



UNIDAD TEMATICA N° 4: GENERADORES DE VAPOR.

4-1) GENERALIDADES.

El conjunto de aparatos que permite la transformación del agua líquida en vapor (saturado húmedo, seco, sobrecalentado, etc) se denomina "GENERADOR DE VAPOR".

En esta unidad temática nos referiremos específicamente a los generadores de vapor que quemán combustibles industriales, ya que los que utilizan combustibles nucleares reúnen características especiales, no sólo desde el punto de vista de su construcción, sino también de la protección biológica a las radiaciones.

En nuestro país todo lo relativo a los "generadores de vapor", están establecidas en la norma IRAM-IAP N° 25/5 - "Generadores de vapor y calderas de agua caliente".

La misma define como "Generador de vapor" al conjunto constituido por la caldera de vapor con uno, alguno o todos, de los siguientes aparatos intercambiadores de calor:

- a) Sobrecalentador.
- b) Desobrecalentador.
- c) Recalentador.
- d) Economizador.
- e) Calentador de aire.



En general, y a efectos de un ordenamiento para su estudio, se considera como clasificación básica, la que se realiza teniendo en cuenta la forma como circula el agua y el humo por la caldera. De esta manera se tiene:

a) Caldera humo tubular: es aquella en la cual los gases de combustión o humos circulan por el interior de tubos que se encuentran sumergidos en el agua de la caldera (agua a vaporizar).

b) Caldera acuotubular: es aquella en la cual el agua y el vapor producido circulan por el interior de tubos cuya superficie exterior está en contacto con los gases calientes de la combustión.

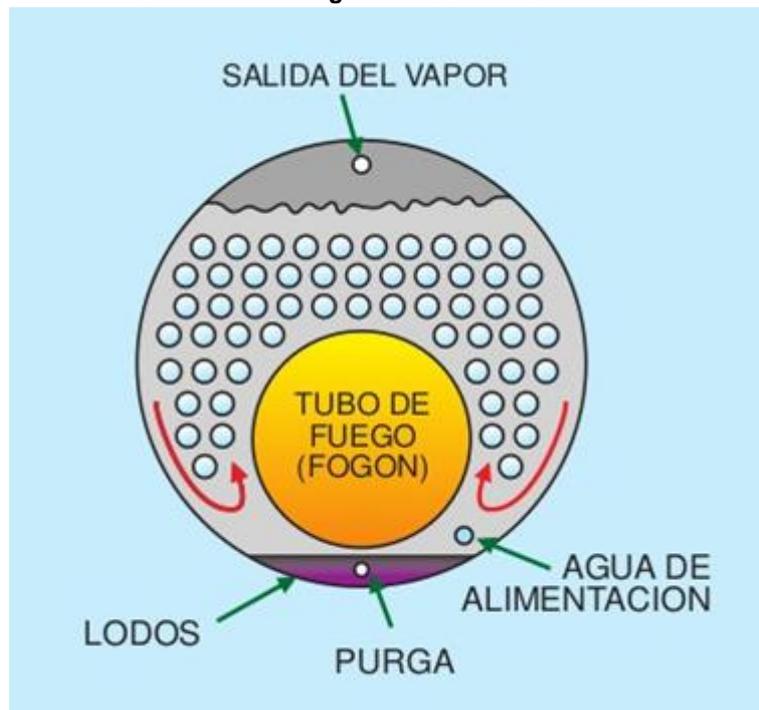
4-2-1) Calderas humotubulares: para las mismas, las normas definen como "cuerpo de la caldera", la envolvente cilíndrica cerrada en la cual se produce la circulación del agua y se mantiene su nivel (caldera de vapor) o en la que se produce el calentamiento del agua (caldera de agua caliente).

En el interior de este "cuerpo" se dispone una serie de tubos de diámetros relativamente pequeños por cuyo interior circulan los gases de combustión o humos.

En este tipo de calderas la distribución del calor en la masa de agua es más uniforme, y como consecuencia de ello la generación de vapor y rendimiento es más uniforme que en las calderas acuotubulares. Además, su puesta en marcha es más rápida.

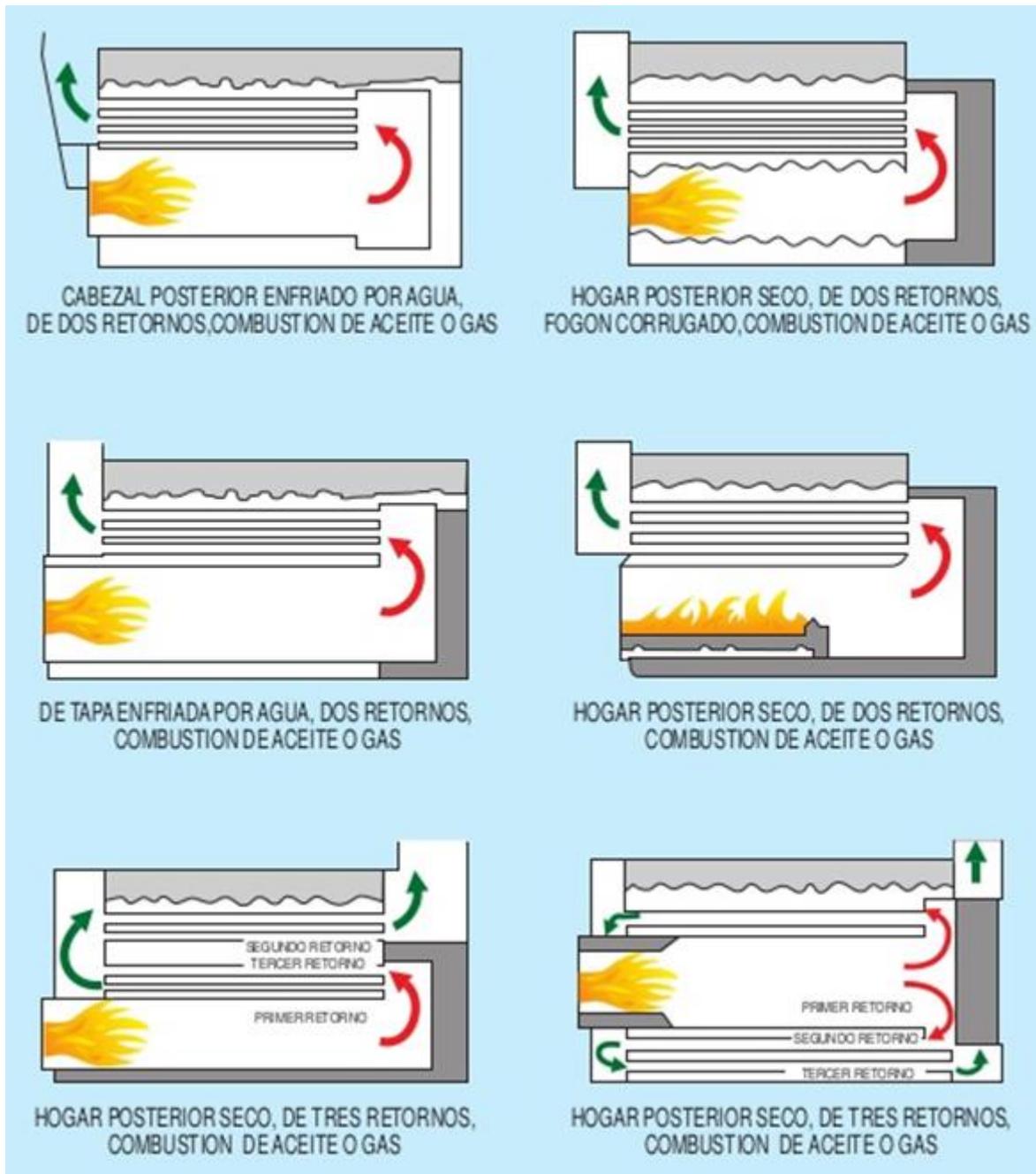
Las calderas humotubulares pueden ser horizontales de hogar exterior o, vertical de hogar interior.

Circulación de Agua en la Caldera Escocesa

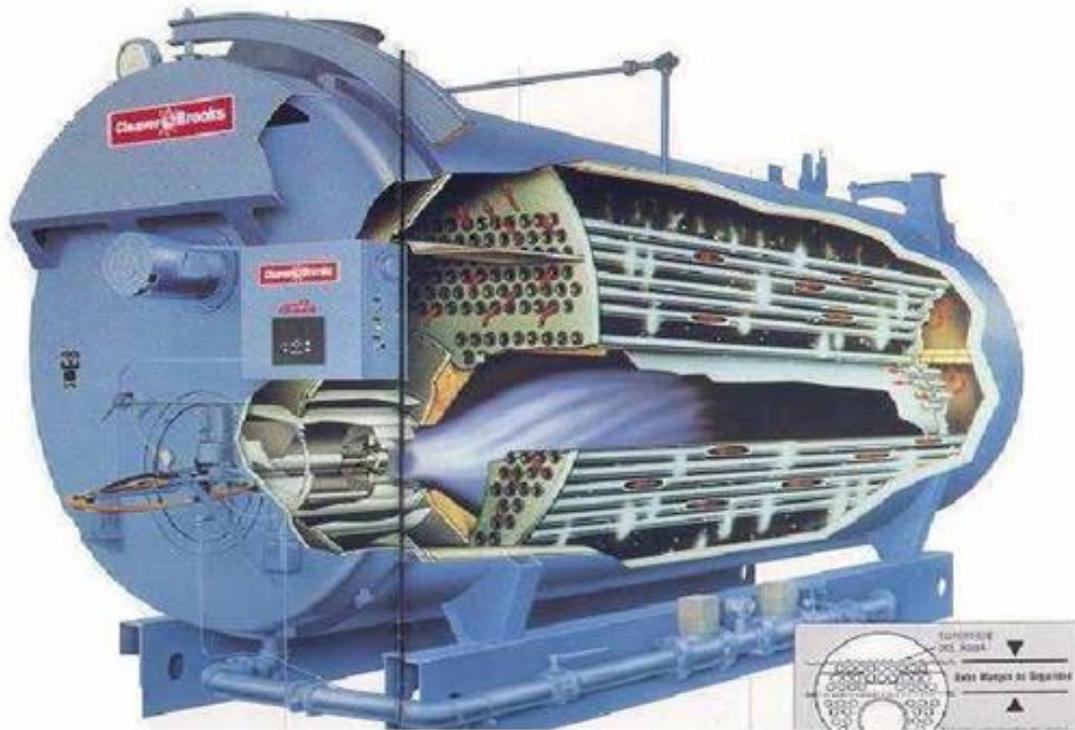




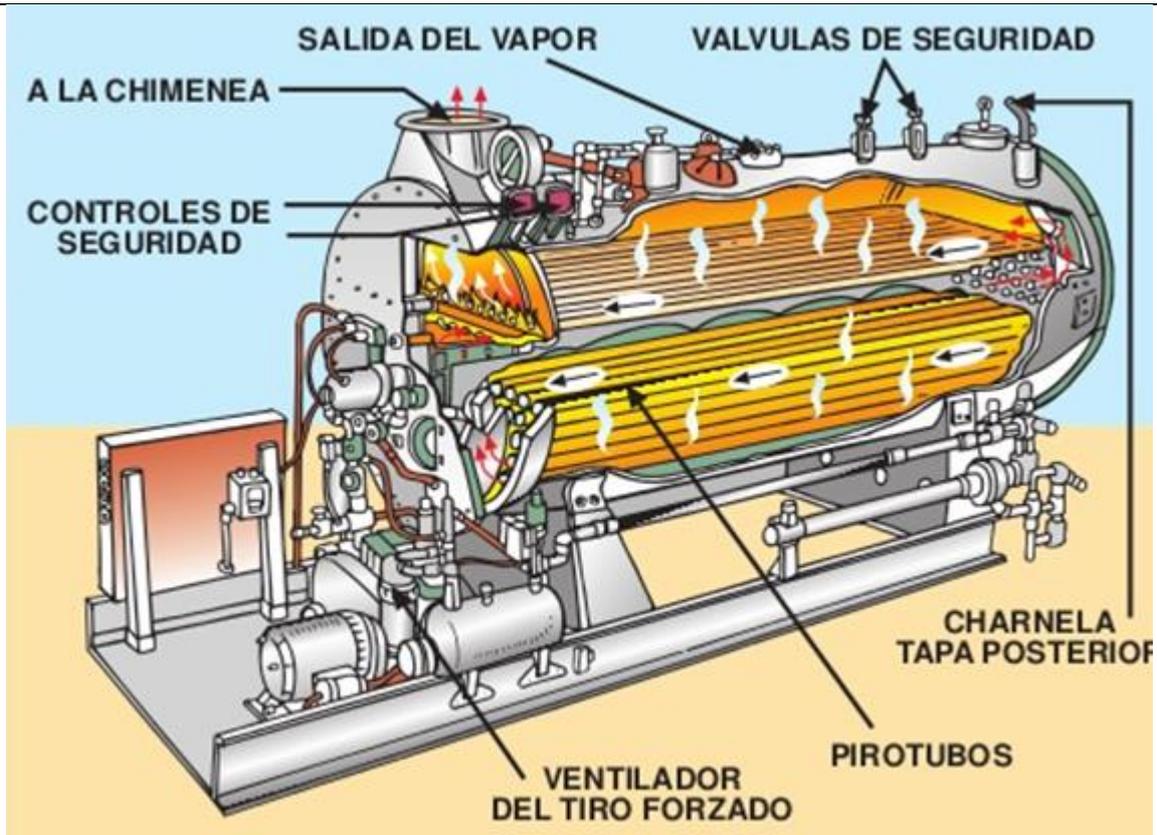
CALDERAS ESCOCESAS



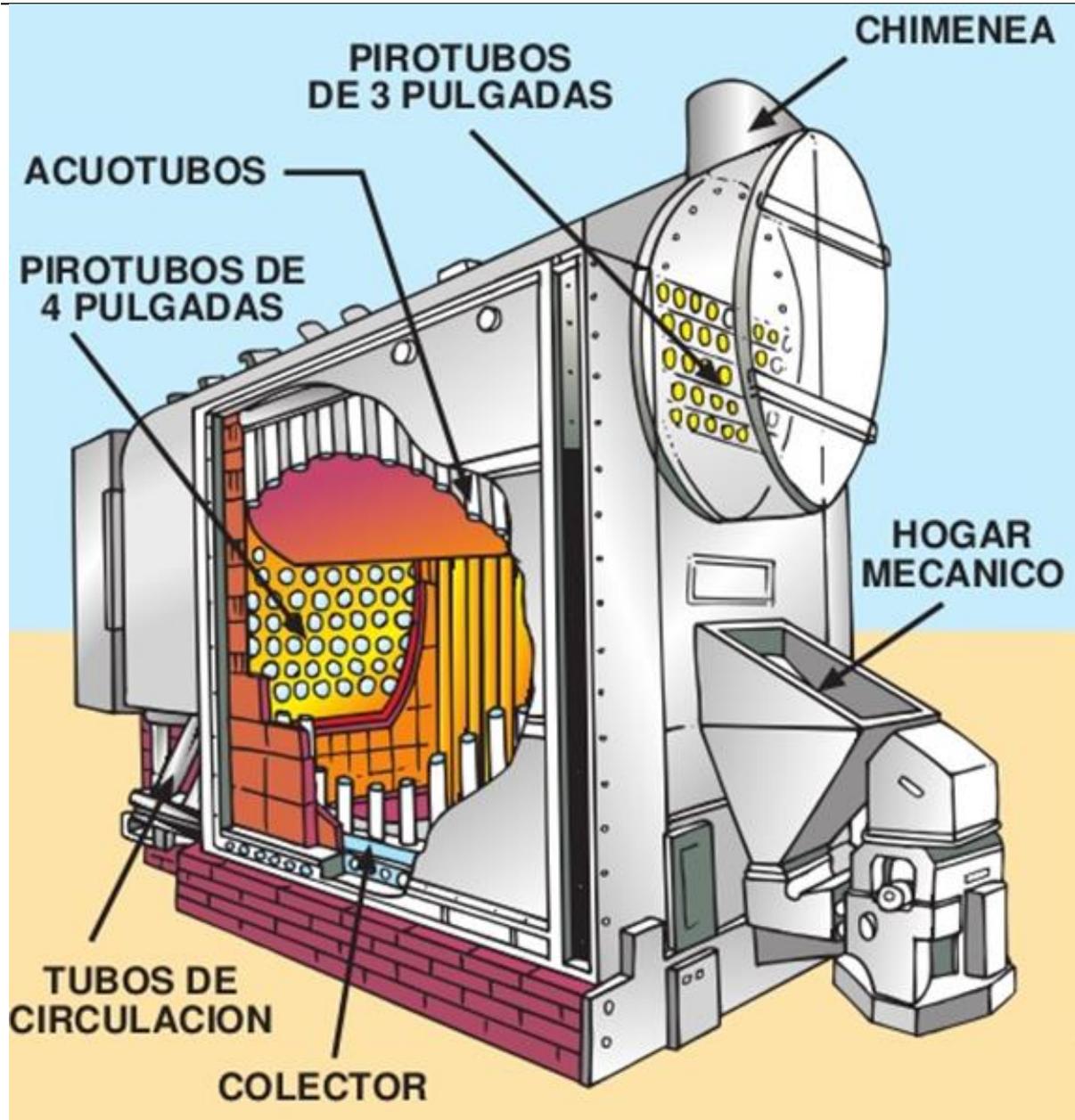
Flujo de los Gases de Combustión



CALDERA CLAVERBROOKS. DE CUATRO ETAPAS. PIROTUBULAR.



CALDERA ERIC CITY ACUOPOITUBULAR



En la actualidad son más utilizadas las calderas humotubulares de hogar interior, quemando un combustible industrial líquido o gaseoso que permite automatización y producción de vapor de hasta 15 tn/h.

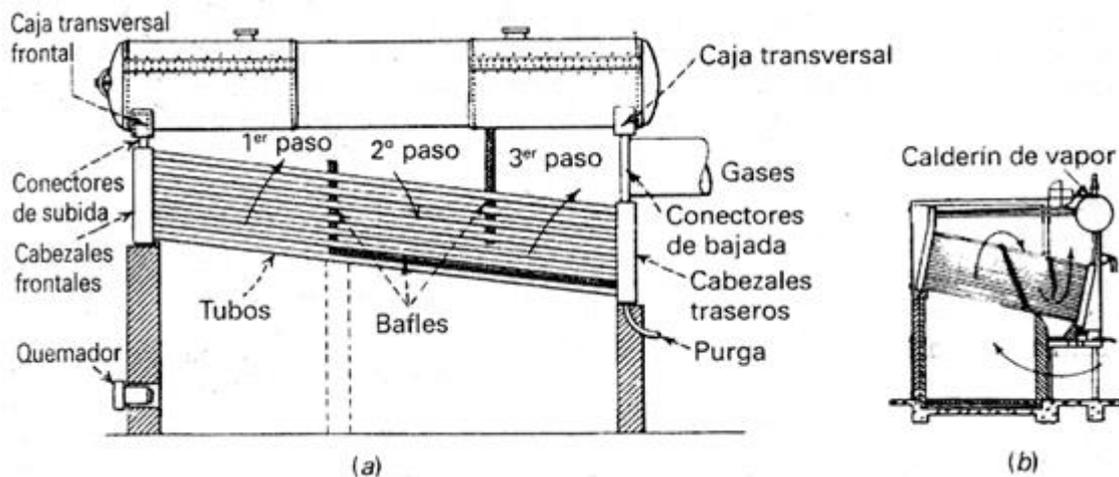
Las humotubulares verticales se utilizan para baja producción de vapor y presiones de hasta 15 kg/cm².



4-2-2) Calderas acuotubulares:

En este tipo de caldera y de acuerdo a las normas, los elementos básicos son el DOMO y el HAZ DE TUBOS. Se denomina DOMO a "cada uno de los cuerpos cilíndricos mayores hacia los cuales convergen los tubos de las calderas acuotubulares y que sirven como colector de vapor y/o agua". Están montados normalmente en la parte superior de la caldera. El haz de tubos lo constituyen el conjunto de tubos por donde circula el agua por convección y que se disponen por debajo del domo. En las calderas antiguas, muchas de ellas todavía en uso, el haz de tubos de agua están unidos a un colector, denominado "Placa de tubos", que de acuerdo a las normas es la chapa que sirve de sostén a los tubos en sus extremos en las calderas acuotubulares. Esta placa forma parte del cabezal que se une al domo. Los tubos están montados con una cierta inclinación hacia la parte posterior de la caldera para que el agua caliente y el vapor que se van generando circule hacia adelante, y además permite el depósito de los "barros" en el colector de lodos montado en la parte inferior.

Antigua caldera de tubos de agua recto



a) Tipo de calderin longitudinal

b). Tipo de calderin transversal

La necesidad de gran producción de vapor, principalmente para la generación de energía eléctrica, sin aumentar proporcionalmente las dimensiones del generador, provocó un gran desarrollo de los mismos, llevando a la construcción de calderas con más de un domo y haz de tubos de pequeños diámetros, cuya disposición en el conjunto depende del fabricante. El utilizar tubos de pequeños diámetros es a efectos de aumentar la superficie de intercambio calórico. Supongamos por ejemplo un cilindro de diámetro "D" y de longitud "L". La superficie de intercambio tendrá por valor: $S_1 (m^2) = \pi D.L$



Si en el interior de este tubo colocamos por ejemplo 50 tubos de diámetro $d = D/10$, la superficie de intercambio de la energía en forma de calor será ahora $S_2 = \pi \cdot d \cdot l \cdot n = \pi \cdot D/10 \cdot l \cdot 50 = 5 \pi \cdot D \cdot l$; es decir 5 veces mayor.

Las calderas acuatubulares pueden clasificarse en dos grandes grupos:

a) De tubos rectos: los mismos pueden estar montados en posición vertical u horizontal (en algunos casos con pequeña desviación con respecto a la horizontal o vertical, para favorecer la circulación del agua líquida y acumulación de los lodos.

Entre las ventajas, que presentan las mismas, podemos mencionar las siguientes:

- Al ser todos los tubos de igual diámetro, la reserva para eventuales cambios es reducida.
- El reemplazo de un tubo no exige mover otros.
- La limpieza interior de los tubos es más sencilla.
- Su diseño puede realizarse para calderas de poca altura.

Como desventaja debemos mencionar:

- Dificultad en la construcción de los cabezales colectores.
- El gran número de agujeros a realizar en la placa de tubos.
- La limpieza de los tubos exige retirar gran cantidad de elementos de cierre.
- La dilatación de los tubos.

b) De tubos curvados: con el objeto de disponer de calderas de funcionamiento más flexibles, en las que la circulación del líquido fuese más efectiva, con una mayor transmisión de calor se proyectaron y construyeron las calderas denominadas de tubos curvados. Las mismas pueden tener hasta cinco domos, siendo las más comunes la de dos domos. La superficie de intercambio de calor de mayor magnitud lo forman la superficie de los tubos que vinculan entre sí los domos, dispuestos en dos o más haces, separados por pantallas horizontales y/o verticales o combinación de ambas para una mejor circulación de los gases de combustión. Entre las ventajas que presentan las calderas de tubos curvados podemos mencionar las siguientes:

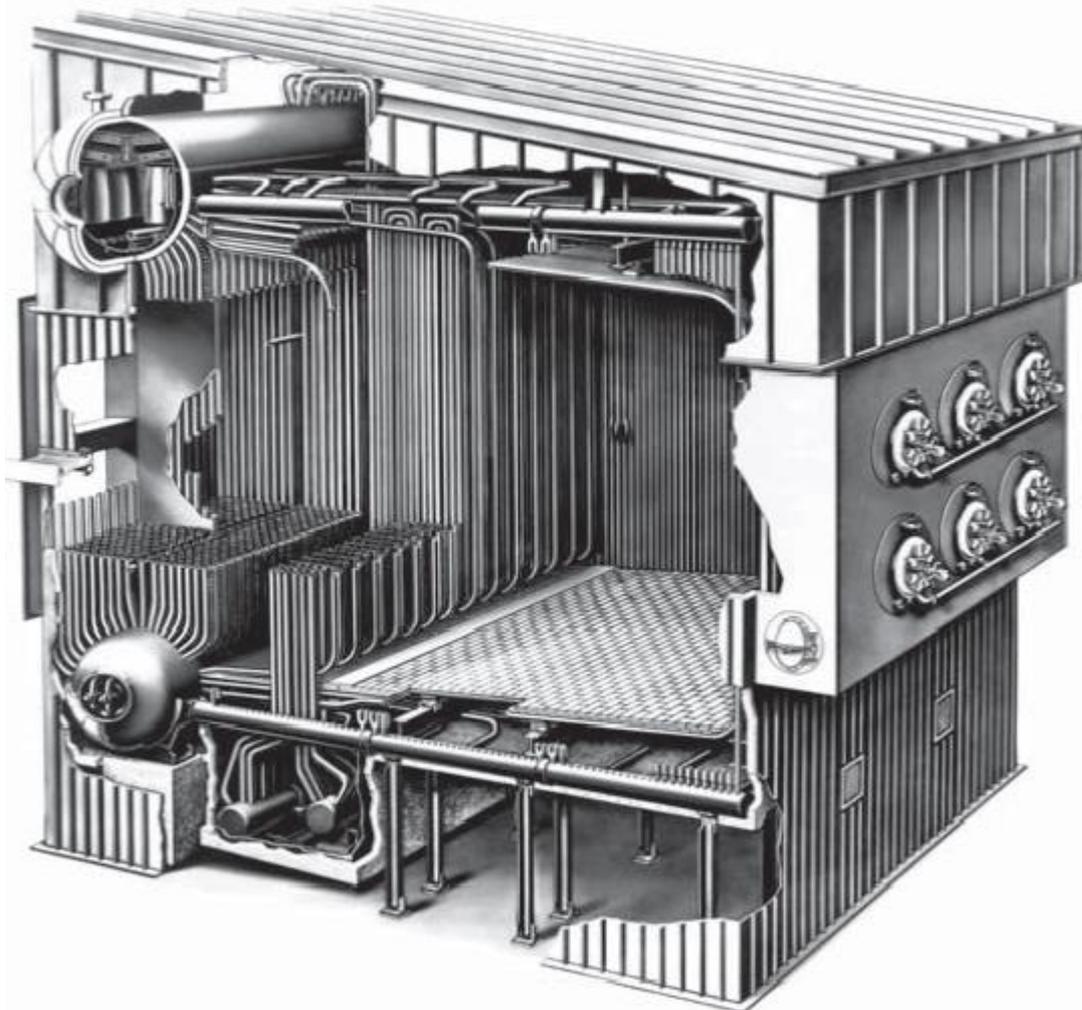
- Elasticidad para el diseño.
- La curvatura de los tubos permite su dilatación sin afectar su unión a los domos.
- Una mejor circulación del agua y gases, lo que permite mayor producción de vapor.

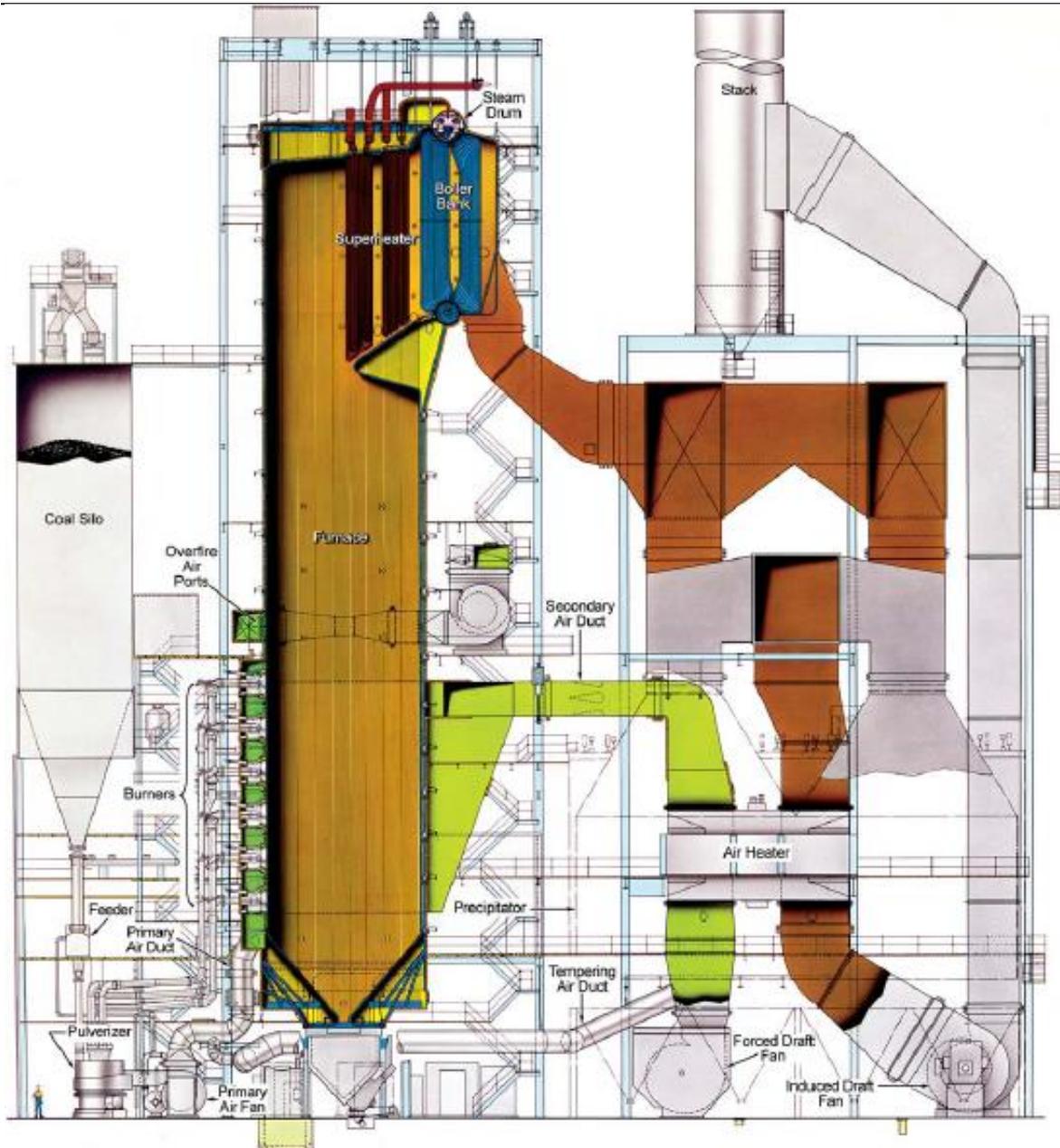
Como desventajas tenemos:

- Al tener tubos de distintas características (diámetro, largo, etc) se debe disponer de un mayor stock para el recambio.
- La limpieza de los tubos ofrece cierta dificultad, principalmente en las curvas.
- El reemplazo de tubos exige en algunos casos el retiro de otros.
- Las paredes del hogar de una caldera son de ladrillos refractarios, que están directamente en contacto con la llama generada en la combustión (calor de radiación) lo que provoca su deterioro, que se ve incrementado cuando se quema combustible sólido, debido a



partículas de combustible no quemado y de cenizas. Este problema se solucionó con las llamadas "paredes de agua", es decir la protección de las paredes refractarias del hogar con tubos por cuyo interior circula el agua. Las mismas, además de su carácter protector aumenta la superficie de intercambio de la caldera, y consecuentemente un mejor aprovechamiento del calor de radiación.





4-3) CALDERAS DE CIRCULACION FORZADA.

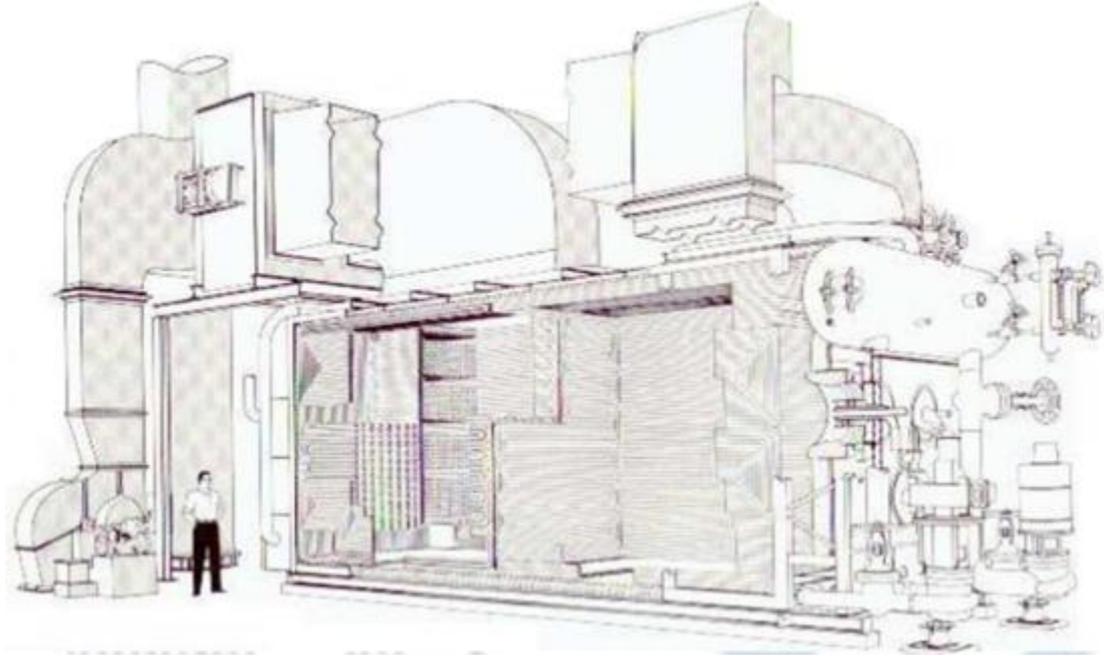
Las normas mencionadas anteriormente definen calderas de circulación natural (C-17), en las cuales la circulación del agua se efectúa por termosifón y de circulación forzada (C-18) en las que la circulación del agua se efectúa por medio de mecanismos. Físicamente en las primeras la circulación es consecuencia de la diferencia de pesos (o densidades) entre la columna de agua que desciende, contenida en el tubo no calentado y la columna de vapor y agua que asciende y que llena el tubo calentado. Ello es consecuencia que al transmitirse la energía en forma de calor, proveniente de los gases de combustión, se forman burbujas de vapor



en el interior de la masa líquida próxima a la pared conductora, que a su vez aumenta de temperatura. La mezcla agua caliente-burbujas de vapor es de menor densidad que el resto del agua contenida en la cámara de agua, por lo cual asciende, descendiendo el agua más fría. Se originan de esta manera las denominadas corrientes convectivas. A medida que aumenta la presión de trabajo de la caldera, la diferencia de densidades entre la mezcla agua caliente-burbujas de vapor y el agua a menor temperatura disminuye, y con ellos el efecto de las corrientes convectivas. En la práctica a presiones superiores a 160 kg/cm^2 , es imposible lograr que el agua circule en forma natural. Por tal motivo, para presiones superiores a la indicada, es necesario, para un buen funcionamiento de la caldera, recurrir a la circulación forzada. Es decir, en las mismas la circulación del agua se realiza utilizando una bomba, con lo cual se logra una fuerza de impulsión del agua mayor que la que se puede lograr en una caldera de circulación natural. En este tipo de calderas podemos distinguir:

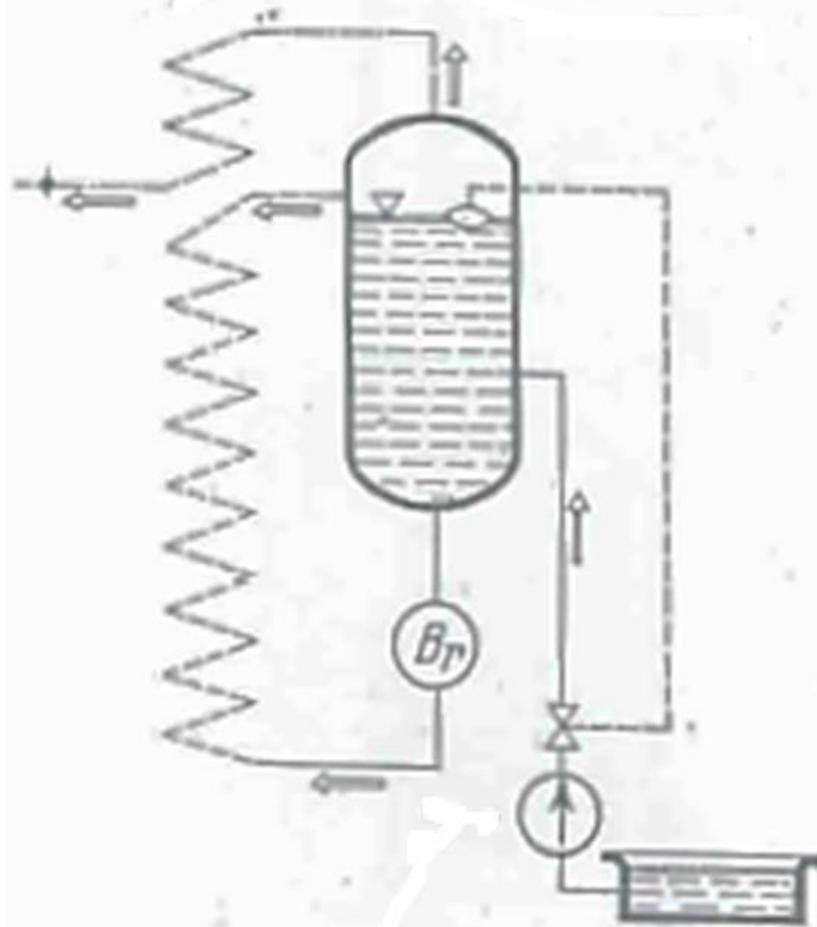
a) Calderas de circulación forzada propiamente dicha, llamadas también de recirculación o de circulación controlada: estas calderas se asemejan a las de circulación natural, pues poseen un domo de agua y vapor, donde se produce la separación de este último. Dentro de las mismas las más utilizadas son las calderas Löffler, La Mont y la Velox.

1. Caldera Löffler: es una caldera de producción indirecta de vapor, que utiliza parte del vapor sobrecalentado como elemento de calentamiento. En el esquema indicado en la página siguiente la bomba (B) extrae vapor del colector (C) y lo envía al sobrecalentador de radiación (S), colocado en el hogar, y luego al de convección (R). Una tercera parte aproximadamente del vapor que sale de este último se envía a red de utilización y el resto al colector (C) donde cede el calor de sobrecalentamiento. La bomba (B₁) de alimentación envía agua, al colector (C) previo paso por el calentador (E). Este sistema de circulación forzada es únicamente económico, para el caso de altas presiones, ya que caso contrario el volumen de vapor que debe circular es elevado, lo que provoca que la potencia de la bomba de alimentación y sus dimensiones sea elevada, pudiendo adquirir valores prohibitivos. Esta caldera tiene como ventaja que puede utilizar agua no tratada para eliminar durezas, ya que las sustancias que pueden producir incrustaciones se depositan en el colector de lodos (L), durante la generación del vapor.



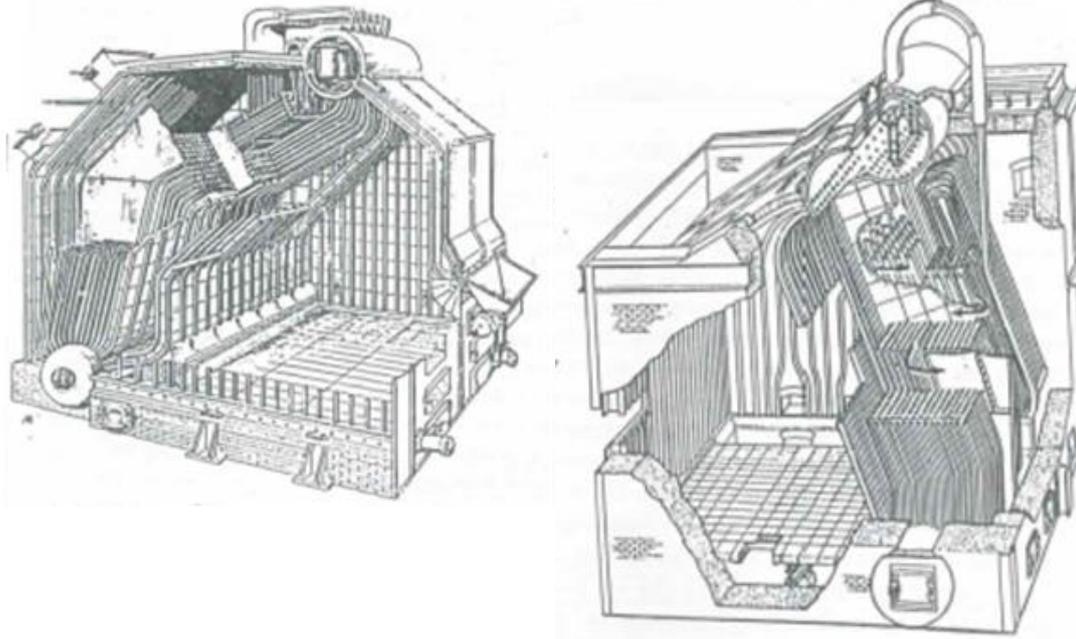
Caldera Loeffler

DIAGRAMA DE UNA CALDERA DE CIRCULACION FORZADA O DE RECIRCULACION

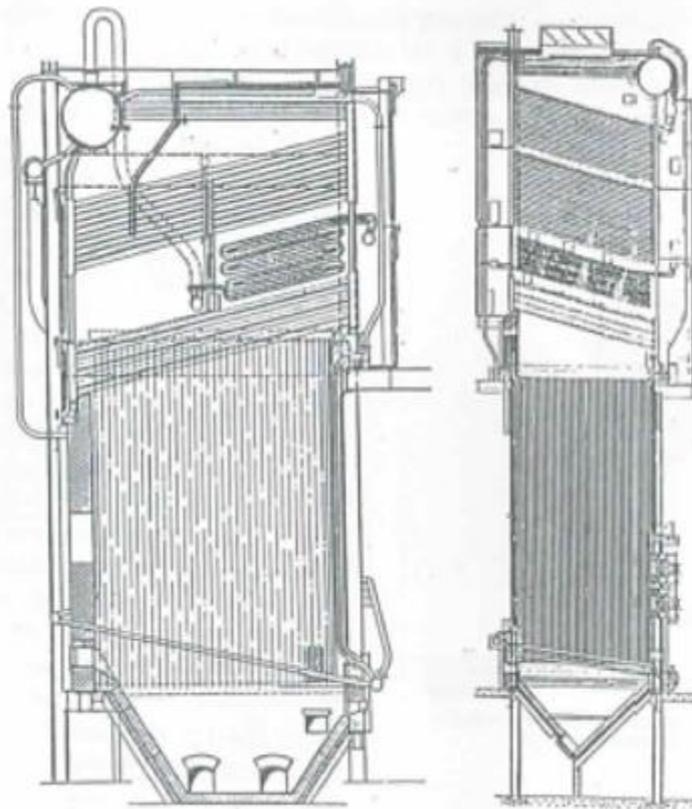


CALDERA BEBCKOC Y WILCOK

**CALDERA CON HOGAR CON PARED DE
AGUA. EL FINAL DEL HOGAR ES DE
TUBOS RECUBIERTOS POR BLOQUES DE
METAL**

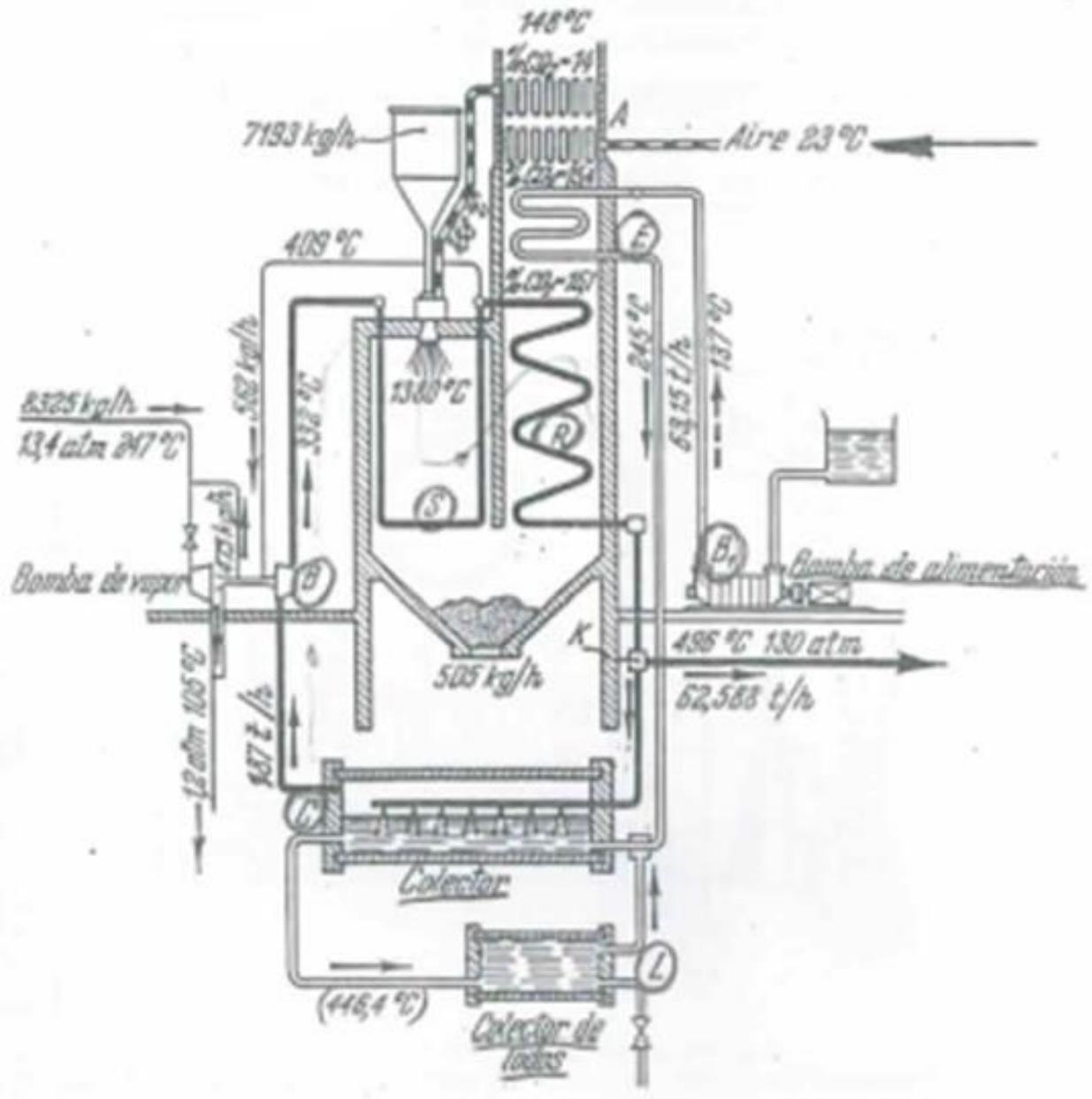


CALDERA C.E. CON EL HOGAR PROTEGIDO POR PARED DE AGUA





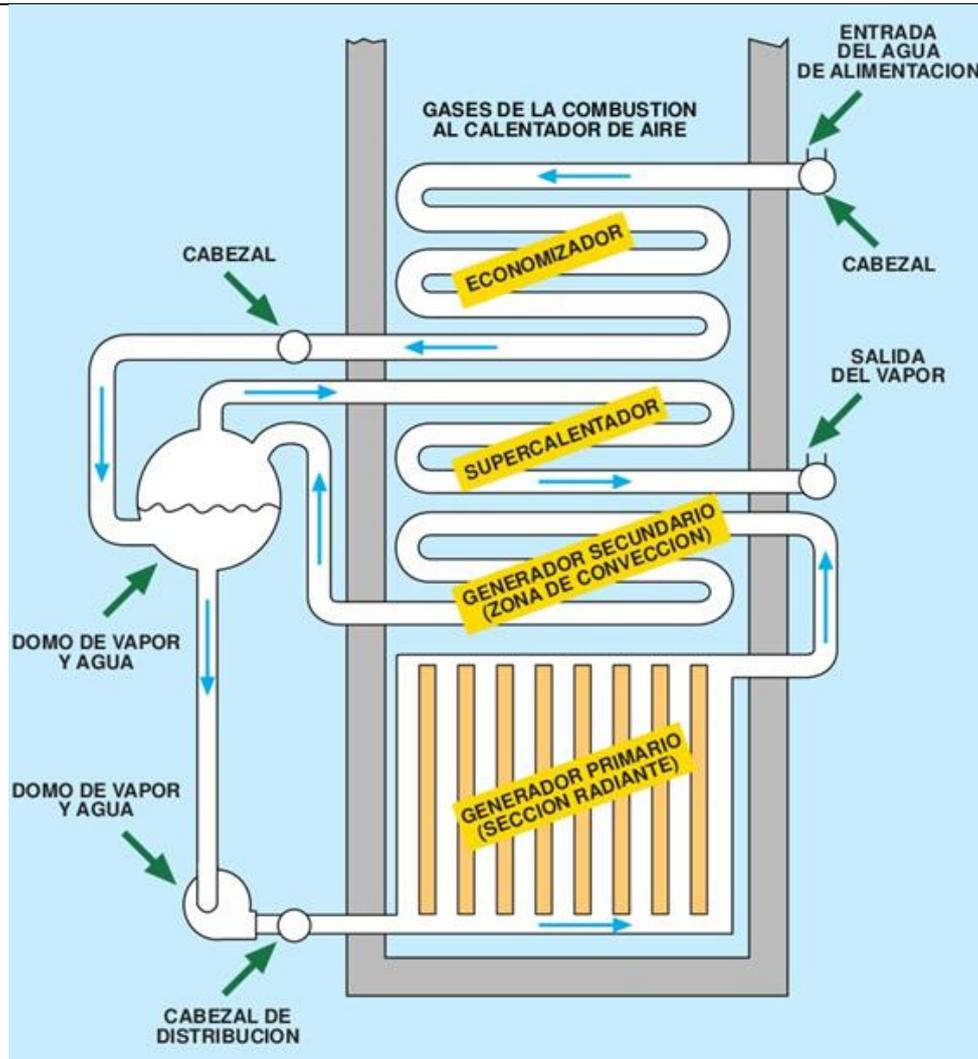
ESQUEMA DE UNA CALDERA LOFFLER



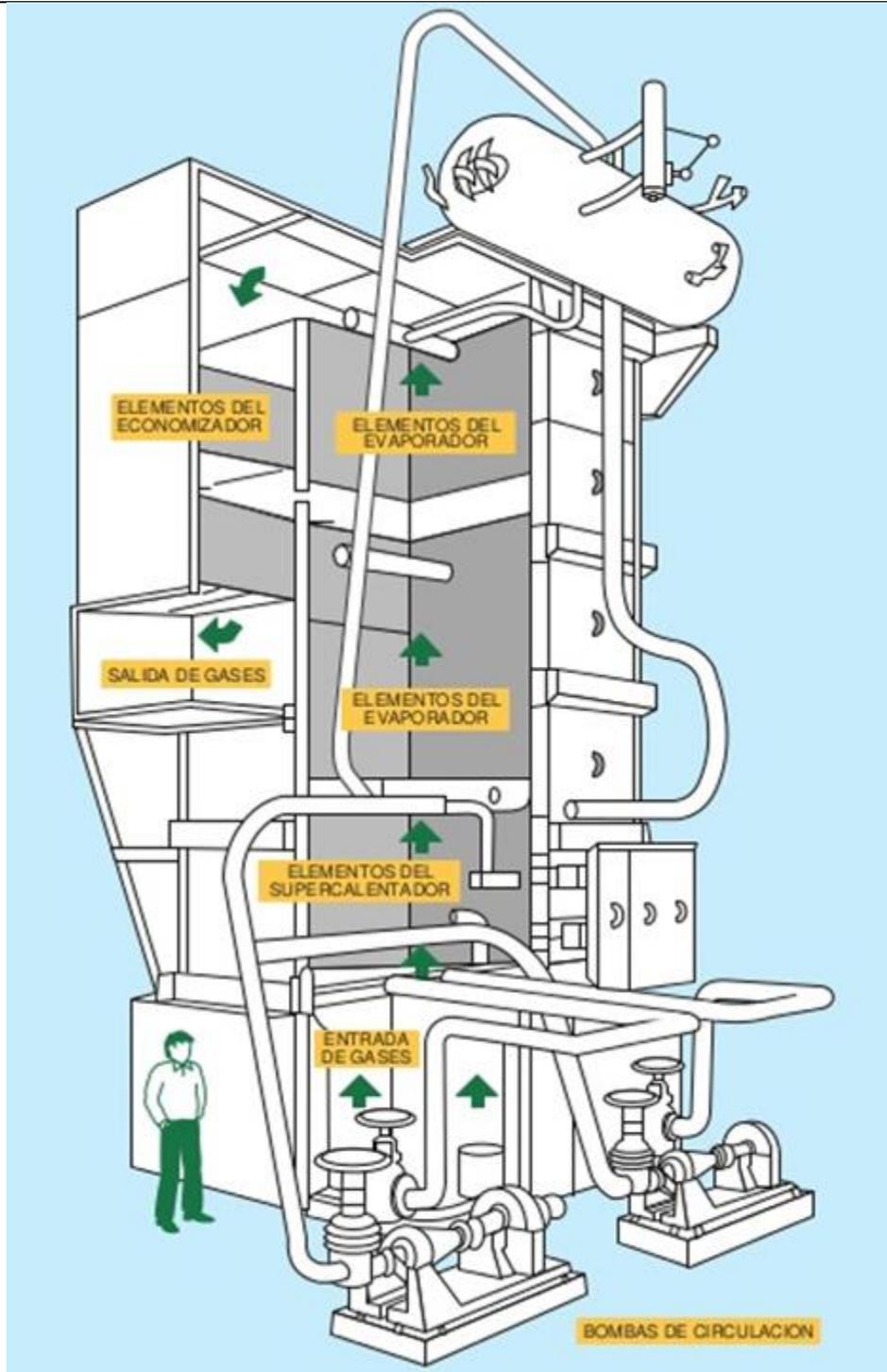


2. Caldera La Mont: es una caldera de circulación forzada que por sus elementos constitutivos puede adoptar diversas formas, y se presta perfectamente para "quemar" combustibles industriales sólidos y gaseosos, como así también energía calorífica de recuperación de hornos metalúrgicos Siemens Martin y de escape de grandes motores de combustión interna. Es también una caldera de producción indirecta de vapor, utilizando el calor de vaporización que cede una cierta cantidad de vapor al condensarse. En general su funcionamiento, de acuerdo al esquema es el siguiente: Del domo o colector (D) el agua a la temperatura de saturación correspondiente a la presión de trabajo de la caldera es aspirada por la bomba de circulación (B) que la envía al evaporador, colocado en el hogar propiamente dicho, que recibe primero calor por radiación (E_1) y luego por convección (E_2). El vapor generado pasa al domo (D) donde se separa agua (humedad absoluta) del vapor que pasa al sobrecalentador (S) y de allí a la red de utilización. El agua de alimentación antes de su entrada al domo (D) pasa por el economizador (E).

CALDERA LA MONT



CALDERA LA MONT



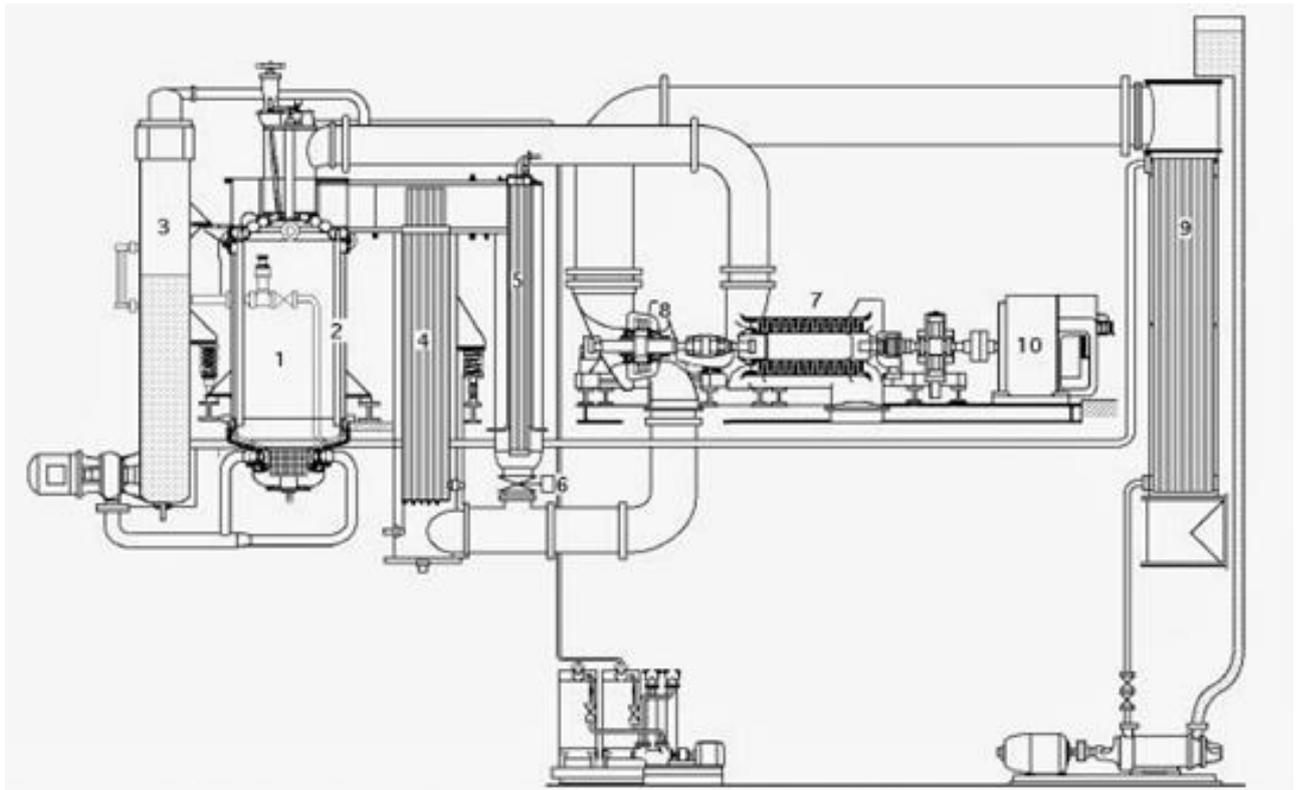
DESCRIPCIÓN DE IMAGEN:

Diagrama de una caldera La Mont: (E) economizador, (E₂) vaporizador, (S) sobrecalentador, (B) bomba de circulación, (D) domo, (e) alimentación, (f) descarga de la bomba, (g) conexión para enfriar el economizador en el arranque o a carga parcial, (h) conexión para enfriar el sobrecalentador durante el arranque.



3. Caldera Velox: la característica principal de este tipo de caldera es que la combustión se realiza dentro de una cámara cerrada a una presión entre 2 y 3,5 kg/cm². La cámara de combustión está rodeada tubos (puede ser también dos paredes concéntricas), por donde circula agua que al absorber energía en forma de calor se evapora, actuando a la vez como refrigerante de los tubos que comúnmente se los denominan "tubos hervidores". El vapor producido pasa por un sobrecalentador y luego se lo envía a la red de utilización.

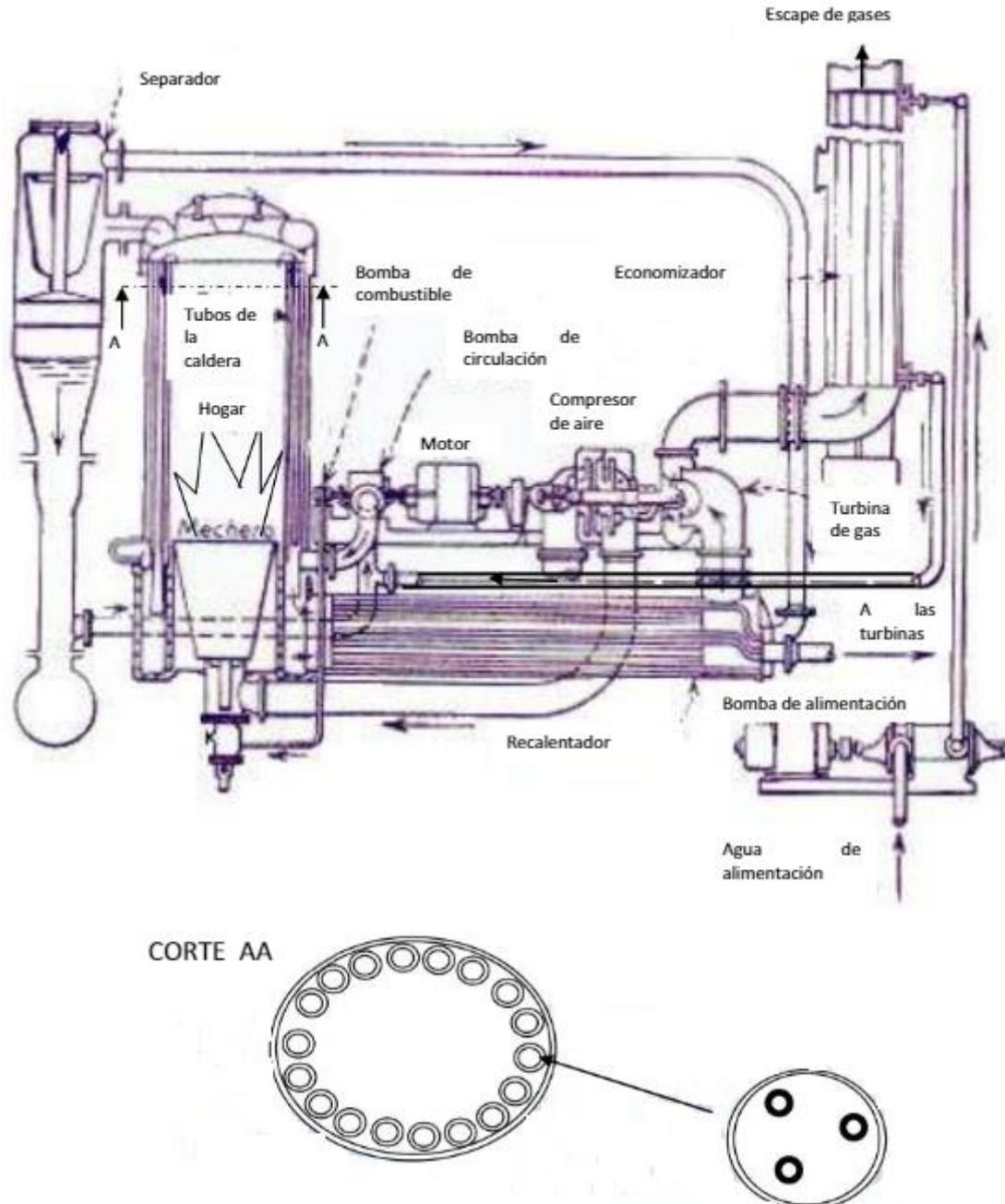
GENERADOR DE VAPOR TIPO VELOX, CON REGULADOR AUTOMÁTICO DE LA TEMPERATURA DE VAPOR



1. Cámara de combustión. 2. Tubos vaporizadores verticales. 3. Separador de agua con bomba de desagüe.
4. Sobrecalentador. 5. Evaporador de regulación. 6. Válvula mariposa de regulación. 7. Compresor de aire. 8. Turbina de gases de escape. 9. Recalentador del agua de alimentación. 10. Motor de punta del compresor.



CALDERA VELOX



b) Calderas de pazo forzado o de circuito abierto: la característica principal de este tipo de calderas es que no poseen domos y que la superficie de calefacción, incluido el economizador y el sobrecalentador, en un sólo tubo. Es decir, que por un extremo (inicial) entra el agua



líquida, y por el otro (final) sale vapor sobrecalentado. La generación de vapor comienza en el vaporizador colocado en el hogar, radiación y luego por convección. Si bien esta disposición de los tubos se utilizó durante más de veinte años, aun utilizando agua destilada, tenía el inconveniente de que se producía depósito de lodos en la zona de convección, lo cual ocasionaba rotura del tubo. Por tal motivo el mismo Benson, introdujo en el circuito un desmineralizador en el cual se concentraban las sales, que se extraían en forma continua. Es decir, el agua de alimentación se enviaba primero a un economizador para calentar el agua hasta la temperatura de saturación correspondiente. Luego a una cierta longitud del sobrecalentador (o primer sobrecalentador) que se conectaba al desmineralizador, de este último el vapor pasa al segundo tramo del sobrecalentador (o segundo sobrecalentador), y de allí a la red de utilización.

4-4) ACCESORIOS DE UNA CALDERA.

Se denominan de esta manera a todos aquellos elementos y/o dispositivos que se montan en la misma para su correcto funcionamiento. La norma IRAM-IAP A 25-5, que ya mencionamos anteriormente trata a los mismos como accesorios e instalaciones complementarias.

4-4-1) Accesorios: dentro de los mismos se indican elementos cuya instalación no se puede evitar, que hacen a la seguridad no solo de la caldera, sino también a los operadores de la misma, y que por tal motivo, también se los denomina "reglamentarios". Los mismos tienen por finalidad que la cantidad de agua en el interior de la caldera sea la conveniente y que la presión interna de la misma debido al vapor generado no sobrepase el límite establecido (presión de timbre).

a) Accesorios que aseguran el nivel de agua: se debe colocar un indicador de nivel visual y uno sonoro (silbato de alarma).

1. Indicador de nivel visual: son los más precisos, ya que la altura del nivel de agua se observa a simple vista. Debe ser montado en el frente de la caldera, en un lugar bien visible al operador (foguista). El más simple consiste en un tubo de vidrio de paredes lisas de cierto espesor (para soportar la presión de trabajo), montado entre dos piezas de empalme, encargadas de establecer su comunicación con la cámara de agua y de vapor respectivamente, protegido por una tela metálica o una camisa de latón, para evitar su rotura. Las piezas de empalme superior se colocan a unos 15 cm por encima del nivel normal de agua y la inferior, a la misma distancia pero por debajo. Cada empalme posee un grifo para aislar el tubo cuando es necesario su recambio. El soporte inferior lleva además un grifo de descarga para limpieza del aparato. En aquellos casos en que el nivel debe ser colocado a una cierta altura, se dificulta observar la separación entre el agua y el vapor. En dichos casos se reemplaza el tubo de vidrio liso por un vidrio estriado, cuyo funcionamiento se basa en el principio de reflexión total. El nivel se ilumina por el frente. En la parte del nivel que contiene agua, los rayos luminosos se refractan porque el agua tiene aproximadamente el mismo índice de refracción que el vidrio. Como

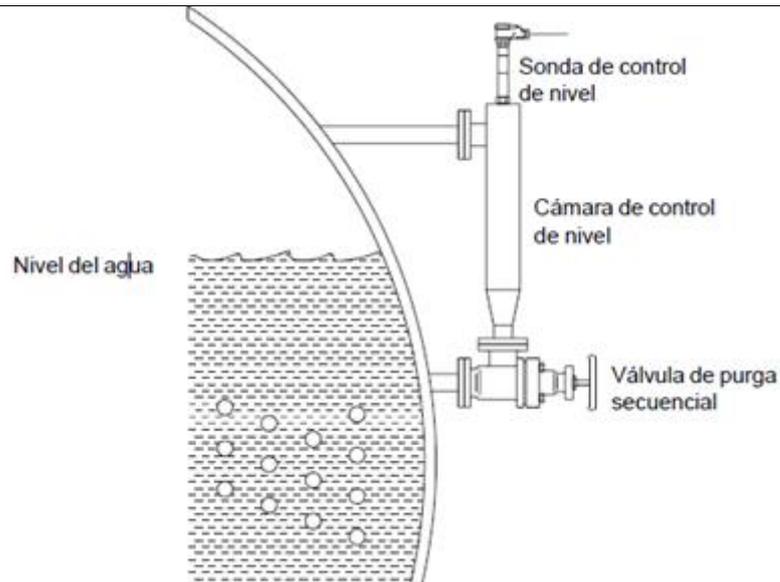


consecuencia de ello son absorbidos por la placa posterior oscurecida, y el nivel en la parte inferior se observa oscuro (aspecto de agua turbia). En la parte que contiene vapor, las estrías del vidrio se comportan como prismas de reflexión total, ya que sus ángulos han sido construidos para tal finalidad. Por ello los rayos en la parte inferior se reflejan y el vidrio se observa brillante (agua limpia).

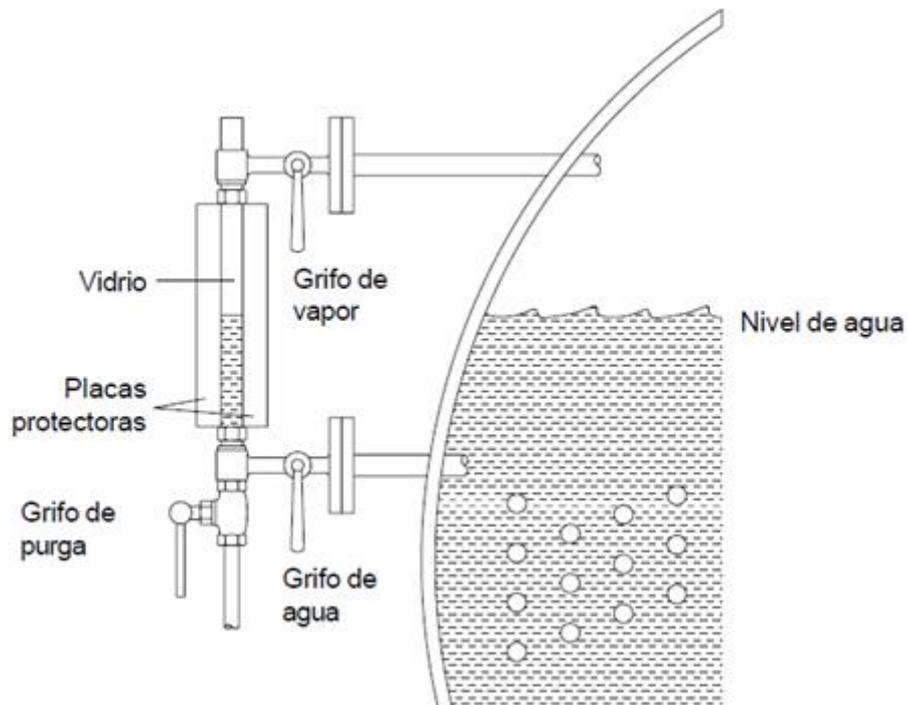


2. Indicador de nivel sonoro (silbato de alarma). Funciona generalmente por acción de un flotador, que al bajar el nivel del agua regulado deja escapar vapor que produce un ruido característico. La norma mencionada lo indica como "silbato de seguridad".

CAMAR DE CONTROL DE NIVEL



INDICADOR E NIVEL Y ACCESORIOS



MAGNETROL

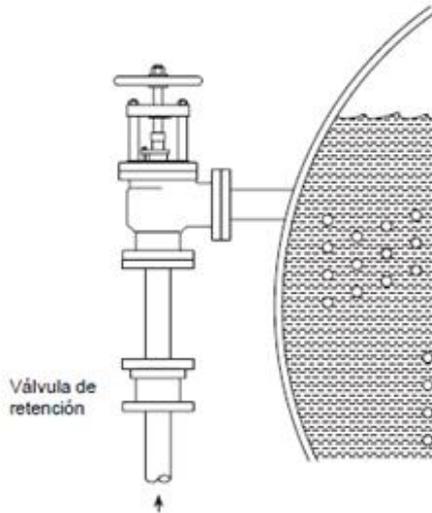


4-4-2) Accesorios que evitan que la presión de vapor no sobrepase la de trabajo fijada (presión de timbre). La presión de trabajo de la caldera, establecida al diseñar la misma (tiene relación con el espesor de paredes de los componentes de la misma), se denomina comúnmente "presión de timbre" y debe ser identificada en una placa bien visible, en el frente de la caldera. Los accesorios que se utilizan son dos válvulas de seguridad y un manómetro de cuadrante con números de suficiente dimensión para ser observados sin dificultad.

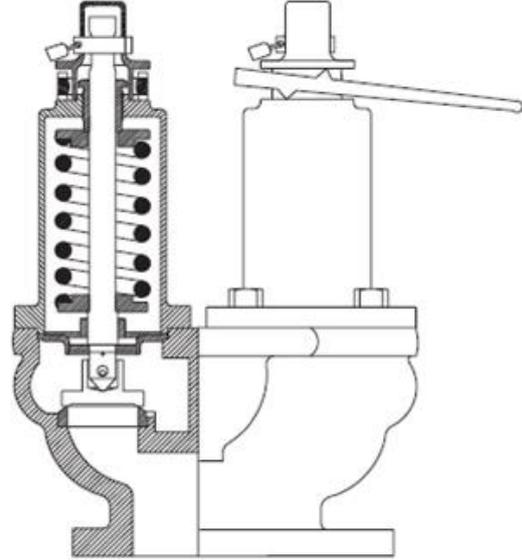
a) Válvula de seguridad a contrapeso: se regula para que deje escapar vapor cuando la presión en el interior de la caldera sobrepase el valor de "timbre", accionando un contrapeso que se desplaza sobre un brazo de palanca. Generalmente se la monta en la parte superior de la caldera, y periódicamente debe comprobarse su funcionamiento, desplazando el contrapeso.

b) Válvula de seguridad a resorte: en la misma la regulación a la presión de timbre se logra por un resorte, cuya tensión se regula con un tornillo con contra-tuerca.

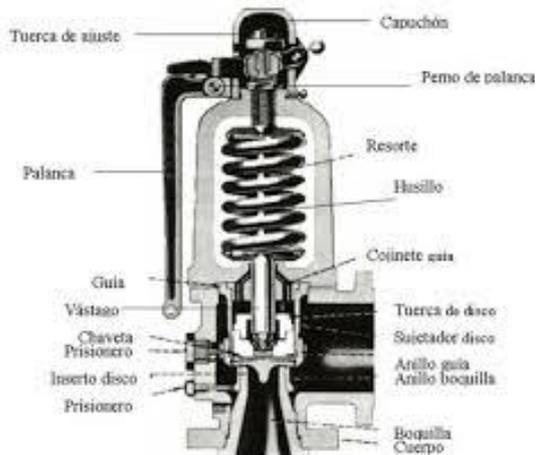
c) Manómetro: los más utilizados son los del tipo Bourdon. Es conveniente marcar con un trazo de color visible la presión de timbre para su fácil observación.



Ubicación de válvula de retención



Típica válvula de seguridad de caldera

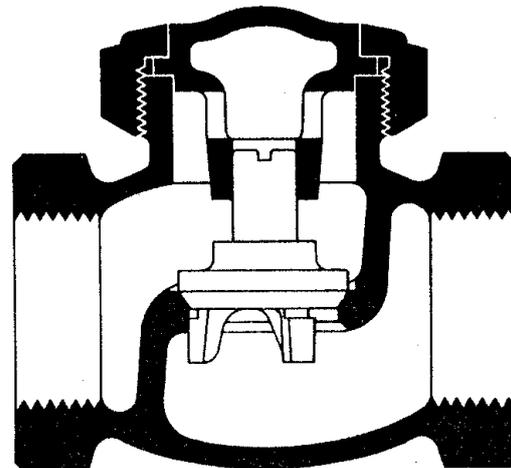
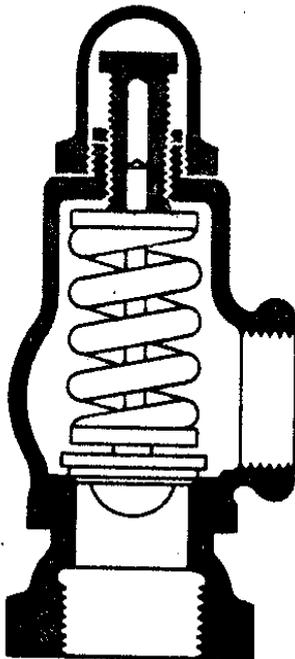




Manómetro con sifón tipo R



Válvula de retención tipo SWING

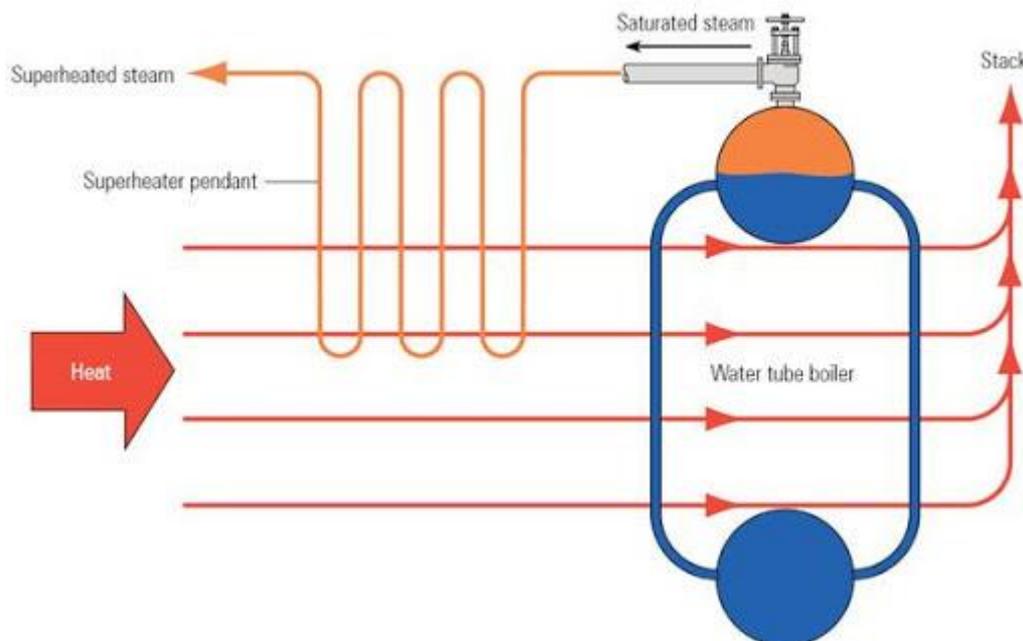


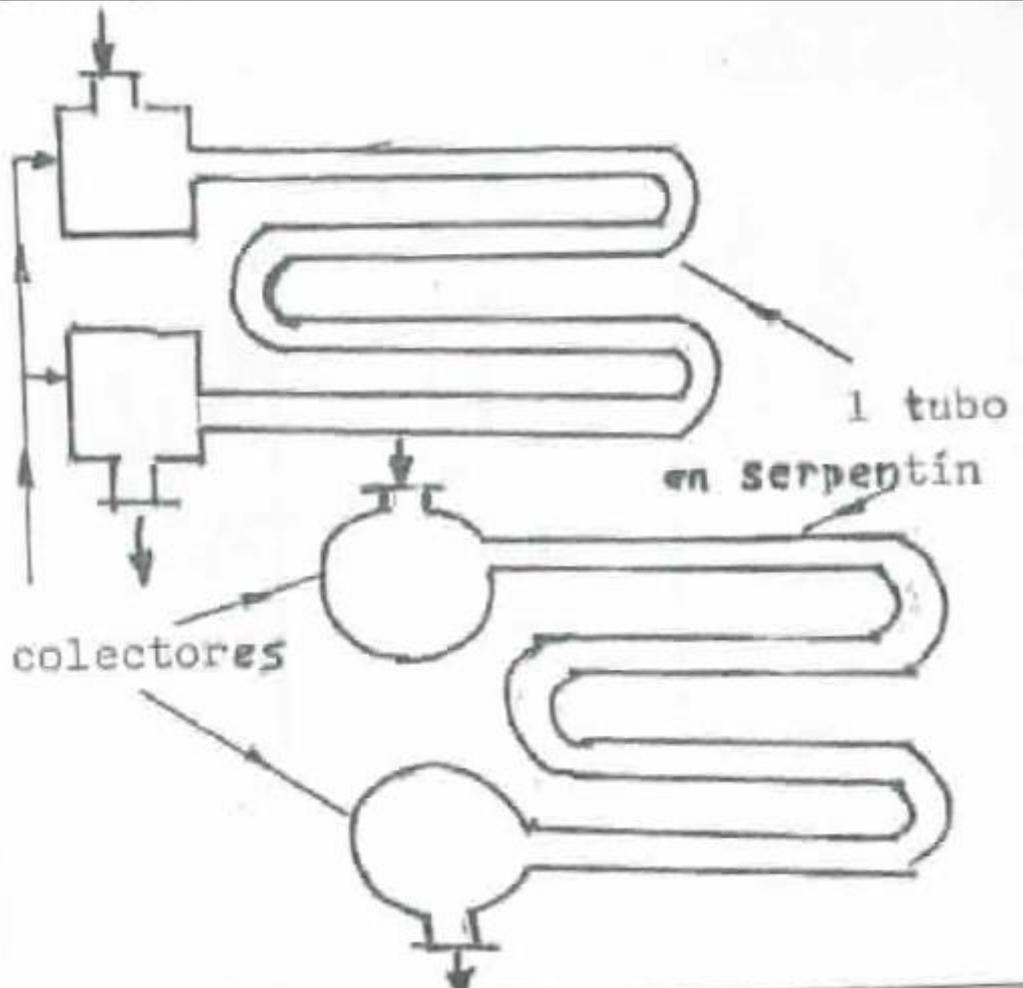
4-4-3) **SOBRECALENTADORES.** Constituyen superficies anexas a la caldera, ya que se instalan en el interior de esta. Su finalidad es secar el vapor húmedo proveniente de la caldera, elevando su temperatura. Sabemos de acuerdo con lo estudiado en Termodinámica Técnica que, si el proceso de expansión se realiza en la zona de vapor húmedo, se forman



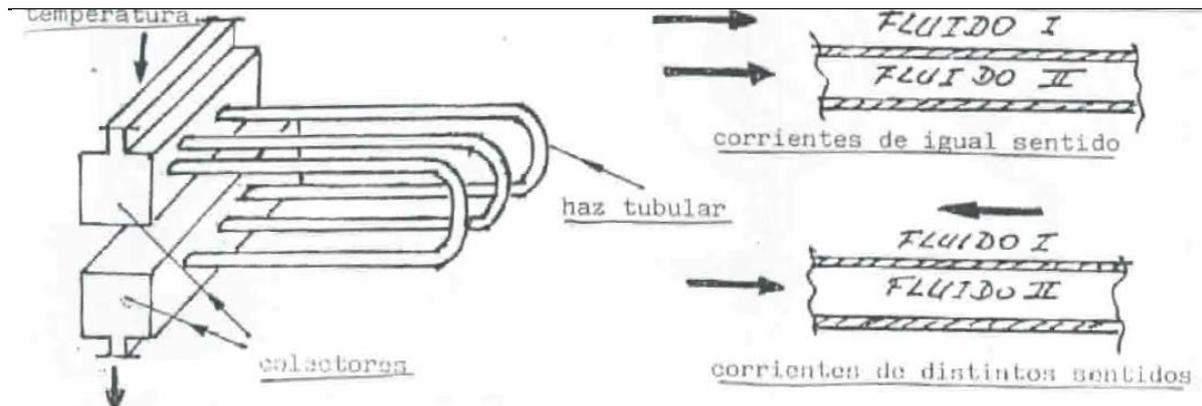
gotitas de agua por un efecto de implosión de las burbujas de vapor, y que debido a su velocidad de desplazamiento actúan como pequeños proyectiles, que tienen un efecto abrasivo sobre las partes metálicas sobre la que chocan. La temperatura debe elevarse a un valor que permita que la expansión se realice en la zona de vapor seco o sobrecalentado y que el título del vapor al final del proceso se aproxime a $X=1$ (en la práctica se admite hasta un máximo del 5% de humedad al final de la expansión). Físicamente los sobrecalentadores pueden instalarse en el hogar, entre los tubos o después de los mismos. Cuando se los instala en el hogar, se los denominan "Sobrecalentadores de Radiación" y entre los tubos o después de los mismos, "Sobrecalentadores de Convección". Los primeros son pocos utilizados porque la alta temperatura (la del hogar) que deben soportar exige que en su construcción se utilicen materiales especiales. Como siempre el balance térmico-económico indicará la conveniencia o no de su instalación. Por razones de simplicidad, normalmente se lo instala en el segundo pasaje de gases o próximo a la salida de los gases de la caldera (próximo al túnel de salida de los humos hacia la chimenea). El tipo de caldera y la experiencia del diseñador indicará el lugar más conveniente de su instalación.

Según la capacidad del sobrecalentador el mismo puede ser construido por dos colectores de sección cuadrada, rectangular o circular, unidos por un sólo tubo o por un haz de tubos, que se unen a los colectores por soldadura eléctrica.

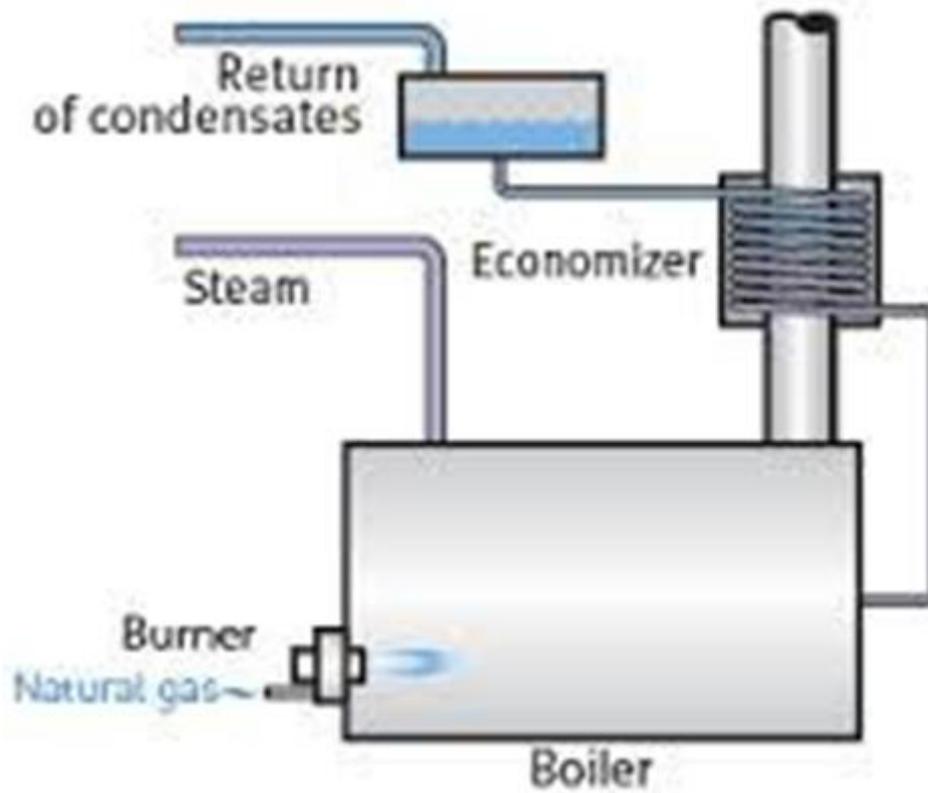




Si el intercambiador se instala para elevar la temperatura del vapor proveniente de una máquina térmica, las normas IRAM establecen que se lo debe denominar RECALENTADOR. Como también se estudió en Termodinámica, un intercambiador de calor puede trabajar con los fluidos entre los cuales se intercambiarán energía en forma de calor, circulando en un mismo sentido o en sentido contrario. Siempre que sea posible, se deben utilizar los que trabajan con los fluidos circulando en sentido contrario, porque de esta manera el fluido a mayor temperatura estará en comunicación con el de menor temperatura.

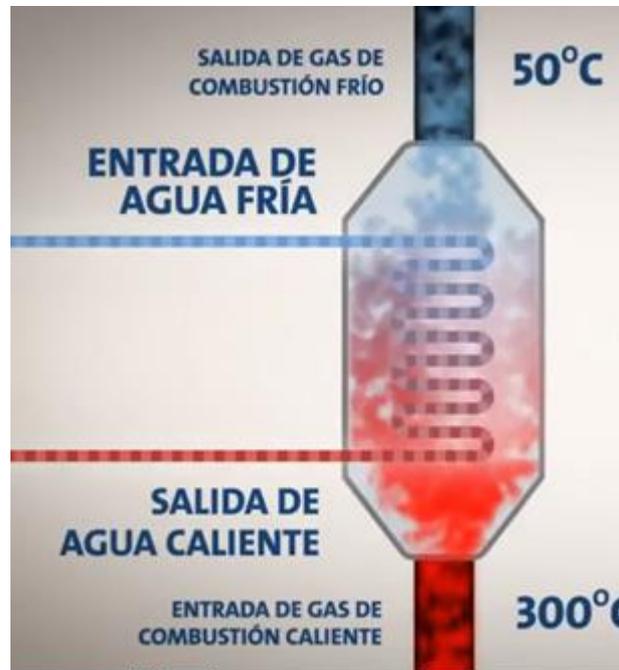


Productos de Combustión



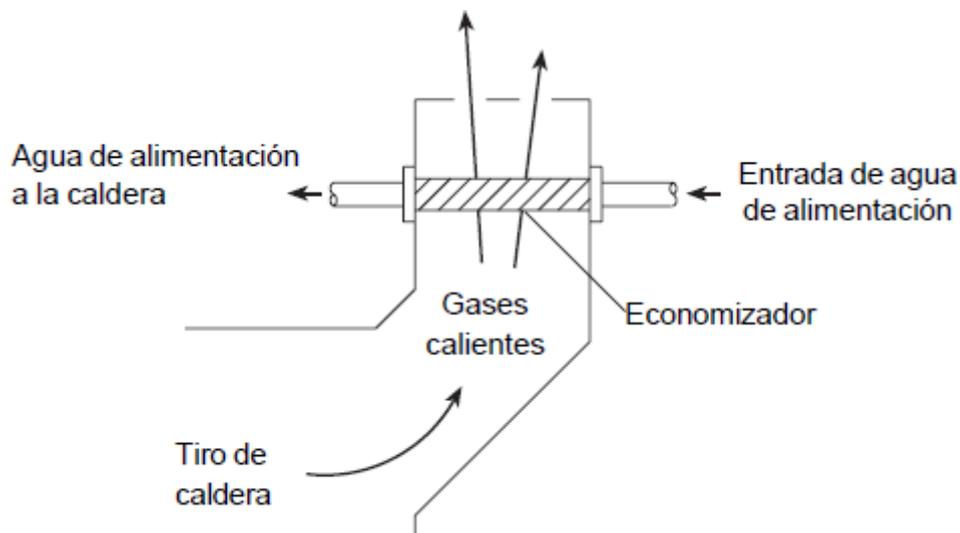


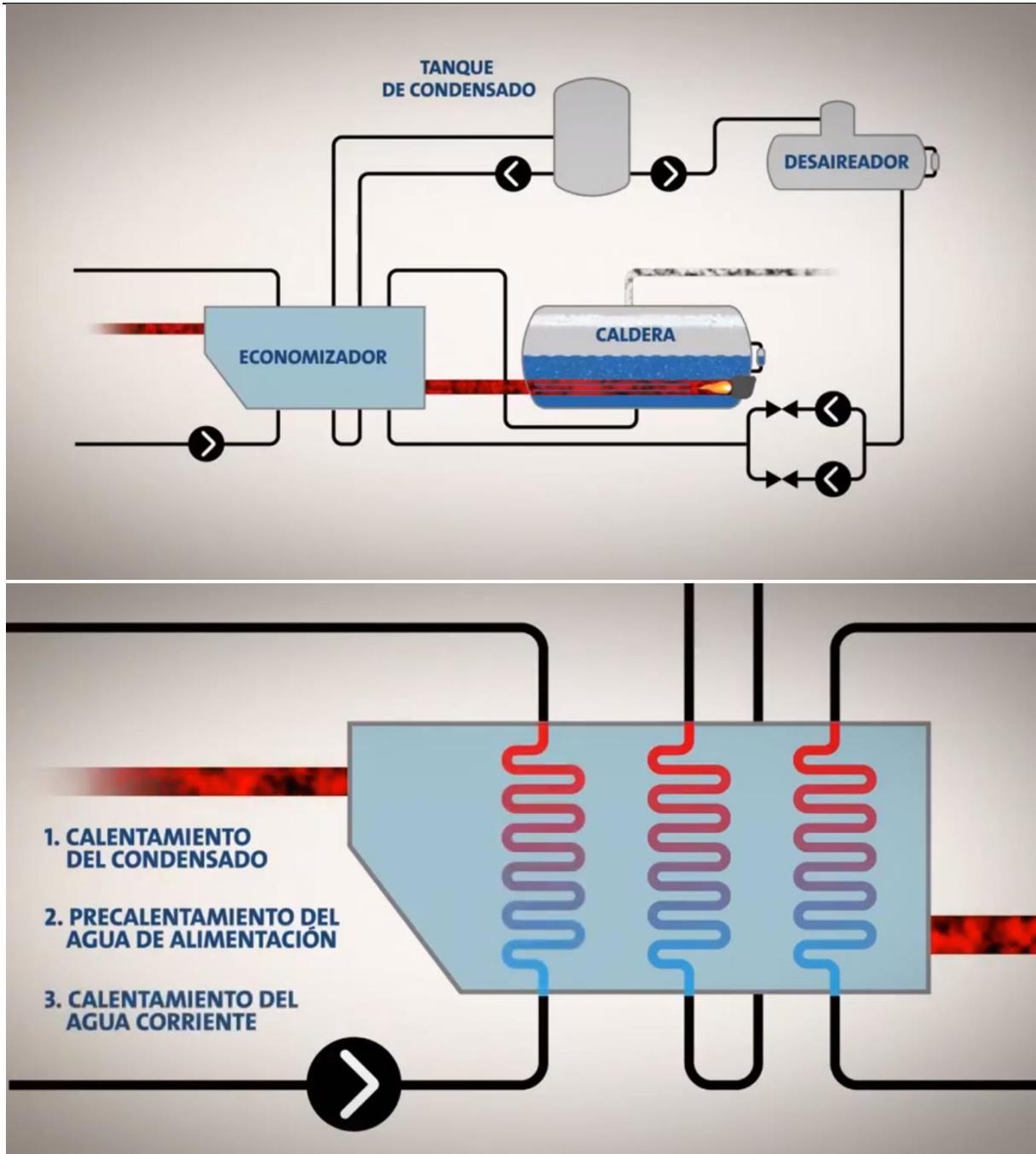
ECONOMIZADOR



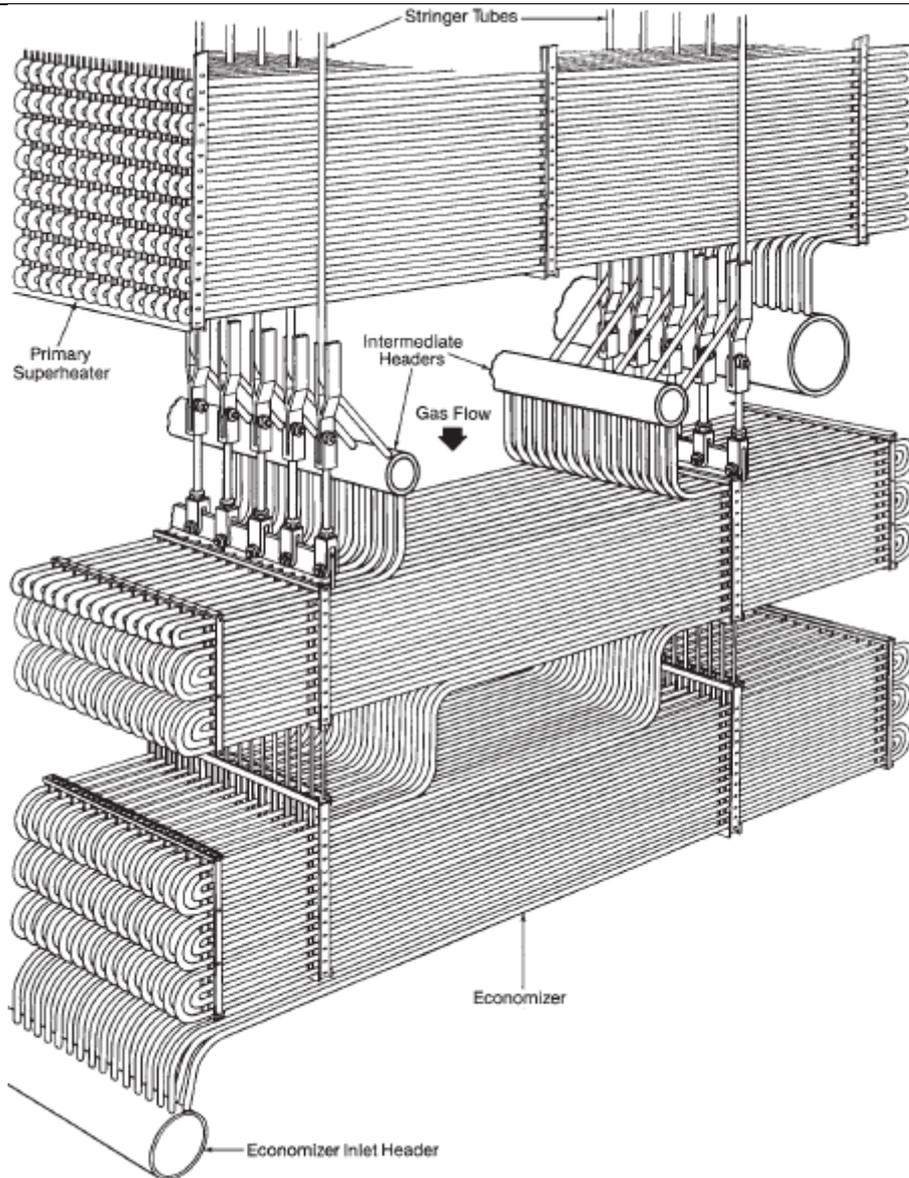
Aprovechamiento y reutilización de la energía
Reducción del consumo energético y los costos operativos

ECONOMIZADOR DE LA CALDERA

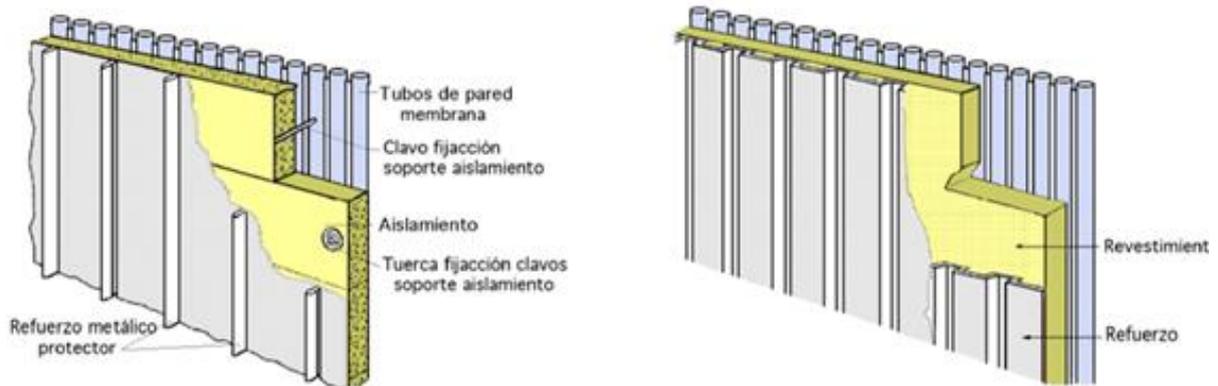




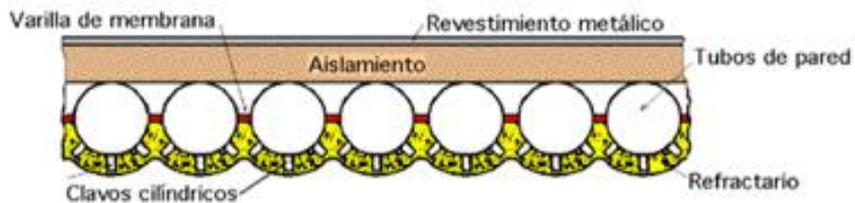




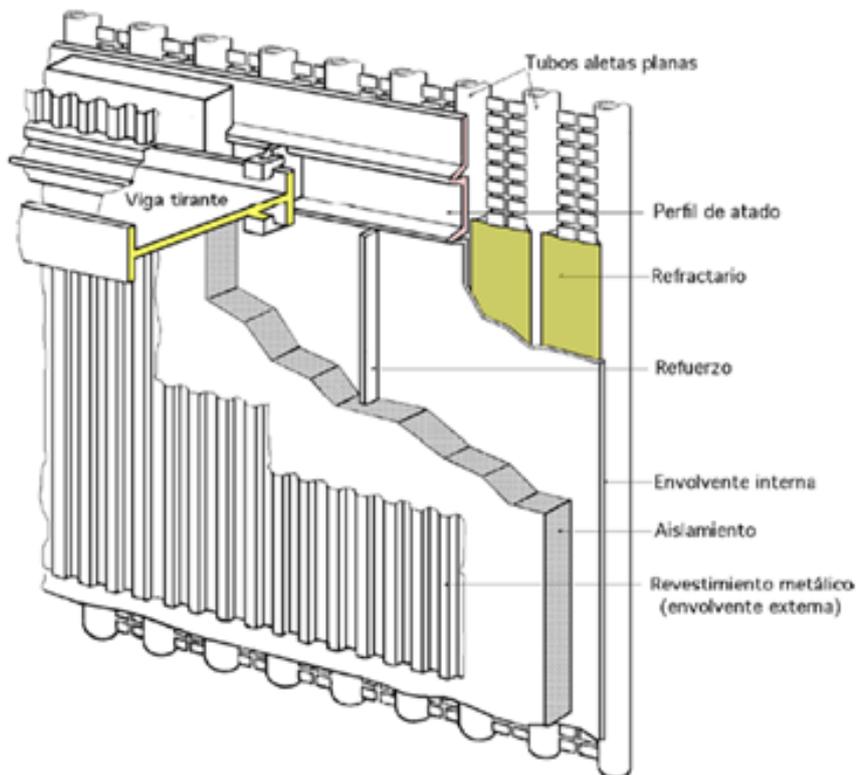
CONSTRUCCION Y REFUERO PARED MEMBRANA



PARED MEMBRANA COMPETAMENTE CLAVETEADA



PARED DE TUBOS CON CLAVOS PLANOS (ALETAS) MOSTRANDO LA ENVOLVENTE INTERNA





En definitiva, el tipo de máquina al que se le debe agregar el intercambiador y el espacio disponible para su instalación, indicará cómo debe trabajar el mismo.

El dimensionamiento del intercambiador implica calcular primero la superficie total necesaria para el intercambio de la energía en forma de calor, y luego distribuir el total en un determinado número de tubos (n) de cierta longitud (l) y diámetro (d). Es decir, debe cumplirse:

$$S(m^2) = n(\text{numero})l(m)\pi d(m)$$

Para el cálculo de S se utiliza la siguiente expresión:

$$\varphi \left(\frac{\text{Unidad de calor}}{\text{hora}} \right) = S(m^2)K \left(\frac{\text{Unidades de calor}}{m^2 \cdot \text{hora} \cdot \text{grado}} \right) \Delta t_m \text{ grado}$$

Donde:

φ = Potencia calorífica

K = Coeficiente total de transmisión del calor (Conducción y convección)

Δt_m = Diferencia de temperatura en ambos fluidos. Si $t < 5^\circ\text{C}$, se utiliza directamente la medida aritmética. Si es mayor de 5°C , se debe calcular la media logarítmica.

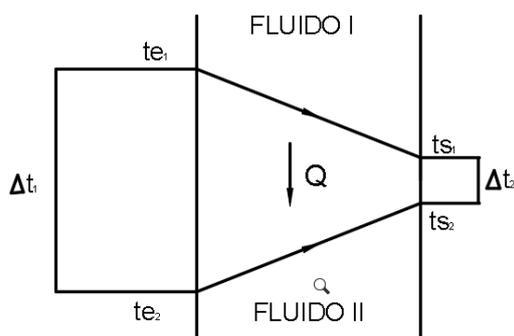
S = superficie total de intercambio calórico.

La media logarítmica de la temperatura se determina por:

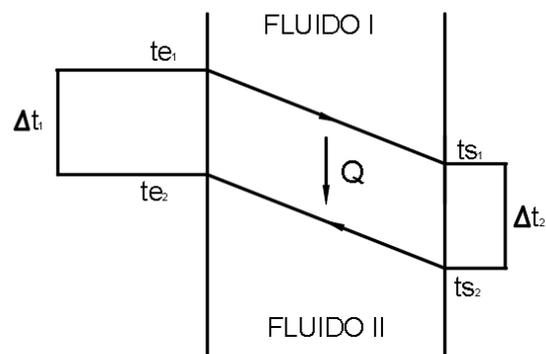
$$\Delta t_m \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \Delta t_1 / \Delta t_2}$$

Tendremos, para el vapor seco (x = 1)

a. Para corrientes de igual sentido



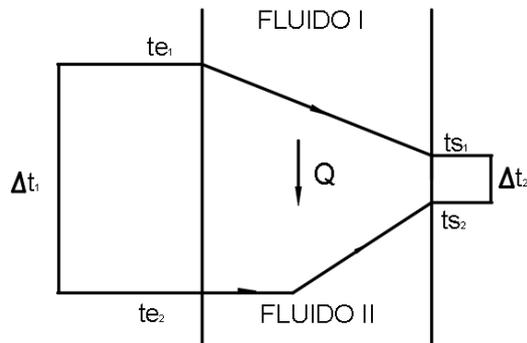
b. Para corrientes de distinto sentido



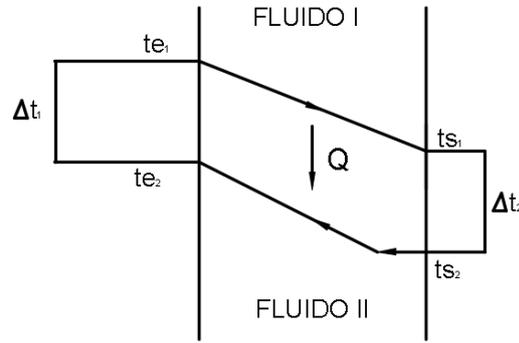


Si el vapor es húmedo tendremos:

a. Para corrientes de igual sentido



b. Para corrientes de distinto sentido



4-5) INSPECCION PERIODICA DE LOS GENERADORES: Un generador de vapor por trabajar a presión, constituye un elemento de riesgo personal. Por tal motivo, periódicamente se deben realizar inspecciones para verificar el estado de sus elementos constitutivos. En nuestro país todo lo relacionado con la "inspección periódica" de los generadores de vapor están reglamentadas por la NORMA IRAM-IAP-A 25/9. Las mismas establecen las siguientes definiciones fundamentales:

a) Inspección reglamentaria: es la que debe ser realizada por el inspector de un Organismo Público de contralor. Para la Provincia de Santa Fe, el órgano de contralor es la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (EPE).

b) Inspección propia: es la efectuada por disposición de las autoridades del establecimiento industrial.

c) Historial del generador de vapor: son los datos transcritos a un libro foliado, habilitado por el organismo de contralor, de las características del generador o caldera de agua caliente, fecha de puesta en marcha, horas de trabajo, reparaciones y/o modificaciones realizadas, inspecciones reglamentarias y propias efectuadas, y resultados de las mismas. Es decir que en este libro se deben registrar todos los datos posibles, que permitan conocer el estado del equipo.

d) Inspección interna: es la que se realiza a toda la superficie interior del equipo, es decir, del lado del agua y/o vapor.

e) Inspección externa: es la que se realiza sobre la superficie del lado de los gases de combustión o humos.

Las normas mencionadas indican, además, el lapso que debe transcurrir entre las inspecciones reglamentarias y el modo en que se debe presentar al equipo, para que el inspector de contralor pueda realizar la tarea encomendada.

El responsable designado, debe recopilar durante el funcionamiento del equipo todas las novedades que se presentan en el mismo, principalmente en los "elementos de seguridad



reglamentarios" (niveles, válvulas de seguridad, válvulas de retención, válvulas de purgas, etc.) si se observan pérdidas de vapor o de agua. De no producirse imprevistos, la puesta fuera de servicio del equipo a inspeccionar debe ser programada, a fin de asegurar que para la fecha prevista se cuente con existencia en la cantidad necesaria de aquellos materiales que se estimen que deben ser sustituidos (material de aislación, tubos, válvulas, niveles, manómetros, etc.) a fin de no demorar la puesta en servicio del equipo.

Normalmente la limpieza exterior de los tubos de la caldera se realiza utilizando el mismo vapor generado como fluido motriz de los sopladores. Por tal motivo antes de parar el equipo se debe proceder a eliminar el máximo posible de cenizas y/o hollín depositado, utilizando los elementos disponibles al efecto.

En términos generales las operaciones que se deben realizar para parar el equipo y sin que ello sea excluyente de otras, son las siguientes:

- Suspender la alimentación de combustible (si se trata de combustible sólido se debe eliminar el material en combustión)
 - Aislar el equipo de la red de alimentación, principalmente si existe más de un generador.
 - Vigilar que no disminuya el nivel de agua establecido como mínimo, mientras la caldera no se ha enfriado.
- Cuando el valor de la presión en el interior de la caldera sea igual a la atmosférica, abrir las válvulas de seguridad en forma manual para eliminar todo el vapor.

- Una vez fría la instalación, descargar el agua remanente.

Una vez que el generador de vapor se encuentra en estas condiciones, se inician las tareas de inspección dentro de las cuales las principales son:

- Verificación de la nivelación del domo principal.
- Control del estado de los soportes de los mismos.
- Estado de la mampostería del recubrimiento exterior.
- Estado del material de aislación térmica.
- Estado del material refractario del hogar.
- Verificar si no existen superficies oxidadas, principalmente en los domos.
- Verificar si existen o no incrustaciones en el interior de los tubos.
- Control de los elementos rompe-espumas en el interior del domo.
- Estado de los elementos de seguridad.

En base a los datos relevados en la inspección, se programarán las reparaciones a realizar y/o cambios de elementos deteriorados. Se debe prestar preferente atención a los elementos de seguridad, verificando su funcionamiento en bancos de ensayo.

Como el espesor de las paredes metálicas de domos y tubos se determina en base a la presión de trabajo, es conveniente verificar en todas las inspecciones anuales o periódicas el valor de los mismos, principalmente en las zonas donde se estima que pueden producirse efectos de corrosión, abrasión y/o fatiga. Efectuadas las reparaciones necesarias resultantes de la



inspección previa, y armada nuevamente la instalación, se debe efectuar una "Prueba Hidráulica" a una presión 1,5 veces mayor a la presión de trabajo fijada (presión de timbre). Es conveniente que para realizar esta operación, se coloque una brida ciega en los asientos de las válvulas de seguridad y válvulas comunes (de conexión a la red, de purga, de retención, etc.). No debe omitir registrar en el "Historial de la caldera", todo lo realizado en la misma.