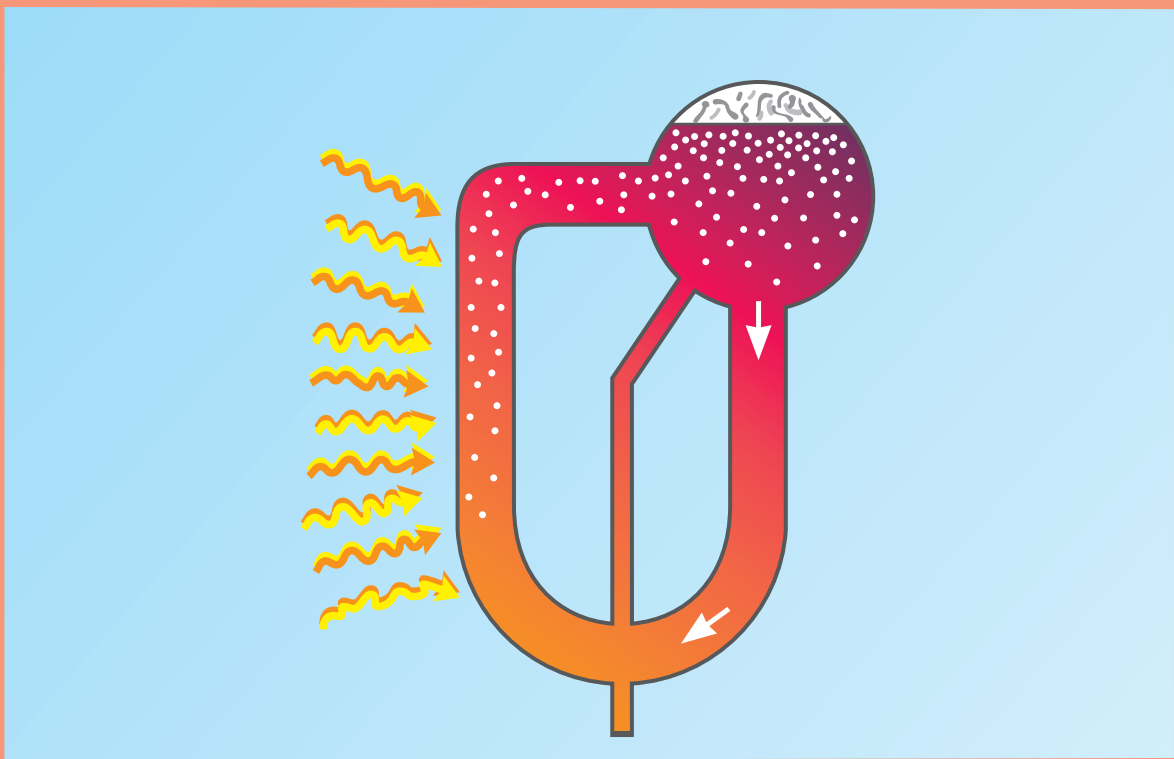


**ACHS**

# Descripción de Calderas y Generadores de Vapor



Por un trabajo sano y seguro

# **Descripción de Calderas y Generadores de Vapor**

Preparado por:  
**Pedro Abarca Bahamondes**

Revisado por:  
**Walter Dümmer Oswald**

# DESCRIPCION DE CALDERAS Y GENERADORES DE VAPOR

1.	INTRODUCCION	3
2.	DEFINICIONES	3
2.1.	CALDERA	3
2.2.	GENERADOR DE VAPOR	3
3.	OBJETIVO	4
4.	FUNCIONAMIENTO	4
5.	CLASIFICACION	5
6.	CALDERAS DIVERSAS	6
6.1	CALDERAS CON TUBOS MULTIPLES DE HUMO	8
6.2.	CALDERAS CON TUBOS MULTIPLES DE AGUA (ACUOTUBULAR)	10
7.	COMPORTAMIENTO DE LAS CALDERAS	12
8.	PARTES PRINCIPALES QUE COMPONEN UNA CALDERA	13

# 1. INTRODUCCION

Las múltiples aplicaciones que tienen las calderas industriales, las condiciones variadas de trabajo y las innumerables exigencias de orden técnico y práctico que deben cumplir para que ofrezcan el máximo de garantías en cuanto a solidez, seguridad en su manejo, durabilidad y economía en su funcionamiento, ha obligado a los fabricantes de estos equipos a un perfeccionamiento constante a fin de encarar los problemas. La búsqueda de soluciones ha originado varios tipos existentes agrupados según sus características más importantes.

## 2. DEFINICIONES

### 2.1. CALDERA

El decreto N° 48/84 define caldera como un recipiente metálico en el que se genera vapor a presión mediante la acción del calor.

Una definición completa sería...

**...Caldera es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica.**

### 2.2. GENERADOR DE VAPOR

Se llama así al conjunto o sistema formado por una caldera y sus accesorios.

En la práctica se habla de “calderas” refiriéndose a todo el conjunto o “generador de vapor”. Por tal razón, en adelante, usaremos indistintamente ambos términos.

### 3. **OBJETIVO**

Las calderas o generadores de vapor son dispositivos cuyo objetivo es:

- a) Generar agua caliente para calefacción y uso general.
- b) Generar vapor para plantas de fuerza, procesos industriales o calefacción.

### 4. **FUNCIONAMIENTO**

Funcionan mediante la transferencia de calor, producido generalmente al quemarse un combustible, el que se le entrega al agua contenida o que circula dentro de un recipiente metálico.

En toda caldera se distinguen dos zonas importantes:

**a) Zona de liberación de calor u hogar o cámara de combustión:**

Es el lugar donde se quema el combustible. Puede ser interior o exterior con respecto al recipiente metálico.

**INTERIOR**

El hogar se encuentra dentro del recipiente metálico o rodeado de paredes refrigeradas por agua.

**EXTERIOR**

Hogar construido fuera del recipiente metálico.

Está parcialmente rodeado o sin paredes refrigeradas por agua. La transferencia de calor en esta zona se realiza principalmente por radiación (llama - agua).

**b) Zona de tubos:**

Es la zona donde los productos de la combustión (gases o humos) transfieren calor al agua principalmente por convección (gases - agua). Está constituida por tubos dentro de los cuales pueden circular los humos o el agua.

# 5.

## CLASIFICACION

La clasificación general de las calderas, de acuerdo al mayor uso en nuestro país, sería la siguiente:

**1. Atendiendo a su posición:**

- a) Horizontales
- b) Verticales

**2. Atendiendo a su instalación:**

- a) Fija o estacionaria
- b) Móviles o portátiles

**3. Atendiendo a la ubicación del hogar:**

- a) De hogar interior
- b) De hogar exterior

**4. Atendiendo a la circulación de los gases:**

- a) Recorrido en un sentido (de un paso)
- b) Con retorno simple (de dos pasos)
- c) Con retorno doble (de tres pasos)

**5. Con respecto a su forma de calefacción:**

- a) Cilíndrica sencilla de hogar exterior
- b) Con un tubo hogar (liso o corrugado)
- c) Con dos tubos hogares (liso o corrugado)
- d) Con tubo Galloway (calderas horizontales o verticales)
- e) Con tubos múltiples de humo (igneotubulares o pirotubulares)
- f) Con tubos múltiples de agua (hidrotubulares o acuotubulares)
- g) Con tubos múltiples de agua y tubos múltiples de humo (acuopirotubular o mixtas)

**6. De acuerdo a la presión del vapor que producen:**

- a) De baja presión (hasta 2,0 kg/cm<sup>2</sup>)
- b) De mediana presión (sobre 2,0 kg/cm<sup>2</sup> hasta 10 kg/cm<sup>2</sup>)
- c) De alta presión (sobre 10 kg/cm<sup>2</sup> hasta 225 kg/cm<sup>2</sup>)
- d) Supercríticas (sobre 225 kg/cm<sup>2</sup>)

**7. Con respecto al volumen de agua que contienen en relación con su superficie de calefacción:**

- a) De gran volumen de agua (más de 150 Ltrs. x m<sup>2</sup> de superficie de calefacción SC)
- b) De mediano volumen de agua (entre 70 y 150 Ltrs. x m<sup>2</sup> de SC)
- c) De pequeño volumen de agua (menos de 70 Ltrs. x m<sup>2</sup> de SC)

Se entiende por superficie de calefacción (SC)...

**...La superficie total de planchas y tubos de la caldera que por un lado están en contacto con los gases y por el otro con el agua que se desea calentar. La superficie de calefacción se mide por el lado de los gases.**

**8. Según su utilización:**

- a) De vapor
- b) De agua caliente

**9. Según la circulación del agua dentro de la caldera:**

- a) Circulación natural: El agua circula por efecto térmico
- b) Circulación forzada: El agua se hace circular mediante bombas.

**10. Según el tipo de combustible:**

- a) De combustible sólido
- b) De combustible líquido
- c) De combustible gaseoso

Además existen calderas que obtienen el calor necesario de otras fuentes de calor, tales como gases calientes de desperdicios de otras reacciones químicas, de la aplicación de la energía eléctrica o del empleo de la energía nuclear.

## 6. CALDERAS DIVERSAS

Todas las calderas pueden clasificarse según las características mencionadas en el punto anterior. Cada fabricante ha tomado o seleccionado algunos de estos aspectos, creando tipos de calderas que se han llegado a popularizar en el ambiente industrial. A continuación damos una breve descripción de las que son más comunes:

**a) CALDERAS DEL TIPO PAQUETE**

Es una unidad autocontenida, que se instala con rapidez, ya que va montada sobre una armazón de acero estructura, lista para su colocación sobre una base sencilla de concreto.

**b) CALDERAS ESCOCESAS**

Es probablemente la más popular y la que más se fabrica como unidad generadora de fuerza. Algunas de sus características son: del tipo horizontal, con tubos múltiples de humo, de hogar interior, de uno o más pasos y que puede quemar combustible sólido, líquido o gaseoso. Son, además, económicas, ocupan un mínimo material refractario y su instalación es sencilla.

**c) CALDERAS MARINAS**

Son calderas para la propulsión de barcos de guerra. Algunas de sus características son:

- Gran eficiencia y mínimo tamaño y peso.
- Diseño y formas especiales.
- Gran seguridad del servicio.
- Manejo sencillo.
- Máxima accesibilidad.
- Gran flexibilidad a las demandas de vapor.

**d) CALDERAS RESIDENCIALES**

Se presentan en gran variedad de formas y diseños, de los cuales la mayoría son para proporcionar agua caliente.

Pueden ser verticales u horizontales, tienen un volumen de agua reducido y un calentamiento rápido.

**e) CALDERAS CONTINUAS**

En estas calderas el agua de alimentación es forzada a través de los tubos, en cuyo trayecto cambia de estado convirtiéndose en vapor.

Normalmente no necesitan colector de vapor. No requieren otra clase de bombeo que el de las bombas de alimentación de agua.



**f) CALDERAS TIPO EXPRESS**

Son unidades capaces de levantar vapor rápidamente y a gran presión. El nombre “express” proviene de estas características.

Sin embargo, la clasificación más aceptada se basa en la circulación del agua y de los gases calientes en la zona de tubos de las calderas.

Según esto se tiene dos tipos generales de calderas:

**1. PIROTUBULARES O DE TUBOS DE HUMOS**

En estas calderas, los humos pasan dentro de los tubos, cediendo su calor al agua que los rodea.

**2. ACUOTUBULARES O DE TUBOS DE AGUA**

El agua circula por dentro de los tubos, captando calor de los gases calientes que pasan por el exterior.

**6.1.**

## **CALDERAS CON TUBOS MÚLTIPLES DE HUMO**

Estas calderas son denominadas también igneotubulares o pirotubulares y pueden ser verticales u horizontales. Entre las calderas verticales pueden encontrarse dos tipos con respecto a los tubos:

1. De tubos semisumergidos, y
2. De tubos totalmente sumergidos.

En el primer caso, el agua no cubre totalmente los tubos; en el segundo, éstos están totalmente cubiertos.

Las calderas horizontales con tubos múltiples de humo, hogar interior y retorno simple o doble retorno son las llamadas calderas escocesas y son las de aplicación más frecuente en nuestro país. Estas calderas, como cualquier otro tipo, pueden ser utilizadas con hogar para quemar carbón, leña o bien con quemadores de petróleo.

Se encuentran en este grupo de calderas los locomóviles y las locomotoras que se caracterizan principalmente por ser de mediano volumen de agua, tiraje forzado y cuentan con tres partes bien definidas:

- a) Una caja de fuego donde va montado el hogar; esta caja puede ser de sección rectangular o cilíndrica; es de doble pared, por lo que el hogar queda rodeado de una masa de agua. Debido a esta doble pared las planchas tienen que reforzarse con tirantes o estayes (pernos o refuerzos con un orificio central para detectar filtraciones cuando se cortan por corrosiones o exceso de tensiones).
- b) Un cuerpo cilíndrico atravesado, longitudinalmente, por tubos de pequeño diámetro, por cuyo interior circulan los gases calientes.
- c) Una caja de humos, que es la prolongación del cuerpo cilíndrico, a la cual llegan los gases después de pasar por el haz tubular, para salir hacia la chimenea. Estas calderas trabajan, casi siempre, con tiraje forzado, el cual se consigue mediante un chorro de vapor de la misma caldera (vapor vivo) o utilizando vapor de escape de la máquina.

Por problemas de resistencia de materiales, su tamaño es limitado. Sus dimensiones alcanzan a 4,5 metros de diámetro y 10 metros de largo. Se construyen para capacidades máximas de 15.000 kg/Hr de vapor y sus presiones de trabajo no superan los 18 kg/cm<sup>2</sup>.

Pueden producir agua caliente o vapor saturado. En el primer caso se les instala un estanque de expansión que permite absorber las dilataciones del agua. En el caso de calderas de vapor poseen un nivel de agua a 10 o 20 cm sobre los tubos superiores.

### **VENTAJAS**

- Menor costo inicial, debido a la simplicidad de diseño en comparación con las acuotubulares de igual capacidad.
- Mayor flexibilidad de operación, ya que el gran volumen de agua permite absorber fácilmente las fluctuaciones en la demanda de vapor.
- Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación, porque las incrustaciones formadas en el exterior de los tubos son más fáciles de atacar y son eliminadas por las purgas.
- Facilidad de inspección, reparación y limpieza.

### **DESVENTAJAS**

- Mayor tamaño y peso que las acuotubulares de igual capacidad.
- Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento.
- Gran peligro en caso de explosión o ruptura, debido al gran volumen de agua almacenado.
- No son empleadas para altas presiones.

## **6.2.**

### **CALDERAS CON TUBOS MÚLTIPLES DE AGUA (ACUOTUBULAR)**

En estas calderas, por el interior de los tubos pasa agua o vapor y los gases calientes se hallan en contacto con las caras exteriores de ellos. Son de pequeño volumen de agua. Las calderas acuotubulares son las empleadas casi exclusivamente cuando interesa obtener elevadas presiones y rendimiento, debido a que los esfuerzos desarrollados en los tubos por las altas presiones se traducen en esfuerzos de tracción en toda su extensión. La limpieza de estas calderas se lleva a cabo fácilmente porque las incrustaciones se quitan utilizando dispositivos limpiatubos accionados mecánicamente o por medio de aire.

La circulación del agua, en este tipo de caldera, alcanza velocidades considerables con lo que se consigue una transmisión eficiente del calor; por consiguiente, se eleva la capacidad de producción de vapor.

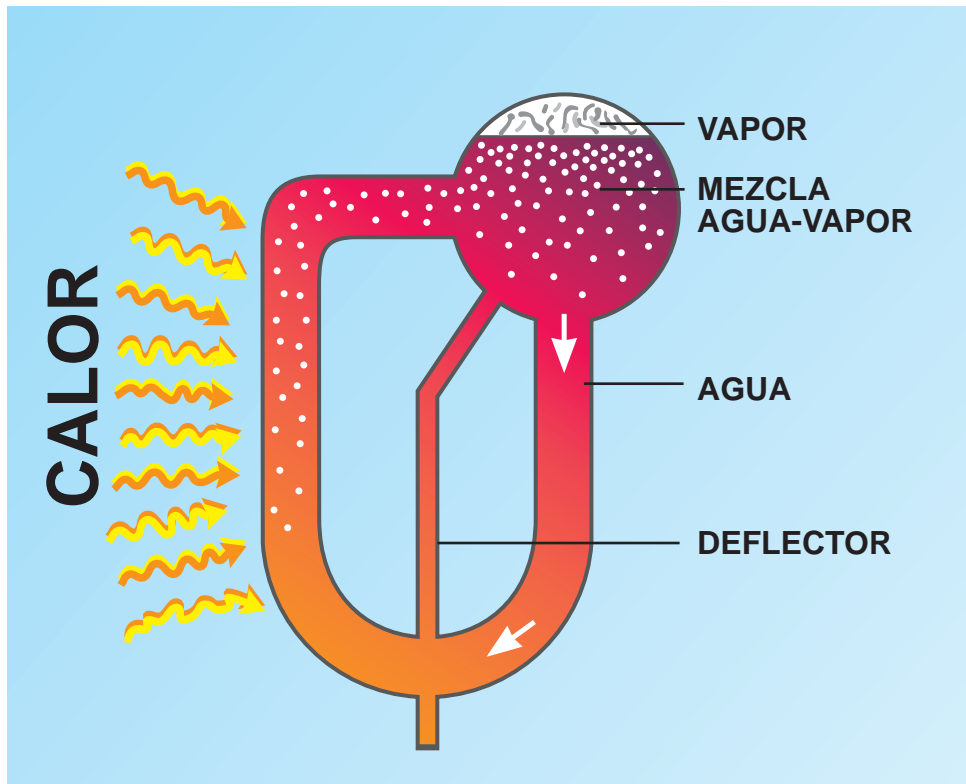
#### **PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

Supóngase que la figura N<sup>o</sup>1 representa una caldera con un solo tubo de agua. Sólo una rama del tubo se calienta, ya que la otra se encuentra protegida por una pantalla aisladora.

En la rama izquierda, el calor calienta el agua, generando vapor y haciendo que ambos (agua y vapor) se muevan hacia arriba.

Esta mezcla entra al colector y el agua fría pasa a ocupar su lugar en el tubo calentado. El agua fría se encuentra en el tubo no calentado y en la parte inferior del colector.

De esta forma, existe un movimiento continuo de agua-vapor en la dirección que señalan las flechas, en las que siempre la mezcla de agua caliente y vapor sube al colector, mientras el agua fría del fondo del colector baja y ocupa el lugar de esta mezcla.



### **VENTAJAS**

- Menor peso por unidad de potencia generada.
- Por tener pequeño volumen de agua en relación a su capacidad de evaporación, puede ser puesta en marcha rápidamente.
- Mayor seguridad para altas presiones.
- Mayor eficiencia.
- Son inexplosivas.

### **DESVENTAJAS**

- Su costo es mayor.
- Deben ser alimentadas con agua de gran pureza, ya que las incrustaciones en el interior de los tubos son, a veces, inaccesibles y pueden provocar roturas de los mismos.
- Debido al pequeño volumen de agua, le es más difícil ajustarse a las grandes variaciones del consumo de vapor, siendo necesario trabajarlas a mayor presión que la necesaria en las industrias.

## 7.

# **COMPORTAMIENTO DE LAS CALDERAS**

El comportamiento de una caldera puede expresarse en función de los kilogramos de vapor producido por metro cuadrado de superficie de calefacción y por hora (coeficiente de evaporación). Esta producción de vapor se ha ido elevando en los tiempos modernos.

La intensificación de la producción de vapor se basa principalmente en la circulación de agua en el interior de los tubos, con una velocidad tal, que el vapor que se va formando por el calentamiento de los mismos, va saliendo con la misma corriente del agua que se evapora, porque de no ser así, las burbujas de vapor formadas crearían espacios huecos en el líquido que no podrían absorber el calor transmitido, quemándose el material de los tubos.

Algunas de estas características se ven en la tabla adjunta

TABLA:		CARACTERISTICAS DE CALDERAS			
TIPO DE CALDERA		PRESION MAXIMA	PRODUCCION MAX. NOMINAL VAPOR	SUPERFICIE DE CALEFAC. m <sup>2</sup>	COEFICIENTE DE EVAPORACION kg/h m <sup>2</sup>
PIROTUBULAR	Hogar exterior	10	3.500	22-230	12-15
	Escocesa	18	15.000	10-600	18-25
	Locomóvil	15	2.500	10-120	17-22
	Mixta	10	20.000	700	30-32
	Tambores	10	1.600	4-100	15
		15			
ACUOTUBULAR	Tubos Rectos	100	230.000	25-2300	20-100
	Tubos Curvos	225	2.000.000	mayor a 100	20-600
	Circulación Forzada	225	225.000 y más	-----	hasta 3.000

## ∞.

# PARTES PRINCIPALES QUE COMPONENTEN UNA CALDERA

En este punto se tratarán sólo aquellas partes generales relevantes propias del diseño de las calderas.

Debido a que cada caldera dispone, dependiendo del tipo, de partes características, es muy difícil atribuir a todas ellas un determinado componente. En razón a lo anterior se analizarán las partes principales de las calderas en forma general, especificando en cada caso el tipo de caldera que dispone de dicho elemento.

### 1. HOGAR O FOGON

Es el espacio donde se produce la combustión. Se le conoce también con el nombre de **Cámara de Combustión**.

Los hogares se pueden clasificar en:

- a) Según su ubicación.
  - Hogar exterior.
  - Hogar interior.
- b) Según el tipo de combustible.
  - Hogar para combustible sólido.
  - Hogar para combustible gaseoso.
- C) Según su construcción.
  - Hogar liso.
  - Hogar corrugado.

Esta clasificación rige solamente cuando el hogar de la caldera lo componen uno o más tubos a los cuales se les da el nombre de "Tubo Hogar".

## 2. PUERTA HOGAR

Es una pieza metálica, abisagrada, revestida generalmente en su interior con ladrillo refractario o de doble pared, por donde se echa el combustible sólido al hogar y se hacen las operaciones de control del fuego.

En las calderas que queman combustibles líquidos o gaseosos, esta puerta se reemplaza por el quemador.

## 3. EMPARRILLADO

Son piezas metálicas en forma de rejas, generalmente rectangulares o trapezoidales, que van en el interior del fogón y que sirven de soporte al combustible sólido. Debido a la forma de reja que tienen, permiten el paso del **Aire Primario** que sirve para que se produzca la combustión.

- a) Las parrillas deben adaptarse al combustible y deben cumplir principalmente los siguientes requisitos:
  - Deben permitir convenientemente el paso del aire.
  - Deben permitir que caigan las cenizas.
  - Deben permitir que se limpien con facilidad y rapidez.
  - Deben impedir que se junte escoria.
  - Los barrotes de la parrilla deben ser de buena calidad para que no quemen o deformen.
  - Deben ser durables.

Algunos diseños de parrillas permiten que por su interior pase agua para refrigerarla y evitar recalentamientos.

b) Tipos de parrilla:

- Según su instalación:

+ Fijas o estacionarias: Son aquellas que no se muevan durante el trabajo.

+ Móviles o rotativas: Son aquellas que van girando o avanzando mientras se quema el combustible.

- Según su posición:

- Horizontales

- Inclínadas

- Escalonadas.

#### **4. CENICERO**

Es el espacio que queda bajo la parrilla y que sirve para recibir las cenizas que caen de ésta. Los residuos acumulados deben retirarse periódicamente para no obstaculizar el paso de aire necesario para la combustión.

En algunas calderas el cenicero es un depósito de agua.

#### **5. PUERTA DEL CENICERO**

Accesorio que se utiliza para realizar las funciones de limpieza del cenicero. Mediante esta puerta regulable se puede controlar también la entrada del aire primario al hogar.

Cuando se hace limpieza de fuegos o se carga el hogar, se recomienda que dicha puerta permanezca cerrada con el objeto de evitar el retroceso de la llama ("Lengua de Toro").

#### **6. ALTAR**

Es un pequeño muro de ladrillo, refractario, ubicado en el hogar, en el extremo opuesto a la puerta del fogón y al final de la parrilla, debiendo sobrepasar a ésta en aproximadamente 30 cm.

Los objetivos del altar son:

- Impedir que caigan de la parrilla residuos o partículas de combustible.
- Ofrecer resistencia a las llamas y gases para que éstos se distribuyan en forma pareja a lo ancho de la parrilla y lograr en esta forma una combustión completa.
- Poner resistencia a los gases calientes en su trayecto hacia la chimenea. Con esto se logra que entreguen todo su calor y salgan a la temperatura adecuada.



## **7. MAMPOSTERIA**

Se llama mampostería a la construcción de ladrillos refractarios o comunes que tienen como objeto:

- a) Cubrir la caldera para evitar pérdidas de calor.
- b) Guiar los gases y humos calientes en su recorrido.

Para mejorar la aislación de la mampostería se dispone, a veces, en sus paredes de espacios huecos (capas de aire) que dificultan el paso del calor.

En algunos tipos de calderas se ha eliminado totalmente la mampostería de ladrillo, colocándose solamente aislación térmica en el cuerpo principal y cajas de humos.

Para este objeto se utilizan materiales aislantes, tales como lana de vidrio recubierta con planchas metálicas y asbestos.

## **8. CONDUCTOS DE HUMO**

Son los espacios por los cuales circulan los humos y gases calientes de la combustión. De esta forma, se aprovecha el calor entregado por estos para calentar el agua y/o producir vapor.

## **9. CAJA DE HUMO**

Corresponde al espacio de la caldera en el cual se juntan los humos y gases, después de haber entregado su calor y antes de salir por la chimenea.

## **10. CHIMENEA**

Es el conjunto de salida de los gases y humos de la combustión para la atmósfera. Además tiene como función producir el tiro necesario para obtener una adecuada combustión.

## **11. REGULADOR DE TIRO O TEMPLADOR**

Consiste en una compuerta metálica instalada en el conducto de humo que comunica con la chimenea o bien en la chimenea misma. Tiene por objeto dar mayor o mejor paso a la salida de los gases y humos de la combustión.

Este accesorio es accionado por el operador de la caldera para regular la cantidad de aire en la combustión, al permitir aumentar (al abrir) o disminuir (al cerrar) el caudal. Generalmente, se usa una combinación con la puerta del cenicero.

## **12. TAPAS DE REGISTRO O PUERTAS DE INSPECCION**

Son aberturas que permiten inspeccionar, limpiar y reparar la caldera. Existen dos tipos, dependiendo de su tamaño:

- Las puertas hombre
- Las tapas de registro.

La puerta hombre por sus dimensiones permite el paso de un hombre al interior de la caldera.

Las tapas de registro, por ser de menor tamaño, permiten sólo el paso de un brazo.

## **13. PUERTAS DE EXPLOSION**

Son puertas metálicas con contrapeso o resorte, ubicadas generalmente en la caja de humos y que se abren en caso de exceso de presión en la cámara de combustión, permitiendo la salida de los gases y eliminando la presión.

Sólo son utilizables en calderas que trabajen con combustible líquido o gaseoso.

## **14. CAMARA DE AGUA**

Es el volumen de la caldera que está ocupado por el agua que contiene y tiene como límite superior un cierto nivel mínimo del que no debe descender nunca el agua durante su funcionamiento. Es el comprendido del nivel mínimo visible en el tubo de nivel hacia abajo.

## **15. CAMARA DE VAPOR**

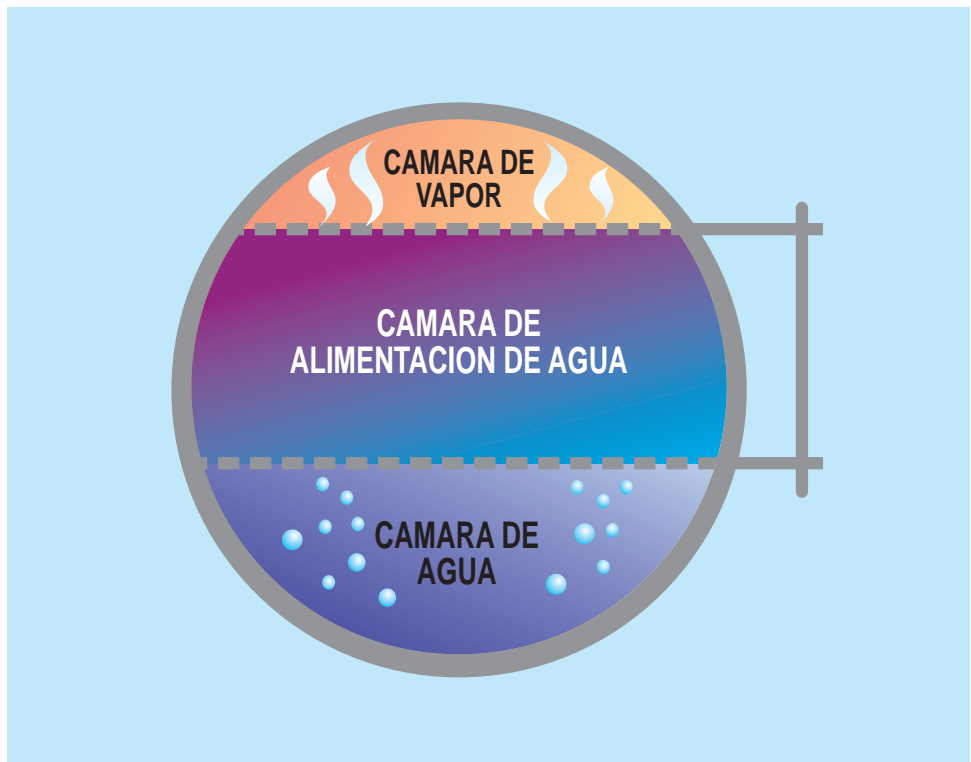
Es el espacio o volumen que queda sobre el nivel superior máximo de agua y en el cual se almacena el vapor generado por la caldera.

Mientras más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara.

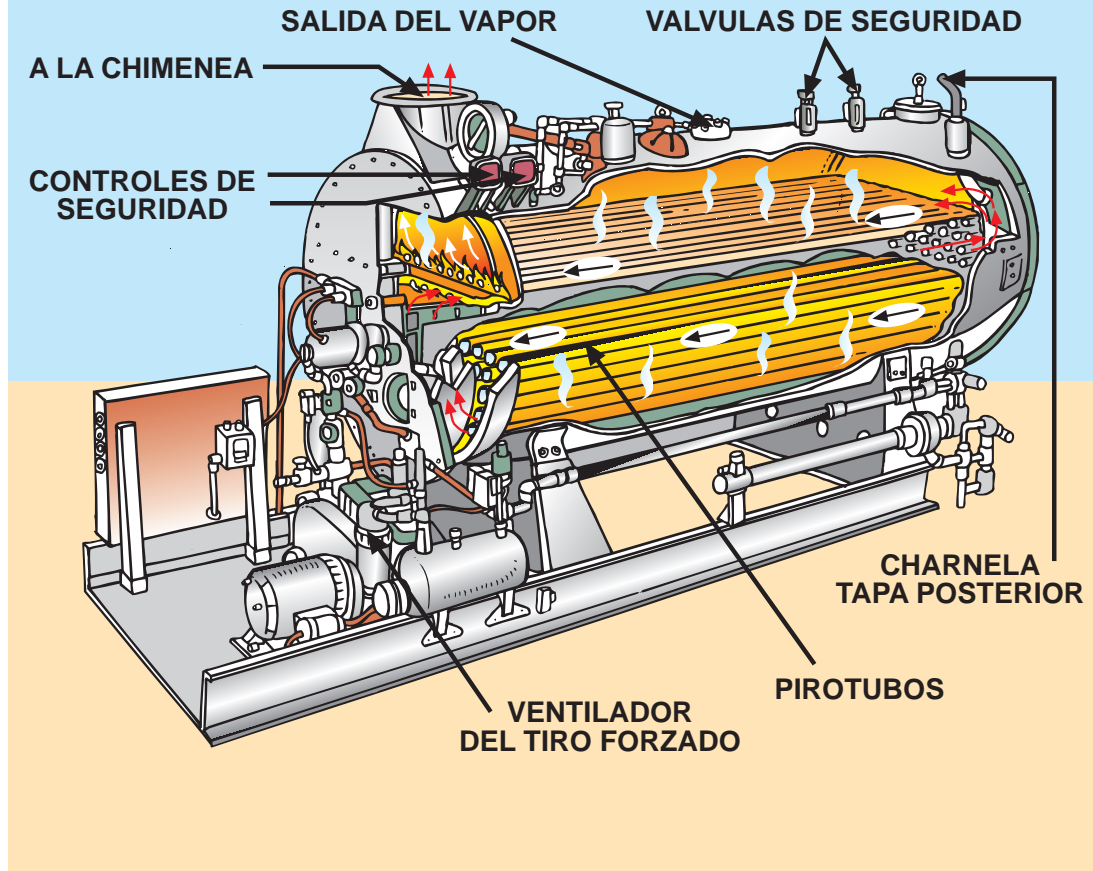
En este espacio o cámara, el vapor debe separarse de las partículas de agua que lleva en suspensión. Por esta razón, algunas calderas tienen un pequeño cilindro en la parte superior de esta cámara, llamada "domo", y que contribuye a mejorar la calidad del vapor (hacerlo más seco).

## 16. CAMARA DE ALIMENTACION DE AGUA

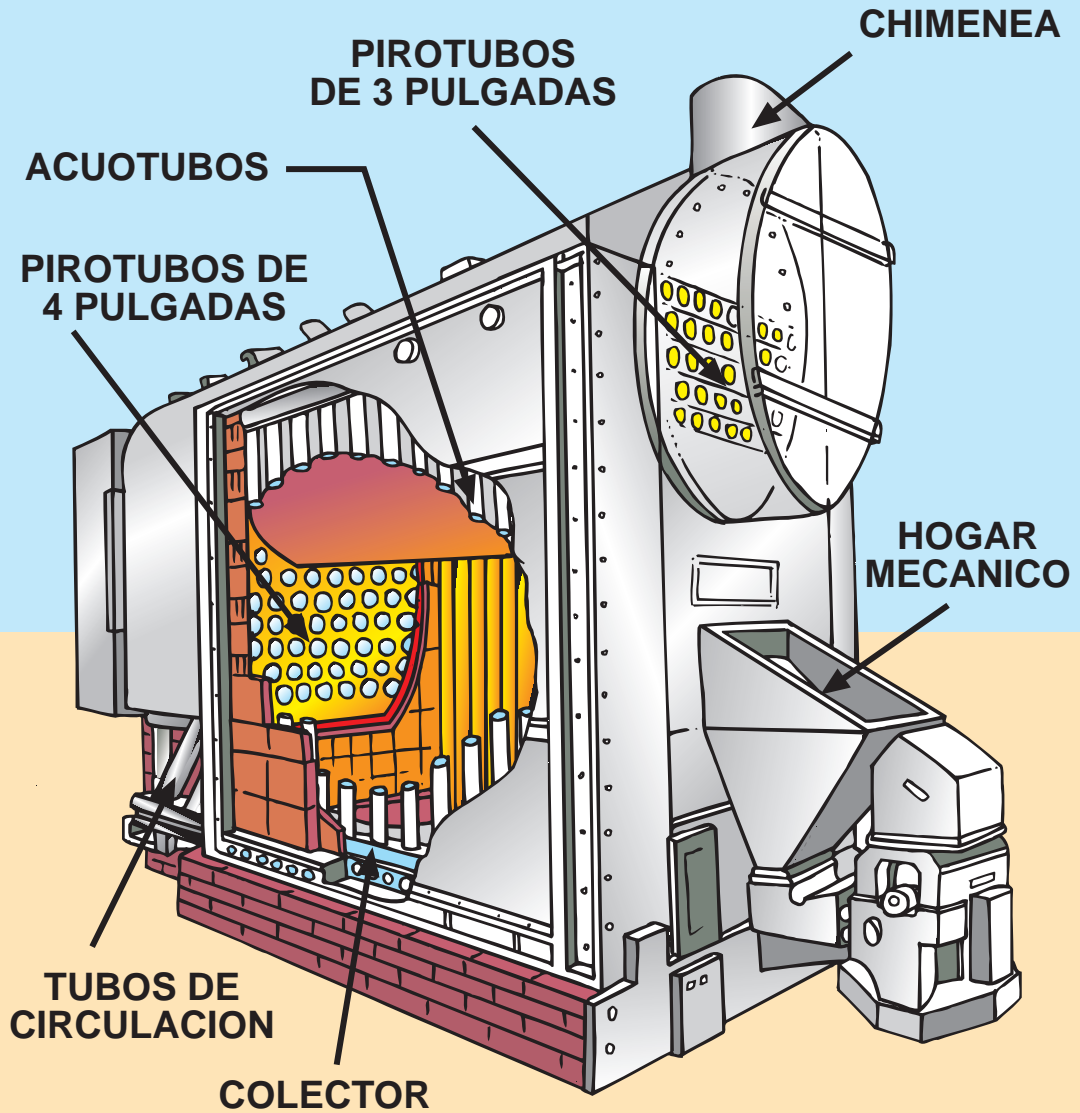
Es el espacio comprendido entre los niveles máximo y mínimo de agua. Durante el funcionamiento de la cámara, se encuentra ocupada por agua y/o vapor, según sea donde se encuentre el nivel de agua.



## CALDERA CLEAVER-BROOKS, DE CUATRO PASOS, PIROTUBULAR

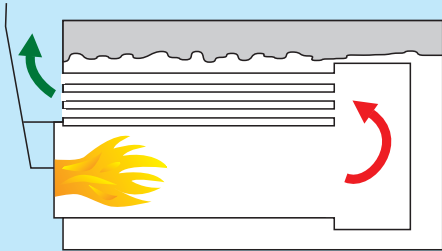


# CALDERA ERIC CITY ACUOPIROTUBULAR

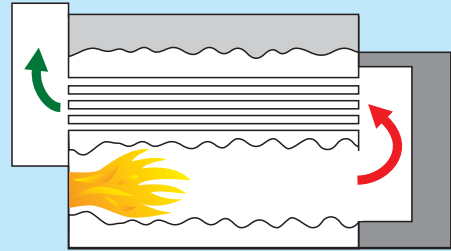


# CALDERAS ESCOCESAS

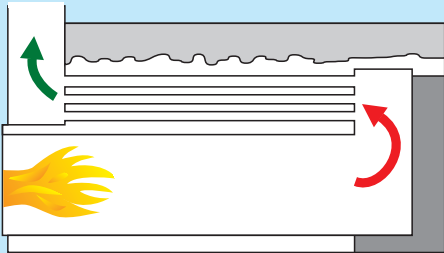
## FLUJO DE LOS GASES DE COMBUSTION



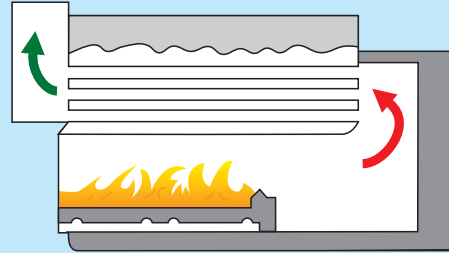
CABEZAL POSTERIOR ENFRIADO POR AGUA, DE DOS RETORNOS, COMBUSTION DE ACEITE O GAS



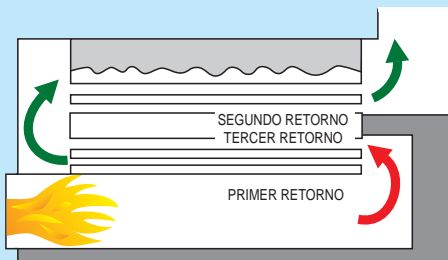
HOGAR POSTERIOR SECO, DE DOS RETORNOS, FOGON CORRUGADO, COMBUSTION DE ACEITE O GAS



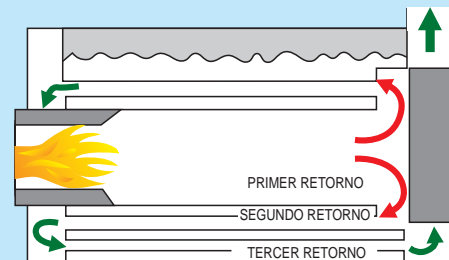
DE TAPA ENFRIADA POR AGUA, DOS RETORNOS, COMBUSTION DE ACEITE O GAS



HOGAR POSTERIOR SECO, DE DOS RETORNOS, COMBUSTION DE ACEITE O GAS

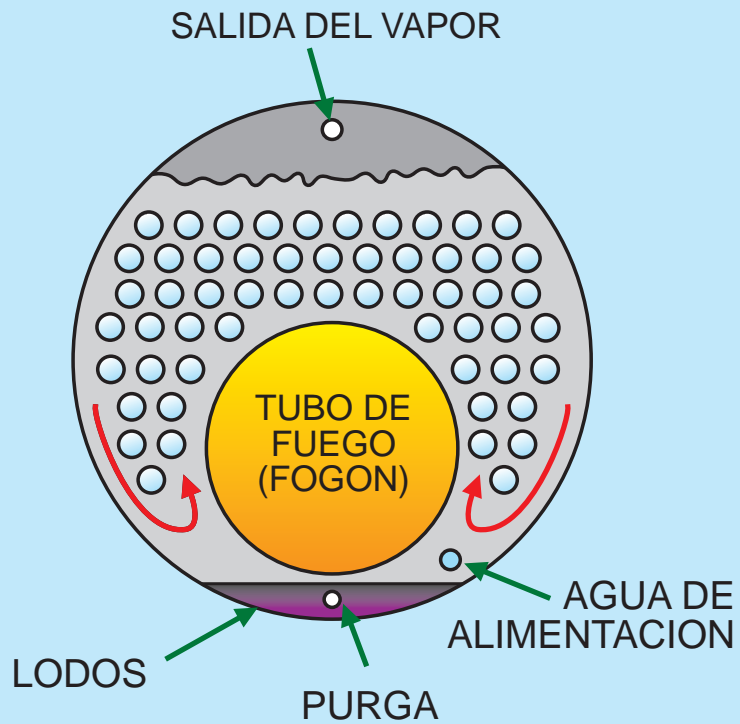


HOGAR POSTERIOR SECO, DE TRES RETORNOS, COMBUSTION DE ACEITE O GAS

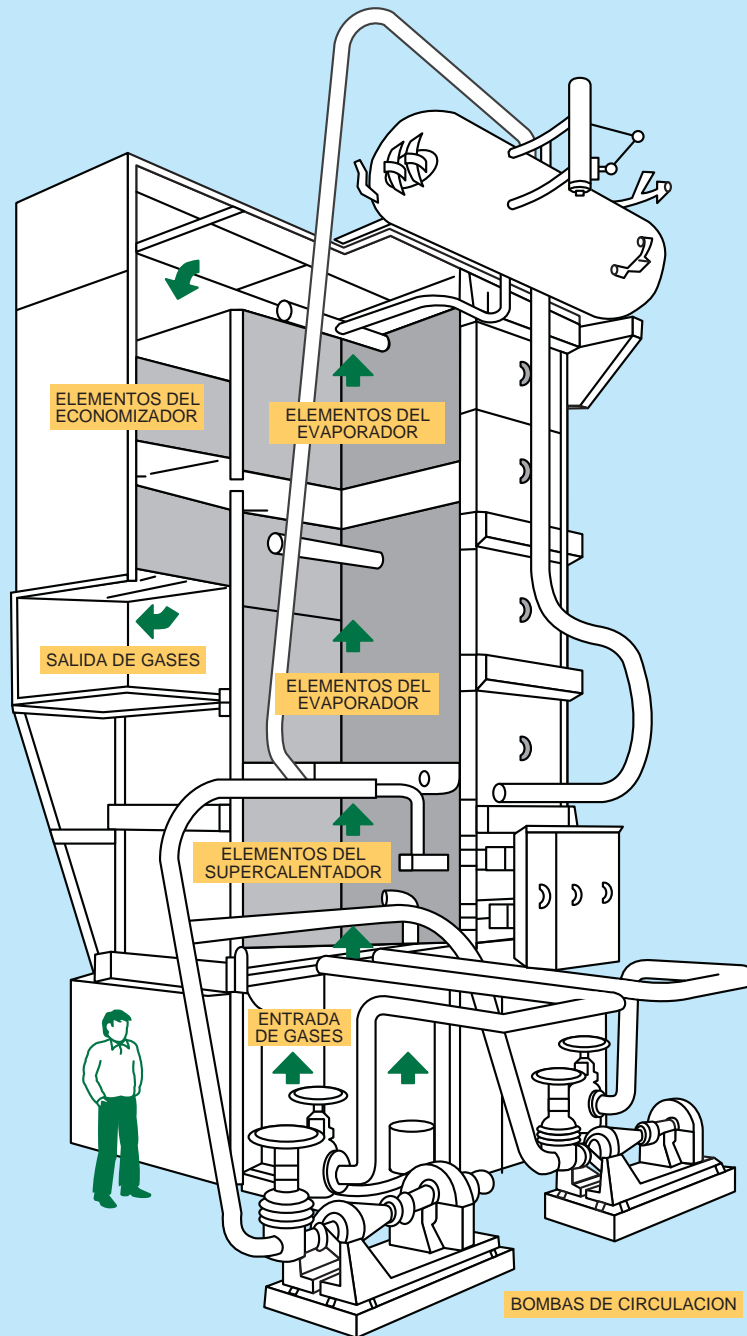


HOGAR POSTERIOR SECO, DE TRES RETORNOS, COMBUSTION DE ACEITE O GAS

# CIRCULACION DEL AGUA EN LA CALDERA ESCOCESA



# CALDERA LA MONT





# CALDERA LA MONT

