetración de las moléculas gaseosas en la fase líquida.

— Métodos de adsorción: Estos métodos se basan en procedimientos en los que los fenómenos son puramente físicos. Algunos sólidos porosos son capaces de retener, selectivamente, en su superficie las sustancias más diversas. Los adsorbentes más utilizados son el carbón activo, obtenido por la destilación del carbón de madera a temperaturas entre los 700 y 900° C y algunos óxidos como el gel de sílice y el aluminio activado.

EJEMPLOS DE DISPOSITIVOS DE DEPURACION INDUSTRIAL

Seguidamente se incluyen algunos esquemas referentes a dispositivos industriales de depuración. Son instalaciones extremadamente costosas pero que permiten los siguientes resultados:

- Disminución de los polvos lanzados a la atmósfera.
- Eliminación de los gases, y de los olores molestos.
- Utilización de los gases para cubrir necesidades de energía de la propia instalación.
- Utilización de los polvos recuperados con reducción de pérdidas materiales, y otros efectos que pueden ayudar a disminuir los gastos.



Instalación de tostron de blenda y fabricación de ácido sulfúrico.

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1. Mineral | 9. Flutrofiltro |
| 2. Horno tostron | 10. Torre de secado |
| 3. Gases del horno | 11. Ventilador |
| 4. Caldera de recuperación | 12. Cambiador de calor |
| 5. Ciclones | 13. Convertidor |
| 6. Ventilaciones | 14. Refrigerador de SO ₂ |
| 7. Flutrofiltro | 15. Torre de absorción |
| 8. Torre de lavado | 16. Flutrofiltro |

La lucha contra la polución atmosférica, sin embargo, no es un problema exclusivamente técnico, sino además de imposición de una disciplina colectiva. Es necesaria la formación de todo el personal que puede colaborar a la disminución de las emisiones de tóxicos. No se debe despreciar la formación del gran público, que aunque difícil, no debe ser despreciada. La utilización adecuada de todas las instalaciones, incluyendo las domésticas vehículos etc., puede colaborar eficazmente en la disminución de la gravedad de este problema. Prueba de ello es la preocupación de las legislaciones actuales en la fijación de normas que controlen toda clase de emisiones, tanto industriales como urbanas.