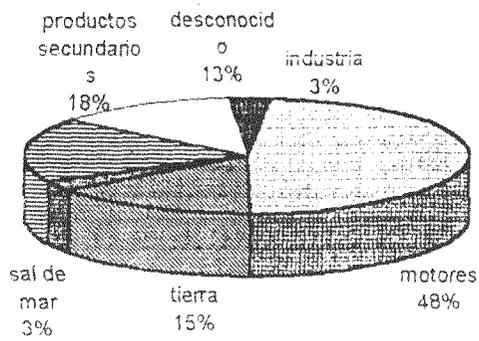
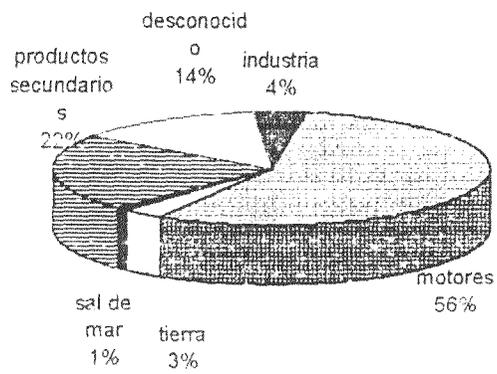


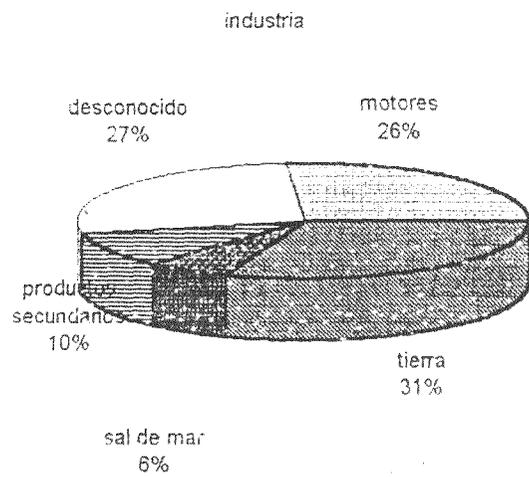
Fig.4 : Partículas en suspensión (PS)



partículas finas (< 2 µm)



partículas gruesas (2 - 10 µm)



fuentes : tokyo, 1992

Por el contrario, las partículas gruesas, las cuales son de tamaños que van de 2 a 10 μm consisten de partículas de suelo, partículas de sales marinas, etc. Las partículas gruesas se asientan espontáneamente (por gravedad) o por la lluvia en algunos días y son removidas del aire, pero las partículas finas pueden permanecer suspendidas en el aire por una o dos semanas. Ver Figura 4.

La relación entre gas de escape de motores diesel y partículas suspendidas (PS) es descrita en apéndice

VOCABULARIO

- aerosol: partículas líquidas o sólidas que pueden flotar establemente en un gas y cuyos diámetros son generalmente menores que 100 μm
- humo: la condición en la cual suficiente cantidad de partículas finas generada por el quemado de sólidos o líquidos son suspendidos en el aire.
- neblina: partículas líquidas finas que flotan en aire y cuyos diámetros son menores que 10 μm
- smog: humo y neblina (la condición en la cual una gran cantidad de gotas de agua generadas por la condensación de la humedad son suspendidos en el aire) coexisten en el aire
- hollín: partículas negras que son emitidas en el humo de incineradores o chimeneas y cuyos diámetros son de 1 a 20 μm . El carbón es el componente principal y cuenta por más del 50% del hollín.
- vapor: vapor generado por sublimación de sólidos, por evaporación de líquidos o por reacciones químicas el cual flota en gases o en el aire y se condensa para formar partículas sólidas cuyos diámetros son menores que 1 μm . Por ejemplo; humo del tabaco, humo blanco del ácido sulfúrico.
-

3.4 Monóxido de carbono (CO)

- El monóxido de carbono es un gas invisible, inodoro y sin sabor. El CO es el producto de una combustión incompleta.
- En las ciudades, la principal fuente de CO son los gases de escapes de automóviles.
- Es más probable que el CO se combine con la hemoglobina de la sangre que con el oxígeno, perturbando la función del oxígeno.

3.5 Hidrocarburos no metanos (HC)

- Las principales fuentes de hidrocarburos son los procesos de impresión, procesos de pulido de metales, pintado, estaciones de servicio de combustibles, automóviles, etc.
- Se sabe que los hidrocarburos contaminantes del aire son ingredientes importantes en la formación de la neblina fotoquímica o smog fotoquímico.

3.6 Oxidantes (Ox)

El término oxidante se aplica generalmente a sustancias relacionadas con el oxígeno, las cuales forman parte de las reacciones químicas complicadas en atmósferas contaminadas. Estas son llamadas reacciones fotoquímicas, que a menudo se intensifican en presencia de luz solar; mismas que involucran óxidos de nitrógeno y sustancias orgánicas reactivas (incluyendo hidrocarburos y sus derivados) como los principales ingredientes químicos. Estas últimas reaccionan para formar nuevos compuestos, incluyendo el ozono (O_3) y el nitrato peroxiacetilico (PAN: RCO_3NO_2), los que se consideran que son los principales oxidantes en el smog fotoquímico del aire; el ozono (O_3) representa más del 90 % de los oxidantes.

- El efecto mayor en los seres humanos es la irritación de los ojos.

3.7. Otras sustancias

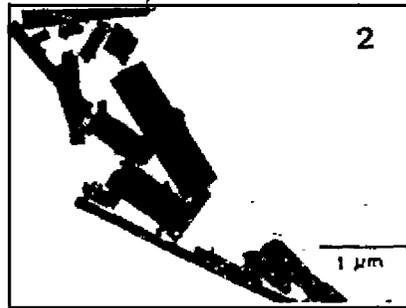
Asbestos

- Los asbestos son la fibra natural mineral de los silicatos y se clasifican en dos grupos; *Serpentine* y *Amphibole*. El 95% de la producción de asbestos en el mundo es *Chrysolite* el cual pertenece al *Grupo Serpentine*
- Los asbestos tienen la característica de gran resistencia al calor, adiabaticidad, durabilidad, etc., por lo tanto es ampliamente usado como material resistente al calor o como aislante, etc. Algunos ejemplos de productos de asbesto son, tubería de asbesto-cemento, tableros de asbesto, pizarras de cemento, tela-cemento, etc
- El polvo del asbestos (Figura 5) es hueco y tubular con un diámetro de 0.2 - 0.06 μm y con una longitud de 1 - 10 μm .
- Se sabe que la exposición a asbestos altamente concentrados por largos periodos de tiempo en lugares de trabajo, incrementan el peligro de causar cáncer, pero no es claro todavía el peligro de cáncer por la exposición a concentraciones bajas de asbestos en cada ser vivo.

Fig. 5 Asbestos



Chrysotile



Amosite

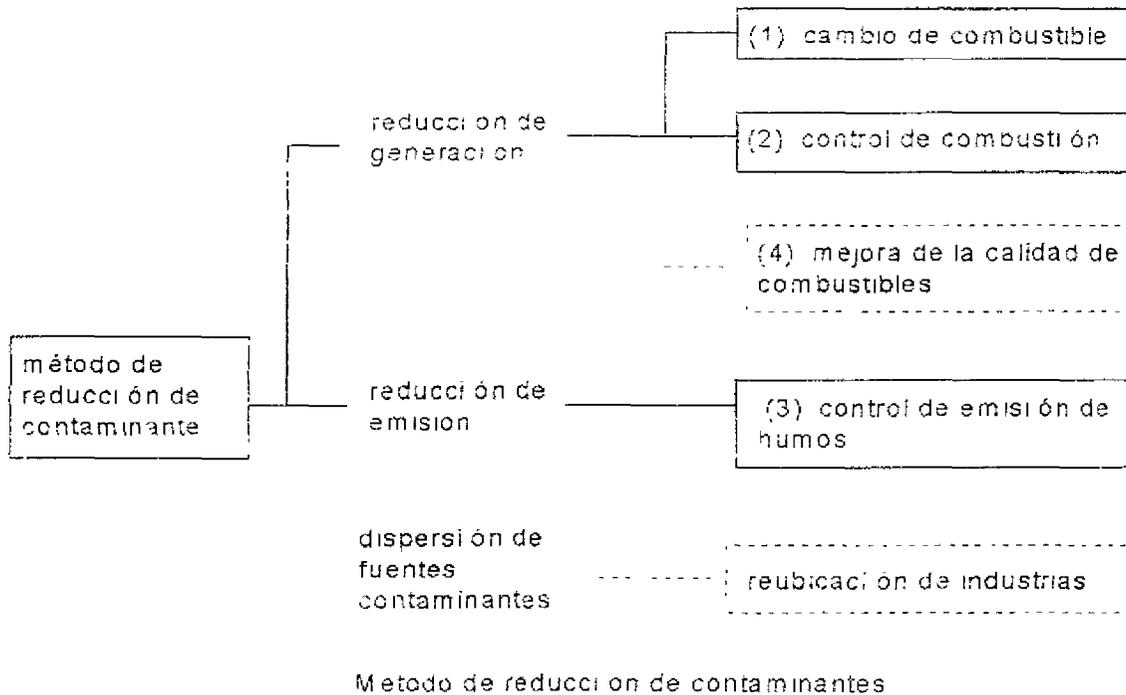


Crocidolite

fotos de polvos de asbestos por microscopio electrónico

4 Control de la contaminación del aire: fuentes fijas

4.1 General



(1) Cambio de combustible

Teóricamente, una tonelada de combustible de 3.5% de contenido de azufre genera 70 kg de SO_2 ; el gas natural, por el contrario, apenas genera SO_2 al arder. La utilización de combustibles pobres en S tiene la máxima eficiencia en la reducción del volumen de SO_2 .

Por otra parte, la utilización de combustible de buena calidad reduce en gran medida la generación de *hollín*.

(2) Control de la combustión

La reducción en el consumo de combustible por la adecuación del sistema de control de combustión tiene un efecto en función de la cantidad economizada sobre la reducción del volumen de contaminante generado (SO_x , humo y *hollín*). NO_x .

(3) Control de la emisión de humo

i) desulfurización de humos

La desulfurización de humos reduce la proporción de azufre en más del 85%. Como métodos de desulfurización de humos, se pueden distinguir los métodos de humectación y desecado, pero en la actualidad los mayormente empleados son los métodos de humectación. Entre ellos, los principales en la actualidad y previsibles para el futuro, son los métodos de piedra caliza o cal viva que utilizan la cal apagada o piedra caliza como agente de absorción.

ii) colectores de polvo

Son sistemas que separan el hollín recogido de los gases emitidos, en instalaciones colectoras de polvo. Se utilizan diversas formas de instalaciones colectoras de polvo, y su eficacia varía. En cuanto a instalaciones de colectores de polvo podemos distinguir seis clases: de gravedad, inercias, centrífugas, de lavado, de filtro y electrostática.

Ver 4.5 Polvo y colectores de polvo.

(4) Mejora en la calidad del combustible

En cuanto a la reducción del S en el combustible, sería deseable utilizar crudos de bajo contenido de S. pero en caso de su insuficiente producción, un método eficaz lo constituye la extracción del S combustionado.

4.2 Combustibles

Los combustibles son sustancias que combustionan en el aire y el calor generado

por su combustión debe ser utilizado eficiente y económicamente. Los combustibles se clasifican en gases, líquidos y sólidos. La siguiente tabla muestra las características de los combustibles líquidos:

Especificaciones Requeridas

	Regular	Premium	Kerosene	Diesel	Bunker
punto de ebullición (°F)					
10 %	149 max	149 max	400 max		
50 %	170 - 245	170 - 245		560 max	
90 %	374 max	374 max			
final	430 max	430 max	572 max	710 max	
punto de Inflamación (°F)			105 - 150	140	150 min
gravedad específica			0.8299 min	0.8762 min	0.9895 min
azufre (wt%)	0.15 max	0.15 max	0.30 max	0.50 max	3.30 max
viscosidad CST.			@ -4 °F 8.0 max	@ 104 °F 2.0 - 4.1	@ 122 °F 103 - 477
numero de octano	87.0 min	95.0 min			

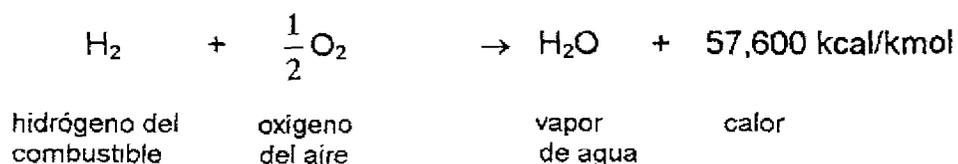
4.3 Combustión

La combustión es un fenómeno muy complicado. La información o los datos de las reacciones de combustión; cantidad de aire requerido o la cantidad de gases de escape son usados en la operación de sistemas de combustión o control de la polución.

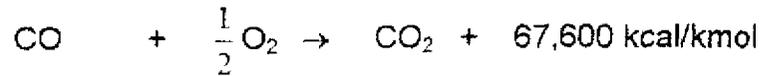
(1) Reacción de combustión:

combustible + cantidad teórica de aire → calor + vapor de agua + nitrógeno + otros gases (excluyendo el oxígeno)

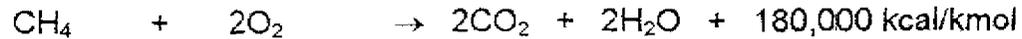
i) combustión de hidrógeno



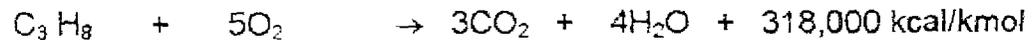
ii) monóxido de carbono



iii) metano



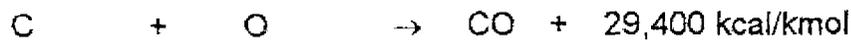
iv) propano



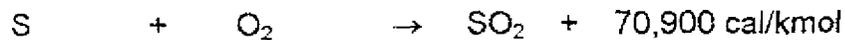
v) carbono



vi) carbono (combustión incompleta)



vii) azufre



(2) Exceso de aire

Es deseable la combustión con aire lo menos posible, pero en la práctica, como las condiciones de la combustión nunca son ideales, debe suministrarse al quemador más de la cantidad teórica del aire para quemar completamente todo el material combustible. La cantidad real de aire de combustión que se requiere para una determinada caldera, depende de muchos factores tales como la clase y la composición del combustible, diseño del horno, régimen de alimentación, el diseño de los quemadores. Por ejemplo, en tanto que el gas puede mezclarse con el aire rápidamente, no se necesita mucha cantidad de aire extra, pero en el caso del carbón se requiere mucho más aire extra.

El suministro adicional de aire de combustión en relación a lo requerido teóricamente se denomina "exceso de aire". Cuando no se provee una cantidad suficiente de aire, resultan desperdicios por la chimenea de la caldera, combustible no quemado, humos y otros productos de la combustión incompleta, tales como monóxido de carbono (CO) y hollín (principalmente carbono). Si se suministra demasiado "exceso

de aire" al quemador, la eficiencia de la caldera disminuirá, debido a que parte del combustible se utilizará solamente para calentar el aire innecesario que se escapa por la chimenea. La cantidad de aire en exceso puede también influir en la formación de emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x).

exceso de aire apropiado

tipo de quemador	quemador de gas	quemador de aceite	quemador de carbon pulverizado
proporción de aire	1.1 - 1.2	1.1 - 1.4	1.2 - 1.4
% CO_2 generado	8 -20	11 - 14	11 - 15

proporción de aire: la razón de la cantidad de aire que es practicamente requerida en teoria

(3) gas de escape

La alta temperatura del gas generada por la combustión del combustible se le denomina "combustion de gas". Este consiste generalmente de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno (N_2), y oxígeno (O_2) del aire. Después de la combustión del gas, el calor se transfiere a los alrededores, escapa por conductos o por la chimenea. El gas que sale por el conducto o chimenea se denomina "gas de escape de combustión" o simplemente "gas de escape".

4.4 Calderas

Las calderas son dispositivos que generan vapor o agua caliente mediante fuego o combustión de gases, etc., usadas para calentamiento, industria, etc. Las calderas consisten de la coraza (tambor) de la caldera, cámara de combustión, dispositivo de combustión, dispositivo de control y accesorios.

4.4.1 Tipos y estructuras

i) tipos

Los tipos de calderas se clasifican de alguna maneras; calderas de acero o calderas arrabios, calderas verticales o horizontal, y calderas pirotubulares o calderas acuotubulares. Las estructuras de calderas pirotubulares y calderas acuotubulares son simplemente explicadas a continuación;

calderas pirotubulares: los gases de combustión calientes se hacen pasar a través de una serie de tubos. Los tubos están sumergidos en el agua de la caldera y actúan como el medio de transferencia de calor Ver Figura 6

calderas acuotubulares: los gases de combustión pasan fuera de los tubos, los cuales transportan internamente el agua a fin de transferir el calor necesario para elevar la temperatura y llevar a su punto de ebullición dicho liquido. La Fig. 7 muestra el patrón general de circulación de agua en una ilustración simplificada de una caldera acuotubular. Esta circulación es factor primordial para asegurar una transferencia de calor y una generación de vapor adecuadas

ii) capacidad de calderas

Esto se expresa mediante: la superficie de calentamiento de la caldera en (m^2), cantidad de evaporación (kg/h), y/o caballos de fuerza de la caldera.

iii) cámara de combustión

Para quemar el combustible no sólo se necesita aire, sino también temperatura, espacio y tiempo. La mayoría de las cámaras de combustión de las calderas están cubiertas con paredes enfriadas por agua. Al comienzo, en tanto la temperatura de la cámara no es suficientemente alta, el hollín puede ser generado fácilmente.

relación de generación de calor

La relación de generación por unidad de espacio de la cámara es más o menos fija, por ejemplo; los aceites pesados tienen de $10 - 200 \times 10^4$ kcal/ m^3 h, los gases tienen

Fig. 6

Calderas pirotubulares

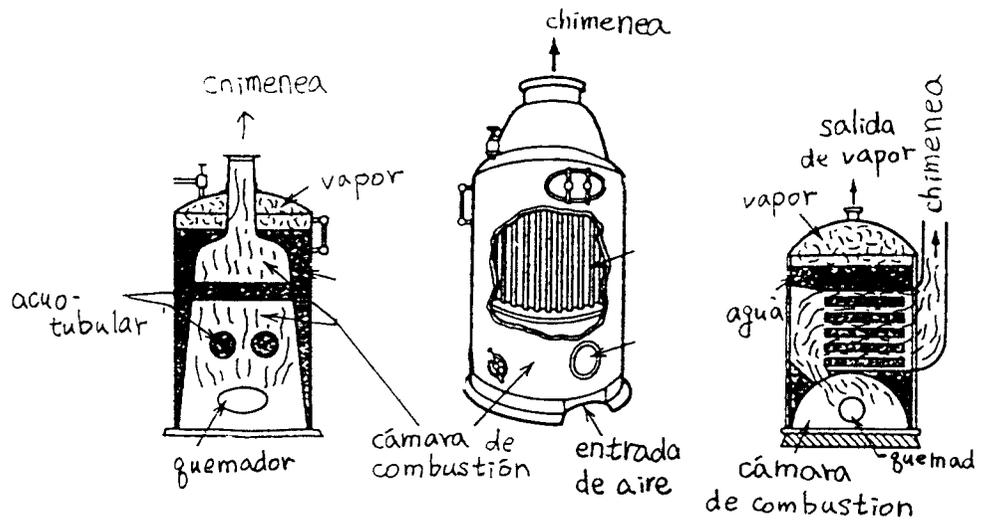
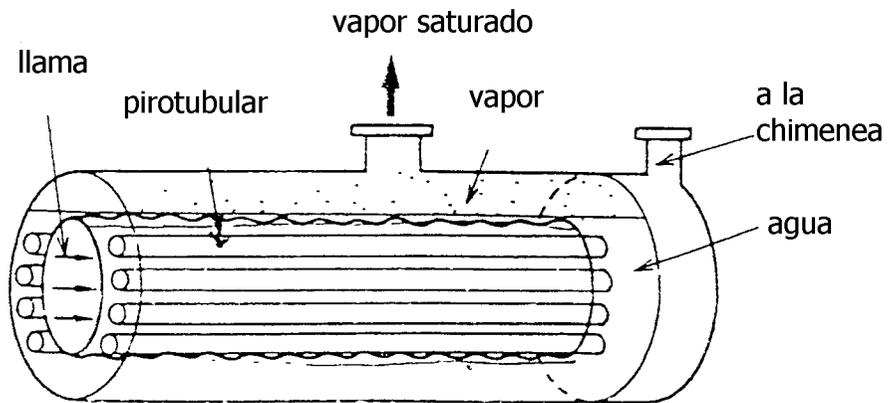
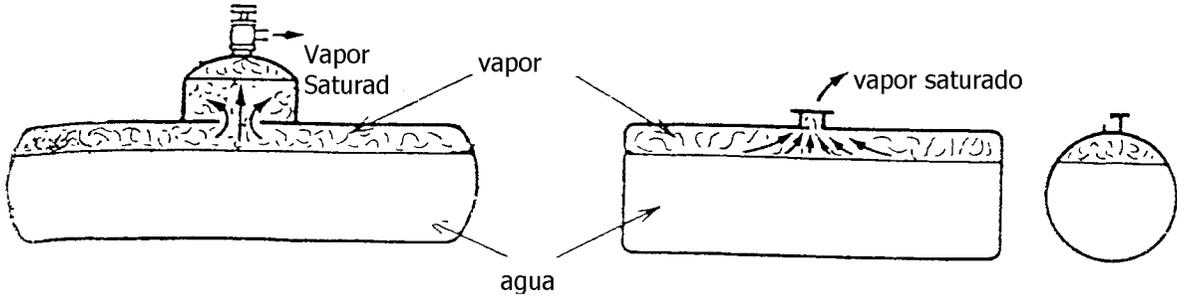
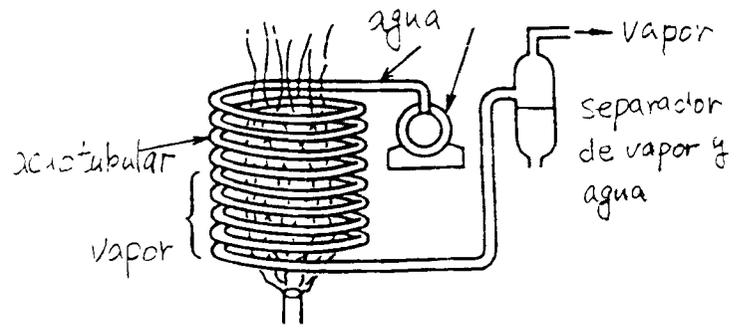
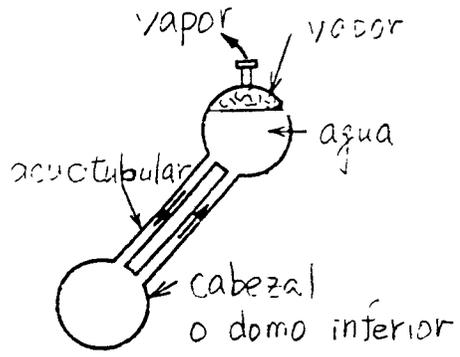


Fig. 7

Caldera acuotubular



de 10 a 50×10^4 kcal/m³ h. Cuando las condiciones de quemado hacen que estos valores se incrementen, esto causa un quemado incompleto y se generan partículas de materias (Ver 4 5 colectores de polvos) Lo que es más importante para controlar las calderas es el balance entre la capacidad de quemado y el espacio de la cámara de combustión.

iv) quemadores

En el caso de aceite, estos consisten de un quemador de aceite, tanque de aceite, filtro de aceite, etc Hay muchos tipos de quemadores de aceite. Generalmente el aire extra en los quemadores de aceite es del 10 al 30 %. Algunos quemadores de aceite son; quemadores de vapor atomizante, quemadores de atomización mecánica, quemadores con atomización por boquilla a presión y flujo variable de retorno quemadores de copa giratoria.

quemadores de vapor atomizante

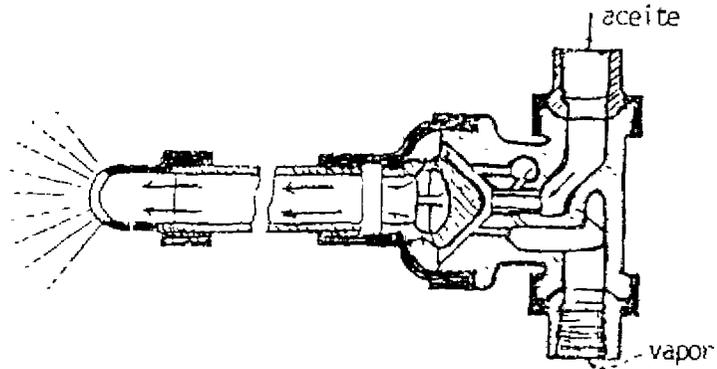
En este sistema de quemadores se utiliza vapor a presiones entre 75 y 150 psi para atomizar el petróleo. Chorros de vapor y aceite se mezclan dentro del quemador o fuera de él a través de canales anulares concéntricos. Ver Figura 8.

quemadores de copa giratoria

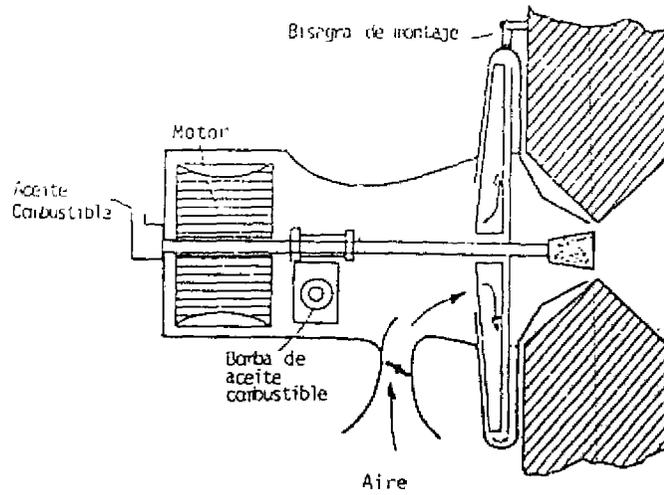
En este tipo de quemadores la atomización se consigue al convertir el aceite en gotas diminutas. Una copa cilíndrica o cónica gira a gran velocidad (generalmente a 2,500 revoluciones por minuto si es impulsado por motor) El aceite se mueve a lo largo de esta copa llegando al perímetro donde la fuerza centrífuga lo arroja a la corriente de aire. Funcionan bien pero su fabricación requiere de un acabado de muy alta precisión. Ver Figura 8.

4.4.2 Control de contaminantes

Fig. 8. Quemadores



quemador de vapor atomizante



quemador de copa giratoria

i) hollín

causas del hollín

- la corriente de aire no es suficiente (combustión incompleta), el aire es faltar o excesivo
- corriente de aire en exceso (descarga de polvo)
- la temperatura en la cámara de combustión es baja (la temperatura no es adecuada)
- la capacidad de la cámara de combustión es pequeña
- la calidad del combustible no se adapta al mecanismo de la caldera
- la relación entre quemador y capacidad de combustible no es adecuada
- inexperiencia en la operación

control en la generación de hollín

- mantener la cantidad del aire adecuadamente
- no quemar más que las capacidades de la cámara o el quemador
- mejorar la cámara de combustión y el mecanismo de combustión
- usar combustible que se adapte a la caldera
- mejorar la técnica de combustión

ii) SO_x

control de generación

- usar el combustible que contenga menos azufre
- instalar unidades de desulfurización del gas de la chimenea

iii) NO_x

control de la generación

- mejoramiento de fuel — cambie el combustible (usar el combustible que contenga menos nitrógeno)
- mejorar la operación — (i) mejorar las dispositivos de combustión