



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON

PROPUESTA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE UNA
CALDERA INSTALADA EN EL HOSPITAL GENERAL
DE ZONA No. 25 DEL IMSS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: MECANICA

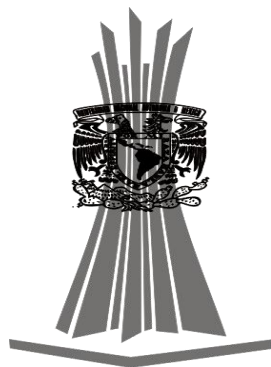
P R E S E N T A:

JUAN CARLOS RICO MORENO

ASESOR: ING. JORGE ANTONIO RODRIGUEZ LUNA

CD. NEZAHUALCOYOTL, EDO. DE MÉXICO

2015





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Objetivo.....	1
Introducción.....	2
Capítulo I: Concepto de termodinámica.....	4
1 Concepto de termodinámica.....	5
1.1 Sistema termodinámico.....	5
1.2 Estado termodinámico.....	6
1.3 Proceso termodinámico.....	7
1.3.1 Procesos reversibles e irreversibles.....	8
1.4 Ciclo termodinámico.....	8
1.5 Primera Ley de la Termodinámica.....	10
1.5.1 Procesos termodinámicos simples sobre gases ideales.....	11
1.6 Procesos cíclicos.....	18
1.7 Ciclo de Carnot.....	19
1.8 Maquinas térmicas.....	20
1.9 Segunda Ley de la Termodinámica.....	21
Capítulo II: Conceptos básicos en calderas.....	23
2.1 Clasificación y partes principales de calderas.....	24
2.2 Calderas.....	24
2.3 Generador de vapor.....	24
2.4 Clasificación de las calderas. Generalidades.....	24
2.4.1 Factores de clasificación.....	25
2.4.2 Calderas diversas.....	27
2.5 Partes principales de una caldera.....	28

2.5.1	Hogar o fogon.....	28
2.5.2	Puerta del hogar.....	29
2.5.3	Parrillas (o emparrillado).....	29
2.5.4	Cenicero.....	30
2.5.5	Puerta del cenicero.....	30
2.5.6	Altar.....	30
2.5.7	Mampostería.....	31
2.5.8	Conductos de humo.....	31
2.5.9	Cajas de humo.....	31
2.5.10	Chimenea.....	31
2.5.11	Regulador de tiro o templador.....	31
2.5.12	Tapas de registro o puertas de inspección.....	32
2.5.13	Puertas de explosión.....	32
2.5.14	Cámara de agua.....	32
2.5.15	Cámara de vapor.....	32
2.5.16	Cámara de alimentación de agua.....	33
2.6	Selección de cadenas.....	33
2.6.1	Factores predominantes para la selección de cadenas.....	33
2.6.2	Requisitos.....	33
2.7	Accesorios de calderas.....	35
2.8	Indicadores de nivel del agua.....	38
2.9	Indicadores de presión.....	40
2.10	Analizadores de gases de la combustión.....	42
2.11	Indicadores de temperatura.....	43
2.12	Válvulas de seguridad.....	44

2.12.1	Tapón fusible.....	46
2.12.2	Alarmas.....	47
2.12.3	Accesorios de alimentación de agua.....	48
2.13	Bombas de alimentación.....	48
2.14	Inyectores de agua.....	48
2.15	Mantenimiento.....	50
2.15.1	Puertas de inspección.....	51
2.16	Llaves de purga.....	51
2.17	Sopladores de hollín - limpiatubos mecánicos.....	52
2.18	Quemadores de combustible líquido.....	52
2.18.1	Quemador para carbón pulverizado.....	53
2.19	Accesorios recuperadores de calor. Economizadores.....	53
2.19.1	Calentadores de aire (precalentadores).....	54
2.19.2	Retardadores.....	54
2.20	Accesorios de control del grado de calentamiento del vapor. Sobrecalentadores.....	55
2.20.1	Desobrecalentadores, saturadores o atemperadores.....	56
2.20.2	Accesorios de control automático.....	56
2.21	Control de presión o presostatos.....	57
2.22	Control de temperaturas o termostatos.....	57
2.23	Control de bajo nivel de agua.....	57
2.24	Control de aire.....	57
2.25	Control de la llama.....	57
2.26	Control del encendido (chispa).....	57
	Capítulo III: Eficiencia de una caldera.....	58
3.1	Parámetros que afectan la eficiencia de una caldera.....	59

3.2	Valores de exceso de aire.....	60
3.2.1	Método directo.....	60
3.2.2	Método indirecto.....	60
3.3	Calor que sale (exportado) con el vapor.....	61
3.3.1	Calor suministrado por el combustible.....	61
3.4	Poder calorífico.....	61
3.4.1	Poder calorífico bruto (PCB).....	61
3.4.2	El poder calorífico neto (PCN).....	61
3.5	Reacción básica.....	62
3.5.1	Protección al ambiente.....	63
3.5.2	Tecnología.....	64
3.6	Perdidas de calor.....	64
3.6.1	Pérdidas de calor en gases de combustión.....	64
3.6.2	Pérdidas por radiación.....	65
3.6.3	Pérdidas en purga.....	65
3.7	Quemadores.....	66
3.7.1	Rango del quemador.....	66
3.7.2	Quemadores de combustóleo.....	67
3.7.3	Quemadores a presión tipo “jet”.....	67
3.7.4	Quemador de copa rotativa.....	68
3.7.5	Quemadores para gas.....	68
3.7.5.1	Quemadores baja presión.....	69
3.7.5.2	Quemadores de alta presión.....	69
3.8	Sistemas de control para quemadores.....	69
3.8.1	Sistema encendido - apagado (on/off).....	70

3.8.1.1	Ventajas del sistema de control encendido – apagado.....	70
3.8.1.2	Desventajas del sistema de control encendido – apagado.....	70
3.8.2	Sistemas de control, fuego alto y bajo.....	71
	Capítulo IV: La caldera tipo Power Master.....	72
4	Descripción general.....	73
4.1	La caldera.....	73
4.2	Aislamiento.....	74
4.3	Controles de uso común	75
4.4	Controles para vapor.....	76
4.5	Controles para agua caliente.....	76
4.6	Controles para unidades de combustión.....	76
4.7	Construcción.....	77
4.8	Calderas de agua caliente.....	78
4.9	Requerimos de un flujo continuo de agua a través de la caldera de agua caliente.....	79
4.10	Calderas de vapor.....	83
4.11	Tratamiento de agua.....	83
4.12	Limpieza.....	85
4.13	Puesta en marcha de la caldera.....	86
	Capítulo V: Mejoras en la eficiencia de la caldera Power Master a Diesel.....	87
5	Temperatura del agua de alimentación.....	88
5.1	La energía solar térmica.....	88
5.1.1	Componentes de la instalación.....	89
5.2	Sistema de captación de radiación solar.....	89

5.2.1	Sistema de acumulación de energía solar termina.....	90
5.2.2	Sistema de distribución de la energía solar térmica.....	91
5.2.3	Sistemas convencionales de apoyo energético.....	91
5.3	El gas natural.....	92
5.4	Instalación de gas.....	92
5.4.1	Gas canalizado.....	93
5.5	Los elementos del contador de gas.....	95
	Conclusión.....	98
	Bibliografía.....	99

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es lograr una mayor eficiencia en el equipo de calderas instalado actualmente en el Hospital General de Zona No.25 del IMSS con el propósito de hacerla más rentable y más amigable con el medio ambiente dado que esta caldera pertenece a una institución al cuidado de la salud, participando de este modo en el combate al calentamiento global.

INTRODUCCIÓN

La humanidad desde el inicio ha tenido que satisfacer su necesidad de energía para satisfacer algunas demandas vitales. Se da a entender que la energía ha sido siempre una parte vital de lo que es la historia desde la creación de la primera fuente de energía de la cual el hombre tuvo el control: el fuego. Desde esa simple creación el hombre encontró diversos usos para facilitar su vida, como la búsqueda de calor y a través de la historia se ha visto la creación de mas y mas fuentes de energía con la cual la industrialización día a día a facilitado la vida del hombre y esto se puede notar con tan solo ver alrededor y observar las facilidades que nos ha brindado la energía y sus creaciones.

Aunque la mayoría de las energías no son indispensables para el ser humano ya se han vuelto inseparables de este, ya que como personas estamos tan acostumbradas a las facilidades que tenemos, y que si los medios energéticos dejaran de funcionar, las comodidades a las que estamos tan acostumbrados, simplemente desaparecerían dejándonos en un mundo en el cual sería difícil seguir en una vida a la cual no estamos acostumbrados.

Esto cruelmente no es una realidad lejana ya que existen algunos medios de energía los cuales son limitados como el petróleo entre otros. En diversas investigaciones se ha visto y concluido que las reservas mundiales de petróleo solo podrán durar cuando mucho un siglo más y después desaparecerá. Otro de estas energías limitadas seria el carbón pero con una mejor perspectiva del petróleo ya que en esta se estima que su duración en este planeta será de al menos un poco mas de 450 años aunque estos dos recursos de energía en su uso dependen compuestos de carbono en la atmósfera dañando la capa de ozono, situación que ha llevado a la búsqueda de nuevas fuentes de energía entre ellas la energía nuclear aunque esta no arregla mucho el problema de contaminación, es un recurso eléctrico de gran ayuda porque aunque solo hayan poco mas de 400 reactores nucleares a través del mundo se estima que en algunos países en los que estos se encuentran, los reactores llegan a generar un 15% de la energía aunque también tiene su desventajas ya que en estas existe desechos tóxicos que generan una gran contaminación en el medio en el que se depositen, más los riesgos de dispersión de radioactividad que podría afectar en la salud de las personas y además del hecho que necesitan de una vigilancia extrema la 24 horas dado a esto es unos de los recursos que en varias comunidades no son aceptados debido al constante peligro que estos representan y las catástrofes que han llevado en si como la bien conocida en chernobyl.

Aun con todas sus tipos y desventajas sigue siendo una función vital ya que la energía es la que enciende nuestra iluminación de interiores y exteriores, el calentamiento y refrigeración de nuestras casas, nuestros transportes y muchas otras cosas más.

Hago referencia a su importancia por las facilidades de hoy en día ya que tan solo hace menos de un siglo los únicos tipos de energía eran la de los animales y la del fuego que brindaba calor y desde esos pequeños recursos en poco más de 100 años se ha visto como evoluciona la energía en nuestros alrededores. Gracias al gran apoyo que la industrialización le ha dado a la energía es por lo que contamos con tantas facilidades en todos los aspectos hoy en día.

Y así la energía continuó evolucionando como en el siglo 19 en la invención de la máquina de vapor dando así inicio a la industrialización al ocupar herramientas en vez de la fuerza de los animales. Esta máquina llegó junto con los primeros motores de combustión interna y con la utilización de gas para la calefacción y el inicio del alumbrado. Con estos movimientos se produjeron grandes avances en la generación de la energía eléctrica.

En estos inicios de la revolución industrial llegaron muchos inventores aun mejores a la máquina de vapor como el sistema de locomoción inventado en 1825 o comúnmente conocido como locomotora sin embargo a pesar de la gran ayuda que dio este invento dio inicio a la explotación de unos de los recursos limitados del planeta el cual fue el carbón.

El primer sistema de locomoción era eficaz pero este consumía grandes cantidades de carbón y esto es lo que generó una lucha constante de mejora del rendimiento ocupando menos recursos aunque poco a poco al paso de los años la demanda del carbón comenzó a disminuir ante la presentación y el uso del petróleo y sus derivados.

Aunque el petróleo fue de gran uso hasta que Gran Bretaña estableció en Irán el primer campo petrolífero en 1941.

El petróleo fue un gran recurso hasta 1973 que es el año en el cual inicia la escasez de petróleo y desde ese año su precio ha ido en aumento ante esta situación, que dio nuevamente uso al carbón ya que este había sido olvidado y los recursos no habían sido escasos, por décadas las industrias empezaron a aprovechar el carbón intentando dar un uso equilibrado o balanceado ante dichos elementos, el petróleo, el carbón y el gas.

Y así es cómo han ido evolucionando los tipos de energía y en sí, los diversos combustibles que el ser humano ha empleado a lo largo de la historia para intentar mantener o aun facilitar más el cómodo estilo de vida el cual se nos ha dado la oportunidad de aprovechar hoy día.

CAPITULO I

Concepto de termodinámica

1. CONCEPTO DE TERMODINAMICA

La Termodinámica es la rama de la Física que trata del estudio de los estados de equilibrio termodinámico de los sistemas macroscópicos y de la interconversión de las distintas formas de energía, en particular de la transformación de calor en trabajo. Los sistemas que son objeto del estudio de la Termodinámica se denominan Sistemas Termodinámicos.

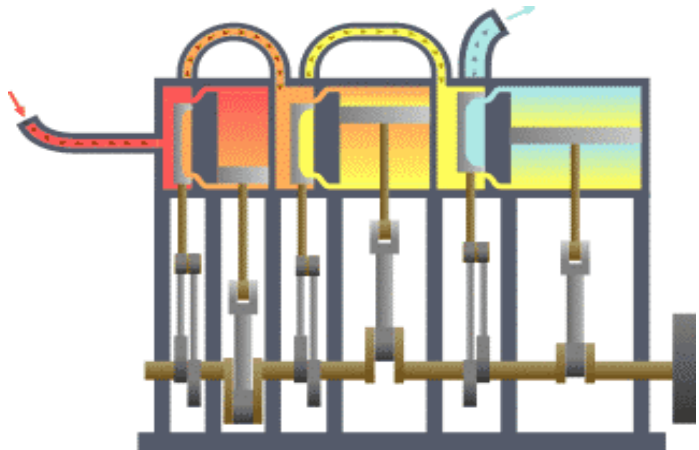


Fig. 1.1 Motor de combustión interna

1.1 SISTEMA TERMODINÁMICO

En Física, un sistema es simplemente un cuerpo o conjunto de cuerpos que aislamos, imaginariamente o mediante un esquema, para analizar su comportamiento en determinados fenómenos físicos.

En Termodinámica, un sistema termodinámico es una parte del Universo que se aísla para su estudio. Este "aislamiento" se puede llevar a cabo de una manera real, en el campo experimental, o de una manera ideal, cuando se trata de abordar un estudio teórico.

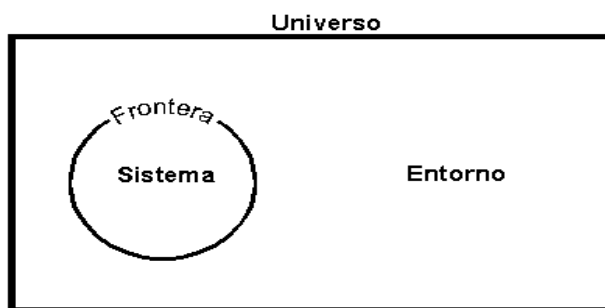


Fig. 1.2. Sistema termodinámico a bloques

Conviene precisar el concepto de *sistema termodinámico* como una cantidad de materia limitada por una superficie cerrada. Si el sistema es un bloque de cobre, la superficie es simplemente la del bloque. El sistema pudiera ser un gas, o un gas y un líquido, contenido en un cilindro provisto de un pistón móvil.

Los sistemas termodinámicos se clasifican según el grado de aislamiento que presentan con su entorno en:

- *Sistema aislado*, que es aquel que no intercambia ni materia ni energía con su entorno. Un ejemplo de esta clase podría ser un gas encerrado en un recipiente de paredes rígidas lo suficientemente gruesas (paredes adiabáticas) como para considerar que los intercambios de energía calorífica sean despreciables, ya que por hipótesis no puede intercambiar energía en forma de trabajo.
- *Sistema cerrado*. Es el que puede intercambiar energía pero no materia con el exterior. Multitud de sistemas se pueden englobar en esta clase. El mismo planeta Tierra puede considerarse un sistema cerrado. Una lata de sardinas también podría estar incluida en esta clasificación.
- *Sistema abierto*. En esta clase se incluyen la mayoría de sistemas que pueden observarse en la vida cotidiana. Por ejemplo, un vehículo motorizado es un sistema abierto, ya que intercambia materia con el exterior cuando es cargado, o su conductor se introduce en su interior para conducirlo, o es cargado de combustible, o se consideran los gases que emite por su tubo de escape pero, además, intercambia energía con el entorno. Sólo hay que comprobar el calor que desprende el motor y sus inmediaciones o el trabajo que puede efectuar acarreando carga

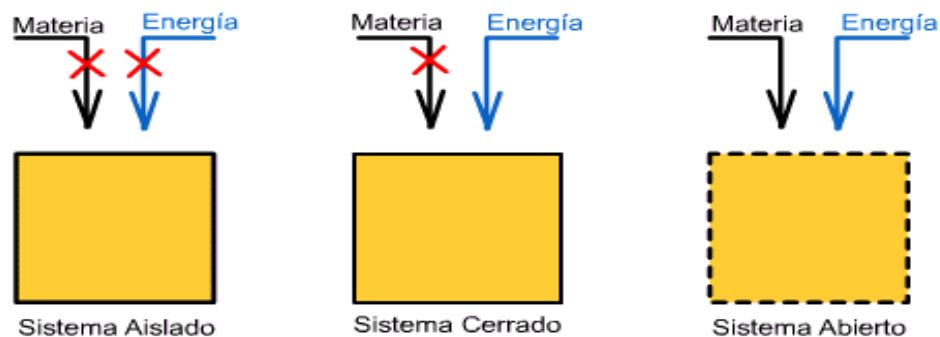


Fig. 1.3. Clasificación de los sistemas termodinámicos

1.2 ESTADO TERMODINÁMICO

El *estado termodinámico del sistema* viene representado por un conjunto de parámetros macroscópicos linealmente independientes (PRESIÓN, volumen, temperatura, etc.). Las magnitudes que sólo son función de los parámetros independientes en el instante considerado, son las funciones de estado.

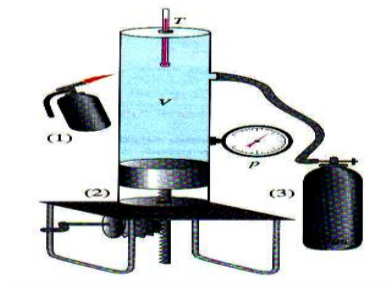


Fig. 1.4 instrumentos de medición

El estado termodinámico de un sistema es *estacionario*, cuando sus parámetros permanecen constantes en el tiempo; si no existen fuentes de energía externas, el sistema se encuentra en un estado de equilibrio termodinámico. El estado termodinámico de un sistema es *transitorio*, cuando sus parámetros dependen del tiempo.

1.3 PROCESO TERMODINÁMICO

Se denomina proceso al conjunto de infinitos estados i un sistema, cuando cambia de un estado inicial transformaciones deben transcurrir desde un estado final; es decir, que las magnitudes que sufren una variación a otro deben estar perfectamente definidas en dichos e

Un proceso termodinámico puede ser visto como lo desde unas condiciones iniciales hasta otras condiciones con interacciones con el entorno de trabajo o calor

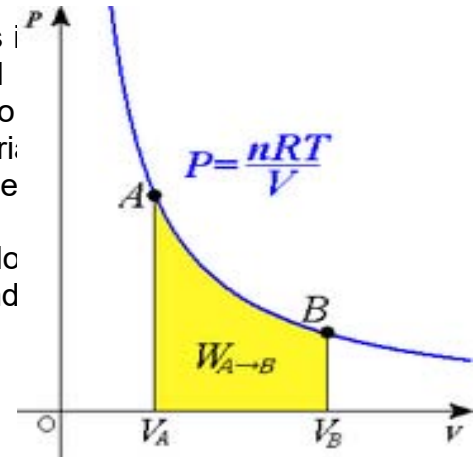


Fig. 1.5. Curva Presión vs. Volumen

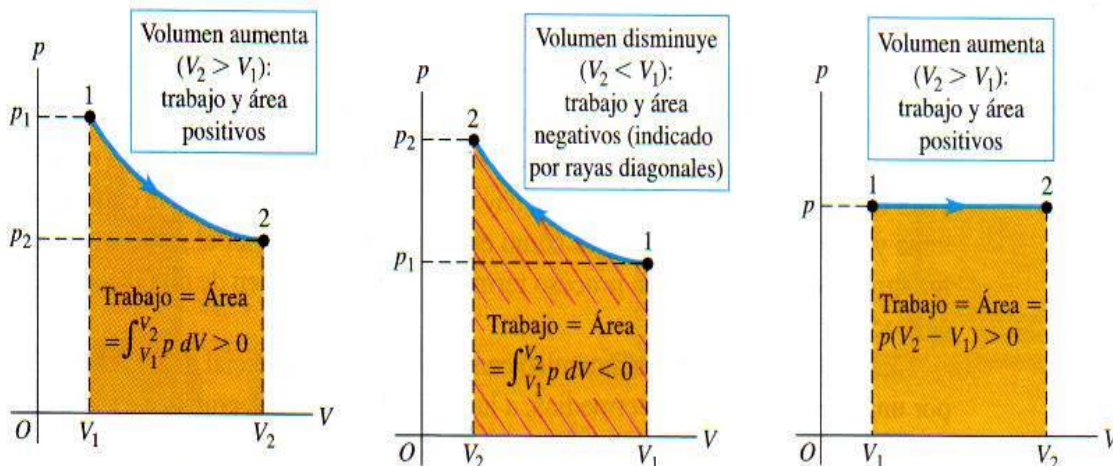


Fig. 1.6. Área bajo la curva presión vs. volumen

El trabajo realizado durante el proceso por o en contra del sistema, se puede representar como el área bajo la curva en un diagrama presión vs volumen

1.3.1 PROCESOS REVERSIBLES E IRREVERSIBLES:

Un proceso termodinámico desde un estado inicial i a un estado final f tal que, tanto el sistema como el medio externo pueden reintegrarse desde el estado final f a su estado inicial i , de forma que no se origine ningún cambio exterior al sistema ni a su medio ambiente, se dice que es un proceso reversible. Caso contrario el proceso es irreversible.

El envejecimiento, la erosión, la fotosíntesis, la evaporación son procesos de transformación natural. En rigor, todo lo que ocurre en la naturaleza, son procesos o transformaciones naturales, y una característica de todos ellos es que se desarrollan durante un lapso de tiempo (ninguno es instantáneo). En estricto rigor, ninguno de los procesos que tienen lugar en la naturaleza es reversible.

Los procesos “reversibles” son idealizaciones “convenientes” para la descripción ordenada y simplificada de procesos que ocurren realmente en la naturaleza. Son aproximaciones y pueden ser considerados sólo bajo ciertas condiciones.

1.4 CICLO TERMODINÁMICO

Se denomina ciclo termodinámico a cualquier serie de procesos termodinámicos tales que, al transcurso de todos ellos, el sistema regrese a su estado inicial; es decir, que la variación de las magnitudes termodinámicas propias del sistema sea nula.

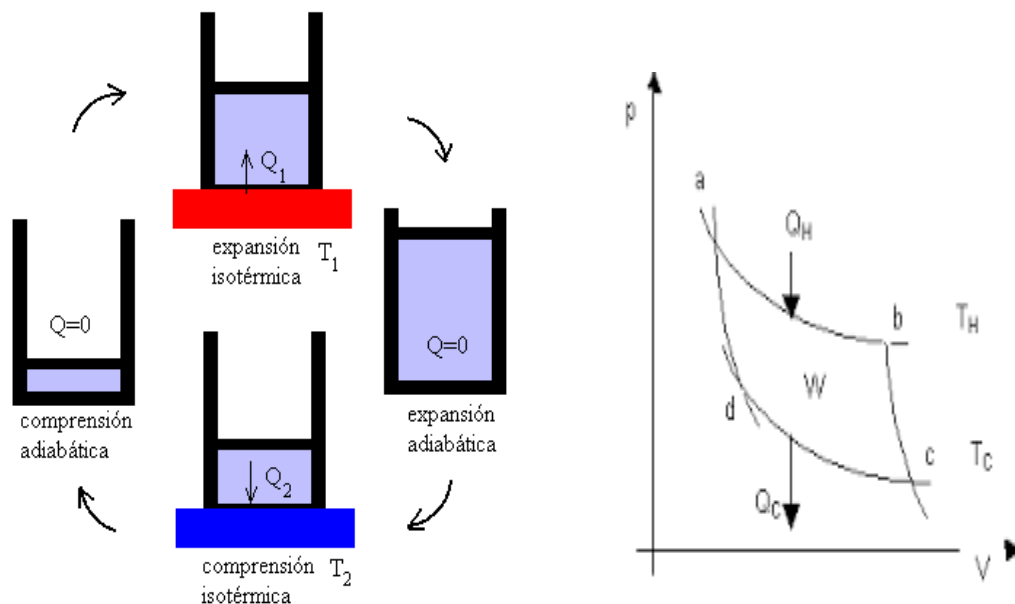


Fig. 1.7. Ciclos termodinámicos

En un ciclo Termodinámico la ΔU es cero y el trabajo neto realizado es igual al calor neto recibido por el sistema

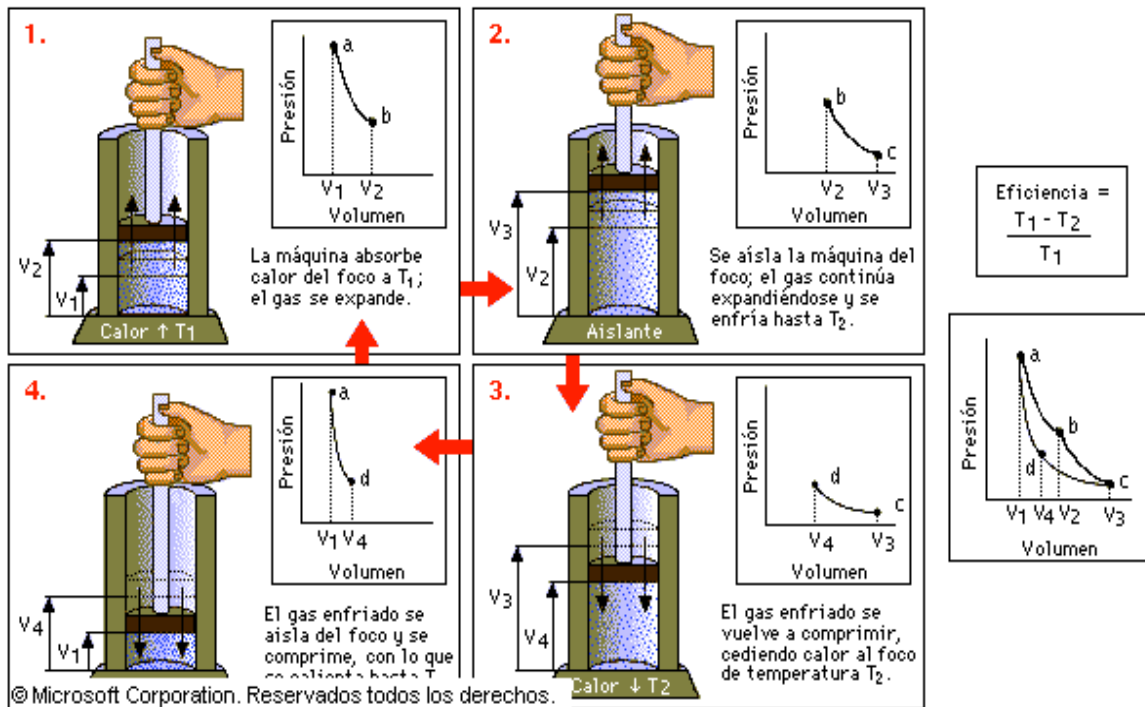


Fig. 1.8. Ciclo termodinámico de un motor térmico

Un motor térmico de eficiencia perfecta realizaría un ciclo ideal en el que todo el calor se convertiría en trabajo mecánico. El científico francés del siglo XIX Sadi Carnot, que concibió un ciclo termodinámico que constituye el ciclo básico de todos los motores térmicos, demostró que no puede existir ese motor perfecto. Cualquier motor térmico pierde parte del calor suministrado. El segundo principio de la termodinámica impone un límite superior a la eficiencia de un motor, límite que siempre es menor del 100%. La eficiencia límite se alcanza en lo que se conoce como ciclo de Carnot.

Generalmente, el estudio de los ciclos termodinámicos se lleva a cabo suponiendo que el sistema es un fluido perfecto, que funciona en una máquina igualmente perfecta, es decir, suponiendo que el ciclo está constituido por una serie de transformaciones termodinámicas ideales.

1.5 PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

El Primer Principio de la Termodinámica se refiere a que sólo pueden ocurrir procesos en los que la Energía total del Universo se conserva.

La primera ley de la termodinámica establece que, cuando se añade calor Q a un sistema mientras este efectúa un trabajo W , la energía interna U cambia en una cantidad igual a $Q - W$

$$\Delta U = Q - W$$

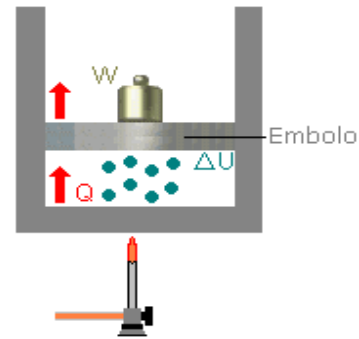


Fig 1.9. Primera Ley de la Termodinámica

$Q > 0$, si el sistema absorbe calor.

$Q < 0$, si el sistema libera calor.

$W > 0$, si el sistema hace trabajo sobre el medio, el volumen aumenta.

$W < 0$, si el medio hace trabajo sobre el sistema, el volumen disminuye.

La energía interna U del sistema depende únicamente del estado del sistema. En un gas ideal depende solamente de su temperatura.

La variación de la energía interna ΔU solo depende de los estados final e inicial. Mientras que la transferencia de calor o el trabajo mecánico dependen del tipo de transformación o camino seguido para ir del estado inicial al final.

La primera ley de la termodinámica se aplica a todo proceso de la naturaleza que parte de un estado de equilibrio y termina en otro. Decimos que si un sistema está en estado de equilibrio cuando podemos describirlo por medio de un grupo apropiado de parámetros constantes del sistema como presión, volumen, temperatura.

La primera ley de la termodinámica nos dice que la energía se conserva en todos los procesos, pero no nos dice si un proceso en particular puede ocurrir realmente. Esta información nos la da una generalización enteramente diferente, llamada segunda ley de la termodinámica.

La primera ley de la termodinámica es general y se aplica a sistemas que involucran líquidos, gases y sólidos, pero es particularmente simple e instructivo aplicar esta ley a sistemas de gases ideales.

1.5.1 PROCESOS TERMODINÁMICOS SIMPLES SOBRE GASES IDEALES

Aplicaremos la primera ley de la termodinámica a diferentes procesos simples y cíclicos. Consideraremos cuatro tipos de procesos simples: isobárico, isócoro, isotérmico y adiabático.

Para precisar diremos que un proceso es un conjunto de cambios que llevan a un sistema termodinámico de un estado (P_1, V_1, T_1) a otro estado (P_2, V_2, T_2) . Asumiremos que durante este proceso el sistema siempre pasa por estados (P, V, T) de equilibrio ($PV = nRT$). A este tipo de procesos se les llama cuasiestáticos. También consideramos que el sistema puede regresar del estado (P_2, V_2, T_2) al estado (P_1, V_1, T_1) a través de un conjunto de estados de equilibrio. Decimos que estos procesos son reversibles.

Proceso Isobárico (a presión constante)

Si el gas ideal contenido en el recipiente de la fig.1.10 recibe calor, la presión sobre el émbolo ejercerá una fuerza sobre éste. En cada instante la fuerza sobre el émbolo será $F = PA$. Si se coloca algún peso (como algunos granos de arena) en la parte externa del émbolo de modo que pueda desplazarse, pero que la presión se mantenga constante, entonces, al desplazarse el émbolo una longitud x , el gas hará sobre el exterior un trabajo

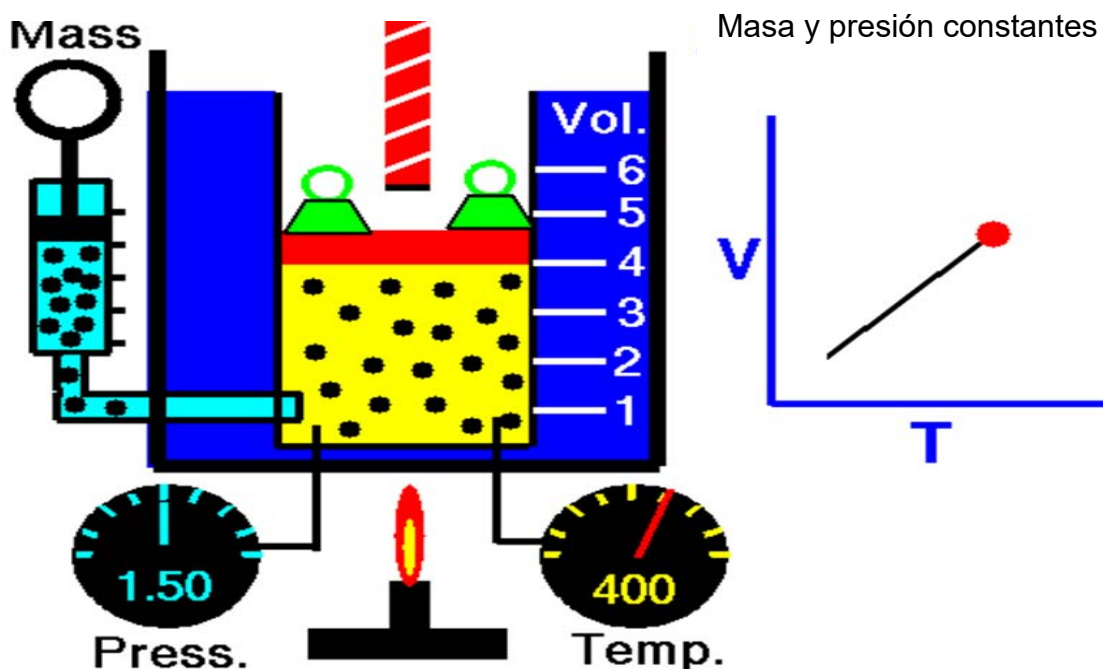
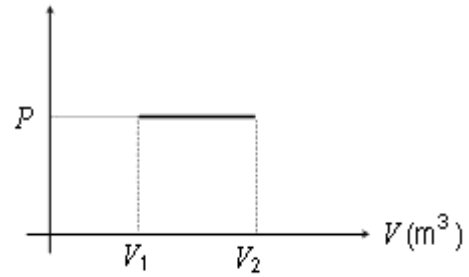


Fig. 1.10 Proceso Termodinámico simple

Este trabajo queda representado por el área del rectángulo de lados p y $(V_2 - V_1)$ en la figura.

$$W = P (V_2 - V_1)$$

$$W = n R \Delta T$$



Si el gas es monoatómico, el incremento en la energía interna será:

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} P (V_2 - V_1) = n c_v \Delta T$$

El calor recibido por el cuerpo es:

$$Q = n c_p (T_2 - T_1) \quad Q = \frac{5}{2} P (V_2 - V_1) \quad Q = \frac{5}{2} n R (T_2 - T_1)$$

Si el gas es di-atómico, el incremento en la energía interna será:

$$\Delta U = \frac{5}{2} n R (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} P (V_2 - V_1)$$

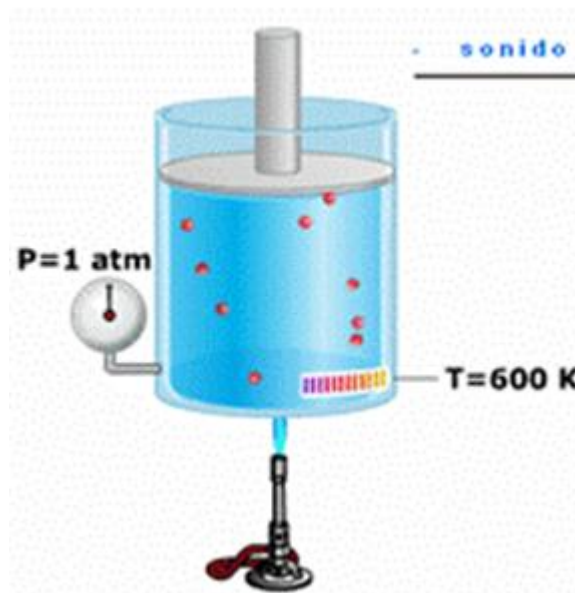
El calor recibido por el cuerpo es

$$Q = \frac{7}{2} P (V_2 - V_1) \quad Q = \frac{7}{2} n R (T_2 - T_1)$$

Capacidad calorífica molar a presión constante:

Se define como el calor necesario para elevar la temperatura de un mol en un grado centígrado. Para incrementar la temperatura de n moles en ΔT se necesita la cantidad de calor

$$Q = n C_p \Delta T$$



La variación de la energía interna por la primera ley de la termodinámica

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = n c_p \Delta T - n R \Delta T$$

Desarrollando esta ecuación con las ecuaciones anteriores, podemos decir que:

Para gases monoatómicos:

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

Para gases diatómicos:

$$C_p = \frac{7}{2} R$$

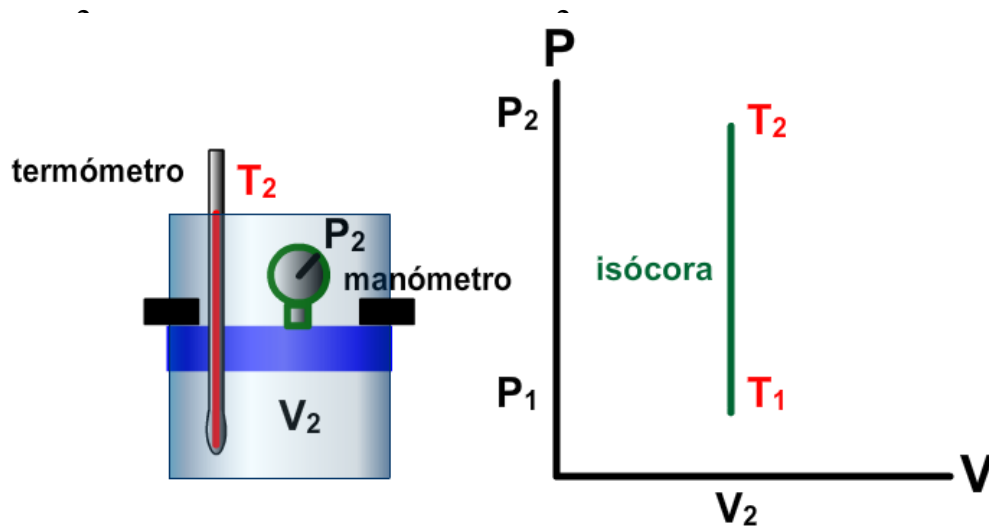
Procesos Isócoros (o procesos a volumen constante)

Cuando un gas recibe calor y se mantiene constante el volumen, no hace trabajo.

$$W = 0$$

el calor recibido por el gas es

$$\Delta Q = n C_V \Delta T$$



el cambio de energía interna para un gas monoatómico es

$$\Delta U = Q$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} V (p_2 - p_1)$$

Capacidad calorífica a volumen constante

Se define como el calor por mol que es necesario entregar a un gas para elevar su temperatura en un grado centígrado, es decir:

$$\Delta Q = n C_V \Delta T$$

$$\frac{3}{2} n R (T_2 - T_1) = n c_v (T_2 - T_1)$$

Para gases monoatómicos

$$C_V = \frac{3}{2} R$$

Para gases di-atómicos

$$C_V = \frac{5}{2} R$$

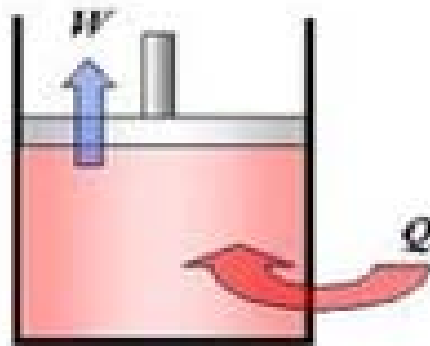
Procesos isotérmicos o procesos a temperatura constante

En un proceso a temperatura constante, la energía interna del gas no varía

$$Q = W$$

$$\Delta U = 0$$

y por lo tanto, la primera ley de la termodinámica nos permite afirmar que todo el calor recibido por un sistema a temperatura constante se convierte en trabajo.



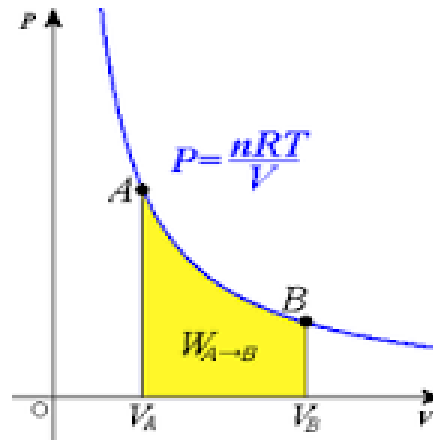


Fig. 1.11 Proceso isotérmico

El trabajo se puede calcular, evaluando el área bajo la curva P vs V ; aquí sólo mostramos el resultado de este cálculo:

$$W = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = 2,3 nRT \log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

Procesos Adiabáticos (o procesos sin intercambio de calor)

En termodinámica se designa como proceso adiabático a aquél en el cual el sistema (generalmente, un fluido que realiza un trabajo) no intercambia calor con su entorno.

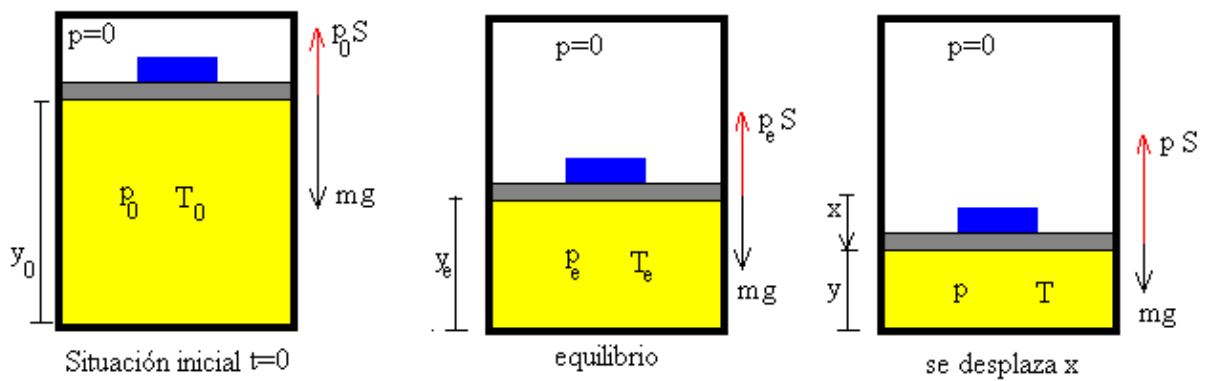
El término *adiabático* hace referencia a elementos que impiden la transferencia de calor con el entorno. Una pared aislada se aproxima bastante a un límite adiabático. Otro ejemplo es la temperatura adiabática de llama, que es la temperatura que podría alcanzar una llama si no hubiera pérdida de calor hacia el entorno. En climatización los procesos de humectación (aporte de vapor de agua) son adiabáticos, puesto que no hay transferencia de calor, a pesar que se consiga variar la temperatura del aire y su humedad relativa.

El calentamiento y enfriamiento adiabático son procesos que comúnmente ocurren debido al cambio en la presión de un gas. Esto puede ser cuantificado usando la ley de los gases ideales.

En este proceso en el que el sistema no intercambia calor con el medio externo, es decir $Q = 0$ la primera ley de la termodinámica nos dice que

$$\Delta U = -W$$

En la figura las paredes del recipiente son adiabáticas y se hace trabajo sobre el gas, incrementándose la temperatura del gas



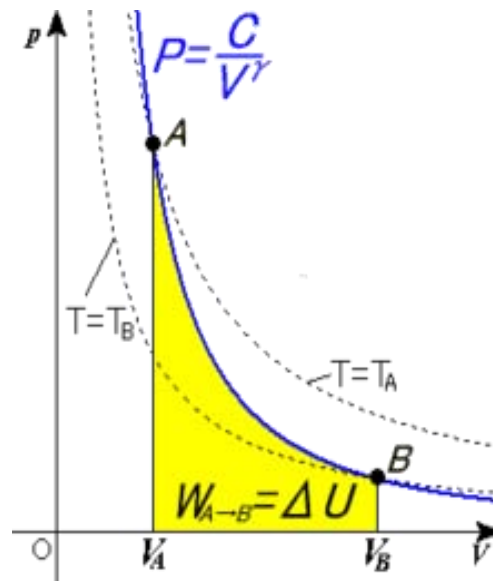
Puede demostrarse analíticamente y verificarse experimentalmente que cuando en un recipiente de material aislante térmico se tiene una cantidad de gas y ésta se somete a cambios cuasi-estáticos de presión entonces la relación P vs V es:

$$P V^\gamma = Cte$$

$$p V^\gamma = nRT$$

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$



De esta ecuación por un proceso que implica el cálculo del área puede demostrarse que el trabajo en un proceso adiabático viene dado por la expresión:

$$W = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{1 - \gamma} = \frac{n R \Delta T}{1 - \gamma} = \frac{n (C_p - C_v) \Delta T}{1 - \gamma}$$

La energía interna se puede calcular con la expresión

$$\Delta U = n c_v \Delta T$$

La constante adiabática

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

Cuando se comprime el embolo el trabajo es negativo y la temperatura del gas aumenta.

Cuando se expande el embolo el trabajo es positivo y la temperatura del gas disminuye.

1.6 PROCESOS CÍCLICOS

Un proceso termodinámico durante el cual el sistema pasa por sucesivos estados de equilibrio y regresa al estado inicial se llama procesos cíclico. En un proceso cíclico el estado final es el inicial, luego las funciones de estado no varían en el proceso

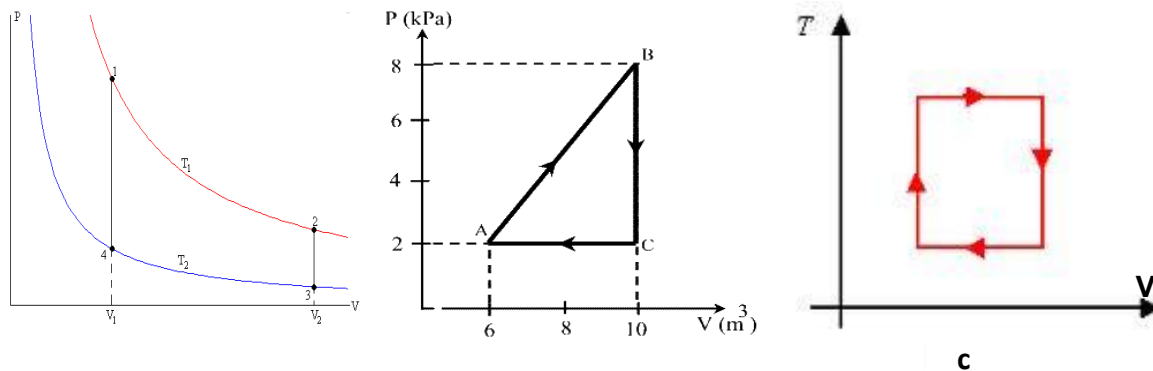


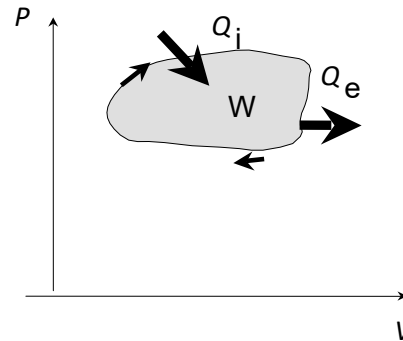
Fig. 1.12 Ejemplos de procesos cíclicos

Se observa en las figuras diferentes procesos. La figura c. está constituido por dos procesos termodinámicos isotérmicos y dos isócoros. Se dice que es un proceso isócoro - isotérmico

Eficiencia de un proceso cíclico

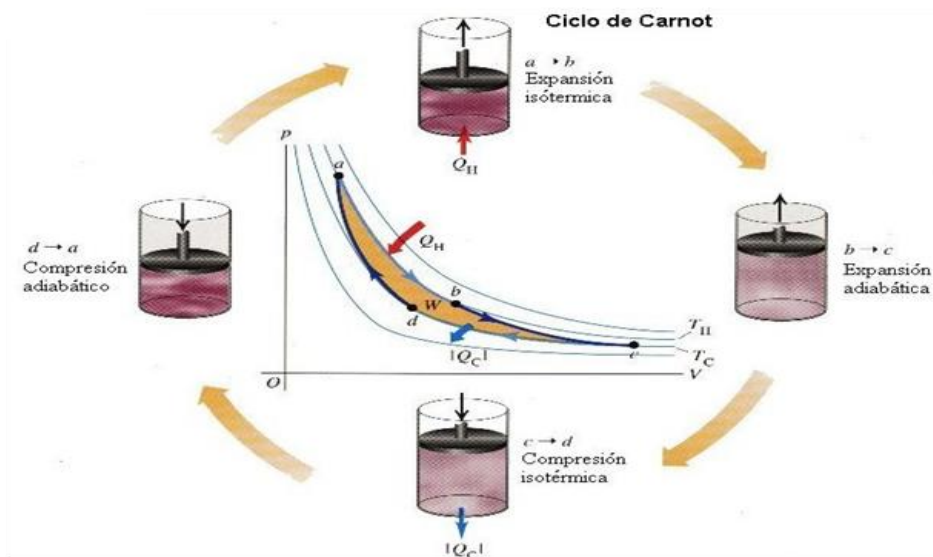
La eficiencia de un proceso cíclico se define como la razón entre el trabajo hecho por un sistema y la cantidad de calor que ingresa a éste.

$$\xi = \frac{W}{Q_i}$$



1.7 CICLO DE CARNOT

El ciclo de Carnot está constituido por dos procesos isotérmicos y dos procesos adiabáticos. La figura muestra el gráfico P vs V y el esquema de cada proceso simple que constituye el ciclo. El sistema absorbe calor Q_1 de un reservorio caliente a temperatura T_1 durante la expansión isotérmica ab . Entrega calor a un reservorio frío, a temperatura T_2 . El trabajo neto hecho por el sistema en cada ciclo es representada por el área encerrada en el gráfico P vs V .



PUEDA DEMOSTRARSE QUE LA EFICIENCIA DE UN CICLO DE CARNOT ESTÁ DADA POR

$$\xi = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

El ciclo de Carnot es de particular importancia en termodinámica porque es el ciclo de máxima eficiencia. Pone un límite máximo a la eficiencia que cualquier maquina térmica puede alcanzar

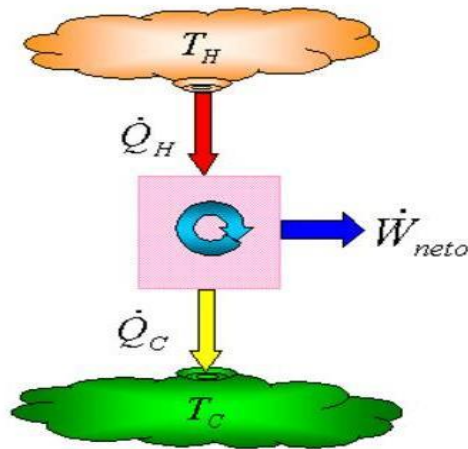
1.8 MÁQUINAS TÉRMICAS

Son dispositivos que convierten cíclicamente calor en trabajo. La maquina recibe calor de una fuente con alta temperatura y desecha el calor no utilizado a un sumidero con baja temperatura

Ejemplos: La máquina de vapor y el motor diesel

Los procesos que ocurren en algunas máquinas térmicas pueden aproximarse a procesos cíclicos basados en los procesos simples ya estudiados.

Ejemplo: el motor Diesel puede aproximarse a un proceso que consta de un isobárico, dos adiabáticos y un isócoro



1.13 Representación esquemática y eficiencia de una máquina térmica

$$Q_H - Q_C = W_{neto}$$

$$\xi = \frac{W_N}{Q_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

T_H	→	Temperatura de la fuente caliente
T_C	→	Temperatura de la fuente fría
Q_H	→	Calor entregado a la máquina térmica
Q_C	→	Calor rechazado por la máquina térmica
W_N	→	Trabajo neto realizado

1.9 SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA

Pensemos por un momento en la observación cotidiana de que al poner un cuerpo caliente en contacto con un cuerpo frío el calor fluye del cuerpo caliente al frío. La posibilidad de que el calor fluya de un cuerpo frío a uno caliente también está permitida por la primera ley de la termodinámica, pero nunca ocurre. Este es un ejemplo de fenómenos que ocurren en la naturaleza en un solo sentido. Son los llamados procesos irreversibles.

El calor fluye irreversiblemente del cuerpo caliente al cuerpo frío. Otro ejemplo de procesos irreversibles es el rompimiento de un vaso de vidrio. El vaso se transforma irreversiblemente en mil partículas de vidrio. Nunca se ha observado experimentalmente que mil pedacitos de vidrio espontáneamente adquieran la forma de un vaso.

Esta preferencia que tiene la naturaleza para que los procesos ocurran en determinados sentidos y no en los opuestos es la causa, por ejemplo, de que todo el trabajo efectuado sobre un sistema se pueda transformar en calor, pero es imposible que todo el calor recibido por un sistema sea transformado en trabajo mecánico. Este es el tema de la segunda ley de la termodinámica, que para nuestros propósitos en este curso podemos enunciar de la siguiente forma.



Fig. 1.14. Procesos irreversibles

La segunda Ley de la termodinámica impone límites a los procesos de conversión de calor en trabajo indicando que es imposible convertir todo el calor que se entrega a una maquina térmica en trabajo, es decir, que ninguna maquina térmica tiene 100 % de eficiencia.

Uno de los enunciados más conocidos de la segunda ley de la termodinámica sería.

“Es imposible que un sistema efectué un proceso cíclico en el cual absorba calor de un deposito a temperatura constante y lo convierte por completo en trabajo mecánico”

Según este enunciado siempre se pierde algo de calor entregado a una maquina, calor debido a la fricción o a trabajos que hay que realizar para que el proceso sea cíclico

La máxima eficiencia de una máquina térmica que trabaja entre dos focos térmicos T_1 (caliente) y T_2 (frío) es la de un ciclo de Carnot.

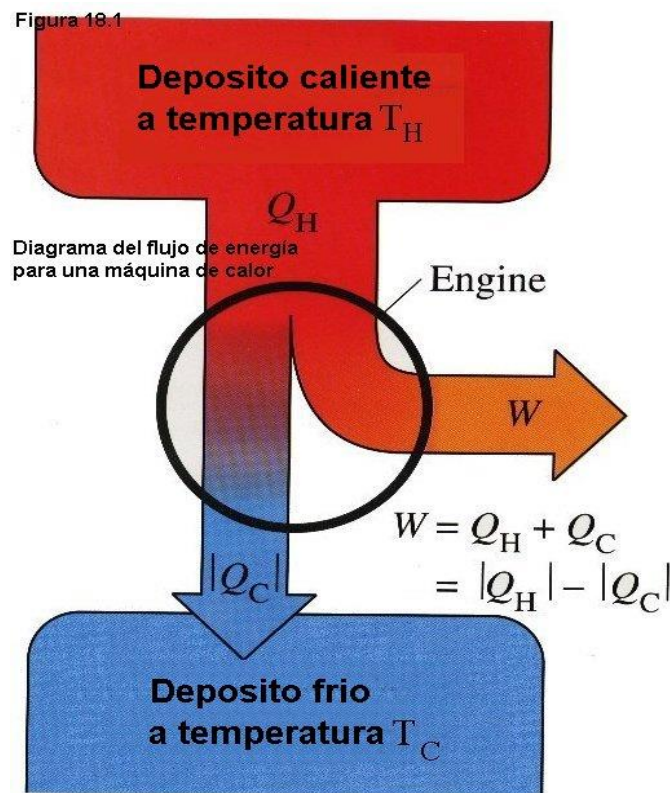


Fig. 1.15 Eficiencia de una Maquina Térmica

CAPITULO II

Conceptos básicos en calderas

2.1 CLASIFICACIÓN Y PARTES PRINCIPALES

Desde el invento de la máquina hasta nuestros días, se ha desarrollado una gran variedad de calderas. Entre la primitiva caldera cilíndrica sencilla a carbón y las más modernas calderas atómicas, existe una amplia gama de calderas, adecuadas para cubrir las diferentes necesidades o demandas.

En este módulo sólo veremos los tipos de calderas más comunes y más usuales en nuestras industrias, presentando en forma esquemática las clasificaciones básicas de ellas.

Aparte de conocer la clasificación de las calderas, es importante que el Operador de una caldera conozca a fondo sus partes principales; el conocimiento de la ubicación de cada una de estas partes, sus detalles principales de construcción, su función, etc, le permitirán un mejor manejo del equipo.

2.2 CALDERA

El Decreto No 48/84 Reglamento de Caldera define Caldera como un recipiente metálico en el que se genera vapor a presión mediante la acción del calor.

Una definición más 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.

2.3 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.

2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS CALDERAS. GENERALIDADES

La clasificación de calderas se basa en varios factores propios del diseño y uso de estos equipos, tales como tipo de combustible que utilizan, presión a la que trabajan, volumen de agua, forma de calefacción, etc.

Cada fabricante ha tomado o seleccionado algunos de estos aspectos, creando tipos de calderas que se han llegado a popularizar en el ambiente industrial.

Así tenemos, por ejemplo, las calderas escocesas que son calderas horizontales, con tubos múltiples de humo, de hogar interior de uno o más pasos y que pueden quemar combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

2.4.1 FACTORES DE CLASIFICACIÓN

Los factores de clasificación de calderas más comunes son;

a) Posición.- Según este factor y atendiendo a la forma en que va ubicado el recipiente éstas pueden ser:

- Horizontales
- Verticales

b) Instalación.- Según este factor se clasifica en:

- * Fijas o estacionarias
- Semi-fijas
- Móviles o portátiles

c) Circulación de los Gases.- Se refiere al número de recorridos en diferentes direcciones que hacen los gases en el interior de la caldera antes de salir por la chimenea. De acuerdo a esto pueden ser:

- De un Paso (llama directa o recorrido en un sentido)
- De dos Pasos (llama de retomo o de retomo simple)
- De tres Pasos (llama de doble retomo)
- De cuatro Pasos

d) Volumen de Agua.- Esto es según la relación que existe entre la capacidad de agua de la caldera y su superficie de calefacción. Así tenemos calderas:

- De gran volumen de agua (más de 150 lts). Por cada m² de superficie de calefacción)
- De mediano volumen de agua (entre 70 y 150 lts). Por cada m² de superficie de calefacción.
- De pequeño volumen de agua (menos de 70 lts). Por cada m² de superficie de calefacción.

Se entiende por superficie de calefacción.

... 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 CALEFACCION SE MIDE POR EL LADO DE LOS GASES

e) Tipo de Combustible.- Para su funcionamiento, las calderas pueden utilizar diferentes tipos de combustibles. Según esto existen calderas;

- De combustible sólido
- De combustible líquido
- 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 energía eléctrica o del empleo de energía nuclear.

f) Presión.- Según la presión máxima de trabajo de las calderas, éstas se clasifican en:

- De alta Presión (sobre 10 Kg/cm² ó 147 lb/pulg²)
- * De Mediana Presión (entre 2 y 10 Kgs/ cm² ó 29,4 y 147 lb/pulg²)
- * De Baja Presión (hasta 2 Kg/ cm² ó 29,4 lb/pulg²)

g) Forma de Calefacción.- Generalmente las calderas están compuestas por tubos. Según sea el fluido que circula en su interior se clasifican en:

- *De tubos de Fuego.*- (igneotubulares). Cuando por su interior circulan los gases calientes de la combustión. Entre éstas tenemos:
 - Con un tubo hogar
 - Con dos tubos hogares
 - Con tubos Galloway
 - Con tubos múltiples

De tubos de Agua.- (acuotubulares). Cuando en el interior de los tubos circula agua, mientras que en la superficie externa está en contacto con los gases. Los tipos más conocidos son:

De lámina de agua (con tubos rectos o curvos)
Express (de dos, tres o cuatro colectores)

Combinadas o Mixtas.- Son aquellas que tienen tubos de agua y de humo.

2.4.2 CALDERAS DIVERSAS

En el punto anterior se dijo que hay fabricantes que han creado tipos de calderas que se han llegado a popularizar en el mercado. Las marcas más comunes son:

a) Calderas del Tipo Paquete.- Es una unidad autocontenida, que se instala con rapidez ya que va montada sobre una armazón de acero estructural, 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, que son económicas, ocupan un mínimo de material refractario y su instalación es sencilla.

c) Calderas Marinas.- Son calderas para la propulsión de barcos.

Algunas características de estas calderas son:

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

d) Calderas Escocesas Marinas.- Por una serie de limitaciones, puede decirse que han desaparecido de las embarcaciones.

e) 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.

f) 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.

g) Caldera Tipo Express.- Son unidades capaces de levantar vapor rápidamente y a gran presión. El nombre " express" proviene de estas características.

h) Calderas de Recuperación.- Son calderas que aprovechan los gases de escape de algunos procesos tales como:

Gases de escape de motores de combustión interna

- Columnas destiladoras de refinerías
- Hornos

Los cuales contienen suficiente calor como para producir vapor.

2.5 PARTES PRINCIPALES DE 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.

2.5.1 HOGAR O FOGÓN

Es el espacio donde se quema el combustible. 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 tipo de combustible.

- Hogar para combustible sólido
- Hogar para combustible líquido
- Hogar para combustible gaseoso

c) Según construcción.

- Hogar liso
- Hogar corrugado

Esta clasificación rige solamente cuando el hogar de la caldera lo compone uno o más tubos, a los cuales se les da el nombre de "TUBO HOGAR".

2.5.2 PUERTA DEL HOGAR

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

En calderas que queman combustibles líquidos o gaseosos, esta puerta es reemplazada por el quemador.

2.5.3 PARRILLAS (o 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 caiga la ceniza*
- *Deben permitir que se limpien con facilidad y rapidez*
- *Deben impedir que se junte escoria*
- *Los barrotos de la parrilla deben ser de buena calidad para que no se 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 Parrillas.

Según su instalación.

- *Fijas o Estacionarias.-* Son aquellas que no se mueven durante el trabajo.

- *Móviles o Rotativas.*- Son aquellas que van girando o avanzando mientras se quema el Combustible

Según su posición.

- Horizontales
- Inclinas
- Escalonadas

2.5.4 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.

2.5.5 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 objetivo de evitar el retroceso de la llama ("lengua de toro").

2.5.6 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 combustibles.

Ofrecer resistencia a las llamas y gases para que estos se distribuyan en forma pareja a lo ancho de la parrilla y se logre 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.

2.5.7 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 y
- 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.

2.5.8 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 éstos para calentar el agua y/o producir vapor.

2.5.9 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.

2.5.10 CHIMENEA

Es el conducto 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.

2.5.11 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 y que tiene por objeto dar mayor o menor 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 en combinación con la puerta del cenicero

2.5.12 TAPAS DE REGISTRO O PUERTAS DE INSPECCIÓN

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

- Las puertas hombre (manhole)
- Las tapas de registro (handhole)

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 sólo permiten el paso de un brazo.

2.5.13 PUERTAS DE EXPLOSIÓN

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.

2.5.14 CAMARA DE AGUA

Es el espacio o volumen de la caldera ocupado por el agua.

Tiene un nivel superior máximo y uno inferior mínimo bajo el cual, el agua, nunca debe descender durante el funcionamiento de la caldera.

2.5.15 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, llamado " domo" y que contribuye a mejorar la calidad del vapor.

2.5.16 CÁMARA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA

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

2.6 SELECCIÓN DE CALDERAS

Para asegurar la selección correcta del equipo para producir vapor (o agua caliente), hay que considerar una serie de variables. Una instalación satisfactoria refleja un alto sentido de responsabilidad; por el contrario, una selección inadecuada ocasiona problemas que a la larga afectan a todos los interesados.

2.6.1 FACTORES PREDOMINANTES PARA LA SELECCIÓN DE CALDERAS

- Cantidad y tipo de vapor requerido
- Combustible disponible
- Exigencias futuras
- Régimen de consumo
- Utilización diaria

2.6.2 REQUISITOS

Por otra parte, el usuario espera que el equipo reúna ciertos requisitos básicos, que incluyen lo siguiente:

- Seguridad en el servicio
- Sencillez
- Bajo costo de adquisición, operación y mantención
- Servicio adecuado
- Entrega inmediata

La gran variedad de diseños y tipos de equipos que se ofrecen en la actualidad, hacen de la selección de la caldera un problema bastante complejo. Pero por otro lado esta abundancia, ha permitido la obtención de una caldera adecuada para cada caso. A continuación daremos una guía general para la selección de calderas basados en los diferentes factores enumerados anteriormente.

Si en una industria se desea instalar una caldera donde se sabe que el consumo es irregular, es decir, que hay momentos de gran demanda alternados con otros de poco o ningún consumo, la caldera más recomendable será una del tipo de gran volumen de agua.

En aquellos casos en que la demanda es pareja en toda la jornada de trabajo, la caldera recomendable será una igneotubular, de tubos múltiples de humo, ya que tienen alto rendimiento y buena producción de vapor.

Si se necesita una caldera de alta presión, serán adecuadas las acuotubulares, las que además producen grandes cantidades de vapor con un alto rendimiento.

Cuando es importante la calidad del vapor que se desea obtener, es decir, si se requiere vapor seco o húmedo, lo que dependerá del uso a que esté destinada, la caldera deberá disponer o no de un accesorio que permita mejorar la calidad del vapor que puede ser el caso de las calderas provistas de " domo" o de sobrecalentadores de vapor.

En todo caso, cualquiera que sea el tipo de caldera a seleccionar, la elección deberá ser hecha por un profesional idóneo que garantice que la caldera elegida finalmente es la más adecuada

ESQUEMA DE CALDERA CILINDRICA SENCILLA

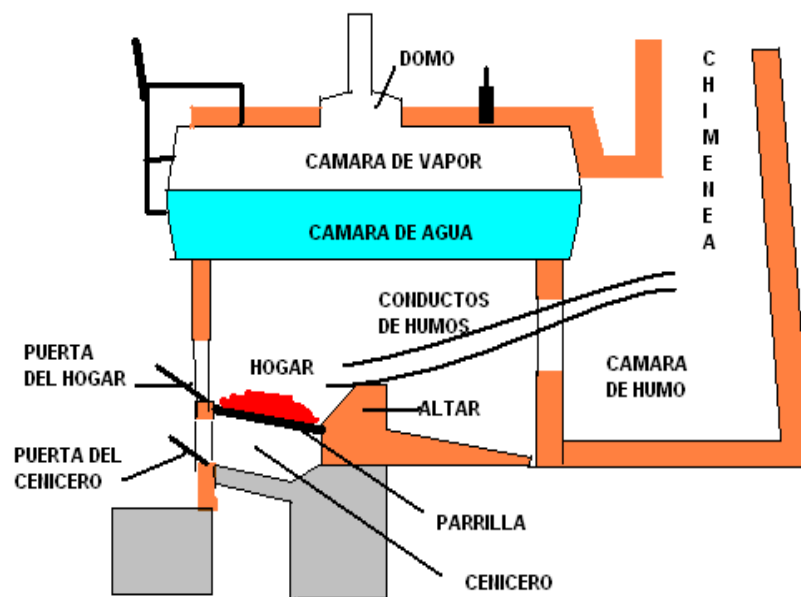


Fig. 2.1. Partes principales de una caldera

2.7 ACCESORIOS DE CALDERAS

En la sesión correspondiente a " Clasificación y partes principales de Calderas". Se definirá al Generador de Vapor como al conjunto o sistema formado por una caldera y sus accesorios, son todos los elementos útiles y necesarios para permitir y/o controlar el buen funcionamiento del equipo generador de vapor.

Cada uno de los accesorios tiene una función específica que cumplir cuando el equipo está en servicio. El Operador de Caldera debe conocer cada accesorio, la función que cumple y/o lo que indica cada uno de ellos.

A continuación se presentan, en forma esquemática los principales accesorios de calderas:

a) Accesorios de Observación

- Indicadores de nivel de agua
 - Tubos de nivel de agua (observación directa)
 - Grifos o llaves de prueba o conos
- Indicadores de presión
 - Manómetros
 - Altímetros
- Analizadores de gases de la Combustión
 - Indicador de CO_2
 - Indicador de CO
 - Indicador de O_2
- Indicadores de temperatura
 - Termómetros
 - Pirómetros (altas temperaturas)
- Indicadores de producción de vapor
- Indicadores de consumo de combustible
- Indicadores de consumo de agua

b) Accesorios de Seguridad

- Válvulas de Seguridad
 - De palanca y contrapeso
 - De peso directo
 - De resorte
- Tapones fusibles
- Alarmas
 - Verticales
 - Centrífugas
 - De émbolo
 - Dúplex
- Inyectores
 - Manuales
 - Automáticos

d) Accesorios de limpieza

- Puertas de inspección
 - Tapas de registro
 - Puerta hombre
- Llaves de purga
 - Válvula de extracción de fondo
 - Válvula de extracción de superficie

Varios: Sopladores de hollín, limpia tubos mecánicos, atizadores, rastillos, escreadores, barrotos y escobillas limpia tubos.

e) Accesorios de alimentación de combustible.

- Quemadores de combustible líquido
 - De petróleo
 - De aceite
 - De parafina

- Quemadores de combustible sólido
 - De aserrín
 - De carbón
 - De leña
- Quemadores de combustible gaseoso
 - De gas licuado

f) Accesorios recuperadores de calor.

- Economizadores
- Calentadores de aire

g) Accesorios de control del grado de calentamiento del vapor

- Sobre-calentadores
 - Integrales
 - De fuego separado

Desobrecalentadores o saturadores o atemperadores

h) Accesorios de control automático

- Control de presión o presostato
- Control de temperatura o termostato
- Control de bajo nivel de agua
- Control de aire
- Control de la llama
- Control del encendido

A continuación se verá en forma más detallada cada uno de los accesorios mencionados:

2.8 INDICADORES DE NIVEL DEL AGUA

Cada caldera debe tener a lo menos dos indicadores de nivel de agua y, al menos uno debe ser del tipo tubo de vidrio (observación directa). El otro puede ser de grifos o llaves de prueba.

El indicador de nivel de agua de observación directa, consiste en dos conexiones de metal, comunicadas una a la cámara de vapor y la otra a la cámara de agua de la caldera.

Exteriormente están unidas por medio de un tubo de vidrio que indica el nivel de agua que hay en el interior de la caldera.

El tubo de nivel de agua debe estar en la parte más visible para el Operador de Caldera. Si está a más de tres metros de altura se debe colocar inclinado hacia adelante para facilitar su visión.

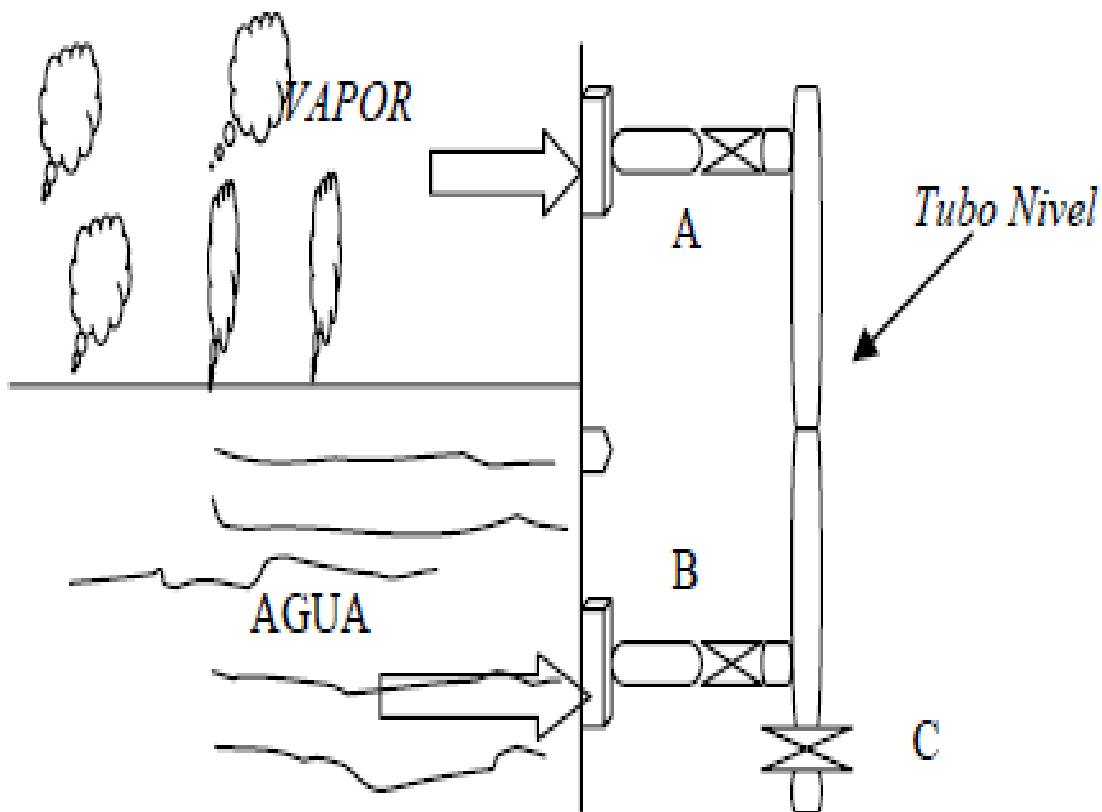


Fig. 2.2 Indicador de Nivel de agua

Las empaquetaduras de las conexiones deben ajustarse cuando la caldera esta con vapor.

Esta operación debe hacerse con mucho cuidado para no quebrar el tubo de vidrio y evitar lesiones por quemaduras.

Cuando cambie el tubo de vidrio o necesite apretar las empaquetaduras, cierre previamente las válvulas de conexión con la caldera.

a) Pruebas del tubo de nivel de agua

- ❖ Prueba de agua.- Cierre la válvula que comunica con la cámara de vapor (en la Fig. 2.2) y abra la que comunica con la cámara de agua (B). **EL AGUA DEBE LLENAR EL TUBO DE VIDRIO.**

Al abrir la llave de desagüe (C) que comunica el tubo con la atmósfera, se vacía el tubo y debe seguir saliendo agua.

- ❖ Prueba de vapor.- Abra la válvula (A) que comunica con la cámara de vapor. Cierre la llave que comunica con la cámara de agua (B). Al abrir la llave de desagüe (C) *sólo debe salir vapor.*

b) Fallas en los tubos de nivel de agua.- Pueden presentarse los siguientes problemas:

Conductos tapados con sedimentos. Esto se comprueba si al abrir la llave A y C no sale vapor y /o si al abrir las llaves B y C no sale agua.

Cualquiera de las conexiones que se tape el tubo indicará un nivel falso.

Es especialmente peligroso cuando se tapa la conexión con la cámara de vapor. En este caso el tubo se llenará con agua aún cuando el nivel real en la caldera sea menor. Esto puede producir recalentamiento de la caldera.

- *Fuga por las empaquetaduras.* Cualquier fuga de agua o vapor por las empaquetaduras debe repararse de inmediato para evitar quemaduras del tubo o la personal.
- *Desgaste de tubos.* El tubo de vidrio se gasta por las condiciones naturales de su uso. Deben revisarse periódicamente y ante cualquier indicio de desgaste deben cambiarse de inmediato.

El otro indicador de nivel de agua que se ha mencionado es el de grifos o llaves de prueba. Estos consisten en tres llaves comunicadas a la caldera (Fig. 2.3) y colocadas a diferentes alturas. Por la llave **A** sólo debe salir vapor. Al abrir la llave B, que corresponde al nivel normal de agua, debe salir una mezcla de agua y vapor. Al abrir la llave C, siempre.

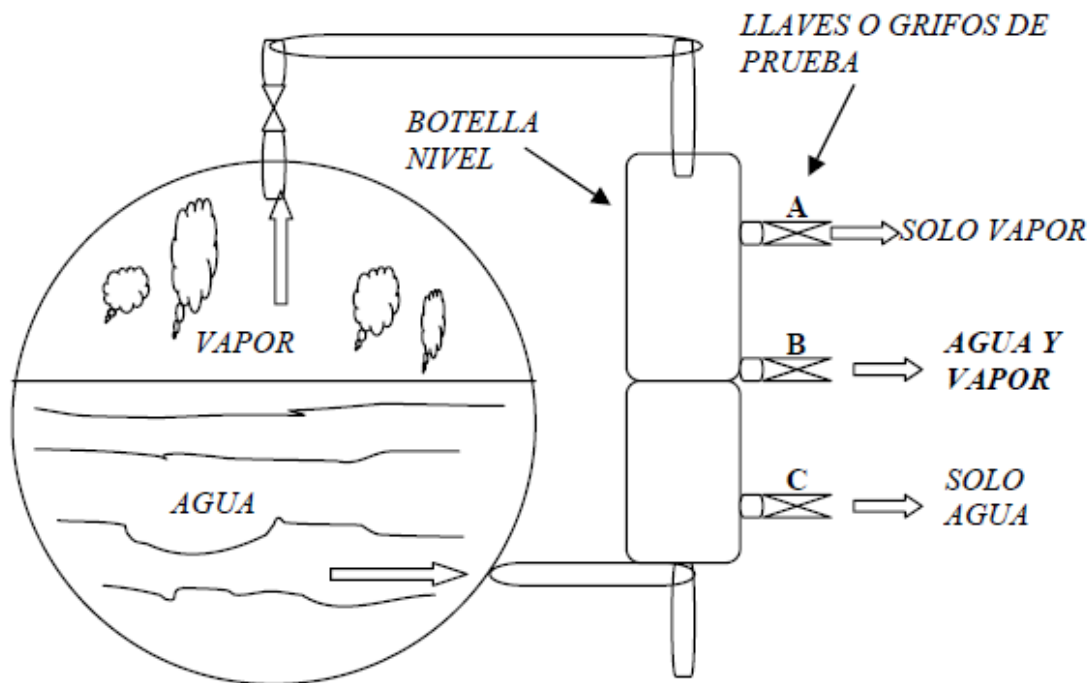


Fig. 2.3 Indicador de nivel de agua

Los grifos de prueba deben estar siempre en buenas condiciones de uso: su objetivo es reemplazar al tubo de observación directa cuando éste se quiebra o tiene fallas de otra naturaleza.

2.9 INDICADORES DE PRESIÓN

El más usado de ellos es el **manómetro**, que es un instrumento destinado a medir la presión efectiva que existe dentro de una caldera.

Jamás debe operarse una caldera que no tenga el manómetro adecuado y en buenas condiciones.

El manómetro está conectado a la cámara de vapor de la caldera a través de una cañería curva, con forma U o S, de modo que sobre él actúe agua y no vapor. El *objeto de la curva* es evitar que llegue vapor vivo al interior del mecanismo, para que no se deforme con el calor y pierda su exactitud.

En esta curva se acumula agua, formando un sello que siempre actuará sobre el instrumento.

Cuando la caldera tiene un consumo variable de vapor, la aguja del manómetro se mueve con pequeñas oscilaciones, esto es totalmente normal.

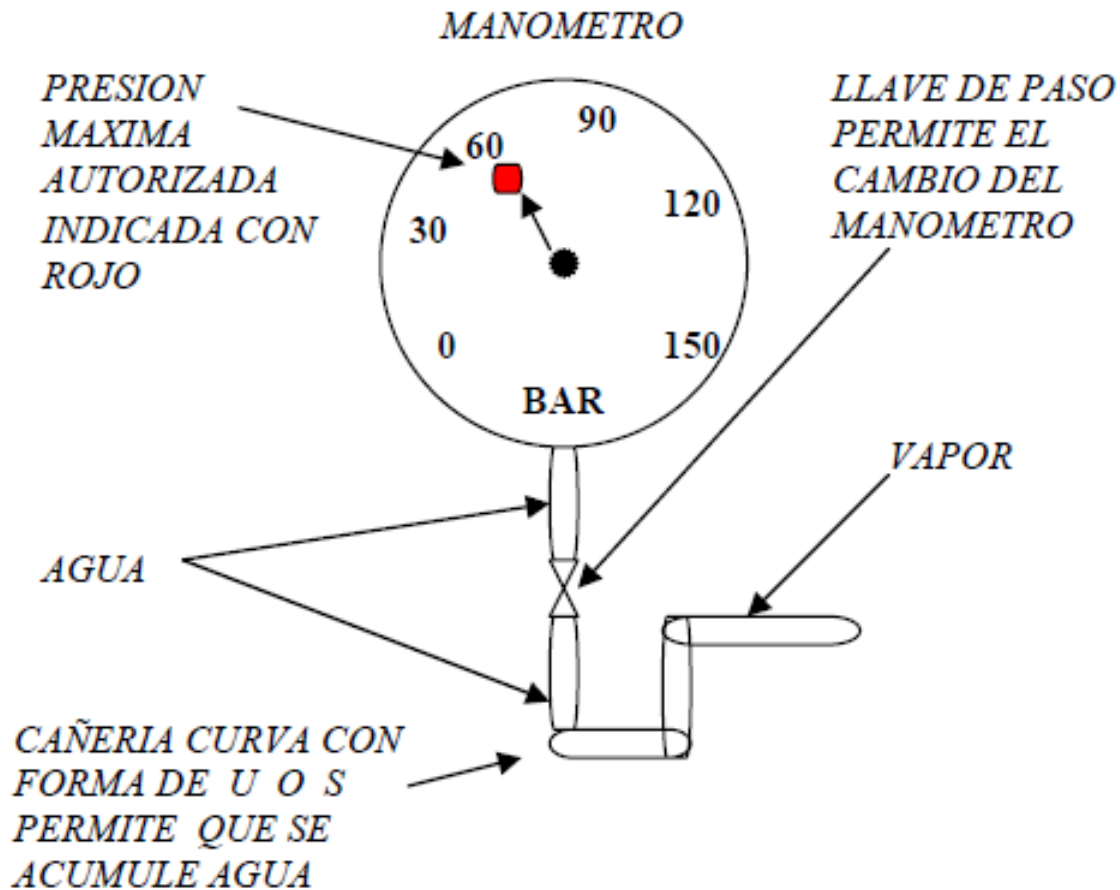


Fig. 2.4 Indicador de presión (manómetro)

a) Recomendaciones Generales

- La ubicación del manómetro debe ser tal que impida su calentamiento a más de 50 °C exterior.
- Siempre debe estar marcado con rojo, en la esfera, el punto exacto de la presión máxima autorizada.
- La capacidad del manómetro debe ser de a lo menos una y media vez la presión autorizada de trabajo (casos prueba hidráulica de la caldera).
- Entre el manómetro y la caldera debe haber una llave de paso que permita el cambio del instrumento. Esta llave debe estar siempre abierta para evitar falsas indicaciones de presión.

- La cañería curva debe revisarse periódicamente para evitar acumulación de sedimentos que puedan impedir el libre paso del vapor.
- Debe eliminarse cualquier filtración en la línea de conexión del manómetro para evitar indicaciones falsas.
- Debe tenerse la precaución de que el diámetro del manómetro sea el adecuado al tamaño de la caldera.
- Periódicamente debe controlarse el funcionamiento del manómetro y regularse si es necesario

b) *Reemplazo del Manómetro.* No se debe mantener en servicio un manómetro cuando presente alguno de los siguientes defectos :

- Falta de vidrio o vidrio quebrado
- Números de la esfera borrados
- Indicación de presión cuando la caldera está fuera de servicio
- Llave de conexión no funciona correctamente
- Cañería de conexión sin su curva recomendada

En calderas de calefacción por agua caliente se usa el altímetro, que marca directamente la presión en metros de columna de agua.

2.10 ANALIZADORES DE GASES DE LA COMBUSTIÓN

Son aparatos que sirven para controlar la calidad de la combustión dentro del hogar, a través de! Análisis de los gases que salen por la chimenea.

En el proceso de combustión se desprenden ciertos gases oxígeno (O₂), anhídrido carbónico (CO₂) y monóxido de carbono (CO). Estos gases se analizan al salir por la chimenea determinando el porcentaje de cada uno de ellos. Según sea el tipo de combustible que se queme, existen porcentajes bien definidos para cada tipo de gas cuando la combustión es correcta.

Algunos valores generales que se recomiendan para tener una combustión completa, sin pérdida de calor ni eficiencia son:

CO₂ OXIGENO 12% MÍNIMO

O₂ CARBÓNICO 6% MÁXIMO

CO MONÓXIDO CARBONO 0% (no debe estar presente)

2.11 INDICADORES DE TEMPERATURA

a) Termómetros.- Son instrumentos destinados a medir la temperatura, ya sea del agua de alimentación, del vapor, de los gases de la combustión, del petróleo u otras. Se usa para medir temperaturas de hasta unos 500 ° C.

El termómetro más común es el de Mercurio, ya que éste se expande y contrae considerablemente con los cambios de temperatura sin llegar a congelarse ni evaporarse.

Se puede usar a distancia usando un tubo capilar flexible conectado a un Termómetro tipo reloj ubicado en el tablero de Operación.

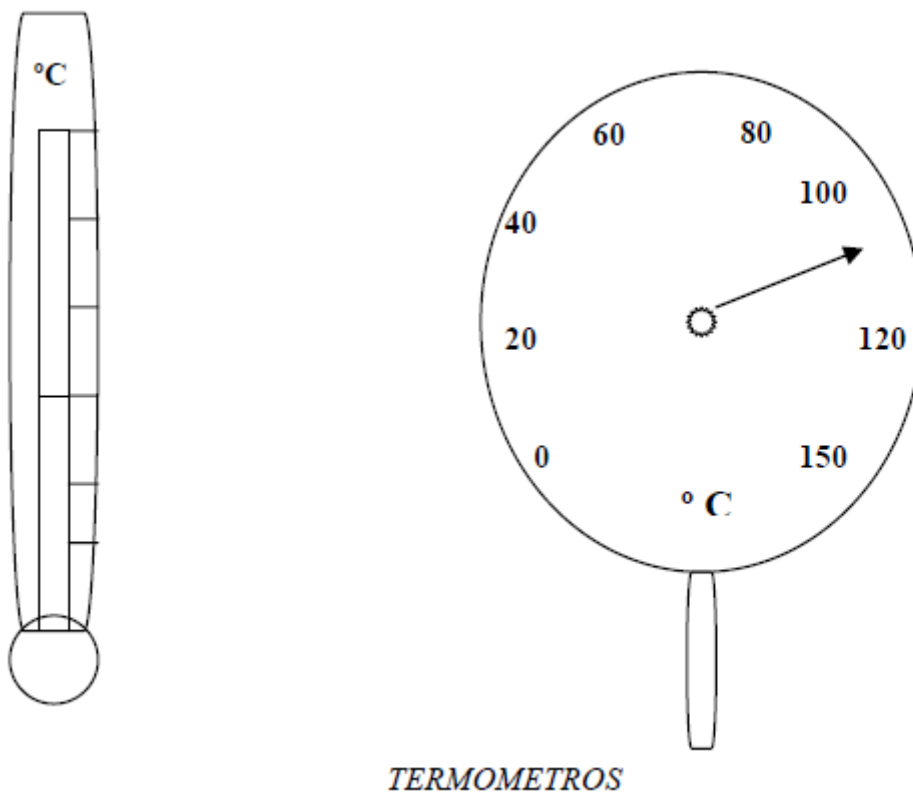


Fig. 2.5 termómetro indicador de temperatura

b) Pirómetros.- Estos instrumentos se usan para medir temperaturas más altas (sobre 500 °C). Generalmente son del tipo de termocuplas (termopares) que consisten en dos metales diferentes unidos y en contacto cerrado, los que son conectados por conductos eléctricos a un galvanómetro.

La diferencia de voltaje que se produce al calentar dos metales diferentes se indican en un dial en grados Celsius (°C) o grados Fahrenheit (°F).

2.12 VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Tienen por objeto dar salida al vapor de la caldera cuando éste sobrepasa la presión máxima de trabajo.

Todas las calderas deben tener una o más válvulas de seguridad.

Las válvulas de seguridad deben ser capaces de dar salida al vapor que produce la caldera, aún sin haber consumo de vapor. Esto debe suceder antes que la presión sobrepase un 10 % de la presión de trabajo autorizada.

La válvula de seguridad debe regularse como máximo a un 6 % sobre la presión autorizada de trabajo. Deben ir conectadas directamente a la cámara de vapor de la caldera, independiente de toda otra conexión o toma de vapor.

a) Válvulas de Seguridad de Resortes.

La fuerza que mantiene cerrada la válvula se consigue con un resorte calibrado, cuya tensión está en relación con la presión de trabajo de la caldera.

Esta válvula puede regularse disminuyendo o aumentando la presión del resorte con el mecanismo de regulación que toda válvula de seguridad de este tipo tiene Para este objeto.

Las válvulas de resorte deben tener un dispositivo manual que permita abrirlas, a Fin de despegarlas de su asiento. Esto debe hacerlo todos los días el Operador de Calderas al iniciar su turno de trabajo.

b) Válvulas de Seguridad de Palanca y Contrapeso.

El cierre de esta válvula se produce mediante un contrapeso colocado sobre un brazo de palanca que la presiona.

La regulación de esta válvula se consigue alejando o acercando el contrapeso de la válvula. Por ningún motivo el Operador de Caldera debe variar esta regulación, ni menos anular su funcionamiento.

Debe probarse todos los días, levantando manualmente el contrapeso, para estar seguro de su normal funcionamiento.

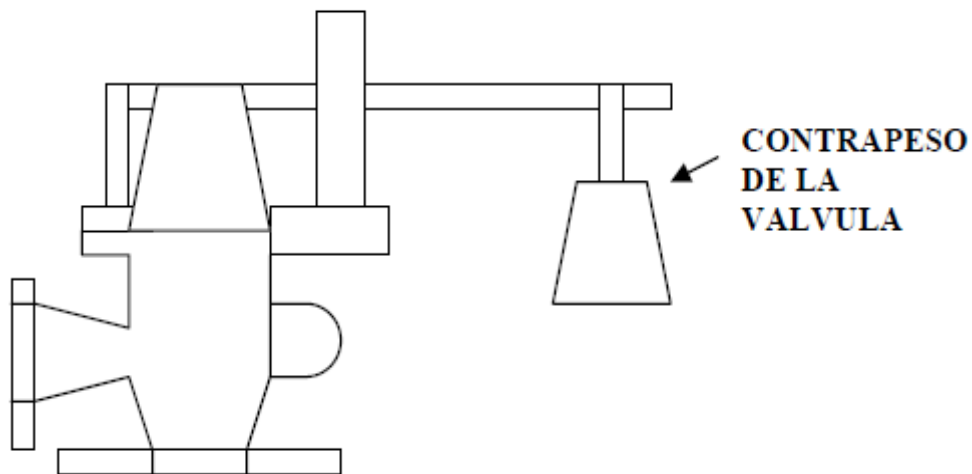


Fig. 2.6 Válvula de Seguridad de Palanca y Contrapeso.

c) Válvula de Peso Directo.

En estas válvulas la presión sobre ella se consigue a través de unos discos metálicos cuyo peso actúa sobre dicha válvula.

Para regularla a la presión deseada se agregan o sacan discos. Estos discos están colocados en sus respectivos guías.

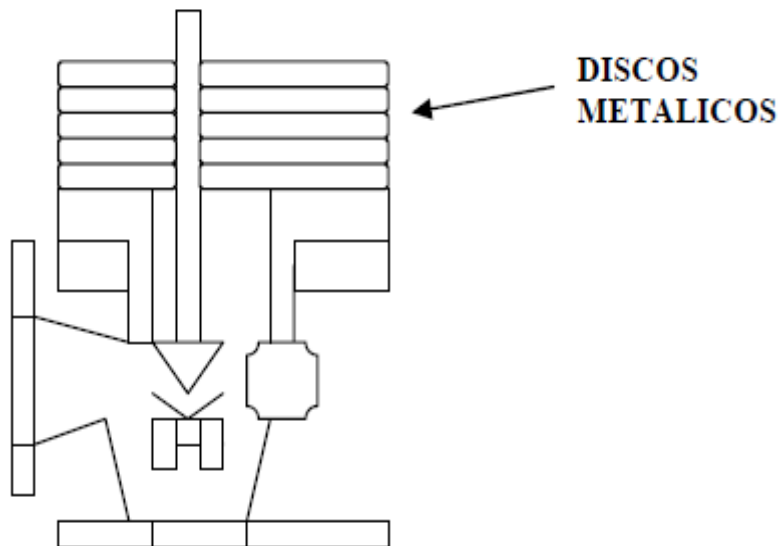


Fig. 2.7 Válvula de Peso Directo.

2.12.1 TAPÓN FUSIBLE

Este accesorio de seguridad es utilizado en algunas Calderas. Consiste en un tapón de bronce con hilo que comunica la cámara de agua con el fogón de la Caldera. Va instalado en el tubo hogar y tiene un orificio cónico en el centro, relleno con una aleación Metálica (*plomo - estaño*) de bajo punto de fusión (no mayor de 250° C).

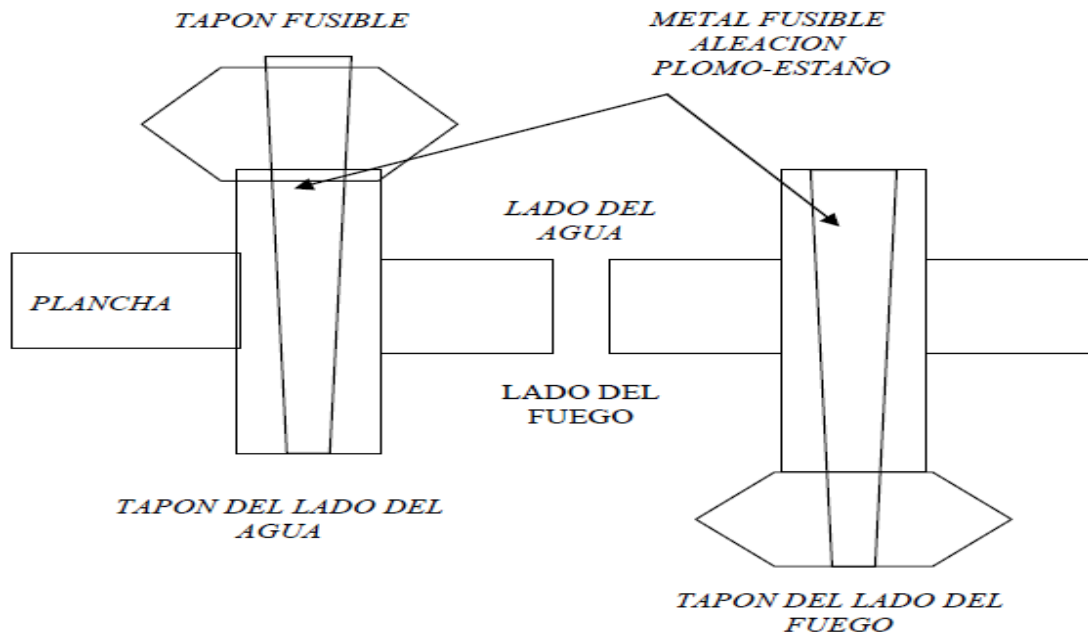


Fig. 2.8 tapón de bronce con hilo

Tapón Fusible

El objeto del tapón fusible es permitir el paso de vapor y agua hacia el hogar cuando el nivel de agua en la caldera baja más allá del mínimo permitido.

Cuando el nivel de agua baja a ese nivel, la temperatura aumenta, se funde la aleación del tapón y cae agua y vapor al hogar apagando el fuego. Sirve además de alarma al fogonero para evitar mayores perjuicios a la caldera.

Nunca deben reemplazarse los tapones fusibles por pernos o soldar el orificio donde éstos van alojados.

Los tapones fusibles deben ser reemplazados cada vez que se observen defectos en ellos.

2.12.2 ALARMAS

Silbatos.- Algunos generadores de vapor llevan Linos accesorios de seguridad llamados silbatos de alarma que funcionan cuando el nivel de agua en el interior de la caldera ha bajado más allá del nivel mínimo aceptable

Consiste en un tubo metálico con el extremo inferior abierto y sumergido en el interior de la caldera, hasta el nivel mínimo aceptable de agua.

En el extremo superior lleva un silbato con su entrada Tapada por un fusible. Mientras el agua cubre la entrada inferior del tubo, la presión del vapor lo mantendrá lleno de agua.

Cuando el nivel de agua En el interior de la caldera baja más abajo del mínimo aceptable, queda al descubierto el extremo inferior del tubo, cae el agua al interior de la caldera y se llena el tubo de vapor. Este calienta al fusible, lo funde, dejando pasar el vapor al silbato donde se produce el sonido que da la alarma.

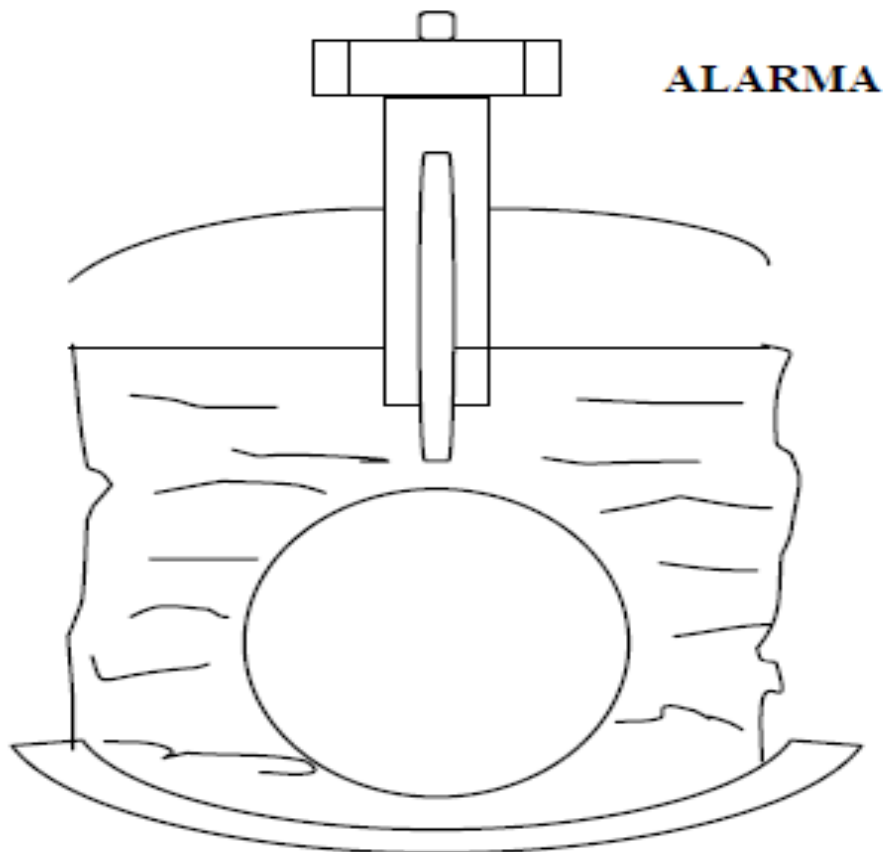


Fig. 2.9 accesorios de seguridad llamados silbatos de alarma

2.12.3 ACCESORIOS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA

Los accesorios de alimentación de agua sirven para reponer el agua que se ha vaporizado en el interior de la caldera. Entre éstos tenemos los siguientes:

2.13 BOMBAS DE ALIMENTACIÓN

Las bombas de alimentación de agua para calderas se pueden clasificar en:

- Bombas de émbolo
- Bombas centrífugas

a) Bombas de émbolo.- Funcionan ejerciendo presión directamente sobre el líquido bombeado. La entrada y salida del agua de la bomba está controlada por válvulas que se abren y cierran intermitentemente.

Las bombas de embolo pueden ser sencillas (de un solo cilindro) o dúplex (de dos cilindros), ambas, si son movidas por vapor, tienen una cañería de alimentación y una de escape de vapor. También tienen una cañería de aspiración y otra de descarga de agua.

b) Bombas centrífugas.- Estas bombas ejercen presión sobre el agua al girar un impulsor que está dentro de una carcasa. En estas bombas la entrada y salida del agua es continua, sin válvulas ni dispositivos especiales.

Las bombas centrífugas dan un caudal continuo y se usan ventajosamente para grandes presiones. Tienen un costo más bajo de instalación y mantención que las de émbolo.

2.14 INYECTORES DE AGUA

Los inyectores funcionan con el mismo vapor que produce la caldera y son capaces de descargar agua a una presión de 2 a 4 Kg./cm² mayor que la presión del vapor que los alimenta.

Funciona entregándole gran velocidad al agua (energía cinética) la que se transforma en energía potencial capaz de vencer la presión interna de la caldera. Un inyector trabaja mejor mientras mayor sea la presión del vapor de una caldera y el agua de alimentación lo más fría posible.

Ningún sistema de alimentación de agua para calderas puede estar conectado directamente a la red de agua potable.

Los inyectores de agua son dispositivos que permiten alimentar o introducir agua en el interior de la caldera.

Su uso se encuentra justificado por la necesidad de introducir agua a la caldera cuando se presenten fallas de energía eléctrica o daños en las bombas de alimentación de agua.

Los inyectores son elementos de emergencia muy valiosos por el servicio que prestan y deben ser considerados como prioritarios.

Los inyectores funcionan de la siguiente forma:

El vapor que ha sido extraído de la caldera se inyecta a la TOBERA del inyector en donde se le imprime una alta velocidad, posteriormente pasa al ducto llamado TUBO DE MEZCLAS y sale por la válvula de retención que se encuentra en la CAMARA DE MEZCLAS.

La gran velocidad con que pasa el vapor crea un vacío en la garganta del tubo de mezcla. El vacío producido por el aire es lo suficientemente grande, que hace entrar agua al tubo de mezclas. Al llegar agua a éste, el vapor se condensa.

La forma del tubo de mezcla permite mantener constante la velocidad de la mezcla de agua vapor.

El chorro de agua que circula a una velocidad muy alta, pasa a la cámara de mezclas, atravesando el pequeño espacio que existe entre el tubo de mezcla y el tubo de descarga. El tubo de descarga se va ensanchando gradualmente.

El agua disminuye su velocidad en el tubo de desagüe (convirtiendo la energía de velocidad en energía de presión). La presión que tiene el agua al salir del tubo de descarga es capaz de vencer la presión interior de la caldera y por lo tanto, el agua pasa a su interior.

El paso del tubo de mezcla al tubo de descarga, produce una succión o vacío en la cámara de mezcla, provocando así que la válvula de retención se cierre herméticamente.

El inyector solamente podrá funcionar con agua fría (menos de 35° C), ya que todo el vapor que alimenta, al inyectar deberá condensarse con el agua de alimentación de la caldera, de otra manera la mezcla se descargaría a través de la válvula de la cámara de mezclas.

La presión mínima promedio de vapor, para que trabaje un inyector, es de 30 Libras/pulg².

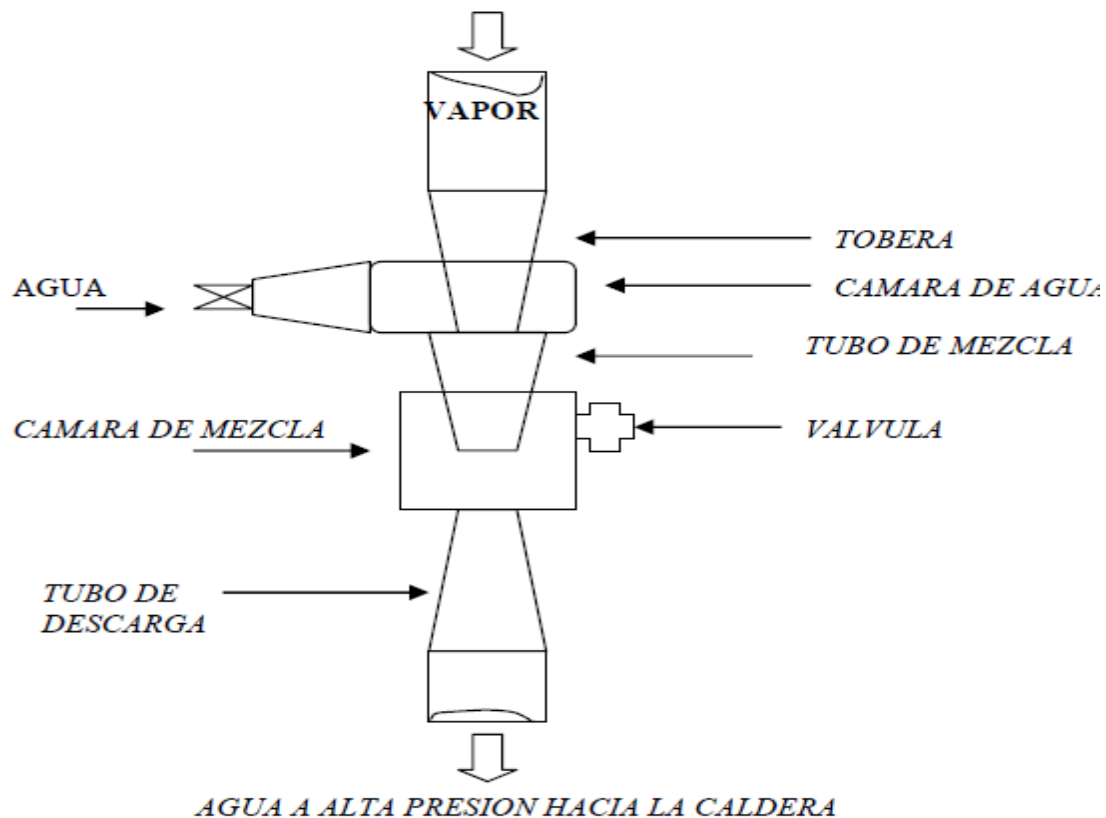


Fig. 2.10 inyector manual de agua

2.15 MANTENIMIENTO

Como se explicó anteriormente, los inyectores de agua sólo pueden trabajar bajo condiciones específicas (*temperatura del agua baja y presión de vapor alta*).

Debido a la gran utilidad e importancia que tienen los inyectores, su operación y conservación deberán ser apropiadas.

Las causas más frecuentes por las que fallan los inyectores son:

- a) Agua de alimentación demasiado caliente.
- b) Presión del vapor de alimentación demasiado baja.
- c) Boquillas y tubos tapados total o parcialmente con incrustaciones o basuras.
- d) Partes del inyector gastadas.
- e) Alteración o modificación de la distancia existente entre el tubo de mezcla y el tubo de descarga.

Si el agua de alimentación es demasiado caliente, se recomienda conectar la línea de admisión de agua del inyector a un tanque o tambor que contenga agua fría y de preferencia "tratada".

La limpieza exterior e interior del inyector es indispensable para su buen funcionamiento, por lo que periódicamente deberán limpiarse los conductos y cámaras del inyector para eliminar sarros, incrustaciones y basuras.

Cuando alguna parte del inyector se gaste por efectos del paso del agua y el vapor, el único remedio posible será cambiar la parte gastada o todo el inyector.

La distancia entre el tubo de mezclas y el tubo de descarga debe permanecer constante, cualquier variación a ésta modificará la operación del inyector, dejándole su eficiencia o impidiéndole trabajar.

Siempre que se proporcione servicio de mantenimiento al interior de un inyector, debe procurar hacerse en horas de poca demanda de vapor y en horas en que normalmente no falle 1a energía eléctrica. En lo posible, el mantenimiento al inyector debe efectuarse cuando la caldera esté parada o no haya demanda de vapor.

ACCESORIOS DE LIMPIEZA

Sirven para limpiar el interior de la caldera, tanto por el lado de los gases como por el lado del agua.

2.15.1 PUERTAS DE INSPECCIÓN

Según sus dimensiones se llaman puertas de hombre o tapas de registro- Estas últimas sólo permiten el paso de un brazo. Ambas puertas sirven para efectuar limpiezas o inspecciones en el interior de los colectores principales o de los tubos según sea su ubicación.

2.16 LLAVES DE PURGA

- a) Válvulas de extracción de fondo.- Van ubicadas en las partes más bajas de la caldera y sirven para extraer los lodos o barros provenientes de la vaporización de aguas duras y acción del uso de desincrustantes. También se usan para vaciar las calderas. Estas llaves se deben abrir totalmente y dejar libre toda la sección de la cañería de descarga
- b) Válvulas de extracción de superficie.- Algunas calderas tienen también a la altura del nivel de agua, dentro de la cámara de alimentación, una llave llamada de extracción de superficie para botar algunas impurezas livianas.

2.17 SOPLADORES DE HOLLÍN - LIMPIATUBOS MECÁNICOS

El hollín se acumula sobre las partes expuestas a los gases de la combustión. Como el hollín tiene un alto poder aislante del calor, se hace necesario evitar que se adhiera a los tubos de la caldera. Esto se consigue limpiándolos con sopladores de hollín, limpia tubos mecánicos o bien, herramientas manuales como cepillos de acero.

Los sopladores de hollín están instalados permanentemente en la caldera y permiten que aquellas partes de suficiente calefacción sometidas a la acumulación de hollín puedan limpiarse con chorros de vapor, aire o una mezcla de aire - vapor.

Los limpiatubos mecánicos pueden ser de tipo vibratorio, que desprenden la incrustación por medio de golpes rápidos y que son aplicables a las calderas Acuotubulares y a las Igneotubulares.

También pueden ser de tipo fresa rotatoria o giratoria, éstos arrancan la incrustación por medio de una herramienta cortante.

Este tipo de limpia tubos sólo se emplea en calderas de tubos de agua. Los atizadores, rastrillos, escariadores, barrotes y escobilla limpia tubos completan los accesorios de limpieza.

2.18 QUEMADORES DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO

Son los más utilizados en la actualidad y su manejo es sencillo. Trabajan normalmente con petróleo, fuel - oil, parafina, etc.

Consta de las siguientes partes

- Atomizador
- Registro de aire natural o mecánico
- Válvulas o conexiones necesarias

a) Los atomizadores.- Llamados corrientemente por error quemador, son de varios tipos.

La función del atomizador es pulverizar finamente el petróleo. Le corresponde al atomizador recibir el combustible a la presión normal de operación y transformar esta presión en alta velocidad.

El atomizador está compuesto de tres partes:

- El cuerpo con el adaptador
- El filtro
- La tobera

b) El registro de aire.- Tiene la función de descargar al fogón el aire necesario para la combustión del petróleo y distribuir el aire de tal manera que éste se mezcle íntimamente con el combustible descargado por el atomizador. En ciertos casos el registro de aire se usa para conseguir la función secundaria de controlar la cantidad y velocidad del aire que entra al fogón. Los registros de aire pueden ser de forma cónica o cilíndrica.

2.18.1 QUEMADORES PARA CARBÓN PULVERIZADO

Queman carbón finamente dividido, mantenido en suspensión en el aire primario. El aire secundario es admitido alrededor del quemador, por debajo del mismo o por otros puntos del hogar.

- Sistemas de Quemadores.

De fuegos opuestos.- Son quemadores colocados en paredes opuestas del hogar, uno frente al otro, los cuales producen una mezcla más íntima entre el aire y el combustible.

De fuegos cruzados.- Es una combinación de quemadores vertical y horizontal, en los que las corrientes de carbón y aire se cortan.

De fuego tangencial.- Son quemadores colocados uno encima del otro, en los cuatro vértices del hogar y que envían en sentido horizontal, corrientes de aire y carbón.

2.19 ACCESORIOS RECUPERADORES DE CALOR. ECONOMIZADORES

En algunas instalaciones de calderas, para aprovechar el exceso de calor que llevan los humos y gases antes de salir por la chimenea, se les dota de economizadores, En éstos se precalienta el agua de alimentación.

Están formados por un haz de tubos, por el interior del cual circula agua y por el exterior los gases de la combustión antes de salir por la chimenea.

Algunos de los accesorios con que deben contar los economizadores son:

- Manómetro
- Termómetro
- Válvula de Seguridad
- Llaves para extracción de fondos
- Aberturas para limpieza de hollín y ceniza

Las principales ventajas que se obtienen con el uso de economizadores son:

- Se amortiguan las grandes variaciones de temperatura en las planchas y tubos de la caldera, con lo que se consigue más estabilidad de la presión.
- Se aprovecha el calor, que de otro modo se perdería al ser llevado directamente a la chimenea
- Se purifica en parte el agua de alimentación ya que al calentarse en el economizador parte de las impurezas quedan en él
- El rendimiento general del sistema de combustión aumenta al aprovechar mejor el calor
- Economía de combustible

2.19.1 CALENTADORES DE AIRE (*Pre calentadores*)

Son accesorios que tienen por objeto calentar el aire que se envía al hogar para la combustión, aprovechando parte del calor que contienen los gases calientes antes de salir por la chimenea.

Las ventajas que pueden mencionarse utilizando aire precalentado son:

- Conservación de calor, por cuanto al llegar aire caliente no se desperdicia energía en calentarlo en el hogar
- Se mejora considerablemente la combustión
- Aumenta el rendimiento del sistema de combustión de la caldera

2.19.2 RETARDADORES

Consisten en una plancha lisa, del mismo ancho que el diámetro Interior del tubo, torcida en forma de hélice la que se mete en el tubo. Los gases calientes tienen ahora que recorrer un camino mayor, siendo más lento el paso de ellos por el interior de los tubos y entregando mayor cantidad de calor.

La eficiencia de la caldera se aumenta entre un 2% y un 8% con el uso de retardadores.

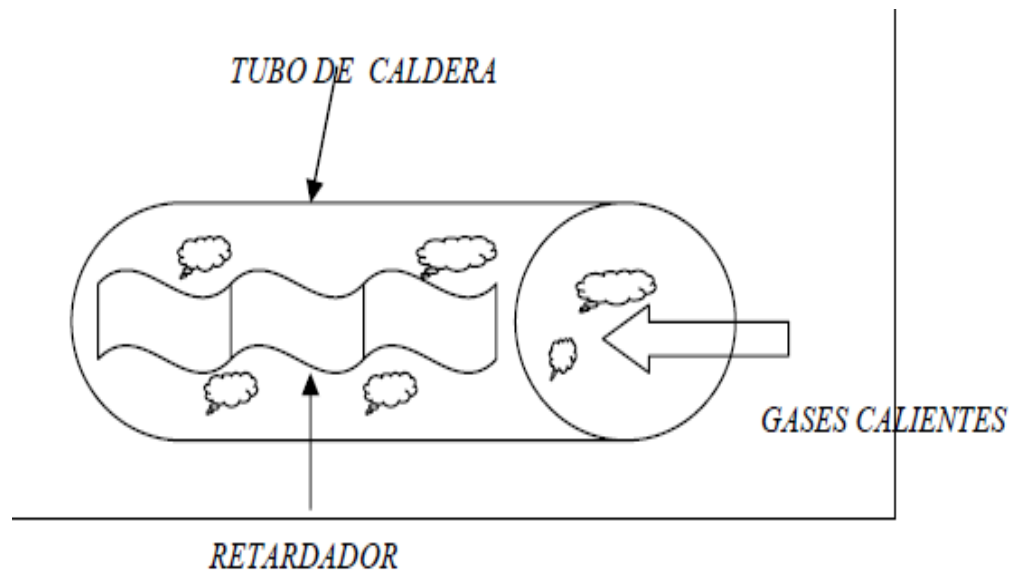


Fig. 2.11 Sistema retardador

2.20 ACCESORIOS DE CONTROL DEL GRADO DE CALENTAMIENTO DEL VAPOR. SOBRECALENTADORES

El vapor saturado se puede convertir en vapor sobrecalentado si lo paramos de la caldera y le suministramos calor manteniéndole su presión.

El vapor sobrecalentado no tiene humedad y su uso en turbinas y ciertos tipos de máquinas traen muchos beneficios. El sobrecalentador se instala de tal manera que aprovecha los gases calientes de la combustión. Consta de un haz de tubos por cuyo interior circula el vapor mientras que los gases calientes pasan por el exterior.

Los hay de dos tipos:

- Integrales
 - De convección
 - De radiación
- De fuegos separados

2.20.1 DESOBRECALENTADORES, SATURADORES O ATEMPERADORES

En muchos procesos se requiere vapor saturado. Si la planta está entregando vapor sobrecalentado es necesario transformarlo, para lo cual se usan los saturadores. Estos consisten en un tubo en forma de serpentín sumergido en la cámara de agua de la caldera.

Entregan así calor al agua y dejan el vapor a la temperatura de saturación.

2.20.2 ACCESORIOS DE CONTROL AUTOMÁTICOS

Muchos equipos generadores de vapor disponen de controles automáticos con el objeto de regularizar el funcionamiento de las calderas y contribuir a la labor del operador.

En ningún caso los accesorios de control automáticos reemplazan al operador de caldera.

Tampoco pueden considerarse como accesorios de seguridad, ya que no lo son.

Estos controles automáticos deben ser revisados periódicamente por personal especializado, para obtener de ellos un correcto funcionamiento. Debe recordarse que su operación es sensible y complicada, susceptible de fallas imprevistas.

En general estos elementos funcionan en base a la dilatación de un metal, o aleación de metales, ya sea por efecto del calor o la presión o en base a la luz o al nivel del agua. En general hace que se conecte o desconecte un circuito eléctrico, controlando automáticamente (sin la intervención del operador de la caldera) ya sea, la presión, la temperatura o cualquier otra variable.

Algunos de los controles automáticos más comúnmente usados en los equipos generadores de vapor son:

- Control de presión o presostatos
- Control de temperatura o termostatos
- Control de bajo nivel de agua
- Control de aire
- Control de la llama
- Control del encendido (chispa o piloto)

2.21 CONTROL DE PRESIÓN O PRESOSTATOS

Son accesorios que funcionan en base a la máxima y mínima presión de trabajo del vapor de la caldera. Actúan sobre el quemador, apagándolo al llegar a la máxima presión para la cual fue regulado y encendiéndolo al alcanzar la mínima presión deseada del vapor.

2.22 CONTROL DE TEMPERATURAS O TERMOSTATOS

Son accesorios que funcionan de acuerdo a la temperatura del agua, vapor o gases de la combustión. Apagan el quemador cuando se obtiene la máxima temperatura deseada y lo encienden cuando se ha llegado a la mínima temperatura para la cual fue regulado.

2.23 CONTROL DE BAJO NIVEL DE AGUA

Los controles de nivel de agua funcionan por medio, de un flotador, que al llegar el agua al nivel máximo corta la corriente de la bomba de alimentación de agua. Al bajar el agua a su nivel mínimo de trabajo, vuelve a conectar la bomba. Sí en este último caso la bomba no respondiera a la puesta en marcha y el nivel continuara bajando, este control generalmente está provisto de una tercera posición, en la cual corta la corriente al quemador.

2.24 CONTROL DE AIRE

Este control consiste en un switch de mercurio que actúa por medio de la presión de aire y que está conectado en el cabezal del quemador, previniendo la operación de este sin el aire auxiliar

2.25 CONTROL DE LA LLAMA

Mediante una celda fotoeléctrica se controla la llama (su largo) impidiendo la alimentación de combustible en caso que ésta no exista en el hogar.

2.26 CONTROL DEL ENCENDIDO (*Chispa*)

Por medio de este control se impide que salga combustible sin que exista la chispa para encenderlo.

CAPITULO III

Eficiencia de una caldera

3.1 PARÁMETROS QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE UNA CALDERA

La Eficiencia de Combustión se expresa como el 100% menos las pérdidas por gases secos de chimenea, menos las pérdidas por humedad en dichos gases.

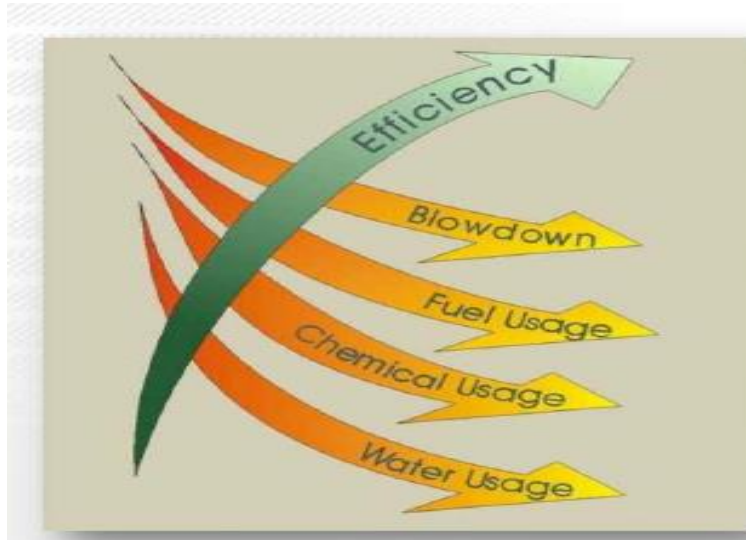


Fig. 3.1 Esto implica que la eficiencia de la caldera siempre va a ser menor que la eficiencia de combustión.

- a. Nivel de exceso de aire.
- b. Régimen de fuego.
- c. Temperatura de los gases de chimenea.
- d. Temperatura de agua de alimentación.
- e. Temperatura del aire de combustión.
- f. Suciedad de las superficies de transmisión de calor.
- g. Purga
- h. Presión de Vapor
- i. Pérdidas de calor en las carcaza de la caldera.
- j. Combustible.

3.2 VALORES DE EXCESO DE AIRE

Combustible		Diésel		Combustóleo		Gas natural		Gas L.P.	
Valor calorífico		9250 Kcal/l		9900 Kcal/l		8530 Kcal/m ³		6350 Kcal/l	
Rangos CO ₂	%	12	13	12	13	10	10.5	11	11.5
Rangos O ₂	%	4.45	3.1	5.1	3.7	3.3	2.4	2.7	3.0
Rangos exceso aire	n	1.25	1.165	1.30	1.20	1.18	1.12	1.22	1.17

Tabla 3.1 Parámetros que afectan la eficiencia de una caldera

Métodos para calcular la eficiencia de calderas

Existen dos métodos para calcular su eficiencia, el “método directo” y el “método indirecto o de pérdidas”.

3.2.1 Método directo

En el método directo, la eficiencia de una caldera se define como la relación entre la energía aprovechada en la transformación del agua en vapor, y la energía suministrada por el combustible. Se expresa normalmente en forma de porcentaje:

$$\text{Eficiencia de la caldera} = \frac{\text{Calor que sale con el vapor producido}}{\text{Calor suministrado por el combustible}} \times 100$$

3.2.2 Método indirecto

En el método indirecto o de pérdidas, la eficiencia se calcula restándole a 100 el valor de las pérdidas de calor; también se expresa como un porcentaje:

$$\text{Eficiencia de la caldera} = (100 - \text{pérdidas}) \%$$

Dentro de las pérdidas se consideran:

- Pérdidas de calor sensible en gases de combustión
- Pérdidas por combustible no quemado
- Pérdidas por radiación
- Pérdidas de calor en purgas y otros

3.3 CALOR QUE SALE (EXPORTADO) CON EL VAPOR

Este valor se calcula mediante el uso de las “Tablas de vapor”; para esto se necesita conocer:

- La temperatura del agua de alimentación
- La presión a la cual se está produciendo el vapor
- El flujo de vapor

3.3.1 CALOR SUMINISTRADO POR EL COMBUSTIBLE

Se calcula con base en la cantidad de combustible suministrado (m) y su poder calorífico (PC)

$$Q \text{ suministrado} = m \times PC$$

3.4 PODER CALORÍFICO

Este valor puede expresarse como poder calorífico “bruto” o “neto”.

3.4.1 PODER CALORÍFICO BRUTO (PCB)

Es la cantidad total de energía contenida en el combustible. Sin embargo, la mayoría de los combustibles contienen hidrógeno, que durante el proceso de combustión se mezcla con el oxígeno del aire para formar agua, la cual pasa a la chimenea en forma de vapor.

3.4.2 PODER CALORÍFICO NETO (PCN)

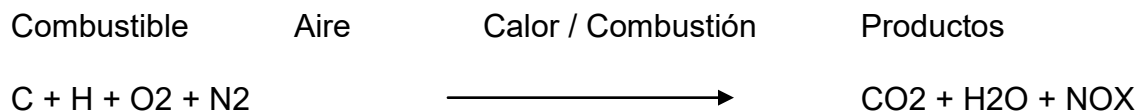
Es la cantidad de calor que se produce en la combustión, con exclusión del calor no recuperable. Equivale al calor del proceso de combustión que se aprovecha en la práctica. Para el carbón (sólidos) y los combustibles líquidos es un 5% menor que el PCB, para las diversas modalidades de gas natural y procesados es del 10%, mientras que en la electricidad no hay diferencia alguna entre el PCB y PCN.

TIPO DE COMBUSTIBLE	PODER CALORÍFICO NETO
Carbón térmico	19,405 MJ/t
Gasolinas y naftas	4,872 MJ/bl
Coque de petróleo	30,675 MJ/t
Gas licuado	3,765 MJ/bl
Diésel	5,426 MJ/bl
Combustóleo	6,019 MJ/bl
Gas natural	33,913 kJ/m ³
Bagazo de caña	7,055 MJ/t

Tabla 3.2 Fuente: SENER.- Balance Nacional de Energía 2015

3.5 REACCIÓN BÁSICA

Durante el proceso de la combustión se producen muchas transformaciones y reacciones químicas, dependiendo de la composición del tipo de combustible utilizado y de las condiciones en que se realice la combustión. Básicamente, cuando se quema un hidrocarburo, el hidrógeno contenido en éste se combina con el oxígeno del aire para producir agua, el carbón se combinará con el oxígeno del aire para formar bióxido de carbono y, además, se liberará energía en forma de calor.



En donde:

C = Carbón
H = Hidrógeno
O = Oxígeno
N = Nitrógeno

Para obtener una buena eficiencia de la caldera es necesario controlar, con bastante precisión, la cantidad de aire que se suministra al proceso de combustión:

- Demasiado aire reducirá la temperatura del hogar y arrastrará una buena parte del calor útil.
- Poco aire producirá una combustión incompleta, se escapará por la chimenea mucho combustible sin quemar y se producirá humo.

Sin embargo, en la práctica, existe un buen número de obstáculos para obtener una combustión completa (estequiométrica):

- Las condiciones en que opera el quemador no son perfectas y es imposible asegurar la mezcla de las moléculas de carbón, hidrógeno y oxígeno.
- Algunas de las moléculas de oxígeno se combinarán con moléculas de nitrógeno para formar óxidos de nitrógeno (NOx).

Para asegurar una combustión completa, se necesita suministrar una cantidad extra de aire o “exceso de aire”. Esto tiene su efecto sobre la eficiencia de la caldera.

En la mayoría de las instalaciones con calderas pequeñas, el control de la relación aire/combustible se lleva a cabo mediante una serie de levas y varillas que deben de calibrarse para obtener la cantidad de aire necesaria para un régimen de carga determinado.

Como son elementos mecánicos, sufrirán desajustes y desgaste, por lo que deben ser recalibrados y darles mantenimiento periódicamente.

En instalaciones con calderas más grandes y modernas, los sistemas de control cuentan con sensores (electrónicos) de oxígeno en los gases de combustión para regular el suministro de aire.

El control preciso de la combustión se ve afectado adversamente por las entradas de aire (infiltración) en la cámara de combustión.

3.5.1 PROTECCIÓN AL AMBIENTE

Los países firmantes del Protocolo de Kyoto, acordaron tomar acciones individualmente para:

- Reducir la emisión de gases nocivos a la atmósfera. No obstante que el dióxido de carbono (CO₂) es el menos potente de los gases considerados por el acuerdo, es por mucho el más común y equivale al 80% del total de las emisiones que deben ser reducidas.
- Disminuir la cantidad anual de combustible utilizado. Esto se podrá lograr mediante el uso de fuentes alternas de energía, no contaminantes, o usando los mismos combustibles pero más eficientemente.

3.5.2 TECNOLOGÍA

Las leyes de protección al medio ambiente, la búsqueda de equipos más económicos y de operación más eficiente por parte de los usuarios, así como los dispositivos de control electrónicos más precisos, han derivado en un mejor diseño y operación de las cámaras de combustión de las calderas y sus quemadores.

Las calderas modernas, equipadas con mejores quemadores, pueden tener:

- Recirculación de gases de combustión para asegurar que ésta alcance su nivel óptimo y con la mínima cantidad de exceso de aire.
- Controles electrónicos sofisticados, que pueden monitorear los componentes de los gases de combustión y realizar los ajustes en los flujos de combustible y aire, para mantener las condiciones de operación dentro de los parámetros especificados.
- Capacidad de mantener la eficiencia y los parámetros de emisión sobre un rango amplio de operación.

3.6 PÉRDIDAS DE CALOR

Además de los problemas que se tienen en el quemador, el hogar y los derivados de la relación aire/combustible para obtener una combustión completa y eficiente, existen otras fuentes de pérdidas de calor y eficiencia. La evaluación de éstas se utiliza para determinar la eficiencia de la caldera en el método indirecto o de pérdidas.

3.6.1 PÉRDIDAS DE CALOR EN GASES DE COMBUSTIÓN

Ésta es probablemente la fuente de pérdida de calor más importante y, por lo mismo, los ingenieros de la empresa deben reducirla al máximo posible.

Las pérdidas se producen debido a la temperatura y volumen de los gases que salen por la chimenea: a mayor temperatura de los gases, menor es la eficiencia de la caldera.

Los gases pueden estar demasiado calientes por una de dos razones:

1. El quemador está produciendo más calor que el que se requiere para la carga específica de la caldera.

Esto indica que el quemador(es) y el mecanismo de la compuerta de aire requieren mantenimiento y recalibración

2. Las superficies de calefacción de la caldera no están funcionando correctamente y el calor no se está transfiriendo al agua.

Esto significa que las superficies de calefacción están sucias o con incrustaciones y necesitan limpieza.

Se debe tener cuidado al reducir la temperatura de los gases de combustión, ya que demasiado enfriamiento puede reducir la temperatura de los gases por abajo del “punto de rocío”, lo que aumenta la posibilidad de corrosión por la formación de:

- Ácido nítrico (del nitrógeno del aire utilizado para la combustión).
- Ácido sulfúrico (si el combustible contiene azufre)
- Agua

3.6.2 PÉRDIDAS POR RADIACIÓN

Debido a que la caldera (su envolvente) está más caliente que el medio ambiente donde se encuentra, una parte de su calor se transfiere a su alrededor. Un aislamiento dañado o mal instalado aumentará considerablemente el potencial de pérdida de calor por radiación.

Una caldera, de tubos de humo o de agua, de 5 MW, razonablemente bien aislada, tendrá una pérdida por radiación de 0.3 a 0.5 % de su energía.

En las calderas de menor potencia, el porcentaje de pérdida por radiación puede variar desde 1.3% para una caldera de 600 CC hasta 3.0% para una caldera de 50 CC.

Quizá no parezca una cantidad considerable, pero estos porcentajes corresponden a plena carga y esta pérdida permanecerá constante, incluso si la caldera no está enviando vapor a proceso y se mantiene simplemente en “stand by”.

Lo anterior también indica que, para operar más eficientemente, la caldera debe trabajar cerca de su máxima capacidad; a su vez, esto requiere una buena coordinación entre la casa de máquinas y el departamento de producción.

3.6.3 PÉRDIDAS EN PURGAS

El objetivo de esta operación es la extracción de sólidos disueltos y en suspensión dentro de la caldera, ya que al vaporizarse el agua, la concentración de sólidos aumenta en el agua que queda, lo cual conduce a problemas de incrustación importantes ya que, entre otros efectos negativos, reducen significativamente la

tasa de transferencia de calor del combustible al agua, reduciendo con ello la eficiencia de la caldera.

La purga se realiza extrayendo agua de la parte inferior de la caldera, donde se encuentran más concentrados los sólidos disueltos y en suspensión e introduciendo agua de alimentación con una concentración muy baja.

Hay que buscar el nivel adecuado de purga que se le debe dar a la caldera, una purga insuficiente no impide la formación de fangos, incrustaciones y arrastres mientras que una purga excesiva producirá pérdidas de calor elevadas.

Eficiencia típica de calderas tipo paquete con base en el poder calorífico superior

	Capacidad kW	Eficiencia η (%)	Combustible
Calderas tubos de Humo	100-200	76	Gas natural o L. P.
	100-200	80	Combustóleo, gasóleo, diésel.
	200-8 000	76	Gas natural o L. P.
	200-8 000	80	Combustóleo, gasóleo, diésel.
Calderas tubos de Agua	100-200	74	Gas natural o L. P.
	100-200	78	Combustóleo, gasóleo, diésel.
	200-8 000	76	Gas natural o L. P.
	200-8 000	80	Combustóleo, gasóleo, diésel.

Tabla 3.3 Fuente: Conae

3.7 QUEMADORES

Los quemadores son los dispositivos responsables de:

- Mezclar adecuadamente el combustible y el aire en las proporciones correctas, para obtener una combustión completa.
- Determinar la forma y dirección de la flama.

3.7.1 RANGO DEL QUEMADOR

Una característica muy importante de los quemadores es su rango de operación. Esto se expresa como la relación entre su máxima capacidad (para quemar combustible), dividida entre su mínima capacidad controlable.

El rango de operación no es simplemente el hecho de forzar diferentes cantidades de combustible dentro del hogar de la caldera, sino que es muy importante desde una perspectiva económica y ambiental que el quemador realice una combustión adecuada y eficiente, además de cumplir las regulaciones ambientales dentro de todo su rango de operación.

3.7.2 QUEMADORES DE COMBUSTÓLEO

Para quemar eficientemente el combustóleo, se requiere una relación muy alta entre la superficie de la partícula de combustible y su volumen; dicho de otro modo, se requiere de un alto grado de atomización del combustible. Por experiencia se sabe que el mejor tamaño de partícula está entre los 20 μm y los 40 μm .

- Las partículas mayores de 40 μm tienden a ser transportadas a través de la flama sin completar el proceso de combustión.
- Las partículas menores a los 20 μm pueden viajar tan rápido que pasan a través de la flama sin quemarse.

Un aspecto muy importante para la combustión de los combustibles pesados, como el combustóleo, es la viscosidad.

Ésta varía con la temperatura: a mayor temperatura del combustible, mayor facilidad para fluir. Los usuarios saben que estos combustibles deben ser calentados para que fluyan más fácilmente. Lo que no es tan obvio es que una variación en la temperatura, y por lo tanto en la viscosidad, tiene un efecto sobre el tamaño de la partícula de combustible que se produce en la tobera del quemador. Por esta razón, es indispensable controlar con bastante precisión la temperatura para obtener las condiciones requeridas en la tobera.

3.7.3 QUEMADORES A PRESIÓN TIPO “JET”

Estos quemadores contienen simplemente un orificio calibrado en un extremo de un tubo a presión. Típicamente la presión del combustible está en el rango de 7 a 15 bar.

En este rango de operación, la caída de presión que se crea en el orificio cuando el combustible es descargado en el hogar, produce su atomización. Así también, cuando se pone el dedo pulgar al extremo de una manguera de jardín se crea el mismo efecto.

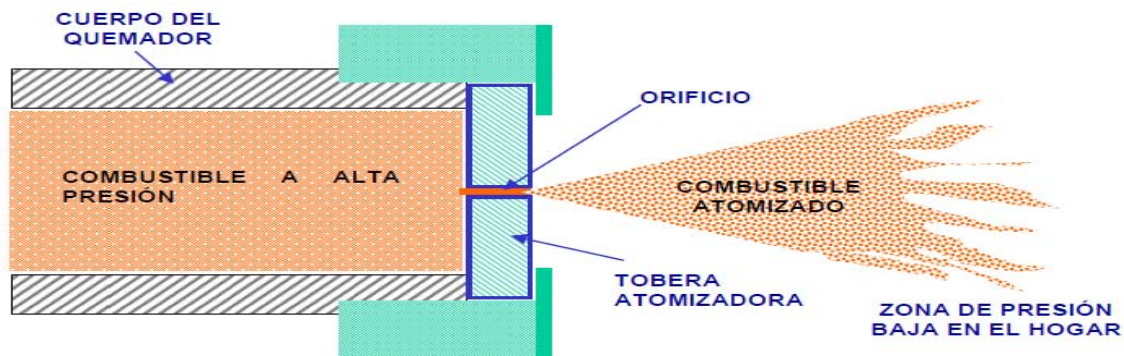


fig. 3.2 Quemador a presión tipo "jet"

3.7.4 QUEMADOR DE COPA ROTATIVA

En estos quemadores, el combustible es suministrado a través de un tubo central que descarga en la parte interna de un cono ó “copa” que gira rápidamente. Conforme el combustible se desplaza a lo largo del cono debido a la fuerza centrífuga, la película del combustible se vuelve progresivamente más delgada al aumentar la circunferencia del cono. Finalmente, el combustible es descargado por el labio del cono finamente atomizado.

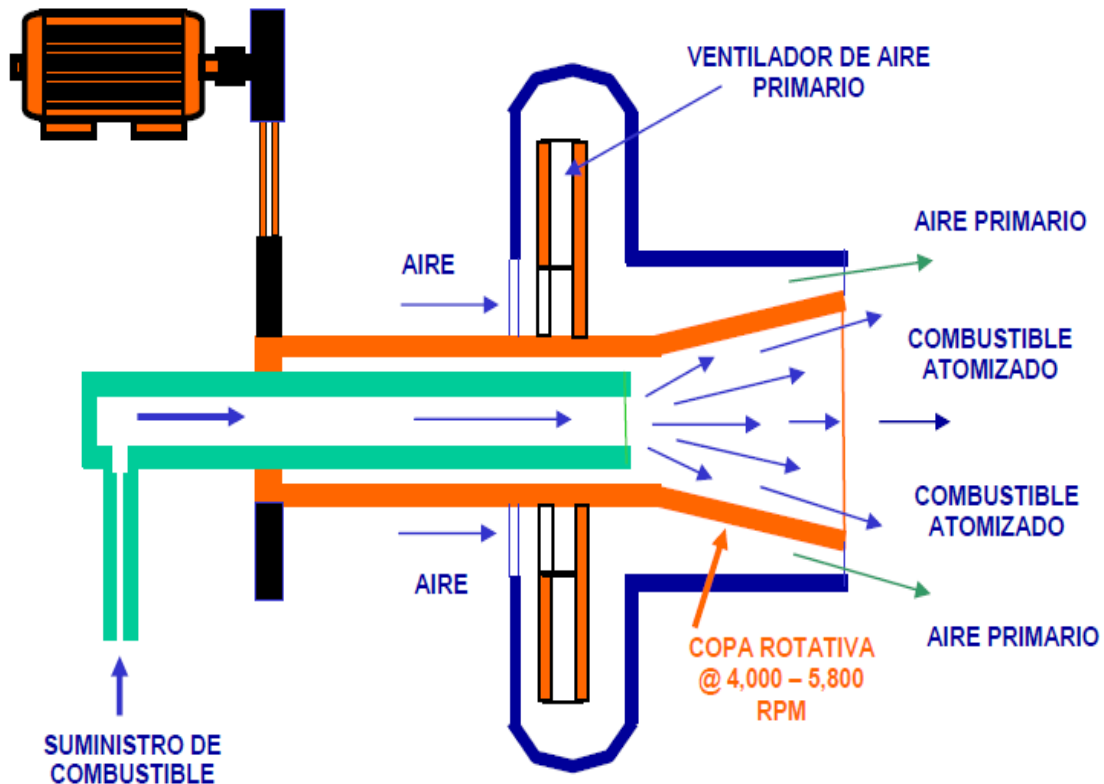


Fig. 3.3 Quemador de copa rotativa

Debido a que la atomización se produce mediante el cono rotativo, en vez de variar alguna condición del propio combustible, el rango de operación es mucho más grande que en los quemadores tipo jet.

3.7.5 QUEMADORES PARA GAS

El gas natural es uno de los combustibles más utilizados por la industria en la mayoría de los países más avanzados; en México, la industria continúa sustituyendo los combustibles líquidos por gas natural.

Básicamente, existen dos tipos de quemadores para gas, de baja y de alta presión.

3.7.5.1 QUEMADORES A BAJA PRESIÓN

Usualmente éstos operan entre los 2.5 y los 10 mbar. El quemador es un dispositivo tipo venturi simple, al cual se le introduce el gas en la zona de la garganta, mientras que el aire para la combustión es succionado desde la parte posterior por el efecto venturi. La capacidad de estos quemadores está limitada aproximadamente a 1 MW.

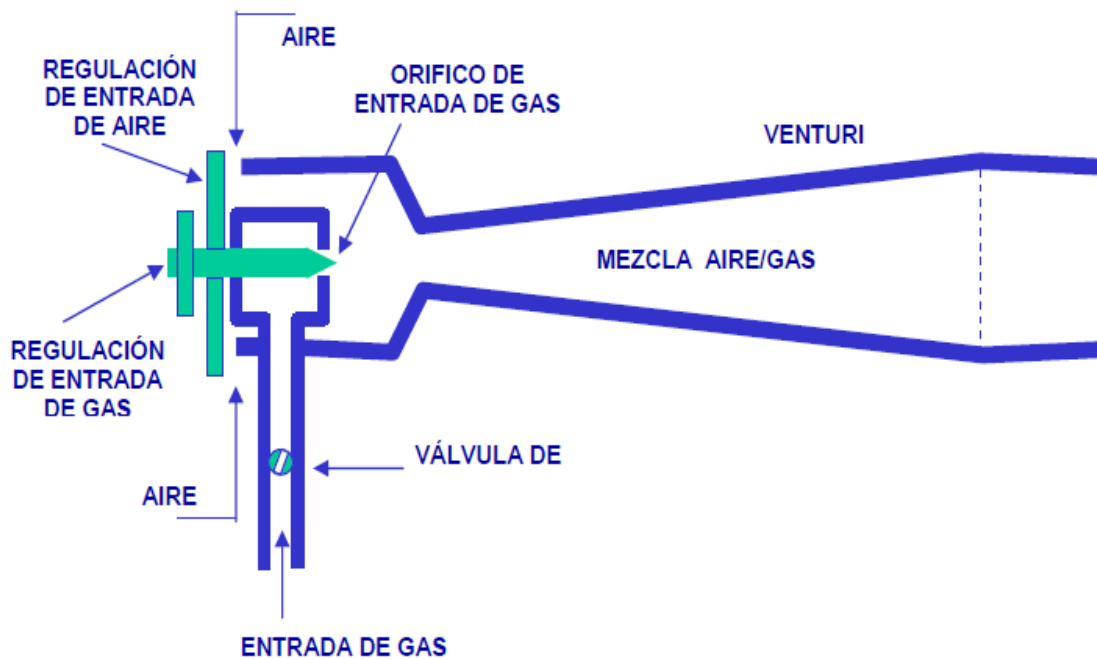


Fig. 3.4 Quemador de gas a baja presión

3.7.5.2 QUEMADORES DE ALTA PRESIÓN

Éstos operan a presiones mayores, normalmente entre los 12 y 175 mbar, y pueden incluir varias toberas para producir una forma particular de flama.

3.8 SISTEMAS DE CONTROL PARA QUEMADORES

Los sistemas de control para quemadores no pueden ser vistos aisladamente. Tanto el quemador y el sistema de control, como el nivel de control del sistema, deben de ser compatibles y trabajar de manera complementaria para satisfacer la demanda de vapor de la planta de una forma eficiente.

A continuación se describen brevemente los sistemas básicos de control para quemadores:

3.8.1 SISTEMA ENCENDIDO - APAGADO (ON/OFF)

Éste es el más sencillo de los sistemas de control; el quemador está encendido a su máxima capacidad, o completamente apagado. La mayor desventaja de este método de control radica en que la caldera se sujeta a choques térmicos bruscos, cada vez que el quemador enciende. Por lo tanto, su uso debe limitarse a calderas pequeñas hasta unos 500 kg vapor/hora.

3.8.1.1 VENTAJAS DEL SISTEMA DE CONTROL ENCENDIDO – APAGADO

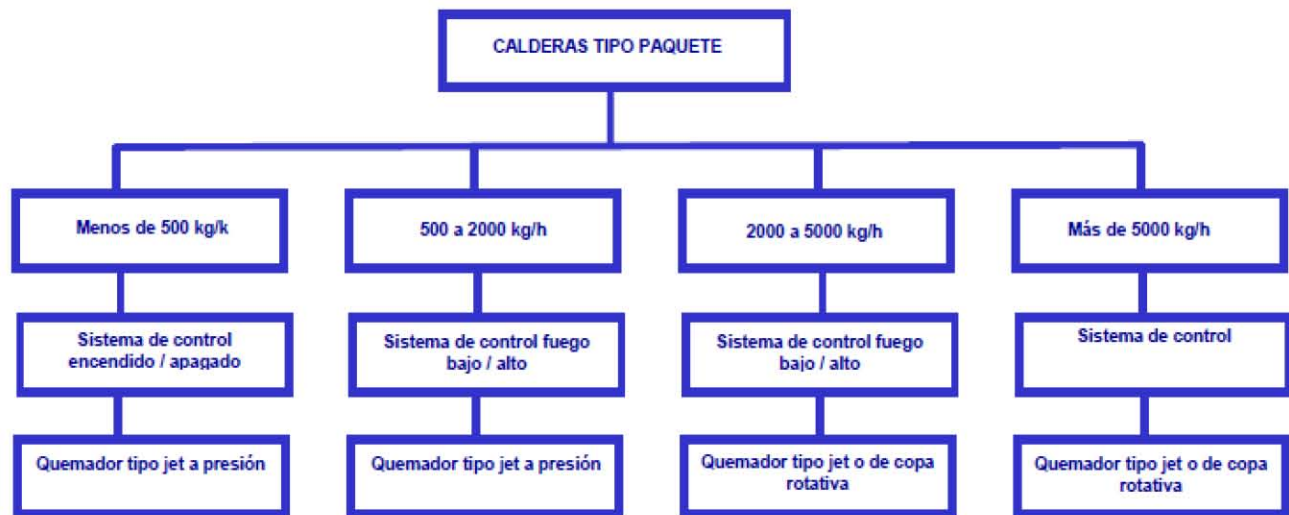
- Son sistemas muy simples
- Son los sistemas más baratos actualmente

3.8.1.2 DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE CONTROL ENCENDIDO – APAGADO

- Si se presenta una demanda fuerte de vapor inmediatamente después de apagarse el quemador, se reduce considerablemente la cantidad de vapor disponible.
- Se producen choques térmicos a los componentes de la caldera

3.8.2 SISTEMA DE CONTROL, FUEGO ALTO Y BAJO

Éste es un sistema de control un poco más complejo que el anterior y en el que el quemador puede trabajar en dos rangos de fuego. En un principio, el quemador opera a fuego bajo y, posteriormente y de acuerdo con los requerimientos, cambia a fuego alto. De esta manera, se evita el peligro de los choques térmicos. El quemador.



CAPITULO IV

La caldera tipo Power Master

4 DESCRIPCIÓN GENERAL

Caldera tipo paquete, montada sobre base de fierro estructural con todos los accesorios y equipos auxiliares instalados en fabrica y sometidos a pruebas de acuerdo al código ASME (**Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos**) y de funcionamiento antes de su embarque.

De fácil instalación: Requiere únicamente su colocación sobre una base novelada o sobre una base sencilla y las conexiones exteriores (agua, vapor, combustible, corriente eléctrica, drenaje y chimenea).

4.1 LA CALDERA

Caldera tipo escocés marino mejorado, horizontal de tubos de humo, de tres pasos, con velocidades optimas controladas en base a tubos de humo de 2" hasta 50 caballos y de 1 ½ " de 80 caballos e adelante, con lo cual se logra una optima trasferencia de calor.

Hogar integral liso hasta 30 caballos y corrugado a partir de 40 caballos de acuerdo a la tecnología mas avanzada a nivel internacional. De esta forma se logra la elasticidad del cuerpo de presión requerida para asegurar una larga vida del mismo.

La superficie de trasferencia de calor es de 5 pies cuadrados por caballo caldera (medida en el lado de fuego y gases de acuerdo al código ASME)

Todos los componentes del cuerpo de presión se fabrican de acero especial tipo "fire box steel" totalmente soldados-tratándose de presiones mayores de 1.05 Kgs/cm² (clders agua caliente mayor de 2.11 Kgs/cm²) con control de rayos "X" y eliminación de tensiones por tratamiento térmico controlado.

El cuerpo de presión está provisto del número necesario de registro pasa-mano y en tamaños mayores 60 HP, de un registro pasa-hombre.

Todo material refractario está instalado en fábrica. Las tapas delantera y trasera, embiasagradas para facilitar el acceso al interior, está aislada con material monolítico para altas temperaturas y están diseñadas para lograr cierres herméticos con un mínimo de empaques.

La entrada de agua de alimentación está provista de un deflector para la distribución correcta y para evitar choques térmicos. N salida de vapor esta instalado un separador-secador.

Utiliza boquillas de atomización (dos) también llamaos inyectores de chorro lleno o semilleno con ángulos de 60° o 45°

La presión de atomización correcta para el combustible diesel es de 10-12 at. (diesel). La temperatura del diesel no debe ser inferior a 15°C .

DATOS TECNICOS DEL QUEMADOR WEISHAUPT

QUEMADOR	WEISHAUPT-MONARCH Modelo: L7Z/D
BOQUILLAS	1ª. Flama: Stein 13 GPH, 60°SS 2ª. Flama: Stein 12 GPH, 60°SS
BOMBA DE COMBUSTIBLE	SUNTEC Mod. J6CCC-1002-5P
VALVULA DE SOLENOIDE	HONEYWELL – LUCIFER (UNA) PZA. TIPO 121K2423-110V (DOS) PZA. TIPO 7121ZBG1KRTQ-110V
SERVOMOTOR	BAUSER Tipo 1055/23
MOTOR VENTILADO	3.7 KW, 3500 RPM. 220/380 V TIPO D112/110-2/1
CONTROL DE LA FLAMA	LANDIS & GYR TIPO LAL 2.25
FOTOCELDA	QRB1
FILTRO PARA DIESEL	BOLOGNA DE $\frac{1}{2}$ "
MANOMETRO PARA DIESEL	WHPT 63 MM – 0-25 BAR C/VALV. ESF.

Tabla 4.1 Fuente: manual de operación de la caldera Power Master

La unidad de combustión y su sistema de controles

Unidad de combustión o quemador tipo paquete de importación.

Cumple con los más estrictos requisitos de seguridad, confiabilidad y eficiencia que existe en el mercado a nivel internacional.

El quemador es tipo cañón de unidad compacta preensamblada.

4.2 AISLAMIENTO.

Las unidades se entregan con aislamiento de lana de vidrio de 51 mm de grosor, protegido por coraza metálica.

4.3 CONTROLES DE USO COMUN

- a) Motor del ventilador de tiro forzado: Acciona al ventilador y proporciona el aire para la combustión.
- b) Arrancador del motor del ventilador.
- c) Rotor del ventilador de tiro forzado: Proporciona el aire a una determinada presión para la combustión de la flama piloto y de la flama principal, así como para la purga del tubo cañón.
- d) Transformador de ignición: suministra chispa con alto voltaje para la ignición.
- e) Switch de dos posiciones (QUEMADOR) para:
Encendido de la unidad de combustión.
Para encendido y apagado de la unidad.
- f) La posición manual de la flama baja es la posición auxiliar para poder posicionar a la unidad de combustión manualmente a flama baja. Esta posición manual se utiliza normalmente para pruebas y para la carburación de la unidad de combustión, así como para arranques cuando la caldera esta fría.
- g) Luces piloto en el tablero: Estas luces nos indican visualmente información sobre la operación de la caldera. Ciclo de ignición, válvulas de combustible, falla de flama y bajo nivel de agua.
- h) Control de flama programador: programa automáticamente el arranque. La operación de la caldera interconectada. Incluye una secuencia de tiempo para la operación del ventilador, el sistema de ignición y la apertura de cierre de las válvulas de combustible.

El control de flama por medio de su detector de flama (fotocelda) nos suministra la protección cuando exista una falla de flama dentro de la unidad de combustión.

Este control recicla automáticamente durante la operación normal, o cuando hay una interrupción de corriente. Se tiene que restablecer manualmente cuando exista una falla de flama.

4.4 CONTROLES PARA VAPOR

- a) Indicador de presión. Manómetro: indica la presión interna de la caldera.
- b) Control de presión límite: corta un circuito para apagar la operación del quemador cuando suba la presión más alto del punto límite ajustado. Este ajustado para apagarlo o prender la unidad de combustión a una presión seleccionada.
- c) Control de presión operacional: este control de presión opera a la segunda flama y a su vez manda accionar el servomotor para abrir o cerrar la compuerta de aire. Puede ser un paso o modulante, a través de un potenciómetro.

4.5 CONTROLES PARA AGUA CALIENTE

- a) Indicador de temperatura de agua, uno a la entrada y otro a la salida del agua.
- b) Indicador de presión del agua.
- c) Control límite de temperatura del agua.
- d) Control operacional de temperatura del agua.
- e) Control de bajo nivel de agua.
- f) Opcional, control de presión límite para el caso de que suba la presión arriba de la presión normal de trabajo.
- g) Válvula(s) de alivio de presión de agua: las cuales actúan cuando la presión del agua llega a la presión de diseño o a una presión más baja ajustada de antemano.

4.6 CONTROLES PARA UNIDADES DE COMBUSTIÓN.

EL CUERPO DE PRESION

El cuidado del agua de un recipiente a presión es de suma importancia y coadyuvará al comportamiento de la caldera y el servicio que éste dé a lo largo del tiempo.

El equipo de alimentación de agua de la caldera deberá ser checado de tal forma que debe estar listo para ser usado. Se deberán revisar todas las válvulas, tuberías, bombas de alimentación de agua, así como que sean instaladas de acuerdo a las normas vigentes del lugar en que va trabajar el equipo.

Los requerimientos de la calidad del agua para calderas de agua caliente, así como calderas de vapor, son el parámetro directo elemental hacia una larga vida de la caldera y una buena operación. Vale la pena poner suma atención en todo lo que respecta a la calidad del agua requerida ya que esto nos dará dividendos en forma de una larga vida, menos paros obligatorios y a su vez prevendrán de costosas reparaciones. Cuando la caldera es nueva, al ponerla en marcha por primera vez, es recomendable el seguir las instrucciones del fabricante al pie de la letra. Las partes que entran en contacto con el agua de una caldera nueva o de una caldera reparada, ya sea en vapor o agua caliente, tendrán normalmente, aceites, grasas o partículas de materias ajenas al agua. Por lo tanto, más adelante hablaremos de un método de cocer, limpiando e cuerpo de este tipo de acumulaciones ajenas al medio de trabajo, que es el agua. Una caldera nueva de fábrica, normalmente no requiere de este tratamiento.

Las calderas como parte de un sistema de agua caliente, requieren de una circulación apropiada y deberán ser operadas de acuerdo a las reglas para las cuales fueron diseñadas; esto es, se deben evitar lo más posible los choques térmicos, los cuales dañaran continuamente los esfuerzos del material con el cual fue fabricado el cuerpo de presión.

4.7 CONSTRUCCION.

Todos los cuerpos de presión son construidos de acuerdo al código ASME. Calderas de vapor diseñadas para una operación a una presión menor o igual a 15 Lbs/plg² (1.05 Kgs/cm²), consideradas dentro de los buenos límites de seguridad normales para su uso industrial deberán ser construidas de acuerdo a la sección 4 calderas a baja presión.

Calderas de agua caliente para operaciones con temperaturas de agua que no excedan de los 240° F(115.5°C) podrán ser fabricadas con una presión de diseño de 30 Lbs/plg² (2.11 Kgs/cm²) pero de acuerdo a las necesidades de la columna de agua que nos dará a presión a la cual irán a trabajar, podrán tener una presión de diseño, de hasta 160 psi. (11.25 Kgs/cm²) y deberán ser construidas de acuerdo a la sección 4 para calderas a baja presión.

Para temperaturas entre 240 y 250°F (115.5 y 121.1 °C) la presión mínima de diseño deberá ser de 60 psi pero, tomando en cuenta la columna de agua a la cual irán a trabajar, podrán llegar hasta 160 psi (11.25 Kgs/cm²) y construidas de acuerdo a la sección 4 de calderas a baja presión.

Todas aquellas calderas de vapor cuya operación exceda los 15 psig (1.05 Kgs/cm²) deberán ser construidas de acuerdo a la sección 1, calderas de fuerza,

del código ASME. Calderas de agua caliente para operaciones arriba de los 250°F (121.1°C) deberán ser construidas también de acuerdo a este mismo código.

4.8 CALDERAS DE AGUA CALIENTE.

Un circuito de agua caliente deberá estar unido a un tanque de expansión, o de compresión. Todos los puntos más altos de este circuito deberán tener líneas de venteo hacia este tanque. En un circuito de agua caliente no deben encontrarse bolsas de aire, para lo cual es de vital importancia el tener cuenta en cada punto elevado del sistema hacia el tanque de expansión.

Temperatura mínima del agua de la caldera. El fabricante recomienda una temperatura mínima de agua de la caldera (entrada de agua de 170°F = 76.6°C). Es posible operar con temperaturas más bajas a este punto, pero lamentablemente el resultado de esta operación será negativo en cuanto a la corrosión en el lado de los gases de combustión, los cuales al ser enfriados a la temperatura de rocío traerán consigo corrosión hacia el metal. Por otro lado, si el combustible al ser usado es combustóleo # 6 con altos porcentajes de azufre, no solamente aumentará la corrosión en todo el material que se encuentra en contacto con los gases de combustión sino que, no será posible precalentar con la misma agua caliente el precalentador de combustóleo de acuerdo a los requerimientos necesarios para su combustión. En caso de tener una unidad de combustión para combustóleo, la temperatura mínima a que se deberá operar, recomendada por el fabricante es de 200°F (93.3°C).

Una caldera de agua caliente alimenta normalmente a un sistema de agua caliente en circuito cerrado. Dentro de este sistema la capacidad de almacenamiento de agua de la misma caldera es, en relación a la capacidad del agua del sistema completo, bastante pequeña. Por lo tanto el peligro de llegar a encontrarnos con choques térmicos que nos causen fatigas en el material es bastante elevado.

Por lo antes expuesto es recomendable, para evitar el choque térmico el instalar controles de temperatura de agua e interconectar la bomba de recirculación con el arranque de la unidad de combustión. Si la bomba de recirculación de agua no está funcionando, no deberá poder encender la unidad de combustión.

Cuando se tengan zonas de recirculación individuales con sus respectivas bombas, es recomendable que se mantenga recirculando el agua, aunque los cambiadores de calor o usuarios de calor no requieran de agua caliente. De esta forma se evitará que algún volumen de agua fría en algún momento llegue a causarnos un choque térmico dentro de la caldera.

4.9 REQUERIMOS DE UN FLUJO CONTINUO DE AGUA A TRAVES DE LA CALDERA DE AGUA CALIENTE

Es necesario instalar la tubería del circuito, con todos los controles del circuito, de tal forma que siempre exista la recirculación de agua a través de la caldera bajo cualquier condición de operación del sistema. El uso de válvulas de 3 vías deberá ser checado antes de arrancar la caldera, de tal forma que nunca se bay-pasee a la caldera en sí. Una constante circulación a través de la caldera nos ayudará a eliminar la posibilidad de un daño por medio de un choque térmico. El flujo de circulación a través de una caldera de agua caliente como mínimo deberá ser siempre (en cualquier tipo de operación) de por lo menos tres litros por minuto por cada caballo caldera. Si el flujo es mayor a la operación será mejor.

ANTES DE INICIAR LA OPERACIÓN DE LA CALDERA o al reiniciar la operación de la caldera el operado deberá estar completamente seguro de que exista un flujo de agua a través de la caldera. La tabla adjunta nos muestra el flujo máximo en galones por minuto de recirculación de agua en relación a la capacidad de la caldera y el diferencial de temperatura entre entrada y salida del agua de la caldera.

Instalación de diferentes calderas en diferentes capacidades en un sistema de agua caliente: En este caso y de acuerdo a la tabla anexa, el operador deberá asegurarse del mínimo y máximo flujo que deberá tener cada caldera de agua de recirculación. En el caso de tener una bomba para varias calderas de diferentes tamaños, se deberá llevar a cabo un cálculo de repartición de flujos, balanceándolos por medio de válvulas o placas de orificio, los cuales a través de una caída de presión determinarán el flujo a través de cada caldera.

El flujo proporcional de cada caldera deberá ser el adecuado para evitar diferencias de temperaturas, las cuales a su vez dañarán a las calderas.

De no tener flujos proporcionales en cada caldera, podremos tener en caso que mientras una de ellas se encuentre en fuego alto la otra se encuentra en fuego bajo, con lo cual nunca tendremos la temperatura deseada en el cabezal de unión de los flujos de agua.

Caída de presión a través de la caldera. La caldera tiene una caída de presión de aproximadamente un metro columna de agua en un sistema que tenga un diferencial de temperatura de aproximadamente 10°F.

Localización de la bomba de circulación: Es recomendable localizar la bomba de recirculación de tal forma que succione de la salida de agua de la caldera. De esta forma la caldera operará a presiones inferiores y a su vez, se podrá evitar en lo máximo posible la entrada de aire al sistema.

Normalmente se instalarán dos bombas de recirculación para tener una de reserva, y éstas se instalarán dentro del mismo cuarto de máquinas.

Operación de la bomba: Las bombas de recirculación normalmente se prenden y se apagan manualmente. Como ya antes lo mencionamos, es recomendable interconectar el encendido de la bomba contra el encendido del quemador. De esta forma si no hay una recirculación a través de la caldera, no podrá encender el quemador.

Presión: El diseño del sistema de agua caliente tendrá como presión de diseño, normalmente la presión requerida del sistema completo para la recirculación de agua. Muchos de estos sistemas se presurizan por medio de un gas inerte, como nitrógeno, en el tanque de expansión.

De acuerdo a la temperatura de operación deseada, es de suma importancia escoger la presión de trabajo de la caldera. De ninguna manera se podrá llegar a formar vapor dentro de la caldera. La temperatura de operación a la salida de la caldera deberá ser siempre por lo menos 30°C menores a la temperatura de saturación a la cual corresponde la presión de saturación y por lo tanto la presión de operación.

Esto es:

Si queremos tener una temperatura de salida de la caldera de 120°C, debemos operar por lo menos a una presión igual o mayor a 6Kgs/cm² de presión absoluta, lo cual equivale a 5 Kgs/cm² de presión manométrica. (La temperatura de saturación del agua es de 151°C a esta presión).

Otro ejemplo: Si deseamos tener una temperatura de salida deseada de la caldera mas 30°C , será igual a la temperatura de saturación, la cual es un parámetro directo de la presión de saturación, igual a la presión de operación mínima.

Al iniciar la operación de una caldera nueva o cuando se apague la operación de una caldera existente, en un sistema de operación de agua caliente, la caldera o las calderas que va a ser cortadas de la operación o puestas en operación deberán ser presurizadas con la misma presión de todo el sistema.

Es recomendable instalar termómetros en la tubería de retorno hacia la caldera y en la tubería de salida de agua caliente, de esta forma se sabrá siempre el diferencial con el cual se está operando y por lo tanto de acuerdo a la tabla anexa se sabrá el flujo máximo que se deberá establecer a través de la caldera.

En caso de que este flujo no vaya de acuerdo a la tabla anexa, el operador deberá corregir de inmediato el flujo o el diferencial de temperatura.

Por lo antes descrito es de relevante importancia el evitar siempre los choques térmicos. Nunca deberá entrar agua fría a una caldera de agua caliente que ya se encuentre en operación. Cualquier cambio rápido de temperaturas (choque térmico) podrá causar daños al equipo.

TABLA DE FLUJOS

CALDERA TAMAÑO	CAPACIDAD SALIDA 1000 KCAL/HR	DIFERENCIA DE TEMPERATURA °C (Entre retorno y salida)					
		5	10	15	20	25	30
		FLUJO MÁXIMO (CAUDAL) LPM					
20	168	558	296	197	148	118	98
30	253	882	441	295	221	177	147
40	337	1176	592	394	296	236	197
50	421	1476	738	492	369	295	246
60	506	1771	882	591	441	354	294
80	674	2362	1184	788	592	427	394
100	843	2953	1477	984	738	590	492
125	1054	3691	1845	1231	923	739	615
150	1265	4428	2215	1476	1108	886	738
200	1687	5906	2960	1970	1477	1181	985
250	2109	7382	3690	2462	1845	1477	1231
300	2530	8856	4429	2953	2215	1771	1476
350	2952	10335	5180	3444	2590	2068	1722
400	3374	11760	5820	3940	2960	2362	1970
500	4210	14760	7381	4925	3690	2955	2463
600	5061	17713	8856	5904	4428	3543	2952

4.10 CALDERAS DE VAPOR.

Operación con Bomba de Alimentación.

Asegúrese que todas las válvulas de la línea de alimentación estén abiertas antes de arrancar el motor de la bomba de alimentación, previendo de esta forma algún daño a la bomba de alimentación.

La capacidad de la bomba de alimentación deberá ser siempre, la capacidad para mantener el nivel de agua, bajo cualquier tipo de operación. La bomba de alimentación deberá ser checada periódicamente dándole el mantenimiento adecuado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante para de esta forma evitar paros innecesarios.

Antes de operar la bomba se deberá checar que esté alineada correctamente con cople flexible. Dependiendo de la correcta alineación de la bomba se tendrá una larga vida del equipo, sin problemas de operación.

4.11 TRATAMIENTO DE AGUA.

Un tratamiento de agua adecuado en el agua de alimentación, es elemental para la eficiencia, el bajo costo de mantenimiento y operación de un recipiente a presión. El fabricante recomienda hacer pruebas múltiples del agua de alimentación antes de instalar la caldera para que en base a un análisis químico, se pueda recetar el tratamiento adecuado o el equipo necesario para la buena operación de la caldera. Este análisis, así como la recomendación de un tratamiento de agua o equipo a ser empleado, deberá ser seguido al pie de la letra previniendo la presencia de sólidos no deseables, así como gases corrosivos en el agua de alimentación. Los objetivos principales de un tratamiento de agua son los siguientes:

Prevenir las incrustaciones así como depósitos de masas o soluciones acuosas en las áreas de transferencia de calor, los cuales evitarán el flujo de transferencia de calor llegando a sobrecalentar el material (metal), lo cual a la larga, causará serios daños costosos en reparaciones y en tiempos de operación, por paros necesarios.

- Eliminación de gases corrosivos en el agua de alimentación
- Prevención de fracturas intercristalinas o de fragilidad cáustica del metal del cuerpo de presión.
- Prevención de contaminantes del agua como son espumas o algún tipo de aceite u otros.

Para cumplir con los puntos mencionados anteriormente, normalmente se requiere de un tratamiento en la alimentación de agua antes de introducir el agua a la caldera. La selección del tratamiento o el proceso para el tratamiento de agua, depende de la fuente de agua, sus análisis químicos, etc.

Los métodos para el tratamiento incluye: un tratamiento: filtrado, suavizado, desmineralizado, deareado y precalentado.

El post tratamiento incluye: un tratamiento químico para el agua de la caldera, continuo, que requieren todas las calderas para su correcta operación.

Como podemos ver, hay un sinnúmero de variables de las cuales deriva el tratamiento del agua requerido para cada caldera; como estas variables pueden variar periódicamente. Es recomendable llevar a cabo análisis químicos del agua de alimentación de la caldera periódicamente. Es recomendable llevar a cabo estos análisis de la fuente de agua que va a suministrar a la caldera del agua de la caldera en sí, y de los condensadores del tanque de condensados.

Por otro lado, es necesario inspeccionar el interior de la caldera con mayor frecuencia, para detectar la presencia de alguna parte contaminante, acumulaciones de material ajeno, corrosión o picaduras. En caso de encontrar algo de lo antes mencionado, se requiere la presencia de algún experto en tratamiento de agua para calderas.

Es recomendable instalar un medidor de agua para determinar la cantidad de agua nueva que entra a la caldera, y de esta forma conocer el porcentaje de condensador que tenemos en la operación de la caldera. El porcentaje de condensados deberá ser siempre el más alto posible ya que, siempre será la mejor agua con la que podemos contar. Para circuitos de agua caliente normalmente se piensa que no requieren tratamiento de agua, lo cual en la práctica es falso ya que estos sistemas, normalmente llamados de circuito cerrado tienen pérdidas de agua y por lo tanto requieren de algún tipo de calentamiento químico en la práctica.

ESPECIFICACIONES REQUERIDAS PARA AGUA INTERIOR DE LA CALDERA:

Dureza: 0

Sólidos disueltos: 3000 - 3500 ppm

pH: 10.5 – 11.5

Oxígeno disuelto: 0

4.12 LIMPIEZA

Tuberías de vapor y de agua conectadas a la caldera pueden contener aceite, rasas o algún material externo. Estas impurezas deberán ser extraídas para evitar un daño en el recipiente a presión en las superficies de transferencia de calor. En un sistema de vapor, los condensados, no deberá entrar hacia el tanque de condensados y hacia la inyección del agua de alimentación por medio de las bombas. Durante este período en el que se están tirando los condensados, se deberá poner atención especial al tratamiento de agua de alimentación de la caldera, evitando de esta forma que se acumulen materiales dentro de la caldera o se formen corrosiones dentro de ella. Habrá que seguir las recomendaciones de una compañía o especialista en tratamientos de agua.

En un sistema de agua caliente normalmente se requiere de una limpieza general química del sistema completo, el cual deberá ser drenado totalmente, después del tratamiento químico será necesario consultar con una compañía especial en tratamiento químico de agua, para las recomendaciones sobre limpieza, el material a ser usado y el procedimiento para la aplicación del tratamiento químico.

CUERPO DE PRESIÓN.

Todas las partes interiores de la caldera que entran en contacto con agua, deberán estar completamente limpias de grasa, mugres, rebabas, partículas metálicas, arenas, piedras u otros. La presencia de algo de lo antes mencionado, causara una baja en la eficiencia de la caldera, así como posiblemente reparaciones costosas y pérdidas de tiempo. Tomando en consideración que el cuerpo de presión y las líneas de vapor representan un sistema de circuito cerrado (caldera, usuarios, tanque de condensados, alimentación a la caldera), y aun cuando éstos hayan sido limpiados previamente, existe la posibilidad de:

- a) Que la limpieza no haya sido adecuada
- b) Que se haya conectado un sistema que tenga antigüedad parcial o totalmente
- c) Las partes del lado de agua del cuerpo de presión deberán ser inspeccionadas periódicamente. De esta forma tendremos siempre el espejo interno en las condiciones en las que se encuentran estas partes, de acuerdo a los índices establecidos por el análisis del agua de la caldera. Se recomiendan inspecciones con intervalos de tres meses. Cuando estas inspecciones nos revelan condiciones de operación internas no aceptables, las inspecciones deberán ser mucho más frecuentes. Al encontrar condiciones no favorables, se deberá consultar a una compañía o especialista en tratamiento químico de agua.

En caso de encontrarse grasas o aceites en las aéreas de transferencia de calor (lado agua), éstos se podrán cocer utilizando adicionalmente una solución de detergente alcalino.

La temperatura del llenado inicial de agua para pruebas hidrostáticas, limpieza por ebullición u otros, deberá ser acuerdo al Código ASME.

4.13 PUESTA EN MARCHA DE LA CALDERA

1.- Las superficies internas de una caldera nueva pueden contener aceites, grasas o algún otro tipo de recubrimiento. Este tipo de materiales ajenos a un circuito de vapor deberá ser extraído de las superficies de transferencia de calor. Para llevar a cabo esta extracción, para lo cual se utiliza un producto químico en unión con temperatura, es necesario haberse antes familiarizado y comprendido totalmente la forma de operación de la unidad de combustión.

Existen compañías especializadas en tratamientos químicos de agua las cuales pueden recomendar algún procedimiento para lo cual se utiliza un producto químico en unión con una temperatura, es necesario haberse antes familiarizado y comprendido totalmente la forma de operación de la unidad de combustión.

2. El procedimiento para disolver el producto químico en el agua es:

El agua caliente dentro de un tanque de almacenamiento se introduce lentamente el producto químico seco, agitando constantemente el agua hasta que éste se disuelva. Se recomienda usar lentes protectores, guantes de hule, etc. Para poder manejar el producto químico. De ninguna manera se debe permitir que el producto entre en contacto con piel o tela.

3.- Una tubería de descarga en la parte superior deberá ser conectada a la caldera para ir descargando el producto.

4.- Antes de llenar la caldera se deberá desmontar (quitar) la válvulas de seguridad o de alivio, par que estas no vayan ser contaminadas por el producto químico o por las grasas que vayamos a extraer. Tenga cuidado al desmontar las válvulas, al igual que al instalarlas.

5.- Todas las válvulas de las tuberías que conduzcan o salgan de la caldera deberán cerrarse por completo para que la solución química no llegue a entrar al sistema.

6.- Llene el recipiente a presión con agua limpia hasta cubrir los tubos flux. Agregue la solución del producto químico y llénese hasta la parte superior de la caldera. El agua que se use para llenar la caldera deberá ser limpia y a temperatura ambiente.

CAPITULO V

Mejoras en la eficiencia de la caldera Power Master a Diesel

5 TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN

En este capítulo se hablara de la eficiencia de la caldera al aumentar la temperatura del agua de alimentación, se necesitara menos energía (diesel) para producir el vapor.

El elevar la temperatura de alimentación de agua a la caldera implicará un aumento en la eficiencia de la caldera, con base en la estimación de esta, calculada por el método directo podemos inferir su aumento debido al poder calorífico brindado al sistema de alimentación de agua y calcular la diferencia de la eficiencia entre el consumo del combustóleo anterior a la aplicación de nuestro sistema y el actual.

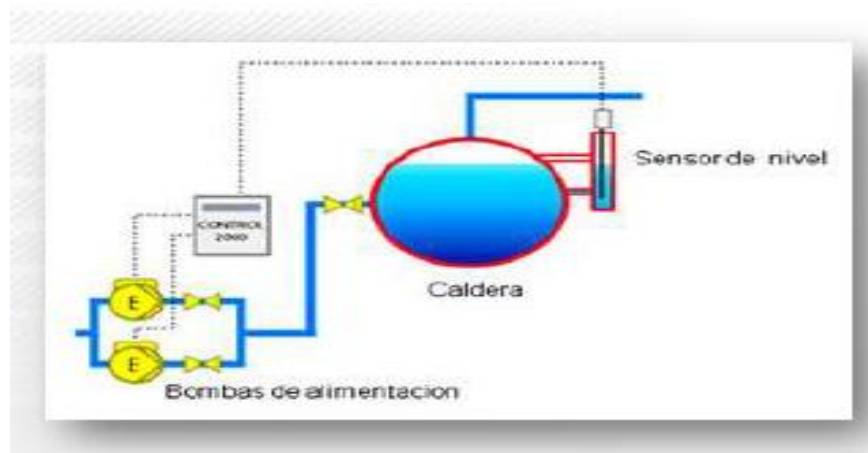


Fig 5.1 precalentamiento del agua

5.1 LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

El primer sistema para el precalentamiento del agua sería la implementación de un sistema energía solar térmico el cual consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor, esta energía la utilizaremos para la producción de agua caliente destinada al consumo de la caldera Power Master.

Los colectores de energía solar térmica están clasificados como colectores de baja, media y alta temperatura. Los colectores de baja temperatura generalmente son placas planas usadas para calentar agua. Los colectores de temperatura media también usualmente son placas planas usadas para calentar agua o aire para usos residenciales o comerciales. Los colectores de alta temperatura concentran la luz solar usando espejos o lentes y generalmente son usados para la producción de energía eléctrica.

5.1.1 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

Una instalación Solar Térmica está formada por captadores solares, un circuito primario y secundario, intercambiador de calor, acumulador, vaso de expansión y tuberías. Si el sistema funciona por termosifón será la diferencia de densidad por cambio de temperatura la que moverá el líquido. Si el sistema es forzado entonces necesitaremos además: bombas y un panel de control principal.

El esquema básico de una instalación de energía solar térmica es el siguiente:

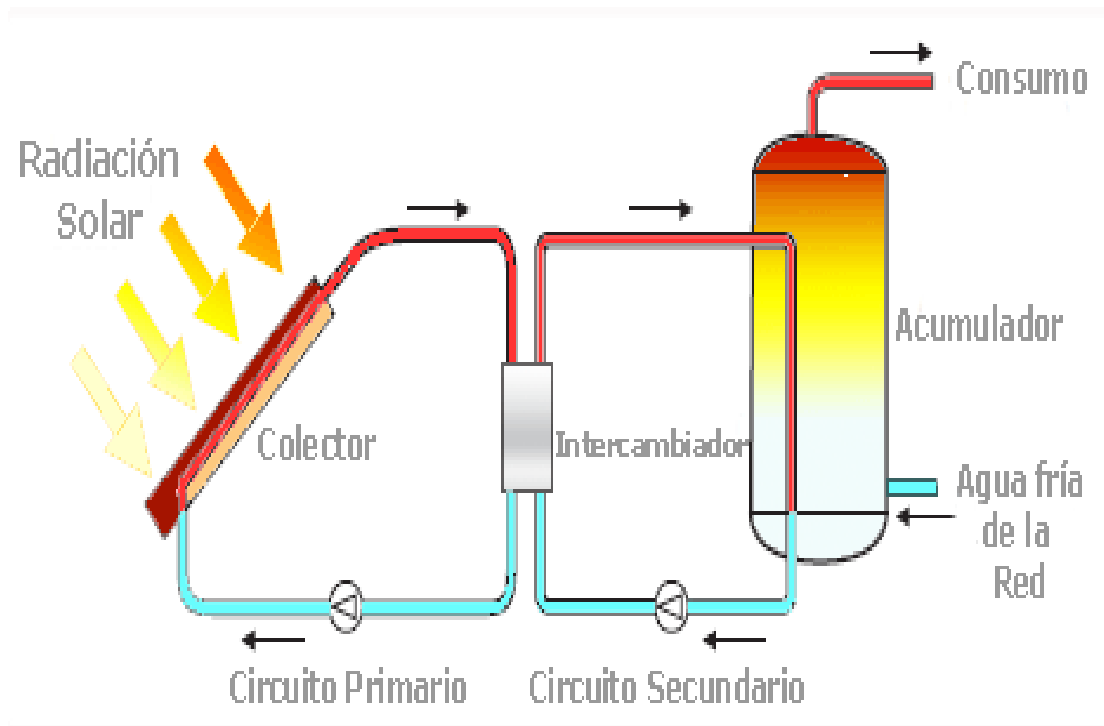


Fig 3.2 instalación de energía solar térmica

5.2 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR

El sistema de captación de radiación solar está formado por captadores solares conectados entre sí. Su misión es captar la energía solar para transformarla en energía térmica, aumentando la temperatura de fluido que circula por la instalación.

Existen una gran cantidad de sistemas de captación de la radiación solar. La elección de un sistema u otro dependerá principalmente de si se trata de instalaciones térmicas solares de baja, media o alta temperatura.

Entre los distintos sistemas de captación solar destacamos:

- Captador solar plano. Se trata del captador solar más extendido, se pueden obtener aumentos de temperatura de 60 °C a un coste reducido. Se utiliza en plantas solares térmicas de baja temperatura.
- Captadores solares térmicos no vidriados. Es frecuente, por ejemplo, para calentar el agua de piscinas. El aumento de temperatura es bajo, en torno a 30 °C. Son más económicos que los captadores solares planos.
- Captadores solares de vacío. Consisten en tubos de metal que recubren el tubo metálico que contiene el fluido de trabajo dejando entre ambos una cámara que actúa como aislante. Tienen un rendimiento muy elevado, pero su costo también es elevado.
- Captadores solares con sistemas de concentración de la radiación. Se utilizan para instalaciones que requieren temperaturas más elevadas. Se utilizan paneles en formas parabólicas o semi-cilíndricas.
- Captadores solares térmicos con sistemas de seguimiento de la posición del Sol. Su posición va variando al largo del día para mantener una posición perpendicular a la radiación solar recibida.

5.2.1 SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

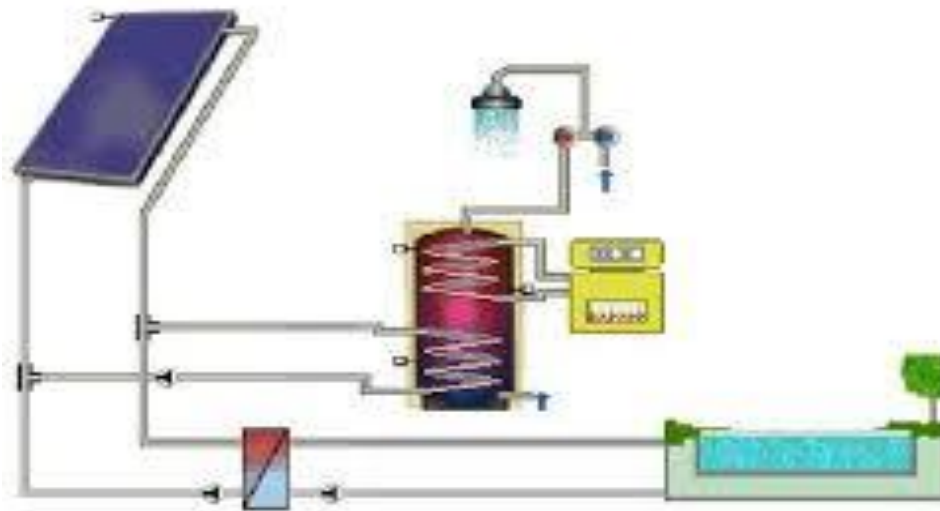


Fig 5.3 acumulación de la energía solar térmica

Consiste en almacenar la energía calorífica en un depósito de acumulación para su posterior utilización. El agua caliente obtenida mediante el sistema de captación, es conducida hasta el sitio donde se va a utilizar. Puede ser directamente, como es el caso del calentamiento del agua de una piscina. En aplicaciones de agua caliente sanitaria o calefacción la demanda no siempre coincide con el momento en el que hay suficiente radiación, por tanto si se quiere aprovechar al máximo las horas de Sol será necesario acumular la energía térmica en aquellos momentos del día en que esto sea posible y utilizarla cuando se produzca la demanda.

El sistema de acumulación de energía térmica está formado por uno o más depósitos de agua caliente. La dimensión de los depósitos de almacenamiento deberá ser proporcional al consumo estimado y debe cubrir la demanda de agua caliente de uno o dos días.

5.2.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Una vez que los captadores solares han calentado el medio portador de calor (agua o aire) aumentando su energía térmica, podemos trasladar esta energía térmica a otras fuentes más frías las cuales queramos calentar.

En este sistema se engloban todos los elementos destinados a la distribución del medio portador de calor y acondicionamiento a consumo: control, tuberías y conducciones, vasos de expansión, bombas, purgadores, válvulas, etc. También forma parte de este sistema el sistema de apoyo basado en energías convencionales (eléctricos, caldera de gas o gasóleo), necesarios para prevenir las posibles faltas derivadas de la ausencia de radiación solar y hacer frente a los picos de demanda.

5.2.3 SISTEMAS CONVENCIONALES DE APOYO ENERGÉTICO

Las instalaciones de energía solar térmica necesitan sistemas de apoyo convencionales en previsión a la falta de radiación solar o a un consumo superior al dimensionado (gasóleo, gas o electricidad). En la mayoría de los casos tanto en instalaciones en viviendas unifamiliares, como en edificios de viviendas, las instalaciones solares se diseñan para proporcionar a las viviendas entre el 60-80 % del agua caliente demandada, aunque en zonas con gran insolación a lo largo del año, el porcentaje de aporte suele ser superior.

En los meses de más baja radiación (enero, febrero, noviembre y diciembre) o día nublados, pondremos el segundo sistema que será a base de gas natural para el precalentado del agua para la alimentación de la caldera Power Master.

5.3 EL GAS NATURAL

El gas natural es una energía de origen fósil extraída del subsuelo y considerada como la más amigable con el medio ambiente.



Fig.3.4 gas natural

1. El gas natural es un energético que se extrae del subsuelo.
2. Se le agrega un odorizante llamado mercaptano, que le permite ser detectado en cualquier momento.
3. Se distribuye a través de gasoductos de acero y polietileno, materiales altamente resistentes incluso en zonas sísmicas. De esta forma se puede consumir en hogares, comercios e industrias.
4. Está considerado como el tipo de energía más amigable con el medio ambiente ya que no contamina y no es tóxico.

5.4 INSTALACIÓN DE GAS

La instalación de gas, de cualquier edificio (bloque de viviendas, vivienda unifamiliar, nave industrial...) está formada por el conjunto de elementos que permite la llegada desde la planta suministradora a la entrada del edificio.

En el presente tema trataremos únicamente la instalación de gas para el caso de un edificio de viviendas.

Elementos de la instalación:

5.4.1 GAS CANALIZADO

El combustible usado es el gas natural y el gas ciudad. Las partes de una instalación de gas canalizado son (puedes ir viéndolas en la imagen de la parte de abajo):

- Red general de transporte (RGT): pertenece a la empresa suministradora y generalmente es subterránea.

- Estación de regulación y medida (ERM): Controla el caudal y la presión del gas que circula por la tubería.

- Llave de salida (Sa) : es la llave general de la red de distribución Red de distribución (RDD): de ella parten las derivaciones que van a para a los edificios (o una vivienda individual).

- Llave de acometida (Ac): separa la red de distribución de la instalación receptora (edificio).

- Llave de edificio (Ed): da entrada al edificio.

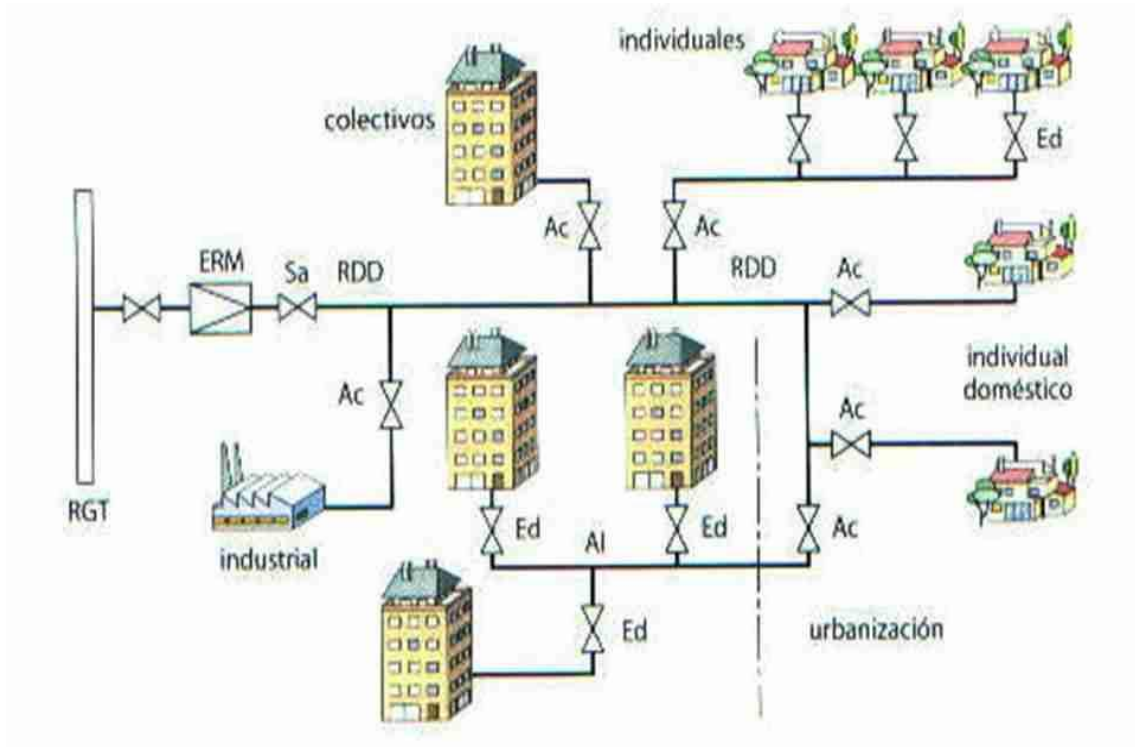
- Acometida interior (AI): une la red de distribución con el edificio. Si la compañía tiene que cortar el suministro a un edificio es la llave que cortarí.

- Contadores: cada vivienda lleva una para con su lectura saber lo que se consume.

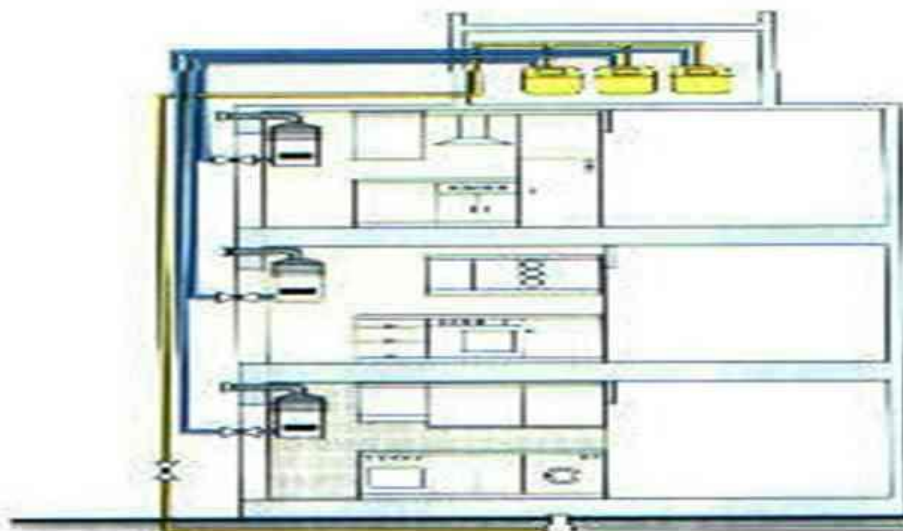
- Montantes: son las tuberías que suben del contador a las viviendas (a cada vivienda sube una montante).

Una vez dentro de la vivienda existen elementos como filtros, reguladores de presión, llaves de control y válvulas de seguridad.

En la siguiente imagen podemos ver la distribución del Gas Canalizado en las Ciudades:



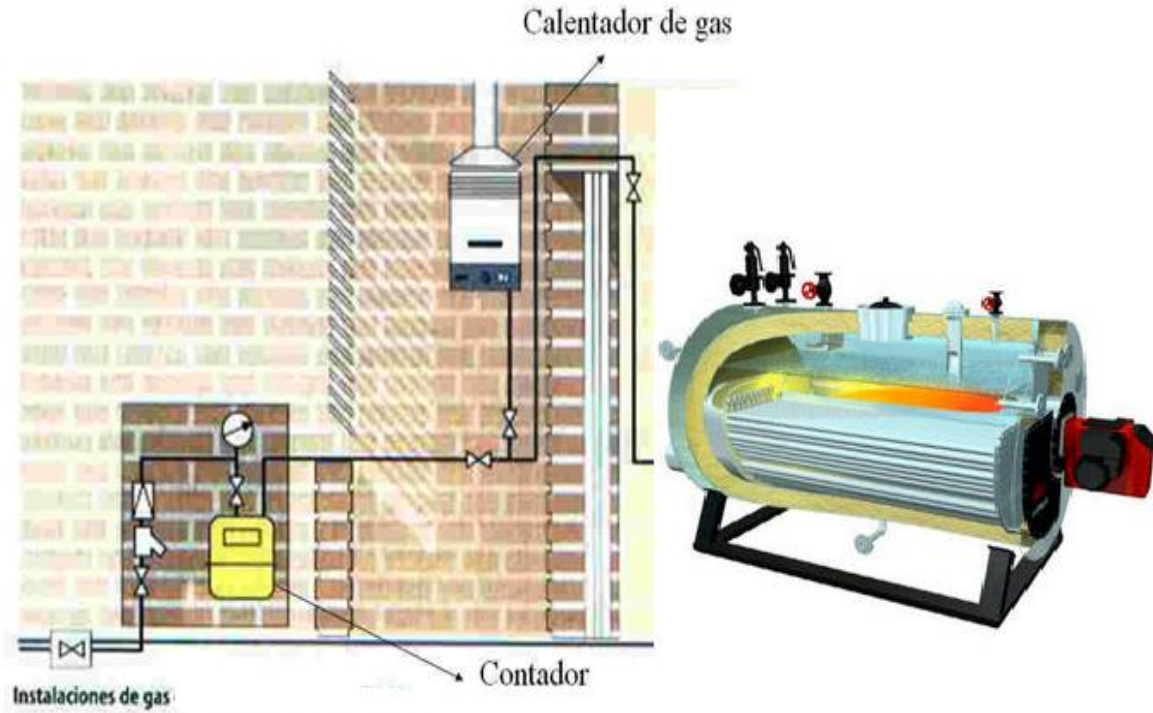
Aquí se ve como sería la instalación de gas en un edificio:



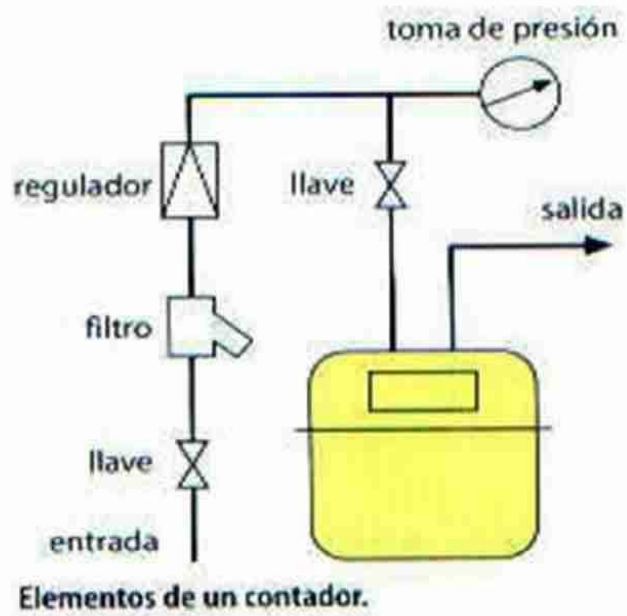
- la compañía
- la comunidad
- el usuario

Derivaciones interiores de un edificio de viviendas.

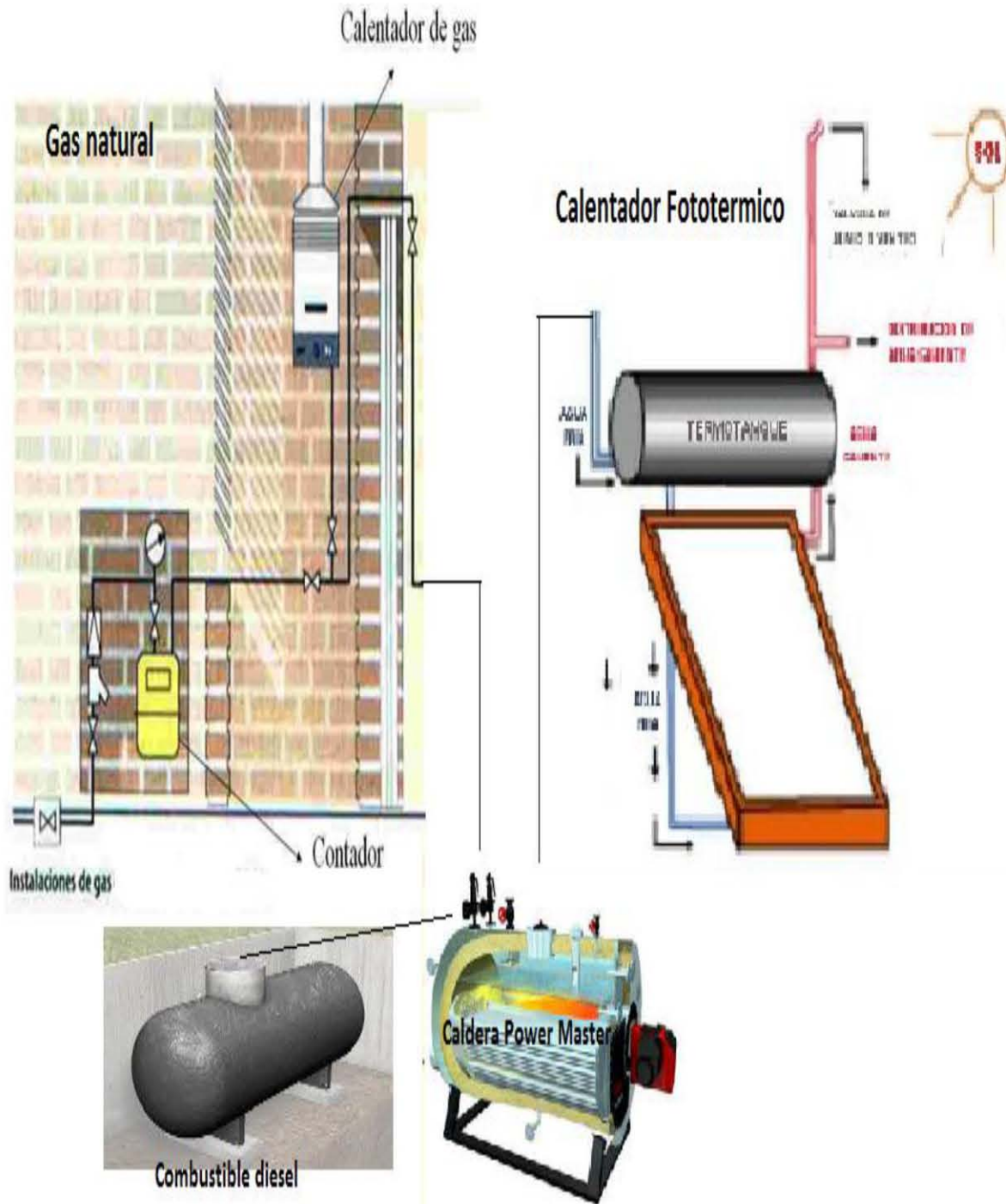
Y así se vería la instalación de Gas dentro de la institución:



5.5 LOS ELEMENTOS DEL CONTADOR DE GAS



Finalmente el sistema quedaría de la siguiente manera



Así es como quedaría la instalación final para la eficiencia de la caldera Power Master, en días soleados se precalentara el agua con el sistema solar termico, cuando este muy nublado se pondrá en marcha el sistema de gas natural, el gas natural no es nada agresivo para el ambiente.

Por lo tanto tendremos que dicha eficiencia es muy difícil saber ya que las condiciones climaticas han variado demasiado. No sabemos cuando va a estar soleado y cuando nublado, lo que si podemos saber es que habrá una gran reducción en cuando a la emisión de CO2 debido a que no se utilizara la misma cantidad de diesel.

CONCLUSION

Las energías renovables son aquellas que utilizan recursos capaces de renovarse ilimitadamente, hablamos del sol, el agua, el viento que vienen, de manera directa o indirecta, la mayoría proceden del SOL. La cantidad de Energía Solar que llega a la tierra es 28.000 veces superior a la cantidad de energía primaria convencional que consumimos, esta es la riqueza que nos rodea. Abrimos la puerta de casa y nos deslumbra el sol, nos refresca la brisa del viento...

No tenemos que importarlas de ningún país. Están en nuestros valles, nuestros ríos, nuestras montañas...también se les llama la energía verde porque es una energía limpia. Su impacto ambiental es mínimo, porque no comenzamos a utilizar este tipo de energías para hacer algo por nuestra gran casa, el mundo.

A través del presente proyecto, se logró materializar una serie de objetivos y expectativas planteadas al momento de su planificación. La presente propuesta puede ser innovadora en cuanto a la metodología de trabajo, al llevar a cabo una serie de actividades nuevas y diferentes que en todo momento permitirá una activa participación de todas las personas vinculadas con el proyecto.

Lo principal de este proyecto es que se tienen beneficios para los derechohabientes y personal del IMSS, pero a su vez el medio ambiente se ve beneficiado ya que se reducen seriamente las emisiones de CO2.

En lo personal pienso que deberíamos explotar mas las nueva tecnologías para la generación de luz, calor, energía eléctrica, todo siempre teniendo un enfoque ecológico, ya que sino comenzamos hacerlo nuestro planeta después nos cobrara la factura.

BIBLIOGRAFIA

- MANUAL DE OPERACIÓN, SERVICIO, MANTENIMIENTO Y PARTES CALDERA AUTOMATICA POWER MASTER
- Termodinámica [6ta Edición] Yunus A. Cengel, Michael A. Boles
- <https://sites.google.com/site/energiasolarbryanparedes/energia-fototermica>
- <http://www.gasnaturalfenosa.es/es/hogar/mis+gestiones/1297282584527/area+clientes.html>
- <http://www.uco.es/termodinamica/ppt/pdf/termo%201.pdf>
- <http://www.instalaciongas.com.ar/>
- <http://seaecotecnias.com/instalacion.php>
- <http://www.industrialtijuana.com/pdf/C-7.pdf>
- <http://www.jfinternational.com/mf/termodinamica.html>
- <http://www.uia.mx/campus/publicaciones/fisica/pdf/15termodinamica.pdf>
- http://www.buderus.com.mx/files/201101262348200.cat_solar_baja.pdf
- <http://www.miliarium.com/bibliografia/Monografias/Energia/EnergiasRenovables/EnergiaSolarTermica.asp>