



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL III

Emisiones gaseosas, humos, polvos y aerosoles

ING. JOSÉ MARQUEZ ROBLES

Concebimos a la polución como un moderno infortunio, mas no lo es, constituye una expresión mas de la perniciosa indiferencia hacia la salud y la decencia que, en los siglos anteriores, hacían de la peste, un indefectible visitante anual

*Encabezamos esta introducción con la apreciación de J. Bronowski sobre la polución que refleja la realidad de la situación mundial actual la contaminación de nuestro ambiente tal como la conocemos sólo es causada por el descuido, la indiferencia y el afán de reducir el costo de inversión de los equipos que usamos para producir comodidades en detrimento del beneficio común constituido por el aire que respiramos. Mucho se ha escrito sobre polución ambiental por lo que el presente artículo tratará de circunscribirse a lo que debe hacer el Ingeniero Industrial al preparar un proyecto de forma de cumplir con este mandato que evite agresiones a la humanidad y que está comprendida en el Decreto Legislativo 611 del 09-07-90 Título I que a la letra dice: **TODA PERSONA TIENE EL DERECHO IRRENUNCIABLE A GOZAR DE UN AMBIENTE ECOLOGICAMENTE EQUILIBRADO Y ADECUADO PARA EL DESARROLLO DE LA VIDA, Y ASIMISMO A LA PRESERVACION DEL PAISAJE Y LA NATURALEZA. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente.***

ESTRUCTURA DEL ESTUDIO AMBIENTAL

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES
2. EL PROYECTO
 - 2.1. DESCRIPCION DEL PROYECTO Y SUS ALCANCES
 - 2.1.1. DIAGRAMA DE BLOQUES CUANTITATIVO.
 - 2.1.2. DOP DEL PROCESO Y DOPS DE PLANTAS AUXILIARES.
 - 2.1.3. DIAGRAMAS DE FLUJO.
 - 2.1.4. DISTRIBUCION GENERAL DE PLANTA Y DE EMISIONES.
3. UBICACION DEL PROYECTO
 - 3.1. SITUACION GEOGRAFICA.
 - 3.2. TOPOGRAFIA DEL LUGAR Y EL ENTORNO.
 - 3.3. POBLACIONES CERCANAS.
 - 3.4. LA ATMOSFERA, DIRECCION PREDOMINANTE DEL VIENTO Y SU VELOCIDAD.
 - 3.5. CORRIENTES DE AGUA, ACOMETIDAS ESTUDIO DE LA NAPA FREATICA.
 - 3.5.1. ALCANTARILLADO, LLUMAS, DESAGUE MUNICIPAL.
 - 3.6. SERVICIO MUNICIPAL, DE TRANSPORTE Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS, RELLENO SANITARIO.
4. IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA
 - 4.1. FUENTES DE EMISION.
 - 4.1.1. DISPOSICION DE CONTAMINANTES SOLIDOS.
 - 4.1.2. ESTUDIO DEL DESPERDICIO Y LA BASURA, DISTRIBUCION DEL BASURAL, COSTO DE LA DISPOSICION DE BASURA INDUSTRIAL, RELLENOS SANITARIO.
 - 4.1.3. CREMACION O CALCINACION DE RESIDUOS INDUSTRIALES.
 - 4.1.4. AGUAS RESIDUALES.
 - 4.1.4.1. FUENTES DE CONTAMINACION.
 - 4.1.4.2. AGUAS CLOACALES, RED DE DISPOSICION AL DESAGUE MUNICIPAL, POZO SEPTICO.
 - 4.1.4.3. DESAGUE INDUSTRIAL, TRATAMIENTO SEPARACION DE LODOS, DISPOSICION DE AGUA, DISPOSICION DE SOLIDOS EN SUSPENSION.
 - 4.1.4.4. CARACTERISTICAS DEL EFLUENTE, DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRATAMIENTO DEL AGUA LISTA DE EQUIPOS, COSTO DEL TRATAMIENTO DE AGUA.
 - 4.1.4.5. EFECTOS SOBRE LOS CURSOS DE AGUA.
 - 4.1.5. EMULSIONES GASEOSAS, HUMOS Y POLVOS,
 - 4.1.5.1. CONCENTRACIONES MAXIMAS.
 - 4.1.5.2. ALTURA Y DISPOSICION DE CHIMENEN DE EMISION.
 - 4.1.5.3. INFLUENCIA DE LA POBLACION O SITIOS DE INTERES DEL ENTORNO, DISPACION DE CONTAMINANTES.
 - 4.1.6. EMISIONES ETEREAS.
5. PRESERVACION DEL ENTORNO.
 - 5.1. RECURSOS NATURALES USADOS.
 - 5.2. EL COSTO DE LA PRESERVACION AMBIENTAL.
 - 5.3. EL COSTO DE TRATAMIENTO.
 - 5.4. LA CALIDAD AMBIENTAL Y SU CONTROL.
6. CONCLUSIONES.
7. RECCOMENDACIONES.
8. BIBLIOGRAFIA.

Desde un punto de vista del proyecto industrial las emisiones gaseosas pueden ser:

- a) Polvos y partículas finas.
- b) Aerosoles.
- c) Gases industriales SO_2 , NO_2
- d) Emisiones furtivas
- e) Hidrocarburos y no volátiles orgánicos
- f) Olores
- g) Cancerígenos volátiles
- h) Sulfatos

Su distribución y expansión en el medio ambiente dependerá del tamaño de partícula, la flotabilidad del contaminante en el aire, la dirección del viento y las condiciones atmosféricas.

El aire que respiramos los habitantes de las ciudades está contaminado y su grado de contaminación depende entre otros factores: del tamaño y densidad de la población y del desarrollo económico y social alcanzado, del clima en el lugar, las ciudades con climas frígidos tenderán a una mayor contaminación atmosférica proveniente de los hogares donde se quemen combustibles orgánicos (petróleo, carbón, madera, etc.) y del grado de impureza que estos combustibles orgánicos contengan en especial el azufre que al quemarse produce SO_2 . El nivel económico y social se traduce en el uso de corriente eléctrica generada en plantas termoeléctricas, usando combustibles orgánicos pero dado la temperatura de combustión generan NO_2 , NO_x además del SO_2 , gases que se suman al CO_2 y CO productos de la combustión.

Ya en el siglo XIV existían en Londres ordenanzas reales prohibiendo el uso de carbón de baja calidad "por el excesivo humo y cenizas volátiles que producía". Y en el año 1600 el SO_2 es reconocido como contaminante del aire. La era industrial y en especial el siglo XX trae como consecuencia la contaminación por la quema desconsiderada de combustibles y por la emisión sin control de fábricas e industrias.

El desarrollo socio-económico trae consigo el automóvil y los medios de transporte los que incrementan las fuentes de polución con productos orgánicos provenientes de la combustión incompleta de la gasolina o petróleo además del CO, CO_2 , SO_2 , NO_x y la emisión de aditivos agregados a los combustibles, para eliminar el pistoneo o explosión adelantada de las gasolinas pobres en octano normal (plomo tetraetilico). En los últimos años el uso indiscriminado de halógenos fluorados en los aerosoles, ha originado la consecuente desaparición de la capa de ozono.

Debemos entender sin embargo que la polución industrial no es de un solo producto sino una combinación de una o varias fuentes que emiten al mismo tiempo diferentes tipos de contaminación.

Conviene fijar nuestros conceptos de Aire limpio y Aire contaminado.

CONTAMINANTES	AIRE LIMPIO	AIRE CONTAMINADO
SO_2	0.001 - 0.01 ppm	0.02-2 ppm
CO_2	310 - 330 ppm	350-700 ppm
CO	<1 ppm	5-200 ppm
NO_x	0.001-0.01 ppm	0.01-0.5 ppm
Hidrocarburos	1 ppm	1-20 ppm
Partículas	10-20 mgr/m ³	70-700 mgr/m ³

Las mediciones de contaminantes en el aire se hacen en partes por millón, en volúmenes puede usarse también microgramos (0.001 gr) por m³.

La composición del aire seco a nivel del mar es:

GAS	CONCENTRACION ppm
Nitrógeno, N ₂	780840
Oxígeno, O ₂	209460
Argón, Ar	9340
Dióxido de Carbono, CO ₂	315
Neón, Ne	18
Helio, He	5.2
Metano, CH ₄	1.0-1.5
Criptón, Kr	1.1
Oxido Nitroso, N ₂ O	0.5
Hidrógeno, H ₂	0.5
Xenón, Xe	0.08

Los contaminantes industriales, en general pueden clasificarse como:

1) Contaminantes primarios: Procedentes de las fuentes de emisión

2) Contaminantes secundarios: Originados por la interacción entre el contaminante primario y la composición atmosférica. (Ver tabla 3-1)

Los contaminantes atmosféricos por su forma se presentan como:

1) Polvos: Partículas sólidas dispuestas en un gas, originadas por desintegración mecánica, partículas diminutas con diámetro medio de partícula superior a 1 micrón (10⁶ m).

2) Humos: Pequeñas partículas resultantes de la condensación de un vapor sobresaturado, sublimación o reacción química, la parte predominante del peso, posee dimensión o diámetros medios de

partículas menores a un micrón (10⁶ m).

3) Nieblas: Suspensión de pequeñas gotas por condensación de vapores de tamaño superior a 10 micras, si disminuye la visibilidad se le conoce como neblinas (fog).

4) Aerosoles: Nube de partículas microscópicas y submicroscópicas que acompañan los humos, emanaciones, nieblas y neblinas.

El extenso uso de carburante en los automóviles da como resultado una acción fotoquímica del sol sobre el humo y las nieblas generando problemas de inversión atmosférica (caída de los humos hacia el suelo) y daños a las vías respiratorias y a los ojos, este fenómeno es llamado Smog, contracción de las palabras inglesas smoke (humo) y fog (niebla). Se caracteriza en las ciudades usuarias de transporte masivo por combustible, empezó en los Angeles en 1945 y ahora es común en casi todos las metrópolis urbanas.

Los diferentes efectos sobre el ambiente producidos por los contaminantes son:

- 1) Reacciones térmicas en fase gaseosa.
- 2) Reacción fotoquímica en fase gaseosa.
- 3) Reacciones térmicas en fase líquida.

Estos efectos dependerán en gran parte del ambiente común esto es:

a) La composición química del aire.

b) La meteorología

- Macro escala
- Meso escala
- Micro escala

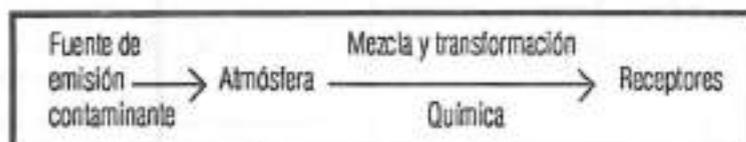
c) El transporte y la disposición del contaminante.

TABLA 3 - 1

TIPO	PRIMARIOS	SECUNDARIOS	FUENTES DE EMISION
1. Compuestos del Azufre	SO ₂ , SH ₂	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , MSO ₄	Combustión Carburantes conteniendo S.
2. Compuestos del Nitrógeno	NO, NH ₃	NO ₂ , MNO ₃	Combustión del N ₂ y O ₂ durante la combustión a alta temperatura. Combustión incompleta de C ₁ , C ₂ , carburantes, industria del petróleo.
3. Compuestos del Carbono	Hidrocarburos	Aldehídos, Cetonas	Combustión.
4. Oxidos de Carbono	CO, CO ₂	Ninguno	Industria Metalurgia.
5. Compuestos Halógenos	HF, HCl ²	Ninguno	Molienda de minerales.
6. Partículas	Varios		Generación atómica.
7. Productos radiactivos	Varios		

* MSO₄ y MNO₃ indica fórmula de sulfatos y nitratos.

Es importante recalcar que las sustancias tengan "efecto mensurable" para ser consideradas contaminantes.



Las fuentes de emisión de contaminación atmosférica son:

- 1.- Los transportes.
- 2.- La producción de energía eléctrica térmica.
- 3.- La incineración de residuos.
- 4.- El consumo de combustibles, industriales y doméstico.
- 5.- Los procesos industriales.
- 6.- Las emisiones furtivas.

Los mismos que producen los siguientes efectos:

A) En el ambiente:

- 1.- Reducción de la visibilidad.
- 2.- Formación y precipitación de neblinas.
- 3.- Reducción de la radiación solar.
- 4.- Alteración de las temperaturas y de la distribución de los vientos.

B) Efectos sobre la salud humana:

El más importante de los efectos sobre los que existe mucha literatura y cuya exposición realizaremos más adelante.

C) Efectos en los materiales:

- 1) Ensuciamiento de fachadas de edificios: SO_2 , SO_3 , C.
- 2) Deterioro de los aislamientos de plástico y caucho por acción del SO_2 .
- 3) deterioro y destrucción de monumentos públicos: SO_2 , H_2SO_4 .

D) Sobre la vegetación:

Los contaminantes gaseosos penetran en las plantas por los estomas junto con el aire (necesario en el proceso normal de respiración vegetal) una vez en la hoja destruyen la clorofila e interrumpen la fotosíntesis.

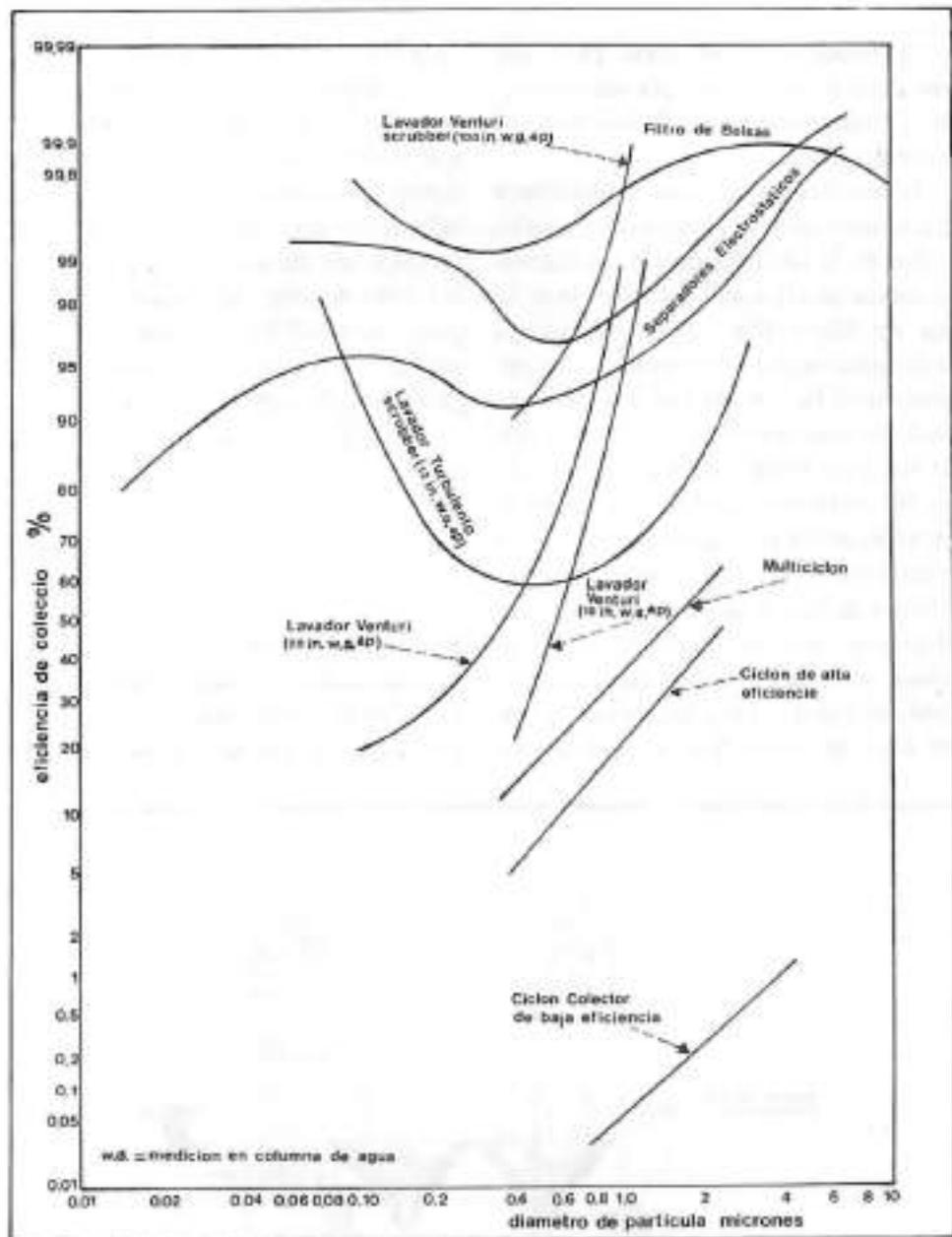
TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES GASEOSOS.

A.- Partículas finas, polvos, neblinas.

Desde 1980 se ha desarrollado con gran énfasis una campaña para el control de partículas más pequeñas que 15 micrones las cuales fácilmente pueden inhalarse, en especial aquellas partículas más pequeñas que 2 a 3 micrones esta inquietud es debido al peligro que representan las partículas micrométricas de eludir los filtros fisiológicos y penetrar profundamente en los alveolos pulmonares.

Varias sustancias tóxicas como sulfatos, sulfitos, nitratos, metales pesados, asbestos y productos orgánicos policíclicos son acarreados en forma de partículas submicrónicas a los órganos de respiración invadiendo en forma irreversible los pulmones.

Desde un punto de vista toxicológico las partículas más pequeñas (menores a 1 micrón) son las más peligrosas ya que el flujo sanguíneo pulmonar puede extraer de los alveolos productos peligrosos muy rápido de estas partículas depositadas en la región pulmonar, comparada con la extracción de productos similares y de otras áreas de las vías respiratorias.



curva de eficiencia en diferentes
aparatos de colección de polvos

FIG. 3-1

La erradicación de estas partículas finas debe ser total en las plantas productoras, mediante aparatos de limpieza del aire evacuado.

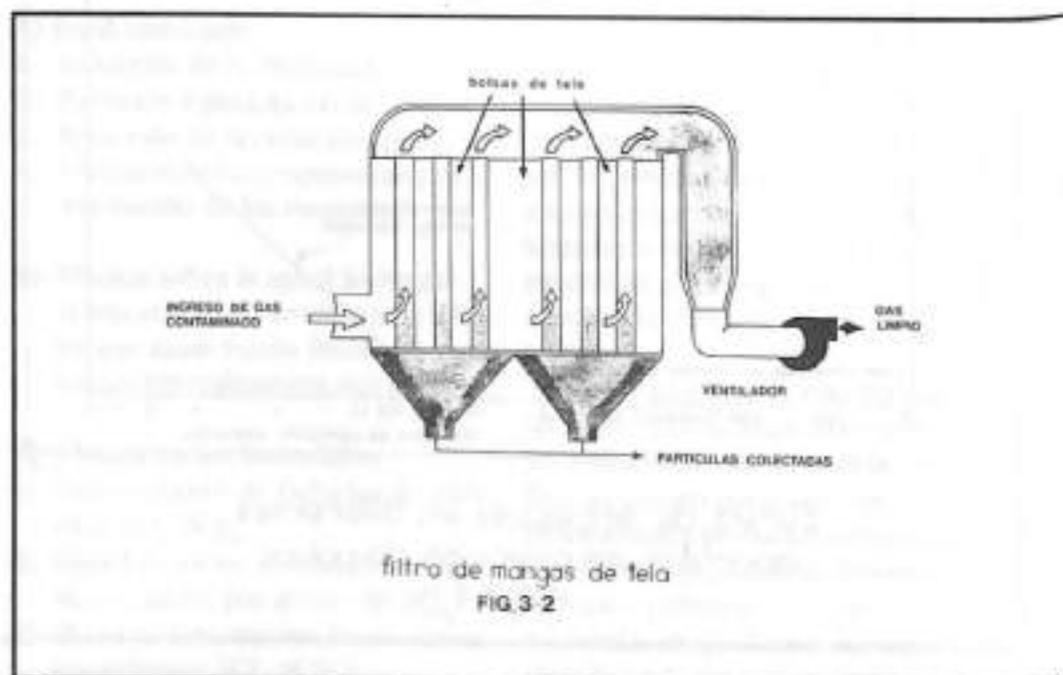
La efectividad de estos implementos de eliminación de polvos convencionales se dan en la tabla.3-1 donde mostramos las curvas de eficiencia fraccionada de la caja de filtros (fig.3-2) precipitadores electrostáticos (fig.3-3) y lavadoras de gas (scrubbers) fig.3-4, en muchos casos es prudente usar combinación de estos elementos para lograr una separación óptima. No olvidemos que la operatividad de estos elementos esta ligada a su capacidad relativa por lo que una combinación de ciclones de bajo y alto rendimiento y un aditamento de eliminación, la del filtro de bolsas, eliminador electrostático o una combinación de ciclón, lavador de gases. Los filtro de bolsas pueden ser usados

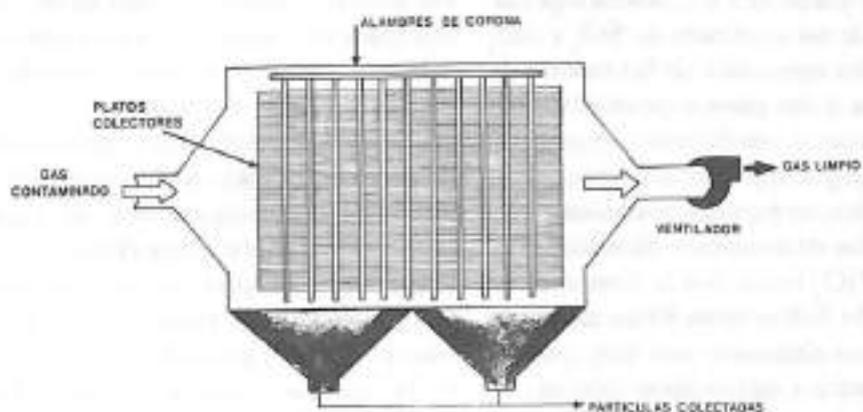
para lograr una limpieza óptima del aire.

Es indudable que cada sistema hay que estudiarlo de una forma particular ya que todos los sistemas tienen ventajas y desventajas propias de su construcción y aplicación en especial respecto a las condiciones del aire o gas que forma la corriente soporte, las características del polvo suspendidos, concentración y sus propiedades de coalescencia y adherencia, peso específico que le dan características especiales a cada aplicación. En casos de industria de alta evolución de contaminantes gaseosos, un lavador múltiple de gases seguido de la separación de sólidos y líquidos podría ser lo más aconsejable.

B.- Gases tóxicos.

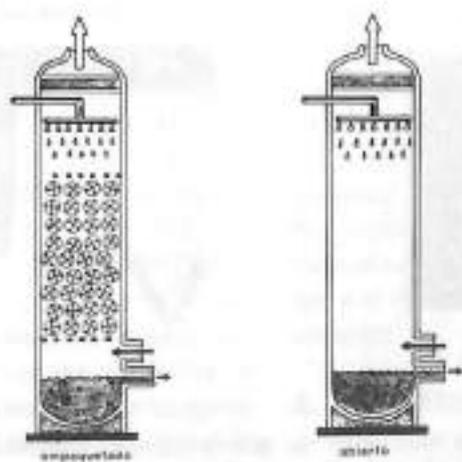
Los óxidos de azufre (SO_2) y en especial el SO_3 es la emisión gaseosa más estudiada ya que acompaña a práctica-





precipitadores electrostáticos

FIG. 3-3



lavadores de gas

FIG. 3-4

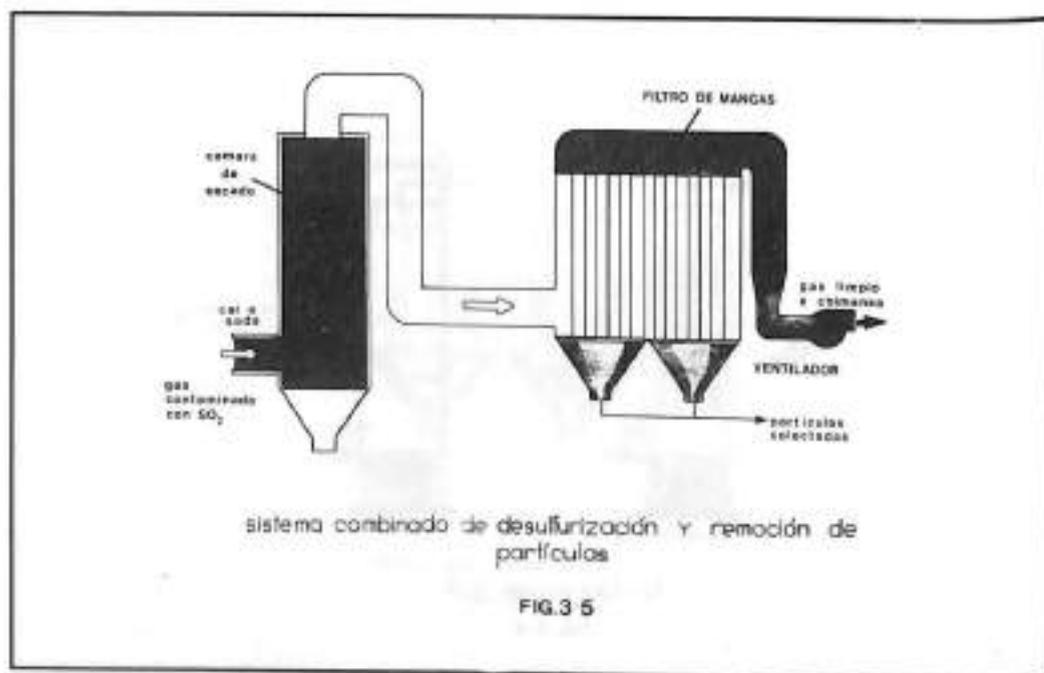
mente todos los procesos de combustión. Hay también procesos químicos específicos donde las emisiones de SO_2 y SO_3 son de alto riesgo caso de la tostación de minerales y las plantas productoras de ácido sulfúrico, bisulfuro de carbono, etc. donde los gases, producto del aire gastado, pueden ser emitidos al ambiente con contenidos relativamente altos de SO_2 y SO_3 . El SO_3 forma con la humedad del aire Ácido Sulfúrico en forma de neblinas (fumantes) altamente corrosivo para la vida humana y edificaciones públicas.

Sin embargo 3/4 partes de la polución debida al SO_2 se produce en el escape del parque automotriz y es dispuesta al ambiente, recién en los últimos años los nuevos motores, nuevos combustibles e implementos catalizadores para reducir su emisión están lanzándose al mercado de los países desarrollados; pero debido a

la ignorancia, difícil mantenimiento y sobre todo la indiferencia con que se trata este tema en nuestros países nos convertirán en usuarios de aire con tenores altos de SO_2 en los años venideros.

En el campo industrial la forma usual de tratar a los óxidos de azufre es el tratamiento con lavadores de gases (scrubbers) ya sea en forma de lluvia o en torres empaquetadas (fig.3-5) en todo caso se debe tener especial cuidado de usar un filtro empaquetado, eliminador de neblinas ya que en muchos casos el SO_2 es convertido a SO_3 difícil de lavar y separar a menos que tengan estos eliminadores de neblina de napa metálica.

En muchos casos los lavadores de gases se tratan con caliza, cal o soda cáustica para lograr la eliminación completa por reacción química neutralizando del SO_2 y SO_3 con el alcalí formando



sulfito y sulfatos que luego deberán ser separados. La formación de óxidos nitrosos se debe comprobadamente a las altas temperaturas de combustión sobre todo en calderas y generadores, por regla general se reducen substancialmente con una buena política de combustión y recirculación de los gases de combustión.

En generadores de gas por lecho fluidizado se ha demostrado que la inyección de caliza en el horno de fluidización reduce la temperatura de combustión eliminando a la vez el SO_x y reduciendo la producción de NO_x .

Existen también métodos de reducción selectiva no catalítica del NO_x vía la inyección de amoniaco que reduce el NO_x a nitrógeno, sin embargo el lector debe acudir a lectura especializada para recurrir a este sistema.

C.- HIDROCARBUROS Y OTROS ORGANICOS VOLATILES.

El espectro de compuestos orgánicos volátiles es muy alto pues va desde cadenas de hidrocarburos fraccionados en la combustión de hidrocarburos, productos orgánicos cíclicos y otros orgánicos recuperables y no recuperables, desde el punto de vista industrial. Durante el estudio de impacto ambiental debe realizarse un estudio minucioso de las posibles pérdidas de productos orgánicos volátiles sobre todo aquellos que pueden estar contenidos en ambientes de operación, el método más recomendable de recuperación es el uso de absorbedores de carbón activado con los que puede esperarse incluso una recuperación del producto orgánico al recuperarse el orgánico de la capa de carbón, si el orgánico volátil es

dañino a la salud humana o al ambiente hay que decidir la realización de incineraciones simples o catalíticas de forma de no emitir las al ambiente. Hay que estudiar los casos de las emisiones orgánicas de una forma particular para no emitir productos letales al ambiente. Hay literatura abundante respecto a este punto en la bibliografía adjunta.

D.- CANCERÍGENOS

Es necesario realizar un aparte respecto a las sustancias orgánicas e inorgánicas cancerígenas por ser los formadores de cancerígenos con los otros polucionantes ya en 1979 la sección 112 del acta de aire limpio (Clean Air Act EE.UU.) expone una reglamentación acerca de 600 sustancias factibles de producir cáncer, 40 de ellas de indudable efectividad. La prioridad va dada por productos como el acrílico nitrilo, arsénico, benceno, dibromuro de etilo, dicloruro de etileno, yoduro de metilo, asbestos, percloroetileno y tricloetileno por lo que recomiendo que en cada proyecto se realice un listado de los productos usados factibles de emisión, los productos de formación secundaria, y los productos de posible formación y se vean sus propiedades cancerígenas de acuerdo al manual de Say (Bibliografía) y se cumplan estrictamente los límites de emisión factible y la eliminación de los productos en mención.

E.- SULFATOS

Bajo ciertas condiciones parte de la emisión de SO_2 puede convertirse en SO_3 y con el agua formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) el cual se difunde en nubes y se condensa en ductos y paredes generando

una indeseada corrosión.

En algunos procesos industriales como la producción de ácido sulfúrico parte del SO_2 y del SO_3 formado son factibles de ser evacuados al ambiente con el efecto similar sobre la vida humana, animal y vegetal, y sobre los bienes circundantes.

En estos casos especiales hay que realizar estudios específicos de tratamiento total del gas emitido, y la difusión necesaria en el ambiente de forma de no trasgredir las normas existentes.

F.- DERRAMES Y EMISIONES FURTIVAS.

Es importante realizar una simulación de los posibles derrames y emisiones furtivas que pueda tener la planta en estudio de forma de cautelar, que cualquier descuido de operación, o falla en los controles pueda causar una emisión no deseada, en estos casos deben de diseñarse los mecanismos de seguridad necesaria para paralizar cualquier tipo de emisión en el más corto tiempo evitando así daños mayores a la vida y la propiedad.

Estudio del Impacto Ambiental.

En base al preámbulo realizado el estudio de Impacto Ambiental en lo que a emisiones gaseosas se refiere debe de tener en cuenta los puntos de emisión de partículas, polvos y gases de la planta a desarrollar, los puntos de emisión dentro del sitio de trabajo, las áreas verdes adyacentes al complejo industrial e intangibles, el estudio de la topografía del terreno a usar y el terreno circundante y un listado de los procesos a usar plausibles de producir contaminación ambiental. Por lo tanto el estudio tendrá dos

frentes, el frente interno que debe ser estudiado en ingeniería básica y de detalle de la planta eliminando en gran parte la contaminación, y en el frente externo sobre la difusión de los contaminantes al ambiente y la acción de los mismos en el entorno al que pertenecen.

En este sentido tanto las partículas micrométricas como gran parte de los gases tóxicos serán eliminados por el estudio de ingeniería básica quedando sólo los restos no factibles de tratamiento práctico los que serán difundidos en el ambiente en cantidades aceptables para cumplir con las regulaciones de concentraciones máximas permisibles.

Con excepción del SO_2 y a veces del NO_x todos los otros elementos gaseosos son factibles de eliminación práctica económica. La economía de los procesos de eliminación llega al punto en que el contaminante desechado debe poder difundirse en el ambiente no llegando a la concentración máxima permisible, ver tabla 3 - 2.

4.1.5.A Determinación de la Concentración Máxima.

Son varios los criterios usados para la solución de los problemas de la difusión atmosférica esta difusión depende en gran parte de la velocidad de emisión del contaminante, la turbulencia del aire, la temperatura del ambiente, la temperatura del gas emitido, la altura de las chimeneas de eliminación, las condiciones ambientales y por supuesto la concentración del contaminante. Los métodos usados son derivación de los métodos de Euler y de Lagrange, quienes estudiaron a fondo las posibles concentraciones de contaminan

TABLA 3 - 2
ESTANDARES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS DE CALIDAD AMBIENTAL

EPA 1980		PERU 1975	
	TIEMPO PROMEDIO	STANDARD PRIMARIO SECUNDARIO	PERMISIBLE
Oxidos de Azufre SO ₂	media anual	80 mg./m ³ (0.03 ppm)	13 mg./m ³ 5ppm.
	2 h.	365mg./m ³ (0.14 ppm)	
	3 h.	1300mg./m ³ (0.5 ppm)	
Particulas	media anual	75 mg./m ³	15 mg./m ³
	24 h	260 mg./m ³	
	8h	10 mg./m ³	
	1h	40 mg./m ³ (35 ppm)	
Hidrocarburos co- regid. en melado	media anual	100 mg./m ³ (0.24 ppm)	
	media anual	100 mg./m ³ (0.05 ppm)	
NO _x			

Casos especiales ver D.S. 285-7592 (22 Set. 1985)
Consultar EPA Chemical Engineering (Jun. 1980)

tes en los penachos de chimeneas pero dado lo complicado de las estimaciones se han derivado ecuaciones más simples por las aplicaciones de Bousanquet cuyas condiciones de validez fueron estudiadas por Spiegel y Calder en 1968.

Usaremos en nuestro estudio el criterio de Pearson & Bosanquet expuestos por Bodurtha en 1958 quien se basa en la maximización de la ecuación:

$$Co = \frac{Q_m \cdot 10^6 \cdot e^{-H/\rho x}}{(2 \cdot \pi)^{0.5} \cdot \rho \cdot q \cdot V \cdot x^2} \quad (3-4)$$

donde:

Co = Concentración de contaminante debajo del penacho a la distancia x en ppm.

Q_m = Flujo del contaminante en pies³/seg.

ρ = Constante de incremento de altura por velocidad.

q = Constante de incremento de altura por temperatura.

V = Velocidad del viento, pies/seg.

H = Altura efectiva de la chimenea, pies = H física + hv + ht = H Física + ΔH

x = Distancia desde la chimenea, pies.

e = exponencial.

La maximización de la fórmula de Bousanquet y Pearson nos da:

$$Co \text{ máx} = \frac{2.15 \cdot Q_m \cdot 10^6 \cdot \rho / q}{V \cdot H^2} \quad (3-b)$$

$$y: \quad x_m = \frac{H}{2 \cdot \rho} \quad (3-c)$$

donde x_m es la distancia entre la chimenea y el punto de máxima concentración.

El diámetro del cono del penacho:

$$D_m = \frac{4 \cdot Q_m \cdot 10^6}{\pi \cdot V \cdot Co \text{ máx}} \quad (3-d)$$

D_m = Diámetro del cono en el punto de máxima concentración

4.1.5.B Altura y disposición de las chimeneas de emisión.

Los valores de las constantes por incrementos de los parametros de las ecuaciones 3a, b y c pueden ser facilmente deducidos o medidos con excepción de la altura efectiva que es la altura real del penacho y esta compuesta por la medición de la altura física de la dimensión más un ΔH que incluye el incremento de altura causado por la velocidad del gas en la chimenea de emisión y por la temperatura ambiental. Existen varios criterios a estudiar por lo que remito al lector a la bibliografía para casos especiales sin embargo podemos hacer una generalización usando el criterio de Holland (1970) para tener este Δh aproximado en metros.

$$\Delta h = \frac{1.5 V_s + 4 \cdot 10^{-5} QH}{U} \quad (3-e)$$

V_s = Velocidad de salida del gas en metros/seg.

QH = Emisión de calor en Cal/seg.

U = Velocidad horizontal media del viento en metros/seg.

Calculado este Δh y transformado a pies pueden usarse los criterios de Pearson-Bosanquet.

4.1.5.C Influencia en el Entorno.

En algunos casos cuando las fuentes de emisión son variables en un complejo grande es necesario conocer las variables de cada punto de emisión y el calculo de la concentración en los puntos poblados será:

$$C_o = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Q_{mi} \cdot 10^6 \cdot e^{-H_i/X}}{\pi r Q v x^2} \quad (3-f)$$

C_o = Concentración del contaminante (SO_2) para la distancia de la fuente de emisión al centro poblado, ppm.

X = Distancia al centro poblado, pies.

e = Exponencial.

Q_m = Emisiones maximas de SO_2 del conformado total pie^3/seg .

Con la serie de ecuaciones dadas es posible determinar las condiciones y concentraciones debida a la emisión del grupo fabril. ■

BIBLIOGRAFIA

1. Dangerous Properties of Industrial Materials, Irving Sax, Van Nostrand.
2. Chemical Engineering revista Mc Graw Hill, Colección
3. Contaminación Atmosferica Jonh H. Seinfeld Mc Graw Hill 1975
4. Contaminación Atmosférica. Metodos de medida y redes de vigilancia. Del Giorgio. Alambra 1980.
5. Manual para el Control de la Contaminación Industrial H. Lund Mc Graw Hill 1974.
6. Flares Stack How Tall Et Bodurtha El Dupont Chem Engineering, Dic 15, 1958. pag. 172.

7. Calculate Effective Stack Height Jhon D Constance set 4, 1972 Chemical Engineering pag 81.

En el próximo número
Estudio de Impacto Ambiental IV
4.1.6. Emisiones Etereas
5. Preservación del entorno
6. Conclusiones
7. Recomendaciones.