

PARTE I	11
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. PARTES DE UNA CALDERA:.....	12
2. TIPOS DE CALDERAS:	13
2.1. CALDERAS DE TUBOS DE AGUA O ACUOTUBULARES:.....	14
2.1.1. CALDERAS ACUOTUBULARES COMPACTAS:	14
2.1.2. CALDERAS ACUOTUBULARES NO COMPACTAS:	15
2.1.3. CALDERAS ACUOTUBULARES DE ALTA PRESIÓN Y ALTA TEMPERATURA:	15
2.1.4. CALDERA DE CHAPA DE ACERO:.....	16
2.2. CALDERAS DE TUBOS DE HUMOS:.....	16
2.2.1. CALDERAS DE FUNDICIÓN:.....	16
2.2.2. CALDERAS PIROTUBULARES PARA COMBUSTIBLES LÍQUIDO O GASEOSOS:	17
3. SELECCIÓN DEL TIPO DE CALDERA:.....	18
4. CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR UNA CALDERA:.....	20
4.1. CONSTRUCCION DE UNA CALDERA.....	20
5. COMBUSTIÓN:.....	25
5.1. INTRODUCCIÓN:	25
5.2. REACCIONES QUÍMICAS:.....	25
5.3. TIPOS DE COMBUSTIÓN:	26
5.4. AIRE DE COMBUSTIÓN:	28
5.4.1. AIRE MÍNIMO:.....	28
5.4.2. EXCESO DE AIRE:	29
5.4.3. COMPOSICIÓN DE HUMOS:	29
5.4.4. VENTILADORES DE AIRE DE COMBUSTIÓN:.....	31
5.5. CONTROL DE LA COMBUSTIÓN:	31
5.5.1. MÉTODOS DE CONTROL:	32
5.5.2. TIPOS DE CONTROL CON CORRECCIÓN POR MEDIDA: ..	35
5.5.3. CONTROL DE LA COMBUSTIÓN DE RESIDUOS:	37
5.6. RENDIMIENTO:.....	38
5.6.1. RENDIMIENTO DE COMBUSTIÓN:.....	38
5.6.2. RENDIMIENTO DE UNA CALDERA:.....	39

5.6.3. CONDICIONES PARA CUMPLIR EL MÁXIMO RENDIMIENTO:.....	40
5.6.4. GASTO DE COMBUSTIBLE:	41
6. COMBUSTIBLES:.....	41
6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES:	42
6.2. TIPOS DE COMBUSTIBLES:.....	43
6.2.1. COMBUSTIBLES SÓLIDOS:.....	44
6.2.2. COMBUSTIBLES GASEOSOS:.....	47
6.2.3. COMBUSTIBLES LÍQUIDOS:	49
6.3. CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN COMBUSTIBLE:..	51
6.4. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA:	52
6.5. MÉTODOS DE MEDIDA DE EMISIONES CONTAMINANTES:..	52
7. LOS QUEMADORES:.....	55
7.1. FUNCIÓN DE QUEMADOR:	55
7.2. CONSTITUYENTES DE UN QUEMADOR:	55
7.3. RENDIMIENTO DE UN QUEMADOR:	56
7.3.1. FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN DE UN QUEMADOR:	56
PROCESOS Y HOGAR:	56
7.4. CLASIFICACIÓN DE LOS QUEMADORES:	58
7.4.1. ATENDIENDO AL COMBURENTE:.....	58
7.4.2. SEGÚN EL MODELO DE REGULACIÓN:.....	58
7.4.3. EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN DEL AIRE DEL COMBURENTE:	59
7.4.4. POR LA FORMA DE PREPARACIÓN DEL COMBUSTIBLE:	59
7.4.5. QUEMADORES DE PULVERIZACIÓN ASISTIDA, O POR INYECCIÓN DE FLUIDO AUXILIAR:.....	59
7.4.6. QUEMADORES ROTATIVOS DE PULVERIZACIÓN CENTRÍFUGA:.....	60
7.4.7. QUEMADORES DE FLUJO PARALELO, CON MEZCLA POR TURBULENCIA:	60
7.4.8. QUEMADORES DE PULVERIZACIÓN MECÁNICA:	61
7.4.9. DIVERSOS TIPOS DE ATOMIZADORES DE PULVERIZACIÓN MECÁNICA:.....	62

7.5.	TECNOLOGÍA DEL CHICLER:	63
7.5.1.	COMPONENTES DEL CHICLER:	64
7.5.2.	DIMENSIÓN DE LAS GOTAS:.....	65
8.	LA LLAMA:	68
8.1.	INTRODUCCIÓN:	68
8.2.	CONDICIONES LÍMITE PARA QUE SE PRODUZCA UNA LLAMA:	68
8.3.	TIPOS DE LLAMA:	69
8.3.1.	CLASIFICACIÓN DE LLAMAS ATENDIENDO A LA MEZCLA:	69
8.3.2.	CLASIFICACIÓN DE LAS LLAMAS ATENDIENDO A LA VELOCIDAD DE LA MEZCLA AIRE- COMBUSTIBLE:	70
8.3.3.	CLASIFICACIÓN DE LAS LLAMAS SEGÚN SU POSICIÓN RESPECTO DE LA BOCA DEL QUEMADOR:.....	71
8.4.	TEMPERATURA DE LA LLAMA:	71
	PARTE III.....	72
9.	INTRODUCCION.....	72
9.1.	INSTRUMENTACION	72
9.2.	DESARROLLO DE LA INSTRUMENTACION	73
10.	ELEMENTOS DE MEDICION.....	75
10.1.	NIVEL DE AGUA.....	75
10.2.	REGULACION DE ALIMENTACION DE H ₂ O A TRES ELEMENTOS.....	77
10.3.	SISTEMAS DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE H ₂ O	78
10.4.	MEDICION DE TEMPERATURA.....	80
10.4.1.	TEMPERATURAS Y ESCALAS.....	80
10.4.2.	DISPOSITIVOS MECANICOS DE TEMPERATURA.....	80
10.4.3.	DISPOSITIVOS ELECTRONICOS DE TEMPERATURA ..	81
10.5.	MEDICIÓN DE PRESION	82
10.5.1.	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	82
10.6.	MEDICIÓN DEL CAUDAL	83
11.	VALVULAS DE SEGURIDAD.....	85
11.1.	DEFINICION DE VALVULAS.....	85
11.2.	CONSTRUCCION DE LA VALVULA DE SEGURIDAD	86

11.2.1. INFORMACION INSCRITA EN LA PLACA DE LA VALVULA	86
11.3. TIPOS DE VALVULAS	87
11.4. INSTALACION.....	93
11.5. CAPACIDAD DE DESCARGA DE VALVULAS DE SEGURIDAD	94
11.6. VALVULAS DE SEGURIDAD DE SOBRECALENTADORES..	95
11.7. MANTENIMIENTO DE VALVULAS DE SEGURIDAD.....	95
12. RECOMENDACIONES DE CARÁCTER GENERAL	96
12.1. CONTROLES DE SEGURIDAD	97
PARTE III	99
13. INTRODUCCIÓN.....	99
14. CICLO DEL AGUA EN UN CIRCUITO DE CALDERAS.....	101
15. GENERALIDADES	101
15.1. EXISTEN DOS TIPOS DE DUREZA:	102
15.1.1. DUREZA TEMPORAL:	102
15.1.2. DUREZA PERMANENTE:	102
16. CLARIFICACIÓN	102
17. COAGULACIÓN	103
18. INTERCAMBIO IÓNICO	103
19. DESMINERALIZACIÓN	104
19.1. ABLANDAMIENTO	104
20. DESENDURECIMIENTO	104
20.1. TURBIDEZ.....	104
20.1.1. PRUEBAS QUÍMICAS PARA DETERMINAR EL TRATAMIENTO DEL AGUA EN CALDERAS.....	105
20.1.2. PRIMADO, ESPUMADO Y ARRASTRE	106
20.2. PROBLEMAS DERIVADOS DE LA UTILIZACIÓN DEL AGUA EN CALDERAS.....	110
20.2.1. CORROSIÓN	110
20.2.2. INCRUSTACIÓN	114
20.3. LA RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS	117
20.3.1. INCONVENIENTES DE LA RECUPERACIÓN DE LOS CONDENSADOS	118
21. ENSUCIAMIENTO POR CONTAMINACIÓN	118

21.1. DEPÓSITOS DE ACEITE	119
22. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA EN CALDERAS PIROTUBULARES	121
22.1. EFECTOS PRODUCIDOS POR LAS IMPUREZAS DEL AGUA	122
22.2. PURGADORES.....	124
22.3. DESAIREADORES	124
22.4. TRATAMIENTO DE ZEOLITA	125
22.5. TRATAMIENTO DE OSMOSIS INVERSA	126
22.5.1. TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE CALDERAS	126
22.6. ESQUEMA DE UNA CALDERA.....	128
PARTE IV	130
23. INTRODUCCIÓN	130
24. TRIGENERACIÓN	131
24.1. REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN.....	131
24.1.1. Amoníaco	132
24.1.2. Funcionamiento	132
24.1.3. Problemática a bajas temperaturas.....	133
24.1.4. Conexión de una PRA con la planta de cogeneración	134
24.1.5. Conexión de la PRA con el consumo de refrigeración.....	134
24.2. POTENCIAS	135
24.3. APLICACIONES	135
25. EJEMPLOS DE PLANTAS DE TRIGENERACIÓN CON PRA ..	135
26. COGENERACION.....	138
26.1. INTRODUCCION.....	138
26.2. COGENERACIÓN Y AHORRO ENERGÉTICO	139
26.3. SISTEMAS DE COGENERACIÓN (FUNCIONAMIENTO).....	139
26.3.1. Turbina de gas	140
26.3.2. Turbina de vapor.....	140
26.3.3. Motor alternativo	140
26.4. APLICACIÓN DE LA COGENERACIÓN	141
26.5. VENTAJAS PARA EL USUARIO.....	142
26.6. OPCIONES DE COGENERACIÓN Y SECTORES.....	142
27. TURBINAS	143

27.1. DEFINICIÓN	143
27.2. INTRODUCCIÓN.....	143
27.3. FUNCIONAMIENTO DE LA TURBINA DE VAPOR	144
27.4. TIPOS DE TURBINA DE VAPOR.....	144
PARTE V.....	146
28. INTRODUCCION.....	146
28.1. CARACTERÍSTICAS DE CALDERAS DEL MERCADO	146
29. EL PERSONAL	148
30. INSPECCIÓN DE LA CALDERA [UNE 9-206-88]	149
30.1. PROYECTO CALDERA	149
30.2. EXAMEN DE DOCUMENTACIÓN	150
30.3. EXAMEN DE LA INSTALACIÓN.....	151
31. PRUEBAS	152
31.1. PRUEBA HIDROSTÁTICA. PRUEBA DE PRESIÓN [NORMAS UNE 9-105-92].....	152
31.2. PRUEBAS HIDROSTÁTICAS DE REDES DE TUBERÍAS.....	153
31.3. PRUEBAS DE REDES DE CONDUCTOS [UNE 100104].....	154
31.4. PRUEBAS DE LIBRE DILATACIÓN	154
31.5. PRUEBAS DE CIRCUITOS FRIGORÍFICOS	154
31.6. OTRAS PRUEBAS	155
32. PRIMERA PUESTA EN MARCHA	155
33. TIPOS DE MANTENIMIENTO	156
33.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	156
33.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	156
33.3. COMO PREVENIR AVERÍAS Y PROBLEMAS EN LAS MAQUINAS	158
33.3.1. Lubricación.....	158
34. COMPROBACIONES.....	160
34.1. MARCHA EN RÉGIMEN.	160
34.2. TIPOS DE PROCEDIMIENTO.....	161
34.2.1. Cada turno	161
34.2.2. Cada día	161
34.2.3. Cada semana.....	163
34.2.4. Cada mes	163

34.2.5.	Cada semestre.....	163
34.2.6.	Cada año	164
35.	PURGA.....	164
35.1.	INTRODUCCION.....	164
35.2.	PROCESO DE PURGADO:	165
35.3.	SUPERPURGADORES:	165
36.	T.P.M. [TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE]	169
36.1.	¿QUÉ ES?	169
36.2.	OBJETIVOS.....	170
36.3.	LAS 12 ETAPAS DEL T.P.M.	170
37.	LAS 6 GRANDES PÉRDIDAS	171
37.1.	PÉRDIDAS POR AVERÍA	171
37.2.	PÉRDIDAS POR PUESTAS APUNTO Y AJUSTES.....	171
37.3.	PÉRDIDAS POR PEQUEÑAS INCIDENCIAS	171
37.4.	PÉRDIDAS POR VELOCIDAD REDUCIDA.....	172
37.5.	PÉRDIDAS POR DEFECTO DE CALIDAD	172
37.6.	PÉRDIDAS EN LA PUESTA EN MARCHA Y ARRANCADAS	172
.....	172
38.	CAUSAS IMPORTANTES DE PROBLEMAS DE LA MAQUINARIA	172
39.	TÉCNICAS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	173
40.	LOS CINCO “POR QUÉS”	174
41.	MANTENIMIENTO FUERA DE SERVICIO.....	177
41.1.	PROCEDIMIENTO SECO.....	177
41.2.	PROCEDIMIENTO HÚMEDO	178
42.	LIMPIEZA	178
42.1.	¿CÓMO LIMPIAR UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN?	180
42.1.1.	Limpieza Interna.....	180
42.1.2.	Limpieza Externa	182
43.	PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN	184
43.1.	CERTIFICADO DE LA INSTALACIÓN.....	184
43.2.	RECEPCIÓN PROVISIONAL.....	184
43.3.	RECEPCIÓN DEFINITIVA Y GARANTÍA	185
PARTE VI	186

44.	DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.....	187
45.	REDES DE VAPOR.....	187
45.1.	EL CIRCUITO DE VAPOR.....	187
45.2.	DISEÑO DE LAS REDES DE VAPOR.....	188
45.3.	DIMENSIONADO DE LAS LÍNEAS DE VAPOR.....	189
PARTE VII.....		190
46.	NORMATIVA DE TUBERÍAS PARA FLUIDOS RELATIVO A CALDERAS.....	190
46.1.	INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA.....	190
	MIE-AP2.....	190
46.2.	DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN.....	191
46.3.	CAMPO DE APLICACIÓN.....	191
46.3.1.	Complemento a las Normas de Carácter General.....	191
46.4.	PRESCRIPCIONES GENERALES.....	194
46.4.1.	Prescripciones generales para tuberías de Vapor, agua sobrecalentada, y agua caliente.....	194
46.4.2.	Prescripciones para tuberías de fluidos térmicos.....	198
46.4.3.	Prescripciones para tuberías de combustibles líquidos.....	201
46.4.4.	Prescripciones para tuberías de combustibles gaseosos.....	203
46.5.	IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS.....	205
47.	LOCALES DESTINADOS A SALAS DE CALDERAS.....	206
47.1.	EMPLAZAMIENTO.....	206
47.2.	ACCESOS.....	206
47.3.	CARACTERÍSTICAS DE LOS CERRAMIENTOS.....	207
47.4.	DIMENSIONES.....	207
47.5.	VENTILACIÓN.....	209
47.5.1.	Natural directa (por orificios).....	210
47.5.2.	Natural indirecta (con conductos).....	210
47.5.3.	Forzada.....	210
47.6.	INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS.....	211
47.6.1.	Instalación eléctrica.....	212
47.6.2.	Alimentación de agua.....	213
47.6.3.	Desagüe y vaciados.....	214
47.6.4.	Numeraciones esquemas y carteles.....	214

48. PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN SALAS DE CALDERAS	215
48.1. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE LOS CERRAMIENTOS	215
48.2. EXTINTORES.....	217
48.3. DETECCION Y ALARMA.....	218
49. SALAS DE CALDERAS DE SEGURIDAD ELEVADA.....	218
50. SALAS DE CALDERAS A GAS.....	219
50.1. EMPLAZAMIENTO	219
50.2. ACCESOS.....	220
50.3. DIMENSIONES	220
50.4. PROTECCION CONTRA INCENDIOS.....	221
50.4.1. CARACTERISTICAS DE LOS CERRAMIENTOS	221
50.5. VENTILACION	222
50.5.1. ENTRADA DE AIRE DE COMBUSTION Y VENTILACION INFERIOR	222
50.5.2. VENTILACION SUPERIOR	223
50.6. INSTALACION DE GAS.....	225
50.6.1. DETECCION Y CORTE DE FUGAS DE GAS.....	225
50.7. INSTALACION ELECTRICA.....	226
50.8. SALAS EN SEMISOTANOS O PRIMER SOTANO PARA GASES MAS DENSOS QUE EL AIRE	228
50.8.1. Instalar un Sistema de Detección de Fugas y Corte Gas.	228
50.8.2. Se complementará con un sistema de Extracción Forzada. ..	229
51. REGLAMENTO DE APARATOS A PRESION.....	230
51.1. INICIO	230
51.1.1. Disposición transitoria	230
51.1.2. Disposiciones adicional primera.	230
51.1.3. Disposiciones adicional segunda.	230
51.1.4. Disposiciones adicional tercera.	230
51.1.5. Disposiciones finales.....	231
51.1.6. Disposiciones transitorias finales.....	244
51.1.7. Disposiciones finales.....	245
MODELO DE FICHA TÉCNICA.....	245
51.1.8. CONSEJOS GENERALES	250

51.2. CALDERAS, ECONOMIZADORES, PRECALENTADORES DE AGUA, SOBRECALENTADORES Y RECALENTADORES DE VAPOR.....	252
51.3. FUNCIONAMIENTO Y SEGURIDADES.....	292
51.3.1. Seguridad relativa a los combustibles.	299
51.3.2. Seguridad por bajo nivel en calderas de fluido térmico.	303
51.3.3. Seguridad de caudal para calderas de fluido térmico.....	303

PARTE I

1. INTRODUCCIÓN

Cuando buscamos en un diccionario el significado de la palabra ‘caldera’, entre las diversas acepciones que aparecen, encontramos: ‘recipiente metálico, grande y más o menos redondeado y cilíndrico que sirve para hervir un líquido y generar vapor que será empleado para producir energía o como sistema de calefacción’. Viendo esta definición somos capaces de hacernos una idea de la forma y utilidad de una caldera, pero de lo que es más importante, ya podemos saber en que radica su importancia en la industria, que en definitiva es el lo que nos centraremos a estudiar: una caldera es el punto de partida en la producción de energía en la inmensa mayoría de las empresas.

Como hemos dicho, nosotros como ingenieros industriales vamos a centrarnos en la aplicación de las calderas a el sector industrial, aunque si bien existen otras aplicaciones como calefacción, calentamiento de aguas sanitarias.... en las que no entraremos ya que simplemente las calderas industriales merecen un amplio estudio que intentaremos desarrollar en este libro.

En definitiva, con esta obra lo que pretendemos es hacer una guía de consulta a la que sea posible recurrir si necesitamos información acerca de este amplio tema como es el de las ‘calderas industriales’.

Una caldera es un cambiador de calor; transforma la energía química del combustible en energía calorífica. Además, intercambia este calor con un fluido, generalmente agua, que se transforma en vapor de agua. En una caldera se produce la combustión que es la liberación del calor del combustible y la captación del calor liberado por el fluido. La caldera es necesaria para poder realizar la gran mayoría de los trabajos y a su vez, también para el confort de las personas ya que gracias a ella las personas reciben calor en todos los lugares que posean una caldera. Este calor recibido de la caldera viene dado por los mecanismos básicos de transmisión de calor: la conducción es el calor que pasa de una parte a la otra de la pared del hogar, o de los tubos de humos; la convección, los tubos de humos se calientan al contacto con los productos de combustión y, por último, la radiación se produce un intercambio de calor de la llama a las paredes del hogar.

Hasta principios del siglo XIX se usaron calderas para teñir ropas, producir vapor para limpieza, etc., hasta que Papin creó una pequeña caldera llamada "marmita". Se usó vapor para intentar mover la primera máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo ya que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse ésta dejaba de producir trabajo útil.

Luego de otras experiencias, James Watt completó una máquina de vapor de funcionamiento continuo, que usó en su propia fábrica, ya que era un industrial inglés muy conocido.

La máquina elemental de vapor fue inventada por Dionisio Papin en 1769 y desarrollada posteriormente por James Watt en 1776.

Inicialmente fueron empleadas como máquinas para accionar bombas de agua, de cilindros verticales. Ella fue la impulsora de la revolución industrial.

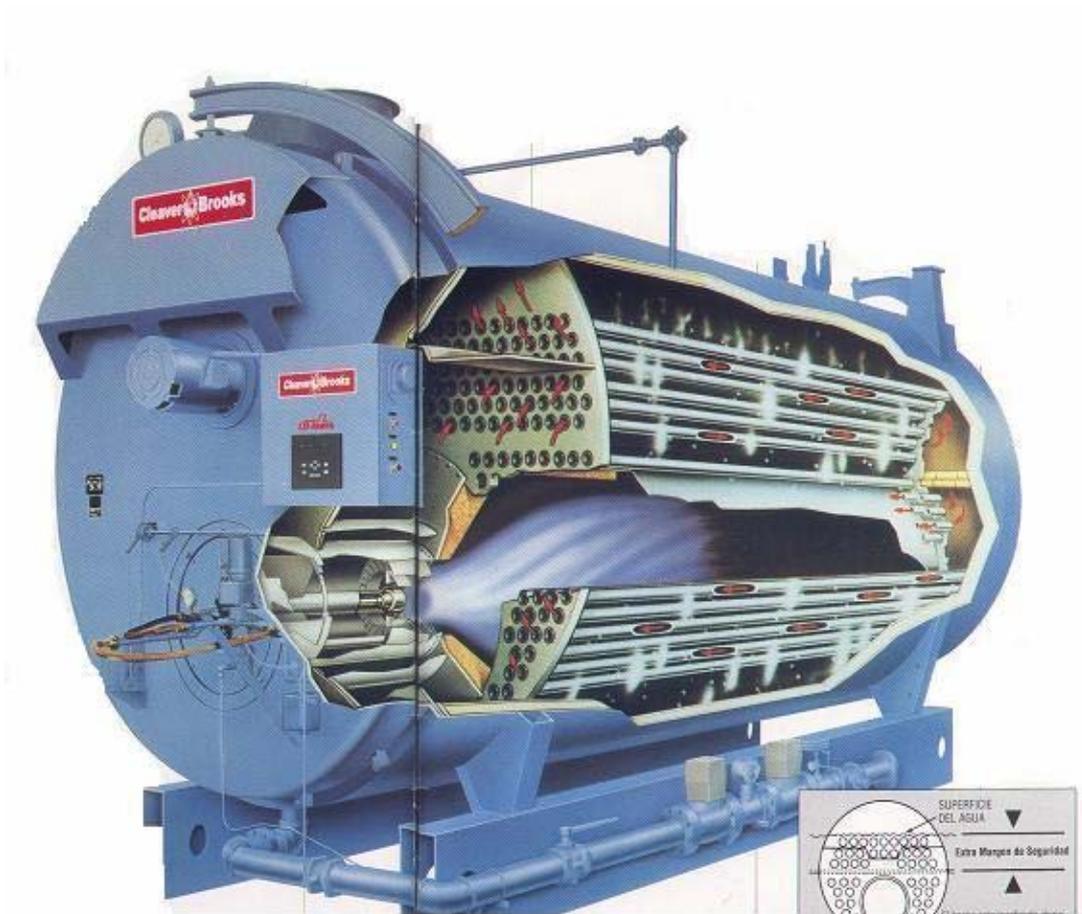
Máquinas de vapor alternativas de variada construcción han sido usadas durante muchos años como agente motor, pero han ido perdiendo gradualmente terreno frente a las turbinas. Entre sus desventajas encontramos la baja velocidad y (como consecuencia directa) el mayor peso por kW de potencia, necesidad de un mayor espacio para su instalación e inadaptabilidad para usar vapor a alta temperatura.

A lo largo de la historia se han construido calderas para tracción, utilizadas en locomotoras para trenes tanto de carga como de pasajeros; una caldera multi-humotubular con haz de tubos amovibles, preparada para quemar carbón o lignito. Para medir la potencia de la caldera, y como dato anecdótico, Watt recurrió a medir la potencia promedio de muchos caballos, y obtuvo unos 33.000 libras-pie / minuto o sea 550 libras-pie/seg., valor que denominó 'Horse Power', potencia de un caballo. Posteriormente, al transferirlo al sistema métrico de unidades, daba algo más de 76 kgm/seg. pero, la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París, resolvió redondear ese valor a 75 más fácil de simplificar, llamándolo "Caballo Vapor" en homenaje a Watt.

1.1. PARTES DE UNA CALDERA:

Una caldera está compuesta principalmente de:

- Hogar o cámara de combustión, en el cuál tiene lugar la combustión del combustible, su forma y tamaño depende del tipo de combustible.
- Un cuerpo intercambiador en el que se absorbe parte del calor liberado en la combustión. Es la zona donde se encuentra el agua; forma la caldera.
- Una envolvente que aísla térmicamente el hogar y el cuerpo intercambiado
- Hogar holandés es el hogar suplementario exterior a la propia disposición de la caldera y usado para aumentar el volumen del hogar.



Esquema de caldera de vapor en una fábrica

2. TIPOS DE CALDERAS:

Las calderas se pueden clasificar en:

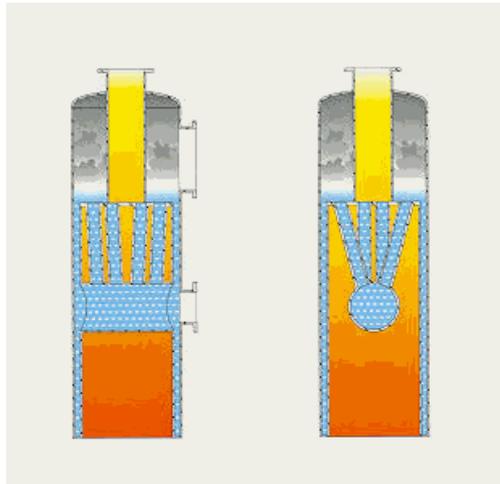
- de tubos de agua o acuotubulares:
 - Calderas de acero:
 - de hogar en depresión.
 - de hogar presurizado.
 - de tubos de agua y humos.
- de tubos de humo o pirotubulares.
 - Calderas de fundición.

2.1. CALDERAS DE TUBOS DE AGUA O ACUOTUBULARES:

Debido a los grandes inconvenientes de las calderas pirotubulares se construyen este otro tipo de calderas. En las calderas acuotubulares, el agua circula por dentro de tubos, en vez de alrededor de ellos (pirotubulares), pasando los gases calientes alrededor de los tubos. Estos tubos están situados en el exterior del calderín de vapor. Las ventajas de este tipo de calderas son:

- Puede obtenerse mayor capacidad aumentando el número de tubos, independientemente del diámetro del calderín de vapor.
- El calderín está expuesto al calor radiante de la llama
- La mayor ventaja es la libertad de incrementar las capacidades y presiones.

Este tipo de caldera facilitan el montaje de la misma, da mayor de calidad en fabricación y es más económico.



2.1.1. CALDERAS ACUOTUBULARES COMPACTAS:

Este tipo de calderas pueden quemar todo tipo de combustible variando las características del hogar y los equipos de combustión y posee una serie de ventajas:

- Al instalar múltiples unidades en lugar de una sola caldera grande, el calentamiento se basa en la carga por caldera, suministrando una gran elasticidad durante los periodos de demanda baja de vapor.
- Los pequeños generadores de vapor pueden colocarse cerca de la carga de vapor evitando pérdidas y reduciendo el tamaño.
- La capacidad de reserva puede suministrarse con un sistema de calderas múltiples.

Dentro de estas calderas se diferencian dos tipos, de hogar integral pequeñas que se utilizan cuando se requiere una rápida instalación y se dispone de poco espacio o puede

ser necesario el traslado de la caldera; y de hogar integral grandes las cuales se utilizan para la producción de vapor de energía y cuando los problemas de espacio obliguen al aprovechamiento de este.



2.1.2. CALDERAS ACUOTUBULARES NO COMPACTAS:

Estas calderas son montadas en obra y constan de una parte de tubos y tambores con sus conexiones y la otra de mampostería en ladrillo refractario. Estas pueden de ser tubos rectos o de tubos curvados, los cuales son más flexibles que los rectos; y permiten una mayor superficie de calefacción.

2.1.3. CALDERAS ACUOTUBULARES DE ALTA PRESIÓN Y ALTA TEMPERATURA:

Estas calderas poseen multitud de ventajas como las siguientes:

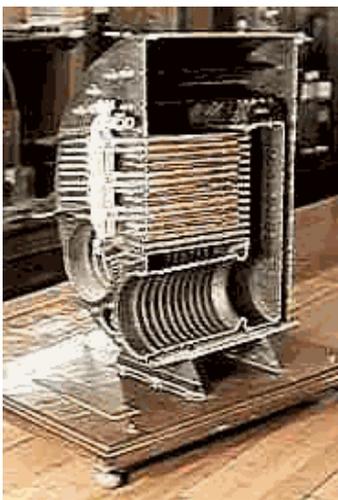
- Gran capacidad de almacenaje térmico.
- Ausencia de calor en la línea de retorno.
- No se necesitan purgadores, bombas de condensado, depósitos, de esa forma, el coste primario es menor, menor mantenimiento y ausencia de pérdidas de vapor.
- No es necesario un sistema caro de tratamiento de agua.
- Calderas tienen ladrillo refractario; estos ladrillos pueden variar en sus características:
 - Conductividad térmica a diversas temperaturas
 - Densidad
 - Difusividad térmica
 - Calor específico, que condiciona la cantidad de calor almacenado en el material
 - Emisividad que regula a la cantidad de calor radia o absorbida por las paredes, techo y suelo.

2.1.4. CALDERA DE CHAPA DE ACERO:

Este tipo de calderas son diseñadas para todo tipo de potencias y presiones de trabajo. Pueden ser de alta o de baja presión y hoy en día son de construcción soldada.

2.2. CALDERAS DE TUBOS DE HUMOS:

La caldera de humos o piro-tubular, es decir, tubos de fuego, es aquella que necesita transferencia térmica para que se pueda extraer del combustible y del material la mayor parte del calor que las condiciones económicas permitan. El flujo de los gases de la combustión se realiza por el interior de los tubos; los gases de combustión que salen del hogar pasan previamente por el interior de un haz de tubos que se encuentra en el cuerpo de la caldera bañados por el agua con el fin de aumentar la superficie de calentamiento de la misma, antes de ser expulsado por la chimenea.



2.2.1. CALDERAS DE FUNDICIÓN:

Las calderas de fundición son unidades de calefacción de baja presión construidas por secciones de fundición a presión de acero, bronce o latón. Los tipos normales fabricados son clasificados por el modo en que se ensamblan las secciones de fundición por medio de conectores o niples, conectores exteriores y maguitos roscados.

Hay tres tipos de calderas de fundición:

○ *CALDERAS CIRCULARES DE FUNDICIÓN:*

Es un conjunto atornillado donde el combustible se quema en el hogar central, con los gases subiendo y fluyendo a través de diversos pasos de las secciones llenas de agua y finalmente salen por la chimenea.

○ *CALDERAS VERTICALES DE BLOQUES:*

Son secciones ensambladas frontales con trasera, y en posición vertical, atornilladas o unidas por medio de conectores roscados.

○ *CALDERAS POR SECCIONES HORIZONTALES:*

Este tipo de calderas se utiliza normalmente con gas y un quemador para cada caldera o sección vertical múltiple

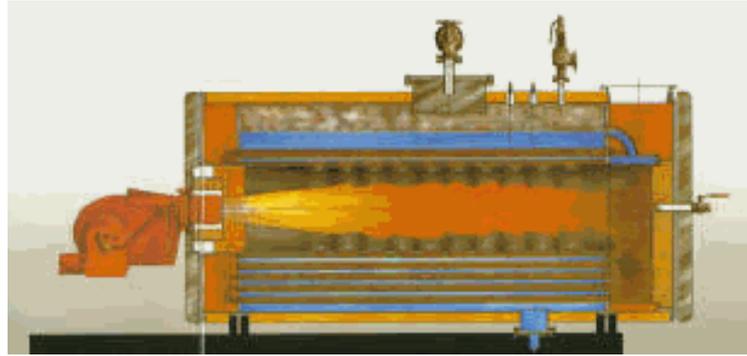
2.2.2. CALDERAS PIROTUBULARES PARA COMBUSTIBLES LÍQUIDO O GASEOSOS:

Dentro de este tipo de calderas pirotubulares existen diferentes tipos, como de hogar integral en la cual se obtiene una llama alargada por la parte baja del hogar; también puede ser compacta con tubo de hogar, la cual esta formada por un tubo central sumergido en el agua, el cual hace de hogar; en este caso la transmisión de calor se realiza por radiación; el rendimiento de este tipo de calderas alcanza hasta un 90%.



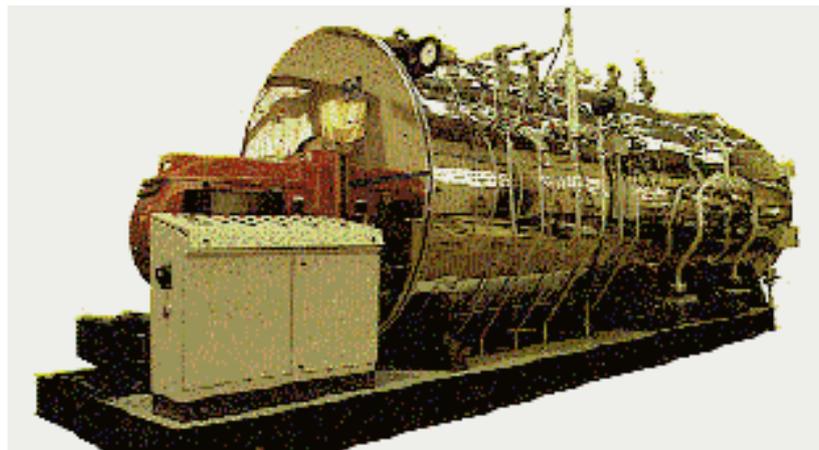
Las calderas pirotubulares tienen una serie de ventajas que son las siguientes:

- Bajo coste
- Bajo mantenimiento
- Capacidad de soportar fluctuaciones de carga grandes y bruscas, y variaciones de presión
- Simplicidad de instalación



A pesar de las ventajas que presentan las calderas pirotubulares también tienen algunas desventajas, tales como:

- La limitación del tamaño por la resistencia de la carcasa
- Tensiones térmicas
- Peligro de explosión
- Difícil mantenimiento



3. SELECCIÓN DEL TIPO DE CALDERA:

Lo primero es tomar en cuenta a que tipos de trabajo será sometida la caldera. Luego debemos tener el conocimiento de las cualidades que debe tener para ser empleadas en las diversas funciones.

Entre los diversos datos debemos conocer:

- La Potencia de la Caldera
- El Voltaje que esta Requiere
- El Tipo de Combustible que esta Necesita para Trabajar
- La Demanda de Vapor que se Requiere, etc.

Podemos decir que en realidad existen varios factores importantes al momento de elegir una caldera, tales como:

- Capacidad de Consumo de la Empresa
- Capacidad de la Caldera
- Capacidad de Turbina / Generador

La selección del tipo de caldera más adecuado y económicamente eficiente para una instalación industrial se hace mas fácil cuanto menos cueste el combustible y la mano de obra y menor numero de tipos de calderas de confianza y los regímenes normales a elegir. Lo que habrá que tener en cuenta es si la elección de tipo de caldera cilíndrica o de otra construcción dará resultado económico.

El rendimiento térmico influye en el gasto de combustible, pero no es lo más importante para la economización de la caldera, pudiera ser que una caldera de elevado rendimiento térmico, sea poco rentable por sus costos de mantenimiento y funcionamiento.

La cantidad de malos resultados obtenidos con gran número de unidades reducidas no se deben a defectos de construcción como al uso del combustible inadecuado, a falta de tiro o al mal funcionamiento. Esto nos puede pasar con cualquier tipo de caldera, y solo se puede solucionar con personal especializado y con la mejora de instrumentos y aparatos de los que se espera unos resultados más económicos.

El coste inicial es factor decisivo, esto resulta una equivocación, puesto que un reducido aumento del coste inicial puede ser recuperado en los primeros diez meses.

Los factores que intervienen en la elección de una caldera son:

- Combustible y tiro
- Agua de alimentación
- Presión, potencia evaporadora
- Funcionamiento y mantenimiento.

4. CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR UNA

CALDERA:

1. Incorporación de materiales apropiados, una mano de obra cualificada y un cumplimiento de las Reglas de Fabricación Idóneas.
2. Debe tener un colector de lodos e impurezas colocado de tal manera que pueda ser manipulado fuera de la acción del fuego.
3. Capacidad de agua y vapor suficientes para prevenir las fluctuaciones del vapor y del nivel de agua.
4. Una superficie suficientemente grande para el desprendimiento del vapor de agua para evitar los arrastres de agua.
5. Una constante circulación de agua en el interior para mantener la temperatura uniforme en todas sus partes.
6. Buenas condiciones de dilatabilidad de las distintas partes de la caldera para evitar tensiones inadecuadas que provocarían la rotura del aparato. La caldera debe haber sido diseñada de tal forma que si se produce rotura no halla explosión.
7. Alta resistencia.
8. Una cámara de combustión tal que la combustión se inicie y finalice dentro del hogar.
9. Unas superficies de calefacción colocadas de tal manera que permitan extraer el máximo contenido del calor de los gases.
10. Todas las partes de la caldera deben ser accesibles para poder limpiarlas y repararlas fácilmente.
11. Dependiendo de nuestras necesidades elegiremos una u otra caldera.
12. Nunca deben faltar los aparatos de medición, válvulas de seguridad...
13. Debe tener una contraseña de inscripción y registro en el MIE.

4.1. CONSTRUCCION DE UNA CALDERA

Es una costumbre generalizada valorar las calderas por la superficie de calefacción total que disponen, considerando que a mayor superficie de calefacción, la caldera será mejor en relación a otra de superficie inferior.

Un análisis profundo de una caldera debe comportar los siguientes aspectos:

- Diseño de la caldera en sus aspectos de facilidades de inspección, mantenimiento y eventuales reparaciones.

- Diseño de la caldera en relación a la absorción de las dilataciones diferenciales que se producen entre sus partes.
- Sistema de unión tubo/placa y en especial en la placa tubular de la cámara trasera de hogar.
- Tipo de unión placas/envolvente.

Dimensionado del hogar, comprobando los valores de carga y densidad específica en relación a las indicaciones de TA-LUFT y Normas DIN de dimensiones de llama:

- Carga específica $\leq 1,5 \text{ Mw/m}^3 = 1.290.000 \text{ Kcal/m}^3$
- Densidad específica $\leq 7.200.000 \text{ Kcal/m}^2$ (sección circular del tubo hogar)
- Diámetro hogar $\geq 0,17 \cdot Q_i^{1/3,5}$
- Longitud hogar $\geq 0,2 \cdot Q_i^{1/2}$ / siendo Q_i el calor introducido en Kcal/h.
- Temperatura de los gases al final del hogar y a la entrada del primer haz tubular.
- N° de tubos, tamaño y longitud del primer haz tubular.
- N° de tubos, tamaño y longitud del segundo haz tubular.
- Temperatura gases al final del primer haz tubular y a la salida de la caldera.
- Velocidad de los gases en las diversas partes de la caldera.
- Pérdida de carga del circuito de gases.
- Espesores de las distintas partes del cuerpo a presión y calidad de los materiales empleados.
- Volúmenes de la cámara de agua y vapor, así como, superficie de evaporación (plano de agua)
- Sistema separador de vapor.
- Tipos de controles y seguridades.
- Marca de todos los accesorios, equipos y valvulería instalados en la caldera.
- Tipo de equipo de combustión. Producción mínima garantizada.

Como se puede ver, el valor de la superficie total de la caldera no aparece en el análisis anterior y como mucho tenemos el análisis de las distintas superficies de calefacción que componen la caldera y que tienen un comportamiento diferente.

Indicamos unos valores medios orientativos de los flujos caloríficos a través de las distintas partes de una caldera:

Según sea la importancia relativa de una superficie frente a otra, el valor medio variará, de forma que si se aumenta la superficie de los haces tubulares y en especial el segundo, el valor medio de Kg/m^2 total de la caldera bajará, sin que ello quiera decir que se mejoran las prestaciones de la caldera.

En los primeros diseños de este tipo de calderas pirotubulares, de hogar interior, cámara húmeda y tres pasos, alrededor del inicio de los años sesenta se diseñaban con

vaporizaciones medias de 25 Kg/m^2 con hogares sobredimensionados y gran número de tubos y gran diámetro, ofreciéndose al mercado "calderones" en comparación con las dimensiones actuales de calderas de igual producción. A medida de que los incrementos de coste de los materiales y en especial de la mano de obra fueron siendo más importantes, se tuvieron que diseñar calderas con tasas medias de vaporización superiores, reduciendo significativamente la superficie de calefacción por convección (haces tubulares) que da las tasas de transferencia de calor mas pequeñas, por medio de menor número de tubos y en ciertos casos de menor diámetro, además de ajustar las dimensiones del hogar a los valores límites según Normativa, en función de la potencia nominal de la caldera.

Esta evolución en el diseño fue tan espectacular que se alcanzaron diseños con tasas medias de evaporación de 60 Kg/m^2 que comportaban unas pérdidas de carga elevadas en el circuito de gases. Actualmente los principales fabricantes europeos de este tipo de calderas, con producciones anuales de más de 3000 unidades, diseñan sus calderas bajo los siguientes patrones:

- Hogares dentro los límites DIN y TA-LUFT
- Temperatura máxima de entrada de los gases al primer haz tubular de $1000 \text{ }^\circ\text{C}$
- Rendimiento (sin economizador) : 89,5 o 90%
- Pérdida de carga en el circuito de gases: 40 a 120 mm. H_2O (variable, incrementándose con el tamaño de la caldera).

Estas condiciones dan como resultado unas tasas medias del orden de 45 a 55 Kg/m^2 , sin que este valor sea indicativo de nada más.

Finalmente, otro mito existente en el mercado de las calderas es que el precio de venta de una caldera debe ser proporcional a su superficie de calefacción.

Una variación de un 20% en la superficie de calefacción media de una caldera, afectará principalmente a los tubos y en una reducción de mano de obra además de una ligera disminución del valor de las chapas del cuerpo caldera y aislamiento. Estas reducciones afectarían solo al 49,31% pues los accesorios, bombas quemador y cuadro eléctrico permanecen invariables. Esta reducción como máximo podría alcanzar un 4% del valor total de la caldera y dado que un 50% del precio de la caldera depende del equipo instalado en la caldera podría darse el caso de que calderas con menor superficie de calefacción fuesen del mismo precio que otras de mas superficie, debido a las eventuales diferencias de calidad y por ende de precio entre estos accesorios.

Así pues, valorar en su justa medida la relación calidad/precio de las diversas calderas existentes en el mercado, conlleva un estudio en profundidad de los equipos que afectan prácticamente al 50% del precio y que normalmente son los causantes de los problemas que pueden aparecer durante el servicio de la caldera, tales como, quemador, válvulas de cierre y seguridad, elementos de control, etc.

El fabricante de una caldera, debe ser libre de escoger el diseño que considere mejor desde su punto de vista técnico-comercial y el Comprador solamente debe exigir

una garantía real sobre la prestación y rendimiento de la caldera, así como, vida del equipo instalado, una vez convencido de la caldera a adquirir tras realizar el análisis exhaustivo indicado al inicio y olvidados los mitos de las tasa media de vaporización.

Debemos seguir además de estos conocimientos cierto procedimiento:

- ***Determinar la potencia térmica real necesaria en cada instalación y seleccionar una caldera que no exceda de la potencia calculada:***

La tendencia habitual a la hora de diseñar y calcular una central térmica es sobredimensionar los generadores, para absorber cualquier error de cálculo y garantizar la potencia instantánea necesaria en los momentos de máxima demanda. Aquí entra el famoso 10% de inercia (según unos) o de intermitencia de servicio (según otros), que se añade a la potencia calculada, por poner un ejemplo generalizado, ya que existen otros incrementos “gratuitos” a gusto de cada proyectista o instalador.

Los efectos negativos que conlleva a instalación de generadores sobredimensionados, son múltiples, pero no es momento de relacionarlos todos, nos centrará en los que afectan al consumo, o mejor dicho, al rendimiento estacional.

La práctica totalidad de las instalaciones de potencias medias y altas, así como buena parte de las de pequeñas potencia, utilizan generadores *presurizados* o *semipresurizados* (las definiciones a gusto de cada uno), a los que se acoplan quemadores mecánicos con soplante. Esto es así refiriéndonos a combustibles gaseosos, ya que existen calderas dotadas de quemadores atmosféricos, utilizadas generalmente para potencias pequeñas. En el caso de combustibles líquidos, no haremos distinciones entre potencias, porque todos los generadores incorporan quemadores con soplante, por la necesidad de la pulverización del combustible por presión.

Refiriéndonos a este tipo de generadores compuestos por caldera y quemador con soplante, deberemos tener en consideración la obligatoriedad de efectuar un prebarrido de la cámara de combustión, consistente en la introducción de aire a temperatura ambiente de la central térmica (salvo excepciones puntuales), durante un período de tiempo variable y directamente proporcional a la potencia del generador, en el interior del hogar de la caldera.

Pues bien, parece que nadie se ha detenido a considerar las pérdidas de calor que supone la introducción de aire a una temperatura de 20° C durante un minuto (por ejemplo), en una caldera con una temperatura media de agua de 70° C. En sí, un prebarrido sería insignificante pero a mayor número de prebarridos, el efecto de cada uno se suma, consiguiéndose determinar con exactitud el valor de las pérdidas totales, por indeterminación de la integración en el tiempo de las pérdidas instantáneas.

La determinación de las pérdidas instantáneas o pérdidas por cada prebarrido, se podrían calcular como producto entre el calor específico del aire, el caudal de aire introducido y el salto térmico entre la entrada y salida por el conducto de humos del

mismo. Esto que parece tan sencillo, supone un problema, ya que disponemos de dos constantes y dos variables, una de ellas de difícil determinación *a priori*, ya que la temperatura de salida del aire de la caldera, será directamente proporcional a la temperatura del hogar y a las características constructivas del mismo (superficie de contacto). Aún así, se podría determinar una temperatura media que nos diera un valor aproximado pérdidas en cada prebarrido, por cada tipo de generador, en función de la temperatura ambiente de la central térmica.

Ahora viene la segunda parte, la integración. Para determinarlas pérdidas totales en un periodo de un día (por ejemplo) sería necesario conocer el número de prebarridos que un generador realiza en dicho espacio de tiempo y eso es imposible de determinar, ya que las instalaciones de calefacción están sujetas en su funcionamiento a las evoluciones de a temperatura ambiente exterior, por lo que variará el número de prebarridos, con las condiciones de funcionamiento de la instalación, en función de la demanda instantánea, que a su vez se rige por la diferencia entre la temperatura ambiente interior consignada y la temperatura exterior.

➤ ***Selección del quemador más apropiado para la caldera elegida:***

Siguiendo en la línea anterior, una vez elegido un generador de potencia ajustada a las necesidades reales de la instalación, deberemos considerar otros aspectos tendentes a la reducción de prebarridos, ahora imputables al quemador seleccionado.

Es práctica generalizada en los fabricantes de quemadores y calderas, recomendar quemadores de potencias superiores a lo necesario para cada caldera, ya que un quemador permite regular su potencia, dentro de los márgenes de sus curvas de trabajo, en unos rangos enormes.

Pero esto no es ninguna novedad. El problema empieza cuando pretendemos reducir la potencia instantánea cedida por el quemador a la caldera, una vez se va alcanzando la temperatura de consigna deseada.

5. COMBUSTIÓN:

5.1. INTRODUCCIÓN:

Como ya hemos dicho anteriormente, las calderas industriales proporcionan energía en forma de calor, y para conseguir esto se necesita un proceso llamado combustión.

A la hora de llevarlo a cabo, hay que elegir con mucho cuidado el combustible, la presión a la que va a estar sometida.

Definimos la **combustión** como una reacción química rápida exotérmica en la que se realiza la oxidación de una sustancia y la reducción de otra. Las temperaturas de combustión oscilan entre 1000 °C y 1650 °C.

Para que se produzca la combustión es necesario que haya tres elementos fundamentales:

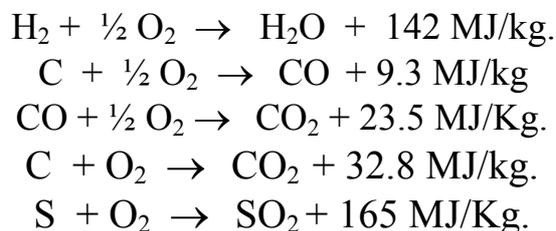
- **Comburente:** es la sustancia que se reduce. El comburente más habitual es el oxígeno contenido en el aire atmosférico.
- **Combustible:** la sustancia que se oxida, es decir, el elemento que se quema. Los más habituales son C, H, O y a veces, N y S.
- **Temperatura de ignición:** debe ser lo suficientemente elevada como para producir el encendido.

5.2. REACCIONES QUÍMICAS:

Las reacciones químicas deben satisfacer unas condiciones para que tengan lugar en el proceso de combustión:

- Adecuada proporción entre combustible y comburente.
- La mezcla de las dos sustancias debe ser uniforme.
- La temperatura de ignición se establecerá y será monitorizada de manera que el combustible continúe su ignición sin calor externo cuando comience la combustión.

Además, las reacciones que se producen son:



5.3. TIPOS DE COMBUSTIÓN:

Se pueden dividir en dos apartados:

➤ **Según los productos que se obtienen:**

- Combustión con exceso de aire

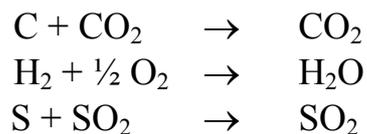
Existe una cantidad de aire superior al mínimo necesario. Cuando se utiliza exceso de aire, no se producen inquemados.

- Combustión con defecto de aire

Es la que se lleva a cabo con menor cantidad que el aire mínimo necesario. Cuando se utiliza un defecto de aire tiene a producirse inquemados.

- Combustión completa

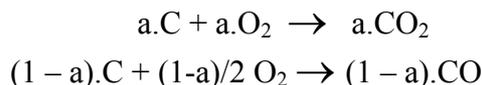
Es aquella en la que se emplea un exceso de aire controlado y el combustible se oxida completamente, por lo que todo el carbono se transforma en CO_2 , es decir, no se produce CO. Las reacciones fundamentales de combustión son:



- **Combustión incompleta**

Es aquella en la que los gases de combustión contienen compuestos parcialmente oxidados (hidrógeno, CO...) y se produce una disminución de la cantidad de calor obtenida. Esta combustión puede ser con exceso o con defecto de aire. De entre los inquemados, el más importante es el CO. Libera menos calor que la completa

Una parte “a” del carbono del combustible pasa a CO₂ y el resto “1-a” a CO:



➤ **Según su desarrollo:**

- **Combustión generalizada o autoencendido**

Cuando todo el volumen diferencial se encuentra en las mismas condiciones y en un instante determinado se produce el inicio de la combustión (autoencendido), debido a unas condiciones de la mezcla no estando originado por una agente exterior. La fase final es rápida y puede dar lugar a explosiones (explosión). Sin chispa, las propiedades de la mezcla producen la combustión.

- **Combustión localizada**

Las condiciones de presión y temperatura son diferentes en los diversos puntos del volumen. Para su generación necesita una fuerza externa (ignición) y aparece un frente de llama que progresa. Necesita chispa de encendido.

- **Combustión localizada con discontinuidad de presión**

Procesos de combustión muy rápidos (aproximadamente la velocidad del sonido). Se genera una onda de choque que produce una discontinuidad de presión (Detonación).

- **Combustión localizada con discontinuidad de temperatura**

La velocidad de combustión es mucho menor que la del sonido; además, existe una discontinuidad de temperatura localizada en el frente de llama, mantenida por la energía liberada en el proceso. Llamado deflagración.

5.4. AIRE DE COMBUSTIÓN:

5.4.1. AIRE MÍNIMO:

Conocida la estequiometría de las reacciones que intervienen en la combustión y considerando que la composición de un kilogramo de combustible es:

$$\left. \begin{array}{l}
 C = \text{Kg. de carbono/Kg. de combustible} \\
 H = \text{Kg. de hidrógeno/Kg. de combustible} \\
 S = \text{Kg. de azufre/Kg. de combustible} \\
 O = \text{Kg. de oxígeno/Kg. de combustible} \\
 W = \text{Kg. de agua/Kg. de combustible} \\
 A = \text{Kg. de ceniza/Kg. de combustible}
 \end{array} \right\} \boxed{C + H + S + O + W + A = 1}$$

Los cálculos para obtener la cantidad de oxígeno necesaria para realizar la combustión completa son:

$$\left. \begin{array}{l}
 1 \text{ mol C} = 12 \text{ gr.} \rightarrow 1 \text{ mol O}_2 = 32 \text{ gr.} \\
 1 \text{ Kg. C} \quad \quad \rightarrow \quad x \text{ Kg. O}_2
 \end{array} \right\} \quad X = 2.67 \text{ Kg. O}_2$$

$$1 \text{ mol H}_2 = 2 \text{ gr.} \rightarrow 1/2 \text{ mol O}_2 = 16 \text{ gr.} \quad \rightarrow \quad X = 8 \text{ Kg. O}_2$$

$$1 \text{ mol S} = 32 \text{ gr.} \rightarrow 1 \text{ mol O}_2 = 32 \text{ gr.} \quad \rightarrow \quad X = 1 \text{ Kg. O}_2$$

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la cantidad mínima de oxígeno es:

$$O_{\min} = 2.67C + 8H + S - O \quad (\text{Kg.O}_2/\text{Kg. combustible})$$

Pero en la atmósfera no tenemos realmente oxígeno, así que la cantidad de aire que necesaria será:

$$\begin{aligned}
 A_{\min} &= O_{\min} / 0.23 && (\text{Kg.O}_2/\text{Kg. combustible}) \\
 V_{A_{\min}} &= A_{\min} / 1.293 && (\text{m}^3/\text{Kg.})
 \end{aligned}$$

5.4.2. EXCESO DE AIRE:

El exceso de aire se debe a que el tamaño de las partículas del combustible impide una mezcla perfecta entre el combustible y el comburente y a que el tiempo que permanece la mezcla dentro del hogar es muy corta, saliendo por la chimenea una parte de aire que no ha reaccionado. Al introducir mayor comburente, aparecen reacciones secundarias. Esto obliga a emplear una cantidad real de aire comburente mayor del aire mínimo de combustión; por tanto, el exceso de aire es la diferencia entre el aire realmente introducido y el aire mínimo calculado. La relación entre los dos tipos de aire es el *coeficiente de exceso de aire*:

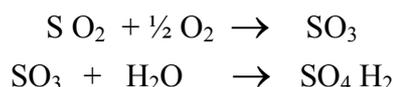
$$n = \frac{A_{REAL}}{A_{MÍN.}}$$

Se queman las sustancias combustibles del combustible, hasta el máximo grado de oxidación. Esto quiere decir que no tendremos sustancias combustibles en los humos.

Los valores entre los que oscila n son:

$n = 1.5 - 2.0$ para combustibles sólidos. $n = 1.1 - 1.2$ para combustibles líquidos. $n = 1.0 - 1.1$ para combustibles gaseosos.
--

Este exceso de aire puede provoca reacciones secundarias con los productos de la reacción y más humos:



El ácido sulfúrico provoca corrosiones en los conductos y chimeneas cuando se condensa por debajo de 150°C; si se producen estos ácidos, tendremos que evacuar los humos a temperaturas superiores por la chimenea, con lo que se producen pérdidas de calor importantes (*Pérdidas por el calor sensible de los humos*).

5.4.3. COMPOSICIÓN DE HUMOS:

Teniendo en cuenta las reacciones producidas en la combustión, sabemos que los humos están formados por: CO₂, CO, H₂O, SO₂, N₂, O₂, H₂, CH₄ e hidrocarburos ligeros.

A través de los pesos moleculares, podemos hallar los volúmenes de estos gases producidos en la combustión de 1 Kg. de combustible:

$$V_{\text{CO}_2 \text{ humos}} = \frac{22.4}{12} x \cdot C \quad (\text{m}^3 \text{CO}_2 / \text{Kg. combustible})$$

$$V_{\text{CO humos}} = \frac{22.4}{12} (1-x) \cdot C \quad (\text{m}^3 \text{CO} / \text{Kg combustible})$$

$$V_{\text{H}_2\text{O humos}} = \frac{22.4}{2} \cdot H + \frac{22.4}{18} \cdot W \quad (\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{Kg. combustible})$$

$$V_{\text{SO}_2 \text{ humos}} = \frac{22.4}{32} \cdot S \quad (\text{m}^3 \text{SO}_2/\text{Kg combustible})$$

Debemos tener en cuenta, que además de los productos de combustión, en los humos también existirá el oxígeno no consumido en la reacción y el total de nitrógeno introducido; así que el volumen de oxígeno en los humos será la diferencia entre el realmente introducido y el consumido en la reacción para la formación de CO_2 , CO , H_2O , SO_2 :

$$V_{\text{O}_2 \text{ humos}} = O_{\text{introducido}} - O_{\text{consumido}} = 22.4 \left[(n-1) \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) + \frac{(1-x) \cdot C}{24} \right]$$

($\text{m}^3 \text{O}_2/\text{Kg. combustible}$)

$$V_{\text{N}_2 \text{ humos}} = 0.79 \cdot V_{\text{aire real}} + \frac{22.4}{28} \cdot N =$$

$$= 22.4 \left[\frac{0.79}{0.21} \cdot n \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) + \frac{N}{28} \right] \quad (\text{m}^3 \text{O}_2/\text{Kg. combustible})$$

El volumen total de humos (*volumen de humos húmedos*) será la suma de los volúmenes obtenidos anteriormente:

$$V_t = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{CO}} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{SO}_2} + V_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2}$$

El *volumen de humos secos* es el volumen total de humos descontando el volumen ocupado por el vapor de agua formado en la combustión:

$$V_{\text{humos secos}} = V_t - V_{\text{H}_2\text{O}} =$$

$$= 22.4 \left[\frac{n \cdot C}{2.52} + \frac{(1-x) \cdot C}{24} + \left(\frac{n}{0.21} - 1 \right) \cdot \frac{H}{4} + \frac{n \cdot S}{6.72} + \frac{O}{32} \left(1 - \frac{n}{0.21} \right) + \frac{N}{28} \right]$$

($\text{m}^3 \text{humos}/\text{Kg. combustible}$)

5.4.4. VENTILADORES DE AIRE DE COMBUSTIÓN:

Son los elementos destinados a enviar el aire comburente al quemador.

En las instalaciones industriales el ventilador siempre se instala separadamente del quemador, para poder evitar los ruidos el ventilador se suele colocar en un foso situado en el frente de la caldera, ya que el ventilador es el elemento más ruidoso de la central industrial; y además en este lugar se ocupará menos espacio.

Es muy frecuente equipar a estos ventiladores con silenciadores unidos al oído de aspiración para poder reducir y amortiguar el nivel sonoro que se producen.

Estos ventiladores se deberán instalar y diseñar siguiendo siempre los siguientes criterios:

- El accionamiento del motor eléctrico el eje del ventilador deberá ser por correas y poleas. De este modo se podrán realizar ajustes posteriores en el caudal impulsador por el quemador, pudiendo variar la velocidad de rotación, mediante la instalación de otro juego de poleas y correas lo cual permite una transmisión directa.
- Entre el ventilador y los elementos de impulsión al quemador, o dispositivo de aire, se deberán instalar juntas flexibles, para poder amortiguar las vibraciones y absorber las posibles dilataciones de la caldera.

5.5. CONTROL DE LA COMBUSTIÓN:

Actualmente comienza a haber importantes cambios económicos y de las condiciones de funcionamiento de la industria. Por lo tanto, es rentable introducir sistemas de control de tecnología avanzada para:

- Mantener una presión del vapor constante y un caudal acorde con las variaciones de la carga.
- Mantener una forma de funcionamiento con las máximas garantías de seguridad.
- Optimizar el consumo de combustible a través de un aumento en el rendimiento.
- Reducir las emisiones contaminantes.

Los factores más importantes para una caldera de vapor a tener en cuenta para que la combustión se desarrolle adecuadamente y pueda controlarse bien son:

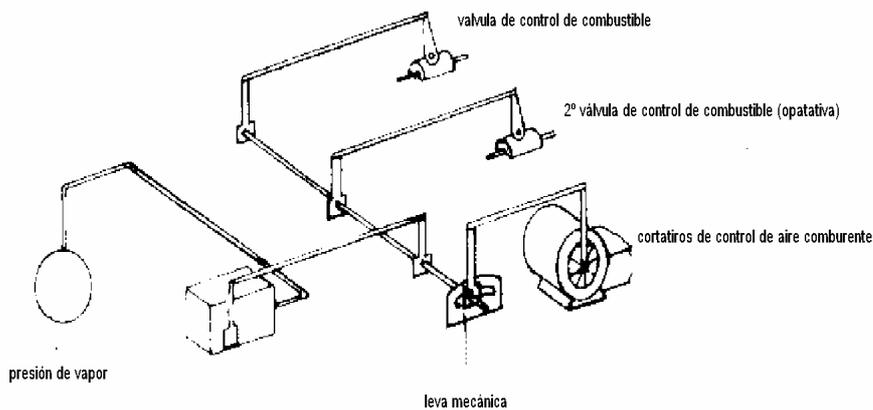
- Equipo donde se desarrolla.

- Variable controlada: es la presión del vapor en el colector general.
- Relación aire/combustible.
- Calidad de la mezcla aire/combustible.
- Espacio necesario para que se desarrolle adecuadamente la combustión.
- Infiltraciones de aire/fuga de gases.
- Análisis de gases de escape (humos).

5.5.1. MÉTODOS DE CONTROL:

➤ **Control mecánico:**

La variable primaria a controlar es la presión de vapor, la cual es medida por un presostato modulante. Dicha señal posiciona eléctricamente un motor que acciona directamente la válvula de fuel oil. El motor acciona a la vez una leva mecánica que mueve el corta tiros de regulación del aire comburente. Esta leva esta diseñada para mantener constante la relación aire-combustible a las diferentes marchas de la caldera.

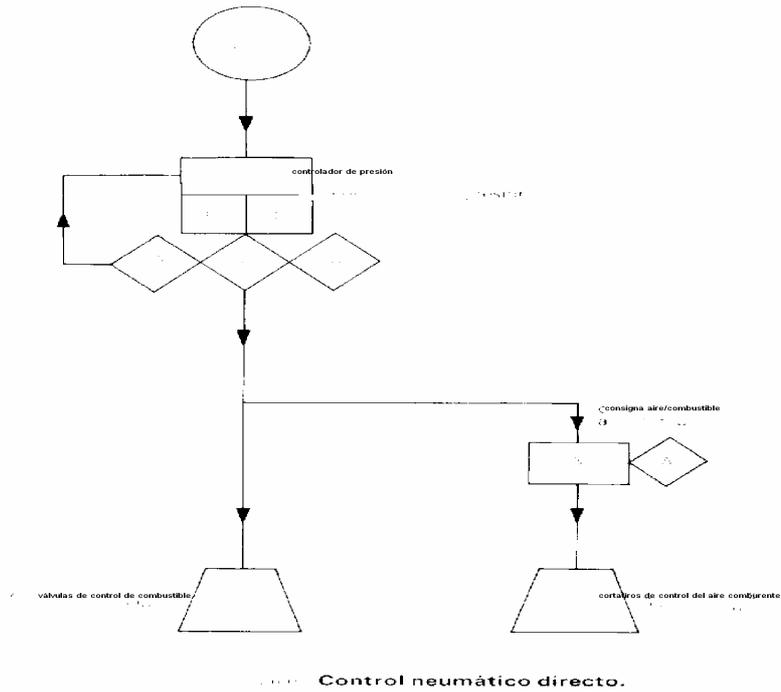


➤ **Control neumático directo:**

La variable a controlar es la presión del vapor y el sistema mecánico anterior se ha sido sustituido por un sistema neumático.

Tanto este sistema como el anterior funcionan teniendo en cuenta unas condiciones de combustión impuestas, es decir, de una relación aire/combustible prefijadas de antemano.

No todo son ventajas, en nuestra contra aparecen desequilibrios en la combustión prefijada, produciéndose oscuridad de humos e inquemados.

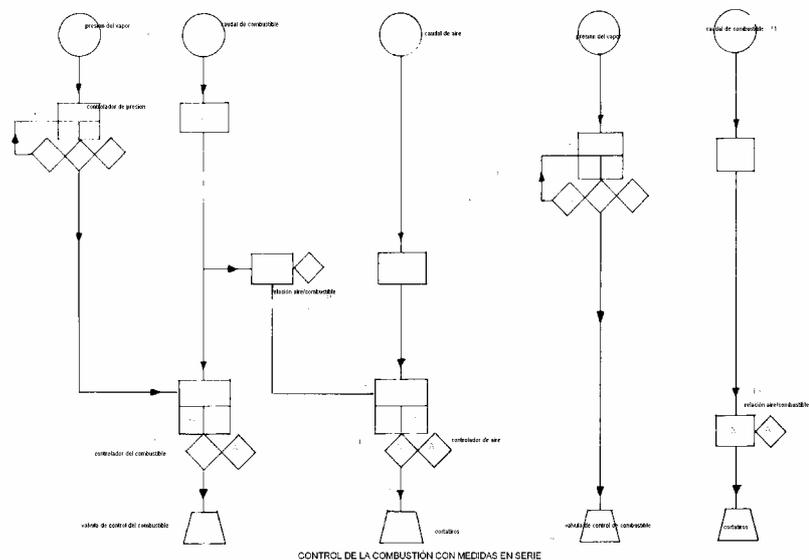


➤ **Control de medida en serie:**

La presión de vapor actúa posicionando la válvula de entrada del combustible.

El caudal de combustible medido posiciona el cortafuegos de regulación del aire comburente a través de una estación manual de relación aire-combustible.

Podemos mejorar el sistema introduciendo las medidas de caudal de combustible y aire comburente, que actúan como amortiguamiento del sistema. Al principio actúa sobre el combustible, lo que implica una existencia de un desfase en determinados momentos o prolongados que significa un mayor consumo no justificado.



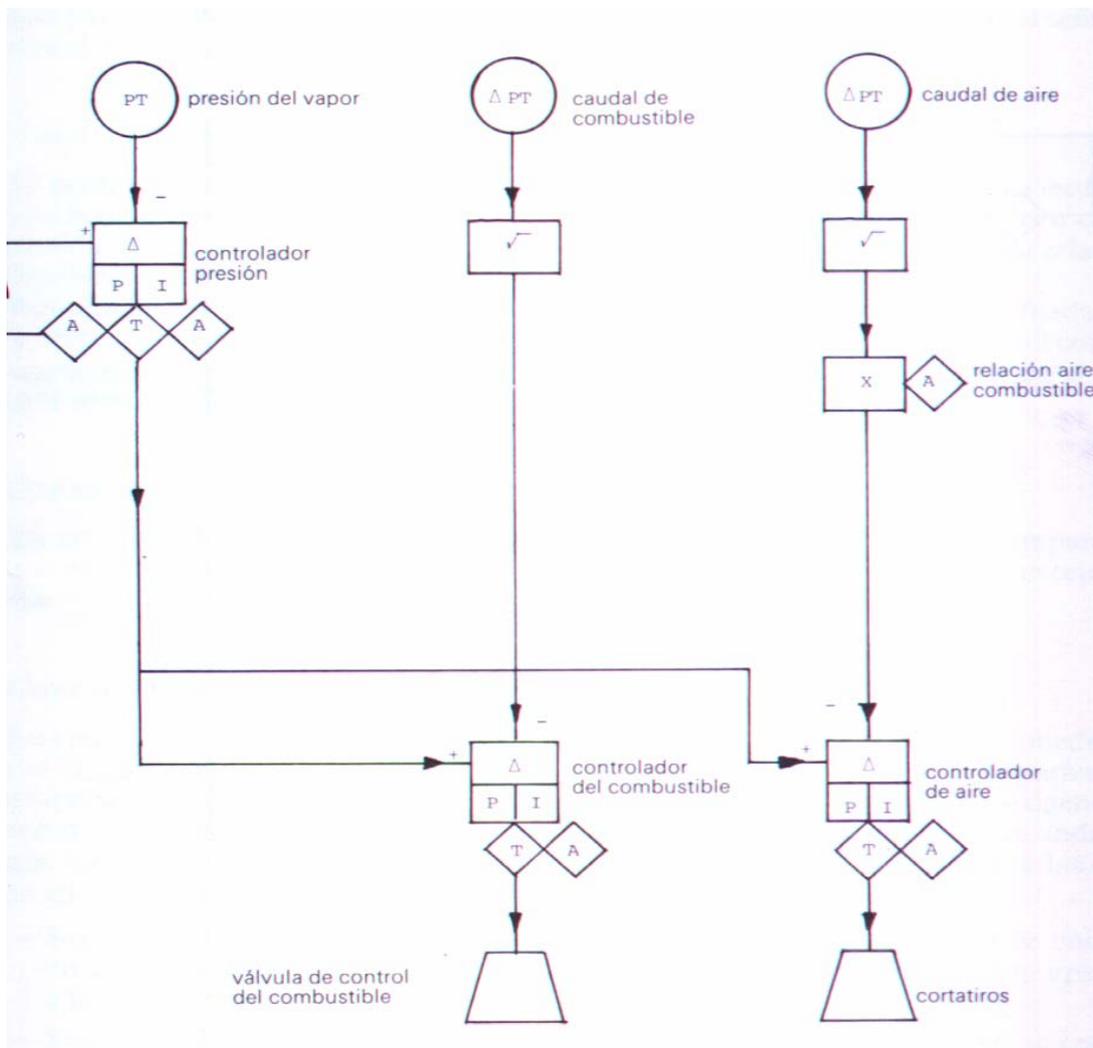
➤ **Control de medida en paralelo:**

El aire y el combustible responden simultáneamente a las variaciones de la carga, en vez de responder primero uno de ellos y luego el otro, por tanto, se reducen los periodos transitorios.

➤ **Control de medida en paralelo con límites cruzados:**

Con este sistema se consigue que siempre se disponga de aire en exceso para la combustión ya que:

- Cuando aumenta la carga, aumenta primero el caudal de aire y luego el caudal de combustible.
- Cuando disminuye la carga, se reduce primero el combustible y después el aire.



5.5.2. TIPOS DE CONTROL CON CORRECCIÓN POR MEDIDA:

CUADRO 1. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE GASES DE COMBUSTIÓN

Método de medida	Componente	CO ₂	O ₂	CO	Inquemados sólidos
Precipitación con Ba(OH) ₂		X			
Conductividad eléctrica		X			
Calorimétrico con hidracina		X			
Absorción química		X	X	X	
Conductividad térmica		X			
Infrarrojos dispersivos				X	
Infrarrojos no dispersivos		X		X	
Paramagnéticos			X		
Sonda de óxido de zirconio			X		
Membrana semipermeable			X		
Colorimétrico con I ₂ O ₅				X	
Oxidación con HgO				X	
Combustión catalítica				X	
Índice de ennegrecimiento					X
Opacimetría					X
Gravimetría					X
Absorción de rayos					X
Difusión de la luz					X
Carga electrostática					X
Vibración de cuarzo piezoeléctrico					X

Con estos tipos de control tratamos de incorporar un sistema adicional para mejorar el control, por medio de la corrección de la relación aire/combustible. Esta corrección se basa en la medida de algún/os parámetro/s y en hacer la señal obtenida sobre el sistema general de control de la relación aire / combustible.

➤ *Corrección por medida de O₂:*

El sistema trabaja modificando la relación aire/combustible fijada manualmente. Para ello fija un objetivo de nivel de oxígeno óptimo en los gases y, el controlador de oxígeno compara el valor medido del gas con el nivel que hemos fijado anteriormente, de tal manera que va añadiendo o quitando aire para ajustarse al objetivo.

➤ **Control por medida del CO:**

Es un sistema muy parecido al anterior; en este caso consiste en mediar la cantidad de CO que existe en los gases y compararlo con el objetivo fijado.

➤ **Control por medida de CO₂:**

Este método es muy utilizado debido a las siguientes características:

- *Sencillez:* el punto de control fijado de máximo rendimiento es independientemente del combustible utilizado.
- *Seguridad:* para poder conseguir una combustión completa, es mejor usar el CO que el O₂ si nos referimos a una cantidad de combustible no quemado.
- *Fiabilidad:* la señal de CO no se ve afectada de O₂, pero al revés sí.

Dentro de esta corrección podemos estudiar tres métodos diferentes:

○ *Rendimiento de la combustión:*

Si el exceso de aire se reduce, aumenta rápidamente el contenido de CO, debido a una combustión incompleta. En cambio, Si aumentamos el exceso de aire, el CO se reduce muy lentamente. Por lo tanto, malgastaría energía en calentar aire en exceso que se introduce.

Los factores que influyen en este método son:

1. Estado de las instalaciones, quemadores...
2. Variables climatológicas (temperatura, presión...)
3. Variaciones de carga de la caldera.
4. Variaciones de composición de combustible

Habrá mejor rendimiento si mantenemos el CO entre 100 y 150 p.p.m.

○ *Influencia del control manual del rendimiento:*

Se producen dos efectos:

1. Los valores del rendimiento son muy inferiores a los obtenidos mediante control por CO.
2. A veces, cuando entramos en la zona de bajo exceso de aire, obtenemos un gran porcentaje de inquemados.

- *Influencia del control por oxígeno en el rendimiento:*

El contenido medido de oxígeno en los gases debería ser teóricamente una función lineal del exceso de aire de la curva. Sin embargo, esto no se cumple por:

1. Los inquemados que se producen.
2. Las entradas, en el circuito de gases, de aire del exterior.
3. El error de medición del equipo.

➤ *Corrección por medida de las pérdidas:*

Esta relacionado con los rendimientos, teniendo en cuenta las pérdidas que se producen. Debemos conseguir el mínimo valor que tome en cada momento la correlación.

➤ *Índices de ennegrecimiento:*

Es el método utilizado para la determinación de inquemados sólidos. Existen dos índices: Ringelmann y Bacharach. Ambos índices son cualitativos, es decir, meramente orientativos sobre la producción de inquemados sólidos en una combustión. Estos índices se usan desde el punto de vista de la contaminación atmosférica.

5.5.3. CONTROL DE LA COMBUSTIÓN DE RESIDUOS:

Antiguamente los residuos los quemábamos cuando ya no les necesitábamos, pero actualmente, se hace para aprovechar su poder calorífico, es decir, para evitar un gasto de combustible.

➤ *Combustión únicamente de residuos:*

Es el método más fácil de usar pero no el mejor; sólo es utilizable cuando no se necesita combustible convencional para estabilizar la combustión y, cuando la respuesta dinámica de la caldera es suficiente para compensar las variaciones habituales de la carga.

➤ *Combustión de acuerdo a una relación controlada de combustible habitual/residuos:*

Ambos combustibles tienen que ser quemados a la vez y en cualquier proporción; además, el sistema de control debe permitir que un combustible se ajuste manualmente mientras que el segundo responda a la variación de carga.

➤ **Combustión en la que los residuos son la base:**

En este método se complementa con el combustible habitual para seguir las variaciones de la demanda.

➤ **Combustión en la que el combustible habitual es la base**

Se complementa con los residuos según las variaciones de la demanda.

5.6. RENDIMIENTO:

5.6.1. RENDIMIENTO DE COMBUSTIÓN:

En las instalaciones térmicas se dan dos procesos:

- La transformación de la energía química del combustible en calor.
- La transmisión de este calor a la carga.

Para conseguir un buen aprovechamiento energético es necesario que la eficiencia de estos dos procesos sea la máxima posible, es decir, que las pérdidas inherentes de los mismos sean mínimas.

Las pérdidas de calor que se producen en todas las instalaciones térmicas se agrupan en:

➤ **Pérdidas por calor latente de humos:**

Sólo se aprovecha el calor de vaporización del agua si la temperatura de humos es menor a la condensación del agua a una atmósfera.

$$P_{c.l.} = m_{\text{agua}} \cdot \lambda = P.C.S. - P.C.I.$$

➤ **Pérdidas por calor sensible de los humos:**

Los humos expulsados a la atmósfera a una temperatura superior a la ambiental, transportan una energía que no se aprovecha.

$$P_{c.s.} = m_{\text{humos}} \cdot C_{p,\text{humos}} \cdot (T_{\text{humos}} - T_o)$$

➤ **Pérdidas por inquemados sólidos o gaseosos:**

Inquemados sólidos: OP(%/P.C.I.).

Inquemados gaseosos: [CH]

$$P_{\text{inq}} = \frac{21}{21 - [O_2]} \left[\frac{[CO]}{3100} + \frac{[CH]}{1000} + \frac{OP}{65} \cdot \frac{P.C.I.}{100} \right]$$

O₂: % de oxígeno en los gases.

CO: ppm en los gases.

CH: ppm de CH en los gases.

OP: opacidad en los gases.

➤ **Rendimiento teórico de combustión:**

$$E_{\text{combustión}} = \frac{P.C.I. - P_{\text{inq}}}{P.C.I.}$$

5.6.2. RENDIMIENTO DE UNA CALDERA:

Pérdidas caldera = P_{útil} - P_{nominal};

$$E = \frac{P_{\text{UTIL}}}{P_{\text{NOMINAL}}}$$

➤ **Método directo del cálculo de la eficiencia de una caldera:**

Método basado en las medidas directas realizadas de algunos parámetros. Medimos la cantidad total de vapor recalentado y la cantidad de combustible consumido.

$$E = \frac{P_{\text{UTIL}}}{P_{\text{NOMINAL}}} = \frac{m_{\text{AGUA}}(h_s - h_e)}{m_{\text{COMB.}} P.C.I.}$$

➤ **Método indirecto del cálculo de la eficiencia de una caldera:**

Consiste en medir las pérdidas que se producen y, a partir de ellas, obtener el rendimiento.

$$E = 100 - \text{Pérdidas.}$$

➤ **Pérdidas:**

$$\text{Pérdidas} = P_1 + P_2 + P_3$$

- Pérdidas por calor sensible en humos (% sobre el P.C.I.):

$$P_1 = \frac{P_{c.s.}}{P.C.I.} \cdot 100 = \frac{m_{HUMOS.CP,HUMOS} (T_{HUMOS} - T_o)}{P.C.I.} \cdot 100$$

- Pérdidas por inquemados (% sobre el P.C.I.):

$$P_2 = \frac{P_{i.q.}}{P.C.I.} \cdot 100 = \frac{21}{21 - [O_2]} \left[\frac{[CO]}{3100} + \frac{[CH]}{1000} + \frac{OP}{65} \right]$$

- **Pérdidas por radiación y otros (% sobre el P.C.I.):**

Son pérdidas por conducción y radiación a través de las paredes del hogar. Dependen del tipo y de las características de la caldera. Si trabajamos en carga parcial, las pérdidas son inversamente proporcionales al % de la carga.

5.6.3. CONDICIONES PARA CUMPLIR EL MÁXIMO RENDIMIENTO:

Normalmente, las calderas tienen el máximo rendimiento en función de la carga cuando está entre el 65-85% de la carga máxima.

En consecuencia:

- Las calderas más eficientes deben funcionar en régimen estacionario, y las menos eficientes deben emplearse para absorber las demandas puntuales que tenga la empresa.
- Las calderas de alta presión son más eficientes. El vapor que producen estas calderas debe ser usado de la forma más eficiente.

- Debe establecerse un plan de trabajo de las calderas para atender a la demanda de vapor, de forma que las desviaciones entre demanda y producción sean mínimas.
- Puede establecerse un sistema de mantenimiento latente de las calderas que están paradas cuando la demanda de vapor sea pequeña.

El mantenimiento latente consiste en sostener la caldera a la presión de funcionamiento, para lo cual puede arrancarse cada cierto tiempo de forma que se compense las pérdidas de calor a través de las superficies de intercambio con la atmósfera.

Para que las pérdidas en el mantenimiento latente sean mínimas, deben seguirse las siguientes indicaciones:

- Evitar la convección en conductos.
- Mantener los quemadores e iniciadores de combustión en el máximo de eficiencia y, en condiciones de mantenimiento que garanticen seguridad en los periodos de arranque.
- Evitar condensaciones en los recalentadores.
- Establecer sistemas de arranque y de interconexión a la red que garanticen pérdidas bajas.
- Si los circuitos auxiliares de la calderas son comunes, deben establecerse unas normas, un programa y la utilización de dichos servicios por cada una de las calderas según las cargas a las que van a estar funcionando.

5.6.4. GASTO DE COMBUSTIBLE:

$$m_{\text{combustible}} = \frac{P_{\text{útil}}}{P.C.I..E} \text{ (Kg. / h)}$$

6. COMBUSTIBLES:

Llamamos **combustible** a toda sustancia capaz de arder, es decir, aquella que es capaz de combinarse rápidamente con oxígeno con un desprendimiento de calor más o menos interno.

Todos los combustibles industriales se caracterizan por estar constituidos por mezclas de pocos elementos. La mayor proporción en peso está formada por carbono, hidrógeno y en la mayoría de los casos azufre. El resto está constituido por la humedad,

cenizas, oxígeno y nitrógeno, y en su presencia origina problemas tecnológicos y de explotación específicos de cada tipo de combustible.

6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES:

- **PODER CALORÍFICO:** es la energía por la unidad de masa de combustible que se libera en la combustión completa habiendo lactantes y productos con las condiciones estándar. Esta magnitud tiene carácter de entalpía y puede calcularse en función de los calores liberados en las reacciones.
- **PODER CALORÍFICO SUPERIOR (P.C.S.):** se da cuando el proceso de combustión ha acabado y el vapor de agua que había en los humos se ha condensado. Se mide en un calorímetro.

$$P.C.S. = 8100 \cdot C + 34400 \cdot \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2500 \cdot S$$

- **PODER CALORÍFICO INFERIOR (P.C.I.):** se mide si al enfriarse los productos de combustión hasta la temperatura inicial, el agua se mantuviese en estado gaseoso.

$$P.C.I. = 8100 \cdot C + 28700 \cdot \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2500 \cdot S - 600 \cdot W$$

- **PODER COMBURÍVORO:** es la masa de aire necesaria para realizar la combustión estequiométrica de un Kg. de combustible.
- **PODER FUMÍGERO:** es la masa de humos secos producidos en la combustión estequiométrica de un Kg. de combustible.
- **LÍMITES DE INFLAMABILIDAD (INFERIOR / SUPERIOR) (Li / Ls):** es el valor mínimo / máximo del porcentaje de combustible en la mezcla para los que se produce la combustión. Si superamos el Ls, la ausencia de comburente impide la combustión. Si no alcanzamos el Li, la falta de combustible no permite la combustión.
- **TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN:** es la temperatura del combustible para la que se inflaman por primera vez los vapores emitidos por el combustible si se ponen en contacto con una llama. Su valor depende de diferentes factores: estado de división, proporción de la mezcla...
- **TEMPERATURA DE COMBUSTIÓN:** es la temperatura superior a la de inflamación a la que se produce la combustión de los vapores de un combustible durante 5 ó más segundos cuando se pone en contacto con una llama. Su valor depende del estado de división, proporción de la mezcla, presencia de catalizadores.

6.2. TIPOS DE COMBUSTIBLES:

A continuación, aparece un cuadro con la clasificación de los combustibles industriales:

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES INDUSTRIALES

Sólidos	Naturales	Madera y residuos vegetales Carbón { Turbas Lignitos Hullas Antracita
	Artificiales	Coques (carbón y petróleo) Aglomerados y briquetas Carbón vegetal
Líquidos	Alcoholes	Naturales (fermentación e hidrólisis) Artificiales
	Residuales	Por ejemplo, lejías negras
	Derivados del petróleo	Gasóleos Fuelóleos
Gaseosos	Residuales	Fuel-gas
	Gas natural	Diferentes familias
	Gases licuados del petróleo (GLP)	Propano y butanos
	Artificiales o elaborados	Gas de horno alto Gas de coquería Gas pobre Gas de agua G.N.S. Gases de gasógeno Gas ciudad
	Biogas	

6.2.1. COMBUSTIBLES SÓLIDOS:

a. TIPOS:

➤ Madera:

- Combustible más antiguo y más tradicional.
- No presenta gran interés en la industria.
- Elemento biodegradable aún después de su combustión.
- Precio razonablemente económico (incluso gratis).
- Afecta a varios aspectos sensitivos (olor, vista , tacto, oído).
- Es un elemento combustible sin poder de explosión.
- Alto poder calórico de algunas especies.

➤ Residuos vegetales:

- Muy numeroso.
- Consumo limitado a las industrias que lo generan o a zonas concretas.
- Se consumen en hogares diseñados para su combustión.

➤ Carbón natural:

Combustible fósil sólido, formado a partir de antiguas plantas que crecieron en pantanos o a lo largo de las costas.

Los tipos de carbón natural son:

▪ Turbas:

- Masas fibrosas de materia vegetal parcialmente descompuestas que se han acumulado en lugares inundados de agua.
- Se utilizan como combustibles pobres.
- Su potencia calorífica es inferior a los lignitos, hullas y antracitas que oscilan entre 30000-15000 KJ/Kg.
- Contenido de carbono: 55-65 %.
- Humedad > 75%.

▪ Lignitos:

- Ha sufrido un proceso de carbonización superior a la turba.
- Se dividen en lignitos pardos y lignitos negros.
- Contenido de carbono: 65-75%.
- Humedad: 70%, siendo necesario desecarlo para mejorar la combustión.

- Se consumen en centrales térmicas situadas a bocamina.
- Se da en La Coruña, Teruel, Barcelona, Zaragoza, Lleida y Girona.

▪ **Hullas:**

- Carbones caracterizados por ser tanto portadores de energía como materias primas en la industria química y metalúrgica.
- También se les llama carbones de piedra.
- Contenido de carbono: 75-90 %.
- Se da en Asturias, León, Palencia, Burgos, Ciudad Real y Córdoba.

▪ **Antracita:**

- Carbón más antiguo, duro y denso.
- Contenido de carbono > 90%.
- Humedad escasa.
- Alto contenido de calor.
- Se usa en la metalurgia y en la gasificación fuera de su combustión directa.
- Es el mejor combustible de los carbones.
- Se da en Asturias, León, Palencia, Burgos, Ciudad Real, Córdoba, Zaragoza, Lleida y Girona.

➤ **Combustibles sólidos artificiales:**

- Se obtienen al someter a un combustible sólido a la acción del calor sin contacto con el aire, o bien, a partir de residuos de petróleo.
- Se queman en casos muy específicos.

➤ **Carbón Vegetal**

La madera es un compuesto de oxígeno, hidrógeno, carbono y nitrógeno. Estas sustancias se transforman en otros a través de la combustión. Si quemamos la madera al aire libre, hacemos que ésta se consuma por completo; si la quemamos en espacios cerrados que sólo dispongan de unas pequeñas aberturas para dar paso al aire, lograremos que las sustancias que necesitan menos cantidad de oxígeno ardan antes que otras. De esta forma, una vez que paremos la combustión adecuadamente podremos recoger las sustancias de la madera que no han entrado en combustión, las cuales forman lo que llamamos carbón vegetal.

Así que el carbón vegetal no es más que leña que ha sufrido una combustión incompleta. Se trata casi de carbono puro y es preferible al carbón natural.

b. CARACTERÍSTICAS:Humedad:

Es la cantidad de agua que contiene un combustible, que al evaporarse en la combustión produce una pérdida de poder calorífico.

El agua puede permanecer superficialmente retenida en los poros. Esta humedad desaparece mediante secado al aire a la temperatura ambiente, así que la humedad que queda (agua de imbibición) desaparece totalmente al ser calentado a 100°C.

El contenido de humedad es:

$$I = \frac{Mh}{M} = \frac{M - Ms}{M} \quad (\% \text{ de la muestra húmeda})$$

M_H = Cantidad de agua evaporada.

M = Masa de la muestra.

M_s = Masa de combustible seco.

Materias volátiles:

Formadas por combinaciones de carbono, hidrógeno y otros gases.

El contenido en volátiles es la pérdida de masa que experimenta la muestra seca al calentarlo sin aire, a 955° C en un horno eléctrico durante 7 minutos (pirólisis). Una vez enfriada la muestra podemos medir la pérdida en peso. Con este contenido podemos conocer la velocidad de combustión y la longitud de la llama.

La cantidad de materias volátiles será:

$$I = \frac{M_v}{M} = \frac{M_s - M_k}{M} \quad (\%)$$

M_v = Cantidad de volátiles.

M_k = Cantidad de residuo sólido.

Cenizas:

Son el residuo resultante de la combustión completa de un combustible. Proviene de materias incombustibles contenidas en el combustible.

Existen dos tipos de cenizas:

- Cenizas adventicias: proceden de la roca adyacente y de la materia mineral propia del combustible.

- Cenizas inherentes: proceden de las combinaciones orgánicas o inorgánicas de los vegetales origen del combustible.

Las cenizas reducen el poder calorífico, bajan la temperatura de combustión, disminuyen el rendimiento térmico de la caldera y su eliminación de los hogares es costosa.

El contenido de cenizas es:

$$I_R = \frac{Mr}{M} \quad (\%)$$

M_R = Cantidad de cenizas.

Carbono fijo:

Es la fracción residual del carbón descontadas las cenizas, una vez pirolizado para extraer las materias volátiles.

El contenido en carbono es: (%)

$$I_C = 1 - I_w - I_v - I_r$$

6.2.2. COMBUSTIBLES GASEOSOS:

a. TIPOS:

➤ Gas natural:

- Mezcla de hidrocarburos ligeros.
- Aparece en yacimientos similares a los del petróleo.
- Formado principalmente por metano.
- Al mezclarse con el metano se obtiene etano, propano, butano y otros compuestos.
- Las proporciones de cada componente son muy variables.
- El grisú se puede considerar una variante.
- Fácil manejo.
- Gran rendimiento.
- Respuesta rápida.
- Necesidad de poco mantenimiento.
- Poco contaminantes.
- Incoloro e inoloro.
- Se inflama fácilmente.
- No es venenosos pero produce asfixia.

➤ **Gases licuados del petróleo (G.L.P.):**

- Se obtienen en las operaciones de refino del petróleo.
- El propano se usa en la industria debido a su mayor presión.
- El butano para usos domésticos.

➤ **Gases residuales del refino del petróleo:**

- Gases obtenidos al separar el butano y el propano que no pueden transformarse económicamente en gasolinas y otros productos.
- Dependiendo del proceso de refino, su composición varía.

b. CARACTERÍSTICAS:

Densidad relativa:

Es el cociente entre las densidades del gas y del aire secos a 0°C y 760 mm Hg.

Intercambiabilidad de los gases combustibles:

Dos gases que están a la misma temperatura son intercambiables entre sí en un mismo quemador cuando, con las mismas condiciones de suministro, mantienen las mismas características de combustión.

Para conocer la intercambiabilidad de los gases hacemos uso del:

- Índice de Wobbe (W):

$$W = \frac{PC}{\sqrt{\rho_r}}$$

PC = Poder calorífico del gas.

ρ_r = Densidad relativa del gas.

- Índice de Delbourg:

$$C = U \cdot \frac{H_2 + 0.7 \cdot CO + 0.3CH_4 - V \sum a \cdot C_n H_n}{\sqrt{\rho_r}}$$

H₂, CO, CH₄ = Composición centesimal del combustible gaseoso.

C_nH_n = Composición centesimal de todos los hidrocarburos excepto el metano.

U, V = Parámetros que dependen del contenido en O₂ e H₂ del gas.

A = Parámetro que depende del tipo de hidrocarburo.

Módulo de un gas:

Dos gases de índice de Wobbe diferentes son intercambiables entre sí, cuando al suministrarlos a presiones diferentes, tienen el mismo módulo y producen el mismo caudal calorífico.

El módulo de un gas es:

$$\sqrt{\frac{P}{W}}$$

6.2.3. COMBUSTIBLES LÍQUIDOS:**a. TIPOS:****➤ Derivados del petróleo:**

El petróleo bruto o el crudo del petróleo el combustible líquido natural por excelencia, aunque se utiliza como materia prima de la cual se obtienen diferentes derivados del petróleo.

El petróleo se obtiene de los restos de organismos vivos, al ser cubiertos por las aguas o por las tierras, sufren la acción química de las bacterias anaerobias, los efectos de las grandes presiones y temperaturas, dando lugar en su descomposición a hidrocarburos líquidos e hidrocarburos gaseosos.

▪ Gasóleos:

Pertencen a la categoría de destilados puros, compuestos por una gama de hidrocarburos cuyo número de átomos de carbono está comprendido entre C₁₄ y C₂₀.

- Suele ser de un color amarillento de olor característico.
- Su temperatura de ebullición oscila entre 220-390°C.
- Se destila en un rango de 360 °C.
- Punto de inflamación mínimo: 55° C.
- Menos denso que el agua.
- Puede desarrollar electricidad estática por agitación o descarga en recipientes.
- Reacciona con oxidantes fuertes con riesgo de incendio y explosión.
- Sus vapores son más densos que el aire pudiendo inflamarse a distancia.
- Puede afectar al cuerpo humano por absorción cutánea, ingestión o inhalación. Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias, pues destruye las grasas de la piel. Una alta concentración puede causar pérdida del conocimiento

Por su calidad y en función del uso al que se destinan, se clasifican en:

- Gasóleo A: es el de mejor calidad y más alto precio. Se suele emplear en automoción.
- Gasóleo B: es de igual calidad que el anterior. Se suele usar en la agricultura. Antes de su venta se caracteriza a través de un aditivado de agentes trazadores y colorante rojo.
- Gasóleo C: calidad inferior a los anteriores. Se suele usar en los generadores de calor de cualquier potencia térmica. Antes de ser suministrado se le colocan agentes trazadores. Es el más utilizado como fuente de energía en la industria en zonas próximas a los núcleos urbanos.

▪ **Fuelóleos:**

Son productos residuales de la destilación del petróleo a más de 350 °C. Son los residuos pesados de la destilación y forma hidrocarburos entre 25 y 35 carbonos. Pueden proceder de una única etapa del proceso de refinado, aunque se obtiene por mezclas de productos procedentes de distintas partes del proceso. Su punto de inflamación mínimo es de 65° C.

Los fuelóleos son sistemas heterogéneos en los que existen:

emulsiones de minúsculas burbujas de aire y de distintas gotas de agua.

Impurezas extrañas a los hidrocarburos.

Hidrocarburos en forma sólida o gaseosa emulsionados en la fase líquida.

Son los combustibles más utilizados en la industria y se dividen en:

* Fuelóleo nº 1.

* Fuelóleo nº 2: lo utilizan los grandes consumidores industriales: centrales térmicas y cementeras.

b. CARACTERÍSTICAS:

Viscosidad:

Es la medida física de la resistencia que opone un líquido al fluir cuando se le aplica una fuerza exterior.

La viscosidad de un combustible líquido varía con la temperatura aunque de manera irregular por ser heterogéneo; en cambio, varía muy poco con la presión.

Fluidez crítica:

Es la temperatura mínima a la que un combustible es trasegable.

Con esta característica podemos calcular aislamientos y calentamientos de depósitos y tuberías en las zonas que lo requieran.

Inflamabilidad:

El punto de inflamación es el valor de la temperatura a la que el producto se vaporiza lo suficiente para que la mezcla aire-vapor pueda inflamarse.

Si el punto de inflamación es menor a 55° C, es de clase B; si está comprendido entre 55-120° C, clase C.

Contenido en azufre:

Es el contenido máximo de azufre que una muestra del combustible debe tener.

Contenido en agua y sedimentos:

Es el contenido en agua y de impurezas en una muestra de combustible. Afecta al funcionamiento de los elementos de la instalación de la caldera, deteriorándolos o provocando irregularidades en la estabilidad de la llama.

6.3. CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN COMBUSTIBLE:

- Propiedades del proceso a obtener.
- La ubicación geográfica de la fábrica.
- Las posibilidades de aprovisionamiento.
- El precio del combustible.
- Problemas ambientales derivados de su uso.

6.4. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA:

El Consejo de Europa define la contaminación atmosférica como: “Existe contaminación en el aire cuando la presencia de sustancias extrañas o una variación importante en sus constituyentes son susceptibles de provocar un efecto perjudicial”.

Las sustancias contaminantes más comunes son:

- partículas sólidas.
- SO₂.
- CO.
- NO_x.

Llamamos **inmisión** a los niveles de concentración de los contaminantes existentes; además, las inmisiones son causadas por las emisiones.

Definimos **emisión** como la concentración en los contaminantes y los volúmenes de los gases vertidos a la atmósfera.

La contaminación atmosférica depende de:

- Cantidad y calidad de los combustibles utilizados.
- Reparto y distribución geográfica de los focos emisores.
- Calidad de los sistemas de combustión
- Capacidad de absorción de los contaminantes.
- Planificación urbana.
- Condiciones meteorológicas: a veces a través de vientos de gran velocidad y de lluvias intensas conseguimos eliminar los contaminantes; en cambio, si existen nieblas intensas, neblinas atmosféricas y fenómenos de inversión térmica favorecemos la concentración de contaminantes en la atmósfera.

6.5. MÉTODOS DE MEDIDA DE EMISIONES

CONTAMINANTES:

- **CO:**
 - Reacción de oxidación con I₂O₅.
 - Reacción de oxidación con HgO a 200°C.
 - Oxidación catalítica a CO₂.
 - Absorción química.
 - Espectrofotometría de infrarrojos no dispersivos.
 - Espectrofotometría de infrarrojos no dispersivos.

CUADRO 5. NIVELES DE EMISIÓN DE CO

<i>Actividad Industrial</i>	<i>Niveles de emisión en p.p.m.</i>
Instalaciones combustión industrial	1.455
Otras actividades	500

- **Partículas sólidas:**

- Ringelmann.
- Índice de ennegrecimiento.
- Absorción de luz.
- Difusión de luz.
- Carga electrostática.
- Vibración de un cristal de cuarzo piezoeléctrico.

- **SO₂:**

- Reacción con H₂O₂.
- Método del cloranilato de bario.
- Conductividad eléctrica.
- Absorción de luz ultravioleta.
- Fotometría de llamas.

CUADRO 4. NIVELES DE EMISIÓN DE SO₂

<i>Actividad Industrial</i>	<i>Niveles de emisión mg/Nm³</i>		
	<i>Existentes y Nuevas</i>	<i>1977</i>	<i>1980</i>
Centrales térmicas de fuelóleo	5.500	4.500	3.000
Instalaciones combustión Industrial			
Gasóleo	1.700	1.700	850
Fuelóleo n.º 1	4.200	2.500	1.700
Fuelóleo n.º 2	6.800	500	3.400
Siderurgia	Igual que en combustión Industrial		
Metalurgia del cobre	5.700 (Existentes)	2.850 (Nuevas)	1.500
Otras actividades	4.300		

- **NO_x:**
 - Método de ácido fenol-disulfónico.
 - Absorción de luz ultravioleta.
 - Quimiluminiscencia.

CUADRO 6. NIVELES DE EMISIÓN DE NO_x

<i>Actividad Industrial</i>	<i>Niveles de emisión en p.p.m.</i>
En general	300

CUADRO 3. NIVELES DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS

<i>Actividad Industrial</i>	<i>Niveles de emisión mg/Nm³</i>			<i>Opacidad</i>	
	<i>Existentes</i>	<i>Nuevas</i>	<i>1980</i>	<i>Bacharach</i>	<i>Ringelmann</i>
Centrales térmicas de fuelóleo					
Potencia < 50 MW	250	200	175	—	1
Entre 50 y 200 MW	200	175	150	—	1
> 200 MW	175	150	120	—	1
Instalaciones combustión ind.					
Gasóleo	—	—	—	2	1
Fuelóleo n.º 1	—	—	—	4	2
Fuelóleo n.º 2	—	—	—	5	2,5
Sinterización y pelletización de minerales	400	250	150	—	—
Acerías Martín-Siemens	200	150	120	—	—
Hornos de recalentamiento y tratamiento térmicos	—	—	—	—	1,5
Aluminio 2.ª fusión	200	150	100	—	—
Metalurgia del cobre					
Fusión	400	300	150	—	—
Refino	600	500	300	—	—
Metalurgia del plomo					
Hornos de cuba	300	200	100	—	—
Resto procesos	200	130	40	—	—
Metalurgia del cinc	600	200	50	—	—
Fabricación de cal	500	250	150	—	—
Fabricación de cemento					
Hornos	400	250	150	—	0,5
Enfriadores de clinker	170	100	50	—	—
Cerámica	400	250	150	—	—
Vidrio y fibras minerales	300	200	150	—	—
Plantas de aglomerados asfálticos					
Situadas a menos de 500 m de zona habitada	400	250	100	—	1
Situadas a más de 2 km	800	500	200	—	1
Otras actividades		150		2	1

7. LOS QUEMADORES:

7.1. FUNCIÓN DE QUEMADOR:

La finalidad de un equipo de combustión es el desarrollo de una reacción química. Todo proceso de preparación del combustible, y el que se ha desarrollado de manera íntima en el quemador, tiene por objeto el conseguir que esta reacción de oxidación tenga lugar de la manera más perfecta; para poder lograrlo la química elemental dice que, además de manejar la proporción adecuada de combustible y de comburente, hay que conseguir la perfecta unión entre ambos. El cometido principal de un quemador es que el combustible atomizado se inyecte en el punto idóneo para que se mezcle íntimamente con el comburente, que se debe inyectar siempre circundándolo y perfectamente equilibrado.

En el caso de los combustibles líquidos es necesario dividirlos en gotitas minúsculas, es decir, pulverizarlos, con el objetivo de aumentar considerablemente la superficie de contacto entre el líquido y el aire, y de este modo permitir que las reacciones de combustión se produzcan de forma completa. Para realizar la pulverización se deben vencer las fuerzas de atracción y de tensión superficial que mantienen la cohesión entre las moléculas.

Los criterios que se deben seguir en la elección de un quemador dependen del tipo de caldera elegida y de la función que deseamos dar a dicha caldera; por ello para elegir un quemador hay que tener en cuenta los criterios como los siguientes, la temperatura que se desea alcanzar, las tasas de aireación, el reciclado, el precalentamiento del combustible, la oxigenación del quemador, la naturaleza de los productos de combustión, la flexibilidad del funcionamiento de la caldera y respectivamente del quemador, la flexibilidad de la caldera y su funcionamiento, y el ruido generado por la caldera en funcionamiento.

7.2. CONSTITUYENTES DE UN QUEMADOR:

Normalmente los quemadores están constituidos por un tubo, dentro del cual se alojan los conductores de aire, combustible y fluido auxiliar, deflectores y estabilizadores, etc. En el extremo del tubo se encuentra la tobera o chicler, también llamado atomizador.

Como elementos auxiliares del quemador se pueden considerar los siguientes aunque normalmente no son necesarios todos:

- Ventilador de aire de combustión
- Bomba de combustible
- Precalentador de combustible
- Sistema de encendido
- Electro válvulas
- Equipos de control, como los aparatos de regulación y vigilancia de la llama.

7.3. RENDIMIENTO DE UN QUEMADOR:

El rendimiento será el que porcentualmente resulte de restar a las calorías totales aportadas por el combustible, las no desarrolladas, que representan los inquemados producidos. Este valor siempre muy alto, próximo a 100, y normalmente no se usa.

Para determinar la influencia de los quemadores sobre el rendimiento de un proceso conviene ser muy exacto para evitar que una imprecisión en las medidas, como una entrada de aire falso, disfrace sus verdaderas características.

7.3.1. FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN DE UN QUEMADOR:

Procesos y hogar:

Para la elección de un equipo de combustión hay que tener en cuenta el proceso del que va a formar parte; no puede ser igual que quemador para un horno rotativo de pequeño diámetro gran longitud y paredes al rojo y el destinado a una caldera acuotubular y de poco fondo; el que interviene en un proceso continuo, que está previsto para funcionar durante años sin detención alguna y el que debe efectuar numerosas maniobras al día. En hogares con más de un quemador hay que prestar atención a la separación entre ellos y a los sentidos de rotación de los gases generados.

Combustible:

Cada quemador se diseña para uno o varios combustibles, pero teniendo éstos unas características predeterminadas; por lo tanto el combustible a utilizar siempre está presente en la elección del quemador

Exceso de aire:

Cuanto menor sea el exceso de aire más alta será la temperatura de los gases, con lo que se facilita el intercambio de calor; a esto hay que añadir que el exceso de aire tiene una gran importancia sobre las corrosiones

Margen de regulación:

El margen de regulación indica la relación entre el caudal máximo y mínimo que puede consumir un quemador funcionando correctamente. Esta relación depende de los siguientes factores:

- Combustible utilizado
- Dimensiones de los conductos de aire y combustible
- Velocidad del aire y del combustible
- Forma de mezcla de los mismos

Estabilidad de funcionamiento:

La estabilidad de un quemador se define como la capacidad de mantener la llama dentro de los límites de su campo de regulación, incluso con al cámara de combustión fría o en condiciones de presión distintas a las diseñadas por el quemador; un quemador no es estable si permanece encendido únicamente cuando se emplee una llama piloto. Para conseguir una cierta estabilidad dentro de los límites del quemador se debe seguir unos de los siguientes procedimientos:

- Utilizar una gran turbulencia en la mezcla de aire y combustible.
- Precalentar el aire de combustión
- Recircular los gases parcialmente quemados.

Forma y dimensiones de la llama:

La forma y las dimensiones de la llama son características intrínsecas del tipo de quemador, no obstante pueden regularse dentro de unos límites modificando alguna de las siguientes variables:

- Grado de turbulencia y velocidad de la mezcla: una buena mezcla de aire y combustible lograda por una fuerte turbulencia y altas velocidades da lugar a una llama corta e intensa mientras que una mezcla a bajas velocidades, es decir, flujo laminar; origina llamas largas y suaves.
- Exceso de aire: al aumentar el exceso de aire la llama tiende a acortarse, mientras que una disminución del mismo tiende a producir una llama más larga.
- Presión del aire de combustión: el aumento de dicha presión del aire de combustión tiende a acortar la llama ya que se incrementa la turbulencia y la velocidad de la llama.

- Tamaño de las gotas pulverizadas: a menor tamaño de dichas gotas le corresponde una evaporación y una combustión más rápida y por consiguiente una llama más corta.

Consumo de energía auxiliar:

Es muy importante al analizar un equipo de combustión, tener en cuenta el consumo de energía auxiliar que precisa. La tendencia de los fabricantes de quemadores es un aumento de la energía auxiliar para poder trabajar a mayor presión con el combustible y el aire comburente. Para hacer pasar el aire a través del quemador se necesita que exista una diferencia de presión entre la llegada del aire a la entrada del quemador y la salida al hogar, para ello se necesita una energía auxiliar.

7.4. CLASIFICACIÓN DE LOS QUEMADORES:

Aunque los objetivos de un quemador son claros existen varios de ellos que ofrecen soluciones diferentes, como los procesos en que se va aprovechar el calor desarrollado por los quemadores; también en lo que respecta al aire de combustión tanto primario como secundario y hasta terciario. También hay que tener en cuenta la dirección del aire del comburente y el sentido en el que se inyecta sobre la llama, ya que si se realiza incorrectamente el aire puede apagar dicha llama. Otro aspecto que hay que considerar es el sistema de pulverización ya que el combustible tiene multitud de formas de fluir y para conseguir dicha pulverización se necesita unas grandes presiones pasando o atomizar el combustible pasándolo por un fluido auxiliar. Por último existen otros factores como el modo de regulación o el equipo en el que se instalan.

7.4.1. ATENDIENDO AL COMBURENTE:

- Quemadores de aire total.
- Quemadores de aire parcial.

Y dentro de cada uno de ellos:

- De geometría no turbulenta.
- De geometría turbulenta.
- De flujo paralelo.

7.4.2. SEGÚN EL MODELO DE REGULACIÓN:

- Regulación progresiva o modulante, es decir cuando los caudales de aire y combustible del quemador corresponden a todos los pasos intermedios entre el máximo y el mínimo de la potencia térmica.

- Regulación todo o poco, se produce cuando el caudal de aire se regula según dos posiciones, originando dos llamas o regímenes de marcha.
- Regulación de todo o nada, es decir, cuando los caudales de aire y combustible se regulan en una sola posición.

7.4.3. EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN DEL AIRE DEL COMBURENTE:

- Quemadores de débil presión de aire, que trabajan con el auxilio del tiro natural de la chimenea. La presión de aire utilizada es de 30 a 100 mbar y este tipo de quemadores debe utilizar unos caudales importantes de más del 50% del aire estequiométrico; la presión del combustible cuando llegue al quemador debe variar entre 70 y 350 mbar.
- Quemadores de presión media, trabajan prácticamente sin ayuda del tiro natural de la chimenea.
- Quemadores de alta presión de aire, que trabajan sin el tiro natural de la chimenea; la precisión necesaria para evacuar los gases de combustión las proporciones el ventilador del quemador.

7.4.4. POR LA FORMA DE PREPARACIÓN DEL COMBUSTIBLE:

- Quemadores de gasificación son los quemadores de queroseno con mecha y los antiguos quemadores domésticos en los que el combustible se vaporiza sobre una placa calentada por la llama.
- Quemadores de pulverización.

Dentro de estos últimos se pueden subdividir en los siguientes:

1. Mecánica dentro de los cuales se encuentran los quemadores de presión directa, con retorno, de presión directa con ranuras regulables, de pistón y con doble circuito de presión.
2. Con fluido auxiliar; dentro los cuales podemos encontrar quemadores de tipo: con vapor, de pulverización mecánica con ayuda de vapor, con aire a baja presión, con aire de media presión, con aire de alta presión, y quemadores de emulsión.
3. Quemadores de copa rotativa.

7.4.5. QUEMADORES DE PULVERIZACIÓN ASISTIDA, O POR INYECCIÓN DE FLUIDO AUXILIAR:

En estos quemadores, también se quema combustibles líquidos, aparte de los gaseosos, pero exclusivamente los pesados, como los fuelóleos. La diferencia con los quemadores de pulverización mecánica es que a través de la caña o tobera se conduce un fluido auxiliar que se inyecta en su cabeza y emulsiona el combustible, formando una mezcla que se pulveriza más fácilmente a presión algo más baja que en el caso de la pulverización mecánica; se inyecta vapor saturado a una presión de 8 a 12 bar. Cuando

el vapor se genera en la caldera a una presión inferior a 7 bar, se emplea aire comprimido como fluido auxiliar de pulverización asistida. Es preferible utilizar el vapor como fluido auxiliar ya que posee una serie de ventajas, aporta calor al combustible, favoreciendo el proceso de combustión y de limpieza de la tobera; no requiere la instalación auxiliar de producción de aire comprimido.

7.4.6. QUEMADORES ROTATIVOS DE PULVERIZACIÓN CENTRÍFUGA:

En este tipo de quemadores se queman combustibles líquidos, tanto si son ligeros como el gasóleo, como los pesados, el fuelóleo. La pulverización se logra por la fuerza centrífuga que se logra al comunicar al combustible por un medio de un elemento rotativo. Dicho elemento rotativo suele ser una copa, que gira a gran velocidad y distribuye el combustible y lo lanza hacia delante de forma perimetralmente hacia delante en forma de tronco de cono. En este tipo de quemador los combustibles ligeros no necesitan precalentamiento, sin embargo los combustibles pesados precisan de un calentamiento entre 60 y 80 °C dependiendo de sus calidades.

7.4.7. QUEMADORES DE FLUJO PARALELO, CON MEZCLA POR TURBULENCIA:

En este tipo de quemadores se queman combustibles gaseosos como el gas natural o el hidrógeno; el diseño de estos quemadores es el siguiente:

- Roseta de palas curvilíneas
- Director de aire cilíndrico
- Núcleo de fijación de llama
- Cono deflector
- Tubo central
- Virola perforada de equilibrado estático
- Lanzas para gas

El aire comburente, que llega paralelamente al eje del quemador, se pone parcialmente en rotación por la acción de roseta. Esta última, no ocupa toda la sección de aire; el espacio anular permite conservar una parte de la vena de aire en movimiento axial. Esta combinación de un flujo axial y de un flujo rotacional compone un chorro de torbellino, que provoca la mezcla en el gas. Cuando se combinan los quemadores antes explicados dan lugar los quemadores mixtos, que están compuestos por las siguientes partes:

- Elementos abatibles del quemador.
- Cuerpo del quemador.
- Aletas móviles.
- Anillo refractario.
- Lanza con caña de entrada de fuel-oil.
- Copa giratoria.

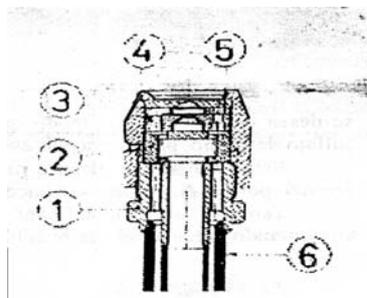
- Tobera de turbulencia del aire.
- Toberas de reparto del gas.
- Ventilador de aire de pulverización.
- Aletas del aire de pulverización.
- Conexión de fotocélulas con mirilla.

7.4.8. QUEMADORES DE PULVERIZACIÓN MECÁNICA:

Son los más utilizados tanto por parte de las industrias como el resto de edificaciones; para que se produzca la pulverización el combustible debe tener baja viscosidad, del orden de los 2 grados Engler que sólo se presentan a baja temperatura en los gasóleos, y requiere calentar a 110 °C a fuel-oil pesado. En este tipo de quemadores la pulverización se realiza por medio de una tobera o chichler a la que llega el combustible a presión impulsado por una bomba. Existe la tendencia a aumentar estas presiones para ampliar el campo de regulación y mejorar las características del chorro; sin embargo, estos incrementos sólo se justifican en instalaciones con caudales de combustibles muy elevados, debido al mayor costo de las bombas y al aumento de las posibilidades de obstrucción al ser menor el orificio de salida. Las ventajas de la pulverización mecánica son las siguientes:

- Combustión homogénea
- Poca potencia eléctrica absorbida
- Funcionamiento silencioso
- Construcción sencilla
- Llama homogénea, silenciosa y prendida a la cabeza del quemador.
- Alto rendimiento de la combustión
- Posibilidad de obtener una combustión excelente
- Posibilidad para evitar la construcción de una chimenea costosa o el empleo de un ventilador para el tiro
- Elevado coeficiente de transmisión del calor por convección, entre la llama y las paredes del hogar

Para que realice la pulverización es imprescindible que el combustible entre a la caña o tobera con una presión que oscilará entre 16 y 20 bar según el fabricante y el tipo de combustible utilizado. Para el uso de combustibles ligeros, gasóleos, no es necesario precalentarlo ya que el combustible ya tiene una viscosidad adecuada; pero para los combustibles pesados es necesario precalentarlos.



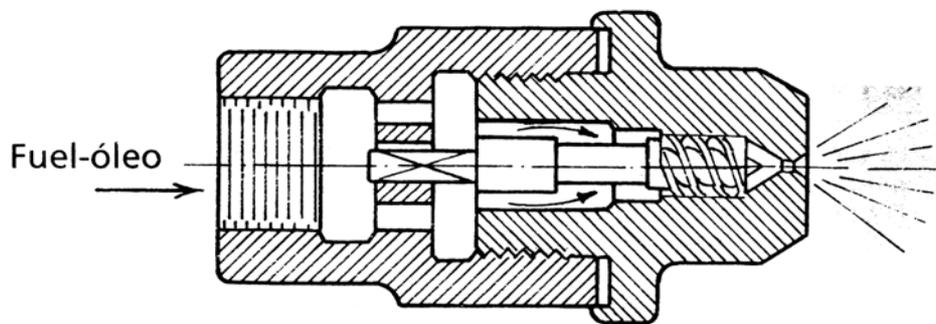
1. Tuerca soldada
2. Distribuidor
3. Atomizador
4. Tuerca de bloqueo
5. Pastilla
6. Tubo del quemador

Cabeza del quemador para pulverización mecánica.

7.4.9. DIVERSOS TIPOS DE ATOMIZADORES DE PULVERIZACIÓN MECÁNICA:

De presión directa:

El combustible llega al quemador sometido a una gran presión y sale al exterior a través de un pequeño orificio, después de recibir un gran movimiento rotatorio mediante ranuras, hélices y otros procedimientos. Como consecuencia, se origina una fuerte caída de la presión estática del combustible, acompañada, según el principio de la conservación de la energía, de un notable incremento de su velocidad.



Atomizador centrífugo

Con retorno:

Los atomizadores con retorno se han desarrollado con el fin de aumentar el campo de regularización de los atomizadores de presión directa. En este tipo de atomizadores, cualquiera que sea la cantidad inyectada, el caudal que pasa por la cámara de rotación es fijo y la velocidad de rotación, ipso esencial en la calidad de la pulverización, es siempre constante para un caudal de inyección variable.

De presión directa con ranuras regulables:

De forma similar que los atomizadores de presión directa, la cantidad de combustible que se introduce por la tobera es constante.

De pistón:

Mediante un pistón móvil se regula la apertura de un cierto número de orificios tangenciales. Cuando se aumenta la presión en la alimentación, tiende a aumentar la presión de retorno, la cual determina el desplazamiento del pistón en el sentido de apertura de los canales tangenciales.

7.5. TECNOLOGÍA DEL CHICLER:

Aunque existen numerosos tipos de chiclors en el mercado, todos tienen como denominador común el principio de su funcionamiento, que consiste en dotar al combustible a pulverizar, a su salida por el orificio del chicler, de velocidades lo más elevadas posibles, tanto en sentido tangencial o centrífugo, como axial o longitudinal.

Para obtener este resultado, es necesario colocar al líquido en una rotación en un orificio de salida, que tiene la forma de un pequeño cilindro. Cada gota progresa en una espiral; en este cilindro el combustible se encuentra sometido a un movimiento de rotación muy violento y bajo una presión estática residual, la no convertida en energía centrífuga, que tiende a desplazar el líquido hacia el orificio de salida en que actúa, aproximadamente la presión atmosférica, muy inferior al valor de la presión en la cámara vórtice.

La velocidad tangencial es función de pérdida de presión estática entre la alimentación del chicler y la cámara cilíndrica, de la morfología de esta última y de la del orificio de salida y, por último, de la viscosidad del combustible.

En definitiva la velocidad resultante formará un ángulo con la prolongación de la generatriz del orificio del chicler, definido por la siguiente expresión:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_t}{V_a}$$

Este ángulo es el denominado ángulo de pulverización y el conjunto de trayectorias engendra un hiperboloide.

El combustible sale del chicler formando una lámina o película muy delgada.

El proceso hidrodinámico de pulverización en función de la presión, se explica a continuación:

1. Para presiones muy débiles la velocidad tangencial en el interior de la rotación no es suficiente para establecer un torbellino perfecto, no hay cavidad central, la cámara desempeña el papel de un recipiente bajo presión estática con corriente para un orificio ordinario
2. La presión crece, la turbulencia se establece y la corriente de fuelóleo toma un aspecto multinodular. Dado que las direcciones de las velocidades de las partículas a la salida del orificio juegan un papel importante, la superficie del chorro tiende a aumentar. La tensión superficial se opone a dicha acción y después de haber absorbido una cierta cantidad de energía, su efecto llega a ser preponderante y la superficie se contrae por lo que existe la formación de un nudo.
3. Debido a que el valor de las fuerzas de cohesión es constante, la superficie aumenta, entrañando el aumento correspondiente de las componentes tangencial y axial de la velocidad; el tamaño de los vientres aumenta y su número

disminuye hasta el momento en que la velocidad tangencial llega a ser suficiente para vencer completamente el efecto de la tensión superficial.

4. La presión continúa creciendo, se forma una bola que se cierra bajo la acción de la tensión superficial formando un nódulo.
5. El nódulo se rompe y se obtiene un chorro cónico completamente pulverizado.
6. Por último, si la presión aumenta, el cono se empequeñece y se aproxima al orificio de salida. La superficie del cono es lisa como resultado del régimen lamina y se hace menos lisa a medida que aumenta la presión y se acusa el paso al régimen turbulento de la llama.

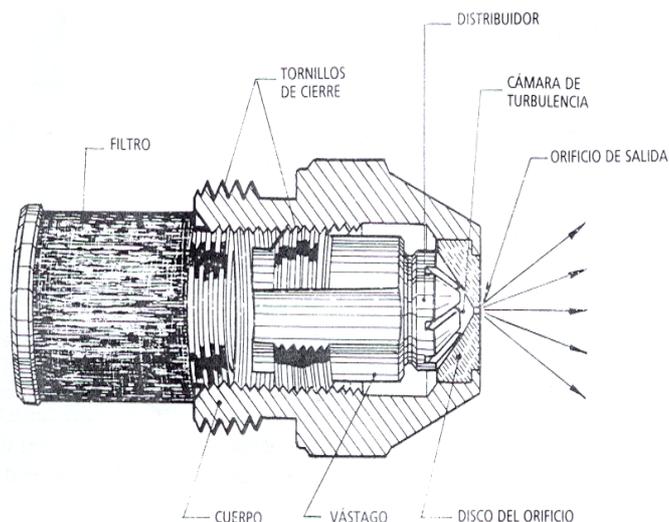
La calidad de la pulverización de un combustible se mide por el *número de Sauter*, que se define como el diámetro de las gotas de un cierto volumen de líquido pulverizado, supuestas todas las gotas de la misma dimensión y cuya superficie total equivale al conjunto de gotas que realmente se forman en la atomización del combustible.

Cuanto más pequeño es el *número de Sauter*, más reducida es la dimensión de la gota media, más rápida es la evaporación del combustible al entrar en el dominio de la llama, más completa es por lo tanto la combustión e inferior el contenido en inquemados de los gases que se producen en la misma.

7.5.1. COMPONENTES DEL CHICLER:

Un chicler está compuesto por los siguientes elementos:

- Una cámara de turbulencia o de rotación.
- Los canales tangenciales.
- El orificio de salida.
- Un filtro de la parte de atrás.



Chicler sin

Todos estos elementos están englobados por el cuerpo del chicler y una pieza móvil, distribuidor, bloqueada por un tornillo. Técnicamente un chicler se caracteriza

El caudal que a su vez depende de los factores de construcción; el caudal crece con la sección total de los canales tangenciales y con la sección del orificio de salida. Las longitudes de la cámara de rotación y del orificio de salida influyen muy ligeramente sobre las características de la pulverización. El caudal también depende de

los factores de utilización como la acción de la presión sobre el caudal; el ángulo de pulverización es función de la presión de inyección y el incremento de esta ocasiona un ligero cierre del ángulo, como consecuencia de un mayor aumento de la energía cinética en sentido axial, que es la que afecta a la velocidad tangencial; a su vez también afecta al caudal la viscosidad del fluido utilizado y para que se produzca una pulverización correcta el caudal aumenta con la viscosidad.

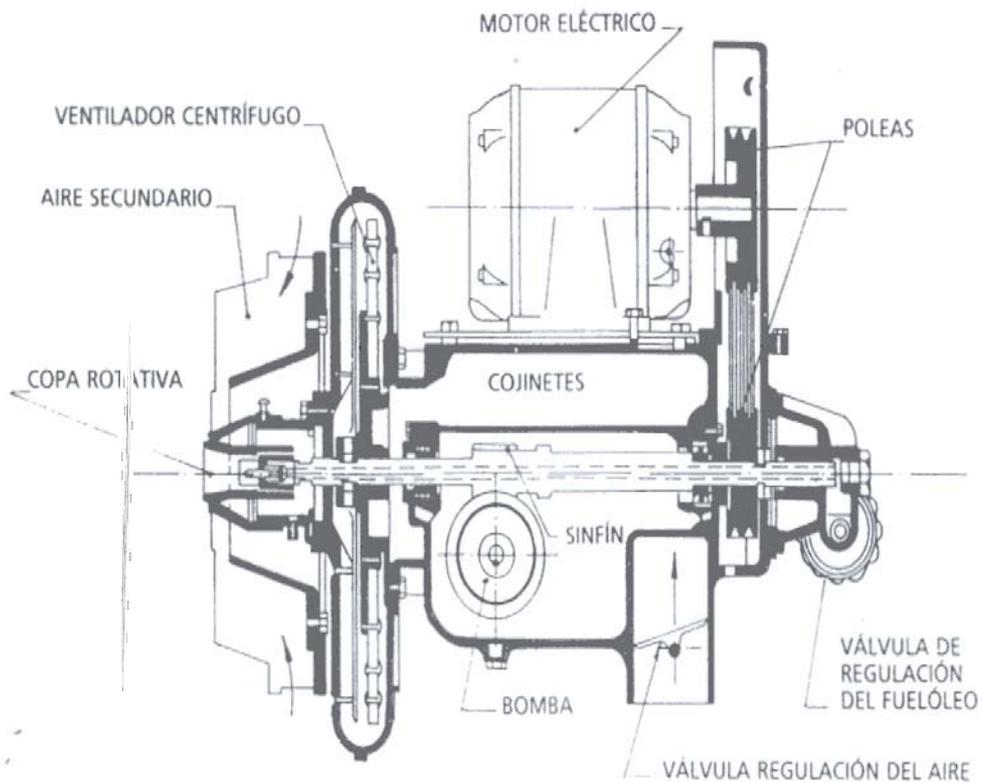
El ángulo de pulverización depende de los factores de construcción, de la diferencia entre las secciones de la tubería de pulverización, el ángulo de pulverización disminuye cuando el valor del diámetro de la cámara de rotación al diámetro del orificio crece; el ángulo depende de los factores de utilización como la presión utilizada y la viscosidad del combustible, el ángulo disminuye cuando la viscosidad crece.

7.5.2. DIMENSIÓN DE LAS GOTAS:

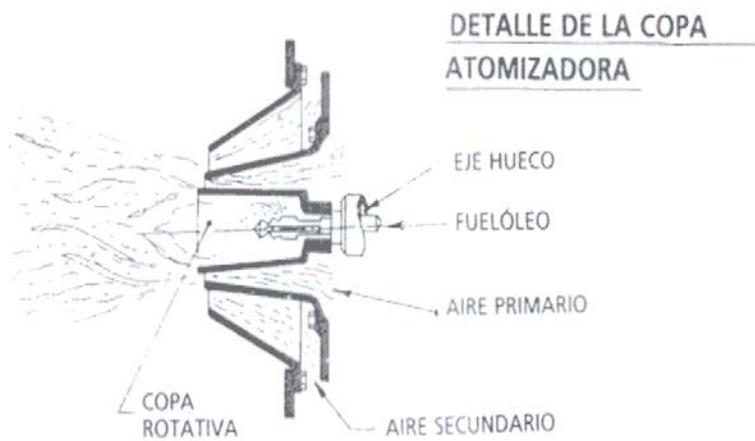
Existen varios métodos que conducen al mismo resultado pero el más utilizado es el siguiente. Se calienta la parafina a una temperatura tal que su viscosidad seas idéntica a la del combustible en las condiciones normales de utilización, para lo cual se elige una calidad de parafina que tenga a dicha temperatura una densidad y una tensión superficial lo más cercanas posible a las del combustible considerado. Se pulveriza esta parafina a las mismas condiciones de funcionamiento del quemador y se recuperan las gotas que solidifican durante su caída. Una vez obtenidas dichas gotas no hay más que medirlas.

La combustión de un chorro de combustible pulverizado depende considerablemente del diámetro medio de las gotas y el estudio de las condiciones de combustión en función de la pulverización muestra que:

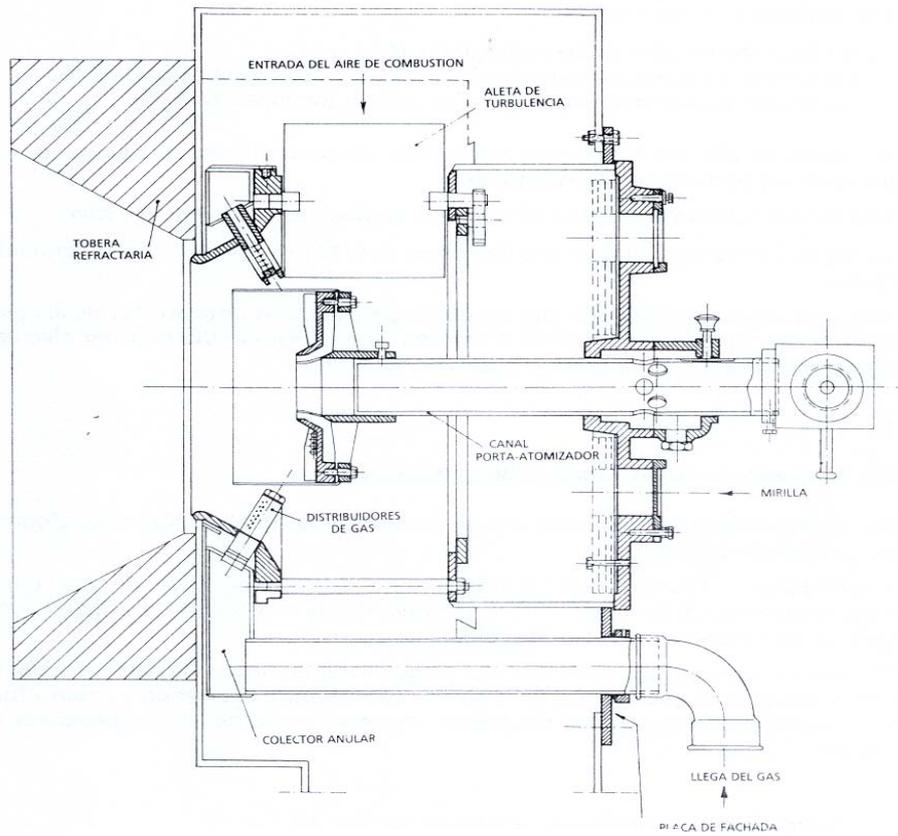
- A mayor diámetro de las gotas la combustión es más lenta.
- Si la pulverización es heterogénea y existen más gotas pequeñas se puede tener al mismo tiempo grandes gotas conservando una combustión estable.



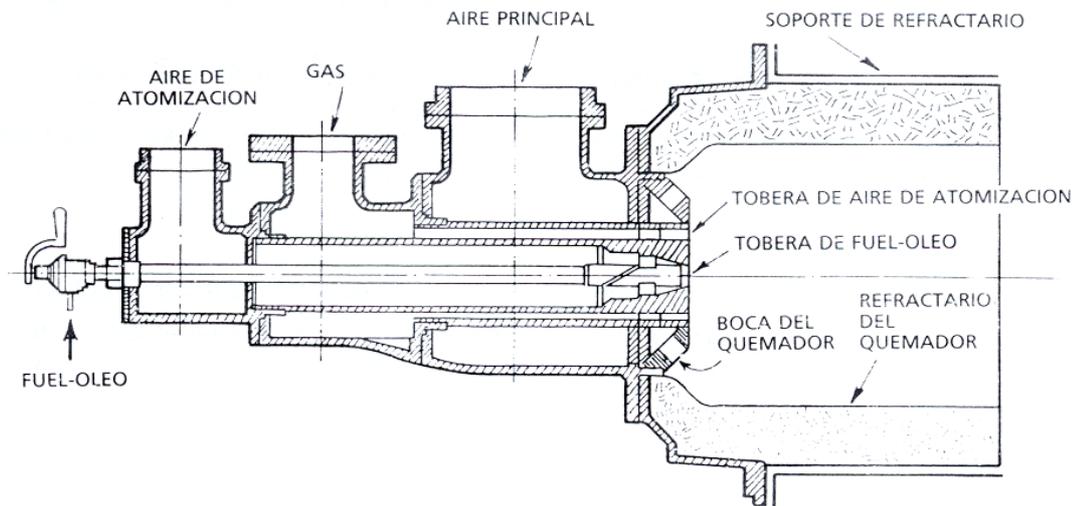
Atomizador de pulverización mecánica con ayuda de vapor y de aire



Quemador de copa



Quemador mixto fuelóleo-gas con distribuidor anular



Quemador mixto fuelóleo-gas con distribuidor de gas con canal central (Norte)

8. LA LLAMA:

8.1. INTRODUCCIÓN:

La llama es el medio gaseoso en el que se desarrollan las reacciones de combustión. Por lo tanto, la llama ocupa un volumen gaseoso determinado del cual pueden conocerse las dimensiones. Las llamas consisten principalmente de una mezcla formada por oxígeno (o aire) y otro gas, normalmente combustible, como hidrógeno o un hidrocarburo.

Para poder aprovechar convenientemente la energía de contenida en el combustible y éste sea capaz de ceder dicha energía en forma de calor, es muy importante que la consecución y mantenimiento de la llama sea la apropiada. Una llama es apropiada si reúne un conjunto de cualidades y características de naturaleza geométrica, física y química idóneas y compatibles con la aplicación perseguida.

El “frente de la llama” marca la distancia de separación entre el gas quemado y el gas (o combustible) sin quemar, en caso de que el combustible sea gas, y es la zona donde tiene lugar las principales reacciones. La situación del frente de la llama está condicionada por un equilibrio entre la velocidad de circulación de los gases y la velocidad de propagación de la llama.

Se denomina propagación de la llama al desplazamiento del frente de llama a través de la masa gaseosa; la velocidad de propagación depende de la transmisión de calor entre los gases ya quemados y los que están a punto de quemar; cuando estos últimos alcanzan la temperatura de ignición arden, propagando la combustión.

8.2. CONDICIONES LÍMITE PARA QUE SE PRODUZCA UNA LLAMA:

Para que se produzca la combustión es necesario que el combustible alcance la temperatura de ignición, anteriormente nombrada. Si el combustible utilizado es líquido se utiliza prácticamente la temperatura del punto de inflamación, que es normalmente entre 20 a 60 °C, el cual es inferior a la temperatura de ignición. La combustión se produce cuando se alcanza el punto de inflamación y el combustible árdela contacto con al superficie de la llama, pero la combustión cesa cuando se retira la llama, ya que el calor desprendido en la zona inicial no se transmite con suficiente rapidez a las zonas contiguas, y no se alcanza en ellas la temperatura de ignición.

La inflamabilidad depende de la velocidad de propagación de la llama, la que a su vez está relacionada con las condiciones de propagación del calor a través de la mezcla, que es mayor cuando aumenta la temperatura de llama. La mezcla

estequiométrica formada por el combustible y comburente es siempre inflamable, pues da una llama de temperatura bastante alta como para calentar las zonas contiguas hasta la ignición. Si dicha mezcla la diluimos por adición de un componente inerte, de aire o de combustible, la temperatura de la llama desciende y llega un momento en que ya no hay propagación, existiendo dos composiciones límite de la mezcla que encierran el “intervalo de inflamabilidad”. Estas “composiciones límite” dependen, por otro lado, de las condiciones externas, como la presión, geometría de la cámara de combustión, etc.

Además de estos límites de inflamabilidad existe un campo de temperatura de la llama, definido también por una temperatura máxima y otra mínima, que coinciden con los instantes finales y de encendido, respectivamente, a las que pueden encontrarse los gases que intervienen en la combustión como productos quemados. A su vez también existen unos límites de presión que definen el intervalo de presiones dentro del que puede existir una llama.

Por último, también puede considerarse un límite, denominado “efecto pared”, por el cual y debido a los intercambios térmicos entre la llama y las paredes del recinto, incluida la propia boquilla de salida, hace que en sus proximidades no se observe llama.

8.3. TIPOS DE LLAMA:

Los principales parámetros que definen una llama producida por un combustible son:

- La modalidad de la mezcla del combustible con el comburente
- La velocidad de la mezcla aire- combustible
- La posición de la llama respecto a la boca del quemador

Atendiendo a estos tipos de llamas las podemos clasificar y definir a su vez en las siguientes líneas.

8.3.1. CLASIFICACIÓN DE LLAMAS ATENDIENDO A LA MEZCLA:

Este tipo de llamas se pueden clasificar en llamas de difusión y llamas de premezcla. Una llama se considera de difusión cuando en el instante de la combustión se realiza la mezcla del combustible y del comburente, a este tipo de llamas también se les denomina llama sin mezcla previa. Las llamas de difusión se caracterizan porque se producen a presiones muy bajas aunque el combustible y el oxidante o comburente lleguen en corrientes separadas; la forma de chorro de gas de combustible laminar sólo depende de la cantidad de aire suministrado; la velocidad de combustión viene determinada por la velocidad de mezcla. Una llama se define como premezclada cuando la mezcla de fluidos se realiza parcial o totalmente antes de alcanzar el hogar o la cámara de combustión, el combustible se aporta a el hogar mezclado con mayor o

menor cantidad de aire, este aire se designa aire primario, a su vez este aire es el mínimo necesario para que se produzca la combustión, también puede ocurrir que dicho aire sea todo el necesario por lo cual se trata de una premezcla total, en caso contrario se trata de una premezcla parcial.

Combustible	Temperatura °C
H_2	400
CO	605
CH_4	537
C_2H_6	515
C_3H_8	450
C_6H_6	555

Temperatura de auto-inflamación de algunos gases combustibles.

8.3.2. CLASIFICACIÓN DE LAS LLAMAS ATENDIENDO A LA VELOCIDAD DE LA MEZCLA AIRE- COMBUSTIBLE:

En este caso las llamas pueden ser laminares o turbulentas. Se dice que una llama es laminar cuando las velocidades de la mezcla y del transporte son bajas. Por lo contrario la llama es turbulenta cuando la mezcla aire- combustible se produce a elevadas velocidades; en este caso la mezcla vaporizada sale del tubo con un pequeño silbido y llama, que es más corta, adopta un aspecto de torbellino. Los valores de la velocidad de propagación de la llama en régimen laminar para mezclas de combustible y aire son los siguientes, aunque dichos valores dependen de la proporción combustible-aire.

Combustible	Valor de la mezcla Esquiométrica (m/s)
H_2	2,37
CO (seco)	0,18
CH_4	0,42
C_3H_8	0,46
C_4H_{10}	0,43
Gas ciudad	0,75
Gas de agua	0,95

8.3.3. CLASIFICACIÓN DE LAS LLAMAS SEGÚN SU POSICIÓN RESPECTO DE LA BOCA DEL QUEMADOR:

Desde este punto de vista, existen llamas en movimiento, que también son las llamadas explosivas libres, y llamas estacionarias, las cuales se denominan así ya que el combustible se quema poco a poco a medida que pasa a través de una determinada zona del sistema, y da lugar a una llama aparentemente fija. Estas últimas son las más interesantes desde el punto de vista industrial.

8.4. TEMPERATURA DE LA LLAMA:

La temperatura de la llama depende de muchos factores, como la composición y poder calorífico del combustible, composición y porcentaje del comburente, la velocidad global de combustión, está última a su vez depende de la función de la reactividad del combustible, de la forma y eficacia del sistema de combustión y la temperatura inicial de los reactivos; etc.

La temperatura real de la llama es igual a la temperatura de régimen del hogar; existiendo intercambio de calor en el hogar se observaría que en la parte inicial del hogar está a mayor temperatura, por lo que el hogar recibirá calor por radiación desde las paredes de la cámara de combustión; así que la temperatura de la llama crecerá más rápidamente. Sin embargo, cuando dicha temperatura coincide con la temperatura a la cual se genera igual calor que debe radiar a las paredes y el calor en la combustión la temperatura de la llama comienza a disminuir. Este cambio de temperatura de la llama es una curva que representa la temperatura real de la llama.

Para realizar el cálculo de la temperatura de la llama se debe tener en cuenta, además del calor de reacción, los calores sensibles de los reactivos, el combustible y el comburente.

Hasta la temperatura de 1500 °C no es necesario tener en cuenta los fenómenos de las disociaciones de los gases quemados; pero a partir de los 2000 °C, este fenómeno adquiere una gran importancia debido a las características endotérmicas de las reacciones de disociación, con lo cual la temperatura calculada disminuye considerablemente.

Se denomina temperatura adiabática de combustión, temperatura teórica de combustión o temperatura de combustión calorimétrica, a la que se obtendría en una combustión estequiométrica, con la mezcla perfectamente homogénea y en un tiempo brevísimo para que no haya pérdidas caloríficas con el ambiente.

El cálculo de la temperatura adiabática de la llama es de gran interés en la determinación teórica de la temperatura de salida de los productos de la combustión al abandonar el hogar.

PARTE II

MEDICION, CONTROL Y SEGURIDAD EN CALDERAS DE VAPOR

9. INTRODUCCION

La realización de medidas y controles en cualquier tipo de calderas será algo fundamental e imprescindible en cualquier tipo de calderas. Todos los elementos que nos aseguren un correcto funcionamiento y nos permita mejorar el rendimiento y durabilidad de nuestra caldera serán pocos si tenemos en cuenta que además de eso mejoramos la seguridad nuestra y la de todos los trabajadores que estén en un radio cercano a la caldera.

9.1. INSTRUMENTACION

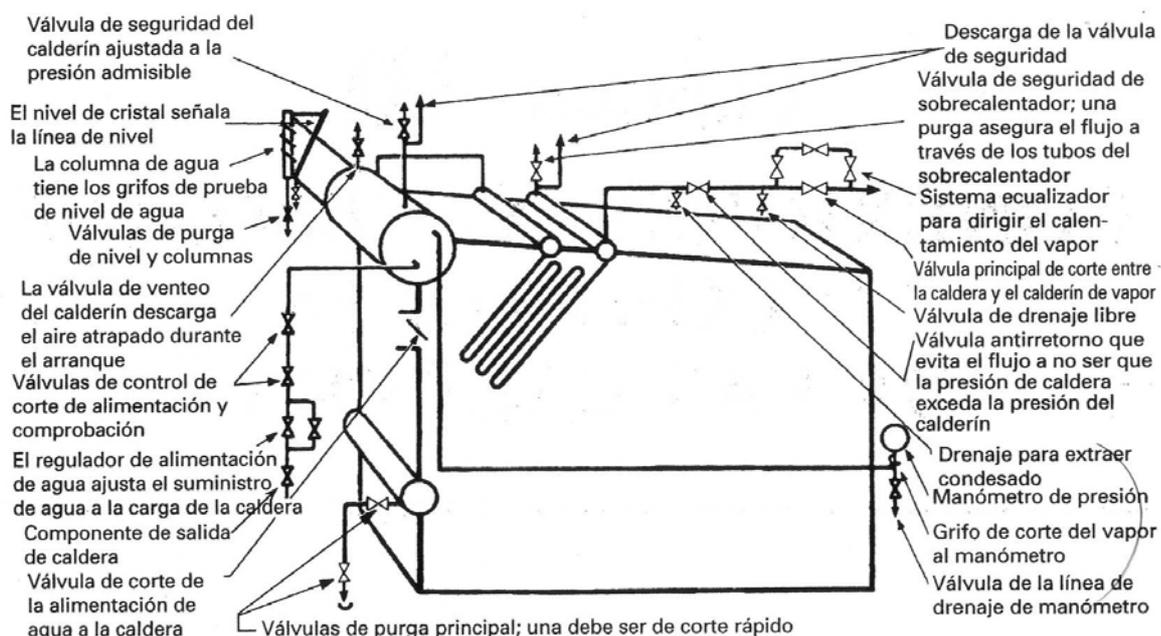
Como en todos los campos técnicos, las calderas también están regidas por un código, el código ASME, para ver mejorada una instalación, recomienda el uso de unos instrumentos que permitan a un operario especializado leer y entender lo que esta ocurriendo en nuestra caldera

Entre estos instrumentos recomienda:

- Manómetro de presión de vapor
- Manómetro de presión de la alimentación del agua

- Manómetro del tiro de hogar
- Manómetro de presión de salida del aire del ventilador de tiro forzado
- Caudalímetro de vapor
- Registrador de CO₂
- Termómetro de entrada y salida de calentadores de aire
- Termómetro de entrada y salida del vapor de los recalentadores
- Termómetro de H₂O de alimentación
- Manómetros de presión sobre los pulverizadores.

Además de esto, si se trata de una caldera grande se debería de incluir un aparato capaz de realizar el análisis de los gases para así obtener el rendimiento de la combustión.



9.2. DESARROLLO DE LA INSTRUMENTACION

El crecimiento de la instrumentación y control ha sido altamente acelerado por la evolución de la tecnología de semiconductores o “chips”. Este tremendo desarrollo en la utilización de sensores e instrumentación en las salas de calderas ha permitido mejorar el control y funcionamiento automático de las mismas.

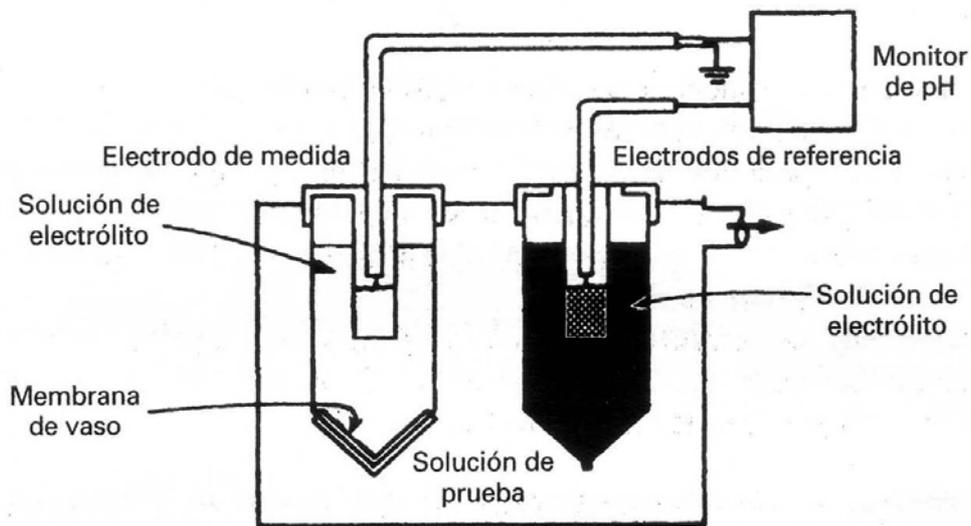
Por ejemplo, si tenemos un analizador de gases de chimenea, con esas lecturas podremos efectuar continuamente lecturas para realizar ajustes de aire/combustible al instante, mientras que sin este desarrollo, no se realizaban ajustes más que uno o dos por turno de trabajo, algo que nos impedía aumentar el rendimiento de nuestra caldera.

Por lo tanto, la implantación de microprocesadores (chips) ofrece como ventajas:

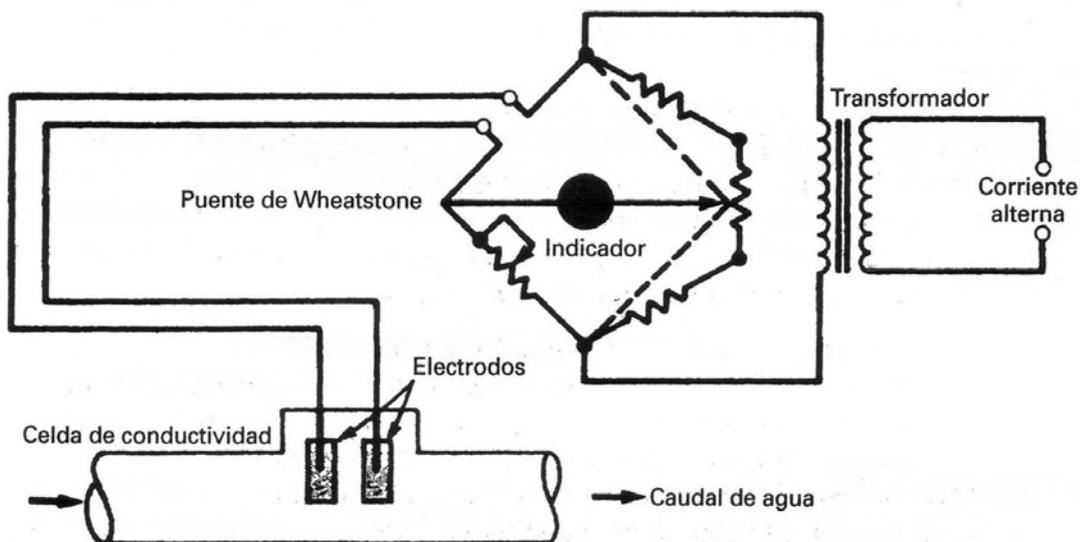
- Ponerse en marcha-parada mas rápidamente
- Detectar el mal funcionamiento
- Realizar un ajuste mas cerrado de los limites de trabajo y por lo tanto aumentar el rendimiento
- Mejorar las relaciones aire/combustible

Entre los distintos parámetros que se pueden medir esta el pH, conductividad, O_2 disuelto en H_2O , sílice, Na^+ ... con el fin de controlar la calidad del H_2O de la caldera.

El pH, mide la concentración de iones hidrógeno (H^+), relacionada con la acidez (pH comprendido entre 0-7) y la alcalinidad (pH entre 7-14). Para ello utilizaremos un monitor de pH.



La conductividad se utiliza para detectar el contenido de sólidos o sales en una disolución o H_2O de caldera, y el siguiente instrumento se basa en determinar la corriente eléctrica a través de los puntos y relacionarlas con el contenido de sólidos o sales.



10. ELEMENTOS DE MEDICION

Como se ha venido comentando hasta ahora, hay una clara necesidad de mantener unas medidas constantes para establecer un correcto control sobre nuestra caldera. Serán los termostatos y los presostatos los encargados de realizar las mediciones y los que en caso de llegar a un punto limite o critico para nuestra caldera la que haga que distintos elementos, como válvulas de seguridad, u otros elementos cesen o realicen su actividad para eliminar la situación critica en nuestra caldera.

10.1. NIVEL DE AGUA

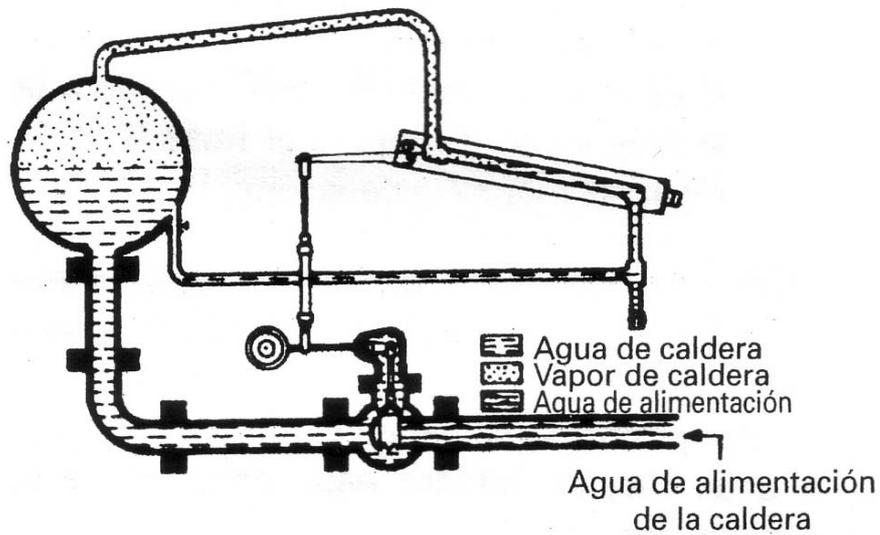
El nivel de agua de la caldera será indicado con columnas de agua, con niveles de cristal o con grifos manómetros. Es importante mantener un nivel óptimo de H₂O y sino en caso contrario se debe de disponer de dispositivos que corte el combustible y demás medidas de seguridad

- Regulación del nivel de H₂O y del H₂O de alimentación en la caldera. La regulación puede llevarse a cabo por un regulador de alimentación del agua.

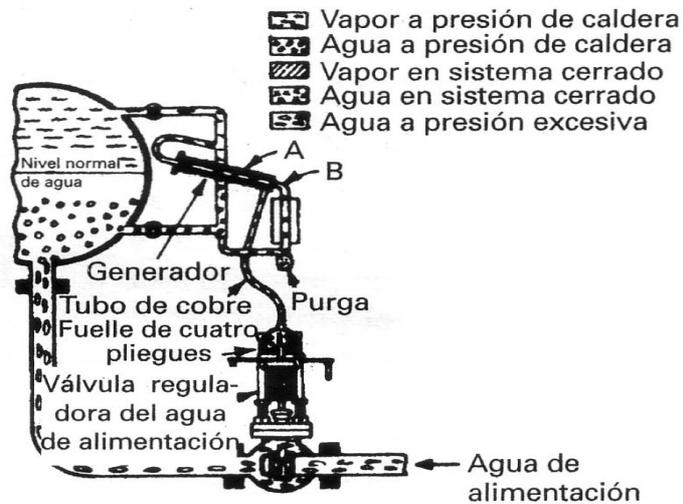
Los controladores más modernos pueden ser por válvulas que dependen de sensores o como en los casos de calderas más viejas estar equipadas con registradores de agua de alimentación que pueden ser de tres tipos:

- ✓ Regulador mecánico-termostático
- ✓ Fluido termostático
- ✓ Flotador o boya

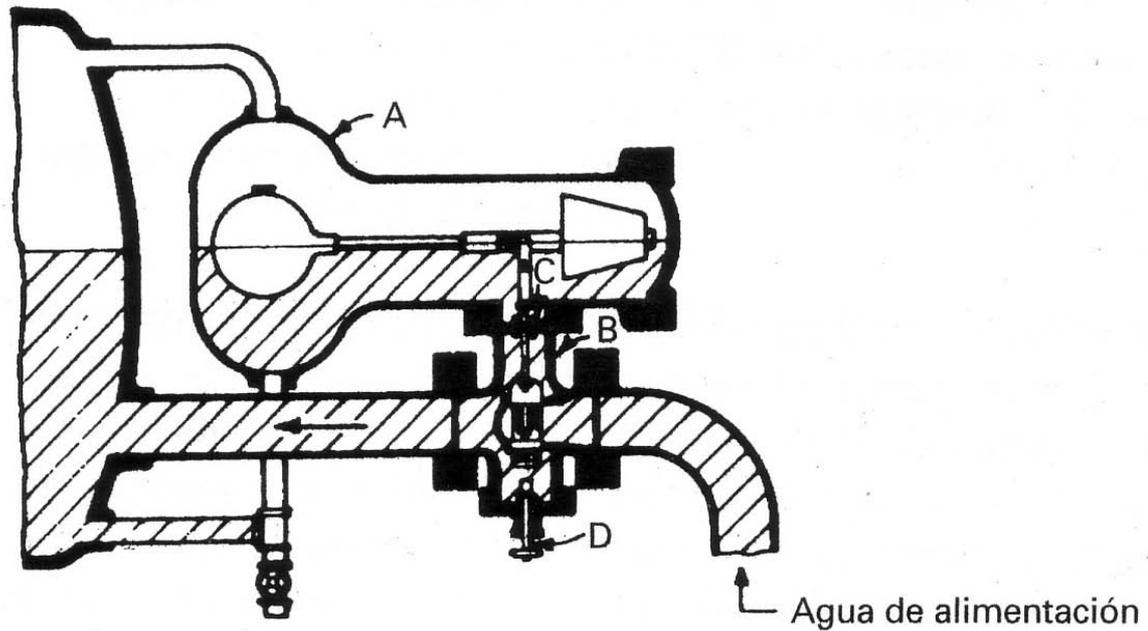
En la siguiente figura vemos que el dispositivo, conocido como “Copes” es de tipo mecánico-termostático. Se caracteriza por ser un dispositivo muy sensible a la variación del nivel de agua



Este otro dispositivo, el regulador Bailey es del tipo termostático hidráulico. Este está rodeado de una camisa que es capaz de disipar calor rápidamente

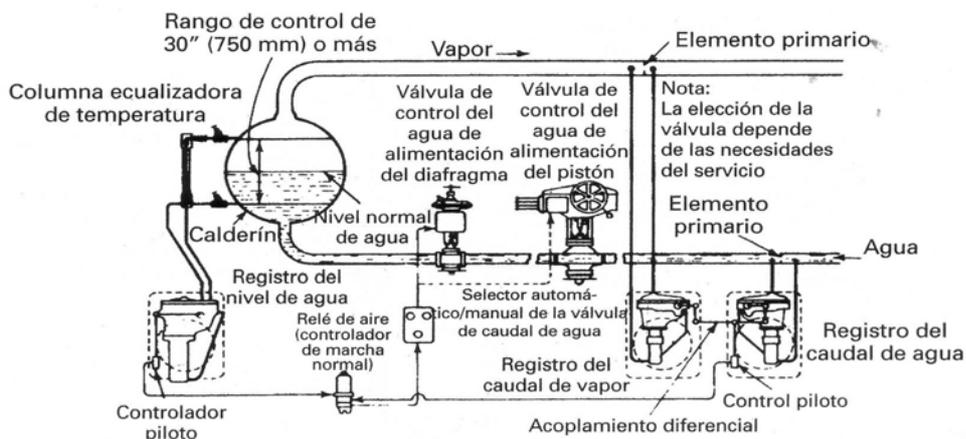


Y el regulador Stets, representa al tercer tipo, flotador o boya, en él el flotador sube y baja con el nivel de agua de la caldera a través de un sistema de bielas y palancas, que sube y controla la posición de la válvula de alimentación



10.2. REGULACION DE ALIMENTACION DE H₂O A TRES ELEMENTOS

En estos, el caudal de vapor, de H₂O de alimentación y el nivel de agua son medidos y registrados por medidores operados mecánicamente

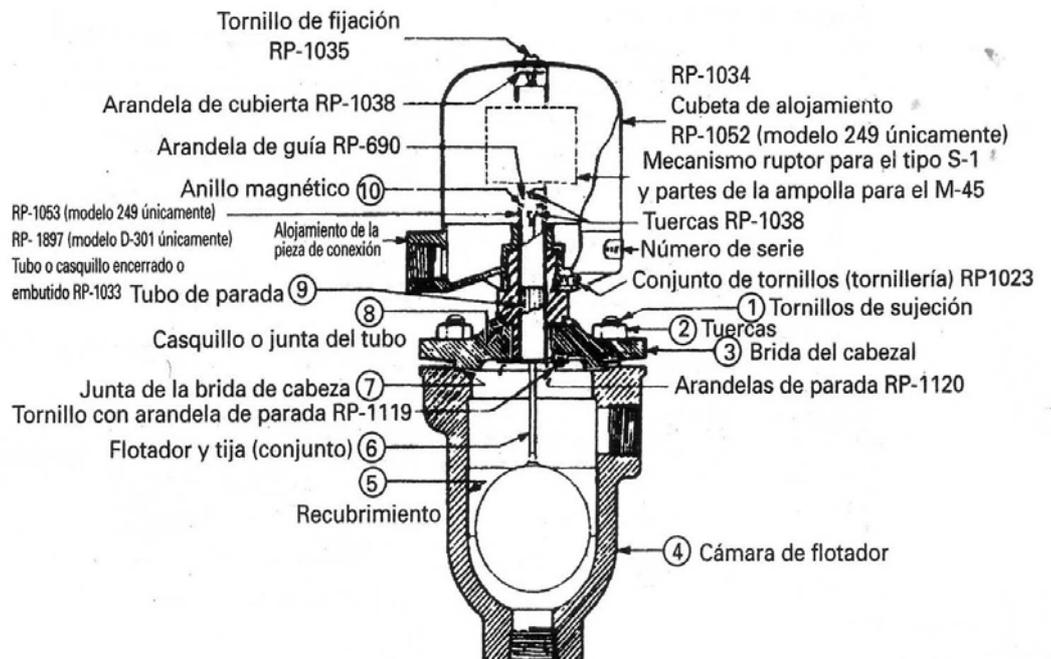


El regulador de tres elementos controla el caudal de vapor y agua de la caldera y también mantiene el nivel de agua.

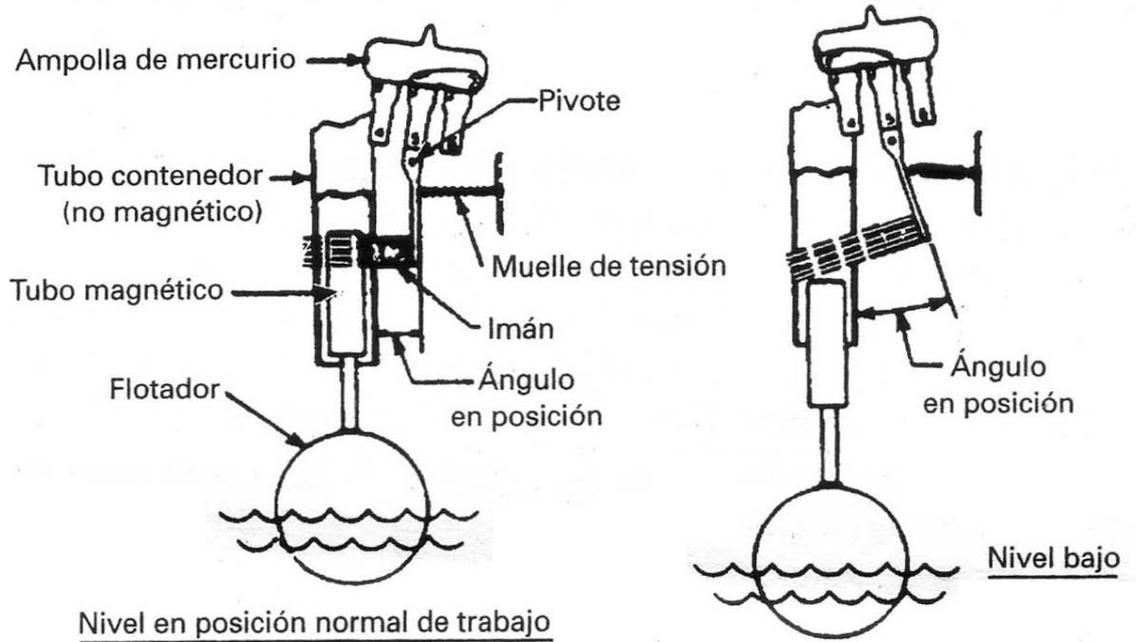
10.3. SISTEMAS DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE H₂O

Se trata de un sistema que corta inmediatamente la caldera si el H₂O desciende a un nivel peligrosamente bajo. Existen tres tipos de cortadores de combustible:

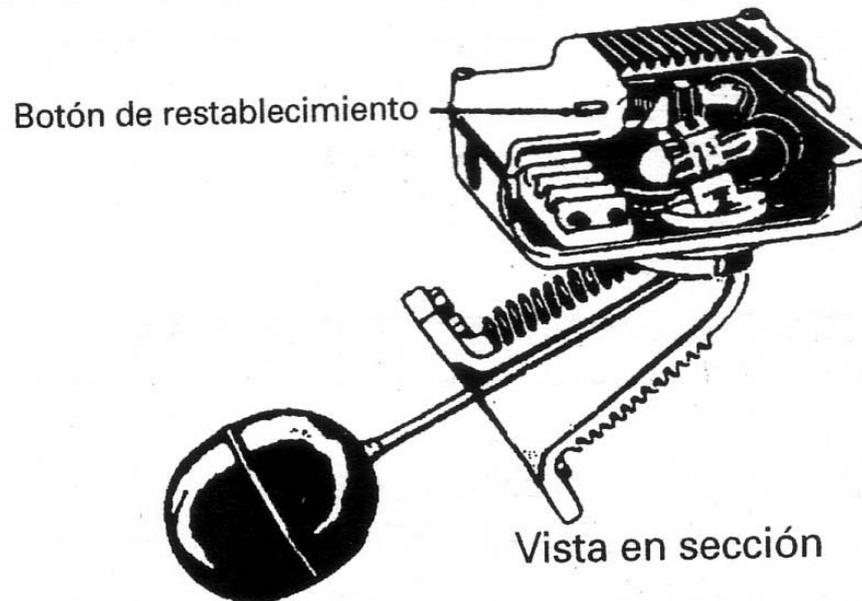
- Tipo flotador magnético: tiene una boya de hierro en un extremo, la cual se desliza por el interior de una cubierta no ferrosa y un imán permanente. En condiciones normales la boya esta fuera del campo magnético, manteniéndose cerrado el circuito del quemador, pero si este desciende la boya también desciende introduciéndose en el campo magnético abriéndose el circuito del quemador.



- Tipo de embielaje y flotador: tiene una boya la cual al estar en posición normal transmite a una ampolla de mercurio (Hg) que mantenga el circuito cerrado, en caso de que disminuya el nivel la ampolla abre el circuito



- Electrodo sumergido: utiliza el H₂O de la caldera para cerrar el circuito. Si el nivel de H₂O disminuye por debajo del electrodo se interrumpe el circuito del quemador.



El quemador opera automáticamente, por lo que el corte por nivel bajo es la última defensa contra posible daño en la caldera por sobrecalentamiento. Se recomienda pruebas periódicas y la purga del aparato para evitar suciedades y óxidos que pueden evitar el correcto funcionamiento de los sistemas de corte de combustible, con todos sus correspondientes consecuencias.

10.4. MEDICION DE TEMPERATURA

Como ya habremos podido llegar a la conclusión, la temperatura es un parámetro necesario controlar e nuestra caldera.

10.4.1. TEMPERATURAS Y ESCALAS

La medida de temperatura se puede realizar en distintas escalas, aunque es posible que nos encontremos con la escala de Celsius en la mayoría de maquinas nos interesara conocer las otras escalas de temperatura.

- Fahrenheit: esta escala tiene como punto de solidificación del H₂O a 32°F y como punto de ebullición a 212°F. Es usada mayormente en los países anglosajones.
- Celsius: establece que el H₂O congela a 0°C y se evapora a 100°C. Vulgarmente se la conoce como centígrada, aunque esta denominación no sea del todo correcta.
- Absoluta: deriva de los experimentos que revela que un gas perfecto se expandiona 1/273.15 del volumen original por °C, por lo tanto cesara toda actividad molecular cuando se alcanza el 0 absoluto o el 0 Kelvin.

Las relaciones entre una y otra escala será:

$$^{\circ}\text{C} = 5/9(^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32$$

En la absoluta:

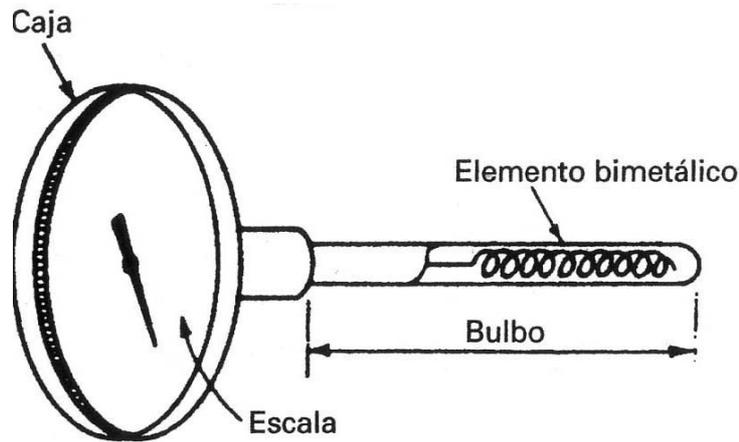
$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15 \quad (\text{escala Kelvin})$$

$$\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.7 \quad (\text{escala Rankine})$$

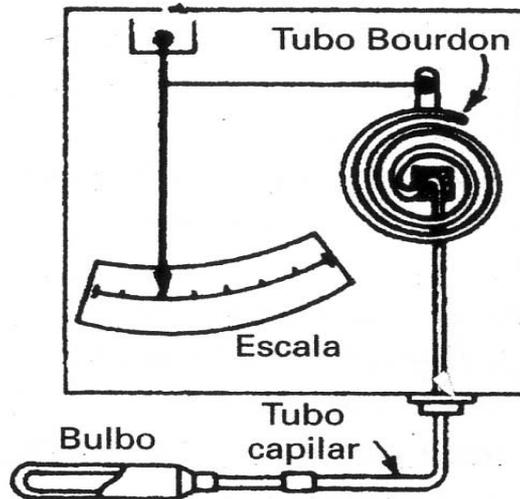
10.4.2. DISPOSITIVOS MECANICOS DE TEMPERATURA

Estos dispositivos son buenos para mostrar la temperatura, pero no permiten transmitir señales, por eso no se utilizan con sistemas de control electrónico o digital.

- Termómetros bimetalicos: Se basan en que si en 2 tiras de metal compuesta por metales distintos están soldadas, al dilatar, la flexión que sufre la podremos medir y establecer una escala de temperaturas. Estos termómetros son baratos y de precisión moderada. Trabajan en torno a los 250°C aunque podría trabajar hasta los 500°C.



- Termómetros rellenos de liquido: Se fabrican con un gas dilatante encerrado en el bulbo, que al aplicarle calor se expande obligando al tubo Bourdon que mueva la aguja que indica la escala



10.4.3. DISPOSITIVOS ELECTRONICOS DE TEMPERATURA

Estos a diferencia de los anteriores, nos permitirán transmitir señales.

- Detectores de temperatura o resistencia: también conocidos por RTD, operan bajo el principio de que la resistencia de un conductor eléctrico varía con la temperatura. Se utiliza normalmente el platino (Pt).
- Termopares: Estos son muy utilizados en calderas para controlar la temperatura de los fluidos circulantes. Se basan en que cuando se unen dos metales distintos, se genera una tensión eléctrica que varía con la temperatura.
- Termistores: Son similares a los RTD, son resistencias que varían su resistencia eléctrica con los cambios de temperatura.

10.5. MEDICIÓN DE PRESION

La presión es la fuerza unitaria sobre unidad de área por un fluido líquido o gaseoso, pero esta fuerza también actuara sobre las paredes del recipiente, por lo tanto será preciso y necesario el control exhaustivo de la presión, para no superar los valores admisibles de los elementos de la caldera.

A la hora de medir la presión deberemos tener en cuenta, si lo que medimos es presión manométrica o absoluta.

- Presión manométrica: es la presión que indica la presión interna de los recipientes sometidos a presión.
- presión absoluta: es la suma de la presión manométrica y la atmosférica

$$P_{abs}=P_{man}+P_{at}$$

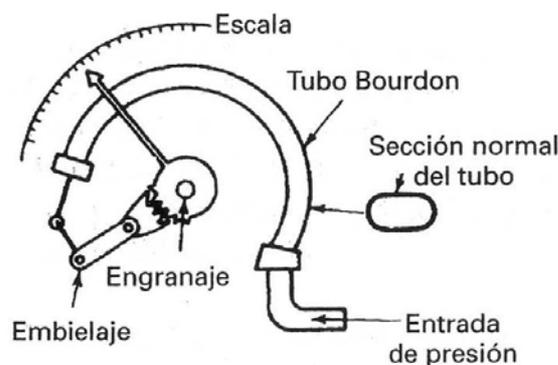
La presión nos las podemos leer en kg/cm^2 , en bares, atmósferas o mm Hg, siendo la equivalencia entre ellas la siguiente:

$$1.03\text{kg}/\text{cm}^2=1.024\text{bar}=1\text{at}=760\text{ mm Hg}$$

Si tratamos con presiones absolutas negativas, serán presiones de vacío.

10.5.1. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Los dos tipos principales de manómetros serán el tubo Bourdon y el diafragma. En la figura siguiente se muestra el tubo Bourdon.

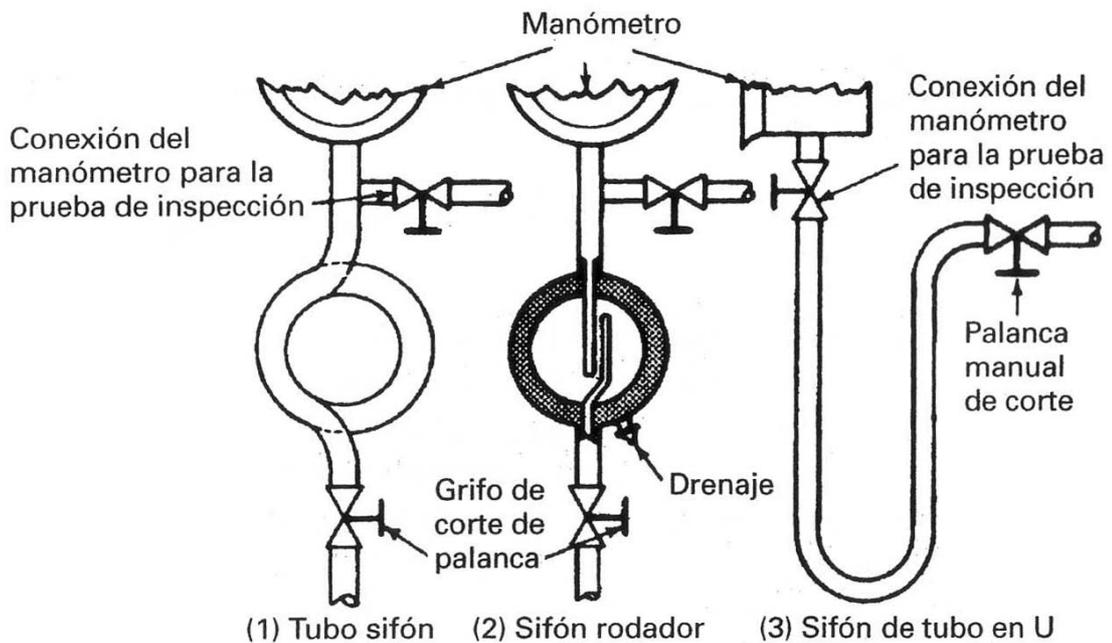


- REQUIRIMIENTOS SOBRE MANÓMETROS:

La caldera debe tener manómetros de tal tamaño que permitan una correcta comprensión de la medida e indiquen la presión de la caldera en todo momento.

Al lado de cualquier manómetro, debe colocarse una válvula o grifo que nos permita en caso de rotura del mismo su pronta reparación.

En el caso de calderas de vapor, los manómetros o su conexión deben tener un cierre hidráulico para evitar que el vapor entre en el tubo del manómetro. El cierre hidráulico consiste en un lazo en la tubería que condensan el vapor y protegen el resorte y otras piezas de altas temperaturas.

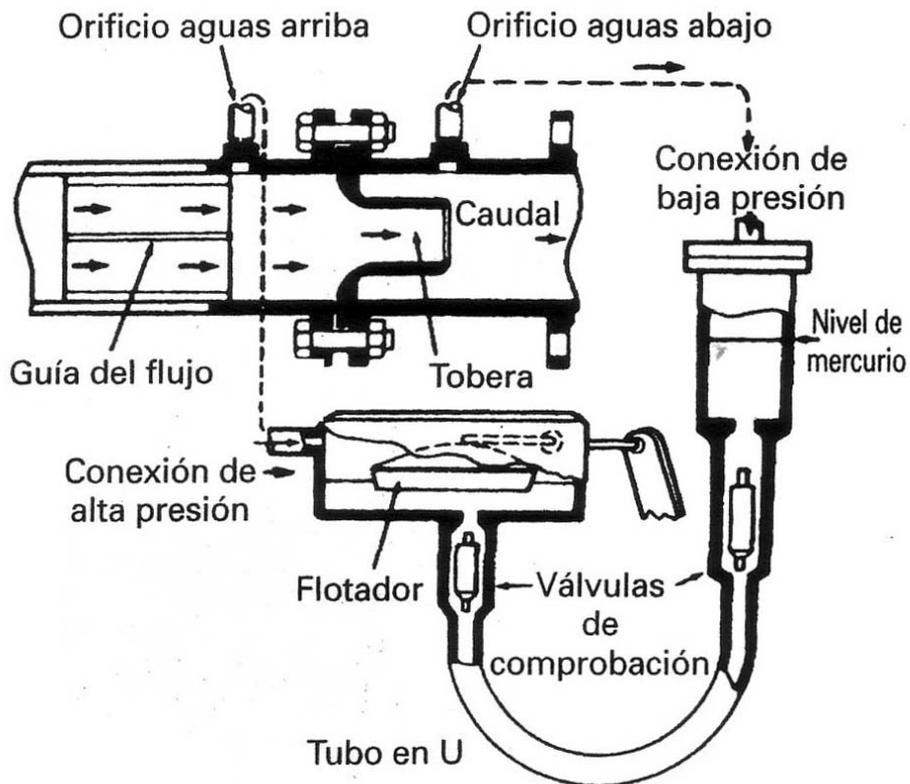


Además la aguja del manómetro debe situarse de forma vertical cuando este en condiciones normales.

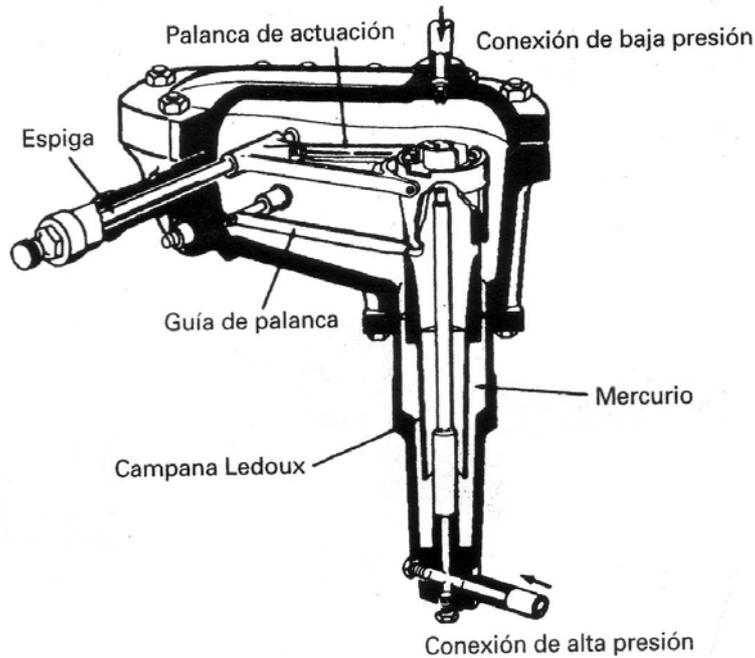
10.6. MEDICIÓN DEL CAUDAL

La medida del caudal se basa en la caída de presión a través de un orificio, aplicando el principio de Bernoulli podremos conocer la velocidad del fluido y con ello determinar el caudal.

Para hacer esta conversión de caída de presión en medida de caudal se puede hacer de varios modos, utilizando distintos elementos secundarios como son el manómetro de flotador de Hg,



O un mecanismo de campana *Ledoux*.



Entre los elementos auxiliares de la tubería de vapor, se puede incluir estaciones reductoras de presión con las que se pretende obtener menor presión o vapor saturado, y estaciones de desrecalentamiento.

11. VALVULAS DE SEGURIDAD

Las válvulas de seguridad se tratan de los dispositivos más importantes en una caldera, y pueden tratarse de la última defensa contra una explosión por sobrepresión.

11.1. DEFINICION DE VALVULAS

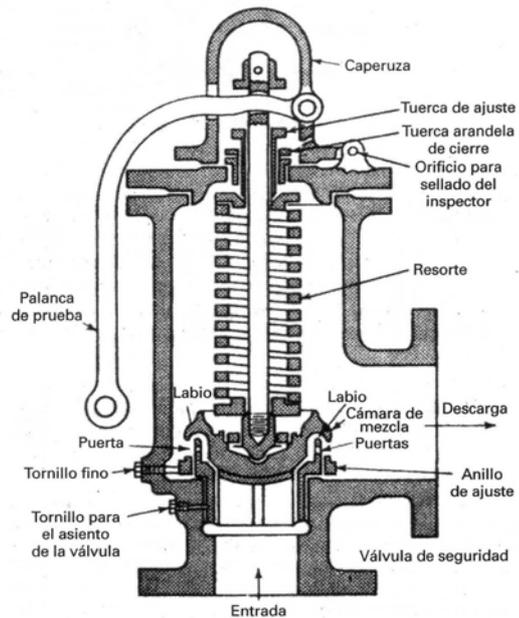
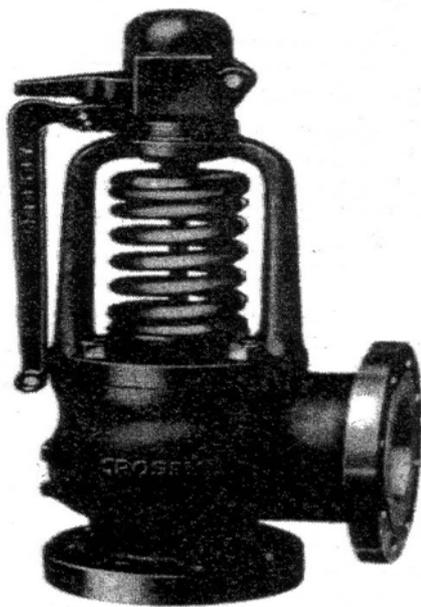
Atendiendo a la norma ANSI B95-1, tenemos las siguientes definiciones que nos ayuda a distinguir las distintas variedades.

- Dispositivos de alivio de presión: diseñado para aliviar la presión o abrir en caso necesario para evitar una subida interna de presión de una vasija.
- Válvula de alivio de presión: actuara por la presión interior y evitara sobrepresion en el servicio de liquido
- Válvula de seguridad: dispositivo de alivio de presión actuado por la presión ajustada, se puede utilizar para servicio de alivio de la presión de aire.
- Válvula de alivio de presión pilotadas por presión: dispositivos de alivio donde el dispositivo principal esta actuando y controlado por un disparador.

11.2. CONSTRUCCION DE LA VALVULA DE SEGURIDAD

Como es de suponer debido a la gran importancia funcional de las válvulas, que estas deben estar perfectamente construidas. Esto puede asegurarse a través de un código como es el código ASME, siendo el funcionamiento del dispositivo de la válvula por muelle directo cargado a resorte.

El ajuste de presión debe corresponder bien a la presión máxima admisible para la que se diseño la caldera, o en calderas viejas la máxima permitida por la ley del estado.



11.2.1. INFORMACION INSCRITA EN LA PLACA DE LA VALVULA

Las válvulas de seguridad que se rigen por el código ASME llevara la siguiente información inscrita en el cuerpo de la válvula o placa nominativa



- Nombre del fabricante o marca
- Tipo del fabricante o nº de diseño
- Tamaño
- Diámetro de asiento
- presión a la que esta preparada para disparar
- Vanteo
- Capacidad de descarga
- Capacidad de palanca

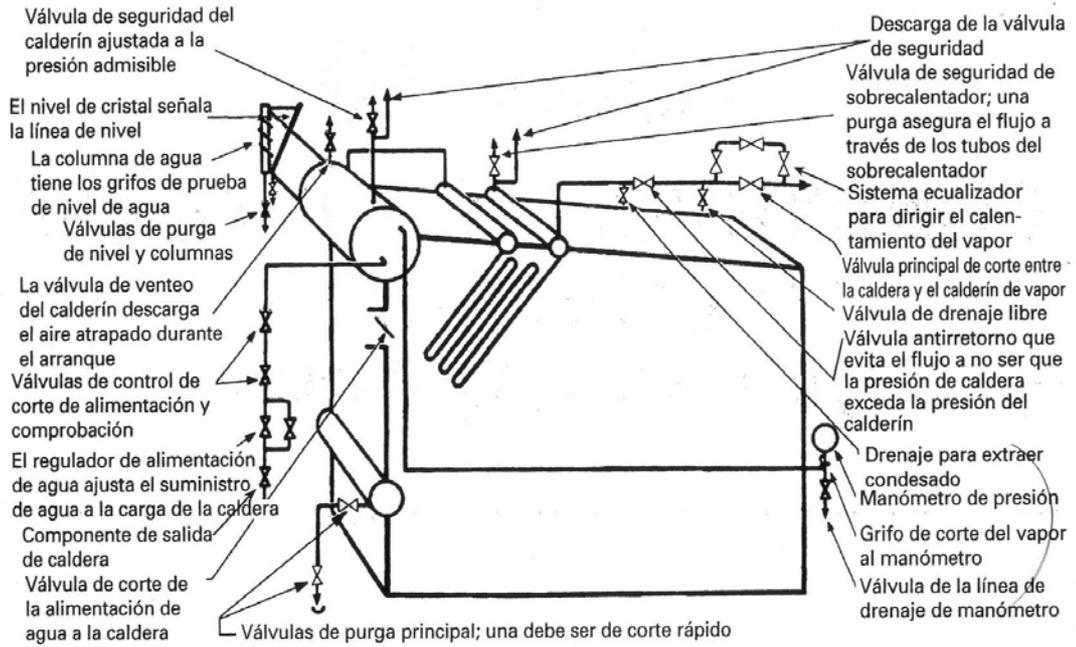
Si la válvula lleva el sello ASME, será la garantía del fabricante de que las reglas han sido cumplidas en la construcción del producto.

Entre los factores a tener en cuenta a la hora de construir una válvula es que el disco y los asientos sean de materiales anticorrosivos, que ningún fallo de ninguna pieza puedan interferir en la capacidad de disparo de la válvula, puesto que podrían poner seriamente en peligro nuestra instalación.

11.3. TIPOS DE VALVULAS

Como podemos ver en la figura, las válvulas en las calderas comprenden distintos tipos, como son:

- Válvulas de vapor a colectores principales
- Válvulas de alimentación de agua de la caldera
- Válvulas de drenaje en las columnas de H₂O
- Válvulas de purga
- Válvulas de comprobación
- Válvulas antiretorno
- Válvulas de compuerta
- Válvulas de ángulo
- Válvulas reguladoras de presión



- Válvulas de purga

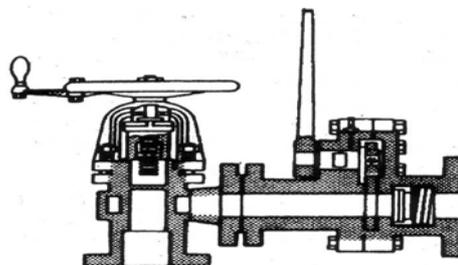
Son necesarias unas conexiones a orificios de purga en la parte inferior de las calderas para:

- ✓ Eliminar y evacuar lodos y otros restos
- ✓ Permitir una bajada del nivel de H₂O si se ha elevado con exceso
- ✓ Como medida de renovación del agua de las calderas para mantener una baja concentración de sólidos

Puede que estas funciones deban realizarse de emergencia por lo que estas deben de estar diseñadas para una presión 25% mayor de la admisible en la caldera, y en caso de que la presión exceda de 7kg/cm² se deberá usar dos válvulas.

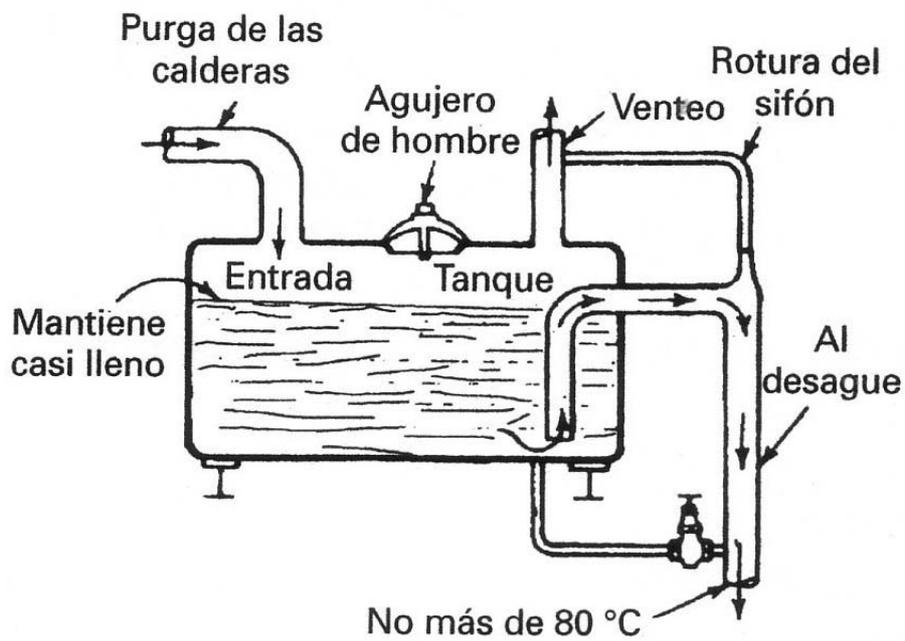
Será también necesario un tanque o depósito de purga en el caso de no poder realizarse una descarga con plena seguridad.

Las siguientes tablas muestran los diámetros mínimos de las tuberías recomendadas para la purga así como el tamaño del depósito de purga.



Mínimo diámetro del tubo

Diámetro de purga de caldera, mm	Diámetro de salida, mm	Diámetro de venteo, mm
Mínimo 19	19	50,4
25,4	25,4	65
32	32	75
37	37	100
50,4	50,4	125
65	65	150

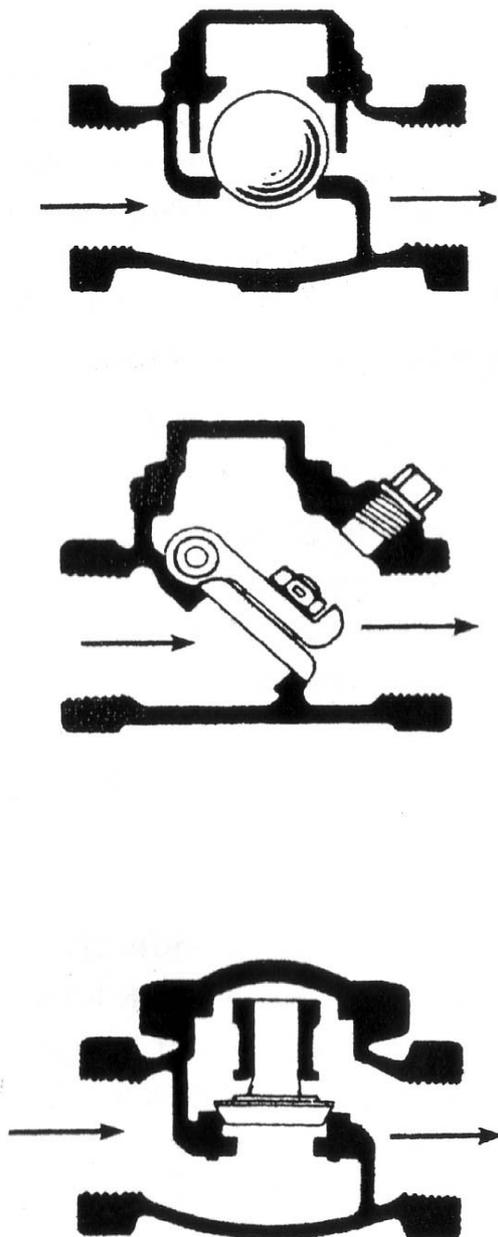


Mínimo tamaño del depósito

Producción de la caldera, kg/hr	Diámetro, mm	×	Altura, mm
69-690	457,2		610
724,5-1.725	610		762
1.760-3.450	762		914,4
3.485-6.900	914,4		914,4
6.935-13.800	914,4		1.067
13.835-27.600	1.067		1.219,2
27.635-34.500	1.219,2		1.524

- Válvulas de comprobación

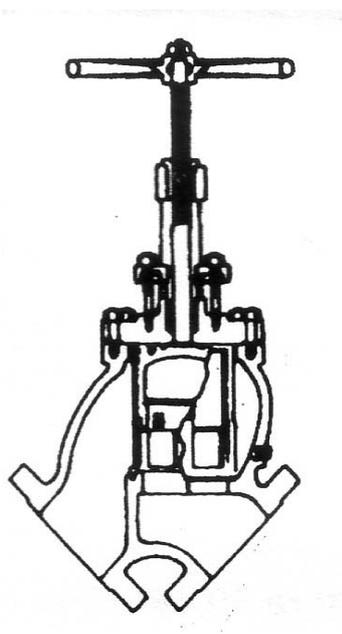
Este tipo de válvulas se utiliza donde el flujo unidireccional es fundamental, como cuando se introduce el agua de alimentación en las calderas. Pueden ser de 2 tipos oscilantes o de empuje. Estas válvulas se caracterizan como podemos ver en la figura que son válvulas antirretorno. Hay que tener especial cuidado cuando se instale una válvula de este tipo, y observar que el caudal entra y fluye correctamente, lo cual nos podremos asegurar observando si coincide la marca que hay en el cuerpo de la válvula con la dirección del caudal



- Válvula antiretorno

Se utilizan a veces como válvula de corte. Su función es tan importante como las válvulas de seguridad de disparo en las calderas puesto que evitan el retroceso desde el colector, lo que provocaría un fallo de caldera.

Están disponibles en modelos de paso recto, en ángulo y de globo, las cuales se utilizan unas u otras según la presión de trabajo



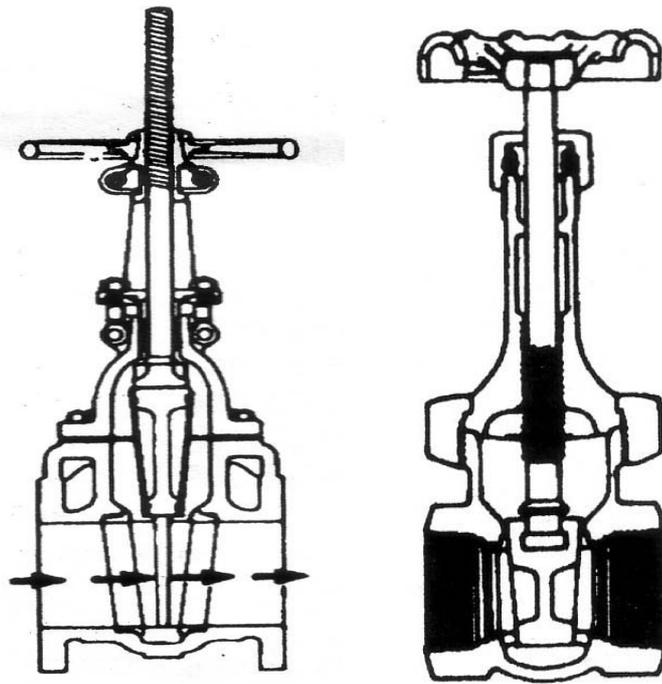
- Válvula de compuerta

Pueden ser de dos tipos, las de tuerca y compuerta interna de tipo de tornillo y espiga sobresaliente.

Este tipo de válvulas son las mejores para servicios que requieren o que estén completamente abiertas o cerradas, no son muy buenos cuando se quiere una regulación.

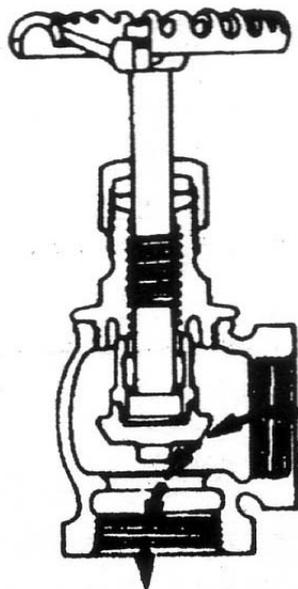
Estas válvulas de compuerta trabajan sobre el principio de cuña, por lo que no ofrece remanso y evita así que se detenga sedimentos. Estas válvulas son buenas para usarse para drenajes de columnas de agua.

Este tipo de válvulas pueden sufrir fácilmente desgaste, pero tienen la ventaja que son fácilmente desmontables por lo que se podrían sustituir fácilmente las piezas desgastadas.



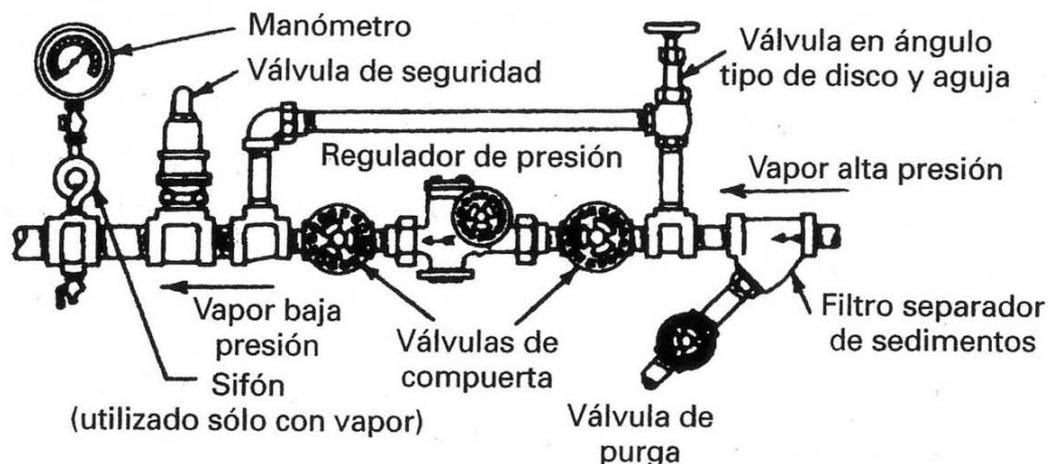
- Válvula en ángulo

Se usan en la tubería de alimentación a una caldera cuando se tiene que reanalizar un giro de 90°.



- Válvula reguladora de presión

Se usan para suministrar vapor a presión constante menor que la de alimentación. Tiene distintas aplicaciones como suministro a agua de alimentación a baja presión, instalaciones auxiliares o recalentadas de fuel-oil



11.4. INSTALACION

A la hora de realizar las instalaciones hay que tomar todas las medidas de seguridad para no poner en peligro a ningún operario ni los medios materiales que rodean la instalación, observar para el caso de las válvulas unidireccionales que las colocamos en el sentido del caudal y que no nos quede ningún tubo ciego.

- Conexiones

Las válvulas de seguridad deben conectarse directamente a la caldera sin válvulas intermedias, puesto que si tenemos una válvula intermedia cerrada esta evitaría la función de la válvula de seguridad y supondría un peligro inminente.

Es importante que la tobera de apertura a la tubería de descarga de la válvula de seguridad sea al menos, tan grande como la conexión de la válvula de seguridad

- Descarga de la válvula de seguridad:

Es muy importante el uso de tuberías de descarga si la descarga esta situada donde los trabajadores pueden sufrir un escaldamiento por el vapor. Este elemento es importantísimo para la seguridad de los trabajadores de la planta, puesto que si un

operario abre una válvula de corte mientras la válvula esta descargando sin tener tubería de descarga, esta apuntaría directamente a el, produciendo graves daños personales. Para evitar este tipo de accidentes, instalaremos un tubo de descarga dentro de unas distancias prudenciales al techo y en caso de no ser así, será hará una extracción de la tubería al exterior, siendo el diámetro de la misma igual o superior al diámetro de la válvula de seguridad. Si la longitud del tubo es mayor de 3 metros es preferible utilizar diámetros superiores del tubo para permitir una mejor evacuación y reducir posibles vibraciones en la válvula de seguridad.

11.5. CAPACIDAD DE DESCARGA DE VALVULAS DE SEGURIDAD

El número y la capacidad de los distintos tipos de válvulas de seguridad en la caldera están regidos por el código de calderas. Para ello seguiremos las siguientes reglas:

- Reglas básicas:
 - La capacidad o caudal de una válvula de seguridad de caldera debe ser tal que la válvula descargue todo el vapor que pueda generarse por la caldera
 - Para calderas piro-tubulares de hogar interior, la capacidad requerida de descarga se determina dividiendo la capacidad máxima en BTV de combustible quemado en la caldera entre mil
- Tolerancia de descarga:
 - La tolerancia del punto de descarga que una válvula debe cumplir es la siguiente.
 - 0.14 kg/cm² para presiones menores de 4.9 kg/cm².
 - 3% para presiones comprendidas entre 5-21 kg/cm².
 - 0.7 kg/cm² para presiones de 21-70 kg/cm².
 - 1% para presiones mayores de 70 kg/cm².

Una o más válvulas deben tararse por debajo de la máxima presión admisible. Cada caldera requiere, al menos, una válvula de seguridad, pero si la superficie de calefacción excede de 45 m², la caldera debe tener 2 o mas válvulas de seguridad.

11.6. VALVULAS DE SEGURIDAD DE SOBRECALENTADORES

Las válvulas de seguridad que descarga vapor a más de 230 °C de los sobrecalentadores deberán estar conectadas con la entrada embreada o soldada en todos sus tamaños.

Estas válvulas deben construirse con acero para poder así resistir el calor a las máximas temperaturas del vapor, y el resorte de seguridad debe estar resguardado para evitar el contacto con el vapor a temperaturas elevadas.

Las válvulas de seguridad del sobrecalentador deberán estar siempre ajustadas a una presión inferior que la de las válvulas del calderón, para así evitar posibles sobrecalentamientos y la rotura del tubo.

11.7. MANTENIMIENTO DE VALVULAS DE SEGURIDAD

Al igual que en el resto de elementos de la caldera, se deberán realizar un mantenimiento en las válvulas de seguridad, que conllevaran distintas pruebas, reparaciones que deberían realizarse periódicamente, para así minimizar cualquier riesgo.

- Pruebas de válvulas de seguridad

Algunos factores como la corrosión, las deposiciones de sustancias en la válvula y su asiento se produce por no haberse levantado durante un largo periodo de tiempo, para evitar estos factores desfavorables que no hacen mas que crear una situación aun mas peligrosa en una situación critica, deberíamos periódicamente usando la palanca manual o mejor aun elevando la presión del vapor hacer que se dispare la válvula. Esta prueba debe realizarse solo por personal experto que vigile que la presión no supere la admisible.

Otros problemas que nos podemos encontrar, es la presencia de oxido, obstrucciones en la tubería que pueden producir el cegado de la válvula de seguridad, lo cual hay que tener presente y evitar en la medida de lo posible con revisiones periódicas.

- Reparaciones de las válvulas de seguridad

La norma tiene un procedimiento para calificar a los reparadores de válvulas de seguridad y conceder el sello <<VR>> a las organizaciones cualificadas. Estas tienen que incluir la aceptación de la prueba por un laboratorio para demostrar que las válvulas cumplen los criterios operativos y funcionales.

Para ello, estas válvulas reparadas, deberán llevar una placa como la siguiente:

	Reparado por:	_____
		(Nombre de la firma reparadora de la válvula)
	(Presión de ajuste)	(Soplado) ²
		(Capacidad) ³
N.º _____		(Fecha de la reparación)
(National Board Valve Repair Certification n.º)		
		(Identificación: n.º de serie de reparación, tienda, n.º de orden, etc.)

- Problemas de válvulas de seguridad

Como hemos comentado, realizar pruebas frecuentes y periódicas en las válvulas de seguridad es algo más que necesario, es algo imprescindible para el correcto funcionamiento de la válvula y para mantener la seguridad en la instalación.

En calderas de presiones moderadas, la válvula debería elevarse al menos una vez por semana de trabajo y la presión debería elevarse hasta el punto de despegue al menos una vez por año de trabajo.

Si la válvula de seguridad sopla a menor presión que la normal según el manómetro, debería comprobarse este. Si descartamos el mal estado del manómetro deberíamos comprobar que la tubería esta limpia y libre de obstáculos, para ello la soplamos, y en caso de persistir el problema se procedería a ajustar la válvula por un técnico especializado.

No nos debemos olvidar de soplar la tubería de escape de la válvula puesto que podría llegar a cegarse, y saber que ante cualquier funcionamiento que no consideremos normal de las válvulas de seguridad mostrar toda nuestra atención puesto que si de algo depende la seguridad de la caldera y nuestra propia seguridad es de estas válvulas.

12. RECOMENDACIONES DE CARÁCTER GENERAL

Siempre que manejamos una caldera cualquier recomendación será poca, por lo que la manipulación será llevada acabo por operarios especializados y cualificados para esas tareas, no debiendo manipular ninguna válvula, ni ningún otro dispositivo sin conocer plenamente el uso que se le debe dar.

12.1. CONTROLES DE SEGURIDAD

Son aquellos que limitan la entrada de energía y cierran los equipos ante cualquier situación de inseguridad. Entre estos controles, tenemos:

- Limitadores de presión o temperatura
- Controles de corte de combustible por bajo nivel de H₂O
- Sistemas de salvaguardia por fallo de llama
- Control de encendido automático
- Control de corte de combustible
- Control interconectados de presión de aire y combustible
- Control regulador de H₂O de alimentación

Un dispositivo enormemente importante, son las válvulas de seguridad (o de sobrepresión), puesto que a no ser que se considere otro sistema de control, será la última medida de seguridad contra una explosión.

Los controles de seguridad nos previenen contra:

- Sobrepresión
- Sobrecalentamiento
- Explosiones

Estos accidentes se consideran mayores puesto que pueden causar grandes pérdidas materiales y lo que es más grave pérdidas de vidas.

Tanto los fabricantes como el estado trata de evitar estos problemas, por lo cual la prevención es muy importante, de forma que se realiza a través de la inspección legal, que se rige a través de la norma ANSI, que determina que:

- Para calderas de vapor de alta o baja presión, recomienda:
 - ✓ dos dispositivos de corte de combustible por bajo nivel de H₂O
 - ✓ un dispositivo de corte por presión de trabajo
 - ✓ un dispositivo de corte automático por límite superior de presión
 - ✓ control de seguridad por fallo de llama
 - ✓ tren de válvulas de combustible
 - ✓ ninguna válvula de corte entre caldera y dispositivo presostático
 - ✓ el cableado eléctrico bajo el código nacional de electricidad y estar a prueba de humedad
- para calderas de alta presión o H₂O sobrecalentado:
 - ✓ un dispositivo de corte de combustible por bajo nivel de H₂O
 - ✓ un dispositivo de corte termostático

- ✓ Controles de seguridad de llama
- ✓ Conjunto de válvulas de seguridad
- ✓ Cableado eléctrico bajo código nacional de electricidad y estar a prueba de humedad

- Pruebas periódicas

La realización de distintas pruebas en la caldera permite verificar el correcto funcionamiento por el personal. Estas pruebas vienen determinadas por la siguiente tabla;

<i>Elemento</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Elemento</i>	<i>Frecuencia</i>
Manómetros, termómetros y aparatos indicadores.	Diaria	Aire de atomización-interconexión de vapor.	Anuual
Ajustes de instrumentos y equipos.	Diaria	Seguridades y controles de presión de gas alta y baja.	Mensual
Control de tasa de combustión.	Semanal Semianual Anual	Seguridades e interconexión de presión de combustible alta y baja.	Mensual
Compuertas de gases, tiro, chimenea o compuerta exterior.	Mensual	Seguridades e interconexión de la temperatura del combustible alta y baja.	Mensual
Antorcha de encendido.	Semanal	Control de interconexión de la válvula de combustible.	Anuual
Válvulas piloto y principal de combustible.	Semanal	Control de purga.	Anuual
Piloto principal de combustible líquido o gaseoso.	Anuual	Control e interconexión de la posición del quemador.	Anuual
Controles de seguridad de la combustión.		Control e interconexión del quemador rotatorio.	Anuual
Fallo de llama.	Semanal	Control de arranque en fuego bajo.	Anuual
Fallo de tensión o señal de llama.	Semanal	Control automático de cambio de combustible (combustible dual).	Al menos anual
Pruebas encendido de la antorcha o llama piloto.	Cuando se precise/ anual	Válvulas de seguridad.	Cuando se requiera
Estado de los refractarios (toberas).	Cuando se precise/ anual	Inspección de las piezas esenciales del quemador.	Semianual
Alarma y corte por nivel de agua bajo.	Diario/ semanal		
Control de seguridad de nivel alto.	Anuual		
Control operativo.	Anuual		
Tiro, ventilador, presión de aire y dispositivos de gobierno de compuertas.	Mensual		

PARTE III

TRATAMIENTO DE AGUAS DE CALDERAS

13. INTRODUCCIÓN

El agua se encuentra en la naturaleza, y va acompañada de diversas sales y gases en disolución. Estos elementos son dañinos para el buen funcionamiento de una caldera, por lo que hay que tratar el agua antes de introducirlo en las calderas. Según los elementos que acompañan al agua, podemos considerar dos grandes grupos, que son:

- Elementos disueltos, compuestos por minerales finamente divididos, tales como arcillas, restos orgánicos o gases disueltos.
- Elementos en suspensión, que aparecen en mayor cantidad en aguas turbulentas que en aguas tranquilas.

Es importante destacar los residuos que las industrias vierten a los ríos procedentes de diferentes procesos de producción.

Todos estos elementos son perniciosos para las calderas, ya que provocan en ellas corrosiones, incrustaciones, natas y espumas, arrastres, corrosión por tensiones y fragilidad en las calderas o en la maquinaria conectada que use vapor, como los turbogeneradores.

Según la concentración de elementos disueltos y elementos en suspensión nos podemos encontrar con diferentes tipos de aguas:

Aguas Duras

Importante presencia de compuestos de calcio y magnesio, poco solubles, principales responsables de la formación de depósitos e incrustaciones.

Aguas Blandas

Su composición principal está dada por sales minerales de gran solubilidad.

Aguas Neutras

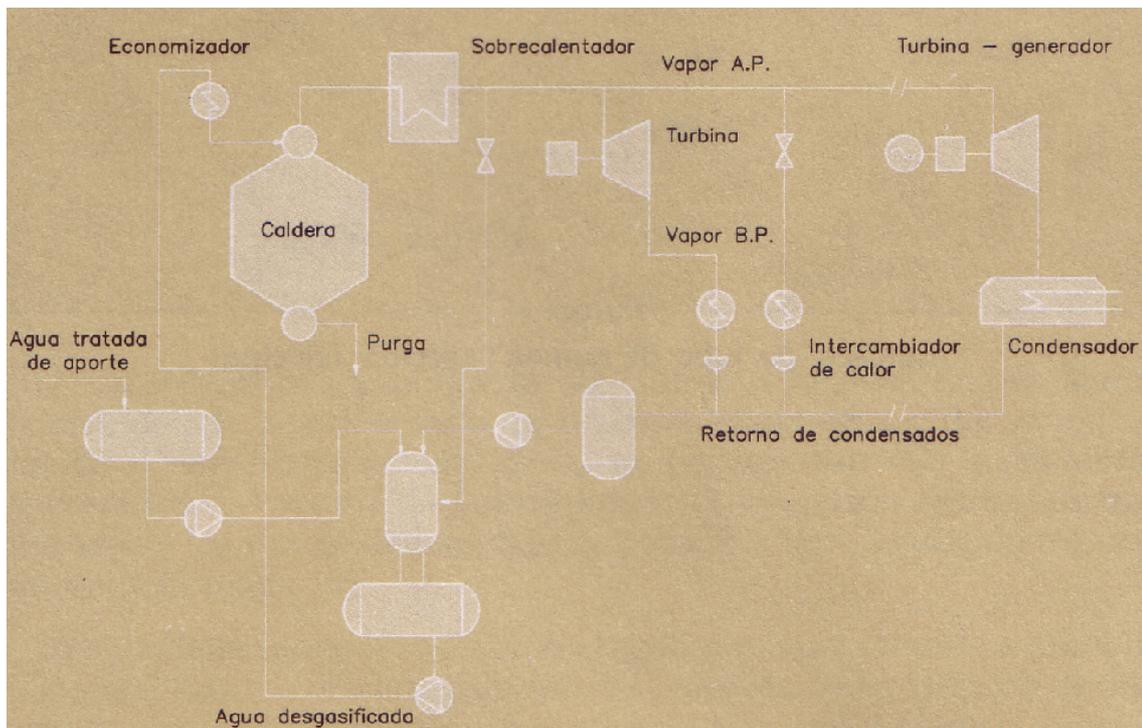
Componen su formación una alta concentración de sulfatos y cloruros que no aportan al agua tendencias ácidas o alcalinas, o sea que no alteran sensiblemente el valor de pH.

Aguas Alcalinas

Las forman las que tienen importantes cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio, las que proporcionan al agua reacción alcalina elevando en consecuencia el valor del pH presente.

Presión de caldera psi	kg/cm ²	Límite de alcalinidad del agua no desionizada, ppm	Límite de alcalinidad del agua desionizada, ppm
0-300	0-21	700	350
301-450	21-31,5	600	300
451-600	31,5-42	500	250
601-750	42-52,5	400	200
751-900	53-63	300	150
901-1.000	63-70	200	100
Más de 1.000	Más de 70	—	—

14. CICLO DEL AGUA EN UN CIRCUITO DE CALDERAS



15. GENERALIDADES

La DUREZA es una característica química del agua que esta determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio.

En calderas y sistemas enfriados por agua, se producen incrustaciones en las tuberías y una pérdida en la eficiencia de la transferencia de calor.

La dureza es caracterizada comúnmente por el contenido de calcio y magnesio, y expresada como carbonato de calcio equivalente.

15.1. Existen dos tipos de DUREZA:

15.1.1. DUREZA TEMPORAL:

El compuesto químico clave en la dureza temporal del agua es el bicarbonato cálcico ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)$). Dicha dureza puede eliminarse mediante dos métodos:

- “Hirviendo” el agua, con lo que el carbonato cálcico precipita en forma de lodo blanco y libera dióxido de carbono (CO_2).
- “Añadiendo cal” en cantidad adecuada, que, con el carbonato cálcico, precipita y produce agua como subproducto de la reacción química.

15.1.2. DUREZA PERMANENTE:

está determinada por todas las sales de calcio y magnesio excepto carbonatos y bicarbonatos. No puede ser eliminada por ebullición del agua y también se le conoce como "Dureza de No carbonatos".

La dureza permanente puede ablandarse por la adición correcta de carbonato sódico o pasando el agua por un ablandador de zeolita.

Interpretación de la Dureza:

<u>Dureza como CaCO_3</u>	<u>Interpretación</u>
0-75	agua suave
75-150	agua poco dura
150-300	agua dura
> 300	agua muy dura

En agua potable
En agua para calderas

El límite máximo permisible es de 300 mg/l de dureza.
El límite es de 0 mg/l de dureza

16. CLARIFICACIÓN

Es la eliminación de materia en suspensión y/o color del suministro de agua. La materia en suspensión puede consistir en partículas grandes que sedimentan con facilidad. En estos casos, el equipo de clarificación básicamente implica el uso de piletas de sedimentación y/o filtros. Sin embargo, y más a menudo, la materia en suspensión en el agua consta de partículas tan pequeñas que no sedimentan e incluso pasan a través de los filtros. La eliminación de estas sustancias tan pequeñas o coloidales requiere la utilización de coagulantes.

17. COAGULACIÓN

Cuando deseamos que una impureza disuelta precipite en forma sólida, tenemos tres métodos para ello:

1. Mediante un aumento de temperatura, reduciéndose la solubilidad del sólido en el agua.
2. Sobrepassando el punto de saturación de las impurezas disueltas en el agua. El agua puede mantener en disolución una cantidad limitada de impurezas disueltas; por ello, la concentración es importante.
3. Mediante cambios químicos de la impureza por el calor, produciendo rotura y formación de sustancias insolubles.

La coagulación es la agrupación de impurezas finamente divididas o sustancias coloidales en el agua, de forma que sedimentan rápidamente y/o pueden filtrarse fuera del agua. Las sustancias coloidales poseen una gran superficie, que es lo que las mantiene en suspensión; además, dichas partículas tienen cargas eléctricas negativas que las induce a repelerse entre ellas mismas, y así se evita su agrupación. Sin embargo, la coagulación implica neutralizar las cargas negativas y suministrar un núcleo para que las partículas en suspensión puedan adherirse a él. Existen varios tipos de coagulantes, que son sales de hierro y aluminio.

Tales como:

- sulfato ferroso
- cloruro de hierro
- sulfato de aluminio
- aluminato de sodio

Los iones de aluminio y hierro poseen tres cargas positivas; además su efectividad está estrechamente relacionada con la capacidad que muestren para reaccionar con las partículas coloidales cargadas de forma negativa. Con una adición correcta de estos coagulantes se forma un floculo en el agua que sirve para agrupar la materia en suspensión. En los últimos años, se han desarrollado unos materiales sintéticos, llamados polielectrólitos, para estos propósitos de coagulación. Estos materiales están formados por moléculas grandes, tipo cadena, con carga positiva. En algunos casos, los polímeros orgánicos y algunos tipos especiales de arcillas se usan en procesos de coagulación para hacer al floculo más pesado, produciéndose una sedimentación mucho más rápida.

18. INTERCAMBIO IÓNICO

Es el proceso en el cual los minerales se disuelven en agua, forman partículas cargadas eléctricamente llamadas iones. El carbonato cálcico, por ejemplo, forma un ion calcio con carga positiva (catión), y un ion carbonato con carga negativa (anión). Ciertos

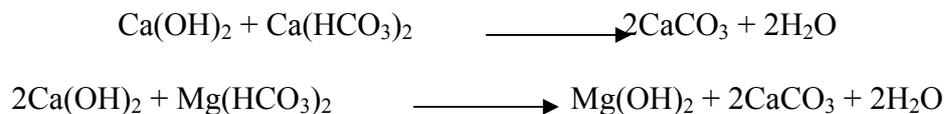
materiales naturales y sintéticos tienen la capacidad de eliminar iones minerales del agua en intercambio con otros. Los materiales de intercambio iónico normalmente se suministran en forma de pequeñas cuentas o cristales, que componen un lecho de varios pies de profundidad, a través del cual pasa el agua.

19. DESMINERALIZACIÓN

Es el paso del agua a través de los materiales de intercambio catiónico y aniónico. El proceso de intercambio catiónico se opera sobre la base del ciclo de hidrógeno. Esto es, el hidrógeno se sustituye por todos los cationes. El intercambiador aniónico opera sobre el ciclo hidróxido, que reemplaza el hidróxido por todos los aniones. El efluente final de este proceso consta básicamente de iones, hidrógeno e iones hidróxido o agua.

19.1. ABLANDAMIENTO

La cal hidratada (hidróxido de calcio) reacciona con el bicarbonato cálcico soluble y el bicarbonato de magnesio para formar precipitados insolubles. Esto se refleja en las siguientes ecuaciones:



20. DESENDURECIMIENTO

La sosa (carbonato sódico) se utiliza principalmente para reducir la dureza que no sea de bicarbonato (también llamada dureza permanente o de sulfatos). Reacciona de la siguiente manera:



20.1. TURBIDEZ

Es un término que se usa para describir los sedimentos existentes en el agua, que son partículas bastas, que sedimentan rápidamente o se decantan fuera del agua. Su concentración se expresa en partes por millón (ppm). Esta concentración se reduce a

niveles aceptables por filtración o por sedimentación natural, como en lagunas o estanques. El agua potable, por ejemplo, normalmente requiere una turbidez de 10 ppm.

20.1.1. PRUEBAS QUÍMICAS PARA DETERMINAR EL TRATAMIENTO DEL AGUA EN CALDERAS

Existe un número mínimo de pruebas químicas predeterminadas para calderas de alta presión. Dicho número depende de la relación del agua de aportación al condensado, que se usa para elaborar el agua de alimentación de la caldera, así como para determinar el tratamiento a seguir para la conservación de la caldera. Por citas algunas:

- Prueba de acidez o alcalinidad: Se usa para controlar la corrosión y la incrustación, y que se determina usando los valores obtenidos al calcular la cantidad de álcali a añadir a un agua bruta ácida, o la cantidad de cal y sosa que se necesita en un desendurecedor de cal y sosa.
- Prueba de dureza, calcio y magnesio: Una medida de calcio y magnesio es una medida de la dureza del agua bruta y blanda. La dureza provoca incrustaciones en una caldera, y los valores que se obtienen de calcio y magnesio pueden usarse para determinar la cantidad de sosa y cal que se necesita añadir a un agua de calderas para poder controlar las incrustaciones.
- Prueba del hidróxido: La cantidad de hidróxido en el agua de caldera se usa para controlar la corrosión, fragilidad, arrastres o indirectamente, el control de las incrustaciones. El hidróxido debe mantenerse a un nivel suficientemente bajo para que el arrastre no tenga lugar como formación de espumas y, además, para evitar que se formen puntos de concentración de tensiones que ataquen al acero. Las concentraciones de hidróxido se usan también para convertir la dureza que podría formar una incrustación en lodos que pueden purgarse fuera de la caldera.
- Prueba del fosfato: La concentración de fosfatos se controla para producir incrustaciones solubles que se puedan purgar fuera de la caldera. La concentración de fosfatos se mantiene de tal modo que no se permite que haya hidróxido libre que provoque fragilidad.
- Prueba del sulfito: La concentración del sulfito, si está ligeramente en exceso, se combinará con oxígeno que exista en disolución en el agua, y así se evitará una corrosión. El tratamiento de sulfito no es recomendable para calderas cuyas presiones en calderín sean superiores a 1600 psig (112 kg/cm²), porque las reacciones químicas pueden ser peligrosas a presiones más elevadas.
- Prueba del hierro: Esta prueba se usa para determinar si el retorno del agua condensada presenta un exceso de óxido de hierro o herrumbre procedente de las tuberías próximas o de la maquinaria. El término **erosión por partículas sólidas** se ha utilizado porque la mayoría del hierro está en forma de partículas, y no disuelto en el agua. Los filtros de membrana se usan para tener una aproximación de la concentración del agua.

- Prueba del cobre: Produce similar efecto a la prueba del hierro, pero la fuente de estudio son los intercambiadores de calor o los equipos de bombeo con piezas de cobre. Las reparaciones que sustituyen al cobre por otro material pueden reducir la fuente de este contaminante.
- Prueba de conductividad eléctrica: Esta prueba se usa para determinar la cantidad de sólidos que presenta el agua, y se usa para el control de la purga. Si se usa sobre el retorno de condensados, puede usarse para detectar fugas de agua bruta de los condensadores o de los intercambiadores de calor hacia el proceso de condensado, procediéndose de tal manera que se pueda actuar a tiempo para evitar daños mayores.

20.1.2. PRIMADO, ESPUMADO Y ARRASTRE

El primado, el espumado y el arrastre son factores que se pueden controlar por el ingeniero de operación. La primación es la elevación del agua de la caldera por el flujo de vapor. El agua puede ser transportada de varias formas, de tal manera que a medida que va entrando en la línea de vapor, su peso y velocidad pueden causar graves daños al equipo. A no ser que la primación sea inducida por un diseño defectuoso de la caldera (lo que es poco frecuente), está causada por un nivel demasiado alto de agua para la demanda de vapor. El nivel de agua en el calderín debería mantenerse varios centímetros por debajo de lo normal si el caudal de vapor varía mucho, porque una repentina demanda de vapor suele provocar el lance de agua directamente hacia la tobera. Se puede evitar el primado de las siguientes formas:

- No forzar o sobrealimentar una caldera que esté conectada a maquinaria que usa vapor, tal como motores o turbinas de vapor.
- Mantener un nivel constante de agua en la caldera, y evitar las fluctuaciones rápidas del nivel de agua.
- Seguir unos procedimientos de purga superficial y de fondo, con el objeto de eliminar los del tratamiento químico interno.
- Evitar la apertura repentina de válvulas reguladoras del vapor que usa la maquinaria (turbinas, motores).

El espumado es más un problema químico que mecánico. La elevada tensión superficial de agua de calderas impulsa a muchas burbujas de vapor a encajarse con la película del agua. Esta película crece, y sale fuera con el caudal de vapor. La causa de la elevada tensión superficial suele una gran concentración de sólidos en el agua de caldera. También puede ser originado por la materia orgánica. Las comprobaciones periódicas del agua de calderas, así como el control de purga, evitarán el espumado.

El efecto que provoca el espumado es una reducción de la calidad del vapor por incremento del contenido de humedad de vapor. El espumado contribuye al primado y al arrastre. El espumado puede corregirse mediante:

- El uso de la purga superficial, con el objeto de eliminar la espuma de la superficie.
- La corrección del contenido de sal; hay que recordar que el espumado puede ser provocado por un alto contenido de sal disuelta en el agua de calderas, así como por alcalinidad excesiva.

Los agentes antiespumantes pueden ser adecuados en los procesos de algunas plantas. A medida que los sólidos disueltos y la alcalinidad aumentan en el agua de alimentación de calderas, el espumado y los arrastres también aumentan. Los agentes antiespumantes funcionan volviéndose insolubles a medida que la temperatura del agua aumenta. En algún punto de este rango térmico, los agentes rompen la espuma, distorsionando su naturaleza y reduciendo su potencial de arrastre. Suelen usarse siliconas, poliglicoles y poliamidas, siempre que la presión de trabajo sea inferior a 800-900 psi (56-63 kg/ cm²), ya que por encima de estas presiones, el uso de los antiespumantes aumenta el contenido de sólidos en suspensión en el agua de calderas.

El vapor limpio juega un papel importante en la operación y marcha económica de una central. Cuando el sistema de una caldera se encuentra contaminado con agua, sólidos minerales u otras impurezas, se producen numerosos problemas y daños, con lo que aumentan los gastos. La materia extraña arrastrada junto con el vapor, que de otra manera saldría limpio del calderín, se denomina arrastre. Puede eliminarse o reducirse determinando sus causas y actuando a tiempo. El aumento del gasto de combustible, los costes de mantenimiento del equipo y la propia seguridad de la planta se ven afectadas por los arrastres.

Hay multitud de casos en los que persiste el arrastre, incluso después de tomar precauciones. Para reducir los sólidos arrastrados al mínimo, se instalan los limpiadores, lavadores de vapor o separadores de vapor. Veamos como trabaja cada uno de ellos:

- Los lavadores usan el agua relativamente pura de alimentación para lavar el vapor saliente.
- Los separadores eliminan el agua y sólidos arrastrados mediante choques del vapor contra baffles o los cambios bruscos de dirección de flujo, de tal manera que las partículas sean lanzadas fuera, por acción de la fuerza centrífuga. Los separadores son también un seguro contra golpes de agua inesperados, y que podrían dañar el equipo de la central.

El ataque ácido, u operación a bajo pH, origina la desaparición de la película de óxido de hierro magnético de las partes metálicas, y el metal mismo puede ser atacado. La pérdida de metales en formas de contornos suaves y laminados se denomina vaciado. Un tipo secundario de ataque puede ser el daño por hidrógeno, o fragilidad, ya que se libera hidrógeno durante el ataque ácido sobre el metal, una vez que se desprende la capa de óxido.

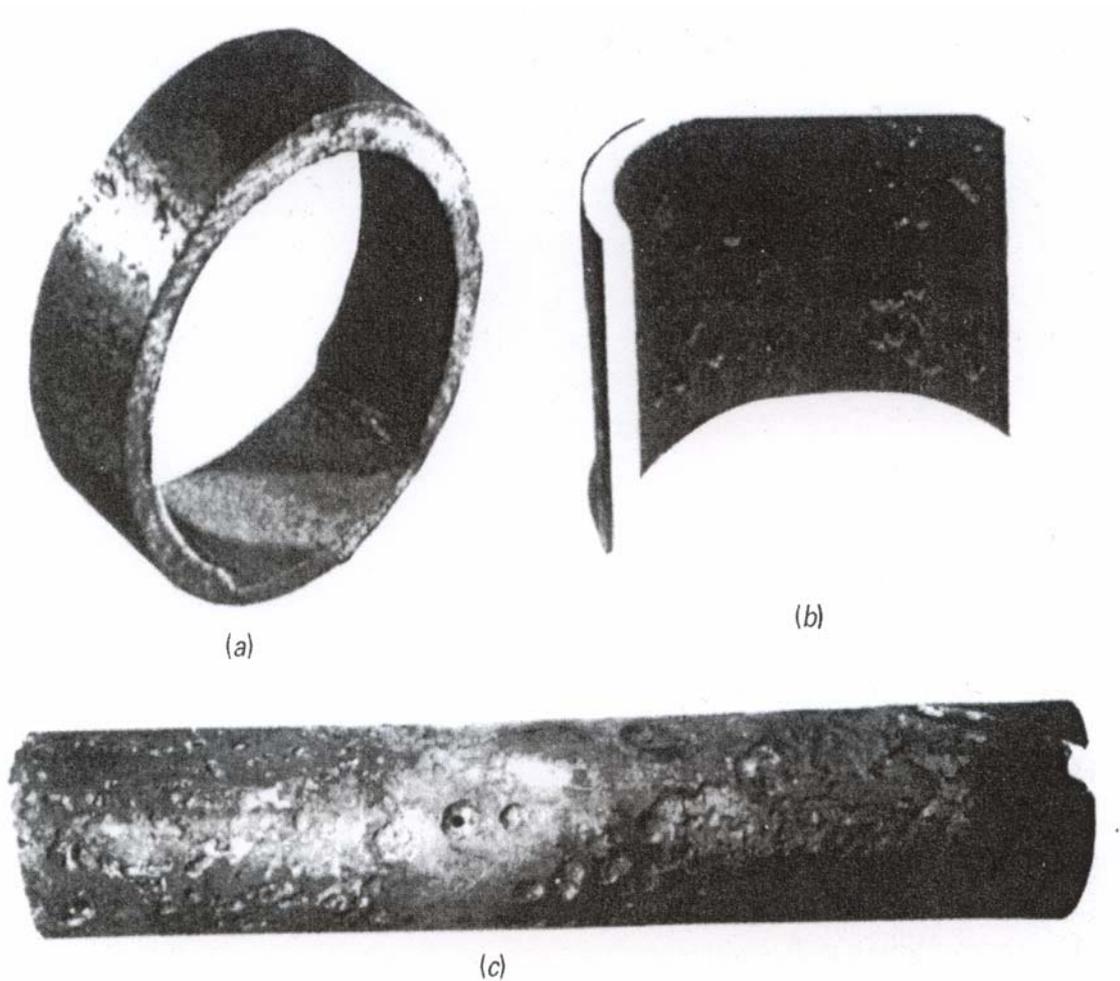


Figura 13.7. Tipos de ataques al metal de la caldera por las impurezas del agua. (a) Ataque de ácido carbónico en caldera de tubos de agua. (b) Ataque por picado del oxígeno en una caldera de tubos de agua. (c) Ataque por picado en la superficie exterior de los tubos de una caldera pirotubular.

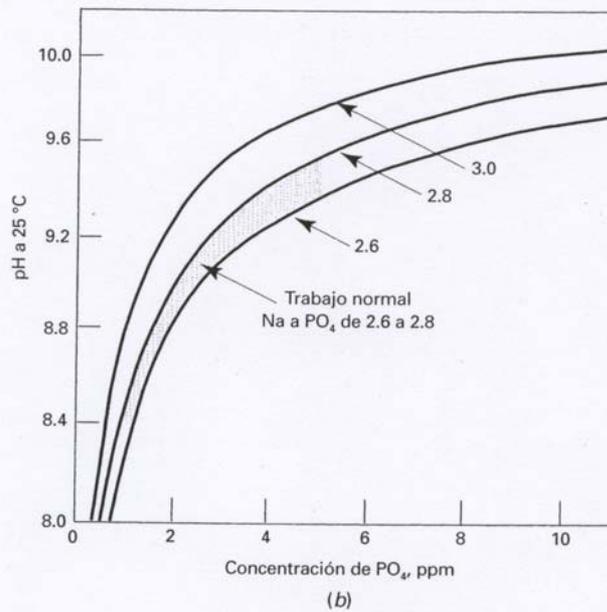
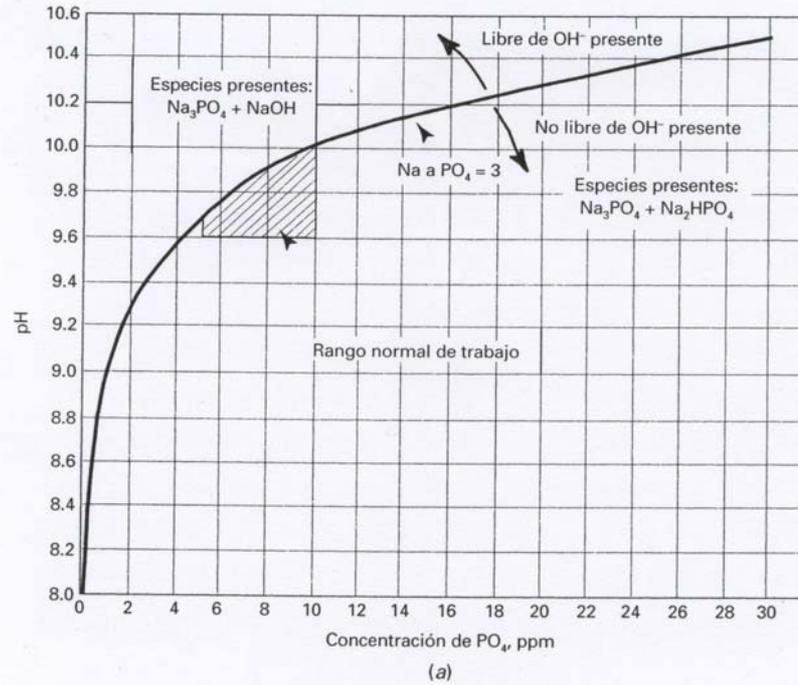


Figura 13.5. (a) El control coordinado de fosfato y pH mantiene una relación fija entre el pH del agua de la caldera y la concentración de fosfato. La relación Na a PO_4 se mantiene en 3. (b) En el control congruente de fosfato y pH, la relación de Na a PO_4 se mantiene entre 2,6 y 2,8.

20.2. PROBLEMAS DERIVADOS DE LA UTILIZACIÓN DEL AGUA EN CALDERAS

Los problemas mas frecuentes presentados en calderas pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Problemas de corrosión
- Problemas de incrustación

Aunque menos frecuente, suelen presentarse ocasionalmente:

Problemas de ensuciamiento y/o contaminación.

A continuación describimos brevemente las principales características de los temas que mencionamos arriba:

20.2.1. CORROSIÓN

Para que esta aparezca, es necesario que exista presencia de agua en forma líquida. El vapor seco con presencia de oxígeno no es corrosivo, pero los condensados formados en un sistema de esta naturaleza son muy corrosivos.

En las líneas de vapor y condensado, se produce el ataque corrosivo más intenso en las zonas donde se acumula agua condensada. La corrosión que produce el oxígeno suele ser severa, debido a la entrada de aire al sistema. A bajo valor de pH, el bióxido de carbono ataca por si mismo los metales del sistema y acelera la velocidad de la corrosión del oxígeno, cuando está disuelto en el oxígeno.

El oxígeno disuelto ataca las tuberías de acero al carbono formando montículos o tubérculos, bajo los cuales se encuentra una cavidad o celda de corrosión activa: esto suele tener una coloración negra, formada por un óxido ferroso- férrico hidratado.

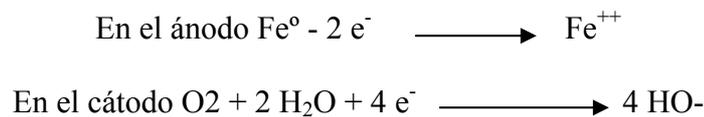
Una forma de corrosión que suele presentarse con cierta frecuencia en calderas, corresponde a una reacción de este tipo:



Esta reacción se debe a la acción del metal sobrecalentado con el vapor.

Otra forma frecuente de corrosión es mediante una reacción electroquímica, en la que una corriente circula debido a una diferencia de potencial existente en la superficie metálica.

Los metales se disuelven en el área de mas bajo potencial, para dar iones y liberar electrones de acuerdo a la siguiente ecuación:

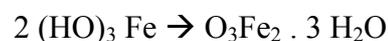
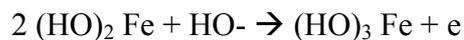
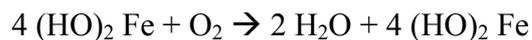


Los iones HO⁻ formados en el cátodo migran hacia el ánodo donde completan la reacción con la formación de hidróxido ferroso que precipita de la siguiente forma:



Si la concentración de hidróxido ferroso es elevada, precipitará como flóculos blancos.

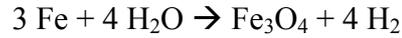
El hidróxido ferroso reacciona con el oxígeno adicional contenido en el agua según las siguientes reacciones:



Corrosión debida al oxígeno

El oxígeno disuelto ataca las tuberías de acero al carbono formando montículos o tubérculos, bajo los cuales se encuentra una cavidad o celda de corrosión activa: esto suele tener una coloración negra, formada por un óxido ferroso- férrico hidratado.

Una forma de corrosión que suele presentarse con cierta frecuencia en calderas, corresponde a una reacción de este tipo:



La eliminación del oxígeno que queda a la llegada del agua de la caldera se denomina, desgasificado químico, combinando el oxígeno con una sustancia reductora.

Este problema se encuentra en **calderas en periodos de inactividad**. Todo el sistema de calderas es susceptible, pero el lugar mas común son los tubos del sobrecalentador. Y los tubos del recalentador, donde se puede recoger la humedad, en curvas y flechas de esos tubos.

En una **caldera en operación**, las primeras áreas dañadas son el economizador y los calentadores de agua de alimentación. En caso de severa contaminación por oxígeno, resultan alteradas las superficies metálicas en otras áreas de la caldera, superficies a lo largo de la línea del nivel del agua en el colector de vapor y en el equipo de operación del vapor. En todos los casos el daño será considerable, incluso para un corto periodo de contaminación.

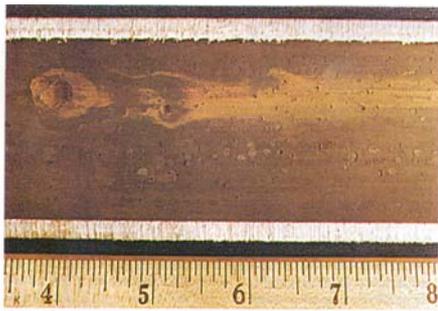


Figura 8.1 Picaduras por oxígeno en una sección de un tubo de sobrecalentador. (Cortesía del Electric Power Research Institute.)

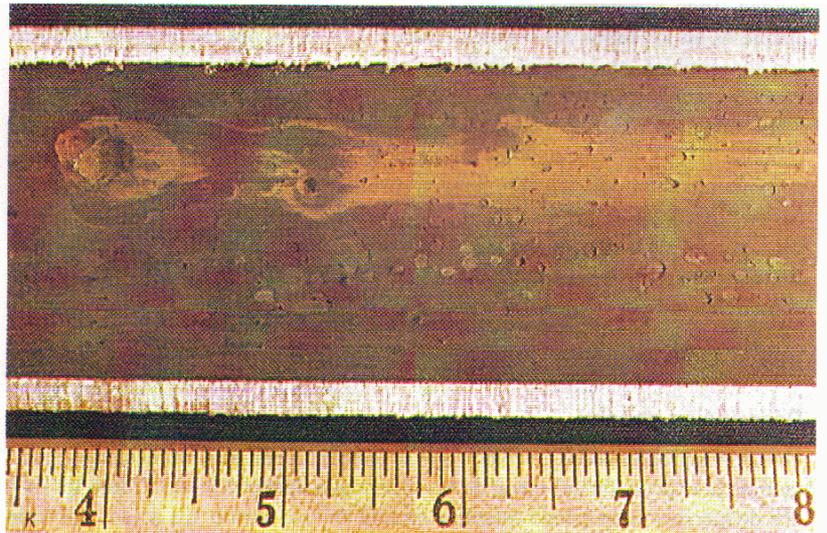


Figura 8.1 Picaduras por oxígeno en una sección de un tubo de sobrecalentador. (Cortesía del Electric Power Research Institute.)

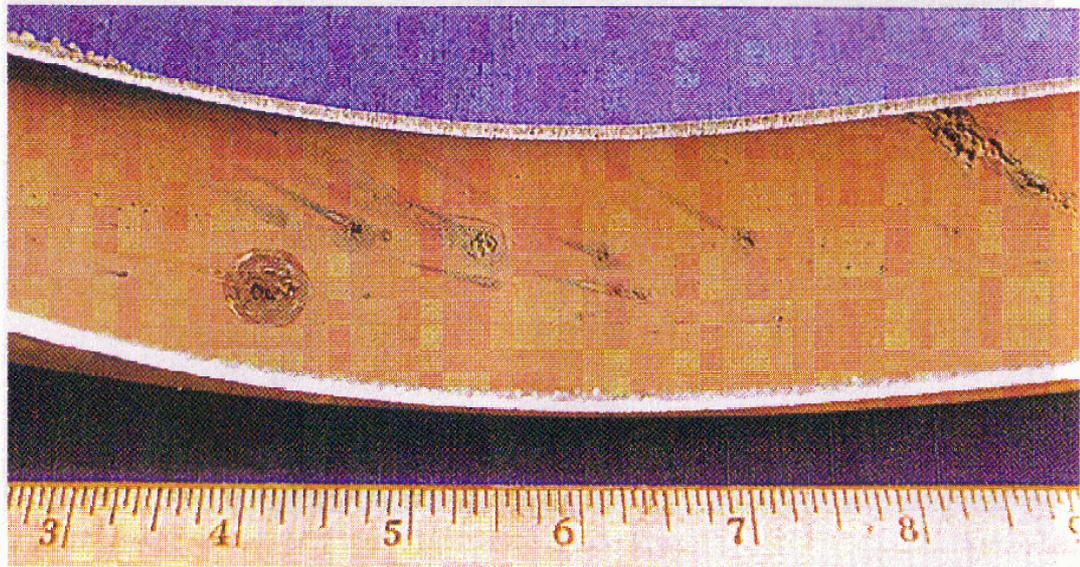


Figura 8.5 Picaduras por oxígeno en la superficie interna.

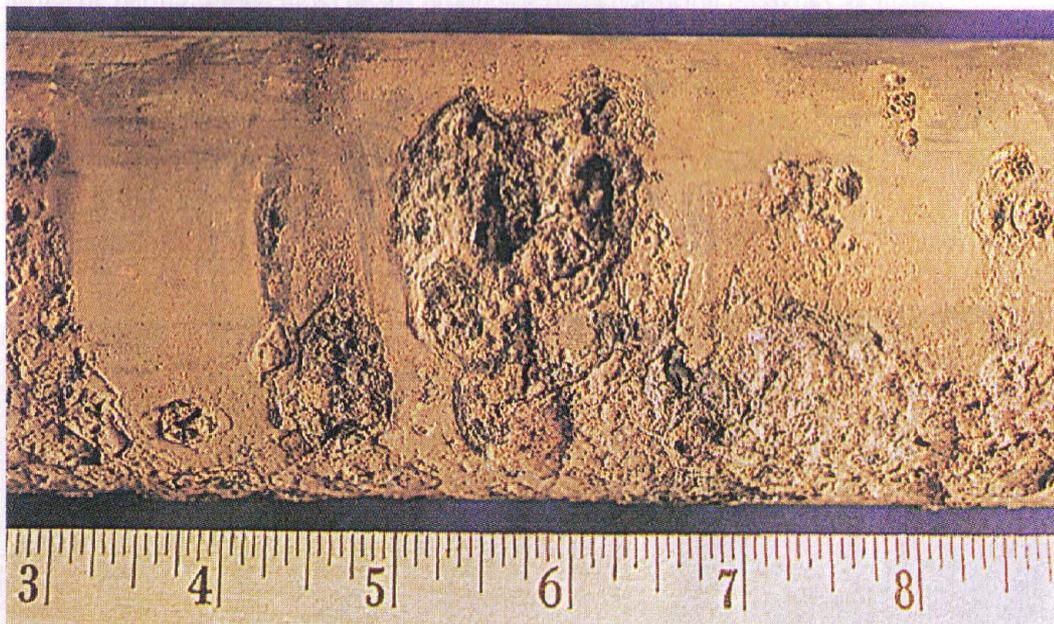


Figura 8.8 Picadura por oxígeno sobre la superficie externa de un tubo de humo.

20.2.2. INCRUSTACIÓN

La formación de incrustaciones en el interior de las calderas suelen verse con mayor frecuencia que lo estimado conveniente.

El origen de las mismas está dado por las sales presentes en las aguas de aporte a los generadores de vapor, las incrustaciones formadas son inconvenientes debido a que poseen una conductividad térmica muy baja y se forman con mucha rapidez en los puntos de mayor transferencia de temperatura.

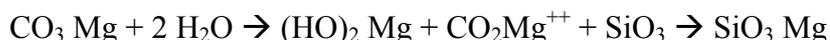
Por esto, las calderas incrustadas requieren un mayor gradiente térmico entre el agua y la pared metálica que las calderas con las paredes limpias.

Otro tema importante que debe ser considerado es el fallo de los tubos ocasionadas por sobrecalentamientos debido a la presencia de depósitos, lo que dada su naturaleza, aíslan el metal del agua que los rodea pudiendo así sobrevenir desgarros o roturas en los tubos de la unidad con los perjuicios que ello ocasiona.

Las sustancias formadoras de incrustaciones son principalmente el carbonato de calcio, hidróxido de magnesio, sulfato de calcio y sílice, esto se debe a la baja solubilidad que presentan estas sales y algunas de ellas como es el caso del sulfato de calcio, decrece con el aumento de la temperatura. Estas incrustaciones forman depósitos duros muy adherentes, difíciles de remover, algunas de las causas más frecuentes de este fenómeno son las siguientes:

- Excesiva concentración de sales en el interior de la unidad.
- El vapor o condensado tienen algún tipo de contaminación.
- Transporte de productos de corrosión a zonas favorables para su precipitación.
- Aplicación inapropiada de productos químicos.

Las reacciones químicas principales que se producen en el agua de calderas con las sales presentes por el agua de aporte son las siguientes:



Las incrustaciones que puede presentar una caldera pueden ser de varios tipos:

- Sulfato cálcico: Origina una costra muy dura que se adhiere fuertemente a las superficies calientes. Esta incrustación es considerada la peor de cuantas se pueden encontrar, porque presenta una dureza extrema, es muy difícil de eliminar y tiene muy baja conductividad térmica, lo que provoca sobrecalentamientos y pérdidas.
- Carbonato cálcico: Es una incrustación blanda, de tipo cenagoso, de apariencia blanquecina y fácil de eliminar mediante lavado con agua.
- Carbonato de magnesio: Forma una costra blanda muy similar a la del carbonato cálcico.
- Sílice: No forma incrustación en solitario, sino que de una forma vítrea a los depósitos de sulfato cálcico, lo que produce una costra muy dura, frágil y prácticamente insoluble en ácidos. La sílice de las calderas de alta presión de una central térmica generadora se volatiliza y viaja con el vapor al turbogenerador, para depositarse como incrustación dura, dando un efecto de porcelana sobre las piezas internas de la turbina.
- Silicato de magnesio y calcio: Ambos tienden a provocar costras de estructura densa y cristalina, que se adhieren a las superficies donde se produce el intercambio térmico, y presentan cotas muy bajas de transferencia térmica.
- Hidróxido de calcio y magnesio: Provocan depósitos blandos que pueden adherirse o cementar junto a otras sustancias.
- Carbonato de hierro: Se encuentra con frecuencia en otras incrustaciones, y es una sustancia indeseable, porque añade una naturaleza corrosiva a la propia costra que aparece.
- Fosfato de calcio y magnesio: Son subproductos de los tratamientos de agua por fosfato, y aparecen como un lodo blando, que se puede eliminar fácilmente mediante purga.
- Sulfato de magnesio: No es demasiado común en la incrustación, pero cuando aparece solo, la costra es blanda. Sin embargo, en combinación con el carbonato cálcico o el sulfato cálcico, puede resultar una incrustación vítrea muy dura.

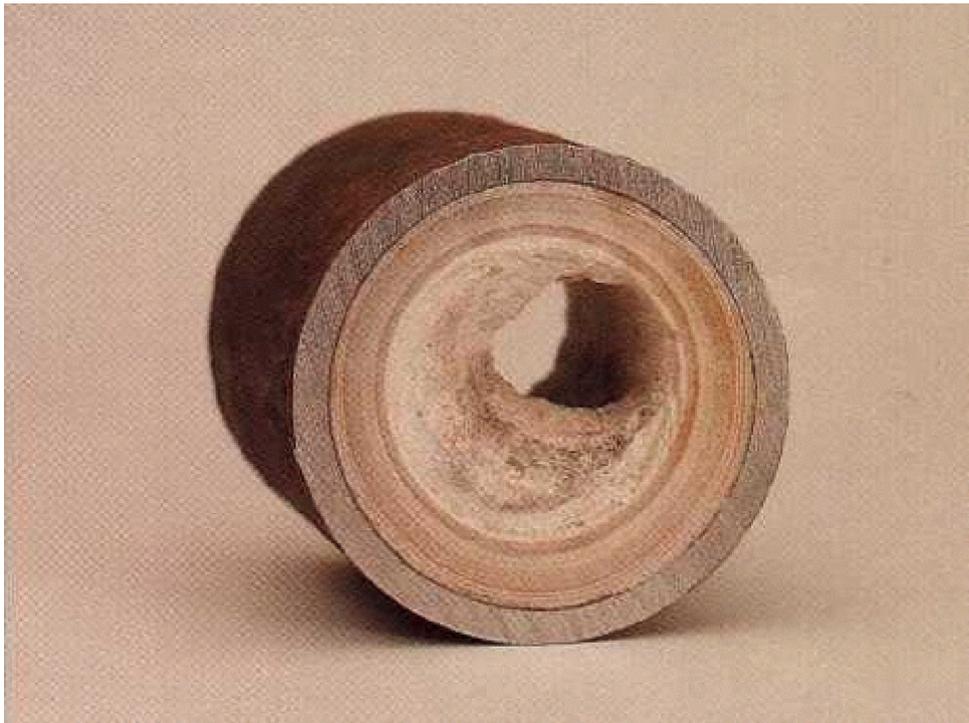
Presión de caldera	AGUA DE CALDERA			AGUA DE ALIMENTACIÓN			
	Sólidos totales, ppm ¹	Alcalinidad total, ppm como CaCO ₃ ¹	Silice, ppm como SiO ₂ ²	Dureza, ppm como CaCO ₃	Hierro, ppm como Fe	Cobre, ppm como Cu	Oxígeno, ppm como O ₂
0-300	3.500	700	75-50	0-1 Máx.	0,10	0,05	0,007
301-450	3.000	600	50-40	0-1 Máx.	0,10	0,05	0,007
451-600	2.500	500	45-35	0-1 Máx.	0,10	0,05	0,007
601-750	2.000	400	35-25	0-1 Máx.	0,05	0,03	0,007
751-900	1.500	300	20-8	0-1 Máx.	0,05	0,03	0,007
901-1.000	1.250	250	10-5	0-1 Máx.	0,05	0,03	0,007
1.001-1.500	1.000	200	5-2	0	0,01	0,005	0,007
1.501-2.000	750	150	3-0,8	0	0,01	0,005	0,007
2.001-2.500	500 ⁴	100 ⁴	0,4-0,2	0	0,01	0,005	0,007
2.501-3.000	500 ⁴	100 ⁴	0,2-0,1	0	0,01	0,005	0,007

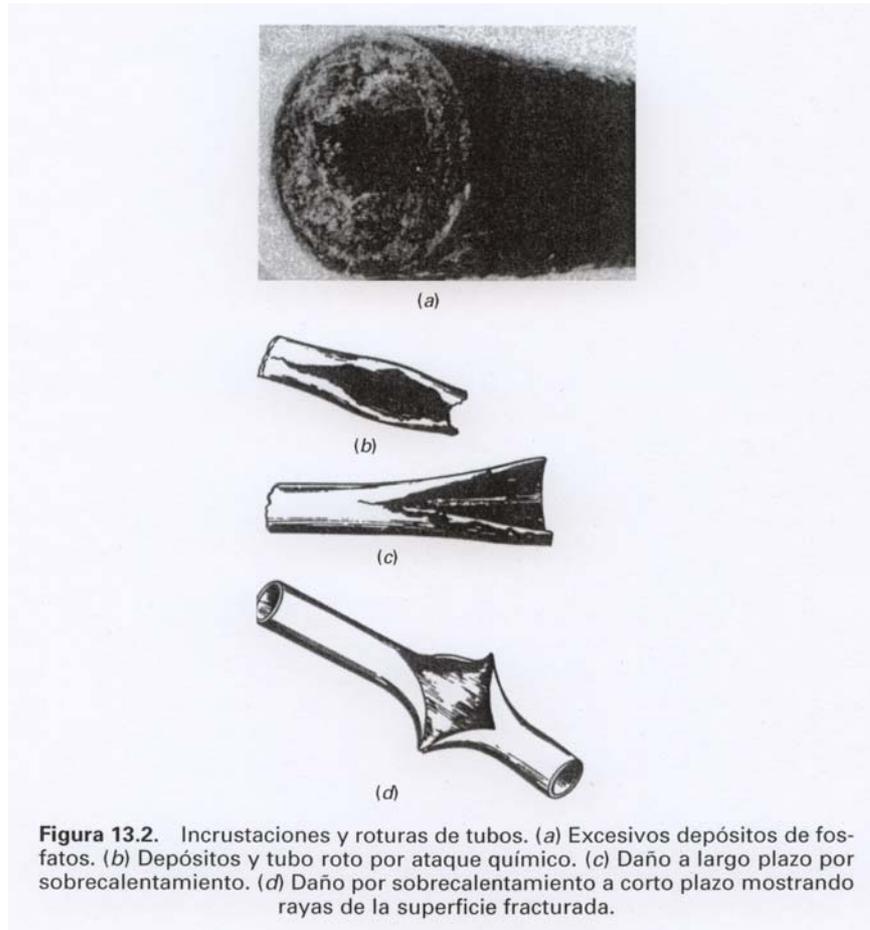
La materia orgánica del agua de alimentación debería ser cero y el pH, en el rango de 8,0 a 9,5³.

Referencias y notas:

- American Boiler Manufacturers Assoc. Manual de 1958.
- Por encima de 600 psig, el nivel de sílice seleccionado para producir vapor con 0,02 ppm de SiO₂.
- Publicaciones Babcock & Wilcox: (a) Tratamiento de agua para calderas industriales, BR-884, 8-68; y (b) J. A. Lux, «Control de calidad del agua de calderas en la planta de vapor de alta presión», 9/62.
- J. A. Lux, 3(b), recomienda niveles tan bajos como 15 ppm de sólidos totales disueltos por encima de 2.000 psig.

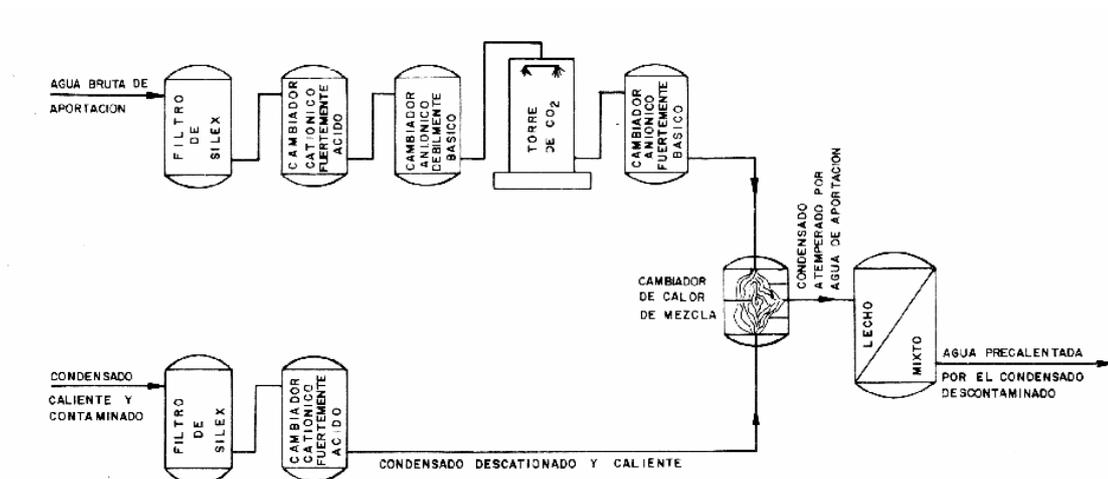
Figura 13.3. Límites de impurezas recomendados por un comité investigador de ASME, para el agua de alimentación y el agua de calderas, para calderas a diferentes presiones de trabajo.





20.3. LA RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS

El vapor convertido en agua, después de haber atravesado la turbina o de haber cedido calor de vaporización en un intercambiador de calor, se denomina condensado.



- Si en condensado no está contaminado, puede bombardearse directamente a la torre de desgasificación.
- Si está contaminado, se tratará previamente en una planta de desmineralización, como si fuera agua de aportación.

20.3.1. INCONVENIENTES DE LA RECUPERACIÓN DE LOS CONDENSADOS

Hasta que aparecieron las calderas con fuerte grado de vaporización, se admitía que las impurezas aportadas al agua de alimentación por los condensados eran despreciables y que solo era necesario depurar correctamente el agua de aportación.

Esto no es cierto cuando las exigencias de impurezas son tales que se corre el riesgo de que los productos de corrosión (óxidos de hierro o de cobre), las sales disueltas procedentes de fugas en los condensadores, o en ciertas contaminaciones accidentales del vapor sobrepasan las tolerancias admisibles en el agua de alimentación.

Los condensados pueden provocar corrosiones en los circuitos que los transportan, debido a la presencia de ácido carbónico o de productos motivados por el arrastre. En este caso deben someterse a un acondicionamiento apropiado.

21. ENSUCIAMIENTO POR CONTAMINACIÓN

Se consideran en este rubro como contaminantes, distintas grasas, aceites y algunos hidrocarburos, ya que este tipo de contaminación son las más frecuentes vistas en la industria.

Dependiendo de la cantidad y característica de los contaminantes existentes en el agua de aporte a caldera, la misma generará en su interior depósitos, formación de espuma con su consecuente arrastre de agua concentrada de caldera a la línea de vapor y condensado, siendo la misma causante de la formación de incrustaciones y depósitos en la sección post-caldera.

La formación de espuma, suele ocurrir por dos mecanismos, uno de ellos es el aumento del tenor de sólidos disueltos en el interior de la unidad, los que sobrepasan los límites aceptados de trabajo, la presencia de algunos tipos de grasas y/o aceites (como ácidos orgánicos) producen una saponificación de las mismas dada la alcalinidad, temperatura y presión existentes en el interior de la caldera.

La contaminación por hidrocarburos agrega a lo visto la formación de un film aislante dificultando la transferencia térmica entre los tubos y el agua del interior de la unidad, agravándose esto con las características adherentes de este film que facilita y promueve la formación de incrustaciones y la formación de corrosión bajo depósito, proceso que generalmente sigue al de formación de depósitos sobre las partes metálicas de una caldera.

Luego de un tiempo, las características físicas del film formado cambian debido a la acción de la temperatura que reciben a través de las paredes metálicas del sistema, lo que hace que el mismo sufra un endurecimiento y "coquificación", siendo este difícil de remover por procedimientos químicos simples.

Por todas estas consideraciones, se ve como método más económico y lógico de mantenimiento de calderas, efectuar sobre el agua de aporte a las mismas los procedimientos preventivos que la misma requiera, evitando así costos de mantenimiento innecesarios y paradas imprevistas en plena etapa de producción con los costos de lucro cesantes que agravan la misma,

Sin pretender que el presente trabajo sea una enumeración exhaustiva y completa de todos los posibles inconvenientes que puedan ocasionar el agua de alimentación a caldera, consideramos que el mismo facilita el entendimiento de las principales causas de los más importantes inconvenientes que puedan ocurrir en las salas de calderas en la industria.

21.1. DEPÓSITOS DE ACEITE

El aceite en las calderas constituye una situación peligrosa. El aceite es un excelente aislante del calor, y su presencia sobre las superficies expuestas a altas temperaturas puede provocar serios sobrecalentamientos y daños a la caldera.

Incrustación y eliminación de aceite: La eliminación de incrustación del lado del agua se efectúa por medio de tres métodos:

- Eliminación mecánica
- Tratamiento del agua
- Limpieza química

La eliminación mecánica de la incrustación se efectúa mientras la caldera está parada y vacía. Para ello, se usa un martillo desincrustante o un cincel embozado, teniendo en cuenta de no rebajar o disminuir el espesor del metal. Sólo se puede utilizar este método en las zonas más accesibles de la caldera.

La incrustación puede desprenderse de las superficies interiores de los tubos de agua con una turbina tubular. Generalmente, se usa agua limpia para limpiar los lodos incrustantes, mientras la turbina continua trabajando. Hay que tener cuidado en no operar con la turbina tubular demasiado tiempo en una zona determinada o no forzarla indebidamente, pues puede resultar dañado el tubo.

Hay que tener cuidado para eliminar la incrustación en una caldera mediante el tratamiento del agua. Si la incrustación se elimina rápidamente, puede caer en grandes cantidades, con daños serios para la caldera, teniendo como resultado una restricción de la circulación, y el consiguiente sobrecalentamiento. En una caldera de tubos de agua, los tubos rotos puedan ser la consecuencia final de este proceso; en una caldera pirotubular, serán las curvaturas e incluso la rotura de la virola interior.

La limpieza química de las calderas se usa a menudo para eliminar óxidos metálicos. Los disolventes que se utilizan son variados. Algunos usan ácido clorhídrico, y otros, ácido fosfórico. El proceso normal es llenar la caldera hasta que la solución rebosa por el venteo (el ácido se añade desde el exterior a la caldera). Se deja que la solución sea absorbida por la chapa de la caldera durante cuatro a seis horas, seguidas de un relleno con un agente neutralizador. Si se usa ácido clorhídrico para la limpieza, se utilizará una solución débil de ácido fosfórico. Después del drenaje de la caldera, se usa agua limpia para lavar; después, la caldera se llena con solución alcalina y se hierve de nuevo varias horas. Esta solución se drena a continuación; la caldera se lava de nuevo y, después, se rellena con agua de servicio normal, poniendo en marcha inmediatamente el tratamiento adecuado de agua de alimentación.

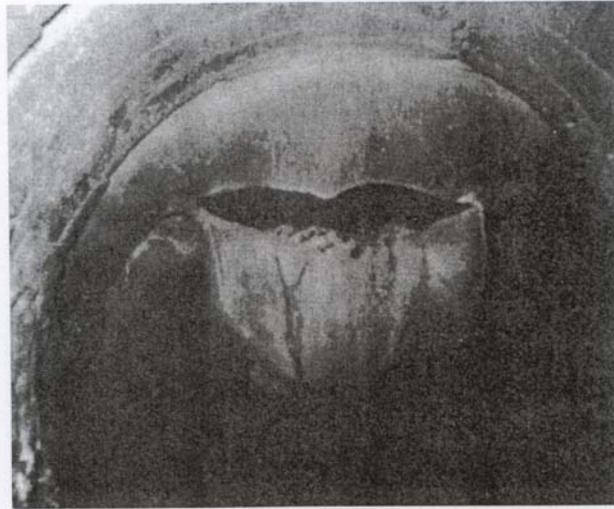


Figura 13.6. Colapso del hogar interno de una caldera escocesa marina, producido por combustión en seco e incrustación. (Cortesía de Royal Insurance Co.)

22. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA EN CALDERAS PIROTUBULARES

Recomendadas para Agua de Alimentación

Presión máxima de servicio en bar	$\leq 0,5$	$> 0,5$
Aspecto visual	Transparente, sin color ni sedimentos	
Dureza en mg/l de $\text{CO}_3 \text{Ca}$	≤ 10	≤ 5
Oxígeno disuelto (O_2) en mg/l	--	$\leq 0,2$
PH a 20°C	8 a 9	8 a 9
CO_2 en forma de $\text{CO}_3 \text{H-}$, en mg/l	≤ 25	≤ 25
Aceites y grasas en mg/l	≤ 3	≤ 1
Materias orgánicas valoradas en mg/l de Mn O ₄ K consumido (1)	≤ 10	≤ 10

(1) En el caso de alta concentración de materias orgánicas no oxidables con Mn O₄ K y si oxidables con CrO₃ K₂ se consultará a un especialista.

Recomendadas para Interior Caldera

Presión máxima de servicio en bar	$\leq 0,5$	$0,5 < p \leq 13$	> 13
Salinidad total en mg/l	Vaporización media		
	$\leq 40 \text{Kg/m}^2$	≤ 6000	≤ 6000
	$> 40 \text{Kg/m}^2$	≤ 5000	≤ 5000
Sólidos en suspensión, en mg/l	≤ 300	≤ 300	≤ 250
Alcalinidad total, en mg/l CO_3	≤ 1000	≤ 800	≤ 600
pH a 20 °C	10,5 a 12,5	10 a 12	10 a 12
Fosfatos, en mg/l $\text{P}_2 \text{O}_5$	≤ 30	≤ 25	≤ 20
Silice, en mg/l Si O ₂ (1)	≤ 250	≤ 200	$\leq 150 (2)$

22.1. EFECTOS PRODUCIDOS POR LAS IMPUREZAS DEL AGUA

Las impurezas del agua pueden ser la causa de los siguientes efectos perjudiciales para la caldera y el funcionamiento de la central térmica:

1.- Reducción de la cantidad de calor transmitido debida a la formación de incrustaciones sobre las superficies de caldeo.

2.- Averías en los tubos y planchas, producidas por la disminución de la cantidad de calor transmitido a través de ellos.

3.- Corrosión y fragilidad del acero en la caldera.

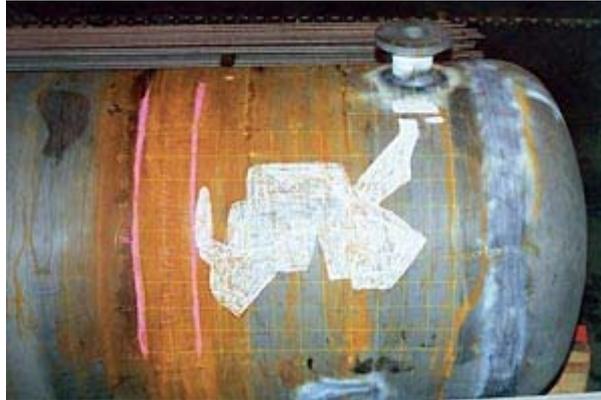
4.- Mal funcionamiento, formación de espumas y arrastres de agua en cantidad por el vapor.

5.- Perdidas caloríficas debidas a frecuentes purgados.

6.- Mal rendimiento de los equipos que utilizan el vapor, a causa de que este sea sucio.

A continuación, mostramos los efectos provocados por las corrosiones e incrustaciones en las calderas:





22.2. PURGADORES

Los purgadores van en la parte más baja de la caldera y algunas veces también en el cuerpo cilíndrico; se utilizan para sacar una cierta cantidad de agua con el fin de extraer de la caldera los lodos, sedimentos y espumas. Las impurezas de las grandes cantidades de agua vaporizada se van precipitando constantemente. En ocasiones se emplea un purgado (por el fondo) continuo, por medio de un tubo pequeño, para sacar las impurezas a medida que se precipitan. No obstante, cuando se sigue este procedimiento, los purgadores grandes hay que abrirlos de vez en cuando para sacar mas completamente los lodos acumulados.

22.3. DESAIREADORES

Se conocen como desaireadores (desgasificadores) aquellos dispositivos mecánicos empleados para liberar los gases contenidos en el agua de alimentación (aire, oxígeno, anhídrido carbónico y otros gases).

Su funcionamiento consiste en dividir el agua de alimentación en finas gotitas, calentándolas a continuación para transformarlas en vapor dentro del desaireador, y separar el aire, anhídrido carbónico y otros gases del vapor a medida que este se va condensando. En los desaireadores el fluido calorífico acostumbra a ser el vapor, a presiones comprendidas entre valores altos hasta otros inferiores a la presión atmosférica.

Un calentador de agua de alimentación del tipo abierto o de contacto directo puede desempeñar la función de desaireador con tal que el agua se caliente a una temperatura suficientemente alta para que se desprendan los gases contenidos en ella, los cuales se hacen salir por el purgador del calentador.

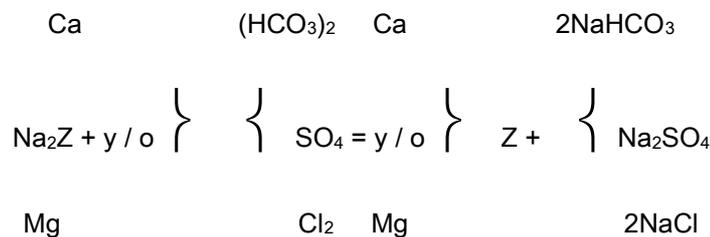
Los desaireadores más modernos son calentadores de agua de alimentación del tipo de contacto directo. Estos aparatos pueden construirse para producir agua con contenidos muy bajos de oxígeno y otros gases.

La distinción entre un desaireador propiamente tal y un calentador de agua de alimentación del tipo de contacto directo, que actúe de desaireador, esta en el bajo contenido de oxígeno del agua producido por este último.

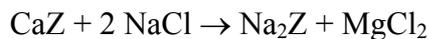
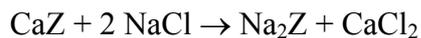
Los equipos desaireadores del agua de alimentación de las centrales térmicas pueden ser del tipo de bandeja (artesa) y del tipo de atomización. Algunas veces se desgasifican aguas muy corrosivas sometiéndolas en frío a presiones absolutas muy bajas. Para el servicio de agua caliente de los edificios la desgasificación puede llevarse a cabo por calentamiento sin que el agua y el vapor entren en contacto.

22.4. TRATAMIENTO DE ZEOLITA

Se conocen por zeolitas (Na_2Z) a los silicatos de sodio y aluminio, bien sean naturales o artificiales; su fórmula general es: $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Esta sustancia tiene propiedad de absorber el calcio y magnesio de las aguas que atraviesan, debido a que sus bases son permutables. De esta manera, en el proceso del ablandamiento o rectificación, el sodio de la zeolita pasa a la solución en forma de carbonato, sulfato o cloruro, debido a que el calcio y magnesio del agua son absorbidos por zeolita. Los cambios de bases son los siguientes:



El tratamiento con zeolita produce aguas con contenidos muy bajos de calcio y magnesio. Cuando la zeolita se vuelva inerte se regenera mediante un lavado con salmuera (solución NaCl) para restituir el sodio por intercambio.



Las zeolitas naturales (arenas verdes) están indicadas para tratar agua fría exenta de ácidos y se utilizan con éxito en ciertos casos, pero en muchos otros han sido desplazados por productos resinosos artificiales especiales (también denominados zeolitas) fabricados para el rectificado de aguas. Estos productos pueden soportar altas temperaturas, ácidos y álcalis, y en determinadas condiciones pueden cambiar los aniones y cationes de las impurezas contenidas en el agua. En cualquier caso el agua que atraviesa el lecho de zeolita debe estar libre de detritus, lodo, cieno y precipitados finamente divididos, los cuales recubren y tapan las partículas de los materiales empleados para la rectificación, haciéndolos menos eficientes.

22.5. TRATAMIENTO DE OSMOSIS INVERSA

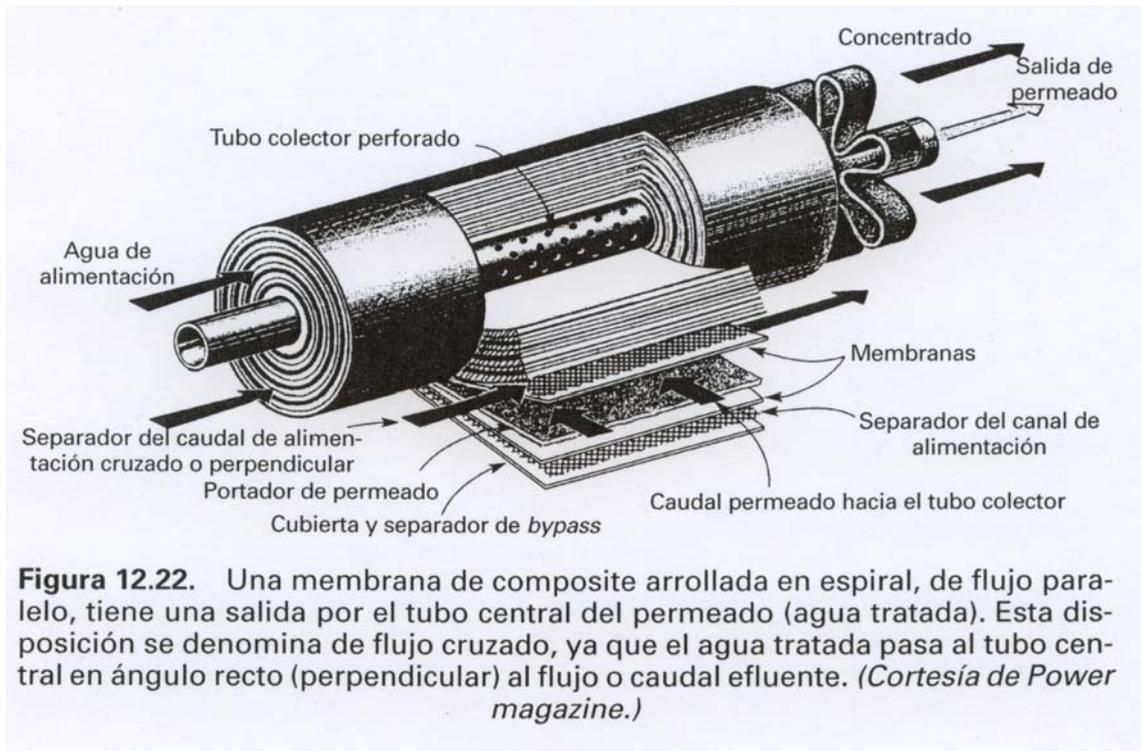
La osmosis es un proceso natural que ocurre en todas las células vivas. Esta permite la vida de todos los seres tanto animales como vegetales, al inducir que el agua fluya por difusión desde zonas donde se encuentra relativamente pura, con baja concentración de sales, a zonas donde se encuentra con alta concentración a través de una membrana semipermeable. El resultado final es la extracción de agua pura del medio ambiente.

Una membrana semipermeable es cualquier membrana animal, vegetal o sintética en que el agua puede penetrar y traspasar con mucha facilidad que los otros componentes que se encuentran en solución en ella.

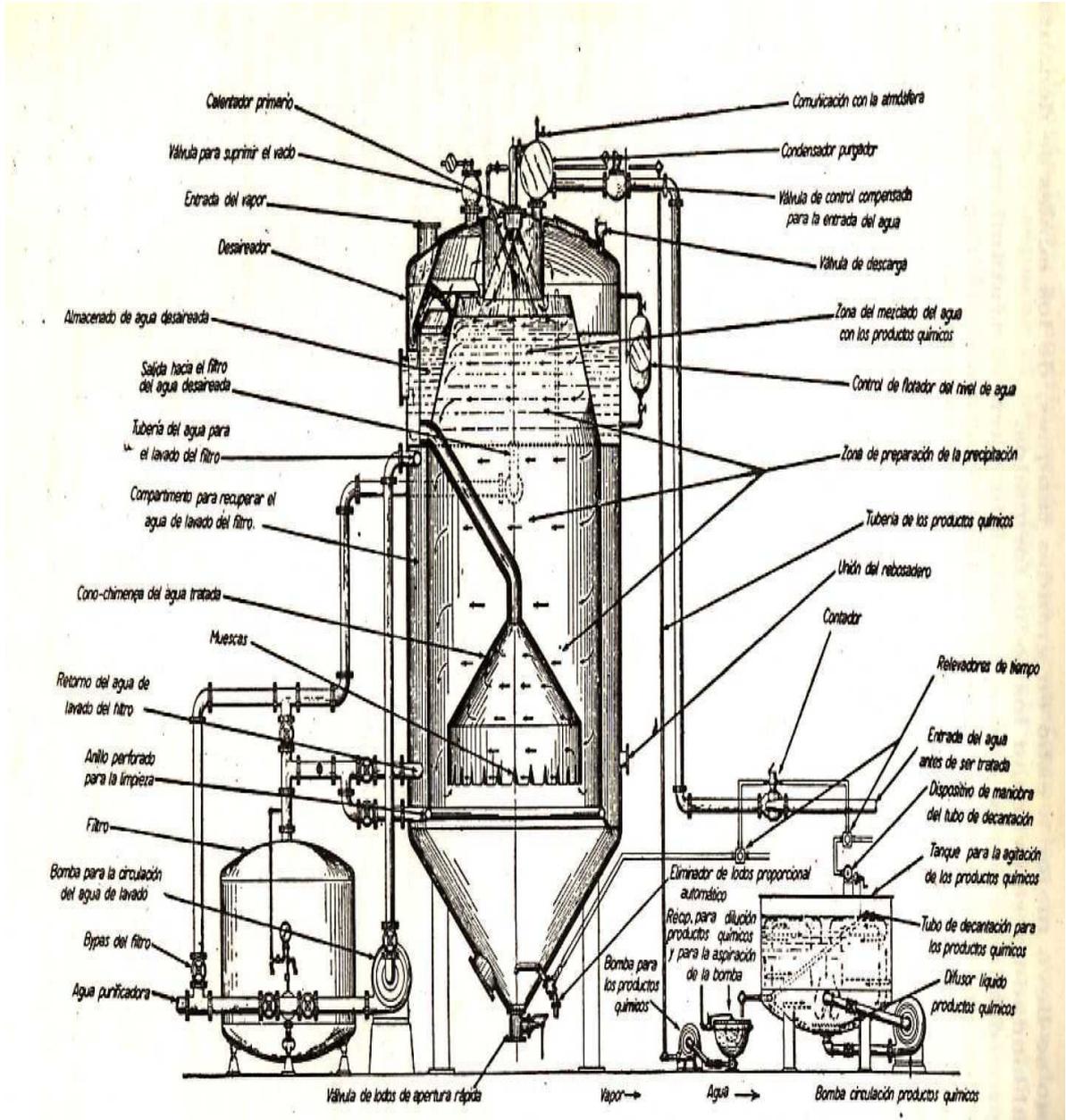
La osmosis inversa es un proceso inventado por el hombre que invierte el fenómeno natural de osmosis. El objetivo de la osmosis inversa es obtener agua purificada partiendo de un caudal de agua que está relativamente impura o salada. Esto se logra separar de este caudal de agua contaminada con sales, un caudal menor de agua pura. En este proceso se aplica presión que tiene más alta concentración de sales para forzar un caudal menor de agua pura. En este proceso se aplica presión a la solución que tiene más alta concentración de sales para forzar un caudal inverso a través de la membrana semipermeable.

22.5.1. TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE CALDERAS

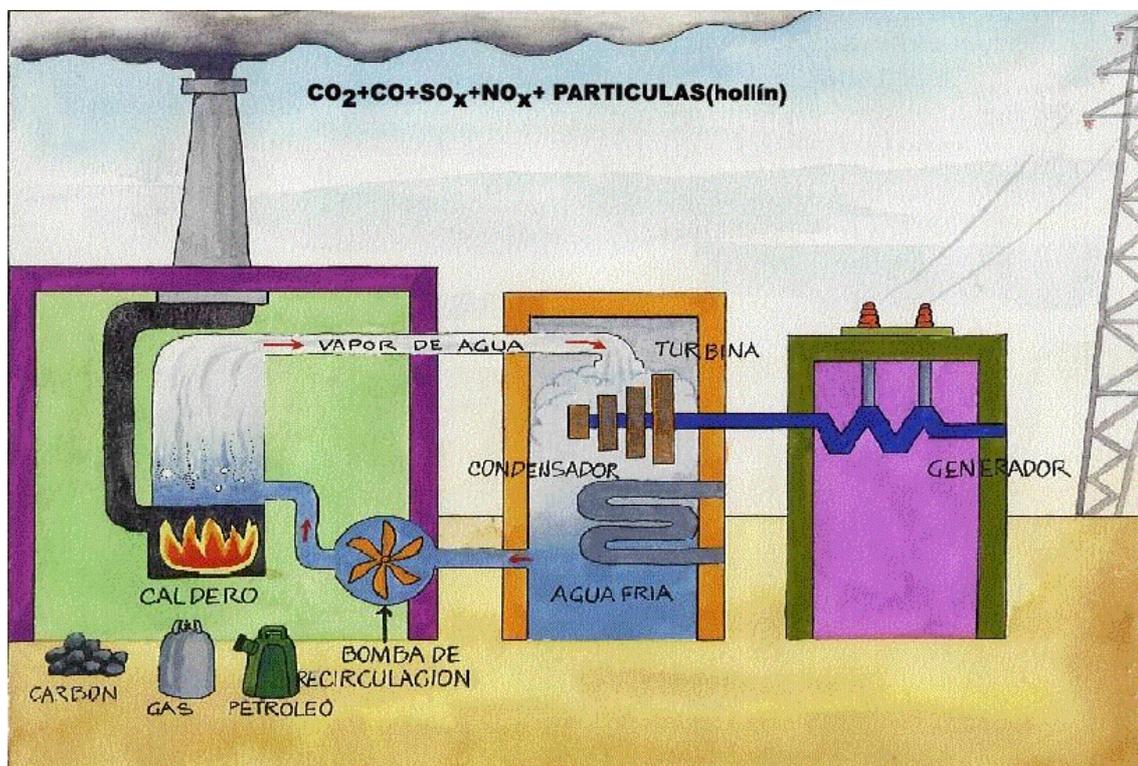
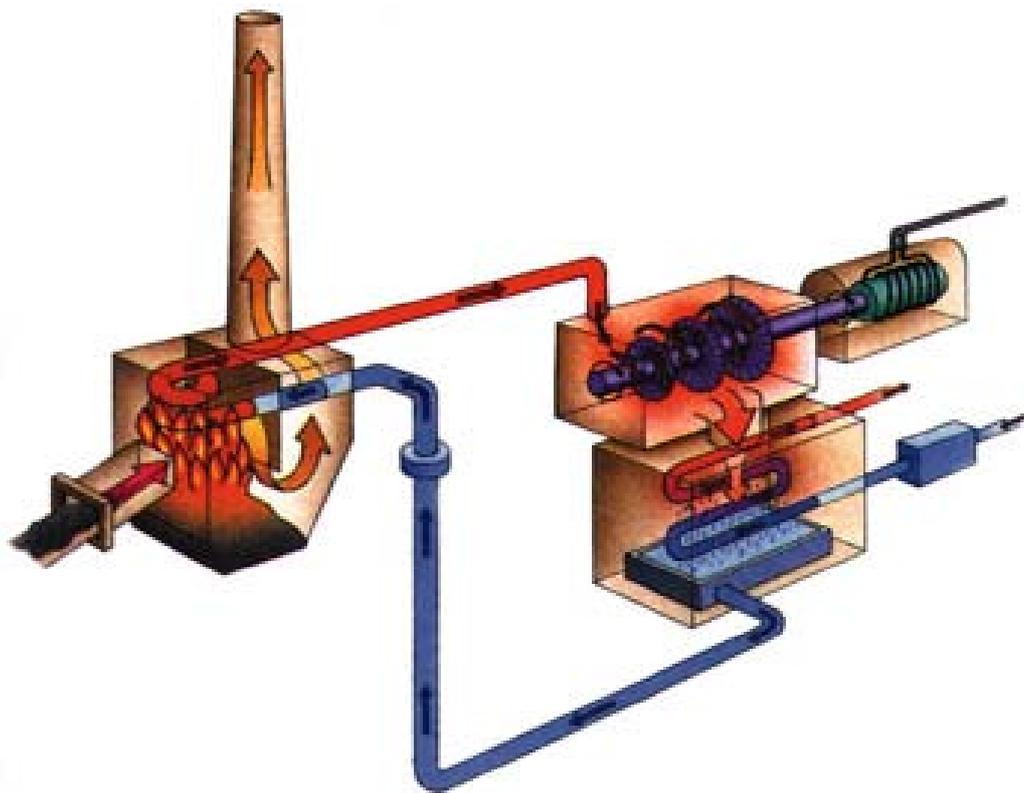
La tecnología de las membranas está siendo aplicada como una técnica auxiliar al intercambio iónico. Esto permite mayor margen de operación. El tratamiento por membranas consiste en pasar el agua a presión con impurezas a través de una película muy fina de composite o compuestos tales como el acetato de celulosa. Cuando la corriente pasa a través de estos filtros, deja las partículas detrás, ya que el agua más pura pasa a su través. Para las plantas que poseen desmineralizadores de intercambio iónico, la adición de unidades de membranas aguas arriba es considerada una economía de los costos para procesos de agua de alimentación con sólidos disueltos por debajo de 300 ppm. A continuación, se muestra una figura de una membrana de composite:



22.6. ESQUEMA DE UNA CALDERA



He aquí otras ilustraciones del esquema de una caldera, una que se distinguen las partes internas de las calderas, y otra en que se distinguen las partes externas:



PARTE IV

Trigeneración con plantas de absorción con amoniaco.

23. INTRODUCCIÓN

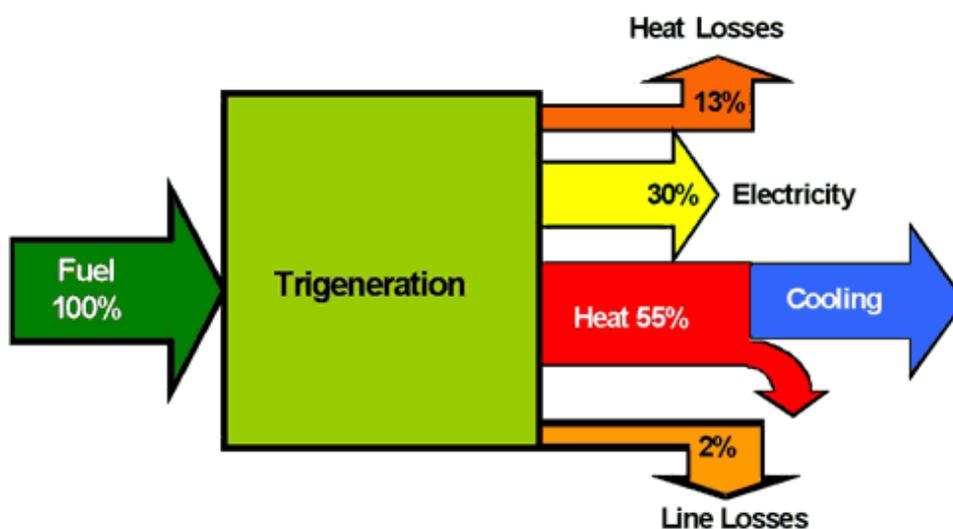
En la situación energética actual la rentabilidad de las plantas de cogeneración depende principalmente del aprovechamiento del calor generado. Por otra parte para amortizarlas debidamente es preciso un gran número de horas anuales de funcionamiento a carga total, por lo que para que la cogeneración sea rentable hace falta tener una demanda de calor elevada y constante.

En muchas aplicaciones las demandas de vapor o agua caliente son fluctuantes y dependen del proceso de producción, y parte del calor producido no puede usarse debidamente.

En las industrias alimenticia, química y petroquímica frecuentemente se instalan plantas de cogeneración con motores a gas o turbinas, para cubrir las demandas de vapor, agua caliente y energía eléctrica. Para un buen aprovechamiento de dichas plantas es necesario tener una demanda constante de energía eléctrica y térmica. La demanda de energía eléctrica se regula vendiendo la energía sobrante a la red eléctrica, pero la energía térmica sobrante suele perderse. La combinación de plantas de cogeneración con plantas de refrigeración por absorción permite usar toda la energía térmica producida para la refrigeración. Mientras la demanda de vapor suele variar mucho, especialmente a bajas temperaturas, entre -15°C y -55°C la demanda de refrigeración suele ser bastante constante.

24. TRIGENERACIÓN

Una posibilidad de optimizar el consumo de calor de la cogeneración es la introducción de la trigeneración. La trigeneración implica la producción simultánea de la energía mecánica (electricidad), de calor y de frío con un solo combustible. En las plantas de trigeneración el calor producido se usa para cubrir los consumos de calor y para propulsar una planta de refrigeración por absorción y así cubrir también la demanda de frío. Estas plantas, al combinar el suministro de calor y de frío, tienen una gran flexibilidad consiguiéndose una óptima utilización del calor generado en la cogeneración. En general las demandas de refrigeración a bajas temperaturas suelen ser relativamente constantes y suelen tener una gran inercia térmica. La planta de refrigeración por absorción puede regularse de tal forma que consuma todos los excedentes de calor (generalmente vapor) dando prioridad al consumo directo de vapor, consiguiéndose así un elevado aprovechamiento del calor producido en la cogeneración. De forma esquemática el funcionamiento de una instalación de trigeneración es la siguiente.



24.1. Refrigeración por absorción

Las plantas de refrigeración por absorción precisan de un fluido refrigerante y un fluido absorbente. Los pares de fluidos refrigerante / absorbente más usados son el par agua / bromuro de litio y el par amoníaco / agua. En las plantas que usan el primer par, el refrigerante es el agua por lo que estas plantas se usan para aplicaciones a temperaturas por encima de 0°C, usándose principalmente para la climatización. Las plantas de refrigeración con amoníaco / agua usan el amoníaco como refrigerante y tienen el campo de aplicación desde 0°C hasta -70°C. Especialmente en las aplicaciones a bajas Temperaturas las plantas de refrigeración por absorción con amoníaco abren un amplio campo de aplicaciones para las plantas de trigeneración.

24.1.1. Amoniaco

El amoniaco se ha usado como refrigerante desde finales del siglo XIX siendo uno de los refrigerante con cualidades termodinámicas mas idóneas para la refrigeración. Dado que en las aplicaciones industriales la demanda de frío suele estar a temperaturas por debajo de 0°C, las plantas de absorción industriales suelen usar el amoniaco como refrigerante. La cualidades termodinámicas del amoniaco, juntamente con el agua como absorbente, hacen de ellos un par refrigerante / absorbente ideal para las plantas de refrigeración por absorción a bajas temperaturas. Así por ejemplo el amoniaco evapora a la presión atmosférica a -33° C, por lo que los circuitos de refrigeración que trabajan a -30°C trabajan a una ligera sobrepresión. Por otra parte aplicaciones a muy bajas temperaturas, el vacío necesario no es muy bajo, así por ejemplo a -60°C la presión de evaporación es de 220 mbar.

24.1.2. Funcionamiento

Las plantas de refrigeración por compresión constan de un evaporador, en el que evapora el refrigerante (amoniaco) produciendo frío, un sistema de compresión para transportar el vapor a baja presión del evaporador al condensador a alta presión y el condensador en el que condensa el refrigerante disipando el calor generalmente mediante torres de refrigeración. En plantas de refrigeración por absorción el compresor mecánico es sustituido por un compresor químico o térmico.

El vapor de baja presión procedente del evaporador, en vez de ser comprimido por un compresor mecánico, es absorbido por una solución diluida de amoniaco y agua en el absorbedor. La solución cuya concentración ha aumentado es bombeada al desorbedor en el que es calentada hasta su ebullición a alta presión. Siendo el amoniaco la componente más volátil en el desorbedor se produce vapor de amoniaco, que condensa en el condensador cerrando así el ciclo de refrigeración. El calor producido en el condensador y en el absorbedor suele ser disipado mediante torres de refrigeración, mientras que el calor aportado en el desorbedor es calor residual procedente por ejemplo de una planta de cogeneración.

Modificaciones del sistema y mejoras disponibles

El ciclo básico se puede modificar de varias maneras. Se deben utilizar todas las oportunidades posibles para la recuperación del calor dentro del ciclo para mejorar la eficiencia del ciclo. Por ejemplo, es acostumbrado el intercambio de calor en las corrientes del absorbente débil que dejan el amortiguador con el absorbente regenerado o fuerte que se conduce nuevamente dentro del amortiguador.

Cuando todas las oportunidades de la recuperación del calor que pueden razonablemente ser utilizadas se han incorporado en el diseño de una máquina, se obtiene un coeficiente de enfriamiento en el funcionamiento de aproximadamente 0,7 para el sistema del Br-agua-litio y aproximadamente 0,6 para el sistema del amoniaco-agua.

Otras mejoras pueden ser obtenidas si se conecta en cascada más eficientemente el calor de alta temperatura disponible para accionar el generador. Los sistemas supuestos de doble-efecto incorporan dos bloques del generador-amortiguador que, utilizan el calor proveniente más o menos dos veces. El calor se llega a 170°C al primer generador y el calor rechazado por el condensador correspondiente se utiliza para accionar el segundo generador, a una temperatura de aproximadamente 100°C de una máquina de solo-efecto.

24.1.3. Problemática a bajas temperaturas

El amoníaco como refrigerante tiene la gran ventaja de poder producir refrigeración a temperaturas de hasta -70°C. Para alcanzar estas temperaturas hacen falta sistemas de compresión de varias etapas por lo que dichas plantas son relativamente complejas. La operación en continuo de dichas plantas es problemática por el hecho de que prácticamente no existen aceites compatibles con el amoníaco, que tengan cualidades lubricantes a la temperatura de los compresores y una baja viscosidad a -60°C. El aceite que suele acumularse en los evaporadores únicamente puede decantarse si se eleva temporalmente la temperatura. Todo ello encarece las plantas de compresión y hace necesario un mantenimiento muy riguroso para poder garantizar la fiabilidad necesaria.

Especialmente a estas temperaturas las plantas de refrigeración por absorción tienen grandes ventajas comparadas con las de refrigeración por compresión. Por una parte pueden alcanzar temperaturas de hasta -70°C en una simple etapa y por otra parte no precisan aceites lubricantes por lo que pueden operar en continuo sin necesidad de paradas. Tradicionalmente (desde hace más de cien años) siempre se han usado plantas de refrigeración por absorción con amoníaco, en sectores industriales en los que se precisa refrigeración a bajas temperaturas y en los que la disponibilidad es de gran importancia.

Actualmente se usan los métodos más modernos de diseño y construcción para realizar plantas de alta eficiencia, fiabilidad y bajos costes. En una planta de refrigeración el refrigerante (amoníaco) evapora a baja temperatura y presión en el evaporador. A continuación es transportado al circuito de alta presión donde condensa en el condensador. Las plantas de refrigeración por compresión usan un compresor para transportar el vapor de refrigerante del evaporador al condensador. En una planta de refrigeración por absorción (PRA) un circuito de solución cubre la función de compresor térmico. En vez de consumir energía eléctrica, este circuito consume energía térmica en forma de vapor, agua caliente o gases de escape. Una PRA está formada principalmente por intercambiadores de calor. La única componente con partes móviles es la bomba de solución. Por ello estas plantas prácticamente no tienen desgaste siendo de alta fiabilidad y reducidos gastos de mantenimiento. En sectores en que la fiabilidad es de importancia primordial, como es por ejemplo la liofilización de café a -55°C, prácticamente solo se usan plantas de refrigeración por absorción.

24.1.4. Conexión de una PRA con la planta de cogeneración

En una planta de trigeneración la PRA usa el calor producido en la cogeneración para la producción de frío. Por lo general se usa el calor de los gases de escape de los motores o de las turbinas. Hay diferentes formas para el aprovechamiento de dicha energía.

➤ *Conexión mediante fluido intermedio*

Los gases de escape pasan por una caldera en el que producen vapor o agua caliente que a su vez se usa para la propulsión de la PRA. La ventaja de este sistema es que el vapor o agua caliente puede usarse simultáneamente para otras aplicaciones. Por ejemplo en empresas con grandes fluctuaciones en el consumo de vapor, la PRA puede consumir todos los excedentes de vapor. De esta forma la planta de cogeneración puede operarse a régimen constante aunque haya fluctuaciones en el consumo de vapor.

➤ *Conexión directa*

Los gases de escape pueden usarse directamente para propulsar la PRA. Esta posibilidad es interesante cuando toda la energía térmica de la cogeneración esta destinada a la producción de frío. La principal ventaja de la conexión directa es la reducción de los costes de inversión y de mantenimiento por no tener un circuito de vapor adicional.

Para evitar pérdidas de carga y minimizar los costes la PRA debe de situarse próxima a los motores o a las turbinas. El desorbador de la PRA esta diseñado como una caldera de vapor y puede ajustarse a las especificaciones de los motores o de las turbinas. En ambos casos la PRA no influencia la cogeneración. La ARP no precisa un suministro constante de calor ni hay requisitos especiales para la puesta en marcha o parada de la planta. El control de la PRA es completamente automático y independiente de la cogeneración. En carga parcial únicamente parte de los gases de escape son enviados a la ARP y el resto es librado a la atmósfera.

24.1.5. Conexión de la PRA con el consumo de refrigeración

Generalmente las PRAs se instalan en combinación con plantas de refrigeración por compresión eléctricas. La PRA en tal caso se diseña para la demanda de refrigeración básica mientras las demandas puntuales se cubren con la planta eléctrica. Siempre que la planta de cogeneración no funcione en continuo o si la demanda de vapor es tal que en determinadas situaciones no hay vapor restante para la ARP, hará falta una instalación de una planta de refrigeración por compresión en paralelo. En el caso de combinar una PRA con una planta de compresión, es importante que el diseño tenga en cuenta las diferentes características de ambas plantas.

Aspectos a tener en cuenta son:

- El amoníaco de la PRA no debe mezclarse nunca con el de la planta de refrigeración por compresión ya que el amoníaco de dicha planta suele llevar pequeñas cantidades de aceite mientras que el de la PRA lleva algo de agua.
- Para realizar temperaturas de hasta -60°C , una planta de compresión suele ser de múltiple etapa mientras que una PRA realiza dichas temperaturas en una sola etapa. Por ello como mas baja sea la temperatura de evaporación mayores las ventajas de las PRA en comparación con las plantas por compresión.
- El desescarche de los evaporadores únicamente puede realizarse con el gas caliente de la PRA si por los evaporadores siempre circula el amoníaco de la PRA.

24.2. Potencias

Las plantas de refrigeración por absorción usadas en la trigeneración suelen tener potencias desde uno 100 kW hasta varios Megavatios.

24.3. Aplicaciones

En el sector químico y petroquímico se instalan con frecuencia plantas de trigeneración con refrigeración por absorción. En estos sectores los principales argumentos son los reducidos costes de mantenimiento y la alta disponibilidad de las plantas de absorción. Trigenco, una combinación de cogeneración y refrigeración por absorción. Consiste en conectar a la unidad de cogeneración un sistema de refrigeración por absorción que suministra aire acondicionado. El consumo de electricidad se reduce considerablemente en comparación con métodos convencionales de aire acondicionado

25. EJEMPLOS DE PLANTAS DE TRIGENERACIÓN CON

PRA

➤ *Trigeneración con turbina a gas en una fábrica de margarinas.*

Una turbina de gas Ruston de 5 MW se instaló para cubrir las necesidades de energía eléctrica y vapor de una fábrica de margarinas en Rotterdam (NL). Después de una reestructuración de la fabricación se redujo el consumo de vapor considerablemente. Por ello se instaló una PRA de 1400 kW evaporando a -23°C . La planta esta instalada en paralelo con 7 compresores de amoníaco con una capacidad de 500 kW por compresor.

Para evitar que el amoníaco de ambas plantas se mezcle se instaló un evaporador/condensador en cascada en el que el amoníaco de la PARA evapora a -27°C mientras que el de la compresión condensa a -23°C .

➤ ***Trigeneración con dos motores de gas en una fábrica de congelados de verduras.***

En una fábrica de congelados de verduras en Talavera de la Reina una planta de cogeneración con dos motores de gas y una potencia eléctrica de 4 MW suministra la energía térmica para la propulsión de la ARP. Los almacenes de conservación deben de mantenerse a -20°C , para ello se instalaron evaporadores nuevos en los que el amoníaco de la ARP evapora directamente a -30°C . La figura 2 muestra el diagrama de la instalación.

➤ ***Trigeneración con tres motores de gas en una empresa láctea.***

En una empresa láctea en Burgos una planta de cogeneración con tres motores de gas y 9 MW eléctricos produce vapor del que una parte se usa para propulsar una PRA. La empresa precisa grandes cantidades de agua helada que se consumen irregularmente durante las 24 horas del día. Los motores por otra parte únicamente están en operación 16 horas diarias. Por ello se instaló una balsa de agua helada con almacenamiento de hielo en la que de día se almacena el frío producido por la PRA. La PRA evapora a -10°C . Su regulación es por una parte función del espesor del hielo que determina la demanda actual de refrigeración, por otra parte depende del consumo de vapor en fábrica y de la disponibilidad de vapor para la PRA. El sistema de control anticipa las demandas puntuales de vapor y reduce el consumo de la PRA para que siempre haya vapor disponible para la producción. La figura 3 muestra el diagrama de la PRA conectada a la balsa de hielo.

➤ ***Trigeneración con dos motores de gas en una empresa cárnica.***

En una empresa cárnica en Logroño dos motores de gas con una potencia eléctrica total de 9 MW producen agua caliente para la propulsión de una PRA. Dado que la empresa prácticamente no consume vapor, se decidió instalar un circuito de agua presurizada como fluido intermedio. La PARA tiene una potencia de 2500 kW evaporando a -18°C y esta conectada mediante un sistema en cascada a la planta de refrigeración por compresión existente.

Figura 1: ARP en combinación con una planta de refrigeración por compresión.

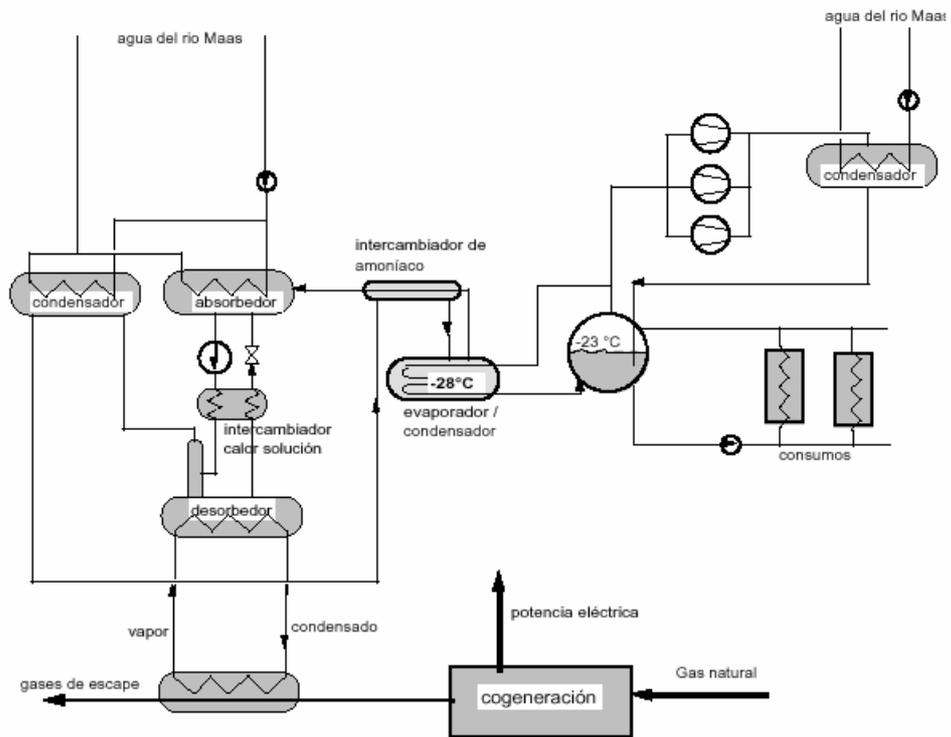


Figura 2: ARP con evaporación directa y circulación de amoníaco.

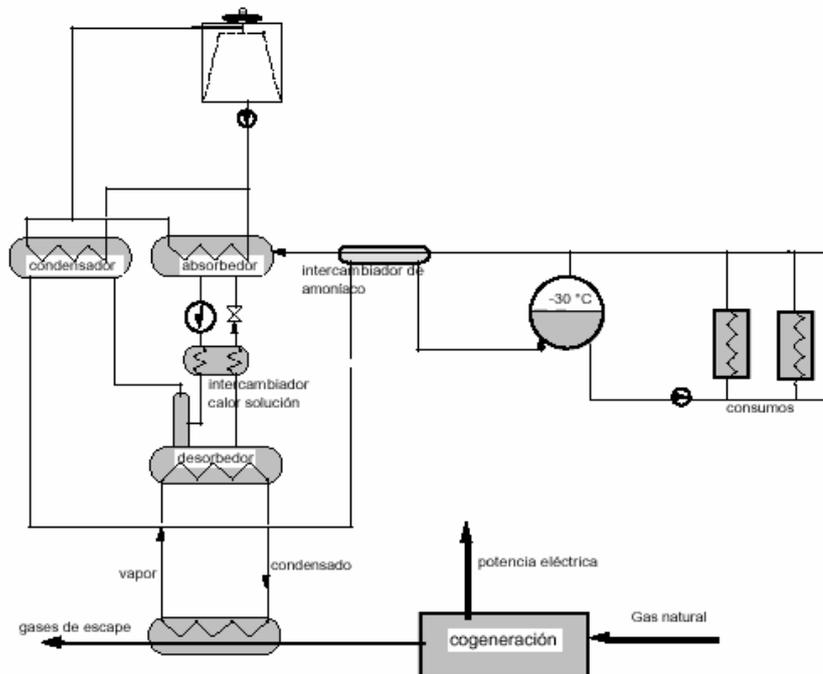
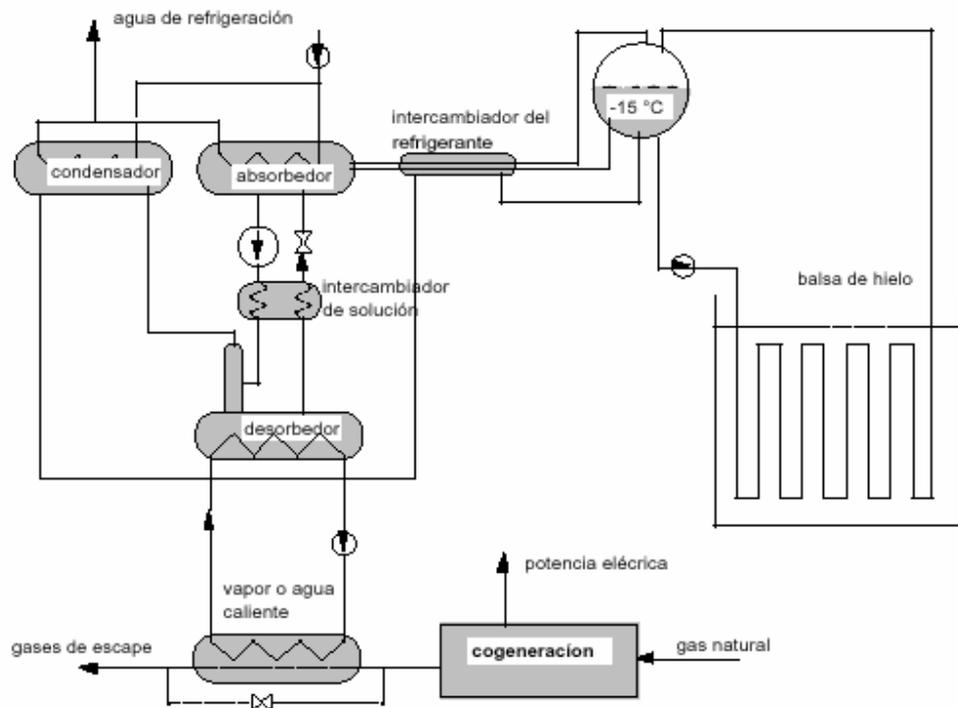


Figura 3: ARP en combinación con una balsa de hielo.

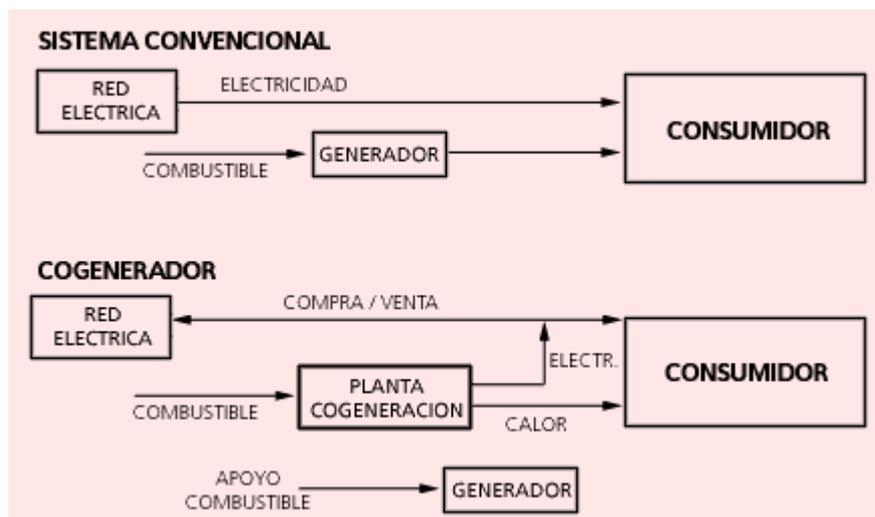


26. COGENERACION

26.1. INTRODUCCION

Los sistemas de cogeneración son sistemas de producción conjunta de electricidad (o energía mecánica) y de energía térmica útil partiendo de un único combustible. Este aprovechamiento simultáneo de electricidad y calor permite obtener elevados índices de ahorro energético, así como una disminución importante de la factura energética, sin alterar el proceso productivo.

A continuación se establece la comparación entre el abastecimiento energético según sistema convencional y de cogeneración:



La cogeneración es un sistema conocido que ha demostrado durante décadas su fiabilidad y eficiencia técnica, aunque su viabilidad económica ha ido fluctuando según la estructura de los precios y la oferta energética disponible.

26.2. Cogeneración y Ahorro energético

La cogeneración como medida de uso racional de la energía produce un ahorro de energía primaria muy importante. Debido al aprovechamiento del calor residual, los sistemas de cogeneración presentan rendimientos globales del orden del 85%. Así pues, existe un importante ahorro de energía primaria que puede ser cuantificado de forma aproximada. Este ahorro energético se incrementa notablemente si se utilizan energías residuales. Además, esta tecnología reduce el impacto ambiental debido al ahorro de energía primaria que implica. Si tenemos en cuenta que para producir una unidad eléctrica por medios convencionales se necesitan 3 unidades térmicas, mientras que en cogeneración se necesitan 1,5 unidades, la cantidad total de agentes contaminantes emitidos se verá disminuida en un 50%.

26.3. Sistemas de Cogeneración (funcionamiento)

1. Cogeneración con turbina de gas.
2. Cogeneración con turbina de vapor.
3. Cogeneración con ciclo combinado.
4. Cogeneración con motor alternativo.

En los sistemas con turbina de gas, se quema combustible en un turbogenerador, cediendo parte de su energía para producir energía mecánica. Los gases que salen de la

turbina (a unos 500 ° C) se pueden aprovechar directamente para secado o bien producir vapor (ciclo simple).

En los sistemas con turbina de vapor, la energía mecánica se produce por la expansión del vapor de alta presión procedente de una caldera convencional.

La aplicación conjunta de una turbina de gas y una turbina de vapor es lo que se denomina " Ciclo Combinado".

En los sistemas basados en motores alternativos, el elemento motriz es un motor de explosión, mientras que el calor recuperable se encuentra en forma de gases calientes y agua caliente (Circuito Refrigeración).

26.3.1. Turbina de gas

Ventajas:

Amplia gama de aplicaciones.

Muy fiable.

Elevada temperatura de la energía térmica.

Rango desde 0,5 a 100 MW.

Gases con alto contenido en oxígeno.

Desventajas:

Limitación en los combustibles

Tiempo de vida relativamente corto

26.3.2. Turbina de vapor

Ventajas:

Rendimiento global muy alto.

Extremadamente segura.

Posibilidad de emplear todo tipo de combustibles.

Larga vida de servicio. Amplia gama de potencias.

Coste elevado.

Desventajas:

Baja relación electricidad / calor.

No es posible alcanzar altas potencias eléctricas.

Puesta en marcha lenta.

26.3.3. Motor alternativo

Ventajas:

Elevada relación electricidad / calor.

Alto rendimiento eléctrico.

Bajo coste.

Tiempo de vida largo.

Capacidad de adaptación a variaciones de la demanda.

Desventajas:

Alto coste de mantenimiento.

Energía térmica muy distribuida y a baja temperatura.

26.4. Aplicación de la Cogeneración

La cogeneración puede aplicarse a cualquier tipo de instalación, basta con que el usuario tenga necesidades térmicas (vapor, agua caliente, gases calientes, frío, etc) mediadas / altas durante un periodo de tiempo prolongado (más de 5000 horas / año), o bien produzca combustibles residuales o afluentes térmicos de suficiente nivel.

Se puede aplicar a diferentes sectores, pero el industrial es el que cuenta con mayores oportunidades para implantar esta tecnología debido a su utilización en todo tipo de industrias que necesiten vapor, agua caliente, gases calientes, etc., con el suficiente nivel de demanda.

En el sector industrial los subsectores potencialmente cogenerados son:

Químico	Papel y Cartón
Petroquímico	Alimentario
Siderurgia	Textil
Cerámico	Ladrillos
Automoción	Madera

Aplicaciones de secado

Se han desarrollado muchas aplicaciones al secado especialmente en la industria cerámica. Estas instalaciones son muy simples ya que los gases calientes generados por una turbina o un motor son utilizados directamente en el proceso de secado.

Aplicaciones en la industria textil

Muchas industrias textiles de este sector utilizan máquinas alimentadas con aceite térmico. Cuando se dispone de gas natural, la tendencia es sustituir el aceite térmico por gases de combustión directa. Como alternativa a esta solución es posible utilizar el gas en motores para cogenerar electricidad y producir el aceite térmico en una caldera de recuperación. De esta forma se logran rentabilidades superiores a la simple conversión a gas natural.

Calefacción y refrigeración de distrito

En España todavía no se han desarrollado de forma masiva, pero en el norte de Europa posiblemente es la mas desarrollada debido a la climatización. En España, zona mediterránea y zonas tropicales se desarrollaran plantas de este tipo, basadas en trigeneración en zonas cálidas y cogeneración en zonas frías.

Aplicaciones en industrias medioambientales

En plantas depuradoras de tipo biológico, de concentración de residuos, o de secado de fangos, etc. son demandantes de calor y, por lo tanto, son potencialmente cogeneradoras.

En estas aplicaciones la cogeneración puede ser un factor importante para la reducción del coste de tratamiento de los residuos y tanto las empresas especializadas en este tratamiento como las entidades municipales con responsabilidad sobre las mismas, deberían contemplar las aplicaciones de la cogeneración en sus planteamientos de futuro.

26.5. Ventajas para el Usuario

El usuario que se decida por la implantación de estos sistemas seguirá demandando la misma cantidad de energía. El ahorro obtenido será puramente económico, ya que la cogeneración le permite satisfacer estas necesidades energéticas a un coste menor con respecto a un sistema convencional. Este ahorro depende, obviamente, de la diferencia que existía entre el precio de la energía eléctrica directamente adquirida de la red y el precio de combustible utilizado. En el caso de que exista venta de energía eléctrica a la red, dependerá también del margen entre el precio del combustible y el precio de venta. Cuanto mayor sea este diferencial, mayor es el beneficio que se obtiene y por tanto más rápidamente se amortiza la instalación. Es por esto que si el combustible utilizado es de tipo residual, el ahorro económico alcanzable se incrementa notablemente. Las aplicaciones más usuales de la cogeneración suelen producir reducciones del 20-30 % de la factura energética, con periodos de amortización de las inversiones del orden de 2 y 3 años, lo que da una idea de su alta rentabilidad.

26.6. Opciones de cogeneración y sectores

	INDUSTRIA										MUNIC.		TERCIARIO
	PAPELERO	CERAMICO	L.Y TEJAS	ALIMENTARIO	TEXTIL	QUIMICO	AUTOMOCION	MADERA	PETROQUIMICO	CIAS. ELECTRICAS	C. DISTRITO	DEPURADORAS	
Turbina de Gas. Ciclo simple	X			X	X	X	X	X	X	X	X		X
Turbina de Gas. Secado		X	X					X					
Turbina Vapor contrapresión	X			X		X							
Ciclo Combinado	X					X	X			X	X		
Motor Alternativo. Secado		X	X										
Motor Alternativo. Recuperación				X	X	X					X	X	X

27. TURBINAS

27.1. Definición

Máquina de fluido que permite transformar la energía del fluido que la atraviesa en movimiento rotativo de un eje. El fluido puede ser líquido (o comportarse como tal) como en el caso de las turbinas hidráulicas de las centrales hidroeléctricas y las turbinas de los aerogeneradores o gaseoso, se trate de vapor de agua o gases producto de la combustión de un combustible, turbina de vapor y turbina de gas respectivamente. Aunque en sentido estricto la turbina consta de una o dos ruedas con paletas, denominadas respectivamente rótor y estátor, siendo la primera la que es impulsada por el fluido arrastrando el eje en el que se obtiene el movimiento de rotación, aquéllos motores en los que el efecto útil buscado es precisamente el giro de un eje, frecuentemente conectado a un generador para la obtención de energía eléctrica, aunque la turbina sea sólo un componente de la máquina, por considerarse el principal el conjunto recibe la denominación de turbina. La máquina inversa, es decir, aquélla que incrementa la energía del fluido que la atraviesa a expensas de la energía mecánica de rotación de un eje se denomina turbocompresor.

27.2. Introducción

El éxito obtenido con las turbinas de agua condujo a utilizar el principio de la turbina para extraer energía del vapor de agua. Mientras que la máquina de vapor de vaivén desarrollada por Watt utilizaba la presión del vapor, la turbina consigue mejores rendimientos al utilizar también la energía cinética de éste. La turbina puede ser más pequeña, más ligera y más barata que una máquina de vapor de vaivén de la misma potencia, y puede ser de un tamaño mucho mayor que las máquinas de vapor convencionales. Desde el punto de vista de la mecánica, tiene la ventaja de producir directamente un movimiento giratorio sin necesidad de una manivela o algún otro medio de convertir la energía de vaivén en energía rotatoria. Como resultado de ello, la turbina de vapor ha reemplazado a las máquinas de vaivén en las centrales generadoras de energía eléctrica, y también se utiliza como una forma de propulsión a chorro. Las turbinas de vapor se utilizan en la generación de energía eléctrica de origen nuclear y en la propulsión de los buques con plantas nucleares. En las aplicaciones de cogeneración que requieran tanto calor (el utilizado en un proceso industrial) como electricidad, se genera vapor a altas presiones en una caldera y se extrae desde la turbina a la temperatura y la presión que necesita el proceso industrial. Las turbinas de vapor pueden utilizarse en ciclos (escalones) combinados con un generador de vapor que recupera el calor que se perdería. Las unidades industriales se utilizan para poner en movimiento máquinas, bombas, compresores y generadores eléctricos. La potencia que se obtiene puede ser de hasta 1.300 MW. La turbina de vapor no fue inventada por una única persona, sino que fue el resultado del trabajo de un grupo de inventores a finales del siglo XIX. Algunos de los participantes más notables en este desarrollo fueron el británico Charles Algernon

Parsons y el sueco Carl Gustaf Patrik de Laval. Parsons fue responsable del denominado principio de escalones, mediante el cual el vapor se expandía en varias fases, aprovechándose su energía en cada una de ellas. De Laval fue el primero en diseñar chorros y palas adecuados para el uso eficiente de la expansión del vapor.

27.3. Funcionamiento de la turbina de vapor

El funcionamiento de la turbina de vapor se basa en el principio termodinámico que expresa que cuando el vapor se expande disminuye su temperatura y se reduce su energía interna. Esta reducción de la energía interna se transforma en energía mecánica por la aceleración de las partículas de vapor, lo que permite disponer directamente de una gran cantidad de energía. Cuando el vapor se expande, la reducción de su energía interna en 400 cal puede producir un aumento de la velocidad de las partículas a unos 2.900 km/h. A estas velocidades la energía disponible es muy elevada, a pesar de que las partículas son extremadamente ligeras.

Si bien están diseñadas de dos formas diferentes, las partes fundamentales de las turbinas de vapor son parecidas. Consisten en boquillas o chorros a través de los que pasa el vapor en expansión, descendiendo la temperatura y ganando energía cinética, y palas sobre las que actúa la presión de las partículas de vapor a alta velocidad. La disposición de los chorros y las palas depende del tipo de turbina. Además de estos dos componentes básicos, las turbinas cuentan con ruedas o tambores sobre los que están montadas las palas, un eje para las ruedas o los tambores, una carcasa exterior que retiene el vapor dentro de la zona de la turbina, y varios componentes adicionales como dispositivos de lubricación y controladores.

27.4. Tipos de turbina de vapor

La forma más sencilla de turbina de vapor es la denominada turbina de acción, en la que los chorros de la turbina están sujetos a un punto dentro de la carcasa de la turbina, y las palas están dispuestas en los bordes de ruedas que giran alrededor de un eje central. El vapor pasa a través de las boquillas y alcanza las palas. Éstas absorben una parte de la energía cinética del vapor en expansión, lo que hace girar la rueda y con ella el eje al que está unida. La turbina está diseñada de forma que el vapor que entra por un extremo de la misma se expande a través de una serie de boquillas hasta que ha perdido la mayor parte de su energía interna.

En la turbina de reacción la energía mecánica se obtiene de la aceleración del vapor en expansión. Las turbinas de este tipo cuentan con dos grupos de palas, unas móviles y las otras fijas. Las palas están colocadas de forma que cada par actúa como una boquilla a través de la cual pasa el vapor mientras se expande. Las palas de las turbinas de reacción suelen montarse en un tambor en lugar de una rueda. El tambor actúa como eje de la turbina.

Para que la energía del vapor se utilice eficientemente en ambos tipos de turbina, es necesario utilizar varios escalones en cada uno de los cuales se convierte en energía

cinética una parte de la energía térmica del vapor. Si se hiciera toda la conversión de los dos tipos de energía en un solo escalón, la velocidad rotatoria de la rueda sería excesiva. Por lo general, se utilizan más escalones en las turbinas de reacción que en las turbinas de acción. Se puede comprobar que, con el mismo diámetro y la misma cantidad de energía, la turbina de reacción necesita el doble de escalones para obtener un rendimiento máximo. Las turbinas más grandes, que normalmente son de acción, emplean hasta cierto grado la reacción al principio del recorrido del vapor para que el flujo de vapor sea eficaz. Muchas de las turbinas de reacción utilizan primero un escalón de control de acción, lo que reduce el número de escalones necesarios.

A causa del aumento de volumen del vapor cuando se expande, es necesario aumentar en cada escalón el tamaño de las aberturas a través de las cuales pasa el vapor. Durante el diseño real de las turbinas, este aumento se consigue alargando las palas de un escalón a otro y aumentando el diámetro del tambor o la rueda a la que están acopladas las palas. También se agregan dos o más secciones de turbina en paralelo. Como resultado de esto, una turbina industrial pequeña puede ser prácticamente cónica, con el diámetro más pequeño en el extremo de entrada, de mayor presión, y el diámetro mayor en el extremo de salida. Las grandes turbinas de una central eléctrica nuclear pueden tener cuatro rotores con una sección de alta presión con flujo doble, seguida de tres secciones de baja presión y flujo doble. Las turbinas de vapor son máquinas simples que tienen prácticamente una sola parte móvil, el rotor. Sin embargo, requieren algunos componentes auxiliares para funcionar: cojinetes de contacto plano para sostener el eje, cojinetes de empuje para mantener la posición axial del eje, un sistema de lubricación de los cojinetes y un sistema de estanqueidad que impide que el vapor salga de la turbina y que el aire entre en ella. La velocidad de rotación se controla con válvulas en la admisión de vapor de la máquina. La caída de presión en las palas produce además una fuerza axial considerable en las palas móviles, lo que se suele compensar con un pistón de equilibrado, que crea a su vez un empuje en sentido opuesto al del vapor.

La eficiencia de expansión de las turbinas modernas de varios escalones es alta, dado el avanzado estado de desarrollo de los componentes utilizados en las turbinas y la posibilidad de recuperar las pérdidas de un escalón en los siguientes, con un sistema de recalentamiento. El rendimiento que se obtiene al transformar en movimiento la energía teóricamente disponible suele superar el 90%. La eficiencia termodinámica de una instalación de generación con vapor es mucho menor, dada la pérdida de energía del vapor que sale de la turbina.

PARTE V

MANTENIMIENTO DE CALDERAS

28. INTRODUCCION

La atención y el adecuado mantenimiento de todos y cada uno de los componentes de la instalación, tendrán como consecuencias una vida más larga, un funcionamiento deseado y unos gastos de explotación óptimos.

Pero la consecuencia más importante de un buen mantenimiento es que es la clave para un FUNCIONAMIENTO CORRECTO.

Por esto es fundamental llevar un libro de registro en el que se anoten los datos operacionales de la instalación y que recoja las anomalías, sus correcciones, las reparaciones...

28.1. Características De Calderas Del Mercado

A continuación mostramos varios ejemplos de características de calderas que existen en el mercado.

Estas características hay que tenerlas en cuenta para que la elección de nuestra caldera se ajuste a nuestras necesidades, nuestro proyecto y las condiciones necesarias antes de la primera puesta en marcha vendrán determinadas por ellas.

Según el tipo de caldera elegido los ensayos variarán un poco, según la normativa a tener en cuenta para la presión y temperatura de nuestra caldera.

CALDERAS DE VAPOR - Mod. C/M

Temperatura de alimentación de agua: 60 ¼C

Presión de diseño: 9 bar

Producción vapor	kg/h	200	400	600	800	1000	1250
Características							
Potencia térmica	kW	140	281	421	561	702	877
Potencia térmica	Th/h	121	241	362	483	603	754
Dimensiones							
Longitud	mm	2280	2280	2570	2920	3070	3380
Anchura	mm	1280	1280	1280	1360	1360	1580
Altura	mm	1615	1615	1615	1695	1695	1915
Peso	kg	1700	1700	1850	2350	2450	3250

CALDERAS DE VAPOR - Mod. C/M

Temperatura de alimentación de agua: 60 ¼C

Presión de diseño: 11 bar y 13 bar

Producción vapor	kg/h	1500	2000	2500	3000	4000	5000
Características							
Potencia térmica	kW	1055	1407	1759	2111	2814	3517
Potencia térmica	Th/h	908	1210	1513	1815	2420	3025
Dimensiones							
Longitud	mm	4000	4350	4750	4750	5250	5650
Anchura	mm	1820	1960	1960	2110	2260	2410
Altura	mm	2340	2480	2480	2630	2780	2930
Peso	kg	5100	6000	6700	8000	9700	12300

Producción vapor	kg/h	6000	8000	10000	12500	15000
Características						
Potencia térmica	kW	4221	5628	7050	8813	10575
Potencia térmica	Th/h	3630	4840	6063	7579	9095
Dimensiones						
Longitud	mm	6250	6750	7450	8650	8700
Anchura	mm	2610	2760	2960	3110	3285
Altura	mm	3130	3280	3480	3630	3805
Peso	kg	15300	18300	24500	30400	35000

CALDERAS DE VAPOR - Mod. C/M (2 hogares)

Temperatura de alimentación de agua: 105 ¼C

Presión de diseño: 13 bar

Producción vapor	kg/h	200	400	600
Características				
Potencia térmica	kW	14100	17625	21150
Potencia térmica	Th/h	12126	15158	18189
Dimensiones				
Longitud	mm	7980	8480	8760
Anchura	mm	4250	4470	4820
Altura	mm	4480	4650	4900
Peso	kg	42700	49800	57900

29. EL PERSONAL

Es imprescindible que se designe un responsable de la instalación.

Este responsable así como los operarios que manipulen la instalación deben estar adecuadamente formados, tienen que tener un conocimiento que les permita hacer funcionar la instalación de forma segura, para entender el funcionamiento y la función de cada componente y para darse cuenta de la Inter.-relación entre los diversos componentes de la instalación.

El personal responsable del servicio de calderas, debe atender las siguientes instrucciones.

- Justificar su conocimiento de las prescripciones reglamentarias.
- La instalación de la caldera debe conservarse limpia, estar bien iluminada y libre de cualquier objeto que no pertenezca a la misma.
- Cualquier anomalía en el funcionamiento deberá ser localizada y reparada de forma inmediata. Si el alcance de la avería no fuese realmente importante, se procederá a su reparación en la primera parada de la instalación.
- Independientemente de las pruebas periódicas establecidas por la Superioridad, se deberán realizar reconocimientos periódicos de la instalación de caldera y equipos auxiliares, recomendándose que un mínimo de dos reconocimientos sean efectuados por personal técnico ajeno a la conducción del generador.
- Las herramientas, accesorios y cualquier utensilio que sea necesario para el servicio, deberán estar ordenados y colocados en lugares fácilmente accesibles.
- Se establecerá un stock de piezas de repuesto que se consideren imprescindibles para un servicio continuo de la instalación.

Los operarios deberán poseer conocimientos sobre:

-*Compresores*: su funcionamiento: el punto de ajuste, la función del presostato de alta, de baja y de aceite. Las funciones de los termostatos y de cualquier otro control de seguridad que se halla instalado en la caldera.

-*Válvulas automáticas de control*: tienen que saber como funcionan que regulan como se ajustan.

-*Válvulas de cierre manuales, eléctricas o neumáticas*: donde están situadas y en que situaciones hay que usarlas.

-*Válvulas de seguridad*: donde están situadas, que parte del sistema protege cada una y que debe hacerse si la válvula llega a actuar.

-*Controles eléctricos*: seleccionadores fusibles, reles, temporizadores... Deben saber la finalidad de cada uno y lo que protege cada uno.

-*Cambios de presión y temperatura*: cuales son las temperaturas y presiones normales de funcionamiento. Las causas y los efectos de los cambios de presión o temperatura y que hacer para restablecer las condiciones normales de trabajo.

30. INSPECCIÓN DE LA CALDERA [UNE 9-206-88]

30.1. PROYECTO CALDERA

Una vez realizada toda la instalación de la caldera siguiendo el proyecto, visto el tratamiento de aguas, la automatización de la caldera, combustión, etc, se procederá a la puesta en marcha e la caldera, realizando primeramente los ensayos requeridos según la normativa vigente.

30.2. EXAMEN DE DOCUMENTACIÓN

Antes de realizar la inspección física de la instalación, el inspector debe examinar el proyecto de la instalación y la documentación suplementaria, que le serán presentados por el usuario.

En este examen el inspector comprobará especialmente:

Que la caldera y su equipamiento sean del tipo registrado.

Que la instalación anexa a la caldera cumple la formativa vigente.

Que el Expediente de Control de Calidad[UNE 9-106-92/105]

se ajuste en su contenido al requerido en el código o norma respectivos, utilizados para la construcción de la caldera.

Es el conjunto de información documental que avala la adecuada fabricación de un equipo y de los elementos a presión incorporados al mismo, de conformidad con el código o norma de diseño y construcción.

➤ *Composición del expediente:*

1. Hoja de datos
2. Documentos de control de materiales
 - a. Dibujos
 - b. Certificados
 - i. Certificados de calidad de chapas, tubos, barras, etc..
 - ii. Certificados de calidad de los consumibles empleados en las uniones soldadas.
3. Documentos de control de ejecución de soldaduras
 - a. Certificación de procedimiento
 - b. Dibujo
 - c. Cualificación de soldadores
4. Documentos de control de ensayos no destructivos
 - a. Dibujo
 - b. Informe
5. Documentos de control de ensayos destructivos
 - a. Dibujo
 - b. Informes
6. Documentos de control de tratamiento térmico de distensionado
 - a. Especificación
 - b. Grafico
7. Documento de control dimensional del conjunto resistente
8. Documento del control de pruebas
9. Documento del control de funcionamiento
10. Documento de identificación del equipo

- Que se ha realizado satisfactoriamente una prueba hidrostática de la caldera (véase norma UNE 9-105) al finalizar la construcción de esta.
- Que la sala de calderas (véase norma UNE 9-013) cumpla la formativa que sea aplicable en cuanto se refiere a:
 - Seguridad
 - Ventilación
 - Alojamiento de equipos auxiliares
- Que el usuario dispone de instrucciones de mantenimiento y funcionamiento del equipo instalado, y en particular, de las relativas a;
 - Equipo de combustión
 - Tratamiento del agua de alimentación, con especial mención al régimen de aditivos y de purgas
- Que el personal encargado de la conducción de la caldera está convenientemente cualificado.

30.3. EXAMEN DE LA INSTALACIÓN

Con el fin de verificar la seguridad de la caldera y del equipo auxiliar, durante este examen, el inspector comprobará especialmente:

- a) Que la caldera y su equipamiento, la sala de calderas, y el tratamiento de agua cumplen con lo especificado en el proyecto de la instalación.
- b) Que la instalación eléctrica cumple el vigente reglamento de baja/alta tensión.
- c) Que las indicaciones de manómetros, termómetros e indicadores de nivel son legibles desde el piso de maniobra del operador de calderas.
- d) Que los escapes de vapor de las válvulas de seguridad, las purgas de los aparatos, y las eventuales puestas al aire de las conducciones de los combustibles gaseosos están instaladas de forma segura, sin posibilidad de poder causar daños a personas o bienes.
- e) Que el operador de la caldera –comprobada su identidad- dispone de una copia de las instrucciones de funcionamiento y del mantenimiento del conjunto instalado.
- f) Que en la sala de calderas se dispone de la información siguiente:

- Libro diario de operaciones de control de seguridades y del mantenimiento del equipo
- Ejemplar de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo
- Prescripciones sobre la contaminación atmosférica emanadas del organismo nacional competente en esta materia

- Dirección del más cercano servicio técnico competente para la asistencia de la caldera y del equipo de combustión
- Dirección del servicio contra incendios mas cercano.

31. PRUEBAS

31.1. PRUEBA HIDROSTÁTICA. PRUEBA DE PRESIÓN

[Normas UNE 9-105-92]

➤ **Definición:**

La primera prueba de presión de un aparato a presión es la que permite verificar su estanquidad y su resistencia a las deformaciones
La presión de Prueba P_P , viene dada por la expresión:

$$P_P = 1.5 P_d$$

Donde P_d es la presión de diseño.

➤ **Preparación de la prueba:**

1. Limpiar en interior de la caldera y que esté libre de obstáculos.
2. Verificar que todas las zonas del cuerpo resistente a inspeccionar son accesibles y carecen de cualquier otro recubrimiento
3. El manómetro debe comprender como mínimo en su escala hasta $2.5 P_P$ en su baremo.
4. Debe haber un precalentamiento del agua, no se aconseja agua a baja temperatura.

➤ **Realización de la prueba**

- Proceso de presurización. Tiempo

Se procede al llenado de agua de las partes a presión hasta alcanzar la presión de prueba y se cierra en ese momento el dispositivo de alimentación (cuidando que no existan bolsas de aire, la aportación de agua para pasar de P_d a P_P debe ser de pequeño caudal). Durante un tiempo de 20 min. Se comprueba que el manómetro permanece inalterable, y se realizan las mediciones y se inicia la inspección visual.

- Mediciones e inspección durante la prueba

Se deben realizar a la presión de prueba. Seguidamente se procede a la inspección visual principalmente en las uniones vigilando que no haya fugas. Luego se procede a un vaciado de la caldera hasta un rango de amplitud [P_d , $0.8 P_P$].

- Mediciones después de la prueba

Deben realizarse en los mismo puntos en que se efectuaron durante la prueba, con el fin de determinar si se han producido deformaciones permanentes.

- Informe:

Presión de prueba, Gráfico Tiempo / presión , temperatura del liquido de prueba, Manómetros utilizados, Resultado de las mediciones, Resultado de la inspección visual, Nombre y cargo de la persona que se ocupa, Lugar de realización, Fecha de realización.

31.2. PRUEBAS HIDROSTÁTICAS DE REDES DE TUBERÍAS

Todas las redes que porten fluidos se deberán probar antes de ser tapadas por aislantes, albañilería, material de relleno, etc. Se realizará una **prueba de estanqueidad hidrostática**, siguiendo las siguientes indicaciones:

- Taponar extremos de los conductos en el montaje, antes de conectar los terminales, con el fin de evitar la entrada de suciedad y de materiales extraños.
- Dejar las conducciones y equipos a una presión 1,5 veces mayor a la de trabajo, no siendo menor de 6 bar, en frío.
- Realizar pruebas de circulación de agua, limpieza, filtros, estanqueidad en temperatura de régimen y medir presiones.
- Efectuar el tarado de órganos de seguridad.

Se deberán limpiar debidamente y como marca el reglamento como marca el reglamento antes de realizar la pruebas. Utilizar agua con detergente y recircular por las bombas (2h) hasta obtener un PH menor de 7.5 (para instalaciones cerradas con temperatura del agua menos a 100°) y después vaciar.

- Limpiar también bombas, accesorios, filtros.....

31.3. PRUEBAS DE REDES DE CONDUCTOS [UNE 100104]

Los conductos de chapa se probarán de acuerdo con las pruebas requieren el taponamiento de los extremos de la red, antes de que estén instaladas las unidades terminales. Los elementos de taponamiento deben instalarse en el curso del montaje, de tal manera que sirvan, al mismo tiempo, para evitar la entrada en la red de materiales extraños.

Complementado el montaje de las redes de distribución de aire y antes de conectar los terminales se pondrán en marcha los ventiladores hasta que se observe limpio.

Posteriormente se procederá a comprobar la ejecución, limpieza t acabado de las instalaciones.

También se hará equipos eléctricos, calderas, climatizadores....., anotando condiciones de funcionamiento.

31.4. PRUEBAS DE LIBRE DILATACIÓN

Una vez que las pruebas anteriores hayan sido satisfactorias y se hayan comprobado hidrostáticamente los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con calderas se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática.

Las instalaciones equipadas con calderas se someterán a dicha prueba, una vez realizadas las anteriores con resultados satisfactorios. Dicha prueba consistirá en subir la temperatura hasta alcanzar la de tarado de los elementos.

Posteriormente. Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no han tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión ha funcionado correctamente.

31.5. PRUEBAS DE CIRCUITOS FRIGORÍFICOS

Los circuitos frigoríficos de las instalaciones centralizadas de climatización, realizados en obra, serán sometidos a las pruebas de estanqueidad especificadas en la instrucción MI.IF.010, del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

Las líneas precargadas suministradas por el fabricante estarán exentas de la prueba de estanqueidad, siempre que entregue el correspondiente certificado de pruebas.

No debe ser sometida a una prueba de estanqueidad la instalación de unidades por elementos cuando se realice con líneas precargadas suministradas por el fabricante del equipo, que entregará el correspondiente certificado de pruebas.

31.6. OTRAS PRUEBAS

Por último, se comprobará que la instalación cumple con las exigencias de calidad, confortabilidad, seguridad y ahorro de energía de estas instrucciones técnicas. Finalmente se deberá comprobar el correcto funcionamiento de los equipos y regulación, la conformidad, calidad, seguridad y entorno de la instalación.

32. PRIMERA PUESTA EN MARCHA

Una vez ejecutadas las obras, el director de obra o la empresa instaladora, según proceda, solicitará a la **delegación provincial de industria y trabajo**, la autorización para la realización de las pruebas. Para ello, rellenará una solicitud y la presentará ante dicha delegación. Una vez obtenida la autorización se procederá al suministro provisional de energía para la realización de las pruebas necesaria antes de la puesta en marcha. Puesta en marcha después de un amplio periodo de parada. Antes de poner en servicio el generador, deberá revisarse el estado de las válvulas de seguridad, niveles, manómetro y demás controles y equipos auxiliares que el mismo incorpore, comprobándose su estado.

- Comprobar que las válvulas de cierre del circuito de combustible están abiertas.
- Comprobar que las válvulas de cierre del circuito de agua de alimentación están abiertas.
- Si comenzamos con el generador desde presión cero, abrir la válvula de aireación.
- Observar el agua en los niveles, si ésta falta, debe ponerse la bomba en marcha automáticamente al accionar los interruptores general y de bomba de alimentación.
- Colocar el interruptor general en posición ON (En Marcha)
- Accionar el pulsador de rearme o desbloqueo.
- Colocar el interruptor del quemador en posición conectado.
- Cerrar la válvula de aireación cuando salga un flujo continuo de vapor por la misma.

33. TIPOS DE MANTENIMIENTO

33.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es el que se produce una vez ocurrida la avería. Usualmente se efectúa por emergencia bajo fuertes demandas de operación, procurando evitar caídas en la producción.

También se le conoce como *mantenimiento curativo*.

Ventajas

- Aprovechamiento máximo de los elementos hasta la rotura evitando el desperdicio de recurso no aprovechado.
- No se requiere de alta capacidad de técnicos e ingenieros, ya que las labores de reparación y de recambio las ejecutan trabajadores de mantenimiento (es más importante la destreza que la capacidad de análisis).
- Poca infraestructura administrativa y de diagnóstico.

Desventajas

- Colapsos impredecibles, que pueden provocar daños y averías en cadena de proporciones desconocidas.
- Baja seguridad de operación
- Ambiente de trabajo deficiente
- Considerable número relativo de trabajadores de mantenimiento
- Stock de repuestos grande
- Riesgo de fallo de elementos de difícil adquisición (altos costos y tiempos largos de espera).
- Baja calidad relativa de mantenimiento
- No es recomendable en casos de maquinaria crítica con alta efectividad operacional requerida.

33.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Surge como necesidad de remediar los defectos del mantenimiento correctivo.

Consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos de tiempo o nº de eventos. Los intervalos entre revisiones los suele especificar el fabricante en un tiempo en el que la probabilidad de fallo de la máquina es de un 2%, desde que la máquina es nueva o ha sido revisada.

No hay diagnóstico previo a las condiciones de operación.

Abarca las siguientes actividades:

- Revisiones periódicas
- Limpieza y protección anticorrosiva (conservación)
- Lubricación
- Reconocimiento de “puntos débiles”
- Reparación y recambios planificados

En la mayor parte de los casos este método es antieconómico y pueden generarse grandes pérdidas, usualmente por dos tipos de errores:

Sobremantenimiento

- Si el mantenimiento preventivo interrumpe la vida útil y operación normal de un sistema industrial, sin tener conocimiento de causa, la reserva de uso de vida será desaprovechada, aparte de la acumulación innecesaria de actividades preventivas que aumentan el gasto y abaten la disponibilidad.
- El “síndrome de sobremantenimiento” ha desacreditado el mantenimiento preventivo en muchas industrias.

Submantenimiento

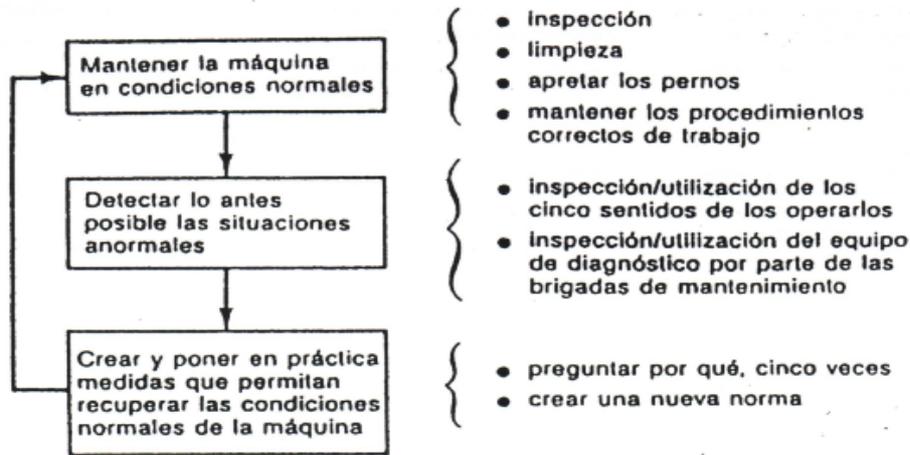
- Si se determinan inadecuadamente los tiempos medios entre averías, y la programación preventiva se retrasa con respecto a la avería el mantenimiento correctivo se pone en lugar del preventivo, neutralizando sus posibles beneficios.

Resumiendo, el mantenimiento preventivo requiere modelos y estrategias de optimización en cuanto a su programación, ya que ni las recomendaciones del fabricante resuelven los problemas de tiempos de intervención por no disponer de conocimientos de las condiciones particulares de cada sistema.

Para fabricar de modo competitivo, hay que eliminar todos los problemas y las averías de las máquinas.

Sin embargo, los problemas habituales en las fabricas consisten en que a las brigadas de mantenimiento se dedican a solucionar las averías repentinas de las máquinas, y olvidan la necesaria tarea de arreglar las máquinas, se les puede olvidar apretar algún perno el cual queda suelto.

33.3. COMO PREVENIR AVERÍAS Y PROBLEMAS EN LAS MAQUINAS



33.3.1. Lubricación

La lubricación es el elemento constituyente del mantenimiento preventivo.

El objetivo central de la lubricación es:

- Asegurar la marcha entre dos piezas que tienen movimiento relativo
- Reducir el rozamiento y el desgaste
- Facilitar el deslizamiento en los arranques y en marcha
- Evitar la corrosión
- Producir equilibrio térmico
- Evacuar impurezas

Hay muchos tipos de lubricantes:

GRASAS.- Jabonosas: el espesante es el que le da nombre no jabonoso o sintético: el más común es el gel de sílice

ACEITES.- Petrolíferos o minerales Sintéticos

LUBRICANTES ESPECIALES.- Para ambientes oxidantes
 Para altas temperaturas
 Para corte, embutición o temple
 Para lubricar caucho
 Para aviación

Para turbo-reactores
Para aditivos

➤ **Tipos de lubricación**

1. **Lubricación a presión**

Hidrostática: la presión se consigue externamente mediante una bomba, el Lubricante puede ser cualquier fluido.

Elastohidrodinámica: lubricación de elementos curvos sometidos a altas Presiones y con contacto rodante.

2. **Lubricación sin presión**

A mano: periódicamente

Por aspersión: incide un chorro en lugar requerido

Por barboteo: cucharilla en cabezas de bielas

Por salpicado o chapoteo:

Por goteo: caen gotas por gravedad desde cárteres superiores

Por mecha: material absorbente

Por anillo o cadena de lubricación: aro o cadena que rueda

Por collarín: este está unido al eje y su mayor diámetro hace que entre él Lubricante

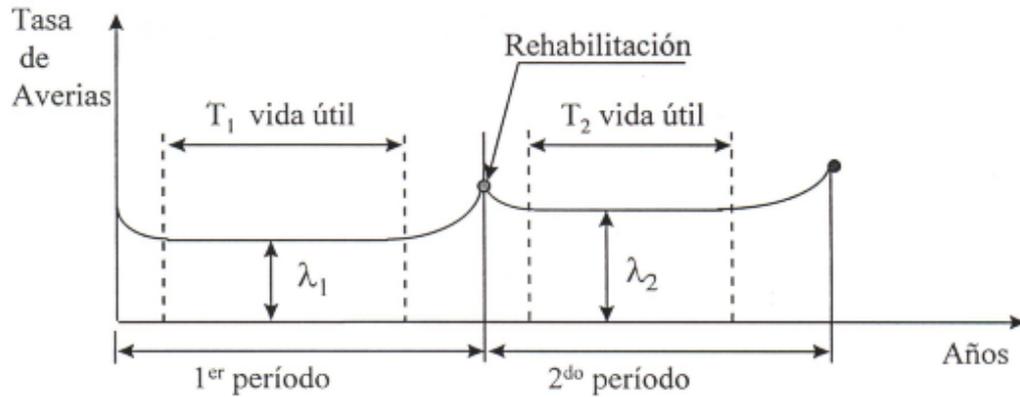
Por inmersión: el elemento se sumerge dentro del lubricante

Por Nebulacion: se proyecta aire con aceite en suspensión.

Principales problemas del mantenimiento preventivo

- Demasiados puntos a comprobar
- Necesidad de dar prioridad y por tanto eliminar aquellos que se crean menos importantes.
- Muchas comprobaciones dinámicas se hacen con la máquina parada.
- Falta de personal cualificado para realizar las inspecciones de máquina.
- Rigidez del sistema
- Extracoste por sobre inspecciones.

CURVA DE BAÑERA DE UNA MAQUINA RECONSTRUIDA



Debemos tener en cuenta que:

$T_1 > T_2$ $\lambda_1 < \lambda_2$

34. COMPROBACIONES

34.1. MARCHA EN RÉGIMEN.

Se comprobará el funcionamiento de reguladores de nivel, a diversas cargas de generador, así como su comportamiento en las variaciones bruscas de la carga, aún cuando estas variaciones es conveniente que se produzcan suavemente. Todos los días y aprovechando los momentos de reducida demanda de vapor de fábrica, se comprobará el correcto funcionamiento de los controles de presión, nivel, fallo de llama, etc., provocando para ello las incidencias correspondientes.

Con la mayor frecuencia posible se comprobará el correcto establecimiento y forma de la llama, así como el estado de la obra de refractario, utilizándose para ello las mirillas de observación previstas a tal fin.

Periódicamente se comprobarán las características del agua de alimentación y del agua en el interior de la caldera.

Las características del agua, tanto de alimentación como del interior de la caldera, deberán mantenerse por debajo de los límites reflejados por el sistema. Se deberá poner especial cuidado en la extracción de la muestra del agua del interior del generador, cuando éste se encuentre en servicio, en el sentido de evitar la vaporización parcial del agua al pasar a la presión atmosférica. Lo anterior se puede conseguir

habilitando un pequeño serpentín refrigerador sumergido en agua fría y haciendo pasar el agua de la caldera a través del mismo, y de esta forma prevenir la citada vaporización parcial que podría desvirtuar sensiblemente las características obtenidas por análisis posterior.

Para realizar un buen mantenimiento hay que tener en cuenta una serie de comprobaciones periódicas. Con la convicción que *MÁS VALE PREVENIR QUE REPARAR*, el personal encargado de la instalación debe realizar las comprobaciones y trabajos que se detallan a continuación, con la periodicidad que se indica. Hay que tener en cuenta que se trata de una guía general de actuación, que no pretende ser exhaustiva, sino para poder ayudar al operario en su trabajo. *En cualquier caso, las instrucciones específicas de los fabricantes de los diversos componentes tendrán un carácter prioritario.*

34.2. TIPOS DE PROCEDIMIENTO

34.2.1. Cada turno

Presiones: de condensación, de aspiración, de aceite y de líquido en las instalaciones por bombeo.

Temperaturas: de entrada y salida de agua

- De aceite
- Del líquido en las instalaciones por bombeo
- Exterior (húmeda y seca)
- De cámaras
- De entrada y salida de agua en los condensadores

Varios: horas de funcionamiento de cada compresor

- Consumos eléctricos
- Niveles de aceite en los compresores
- Refrigerante introducido en la instalación
- Purgas

34.2.2. Cada día

1. Purga diaria de indicadores de nivel

La válvula de entrada de vapor al indicador de nivel debe continuar abierta, cerrar la válvula de entrada de agua al indicador de nivel, abrir lentamente la válvula de purga del indicador de nivel, dejar circular unos segundos el vapor, observándolo a través del cristal. Cuando toda el agua ha desaparecido del cristal, ir cerrando lentamente la válvula de purga. Una vez cerrada la válvula de purga, abrir lentamente la válvula de entrada de agua.

Esta operación debe realizarse lentamente para evitar un golpe de presión sobre el cristal, impidiendo así una posible rotura del mismo.

NOTA: Esta operación deberá realizarse dos veces seguidas como mínimo por cada aparato. La caldera durante la misma deberá tener, como mínimo, unos 2 Kg/cm² de presión.

2. *Comprobación de alarma, desconexión y bloqueo del quemador por bajo nivel de agua*

Ambos controles de nivel deben accionar la alarma y bloquear el quemador por bajo nivel de agua. Al volver todo el sistema a la posición inicial de acuerdo con el apartado c.1 accionando además el pulsador de desbloqueo, el quemador debe ponerse en marcha automáticamente si hay demanda de vapor.

NOTA: La operación indicada en el apartado c.2 se considera junto con la c.1 de la máxima importancia. Por tanto, cuando se advierta cualquier anomalía durante la ejecución de la misma, debe comunicarse al servicio de mantenimiento correspondiente.

3. *Comprobación del control de llama en marcha continua*

Cuando el equipo de combustión se encuentra funcionando, retirar la célula fotoeléctrica de su emplazamiento. Con la mano tapar totalmente la parte sensible de la misma, de forma que no pueda llegarle ninguna luz, y a los cinco (5) segundos, aproximadamente, de hacer esta operación, el quemador deberá interrumpir la combustión, y se encenderá la lámpara de bloqueo. Para volver a poner el quemador en marcha, se introducirá la célula en su emplazamiento, cuidando que su parte sensible esté dirigida a la llama, y a continuación se accionará el pulsador de rearme o desbloqueo.

4. *Comprobación del control de llama durante el encendido.*

Con el quemador, retirar la célula fotoeléctrica de su emplazamiento y proceder a la puesta en marcha en automático. Cuando empiece a girar el quemador, tapar la célula fotoeléctrica con la mano, de forma que no llegue ninguna luz. Esperar en esta situación el desarrollo del programa. Llegará un instante en el cual se podrá escuchar el golpe de apertura de la válvula solenoide de combustible principal, en ese instante, debe encenderse el quemador y la combustión se mantendrá perfectamente durante unos tres segundos aproximadamente, pasados los cuales en el quemador deberá desaparecer la llama y se encenderá la lámpara de bloqueo. Si esto no sucede así, avisar al servicio de mantenimiento correspondiente.

Para volver a poner en marcha el quemador, se introducirá la célula en su emplazamiento, cuidando que su parte sensible esté dirigida hacia la llama, y a continuación se accionará el pulsador de rearme o desbloqueo.

NOTA: Aprovechando las operaciones de los apartados c.3 y c.4, se observará si la parte sensible de la célula fotoeléctrica se encuentra limpia. Si no es así, se le pasará un paño que ha de ser suave para no rayar el cristal.

5. Control de las características del agua de alimentación de la caldera

Se deberá observar que el agua tratada que se está introduciendo en la caldera reúne las condiciones específicas para los generadores de que se trate (acuotubulares o piro-tubulares.)

34.2.3. Cada semana

Se comprobará: la instalación
Las tuberías (deterioros y estado del aislamiento)
Los aparatos e intercambiadores de calor (suciedad, purgas, filtros...)
Se comprobará la ausencia de rezumes y fugas por los prensaestopas, juntas, etc., y reponiendo estos elementos en caso preciso
Las bombas (ruidos o vibraciones anormales)
Válvulas de seguridad, aparatos de control y el correcto estado de los pilotos de señalización.

34.2.4. Cada mes

Se deberá hacer una limpieza de la instalación, comprobando si los niveles de líquido son los correctos.

Limpieza del hollín de los tubos del generador, mediante cepillo, aire comprimido, etc., retirando para ello las tapas que la caldera incorpora a tal fin. Al mismo tiempo que se efectúa la operación descrita en el circuito de humos, se procederá a la limpieza de las partes internas de la caja de humos, así como a repasar las juntas de amianto, tornillos de sujeción, etc., para conseguir una perfecta estanqueidad en su posterior montaje.

Como carácter general también se comprobarán los manómetros, termómetros, preostatos y termostatos.

34.2.5. Cada semestre

Se mirará el estado de juntas y acoplamientos (corrosión).

Revisión y limpieza de los equipos de regulación de combustión, nivel, etc., así como a su posterior puesta a punto. A tal fin, se seguirán las instrucciones específicas que faciliten las firmas fabricantes de los citados equipos y que serán incluidas en la información general de entretenimiento y servicio que se entrega al futuro usuario del generador.

Se realizará una revisión de las purgas, se comprobará si hay fugas.

También se realizará un engrasado de válvulas.

34.2.6. Cada año

- De la instalación:
 - Se inspeccionarán y se limpiarán los filtros.
 - Se cambiarán los cartuchos secadores.
 - Se comprobará el estado de los refrigerantes.

- De las tuberías:
 - Se comprobara se presentan corrosiones o picaduras.
 - Se comprobara si hay condensación o escarcha.
 - Se comprobará si el aislamiento y la barrera de vapor están deteriorados.
 - Se comprobará si presentan daños mecánicos.

- De los aparatos a presión:
 - Se comprobarán la suciedad y las incrustaciones en el lado del agua.
 - Se comprobarán las resistencias de descarche.
 - Se comprobarán los ventiladores
 - Se comprobará el estado de aislamiento.
 - Se comprobará el estado de la pintura en el condensador evaporativo.

- De carácter general:
 - Se comprobará el estado de los contactores y del aparellaje eléctrico.
 - Se comprobará el nivel de aceite en el transformador.
 - Se realizará el engrase de cojinetes.
 - Se vaciarán los circuitos de agua.

Del análisis y valoración indicados y con los datos tomados, se pueden determinar si las condiciones reales de funcionamiento para saber si este es correcto o no. Independientemente de esa valoración, existen determinadas practicas, fruto de la experiencia, que nos ayudaran a saber si el funcionamiento de la instalación es correcto.

35. PURGA

35.1. INTRODUCCION

Los purgadores van en la parte mas baja de la caldera y algunas veces también en el cuerpo cilíndrico; se utilizan para sacar una cierta cantidad de agua con el fin de extraer de la caldera los lodos, sedimentos y espumas. Las impurezas de las grandes cantidades de agua vaporizada se van precipitando constantemente. En ocasiones se emplea un

purgado (por el fondo) continuo, por medio de un tubo pequeño, para sacar las impurezas a medida que se precipitan. No obstante, cuando se sigue este procedimiento, los purgadores grandes hay que abrirlos de vez en cuando para sacar mas completamente los lodos acumulados.

35.2. PROCESO DE PURGADO:

- Enchufar una manguera en el extremo del tubo de purga.
- Llevar el otro extremo de la manguera a un recipiente colocado en un lugar accesible y ventilado.
- Girar $\frac{1}{4}$ de vuelta la tuerca del extremo del tubo de purga.
- Abrir $\frac{1}{4}$ de vuelta la válvula de paso y comprobar que sale nuestro fluido.
- Controlar el flujo de salida de aceite mediante la válvula de paso, para que la purga se haga lentamente.
- Cuando cese de salir el fluido, cerrar la válvula de paso.
- Retirar la manguera
- Apretar la tuerca del extremo del tubo.

35.3. SUPERPURGADORES:

Una nueva generación de superpurgadores (o válvulas) capaces de auto detectar fugas internas o externas de fluidos. El sistema es capaz de monitorizar el funcionamiento de purgadores (o válvulas), así como otras muchas aplicaciones. Básicamente el sistema usa varias tecnologías (solar, electrónica, óptica, ultrasonido, conductividad, pirometría, transferencia de calor, etc.) para analizar en tiempo real el eficaz funcionamiento de purgadores de vapor y válvulas de seguridad, entre otras.

El sistema se compone de dos elementos:

- Purgador (o Válvula)
- SteamWatch

NOTA: SteamWatch utiliza el concepto "plug and play". Esto facilita su instalación y funcionamiento.

➤ **SteamWatch: Funcionamiento**

SteamWatch es un dispositivo electrónico que detecta instantáneamente la pérdida de vapor vivo a través de purgadores. Puede ser también aplicado en válvulas de seguridad para detectar fugas de vapor, gas o cualquier otro fluido a través de la válvula.

Este dispositivo está formado por dos elementos principales:

1. Sonda externa multifunción.
2. Analizador electrónico

SteamWatch funciona de manera totalmente autónoma. Capta energía solar mediante células fotovoltaicas que alimentan los circuitos electrónicos del analizador. La sonda multifunción mide hasta cuatro parámetros (presión, temperatura, conductividad y ultrasonido), que son transmitidos al analizador (la mayor parte de las aplicaciones solo requieren dos de dichos parámetros). El analizador evalúa el funcionamiento del purgador o válvula y produce una señal de alarma cuando fuga vapor o acumula condensado. (El válvulas de seguridad sólo se produce alarma cuando existe fuga interna).

SteamWatch extrae suficiente energía solar para alimentar el analizador. De esta forma inspecciona automática y satisfactoriamente purgadores y válvulas sin requerir energía auxiliar ni asistencia humana. El sistema se mantiene en perpetua vigilancia, alertando al usuario de cualquier pérdida de vapor o fuga de gas o cualquier otro fluido, justo en el mismo momento en el que se produce este hecho, mediante el parpadeo de un indicador luminoso de color rojo en tanto perdure esta situación.

Dos baterías internas suministran energía durante la noche, recargándose automáticamente durante el día. Como resultado de ello el sistema se mantiene en permanente operación sin ningún otro suministro de energía Una funda de policarbonato, resistente a las agresiones mecánicas y químicas protege el analizador y produce un efecto óptico amplificador sobre la señal de alarma del sistema.

Beneficios económicos y operativos

SteamWatch introduce un nuevo concepto: "El purgador (o válvula) inteligente" que produce grandes beneficios económicos y operativos en refinerías, plantas petroquímicas e industria en general, en diversos aspectos como: Energía, Producción, Seguridad, Inspección, Mantenimiento, Contaminación , SteamWatch añade a purgadores y válvulas unas elevadísimas prestaciones hasta ahora desconocidas. En efecto, el purgador "habla" cuando necesita asistencia técnica para evitar pérdidas de energía o de cualquier otra naturaleza que se traducen en dinero, o para prevenir accidentes que pueden causar daño a personas e instalaciones, o para proteger el ambiente y siempre para reducir costes de mantenimiento por evitar daños irreparables en purgadores o válvulas.

Cuando SteamWatch se aplica a purgadores se obtienen los siguientes beneficios:

- a) Importante ahorro de energía
- b) Detección de fallos sin asistencia humana
- c) Muy bajo coste de mantenimiento y muy larga duración. (Protección del purgador)
- d) Prevención de presurización del colector de retorno de condensados,
- e) Instalación sin cables. Reutilizable en caso de sustitución del purgador,
- f) Fácil montaje y desmontaje sin interrupción del servicio,
- g) No se requiere ningún otro elemento adicional anterior o posterior al purgador,
- h) Preciso control energético y mínima energía residual,
- i) Cancela costes de inspección a la vez que intensifica esta tarea,
- j) Prevención de golpes de ariete térmicos debidos a fugas de vapor,
- k) Cuando SteamWatch se aplica a válvulas de seguridad, además de los beneficios anteriores se obtienen los siguientes beneficios:
 - l) Reducción de costes de producción. Detección de fugas de productos quemados en antorcha
 - m) Rapidez y facilidad en la localización de fugas de gases peligrosos
 - n) Mejora de las condiciones de seguridad de las instalaciones
 - o) Prevención de contaminación ambiental
 - p) Muy alta eficiencia de las instalaciones

Instalación

A pesar de que SteamWatch puede ser montado sin interrupción del servicio, el equipo se suministra con los accesorios de acoplamiento mas idóneos para cada aplicación. Su montaje es tan simple como enroscar una bombilla.

Los super purgadores BiTherm llevan de serie conexión para este dispositivo. Para el montaje en válvulas de seguridad se suministra un manguito especial que se monta

sobre la válvula sin ninguna modificación de la misma y durante su funcionamiento normal.

➤ ***Nuevas formas de conexión de purgadores:***

Montaje entre bridas:

A los tradicionales tipos de conexión (rosca, bridas, y soldadura) bitherm añade la conexión entre bridas. El montaje entre bridas se realiza colocando el purgador a modo de sándwich entre dos bridas de la tubería. El diseño especial del purgador monoblo que MB dispone una cajera en cada extremo donde se alojan sendas juntas espirometálicas de acero inoxidable y grafito suministradas con el purgador, que dispone además de un anillo de centraje para facilitar su instalación entre las bridas.

La válvula de todos los purgadores Bitherm está guiada en su recorrido, por ello pueden ser montados en cualquier posición, dirección y sentido: vertical, horizontal, e inclinado. El montaje entre bridas es óptimo ya que disfruta de todas las ventajas de un montaje brindado y el precio de una conexión roscada.

Ventajas del montaje entre bridas:

- Técnicamente perfecto
- Ahorra materiales
- Precio similar a la conexión roscada
- Reduce la presencia de fugas
- Facilita y reduce el coste de mantenimiento
- Evita el uso de tuercas de unión
- Produce instalaciones limpias de larga duración
- Eleva la rentabilidad de la instalación

➤ ***Tipos de descarga en purgadores:***

○ ***Descarga de alta energía***

Descarga controlada por nivel, densidad (cubeta invertida o flotador) o por diferencia de velocidad (termodinámica e impulso).

Produce presurización de líneas de retorno, golpes de ariete térmicos, dificulta la recuperación de energía residual y aumenta el consumo energético.

○ ***Descarga controlada de energía***

○ ***Descarga continua controlada por temperatura (termostático).***

Reduce contrapresiones y golpes de ariete térmicos, suaviza el funcionamiento de la instalación, optimiza el rendimiento energético y reduce el consumo de energía. La descarga controlada de energía es decisiva en grandes instalaciones petroquímicas y en líneas de acompañamiento donde puede lograr reducir el consumo energético hasta un 15% .

➤ **Selección de purgadores:**

Datos básicos:

Tipo de aplicación, Presión de diseño, Presión máxima del vapor, Presión diferencial máxima, Presión diferencial mínima, Caudal máximo continuo, Comportamiento frente a contrapresión, Coeficiente de seguridad, Conexiones y montaje, Rendimiento energético, Desaireación automática, Resistencia a golpes de ariete y heladas, Calidad de materiales, Eficiencia, fiabilidad y garantía, Coste de repuestos, Facilidad de mantenimiento, Vida útil (Es uno de factores más importantes del mantenimiento, por lo que merece una atención especial).

36. T.P.M. [TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE]

36.1. ¿Qué es?

El TPM se define como un sistema global de mantenimiento industrial, fundado en la voluntad participativa del conjunto del personal para rentabilizar al máximo las instalaciones (“Seiichi Nakajima”).

El mantenimiento productivo total es una noción que abarca a todos los empleados. La meta del TPM es lograr una eficacia total del sistema de producción mediante la participación de los empleados en las actividades de mantenimiento productivo.

Breve historia

En los años 70, Seichi Nakajima, introdujo en Japón el sistema americano de mantenimiento combinándolo con los conceptos de calidad total y cero defectos, desarrollando así una nueva filosofía del mantenimiento que denominó Total Productive Maintenance. La primera empresa en implantar este sistema fue NIPPONDENSO CO, del grupo TOYOTA. Esta empresa había desarrollado fuertemente la automatización de los medios de producción, encontrándose con multitud de pequeñas incidencias que no podían atender por sí mismos los equipos de mantenimiento.

Desde entonces y de forma creciente se han ido incorporando la mayoría de las empresas japonesas a este nuevo sistema de mantenimiento, y su desarrollo en el mundo occidental esta adquiriendo una gran relevancia.

36.2. OBJETIVOS

El **TPM** se fija el objetivo de “cero averías y cero defectos”, reduciendo costes, stocks y optimizando la productividad.

- Maximizar la efectividad del equipo mediante el esfuerzo y dedicación de todo el personal.
- Eliminar todas las pérdidas de las máquinas mejorando la mantenibilidad.
- Conseguir un ambiente laboral entusiasta y mejorar la habilidad y destreza de los operarios.

¿Por qué el TPM?

Muchos se preguntarán, que con un buen sistema de mantenimiento Preventivo y Modificativo, ¿por qué es necesario el cambio y si este no traerá algún tipo de perjuicio para el funcionamiento?

Realmente el TPM viene a completar el mantenimiento preventivo en todos sus puntos débiles.

36.3. LAS 12 ETAPAS DEL T.P.M.

Fase 1ª - INICIACIÓN

- 1.-Decisión de la dirección
- 2.-Información y formación de la línea jerárquica
- 3.-Creación de la estructura de pilotaje
- 4.-Diagnostico de la situación
- 5.- Elaboración de un programa

Fase 2ª - DESARROLLO

- 6.-Lanzamiento
- 7.-Análisis y eliminación de las principales causas de disfuncionamientos
- 8.-Desarrollo del automantenimiento
- 9.- Desarrollo del mantenimiento programado

Fase 3ª - PERENNIZACIÓN

- 10.- Mejora de la capacidad técnica del personal
- 11.- Integración de los conocimientos adquiridos en la concepción de nuevos equipos de producción
- 12.- Label del TPM y fijación de nuevos objetivos

37. LAS 6 GRANDES PÉRDIDAS

Para tener éxito en el ambiente económico actual, cualquier empresa debe estar empeñada en la búsqueda continua de fórmulas que hagan más eficientes sus procesos productivos al objeto de obtener productos y servicios que satisfagan permanentemente a sus clientes.

Esta claro que si se logra:

- Reducir el número de averías, se mejorará la productividad y el plazo de entrega de los productos fabricados.
- Reducir los tiempos de reglajes y cambios de fabricación, se aumentara la productividad.
- Mantener la precisión de los equipos, se mejorará la calidad y se reducirá el número de productos defectuosos.

37.1. PÉRDIDAS POR AVERÍA

Se consideran dos tipos de averías: Esporádicas y crónicas.

Las averías esporádicas son repentinas e inesperadas. Su causa suele estar clara y por tanto son fáciles de corregir.

Las averías crónicas son continuadas, periódicas y previsibles. Su causa no es clara y es difícil de definir por lo que se toman como algo normal después de varios intentos de solución.

EL OBJETIVO ES REDUCIR A CERO TODAS LAS AVERIAS Y DEBEMOS MENTALIZARNOS DE QUE ES POSIBLE.

37.2. PÉRDIDAS POR PUESTAS APUNTO Y AJUSTES

Son los tiempos empleados en los cambios de herramientas y en los ajustes de máquina fundamentalmente cuando se cambia el producto a fabricar. La meta a conseguir es la reducción de estos tiempos.

37.3. PÉRDIDAS POR PEQUEÑAS INCIDENCIAS

Son los tiempos o producciones perdidas por pequeños y esporádicos, mal funcionamientos tales como bloqueos, desajustes, eventualidades, fallo de sensores...

Se diferencian de las pequeñas averías en que una vez eliminada la obstrucción el proceso continua normalmente. Los remedios suelen ser bastante sencillos. Su solución es crítica ante la automatización.

37.4. PÉRDIDAS POR VELOCIDAD REDUCIDA

Son los tiempos de diferencia entre la velocidad de funcionamiento de diseño (ciclo teórico) y la velocidad real de funcionamiento (ciclo real). Sus causas no suelen estar muy definidas.

37.5. PÉRDIDAS POR DEFECTO DE CALIDAD

Son los tiempos necesarios para reparar y poner en condiciones piezas que presentan ligeros defectos. Las causas son difíciles de definir, sin embargo sus efectos desaparecen al eliminar la causa.

37.6. PÉRDIDAS EN LA PUESTA EN MARCHA Y ARRANCADAS

Son las pérdidas producidas en el periodo que transcurre desde la puesta a cero de la instalación o simplemente desde el cambio de herramientas hasta el funcionamiento estable del sistema. Normalmente son pérdidas admitidas pero su impacto debe reducirse al mínimo.

RELACIÓN ENTRE LAS 6 GRANDES PÉRDIDAS Y LA EFECTIVIDAD TOTAL

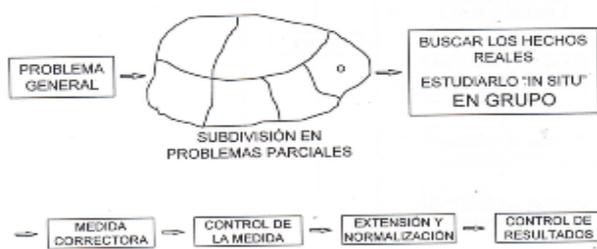


38. CAUSAS IMPORTANTES DE PROBLEMAS DE LA MAQUINARIA

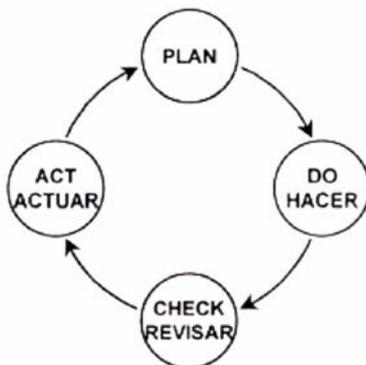
- No realizar el mantenimiento fundamental para la máquina
- No conservar las condiciones propias de un correcto funcionamiento.

- Carencia de aptitudes
- Deterioro.
- Defectos de diseño

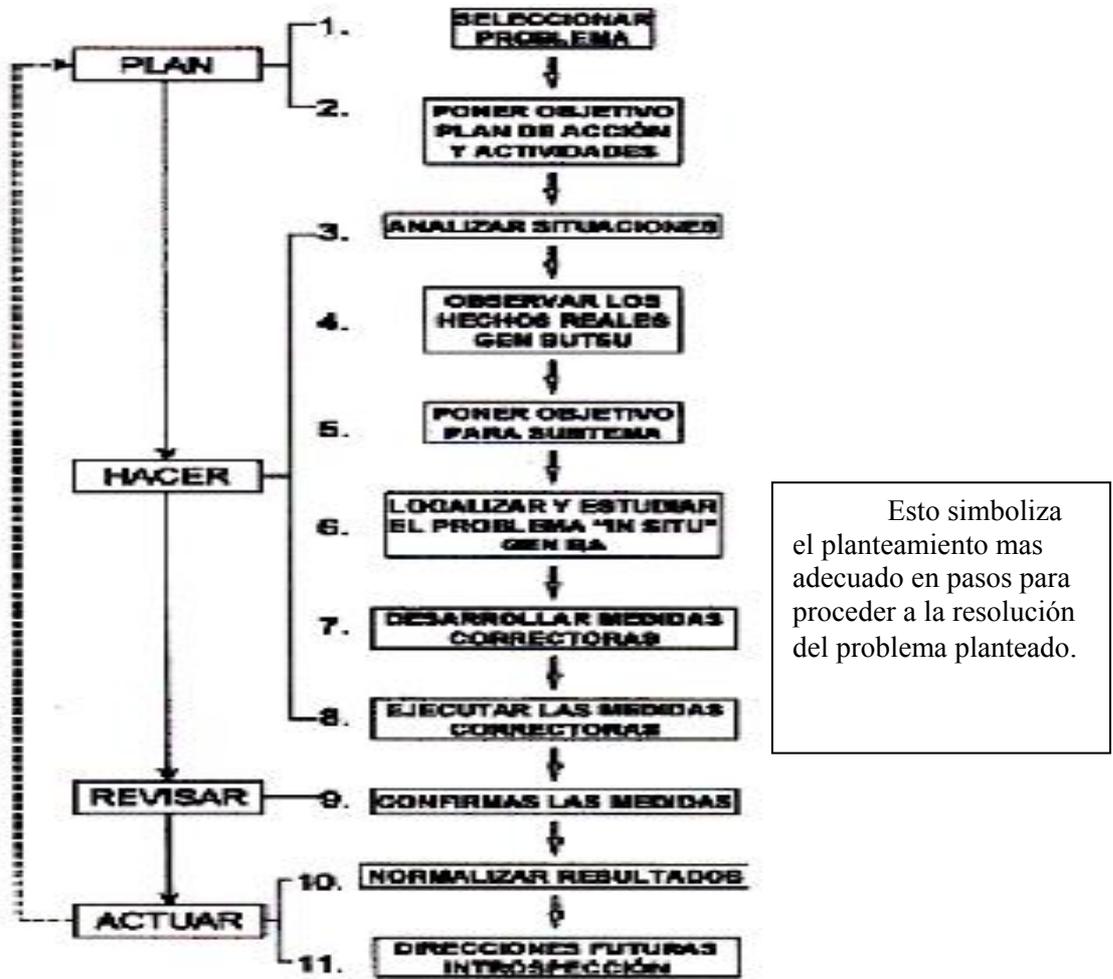
39. TÉCNICAS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS



Esto se simboliza mediante el círculo del PDCA. Este círculo se puede representar de una manera ampliada para proceder a la resolución del problema planteado.



Para la solución de un problema hay que hacer un análisis detallado de los hechos y la observación de los hechos en el lugar donde ocurren.

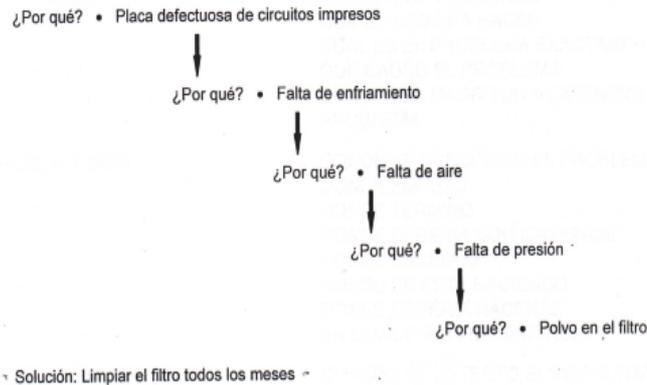


40. LOS CINCO “POR QUÉS”

El proceso de interrogación tiene que ser persistente, para que los problemas no reaparezcan. Taiichi Ohno, de Toyota, suele comentar que, si preguntamos cinco veces el “por qué”, captaremos la autentica causa de un problema.

Para ello se muestra un claro ejemplo del método.

Problema: Funcionamiento incorrecto del controlador digital de una máquina de control numérico



Cuando nos surge un problema en una máquina nos debemos preguntar

QUIÉN: QUIÉN lo hace normalmente
 QUIÉN lo hace ahora
 QUIÉN es el responsable
 QUIÉN causó el problema

QUÉ CUÁL: QUÉ hacer
 QUÉ se debería hacer
 QUÉ causó el problema
 CUÁL es el problema
 CUÁL es la magnitud del problema

DÓNDE: DÓNDE se descubrió el problema
 DÓNDE debería solucionarse
 DÓNDE empezó
 DÓNDE terminó

Y así nos deberíamos ir preguntando nosotros con CUÁNDO, POR QUÉ, CÓMO ...Lo fundamental para que cualquier proceso industrial progrese es que funcione lo que los americanos llaman “LAS 4 M”: Man (hombre), Machine (maquina), Materials (materiales) y Method (método).

Al final se llega a la conclusión de que el mantenimiento es uno de los factores más importantes para que nuestro objetivo, ya sea producir calor por medio de una caldera o realizar un complejo proceso industrial, nos lleve a buen puerto.

Un correcto mantenimiento nos podrá ahorrar paradas, accidentes y numerosos gastos.

Concepto final

Resumiendo podemos decir que **la misión del mantenimiento será:**

- Mejora de fiabilidad
- Mejora de los equipos
- Actividades que requieran conocimientos técnicos
- Investigar y desarrollar tecnología del mantenimiento
- Editar normas de ajuste
- Recopilaciones y estudios de datos
- Evaluación de los trabajos de mantenimiento
- Cooperación con ingeniería para desarrollar nuevas y mejores técnicas
- Prevención del deterioro de las máquinas
- Medida del deterioro de las máquinas
- Restaurar ese deterioro
- Prevenir las paradas
- Alargar la vida del equipo
- Operar con el equipo correctamente
- Mantener las condiciones básicas
- Hacer ajustes adecuados
- Recopilar los datos de las averías
- Inspecciones programadas
- Asistir en caso de que se produzcan averías.

LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

FUERA DE SERVICIO

Para complementar este estudio sobre Calderas Industriales y salas de calderas, daremos unas indicaciones sobre el mantenimiento de una caldera cuando la dejemos fuera de servicio durante un tiempo mayor de 30 días. De esta forma la caldera estará lista para su servicio cuando la necesitemos.

41. MANTENIMIENTO FUERA DE SERVICIO

Toda caldera cuyo servicio no se precise durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo que la exponga al peligro de sufrir corrosiones internas y externas, deberá acondicionarse debidamente para que durante esta época de inactividad quede preservada de la oxidación.

Cuando la caldera tenga que estar fuera de servicio durante varios meses y no esté expuesta a que se recurra a ella al menor aviso el “Procedimiento Seco” de conservación es el más conveniente. En cambio, en aquellos casos en que la caldera vaya a permanecer inactiva únicamente durante unas semanas y sujeta a entrar en servicio en cualquier momento, el “Procedimiento Húmedo” es el que aconsejamos practicar, puesto que la caldera puede quedar dispuesta enseguida para su encendido con sólo dejar correr parte del agua que necesita para elevar el nivel de los indicadores.

Cualquiera que sea el procedimiento que se adopte, la consecución de los resultados apetecidos depende en gran parte de la eliminación absoluta de los sedimentos internos y materiales depositados, capaces de iniciar la corrosión.

41.1. PROCEDIMIENTO SECO

Cuando se adopte la conservación en seco, se tendrá especial cuidado en extraer el agua que haya quedado depositada en bolsas de que lo tuviese, al limpiar la caldera por dentro. Para este objeto, aconsejamos el empleo de un chorro de aire a presión. Posteriormente, la caldera puede secarse por completo con braseros de coque o por medio de una corriente de aire caliente procedente de un soplador portátil, o bien por ambas cosas dirigida a los cabezales y tubos.

Una vez bien secos los elementos internos, se colocarán bandejas de cal viva, en la proporción de 1 Kg. Por cada 10 m², de superficie de calefacción, en los cabezales y tambor para que quede absorbida la humedad contenida en el aire encerrado en la caldera. Después de colocadas de nuevo las puertas de registros de hombre y las tapas de los de mano, deberán cerrarse todas las válvulas y grifos, teniendo la precaución de evitar por todos los medios que entre agua, vapor o aire en la caldera.

Una vez terminada la limpieza exterior, se introducirán asimismo bandejas de cal viva en el hogar y conductos de gases, de notarse la presencia de humedad. Las puertas practicadas en la obra de fábrica y conductos deberán cerrarse por completo, así como los corta-tiros que lo serán herméticamente. En intervalos de tres meses se harán visitas de inspección, rellenando los recipientes de cal a medida que sea necesario. Se tendrá muy presente retirar todos los recipientes de cal colocados dentro o fuera de la caldera antes de llenarla de agua y encender.

La caldera queda parada, en situación de fuera de servicio y conservada en seco, bajo presión de nitrógeno, que se usa como barrera para el aire y la humedad.

41.2. PROCEDIMIENTO HÚMEDO

Al optar por el procedimiento húmedo, deberá limpiarse la caldera tanto por dentro como por fuera, llenándola después con agua de alimentación a través del economizador hasta alcanzar el nivel de trabajo. Los reactivos químicos necesarios para dar al agua la alcalinidad exigida deberán introducirse con el agua de alimentación sin interrupción alguna con el fin de evitar oscilaciones en la concentración, que de otra forma podrían producirse.

El agua introducida en la caldera deberá tener una alcalinidad cáustica hasta de 850 partes por millón cuando se trate de calderas de baja presión, siendo ésta inferior a 21 Kg/cm^2 , no a 35 Kg/cm^2 , en las que hay que levantar presión en pocos minutos sin haber sido vaciadas y llenas de nuevo. Deberá añadirse sulfito de sodio en todos los casos para conseguir una concentración de 30 partes por millón, que absorba el oxígeno que pueda contener el agua una vez hechos todos los preparativos.

Deberá sostenerse a la caldera produciendo vapor por poca presión durante varias horas, con el fin de estabilizar las condiciones del agua y eliminar el oxígeno, apagándola con el nivel de agua alto. Inmediatamente antes de que baje la presión, deberá añadirse agua de alimentación desgasificada hasta llenar por completo el tambor y el recalentador y que salda el agua por todos los grifos de aire. Se cerrarán éstos a continuación, haciendo subir la presión en la caldera hasta llegar a 1 Kg/cm^2 , aproximadamente, que se mantendrá por la presión estática de un depósito elevado o por medio de bomba, según convenga y sea necesario.

Terminadas todas estas operaciones, se colocarán bandejas con cal viva en el hogar y pasos de gases antes de cerrar la caldera para protegerla contra la humedad. Se reparará por último la caldera, cerrando todas las puertas y corta-tiros. Con tiempo frío pudiera ser necesario recurrir al empleo de anticongelantes.

El periodo de inactividad puede prolongarse al disponer de medios para hacer circular el agua por la caldera, así como para recoger muestras que reflejan su estado con objeto de comprobar su alcalinidad y el contenido de sulfito. Esto significa el empleo de una bomba de circulación pequeña, dispuesta de forma que pueda tomar agua de todas las válvulas de desagüe y purga para descargarla de nuevo en el economizador por su entrada. De otra forma, el periodo de parada deberá limitarse a un mes sobre poco más o menos, al cabo del cual se procederá a encender de nuevo la caldera haciéndola funcionar a baja presión para que circule el agua y puedan tomarse muestras por si fuera necesario rectificar las operaciones químicas.

42. LIMPIEZA

El sistema debe limpiarse con cuidado antes de que la caldera se conecte al sistema. Muchas calderas limpias se han arruinado con los contaminantes del sistema, con selladores de tuberías, aceite de corte y rebabas o virutas de metal. Muchos contratistas utilizan una caldera nueva para calentar y curar un edificio en construcción. Se debe tener especial cuidado para que durante este uso inicial de la caldera el contratista proporcione adecuado tratamiento del agua. Los propietarios pueden recibir

dañada o incrustada por el mal uso que le dio el contratista. Además, conforme nuevas zonas entran en el sistema, se requiere la limpieza de ellas para evitar daños a la caldera. Se debe utilizar solamente una caldera para llevar a ebullición un sistema.

La limpieza mejora un sistema de calefacción de vapor o de agua caliente. Una fase importante al terminar la instalación de calderas se descuida con frecuencia en las especificaciones. Usualmente no hace ninguna prevención para limpiar el sistema. Algunas veces se drena para efectuar cambios o ajustes, pero nunca se limpia en realidad. El arquitecto, ingeniero o contratista, selecciona las calderas para diversas instalaciones y la selección puede presentar el mejor sistema; pero siempre será mejor si es un sistema limpio.

¿Cómo saber si un sistema necesita limpieza? Hay síntomas definidos de un sistema sucio. A continuación se presenta una lista típica de puntos por verificar. Si cualquiera de los puntos es positivo, el sistema necesita limpieza:

- Agua obviamente sucia, oscura o con coloración.
- Gases expulsados por los respiradores en los puntos altos en las áreas de calefacción que se encienden y arden con una llama azulada casi invisible.
- Una prueba de alcalinidad de Ph que da una lectura de prueba de Ph por debajo de 7. (un Ph inferior de 7 indica que el agua del sistema es ácida).

Sin importar lo cuidadosamente que se haya instalado un sistema, ciertos, materiales extraños entran al sistema accidentalmente durante la construcción, por ejemplo, sellador de tuberías, aceites para cortar cuerdas, fundente de soldadura, preventivos contra la corrosión, compuestos contra herrumbre, arena gruesa, escoria de soldadura y suciedad, y arena o arcilla del sitio de trabajo. Por fortuna, las cantidades de estas materias suelen ser pequeñas y no causan dificultades. Sin embargo, en algunos casos pueden ser cantidades suficiente para descomponerse químicamente durante la operación del sistema y causar la formación de gas caliente, operan naturalmente con un Ph de 7 o más alto. La condición del agua puede probarse con un papel hydrión, que se utiliza de la misma manera que la del papel tornasol excepto que proporciona lecturas específicas de Ph.

Un sistema cuya prueba indica ácido (por debajo de 7 en la escala, algunas veces tan bajo como 4) tendrá usualmente los siguientes síntomas:

- Formación de gas (problema de aire).
- Problemas con sellos y prensaestopas de la bomba.
- Pegamiento y fuga en el respiradero.
- Operación frecuente de las válvulas de alivio.
- Fugas en las juntas de la tubería.

Una vez que esta condición existe, los síntomas continuarán hasta que la situación se corrija mediante la limpieza del sistema. Muchas veces, debido a la formación de gas, se agregan respiraderos automáticos en todo el sistema para intentar poner remedio. El uso excesivo de respiraderos automáticos pueden invalidar la función del sistema de eliminación de aire, ya que las pequeñas cantidades de aire que entran deben devolverse al tanque de expresión para mantener el balance entre el colchón de aire y el volumen de agua. Si se permite que un sistema se deteriore con las fugas resultantes y con crecientes pérdidas de agua, pueden ocurrir serios daños en las

calderas., por lo tanto y lo principal consideración es mantener un sistema cerrado que este limpio, neutro y hermético de agua.

42.1. ¿CÓMO LIMPIAR UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN?

Distinguimos en este punto dos apartados fundamentales; limpieza interna y limpieza externa. Mientras que la primera se refiere a la superficie interna de los tubos, lo mismo del lado del agua que del vapor, la limpieza de las superficies externas tiene por objeto la eliminación de deposiciones de ceniza y hollín.

42.1.1. Limpieza Interna

La razón de la misma estriba en que las deposiciones de materiales, en la cara interna de los tubos, puede desencadenar ataques químicos, corrosiones y recalentamientos

En sistemas de alta presión desmontaremos una o varias secciones tubulares en la zona de mayor termotransferencia y realizaremos examen y medición de los depósitos interiores. La necesidad eventual de una limpieza interna se establece por comparación del peso de depósito por unidad de área interior que tiene la muestra sobre las cifras límites empíricas así como por la naturaleza física y química de los depósitos encontrados.

Para retirar los depósitos del lado de agua de los tubos, el procedimiento más rápido y satisfactorio es la **limpieza ácida o química** que tiene por objeto limpiar el interior de los tubos que componen el ciclo de agua-vapor completo.

Este debe comprende entre otros temas:

- Puntos de muestreos.
- Frecuencia de muestreos durante la puesta en marcha del circuito.
- Frecuencia de muestreos en condiciones normales de operación.
- Análisis a realizar en condiciones normales de operación.
- Valores de las determinaciones y parámetros a controlar en las zonas críticas de la caldera.
- Medidas correctivas ante desvíos de los parámetros operativos.
- Dosificación de productos químicos en las diferentes partes de la caldera.
- Valores de alarma para los analizadores de línea.

Se trata de rellenar las superficies internas con un ácido diluido, acompañado de un *inhibidor* para evitar la corrosión y seguida por drenaje, lavado y neutralizado de la acidez con agua alcalina.

Los materiales más comunes utilizados para la limpieza son fosfato trisódico, carbonato de sodio o hidróxido de sodio.

La preferencia de según el orden en el que se han nombrados, y las sustancias deben utilizarse en las proporciones citadas; en posible utilizar una solución de un solo tipo en el sistema.

Por lo general las etapas son las siguientes:

- Primera etapa: Limpieza con productos químicos, se mantendrá una temperatura constante de diseño con inyección de vapor, burbujeo de aire y recirculación durante unas horas.
- Segunda etapa: Enjuague con productos químicos, el sistema debe drenarse por completo y volverse a llenar con agua limpia.
- Tercera etapa: Neutralización y pasivado, para esta tarea se usa agua desmineralizada.

Los Análisis químicos requeridos para determinar la evolución de la limpieza química son: pH, %Cobre, %Hierro, % de ácido y % amoniaco.

Un sistema neutro limpio nunca debe drenarse excepto para una emergencia o para dar servicio al equipo que lo necesite después de daños de operación. La solución anticongelante en el sistema debe probarse cada año, como recomienda los fabricantes de anticongelantes que se utilice. Sin duda alguna, el sistema limpio es el mejor sistema.

➤ *Arreglos Para La Limpieza De Sistemas De Calefacción*

Nunca la suciedad y contaminación en un sistema nuevo puede enjuagarse antes de ponerlo en ebullición. Esto se realiza enjuagando primero el sistema con agua limpia, que se desperdicia y efectuar después un lavado químico.

La caldera y la bomba de circulación se asilan con las válvulas, y se hace pasar agua a través de las zonas sucesivas del sistema, para que arrastre las virutas, suciedad, compuesta de unión, etc., hasta el drenaje. A esto debe seguir un lavado químico. La remoción de las virutas de tubos y otros desperdicios antes de operar las válvulas de aislamiento de la caldera y de la bomba ayudaran a proteger este equipo contra el daño que pudieran causar estos desperdicios. Después de que ha determinado este proceso de enjuagado, se realiza el procedimiento usual de poner en ebullición.

➤ **Precaución**

Si una zona enjuagada y lleva a ebullición antes de que estén terminados o conectados otras zonas, este proceso de enjuagado debe repetirse al terminar las zonas, circuitos o secciones adicionales de la tubería.

Cuando se enciende una caldera por primera vez, se puede observar que aparecen vapor y agua como un penacho blanco en las descargas de las chimeneas o como condensado en los lados del fuego de la caldera y servicios. Generalmente, esta condición es temporal y desaparecerá después que la unidad enlace su temperatura de operación. Esta condensación no debe confundirse con el caudal de la chimenea que ocurre cuando la caldera de la chimenea esta operando en periodos extremadamente fríos.

Cuando se requiere apagado frío de una caldera, debe permitirse que la unidad se enfríe por un periodo de 12 horas, hasta que pierda su calor en la atmósfera. No se recomienda enfriamiento forzado, que tal vez afloje tubos en las placas de tubos o cause otros daños a las partes de presión.

42.1.2. Limpieza Externa

La limpieza de la superficie externa comienza cuando la unidad está en servicio. Como ayudas básicas para la planificación de un periodo fuera de servicio, están las informaciones relativas a temperaturas de humos en calentador de aire y en la caldera, así como las relativas a las caídas de presión en el lado de humos durante la operación. Estos datos informativos mostrarán aquellos lugares en los que progresa la escorificación o el ensuciamiento, como consecuencia de la dificultad de eliminación con la operación del sistema de sopladores de la unidad.

Cuando los depósitos de cenizas contienen una apreciable cantidad de azufre, deberán ser eliminadas de forma rápida ya que pueden absorber humedad ambiente y formar ácido sulfúrico que corroería las partes a presión.

Las acumulaciones sueltas o polvo suelen aparecer en las cajas de aire, en los conductos y en las tolvas, y se limpian generalmente con sistemas de alto vacío de diseño especial. La mayoría de las deposiciones de ceniza, que son consecuencia de un severo ensuciamiento producido por la combustión de sólidos y líquidos, se puede eliminar mediante lavado con agua. Las unidades se suelen diseñar previendo amplias secciones para el drenaje del agua de lavado y de la ceniza.

El líquido efluente de un lavado debe neutralizarse, porque el agua de lavado puede reaccionar con el azufre presente en la deposición de cenizas. Una buena composición para el lavado es la formada por agua caliente y fosfato trisódico. La cantidad requerida de fosfato se determina mediante el porcentaje de azufre que tiene la ceniza, y el peso global de acumulación de ceniza que tiene la unidad. El fosfato trisódico debe diluirse hasta obtener una solución bombeable, y luego se debe dosificar en el agua de lavado.

Es sumamente importante comprobar el pH del agua que se drena, con el fin de determinar si los depósitos evacuados se han neutralizado completamente. Por lo menos debe alcanzar un valor de pH entre 10,5 y 11,0 mediante la oportuna regulación de la alimentación del fosfato. En muchas plantas el sistema normal de sopladores se utiliza con éxito para el lavado con agua. Este sistema se conecta con un suministro de agua de lavado a alta presión que pasa a ser el fluido del sistema de sopladores.

En las áreas de paredes o de tubos espaciados, se facilita la limpieza mediante un empapado prolongado con la propia agua de lavado.

En las áreas en que las superficies están muy poco espaciadas, como es los calentadores regenerativos de aire, la limpieza resulta mejor con chorros de agua a presión.

Los lavados con la unidad fuera de servicio deben programarse de modo que las superficies se sequen, inmediatamente después del lavado. Si una unidad hay que dejarla fuera de servicio, después de un lavado en operación, deberá secarse con un fuego reducido o con calentadores auxiliares, para prevenir la corrosión. Debemos evitar todo tipo de condensaciones manteniendo las superficies metálicas por encima del punto de rocío. Cuando se presentan importantes acumulaciones de escorias, se pueden requerir especiales técnicas para su eliminación, llegando incluso a las voladuras con explosivos.

➤ **Precaución**

Hay que tener especial cuidado con las deposiciones de algunos tipos de cenizas, ya que algunas cenizas tienen componentes que configuran masas parecidas al hormigón, pues una vez mojadas endurecen si se dejan secar posteriormente.

Otros tipos dan acumulaciones de extrema dureza, que se pueden ablandar humidificándolas durante algún tiempo, y que luego se eliminan por chorro de agua a presión. Como las primeras cantidades de aguas del lavado que se drenan serán ácidas deberemos tener cuidado en lo que a protección personal se refiere, y después para deshacerse de tal efluente evitando la contaminación medioambiental de las aguas.

Para tal efecto se puede utilizar un exceso de determinado en el agua de lavado, para reducir la acidez en el drenaje.

43. PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN

43.1. CERTIFICADO DE LA INSTALACIÓN

Para la puesta en funcionamiento de la instalación es necesaria la autorización del organismo territorial competente, para lo que se deberá presentar ante el mismo un certificado suscrito por el director de la instalación, cuando sea preceptiva la presentación de proyecto y por un instalador, que posea carné, de la empresa que ha realizado el montaje.- El certificado de la instalación tendrá, como mínimo, el contenido que se señala en el modelo que se indica en el apéndice de esta instrucción técnica. En el certificado se expresará que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con el proyecto presentado y registrado por el organismo territorial competente y que cumple con los requisitos exigidos en este reglamento y sus instrucciones técnicas. Se harán constar también los resultados de las pruebas a que hubiese lugar.

43.2. RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez realizadas las pruebas finales con resultados satisfactorios en presencia del director de obra, se procederá al acto de recepción provisional de la instalación con el que se dará por finalizado el montaje de la instalación. En el momento de la recepción provisional, la empresa instaladora deberá entregar al director de obra la documentación siguiente:

- Una copia de los planos de la instalación realmente ejecutada, en la que figuren, como mínimo, el esquema de principio, el esquema de control y seguridad, el esquema eléctrico, los planos de la sala de máquinas y los planos de plantas, donde debe indicarse el recorrido de las conducciones de distribución de todos los fluidos y la situación de las unidades terminales.
- Una memoria descriptiva de la instalación realmente ejecutada, en la que se incluyan las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una relación de los materiales y los equipos empleados, en la que se indique el fabricante, la marca, el modelo y las características de funcionamiento, junto con catálogos y con la correspondiente documentación de origen y garantía.
- Los manuales con las instrucciones de manejo, funcionamiento y mantenimiento, junto con la lista de repuestos recomendados un documento en el que se recopilen los resultados de las pruebas realizadas.
- El certificado de la instalación firmado.

El director de obra entregará los mencionados documentos, una vez comprobado su contenido y firmado el certificado, al titular de la instalación, quien lo presentará a registro en el organismo territorial competente.

En cuanto a la documentación de la instalación se estará además a lo dispuesto en la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y disposiciones que la desarrollan.

43.3. RECEPCIÓN DEFINITIVA Y GARANTÍA

Transcurrido el plazo de garantía, que será de un año si en el contrato no se estipula otro de mayor duración, la recepción provisional se transformará en recepción definitiva, salvo que por parte del titular haya sido cursada alguna reclamación antes de finalizar el período de garantía.

Si durante el período de garantía se produjesen averías o defectos de funcionamiento, éstos deberán ser subsanados gratuitamente por la empresa instaladora, salvo que se demuestre que las averías han sido producidas por falta de mantenimiento o uso incorrecto de la instalación.

APÉNDICE 06.1 MODELO DEL CERTIFICADO DE LA INSTALACIÓN

CERTIFICADO DE LA INSTALACION DE:-

DATOS DE LA INSTALACION:- Situación:- Ciudad: p ; Provincia:- Promotor:- Organismo territorial competente:- Núm. de registro: Fecha:-

DIRECTOR DE LA INSTALACION:- Título: Colegio: Núm. col.:- Autor del proyecto de la instalación:- Título: Colegio: Núm. col.: -

EMPRESA INSTALADORA:- Domicilio:-- INSTALADOR AUTORIZADO:- Especialidad:- Número de registro:- Expedido por:-

PRUEBAS EFECTUADAS CON RESULTADOS SATISFACTORIOS FECHA

.....

Tarado de los elementos de seguridad -

Funcionamiento de regulación automática -

Prueba final de estanqueidad de tuberías -

Prueba de libre dilatación de tuberías -

Prueba de estanqueidad de conductos -

Exigencias de bienestar -

Exigencias de ahorro de energía -

OBSERVACIONES: --

De acuerdo con las medidas y pruebas realizadas, cuyos resultados se adjuntan, certifica que la presente instalación está acorde los reglamentos y disposiciones vigentes que la afectan y, en especial, con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE.- ... a ... de ... de ...- Firma del

instalador autorizado:-- De acuerdo con las medidas y pruebas realizadas, cuyos resultados se adjuntan, certifica que la presente instalación está acorde con los reglamentos y disposiciones vigentes que la afectan y, en especial, con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE, así como que ha sido ejecutada conforme al proyecto y sus modificaciones, presentado a registro ante el organismo territorial correspondiente.- ... a ... de ... de ...- Firma del director de la instalación:-- Sello de registro del Organismo Territorial-

Una vez realizada la inspección y los ensayos de funcionamiento requeridos, con resultados satisfactorios, el inspector levantará acta, y podrá realizarse la puesta en servicio de la caldera.

Antes de llenar de agua una caldera, se comprobará que todos los elementos extraños han sido retirados del interior de la misma, que todos los accesorios de purga y vaciado están en posición cerrada, que todas las partes separables están fijas y que las bridas ciegas han sido retiradas. Para calderas que han estado fuera de servicio durante un largo periodo, deberán inspeccionarse las superficies interiores de la caldera, con el fin de comprobar que no han sufrido deterioro. La temperatura del agua de llenado de la caldera será lo mas cercana posible a la temperatura de las partes constituyentes de la caldera y en ningún caso la diferencia será superior a 50°C.

PARTE VI

REDES DE VAPOR

En este capítulo nos centraremos en la distribución de vapor que si bien se trata de un proceso secundario en una caldera, ya que no se lleva acabo directamente en la misma, no podemos restarle importancia pues sin él no conseguiríamos ningún resultado con dicha caldera.

Mediante el transporte del calor por las redes de vapor logramos transportar dicha potencia térmica a otros lugares en donde es necesaria. Para realizar esto nos basaremos en una serie de fluidos (llamados así ya que tienen la capacidad de fluir por el interior de las tuberías) y con la cesión de calor a dichos fluidos lograremos el transporte deseado.

Con esto conseguiremos por ejemplo: suministrar calor en ciertas zonas, realizar ciclo cerrados de gases, transportar vapor a diferentes zonas como turbinas, compresores... y procesos similares

44. DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

Para la distribución o transporte de calor se utilizan principalmente tres tipos de fluidos en función de los requerimientos o necesidades del proceso: vapor, agua o aceite. El vapor de agua es el fluido térmico más ampliamente utilizado ya que es un fluido excepcional en cuanto a la captación de energía. Podemos decir que el agua es el ‘mejor transporte’ que vamos a encontrar y es el que nosotros vamos a estudiar. La generalización del uso está basada en un conjunto de características singulares que le convierten en prácticamente insustituible.

Son destacables:

- Materia prima barata.
- Amplio rango de temperatura.
- No inflamable y no tóxico.
- Fácilmente transportable por tubería.
- Elevado calor de condensación.
- Elevado calor específico.
- Temperatura de condensación fácilmente regulable.

45. REDES DE VAPOR

El vapor de agua constituye el fluido energético ideal para la industria, que necesita la utilización de calor a diversos niveles de temperatura, generalmente entre los 90°C y 260°C, que corresponden a 0,5 kg/cm² y 60 kg/cm², aproximadamente.

El alto calor latente y la pequeña densidad de este fluido hacen que el vapor de agua sea especialmente efectivo en las operaciones de calentamiento. Su uso se extiende prácticamente a todas las unidades de procesos químicos. La generación de vapor se realiza en calderas mediante la aportación de energía a partir de combustible.

45.1. EL CIRCUITO DE VAPOR

El vapor que se genera en la caldera se debe transportar mediante tuberías a los lugares donde se requiere energía calorífica. En primer lugar, habrá una o más tuberías principales o tuberías de distribución, desde la caldera hasta la zona consumidora de vapor. A partir de estas tuberías, otras de menor diámetro transportan el vapor hasta los equipos individuales.

Cuando la válvula de salida de la caldera se abre el vapor sale inmediatamente hacia la tubería de distribución. Puesto que ésta, inicialmente está fría, el vapor le

transmitirá calor. El aire que rodea las tuberías también está más frío que el vapor, con lo cual el sistema a medida que se calienta empieza a transferir calor al aire. Esta pérdida de calor a la atmósfera provoca que una parte del vapor se condense.

El agua formada por condensación cae a la parte baja de la tubería y discurre empujada por el flujo de vapor hasta los puntos bajos de la tubería de distribución.

Cuando una válvula de un aparato consumidor de vapor se abre, este vapor que procede del sistema de distribución entra en el equipo y vuelve a ponerse en contacto con superficies más frías. Cede su entalpía de evaporación y condensa.

Para establecer un flujo continuo de vapor que sale de la caldera se debe generar vapor continuamente. Por ello, es preciso retornar agua a la caldera para compensar la que se está vaporizando. Ya que además esta contiene un nivel alto de temperatura que ya no debemos aportar mediante la caldera ahorrándonos el consiguiente combustible.

El condensado que se forma en las tuberías de distribución y en los equipos de proceso se puede utilizar para esta alimentación de la caldera con agua caliente.

45.2. DISEÑO DE LAS REDES DE VAPOR

Uno de los primeros trabajos a desempeñar en el diseño del sistema de vapor, es la determinación de las cantidades de calor requeridas en las distintas unidades de proceso y en los servicios generales.

Se suele partir de un plano de implantación de la instalación, con lo que se prepara una relación de todos los consumidores, expresando claramente la cantidad y clase de vapor que se va a consumir en cada uno de ellos, indicando los caudales máximos.

Situados en el plano todos los puntos de consumo, se calculan a continuación las cantidades totales de vapor. Un problema de gran importancia es la fijación de los niveles de presión a que habrá de utilizarse el vapor de agua en la planta.

En la determinación de estos niveles de presión entran en juego factores tanto económicos como técnicos, aunque la presión mínima del vapor será función, en principio, de la temperatura requerida en los procesos. Cuanto mayor sea la temperatura necesaria en la planta mayor presión deberá tener la red.

Normalmente se suelen utilizar presiones convencionales que se ajustan a las condiciones de funcionamiento de los procesos. De todas formas, como principio general, entre las numerosas soluciones posibles para la ejecución de una distribución de vapor, conviene seleccionar aquella que conduzca la coste mínimo.

Por tanto, un buen diseño de distribución de vapor debe prever:

- Funcionamiento sin problemas (conducir vapor seco, no originar golpes de ariete, absorber dilataciones, esfuerzos térmicos y mecánicos y purgar adecuadamente el sistema).
- Transportar el vapor con el máximo rendimiento y mínimo coste.
- Reducción de pérdidas, tanto de presión como de calor.
- Flexibilidad de utilización y previsión razonable de capacidad para puntas de consumo o ampliaciones de servicio.

45.3. DIMENSIONADO DE LAS LÍNEAS DE VAPOR

Una vez fijados los niveles de presión y temperatura para el vapor, que serán función de las características del proceso, el material de construcción de la línea resulta prácticamente determinado.

A continuación, el parámetro a calcular es el diámetro de la tubería. La dimensión del mismo es un compromiso entre diversos factores contrapuestos: peso de la línea y accesorios, erosión del material, pérdida de carga admisible, etc.

La mejor solución al problema se obtiene considerando como variable determinante la velocidad del vapor. Los valores habitualmente utilizados en los proyectos son:

Presión	Velocidad máxima aconsejable (m/sg)	
	<i>Saturado</i>	<i>Recalentado</i>
<2	30	35
2 - 5	35	45
5 - 10	40	50
10 - 25	50	60
25 - 100	60	75

PARTE VII

46. NORMATIVA DE TUBERÍAS PARA FLUIDOS RELATIVO A CALDERAS

46.1. INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA MIE-AP2

ORDEN de 6 de Octubre de 1980 por la que se aprueba la I.T.C. MIE-AP2 que complementa el REAL DECRETO 1244/1979, de 4 de Abril. Reglamento de aparatos a presión. BOE núm. 265 de 4 noviembre de 1980

-Primero:

Se aprueba la adjunta Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP2 referente a tuberías para fluidos relativos a calderas.

-Segundo:

Esta ITC entrará en vigor a los cuatro meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

-Tercero:

Las competencias de las Delegaciones Provinciales de Industria y Energía, en los territorios de Cataluña y el País Vasco, se entenderán referidas a la Generalidad y al Gobierno Vasco.

Disposición transitoria.

Esta ITC no será de aplicación a las instalaciones construidas o con proyectos presentados antes de la entrada en vigor de la misma, salvo en casos de ampliación, traslado o renovación de la instalación.

46.2. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

A efectos de la presente ITC las tuberías se clasifican del siguiente modo:

1. Tuberías de vapor saturado, sobrecalentado y recalentado.
2. Tuberías de agua sobrecalentada.
3. Tuberías de agua caliente.
4. Tuberías de fluido térmico distinto del agua.
5. Tuberías de combustibles líquidos y gaseosos.

46.3. CAMPO DE APLICACIÓN

Se someterán a todas las formalidades, inspecciones técnicas y ensayos prescritos en esta ITC y en la forma que en la misma se indica todas las tuberías para la conducción de fluidos enumeradas en el artículo anterior, y que sin formar parte integrante de los aparatos conectados, quedan dentro de los siguientes límites:

1. Las tuberías de instalaciones de vapor y agua sobrecalentada, de potencia superior a 200.000 kcal/h. y/o con presión efectiva superior a 0,5 kg.-cm².
2. Las tuberías de instalaciones de agua caliente de potencia superior a 500.000 Kcal/h.
3. Las tuberías de instalaciones de fluido térmico de potencia superior a 25.000 Kcal/h.

Quedan igualmente sometidos a esta ITC:

Las tuberías de combustibles líquidos, así como las acometidas de combustibles gaseosos que conecten a equipos de combustión de instalaciones incluidas en esta ITC.

Se exceptúan de la aplicación de esta ITC las tuberías de conducción de fluidos correspondientes a: calderas que utilicen combustible nuclear, instalaciones de agua caliente destinadas a usos domésticos y/o calefacción no industrial e instalaciones integradas en refinerías de petróleo y plantas petroquímicas.

46.3.1. Complemento a las Normas de Carácter General

Las tuberías sometidas a la presente Instrucción, además de las correspondientes prescripciones fijadas en el Reglamento de Aparatos a Presión, cumplirán las siguientes:

➤ *Autorización de instalación.-*

La instalación de tuberías comprendidas en esta ITC precisará la autorización previa de la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía. A la solicitud se acompañará una Memoria suscrita por Técnico titulado competente en la que conste:

1. Aparatos comprendidos en la instalación con sus características principales.
2. Esquema general de la instalación, incluyendo accesorios o elementos de seguridad, con sus características.
3. Empresa instaladora, con:
 - Nombre y razón social.
 - Número de inscripción en el Registro de Empresas Instaladoras, según el artículo 10 del Reglamento de Aparatos a Presión. Si la instalación de las tuberías indicadas en esta Instrucción fuese realizada por personal propio del usuario, previamente debería solicitarse autorización de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente, adjuntando documentación justificativa de disponer de personal técnico y medios apropiados.
4. Justificación de las tuberías y sistemas de absorción de dilataciones empleados, indicando el código o normas de diseño elegidos.
5. Presupuesto general de la instalación.

Para instalaciones de vapor y agua sobrecalentada realizadas con tuberías cuyo diámetro interior sea igual o menor de 50 milímetros, y la presión máxima de servicio sea de 10 kg./centímetro cuadrado, la anterior Memoria constará de sólo los puntos 1 y 3.

Para cualquier ampliación o modificación de una instalación previamente autorizada se enviará a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente una Memoria en la que se indiquen las ampliaciones o variaciones realizadas, justificándolas con la documentación antes citada.

➤ ***Autorización de puesta en servicio.-***

Para la autorización de puesta en servicio de tuberías incluidas en esta ITC será necesario presentar en la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía una solicitud acompañada de un certificado extendido por el instalador, en el que se haga constar:

1. Descripción y procedencia de las tuberías, válvulas y demás elementos utilizados en la instalación. Si hubiere elementos procedentes de importación irán acompañados de un certificado extendido por la Administración del país de origen o alguna Entidad de control oficialmente reconocida en el mismo, legalizado por el representante español en aquel país, en el que se acredite que los citados elementos y los materiales de que están contruidos son adecuados para el tipo de fluidos, presiones y temperaturas a que están destinados.

2. Certificado de pruebas en el lugar de emplazamiento, en el que se describirán las mismas y su resultado, acompañándose una copia del acta correspondiente a la prueba hidráulica, y haciéndose constar que la instalación cumple las condiciones exigidas por esta ITC y se ajusta al proyecto presentado al solicitar la autorización de instalación.

3. Cuando proceda, se indicará el número y fecha del certificado de calificación de los especialistas soldadores que han efectuado los trabajos de soldadura en la instalación. Estos certificados serán extendidos por el CENIM (Centro Nacional de

Investigaciones Metalúrgicas), por entidades colaboradoras autorizadas para aplicación del Reglamento de Aparatos a Presión o por centros o laboratorios reconocidos para este fin por el Ministerio de Industria y Energía.

➤ **Primera prueba.-**

Para la realización de esta prueba bastará con la presencia de la persona responsable de la Empresa instaladora, y los resultados obtenidos se harán constar en la correspondiente acta. La presión de primera prueba en las tuberías objeto de esta ITC será la prescrita por el código de diseño o normas empleadas en el proyecto de la instalación.

Si el código de diseño o normas empleadas no prescriben un valor determinado de la presión de prueba, esta será:

$$P(p) = 1,5 P(d)$$

Siendo:

$P(p)$ = presión de primera prueba.

$P(d)$ = presión de diseño.

Debiéndose comprobar en este último caso que no supera el 90 por 100 del límite elástico de la tubería y componentes no aislados que constituyen la instalación.

➤ **Pruebas periódicas.-**

Todas las tuberías afectadas por esta ITC que pudieran sufrir corrosión deberán ser sometidas cada cinco años a una prueba de presión, siendo el valor de esta presión igual al de la primera prueba. Independientemente de esta prueba de presión, para toda clase de tuberías afectadas por esta ITC se efectuará una inspección completa a los diez años, procediéndose en este caso a desmontar total o parcialmente el material aislante si, a juicio del inspector, se sospechase la existencia de defectos ocultos.

Realizada esta revisión y sustituidas las partes que ofrezcan sospechas de envejecimiento se procederá a una prueba de presión igual a la primera que correspondiera en su día. Estas pruebas periódicas serán realizadas por la Empresa instaladora, el servicio de conservación de la Empresa donde esté la instalación o alguna Entidad colaboradora autorizada para la aplicación del Reglamento de Aparatos a Presión, indistintamente, certificándose los resultados obtenidos mediante la correspondiente acta, cuyo original deberá enviarse a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente junto con la fotocopia de la autorización de la instalación.

➤ **Forma de realizar las inspecciones periódicas.-**

En lo que concierne a tuberías, válvulas, grifos, manómetros y demás accesorios, se seguirán las normas del artículo 6.º de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP1 relativa a calderas, economizadores, sobrecalentadores y recalentadores.

➤ **Placas.-**

Quedan exceptuadas de la obligación de disponer de placa de timbre las tuberías para fluidos a presión incluidas en la presente ITC.

46.4. PRESCRIPCIONES GENERALES

1- Todas las tuberías que vayan por el piso deberán colocarse en canales cubiertos por materiales no combustibles.

2- Las instalaciones de tuberías deben ser perfectamente accesibles para permitir la inspección de las mismas cuando se estime que pudiera haber deterioro por el uso, así como para el recambio de piezas, la lubricación de piezas móviles, etc.

3- Queda prohibida la instalación de conducciones de fluidos calientes próximas a tuberías de productos combustibles con excepción de las tuberías de calefacción por acompañamiento de productos petrolíferos pesados.

4- En todos los casos las tuberías de conducción de productos combustibles estarán convenientemente alejadas de chimeneas, conducciones de gases calientes, etc., con el fin de garantizar que las mismas no puedan sufrir calentamiento alguno.

5- Quedan prohibidas las reducciones bruscas de sección.

6- Toda tubería que trabaje con fluidos calientes estará diseñada para soportar sus dilataciones mediante la colocación de los apropiados sistemas de compensación

46.4.1. Prescripciones generales para tuberías de Vapor, agua sobrecalentada, y agua caliente

La instalación de tuberías de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

➤ **Materiales.-**

Se utilizará tubería de acero u otro material adecuado, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida, y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño. Para el cálculo de las redes de tuberías se

tomará como temperatura de diseño la máxima del fluido a transportar y como presión la máxima total en la instalación, que será:

- Caso vapor: Igual a la presión de tarado de las válvulas de seguridad instaladas en la caldera, o en el equipo reductor de presión si existiese.

- Caso agua sobrecalentada: Igual a la presión de tarado de las válvulas de seguridad de la caldera más la presión dinámica producida por la bomba de circulación.

- Caso agua caliente: Igual a la presión estática más la presión dinámica producida por la bomba de circulación.

En los lugares que pudieran existir vibraciones, esfuerzos mecánicos o sea necesario para el mantenimiento del aparato, podrán utilizarse tuberías flexibles con protección metálica, previa certificación de sus características.

Las válvulas y accesorios de la instalación serán de materiales adecuados a la temperatura y presión de diseño, características que deben ser garantizadas por el fabricante o proveedor.

Las juntas utilizadas deberán ser de materiales resistentes a la acción del agua y vapor, así como resistir la temperatura de servicio sin modificación alguna.

➤ ***Diámetro de la tubería.-***

La tubería tendrá un diámetro tal que las velocidades máximas de circulación serán las siguientes:

- Vapor saturado: 50 m/seg.
- Vapor recalentado y sobrecalentado: 60 m/seg.
- Agua sobrecalentada y caliente: 5 m/seg

➤ ***Uniones.-***

Las uniones podrán realizarse por soldadura, embridadas o roscadas. Las soldaduras de uniones de tuberías con presiones de diseño mayores que 13 kg./cm² deberán ser realizadas por soldadores con certificado de calificación. Las uniones embridadas serán realizadas con bridas, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida, y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño.

➤ **Ensayos y pruebas.-**

El nivel y tipo de ensayos no destructivos (END) a realizar en las instalaciones incluidas en esta Instrucción, así como las condiciones de aceptación, serán los prescritos por el código o normas de diseño utilizadas en el proyecto. Si el código no prescribe niveles determinados en END, para presiones superiores a 13 kg./cm², se realizará un 25 por 100 de control no destructivo de las uniones, y las restantes se inspeccionarán visualmente. Como condiciones de aceptación se emplearán las de un código de diseño adecuado y reconocido internacionalmente.

Para tuberías de vapor y agua sobrecalentada situadas en zonas peligrosas, por su atmósfera, locales de pública concurrencia, vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas, y deberán realizarse ensayos no destructivos del 100 por 100 de las uniones soldadas. Una vez realizada la prueba de resistencia a presión, según el artículo 3.º, 3, se realizará una prueba de estanqueidad en las condiciones de servicio.

➤ **Puesta en servicio.-**

Para las instalaciones de agua sobrecalentada y caliente debe comprobarse el perfecto llenado de las mismas, por lo que se proveerán los adecuados puntos de salida del aire contenido.

➤ **Instalación.-**

1- La instalación de tuberías y accesorios para vapor, agua sobrecalentada y caliente, estará de acuerdo con la norma UNE u otra norma internacionalmente reconocida.

2- Las tuberías podrán ser aéreas y subterráneas, pero en todos los casos deberán ser accesibles, por lo que las subterráneas serán colocadas en canales cubiertos, según artículo 4.º, 1, o en túneles de servicios.

3- Con el fin de eliminar al mínimo las pérdidas caloríficas, todas las tuberías deberán estar convenientemente aisladas, según Decreto 1490/1975.

4- Para evitar que los esfuerzos de dilatación graviten sobre otros aparatos, tales como calderas, bombas o aparatos consumidores, deberán preverse los correspondientes puntos fijos en las tuberías con el fin de descargar totalmente de solicitaciones a aquellos.

5- En todos los casos los equipos de bombeo de agua sobrecalentada, equipos consumidores, válvulas automáticas de regulación u otros análogos, deberán ser seccionables de la instalación con el fin de facilitar las operaciones de mantenimiento y reparación.

6- Todos los equipos de bombeo de agua sobrecalentada y caliente dispondrán en su lado de impulsión de un manómetro.

7- La recuperación de condensados en los que exista la posibilidad de contaminación por aceite o grasas requerirá la justificación ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente de los dispositivos y tratamientos empleados para eliminar dicha contaminación y, en caso contrario, serán evacuados.

8- Las instalaciones reductoras de presión en los circuitos de vapor dispondrán de:

- Manómetro con tubo sifón y grifo de tres direcciones según artículo 11 de la Instrucción MIE-AP1, «Calderas», situadas antes y después de la válvula reductora.

- Una válvula de seguridad después de la válvula reductora, capaz de evacuar el caudal máximo de vapor que permite la conducción sobre la que se encuentra y tarado a la presión reducida máxima de servicio más un 10 por 100 como máximo

9- Si dos o más calderas de vapor están conectadas a un colector común, éste estará provisto del correspondiente sistema de purga de condensados y aquéllos de una válvula de retención que impida el paso del vapor de una a otra caldera

10- Todo sistema de purga de condensados conectado a tubería de retorno común estará provisto de una válvula de seccionamiento.

11- Los colectores de vapor y agua sobrecalentada en los que el producto de P (en kg./cm^2) por V (en metros cúbicos) sea mayor que 5, serán sometidos a las prescripciones generales del Reglamento de Aparatos a Presión.

12- En las instalaciones de vapor se evitarán las bolsas, pero en caso de existir, deberán instalarse los correspondientes sistemas de purgas en el punto más bajo de las mismas.

13- Instalación de tuberías auxiliares para las calderas de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente.

La tubería de llegada de agua al depósito de alimentación tendrá una sección tal que asegure la llegada del caudal necesario para el consumo de la caldera en condiciones máximas de servicio, así como para los servicios auxiliares de la propia caldera y de la sala de calderas.

La tubería de alimentación de agua tanto a calderas como a depósitos, tendrá como mínimo 15 mm. de diámetro interior, excepto para instalaciones de calderas con un PV menor o igual a 5, cuyo diámetro podrá ser menor, con un mínimo de 8 milímetros, siempre que su longitud no sea superior a un metro.

Las tuberías de vaciado de las calderas tendrán como mínimo 25 mm. de diámetro, excepto para calderas con un PV menor o igual a cinco, cuyo diámetro podrá ser menor, con un mínimo de 10 mm., siempre que su longitud no sea superior a un metro.

Todos los accesorios instalados en la tubería de llegada de agua proveniente de una red pública serán de presión nominal PN 16, no admitiéndose en ningún caso válvulas cuya pérdida de presión sea superior a una longitud de tubería de su mismo diámetro y paredes lisas igual a 600 veces dicho diámetro.

La alimentación de agua a calderas mediante bombas se hará a través de un depósito, quedando totalmente prohibida la conexión de cualquier tipo de bomba a la red pública.

Aunque el depósito de alimentación o expansión sea de tipo abierto, estará tapado y comunicado con la atmósfera con una conexión suficiente para que en ningún caso pueda producirse presión alguna en el mismo. En el caso de depósito de tipo abierto con recuperación de condensados, esta conexión se producirá al exterior. En el caso de depósito de tipo cerrado, dispondrá de un sistema rompedor de vacío.

Todo depósito de alimentación dispondrá de un rebosadero cuya comunicación al albañal debe poder comprobarse mediante un dispositivo apropiado que permita su inspección y constatar el paso del agua.

Los depósitos de alimentación de agua y de expansión en circuito de agua sobrecalentada y caliente dispondrán de las correspondientes válvulas de drenaje.

No se permite el vaciado directo al alcantarillado de las descargas de agua de las calderas; purgas de barros, escapes de vapor y purgas de condensados, debiendo existir un dispositivo intermedio con el fin de evitar vacíos y sobrepresiones en estas redes.

De existir un depósito intermedio de evacuación dispondrá de:

- Tubo de ventilación de suficiente tamaño para evitar la formación de sobrepresión alguna, conectada a la atmósfera y libre de válvulas desecionamiento.
- Capacidad suficiente para el total de agua descargada en purgas por todas las conexiones al mismo, en un máximo de cuatro horas.
- Las tapas o puertas de inspección con juntas que eviten los escapes de vapor.

En la instalación de sistemas de tratamiento de agua de alimentación a calderas deberá instalarse a la entrada del mismo una válvula de retención si se conecta directamente a una red pública.

46.4.2. Prescripciones para tuberías de fluidos térmicos

Las instalaciones de tuberías para transporte de fluidos térmicos se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

➤ **Materiales.-**

Se utilizará tubería de acero u otro material adecuado según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida y cuyas características de temperatura y presión de servicio sea como mínimo la de diseño de la instalación.

Para el cálculo de las redes de tuberías se tomará como presión de diseño la presión total máxima en la instalación, que se compone de la presión estática y de la presión dinámica producida por la bomba de circulación. Para cualquier caso el espesor mínimo será de dos milímetros y la presión mínima de diseño de dos kilogramos por centímetro cuadrado.

Para bombas, válvulas y accesorios se utilizarán materiales adecuados y cuya resistencia mecánica a la presión y temperatura sea como mínimo la de diseño de la instalación, extremo que debe ser garantizado por el fabricante o proveedor. Debe asegurarse la estanqueidad del eje de las válvulas y bombas utilizando un sistema conveniente de cierre mecánico, prensaestopas de seguridad o fuelle metálico. Las juntas utilizadas deberán ser de materiales resistentes a la acción del líquido portador térmico, así como resistir las máximas temperaturas de servicio sin modificación alguna.

Queda totalmente prohibido en las instalaciones de fluido térmico la utilización de materiales de bajo punto de fusión.

➤ **Diámetro de la tubería.-**

La velocidad máxima de circulación será de 3,5 m/seg. en condiciones de servicio.

➤ **Uniones.-**

Las uniones podrán realizarse por soldadura o embridadas. Todas las uniones soldadas con un diámetro interior de tubería mayor de 25 milímetros deberán ser realizadas por soldadores con tarjeta o certificado de calificación. Las uniones no soldadas serán realizadas solamente utilizando bridas, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño.

Pueden admitirse uniones roscadas con junta en la rosca sólo hasta DN 32, para aparatos y válvulas en que no se supere los 50 °C.

➤ **Ensayos y pruebas.-**

Para tuberías situadas en zonas peligrosas por su atmósfera, locales de pública concurrencia, vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas, y deberán realizarse ensayos no destructivos del 100 por 100 de las uniones soldadas. En los demás casos se

realizará un 25 por 100 del control no destructivo, y el resto de las uniones se inspeccionarán visualmente.

Para la prueba de resistencia a presión se utilizará un líquido térmico distinto del agua, y a ser posible el mismo que deba contener posteriormente la instalación, efectuándose después una prueba de estanqueidad en condiciones de servicio.

➤ **Puesta en servicio.-**

Al proceder al llenado de la instalación deberá asegurarse que la misma no contiene agua en cualquiera de sus partes: calderas, depósitos, accesorios, etc. Asimismo, debe comprobarse el perfecto llenado de la instalación, por lo que se preverán los adecuados puntos de salida del aire contenido.

➤ **Instalación.-**

1. La instalación de tuberías y accesorios para fluidos térmicos estará de acuerdo con la norma UNE 9 310.

2. Las tuberías podrán ser aéreas o enterradas, pero en todos los casos deberán ser accesibles, por lo que las enterradas serán colocadas en canales cubiertos según artículo 4.º, 1, o en túneles de servicio. Cuando la tubería deba cruzar por el interior de un edificio, todas las uniones en aquel tramo serán soldadas.

3. Para las tuberías de conducción de fluidos térmicos deberá disponerse el aislamiento conveniente para disminuir al máximo las pérdidas caloríficas, según Decreto 1490/1975 las tuberías de llenado, rebosado y expansión no serán recubiertas por aislamiento alguno.

4. Quedan prohibidos todos los tipos de compensadores de dilatación que no ofrezcan garantía absoluta de estanqueidad por rotura del fuelle.

5. Para evitar que los esfuerzos de dilatación graviten sobre las calderas, bombas, depósitos y aparatos consumidores, deberán preverse los correspondientes puntos fijos en las tuberías con el fin de descargar totalmente de solicitaciones a aquéllos.

6. Los equipos de bombeo, equipos consumidores, válvulas de regulación o aparatos análogos podrán ser seccionados de la instalación mediante las apropiadas válvulas, con el fin de facilitar las operaciones de mantenimiento y reparación sin vaciar completamente la instalación.

7. Todos los equipos de bombeo dispondrán en su lado de impulsión de un manómetro.

8. Todas las bombas de tipo volumétrico, desprovistas de sistema limitador de presión incorporado, cuando exista válvula de seccionamiento, dispondrán a la salida de las mismas de una válvula de seguridad que limite la presión máxima alcanzable, según la presión de diseño de la instalación. El escape de la válvula de seguridad se conducirá al depósito colector.

9. Las instalaciones de fluidos térmicos deberán ser realizadas de tal forma que puedan ser vaciadas totalmente, recuperando su contenido en el depósito colector.

46.4.3. Prescripciones para tuberías de combustibles líquidos

La instalación de tuberías entre los depósitos de almacenamiento y nodrizas (si existieran) y de ésta o aquéllos a los puntos de consumo se realizarán de acuerdo con las siguientes prescripciones:

➤ **Materiales.-**

Se utilizarán tuberías de acero u otro material adecuado, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida y cuyas características de temperatura y presión de servicio sea como mínimo la de diseño.

En los lugares en que pudieran existir vibraciones, esfuerzos mecánicos o sea necesario para el mantenimiento de los quemadores, podrán utilizarse tuberías flexibles, previa certificación de sus características. Las juntas utilizadas deberán ser resistentes al ataque químico de los hidrocarburos, así como ser resistentes a la máxima temperatura que pueda presentarse sin que experimenten modificación alguna.

Para el cálculo de las redes de tuberías se tomará como presión de diseño la correspondiente a la presión máxima de la bomba de impulsión o presión de tarado de las válvulas de seguridad si existieran. Todas las válvulas, accesorios y piezas especiales podrán ser de acero, bronce o cobre y capaces de resistir la misma presión que la tubería sobre la que se encuentran instalados. En cualquier caso su presión nominal mínima será de PN 6 (UNE 19 002).

➤ **Diámetro de la tubería.-**

La velocidad máxima de circulación se fijará de acuerdo con la viscosidad del líquido, no superando el valor de 3 m/s. La presión de impulsión a caudal máximo será tal que asegure la llegada del combustible a los puntos de consumo en condiciones suficientes y necesarias para el buen funcionamiento de los mismos.

➤ **Uniones.-**

Las uniones podrán realizarse mediante soldadura, embridadas o roscadas; las uniones embridadas serán realizadas con bridas, según norma UNE u otra norma reconocida internacionalmente, y cuyas características de temperatura y presión sean como mínimo las de diseño. Las uniones roscadas lo serán con junta en la rosca.

➤ **Ensayos y pruebas.-**

Para tuberías situadas en zonas peligrosas, por su atmósfera, locales de pública concurrencia, vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas y deberán realizarse

ensayos no destructivos en la proporción de un 25 por 100 de las uniones soldadas. En los demás casos el control será visual.

Una vez realizada la prueba de resistencia a presión se procederá a realizar una prueba de estanqueidad en condiciones de servicio, utilizando el combustible líquido a la que se destina la instalación.

➤ **Puesta en servicio.-**

Al procederse al llenado de la instalación deberá asegurarse que previamente se ha vaciado el agua utilizada para los ensayos de presión, y asegurarse que la misma se ha llenado totalmente, para lo cual deberá estar provista de los adecuados puntos de salida del aire contenido.

➤ **Instalación.-**

1.La instalación de tuberías y accesorios para combustibles líquidos estará de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE u otra norma internacionalmente reconocida.

2.Las tuberías podrán ser aéreas o enterradas, pero en los casos en que deban ser accesibles, las enterradas serán colocadas en canales cubiertos, según artículo 4.º, 1, o en túneles de servicios.

3.Los depósitos nodrizas y las tuberías que transporten líquidos combustibles a temperatura superior al ambiente deberán disponer del aislamiento conveniente para disminuir al máximo las pérdidas caloríficas, según Decreto 1490/1975.

4.Para tuberías con calentamiento por acompañamiento mediante fluidos calientes o resistencias de contacto deberá instalarse una válvula de seguridad entre los tramos que accidentalmente puedan quedar cerrados por las válvulas existentes.

La capacidad de descarga de la válvula de seguridad será tal que en ningún momento pueda superarse la presión de diseño de la tubería, y el escape de la misma será conducido al depósito.

5.En el sistema de tuberías deberán preverse las derivaciones convenientes para devolver al depósito parte del combustible, evitando así las sobrepresiones que pudieran tener lugar por dilatación o por funcionamiento inadecuado de bombas o válvulas.

6.Todos los depósitos de alimentación de combustión, equipos de bombeo y calentadores estarán provistos de las correspondientes válvulas de seccionamiento.

7.Todos los depósitos nodriza dispondrán de una tubería de rebosadero hasta el depósito de almacenamiento y de un tubo de ventilación.

8.Todos los depósitos nodriza, calentadores y tuberías serán susceptibles de ser vaciados, por lo que dispondrán de las válvulas correspondientes, así como de la unión de éstas al depósito de almacenamiento. Asimismo se preverán los sistemas correspondientes de purga obtenida por decantación del combustible.

9. Todos los equipos de bombeo dispondrán, en la aspiración, de un filtro apropiado al tipo de combustible y caudal a circular, y asimismo se montará un manómetro en el lado impulsor. Cuando las tuberías transporten combustibles líquidos a temperaturas superiores a la del ambiente se colocará un termómetro en las mismas. Tanto los manómetros como los termómetros se situarán en lugares fácilmente accesibles y visibles.

10. Todos los equipos en donde se produzca elevación de temperatura de combustibles líquidos dispondrán de un termómetro y de un sistema automático de paro del sistema de calefacción cuando se haya alcanzado la temperatura preestablecida.

46.4.4. Prescripciones para tuberías de combustibles gaseosos

La instalación de tuberías de conducción de combustibles gaseosos, desde las unidades de regulación y medida hasta los puntos de consumo, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

➤ Materiales.-

Se utilizarán tuberías de acero u otro material adecuado, según normas UNE u otra norma reconocida internacionalmente, y cuyas características de temperatura y presión de servicio sean, como mínimo, la de diseño, así como resistente al ataque químico del gas a transportar. El valor de la presión de diseño será igual o superior a la presión de tarado de las válvulas de seguridad de la estación de regulación y medida. En el caso de que no exista regulación, por alimentarse directamente de la red de suministro, la presión de diseño será el valor de la presión máxima de suministro, facilitada por la Compañía distribuidora. En el caso de utilizar gases de recuperación de otras instalaciones, la temperatura y presión de diseño será, como mínimo, igual a la de la salida de la instalación de donde proceden los gases. En cualquier caso, el espesor mínimo de la pared de la tubería será de dos milímetros.

Todas las válvulas, accesorios y piezas especiales serán de acero u otro material capaz de resistir la misma temperatura y presión, así como el posible ataque químico que la tubería sobre la que se encuentran instalados. En cualquier caso, su presión nominal mínima será de PN 10.

➤ Diámetro de la tubería.-

La tubería tendrá el diámetro necesario para que se cumplan las condiciones siguientes:

- La velocidad máxima de circulación de gas será de 30 metros por segundo.
- La pérdida de carga a caudal máximo será tal que asegure que la presión a la llegada en los puntos de consumo no sea inferior en un 10 por 100 a la presión en el origen de la instalación.

➤ **Uniones.-**

Las uniones deberán realizarse mediante soldadura o por bridas. Las uniones no soldadas se realizarán mediante bridas según la normativa UNE u otra norma internacionalmente reconocida, salvo en los casos en que se requiera conexión roscada, limitándose su uso al mínimo imprescindible por exigencias de la instalación.

➤ **Ensayos y pruebas.-**

Para tuberías situadas en zonas tales como atmósferas peligrosas, locales de pública concurrencia, sometidas a vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas y se realizará el control de las uniones soldadas mediante ensayos no destructivos en la proporción del 100%. En los demás casos, el control no destructivo se realizará en un 25 por 100 de las soldaduras.

Una vez realizada la prueba de resistencia a presión, se realizará una prueba de estanqueidad a la presión de servicio, utilizando el combustible gaseoso y comprobándose la misma mediante agua jabonosa u otro producto similar.

➤ **Puesta en servicio.-**

Cuando se proceda al llenado de gas, se hará de manera que se evite en lo posible la formación de mezcla de aire-gas, comprendida entre los límites de inflamabilidad del gas.

➤ **Instalación.-**

La instalación de tuberías para combustible gaseoso estará de acuerdo con lo especificado en las normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida.

1. Las tuberías se instalarán, siempre que sea posible, de forma aérea. Cuando existan conducciones paralelas con tuberías para otros usos, la separación mínima entre superficies exteriores será de 0,10 metros.

2. En tuberías enterradas la profundidad mínima será de 0,80 metros entre la generatriz superior del tubo y la superficie del terreno. Las tuberías enterradas no podrán discurrir por debajo de ningún edificio. Cuando la tubería de gas deba cruzar otras canalizaciones ya existentes, destinadas a otros usos, la distancia de separación en sentido vertical entre dos generatrices contiguas será como mínimo de 0,20 metros. El material de relleno de las zanjas estará libre de piedras y objetos cortantes y, asimismo, la compactación del mismo se realizará de forma que no pueda dañar la tubería.

3. Cuando excepcionalmente la tubería deba cruzar por el interior del edificio, todas las uniones en aquel tramo serán soldadas. Si existe una válvula en el interior del

edificio, deberá estar cerrada en un armario estanco, construido con material incombustible y con ventilación al exterior del edificio.

46.5. IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS

Todas las tuberías comprendidas en esta ITC deberán poder identificarse mediante el apropiado pintado de colores distintivos, según la siguiente forma:

Agua Potable	Verde
Agua Caliente	Verde con Banda Blanca
Agua Condensada	Verde con Banda Amarilla
Agua Alimentación	Verde con Banda Roja
Agua Purga	Verde con Banda Negra
Vapor Saturado	Rojo
Vapor Sobrecalentado	Rojo con Banda Blanca
Vapor Recalentado	Rojo con Banda Blanca
Vapor de Escape	Rojo con Banda Verde
Combustible Gaseoso	Amarillo
Combustible Líquido Pesado	Marrón con Banda Negra
Combustible Líquido Ligero	Marrón con Banda Amarilla

LA SALA DE CALDERAS

47. LOCALES DESTINADOS A SALAS DE CALDERAS

Según se expresa en la *ITE 02.7*, las salas de calderas estarán destinadas, exclusivamente, a contener las calderas y los equipos auxiliares o accesorios de la instalación; no podrán ser utilizadas para otros fines, ni realizarse en ellas trabajos ajenos a la propia instalación. En particular se prohíbe la utilización de la sala de calderas como almacén, así como la ubicación en la misma de depósitos de combustible o almacenamiento de los mismos, salvo lo que permita la reglamentación específica; aunque no se indica expresamente, parece lógico considerar que los locales cuyo único acceso se efectúe a través de una sala de calderas deben cumplir los requisitos de sala de calderas, como figuraba en la anterior reglamentación (*IT.IC*). La reglamentación específica actual para gasóleo es la *MIIP 03*, en la misma se permite situar en las salas de calderas depósitos con capacidad máxima 5.000 l, respetando una distancia de 1 m a las calderas o equipos productores de calor.

47.1. EMPLAZAMIENTO

Excepto para gases combustibles, las salas de calderas pueden ubicarse en cualquier planta del edificio.

47.2. ACCESOS

Tendrán, como mínimo, el número de entradas necesarias para que ningún punto de la sala diste más de 15 m de algún acceso (Fig. 1). Es aconsejable dotarlas de dos accesos independientes y, de ser posible, uno desde el exterior. Cuando el acceso sea desde el interior del edificio se efectuará a través de un vestíbulo; este vestíbulo no será necesario si el acceso se realiza desde el exterior del edificio (*UNE 100.020*). Las puertas, que abrirán siempre hacia fuera, tendrán las dimensiones suficientes para permitir el paso de todos los equipos que deban ser instalados en la sala; dispondrán de cerradura con llave desde el exterior y serán de fácil apertura desde el interior, incluso si se han cerrado con llave. Asimismo, aunque no se especifica en la norma, es adecuado colocar un cartel en el exterior de la puerta de acceso a la sala con la siguiente inscripción:

**SALA DE CALDERAS
PROHIBIDA LA
ENTRADA
A TODA PERSONA
AJENA AL SERVICIO**

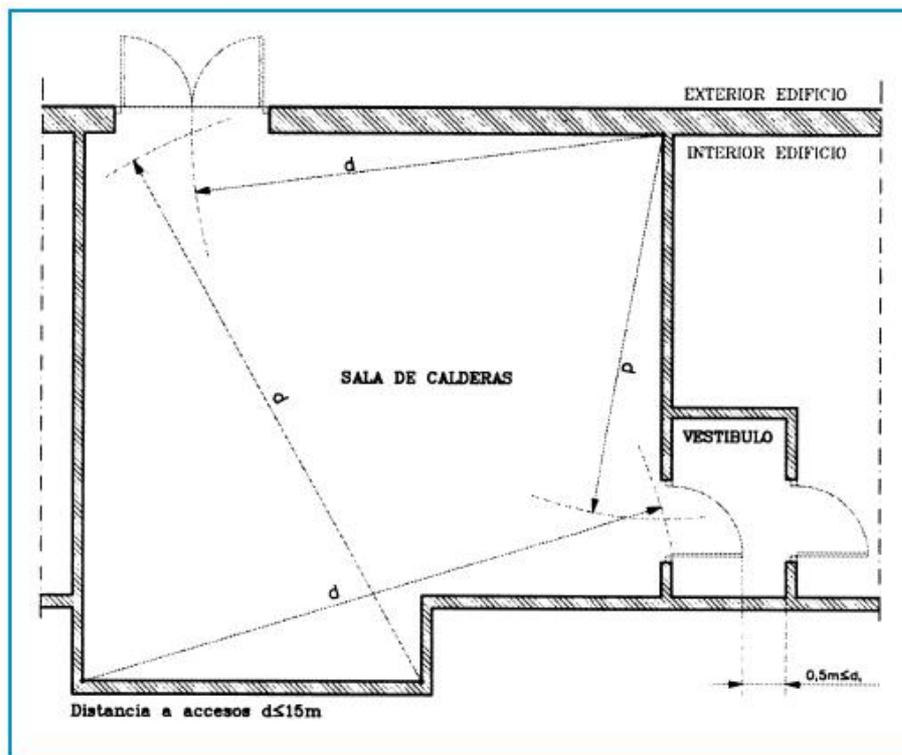


Figura 1. Accesos a las salas de caldera.

47.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS CERRAMIENTOS

El suelo tendrá resistencia estructural adecuada para soportar el peso de los equipos que se vayan a instalar, reforzándose si fuese preciso; debe tenerse especial cuidado con las calderas, vasos de expansión y depósitos de ACS, por ser los elementos que mayor presión ejercen sobre el suelo. Cuando la sala de calderas sea adyacente a locales habitados (viviendas, oficinas, etc.) se realizará una separación acústica suficiente. Los cerramientos no permitirán filtraciones de humedad, impermeabilizándolos en caso necesario.

En salas situadas en sótano debe comprobarse la posibilidad de filtraciones por paredes. En salas situadas en plantas superiores el suelo debe impermeabilizarse.

47.4. DIMENSIONES

Las dimensiones mínimas permitirán que todas las instalaciones y equipos sean perfectamente accesibles, de modo que puedan realizarse adecuadamente y sin peligro todas las operaciones de mantenimiento, vigilancia y conducción. Con relación a las calderas se mantendrán las distancias mínimas indicadas en la figura 3.

Aunque en la Norma UNE 100.020 no se especifica, en el frente de las calderas debe respetarse una distancia mínima de 1 m, cuando la caldera sea de longitud inferior, tal como se pedía en las IT.IC. Las distancias indicadas anteriormente son mínimas pero, evidentemente, las salas de calderas deberán tener unas dimensiones mayores para poder contener a los restantes equipos propios de la instalación, como vasos de expansión, depósitos de A.C.S., colectores, etc. En caso de no disponerse de espacio suficiente, algunos de estos equipos pueden situarse en otros locales, en los que no se tendrá el mismo nivel de exigencia que en las salas de calderas.

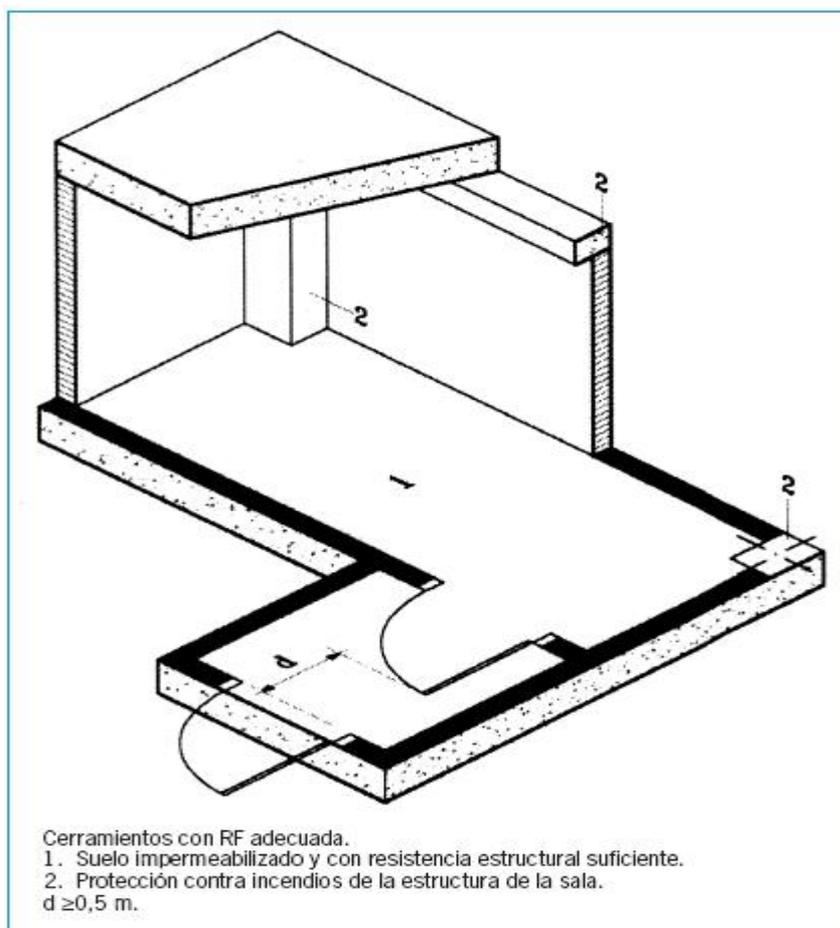


Figura 2. Características de los cerramientos.

Se cuidará especialmente que las conexiones entre las calderas y las chimeneas sean perfectamente accesibles. También se controlará que la distancia entre calderas permita abrir totalmente las puertas de las mismas, para ello deben tenerse en cuenta las dimensiones de los quemadores. Asimismo, deben respetarse las distancias indicadas por los fabricantes de los equipos que se instalen en las salas, cuando las mismas sean superiores a las fijadas en este apartado. Por último, observar que deben dejarse pasos y accesos libres para permitir el movimiento, sin riesgo o daño, de los equipos que deban ser reparados fuera de la sala de calderas.

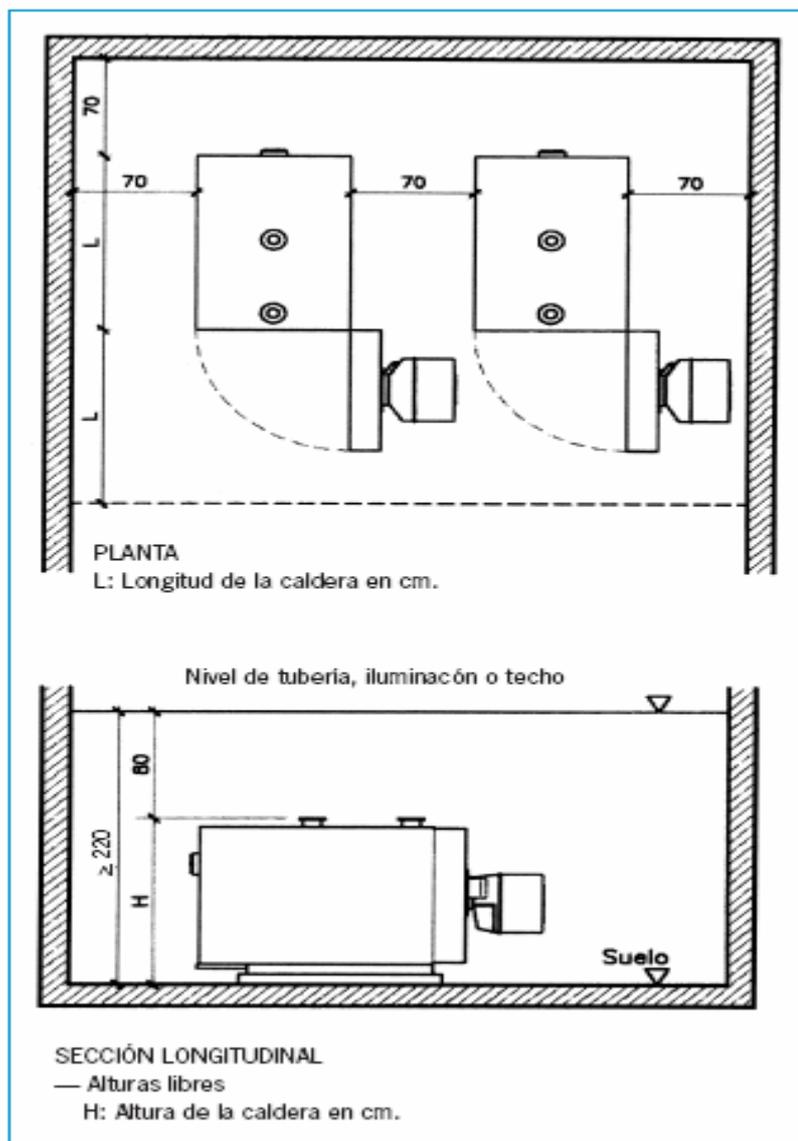


Figura 3. Distancias de calderas a cerramientos según norma UNE 100.020/89.

47.5. VENTILACIÓN

El objeto de la ventilación es, por un lado, suministrar el aire necesario para la combustión, por otro, proporcionar una renovación del aire de la Sala que permita disipar los posibles contaminantes y mantener unas temperaturas aceptables en las salas. La temperatura interior de las salas, además de la ventilación, depende del correcto aislamiento térmico de las tuberías y equipos, alcanzando valores más altos cuanto menor sea el aislamiento.

La aportación de aire puede realizarse mediante ventilación directa, natural o forzada; en la norma UNE 100.020 se dan unas definiciones de las formas de ventilación diferentes a las de otras normativas; las definiciones de la norma UNE 100.020 son «Natural Directa» y «Natural Indirecta» que se corresponden con «Directa por Orificios» y «Directa por Conducto» del RIGLO; esta última

definición se estima más correcta, ya que denominar indirecta a la ventilación realizada por conductos no es apropiado, puesto que el aire entra directamente desde el exterior hasta la sala; en este aspecto es preciso recordar que en la norma *UNE 100.000* se definen únicamente las ventilaciones *Mecánica y Natural*, dentro de esta última no diferencia la directa de la indirecta. No se permite ninguna toma de ventilación que comunique con otros locales cerrados, aunque los mismos dispongan de ventilación directa (*UNE100.020*).

47.5.1. Natural directa (por orificios)

Este tipo de ventilación puede realizarse cuando alguno de los cerramientos de la Sala esté en contacto directo con el exterior; se efectúa mediante aberturas con rejilla de protección a la intemperie y que tengan malla antipájaro.

Sección Mínima:

$$SV \geq 5 \cdot PN$$

Donde: SV: Sección libre de ventilación (cm²).
PN: Potencia Nominal instalada (kW).

Aunque es suficiente con una rejilla es aconsejable utilizar más de una abertura, situadas, si es posible, en paredes distintas y a diferentes alturas de manera que se favorezca el «barrido» de la sala.

47.5.2. Natural indirecta (con conductos)

Se puede aplicar cuando el local, no siendo contiguo con el exterior, pueda comunicarse con él mediante *conductos de menos de 10 m de recorrido horizontal*, los conductos que atraviesen otros locales deben ser de un material de resistencia al fuego adecuado, o estar provistos de compuertas cortafuegos. En estos casos se realizarán *dos conductos*, situándolos uno cerca del techo y otro cerca del suelo; de ser posible ambos conductos se situarán en paredes opuestas.

Sección Mínima de los Conductos:

$$\text{Verticales: } SV \geq 6,5 \cdot PN.$$

$$\text{Horizontales: } SV \geq 10 \cdot PN.$$

47.5.3. Forzada

Puede realizarse la ventilación de las salas de calderas de manera forzada, mediante un ventilador enclavado con los quemadores, que *impulse* el aire al interior de la sala; en el conducto de ventilación se instalará un interruptor de flujo con rearme manual que actúe sobre el funcionamiento de la sala (*ITE 02.11.4*).

$$\text{Caudal Mínimo: } Q \geq 1,8 \cdot PN.$$

Donde Q: Caudal de aire a introducir en la sala (m³/h).

Para esta solución se exige la instalación de *otro conducto, en paredes opuestas* a las de entrada de aire, de modo que se produzca una ventilación cruzada y, además, para que el aire de la sala no se transmita a otros locales, ya que de no existir esta salida la ventilación forzada mantendría en sobrepresión a la sala de calderas.

Es recomendable que la impulsión se realice por la parte inferior y el conducto de salida en la parte superior, para aprovechar la circulación natural del aire calentado en el interior de la sala. Ambos conductos serán de resistencia al fuego adecuada o estarán dotados de compuertas cortafuegos, si bien el peligro potencial en caso de incendio aconseja que, como mínimo, la ventilación superior se realice con conductos de RF adecuada (Fig. 4).

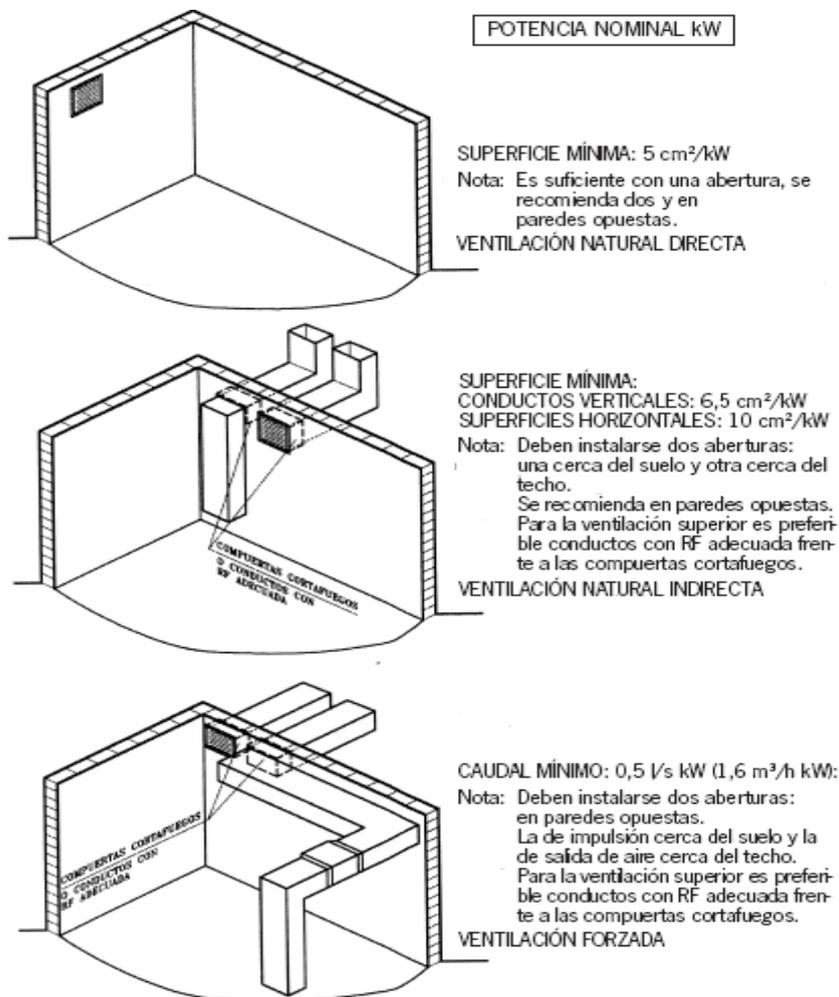


Figura 4. Ventilación de Salas de Calderas según norma UNE 100.020/89.

47.6. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

En las salas de calderas además de los equipos propios de la instalación (calderas, chimeneas, expansión, depósitos, bombas, etc) no deben olvidarse una serie de servicios, que es necesario prever desde el inicio de la obra.

47.6.1. Instalación eléctrica

En el artículo 2º del capítulo segundo del RITE se indica que las instalaciones eléctricas en las salas de calderas se adecuarán a lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Decreto 2.413/1973 de 20 de septiembre); en la anterior reglamentación de calefacción, en la IT.IC.03.11, se especificaba que las instalaciones eléctricas en salas de calderas cumplirían la MI-BT 026 cuando se empleasen como combustibles gases o polvo de carbón, según lo cual podría interpretarse que la MIBT 026 no era aplicable a las salas de calderas de gasóleo; esta interpretación no queda clara con la redacción actual del RITE, ya que de acuerdo con la clasificación de emplazamientos dada en la mencionada MI-BT 026 puede deducirse que, independientemente del combustible empleado, las salas de calderas se consideraran locales con riesgo de incendio o explosión, por lo que las instalaciones eléctricas, en su interior, deben adaptarse a los requisitos indicados en la Instrucción MIE-BT-026. Debe preverse una toma eléctrica, en general con tres Fases, Neutro y Protección. Si bien para pequeñas instalaciones puede resultar suficiente con:

Fase, Neutro y Protección.

Los conductores serán aislados, como mínimo para 750 V, instalados bajo tubo y la línea se protegerá con magnetotérmico y diferencial. El cuadro eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en la sala o, por lo menos, el interruptor general deberá situarse fuera de la misma y en la proximidad de uno de los accesos. Este interruptor no podrá cortar la alimentación al sistema de ventilación de la sala (UNE 100.020). Desde el punto de vista del mantenimiento resulta mas cómodo que el cuadro esté situado en la sala de calderas en un punto tal que permita la visibilidad de todos los equipos que requieren suministro eléctrico.

Sirven para evaluar el Grado de Protección de las envolventes (según la segunda edición de la CEI 529). Los materiales eléctricos y los usuarios gozan de una mayor o menor protección según su construcción:

1º cifra : Protección contra la penetración de los cuerpos sólidos extraños y el acceso a las zonas peligrosas.

IP	0	1	2	3	4	5	6
Tests							
Protección del equipo	No hay protección	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 12,5 mm	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm	Protegido contra el polvo	Estanco al polvo
Protección de las personas		Al reverso de la mano	Al dedo de la mano	A la herramienta	Al hilo	Al hilo	Al hilo

Los grados de protección mínimos serán IP23 para los motores e IP44 para la paramenta eléctrica y electrónica; cuando el material esté situado a la intemperie tendrá un grado

IP55 (UNE 100.20); en la figura 5 se adjunta la definición de los grados de protección del material eléctrico.

Iluminación:

La iluminación debe permitir realizar con comodidad los trabajos de mantenimiento, el nivel de iluminación medio será como mínimo de 200 lx, con una uniformidad superior a 0,5, que podrá reforzarse por medio de elementos portátiles para acceder a lugares escondidos. Las luminarias y las tomas de corriente tendrán un grado de protección IP55 y una protección mecánica grado 7 por lo menos (UNE100.020). El nivel de iluminación mínimo exigido se corresponde con el requerido por las «Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los locales de trabajo» para locales con exigencias visuales moderadas. Cada salida estará señalizada por medio de un aparato autónomo de emergencia (UNE100.020 y artículo 21.1 NBE-CPI/96).

2ª cifra : Protección contra la penetración del agua con efectos nocivos.

IP	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tests									
	No hay protección	Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación)	Protegido contra las caídas de gotas de agua hasta 15° de la vertical	Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical	Protegido contra la proyección de agua en todas direcciones	Protegido contra los chorros de agua en todas direcciones por lanzamiento	Protegido contra los chorros de agua potentes	Protegido contra los efectos de una inmersión temporal en el agua	Protegido contra los efectos de una inmersión prolongada en el agua

3ª cifra : Como opción Protección contra los choques

IP	0	1	2	3	5	7	9
Tests							
	No hay protección	Energía de choque 0,225 julios	Energía de choque 0,375 julios	Energía de choque 0,500 julios	Energía de choque 2,00 julios	Energía de choque 6,00 julios	Energía de choque 20,00 julios

Nota: la lectura del índice de protección se efectúa del primer al tercer cuadro. **Ejemplo:** un producto estanco al polvo y protegido contra los efectos de la inmersión será, por ejemplo, «IP 67-7» ó «67-9».

47.6.2. Alimentación de agua

Es preciso disponer de alimentación de agua para el llenado de las instalaciones; el dispositivo de llenado dispondrá de válvula de retención y contador de agua precedidos de un filtro de malla metálica; este dispositivo debe ser capaz de crear una solución de continuidad en caso de caída de presión en la red de alimentación (ITE 02.8.2). La sección de las tuberías de alimentación para la sala de calderas depende, fundamentalmente, del servicio de ACS; si existe

este servicio la sección será la correspondiente al mismo y de él se tomará la derivación para el llenado de los circuitos con la sección indicada en la tabla 1.

Si no hay servicio de ACS, la alimentación general será la indicada en la tabla 1.

Tabla 1 DIÁMETRO INTERIOR MÍNIMO DE TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA	
Potencia nominal (kW)	Sección Mínima para Llenados DN (mm)
$P \leq 150$	20
$150 < P \leq 500$	25
$500 < P$	32

47.6.3. Desagüe y vaciados

Para poder realizar el vaciado de circuitos y para evitar problemas de inundaciones o humedades en caso de rotura de tuberías, las salas de calderas dispondrán de un sistema de desagüe eficaz. Si no es posible evacuar el agua por gravedad, se preverá un pozo con bomba de achique. La sección del desagüe depende de la ubicación de la sala en el edificio y del volumen de agua de la instalación; si la sala está en la cubierta el volumen que se puede presentar en caso de fuga es pequeño, al igual que si las instalaciones tienen poco volumen de agua, si bien es conveniente que el desagüe tenga un diámetro mínimo de 100 mm, en esos casos podría ser menor. Los diferentes circuitos deben disponer de vaciados, con secciones mínimas indicados en la siguiente tabla 2 (ITE 02.8.3).

Tabla 2 DIÁMETRO INTERIOR MÍNIMO DE TUBERÍAS DE VACIADO	
Potencia nominal (kW)	Sección Mínima para Vaciados DN (mm)
$P \leq 150$	25
$150 < P \leq 500$	32
$500 < P$	40

El vaciado de los circuitos será visto, con el fin de poder comprobar cuando se está produciendo el mismo, así como para poder confirmar que las llaves de vaciado están correctamente cerradas.

47.6.4. Numeraciones esquemas y carteles

En la sala de calderas se debe situar un cuadro con el Esquema de Principio en el que figuren todos los equipos instalados, identificados por su correspondiente numeración. Los equipos en la sala dispondrán de placas con el número correspondiente

de manera que puedan ser claramente identificados; se señalarán especialmente las llaves de corte de combustible, vaciados y llenados. *Indicaciones de seguridad* En el interior de la sala de máquinas figurará un cuadro (*ITE 02.15.6*) con las siguientes indicaciones:

- Instrucciones para efectuar la parada de la instalación en caso necesario, con señal de alarma de urgencia y dispositivo de corte rápido.
- El nombre, dirección y número de teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento de la instalación.
- La dirección y número de teléfono del servicio de bomberos más próximo y del responsable del edificio.
- Indicación de los puestos de extinción y extintores cercanos.
- Plan de emergencia y evacuación del edificio (cuando sea necesario por el tipo de uso del edificio).

48. PROTECCION CONTRA INCENDIOS

EN SALAS DE CALDERAS

48.1. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE LOS CERRAMIENTOS

Las paredes, suelo y techo, tendrán la resistencia al fuego establecida en la reglamentación vigente; actualmente ésta es la NBE-CPI/96; en su artículo 19 (capítulo 4) se definen los locales de Riesgo Especial, en concreto en el punto 19.1 se da una clasificación en tres tipos:

- Riesgo ALTO.
- Riesgo MEDIO.
- Riesgo BAJO.

Las condiciones exigibles para estos locales se dan en las tablas siguientes:

COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS EN LOCALES DE RIESGO ESPECIAL				
TIPO DE LOCAL	RESISTENCIA PAREDES Y TECHOS	ESTABILIDAD ELEMENTOS ESTRUCTURALES	CLASE DE REVESTIMIENTOS	
			PAREDES Y TECHOS	SUELOS
RIESGO BAJO	RF-90	EF-90	M1	M2
RIESGO MEDIO	RF-120	EF-120	M1	M1
RIESGO ALTO	RF-180	EF-180	M1	M1

CONDICIONES EXIGIBLES A LOS LOCALES DE RIESGO ESPECIAL				
TIPO DE LOCAL	LONGITUD RECORRIDO DE EVACUACION (m)	VESTIBULO DE INDEPENDENCIA	RESISTENCIA AL FUEGO DE LAS PUERTAS	
			LOCAL	VESTIBULO
RIESGO BAJO	25	NO	RF-60	-
RIESGO MEDIO	25	SI	RF-60	RF-30
RIESGO ALTO	25	SI	RF-60	RF-30

Tabla 3: Condiciones exigibles de comportamiento frente al fuego, en locales de Riesgo Especial, según norma NBE-CPI/96.

La Resistencia al Fuego significa el tiempo durante el cual un cerramiento evita el paso de las llamas a otros locales, se designa con las siglas RF (resistencia al fuego) seguidas del tiempo en minutos; por otro lado la Estabilidad al Fuego (EF) es el tiempo que las estructuras mantienen sus características en caso de incendio, evitando que el edificio se resienta. Los cerramientos y estructuras de los locales con Riesgo Especial deben cumplir los requisitos de RF y EF dados en la tabla 3. El objeto del vestíbulo en los accesos es permitir la evacuación de los locales con Riesgo Especial sin que el incendio se transmita al resto del edificio; en la tabla anterior se comprueba como el mismo es exigible para los locales de Riesgo Medio y Alto.

En la tabla siguiente se dan las RF de algunos cerramientos típicos de la construcción; en la misma se observa como para lograr una RF 120 se requiere un ladrillo de 8 cm, como mínimo.

RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS MUROS DE HORMIGON SIN REVESTIR							
ESPESOR DEL MURO	10	12	14	16	20	25	> 30
RESISTENCIA AL FUEGO (RF)	RF-60	RF-90	RF-120	RF-180	RF-180	RF-240	RF-240

RESISTENCIA AL FUEGO FABRICA DE LADRILLO CERAMICO o SILICOCALCAREO						
TIPO DE REVESTIMIENTO		ESPESOR DE LA FABRICA (cm)				
		LADRILLO HUECO			LADRILLO MACIZO	
		4-6	8-10	11-12	11-12	20-24
SIN REVESTIR		(1)	(1)	(1)	RF-180	RF-240
ENFOSCADO	Por la cara expuesta al Fuego	RF-15	RF-60	RF-90	RF-180	RF-240
	Por las dos Caras	RF-30	RF-90	RF-120	RF-180	RF-240
GUARNECIDO	Por la cara expuesta al Fuego	RF-60	RF-120	RF-180	RF-240	RF-240
	Por las dos Caras	RF-90	RF-180	RF-240	RF-240	RF-240
(1): NO ES USUAL						

Tabla 4: Comportamiento frente al fuego de composiciones típicas de los elementos constructivos.

En la ITE 02.15.7 se da la siguiente clasificación:

- Salas con potencias hasta 600 kW: Riesgo BAJO.
- Salas con potencias superiores a 600 kW: Riesgo MEDIO.

En cumplimiento de la NBE-CPI/96 las salas de calderas con potencia hasta 600 kW no requieren vestíbulo de independencia en su acceso, sin embargo en la norma UNE 100.020 el mismo se exige para todas las salas, por otro lado en la misma norma UNE se indica que la Resistencia al Fuego de los cerramientos de todas las salas será RF-180, que corresponde a locales de Riesgo Alto, además también se indica que los revestimiento serán M0, es decir superior a las exigencias de la NBE-CPI/96 para cualquier tipo de riesgo; en el caso concreto de los revestimientos, las pinturas plásticas habitualmente utilizadas son M1, por lo que cumplen con la NBE-CPI/96 pero no la norma UNE 100.020.

La estructura del edificio, sobre todo si es metálica, que quede dentro de la sala de calderas, se debe proteger contra el fuego y las altas temperaturas. Las puertas de acceso tendrán una permeabilidad no superior a $1 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ ($3,6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$) bajo una presión diferencial de 100 Pa, salvo cuando esté en contacto con el exterior (**UNE 100.020**). Los vestíbulos tendrán unas dimensiones que permitan que la distancia entre los contornos de las superficies barridas por las puertas del vestíbulo sea, al menos, de 50cm (**artículo 10.3, NBECPI/ 96**).

Debe cuidarse especialmente el sellado de los pasos de tuberías, chimeneas, conductos, etc, (**artículo 18, NBE-CPI/96**), ya que de nada serviría tener paredes y puertas de resistencia al fuego adecuadas si, a través de los pasos indicados, las Salas quedasen en comunicación con otros locales.

48.2. EXTINTORES

Se instalarán extintores de eficacia mínima 21A-113B (**artículo 20.1, NBE-CPI/96**) en los siguientes puntos:

- Uno en el exterior de la sala, próximo a la entrada a la misma, este extintor podrá servir simultáneamente a varios locales o zonas.
- En el interior, el número mínimo para que la distancia a recorrer hasta el extintor más próximo sea inferior a 15 m.

ELECCION DEL AGENTE EXTINTOR				
AGENTE EXTINTOR	CLASE DE FUEGO			
	A	B	C	D
Agua a Chorro	Bueno	NO	NO	NO
Agua Pulverizada	Excelente	Aceptable (1)	NO	NO
Espuma Fisica	Bueno	Bueno	NO	NO
Polvo Polivalente	Bueno	Bueno	Bueno	NO
Polvo Seco	NO	Excelente	Bueno	NO
Anhidrido Carbónico (CO ₂)	Aceptable (2)	Aceptable	NO	NO
Derivados Halogenados	Aceptable	Bueno	NO	NO
Productos Especifico para Fuegos de Metales	NO	NO	NO	Aceptable

(1): Si el agua lleva incorporado un aditivo humectante o tenso activo, puede asignarse la adecuación Bueno.
(2): En fuegos superficiales (profundidad < 5 mm) puede asignarse la adecuación Bueno.

Fuegos Clase A: Fuegos de Materiales Sólidos.
Fuegos Clase B: Fuegos de Líquidos y Sólidos Grasos.
Fuegos Clase C: Fuegos de Gases.
Fuegos Clase D: Fuegos de Metales de alto poder reactivo.

Tabla 5: Características para la elección del agente extintor (CEPREVEN).

48.3. DETECCION Y ALARMA

Aunque su aplicación no es obligatoria para estos locales, si resulta aconsejable colocar detectores de incendios asociados a un sistema de corte automático de la alimentación de combustible a la sala y a un sistema de alarma (luminosa y/o acústica), la señal podría situarse en el portal o zona comunitaria.

49. SALAS DE CALDERAS DE SEGURIDAD

ELEVADA

Requieren Sala de Calderas de Seguridad Elevada los Edificios Institucionales y los de Pública Concurrencia (**UNE 100.020**).

En la norma **UNE 100.000** se da la siguiente clasificación de los Edificios:

- **Institucionales:** Son aquellos edificios donde se reúnen personas que carecen de libertad plena para abandonarlos en cualquier momento (hospitales, asilos, centros de enseñanza y similares).
- **Pública Reunión:** Aquellos donde se reúnen personas para desarrollar actividades de carácter público o privado, en los que los ocupantes tienen libertad para abandonarlos en cualquier momento (teatros, cines, centros deportivos, colegios de enseñanzas medias y superiores y similares).

Además de las prescripciones generales, este tipo de salas cumplirán las siguientes especificaciones (**UNE 100.020**):

- Los cerramientos tendrán una resistencia al fuego de, al menos, 4 horas (**RF-240**); valor muy superior al requerido por la NBE-CPI/96.
- Cuando la superficie en planta de la Sala sea superior a 100 m², la distancia máxima de cualquier punto de la sala a un acceso será de 7,5 m, lo que puede obligar a disponer de varios accesos.
- Cuando la Sala tenga DOS o más accesos, al menos uno de ellos dará salida directa al exterior; este acceso no estará próximo a ninguna escalera, ni a escapes de humos o fuegos.

Implícitamente no se exigen 2 accesos.

50. SALAS DE CALDERAS A GAS

En este apartado se comentan las características exclusivas de las Salas con Calderas a Gas, las mismas se dan en la norma **UNE 60.601**; las características que no se indican explícitamente en este apartado son idénticas a las analizadas en los anteriores. Aunque en la modificación de la norma UNE 100.020 se indica que la misma no es aplicable a Salas con Calderas a Gas, en la norma UNE 60.601 no se especifican una serie de detalles, como alturas etc. por lo que los mismos deberán tomarse de la UNE 100.020.

50.1. EMPLAZAMIENTO

En el **RIGLO** se indica que **NO** pueden situarse aparatos a gas en plantas inferiores a primer sótano (**artículo 9**); en la **MI-IRG-01.39** se define como **Semisótano o Primer Sótano** a la primera planta por debajo del suelo que se encuentre en un nivel inferior en más de 60 cm con relación al suelo exterior (calle o patio de ventilación) en todas las paredes que conforman el citado local; es decir **no podrán instalarse aparatos a gas en locales cuyo techo esté a más de 60 cm por debajo del suelo exterior**.

Por otro lado es necesario recordar que en la **MI-IRG-02.3.1** se prohíbe la utilización de uniones mecánicas en semisótanos, o primeros sótanos; la aplicación estricta de este requisito imposibilitaría la instalación de aparatos a gas en estos niveles. Por último recordar que en la **MI-IRG-05.2.2.1** se dice que, para **gases mas densos que el aire**, la parte superior de la entrada de aire estará a menos de 30 cm del suelo y que el conducto de entrada de aire no puede ser descendente, esto imposibilita situar calderas para gases mas densos que el aire en niveles inferiores a planta baja. Por tanto, y obviando la **MI-IRG-02.3.1**, se tiene:

- Para Gases **Menos Densos** que el aire, las salas de calderas no se situarán por debajo del semisótano o primer sótano.
- Para Gases **Mas Densos** que el aire no podrán situarse por debajo de Planta Baja.

En general los emplazamientos más adecuados son en edificios separados o bien en plantas superiores, en concreto para Gases Mas Ligeros que el aire preferiblemente en las cubiertas de los edificios.

50.2. ACCESOS

Las dimensiones mínimas de la puerta de acceso son de 0,80 m de ancho y 2,00 m de altura. En el exterior de la puerta y en lugar bien visible se colocará la siguiente inscripción:

CALDERAS A GAS
PROHIBIDA LA ENTRADA
A TODA PERSONA AJENA AL SERVICIO

50.3. DIMENSIONES

Las distancias mínimas entre las calderas y las paredes serán las indicadas en la figura 6. En muchos casos las calderas para gas pueden ser idénticas que para gasóleo (calderas a sobrepresión), por lo que no hay motivo para que las distancias a los cerramientos sean inferiores; en este aspecto deberían unificarse los criterios de las normas UNE 60.601 y 100.020. Las calderas atmosféricas requieren menos espacio para su mantenimiento, por lo que para ellas cabe la posibilidad de reducir las separaciones, cumpliendo las indicadas en la norma UNE 60.601. Con calderas murales y/o modulares, cuando estén homologadas como conjunto, pueden reducirse las distancias entre ellas, pudiendo instalarse incluso sin separación lateral a indicación del fabricante. Las alturas a respetar serán las indicadas en la figura 3 correspondiente a la norma UNE 100.020 ya que la norma UNE 60.601 no lo especifica.

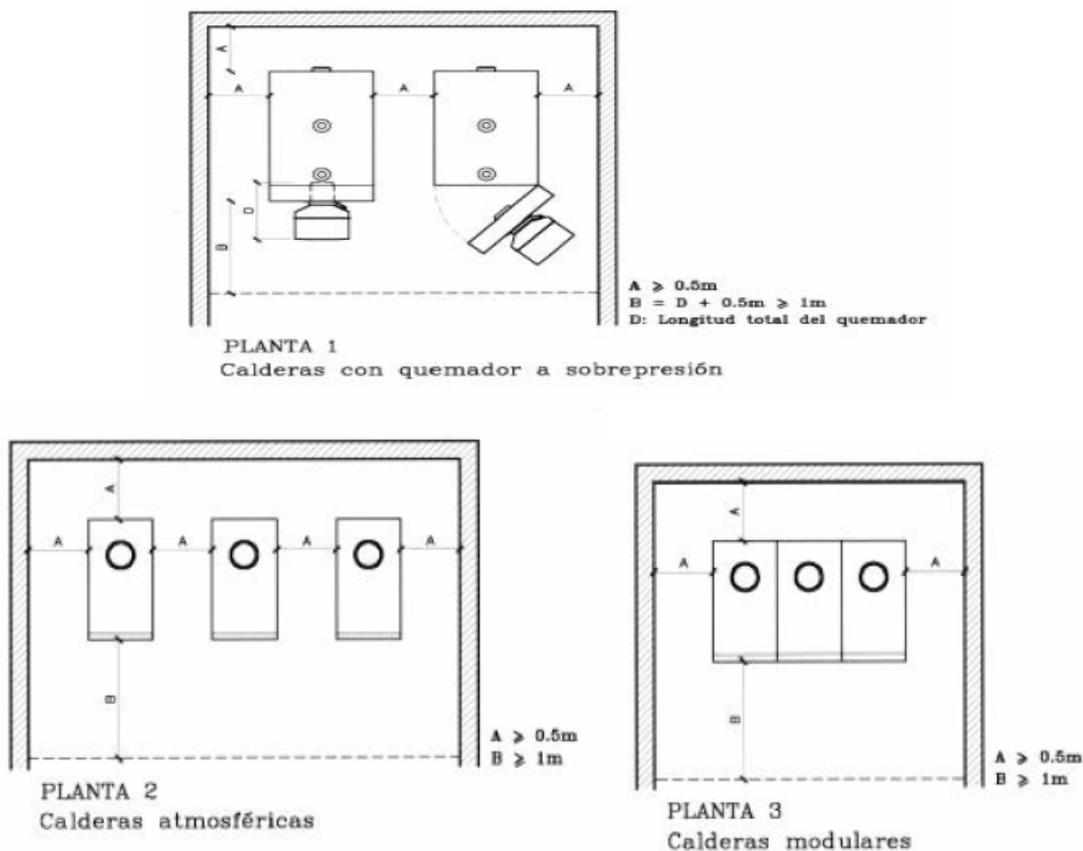


Figura 7: Distancias entre calderas y cerramientos según norma UNE 60.601.

50.4. PROTECCION CONTRA INCENDIOS

La norma UNE 60.601 da la misma clasificación de Riesgo que la ITE 02.15.7 (hasta 600kW.Riesgo Bajo y para potencias superiores Riesgo Medio) e impone las mismas exigencias que la NBECPI/ 96, por lo que para Salas con Calderas hasta 600 kW no se exige vestíbulo.

No se instalarán extintores automáticos, ya que en caso de incendio es preferible que se mantenga la llama a que se provoque un escape de gas sin quemar.

50.4.1. CARACTERISTICAS DE LOS CERRAMIENTOS

(SUPERFICIE NO RESISTENTE)

Las Salas de Calderas a Gas, con el fin de evitar que se resienta la estructura del edificio en caso de explosión, deberán disponer de una superficie de baja resistencia mecánica, denominada **SUPERFICIE NO RESISTENTE (SNR)**, esta superficie debe dar directamente al exterior o a un patio descubierto de dimensiones superiores a 2'2 m que no tenga ascensores o escaleras.

Las dimensiones de la SUPERFICIE NO RESISTENTE serán:

- POTENCIA UTIL < 600 kW SNR $\geq 1 \text{ m}^2$.
- POTENCIA UTIL > 600 kW SNR en m^2 , igual o mayor que el centésimo del volumen de la Sala en m^3 , con un mínimo de 1 m^2 .

Si no se puede comunicar directamente con el exterior o patio descubierto, se podrá realizar un conducto, de las mismas dimensiones que la superficie no resistente, cuya relación entre lado mayor y lado menor sea inferior a 3. Este conducto será ascendente y sin aberturas en todo su recorrido y su desembocadura estará libre de obstáculos, las paredes del conducto tendrán, al menos, la misma resistencia al fuego que las paredes de la sala.

La SNR puede hacerse coincidir con la puerta de acceso exterior y con las ventilaciones directas.

50.5. VENTILACION

La ventilación de las Salas de Calderas de Gas se divide en dos partes:

50.5.1. ENTRADA DE AIRE DE COMBUSTION Y VENTILACION INFERIOR

Los orificios para entrada de aire tendrán su parte superior, como máximo, a 50 cm del suelo y distarán, por lo menos, 50 cm de cualquier abertura distinta practicada en la Sala de Calderas.

La separación de 50 cm a cualquier otra abertura de la sala de calderas parece que debe entenderse como separación a cualquier abertura de OTRO local distinto de la sala, ya que, por ejemplo, una abertura de ventilación realizada en la propia puerta de acceso desde el exterior cumple perfectamente su misión; esto se ve corroborado por el RIGLO, ya que en la MI-IRG-05 admite que las rejillas de ventilación estén situadas sobre puertas exteriores.

Los orificios deben protegerse para evitar la entrada de cuerpos extraños, es aconsejable situarlos en dos lados opuestos. Las entradas de aire pueden ser Por Orificios (Natural Directa), Por Conductos (Natural Indirecta) o Por Medios Mecánicos (Forzada).

- POR ORIFICIOS

Si se realiza por orificios en contacto directo con el exterior: $SV (\text{cm}^2) \geq 5 \cdot PN$

Las secciones libres indicadas anteriormente, están calculadas para orificios circulares; si son rectangulares, la sección libre se incrementará en un 5%; la relación entre lado mayor y lado menor no superará 1,5.

- POR CONDUCTOS

La sección del conducto será **1,5 veces mayor que en el caso de ventilación directa** (7,5 cm²/kW); la longitud horizontal será inferior a 10 m.

- POR MEDIOS MECANICOS (FORZADA)

El caudal de aire a introducir en la Sala será, como mínimo:

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} \geq 2 \cdot PN + 10 \cdot A$$

Siendo **A** la superficie de la sala de calderas en m².

El ventilador estará enclavado con los quemadores, debiéndose cortar el suministro de Gas en caso de fallo del ventilador. Para asegurarse del correcto funcionamiento del sistema de ventilación forzada deben instalarse en los conductos de aire equipos que detecten el flujo de aire (interruptores de flujo de aire y/o presostatos diferenciales). De acuerdo a la UNE 100.020 deberían instalarse interruptores de flujo de rearme manual. Por ello cuando la ventilación forzada debe asociarse a una electroválvula de corte de gas en el exterior de la sala, para poder cumplir el requisito de corte de gas en caso de fallo del sistema de ventilación; dicha electroválvula estará comandada por la señal del sistema de detección de flujo (interruptor y/o presostato). Se respetarán los siguientes ordenes de operación:

- **ENCENDIDO:**

- Arranque del ventilador.
- Temporización hasta lograr **5** renovaciones del volumen de la sala.
- Apertura de la electroválvula exterior de gas.
- El ventilador permanecerá en funcionamiento durante todo el horario de servicio.

- **APAGADO**

- Parada de las calderas.
- Cierre de la electroválvula exterior de gas.
- Temporización ajustada a evacuar el calor de la sala.
- Parada del ventilador.

50.5.2. VENTILACION SUPERIOR

Tiene como misión evacuar el aire viciado, la parte inferior de los orificios se situará a menos de 30 cm del techo. Esta evacuación **NO podrá realizarse por medios mecánicos.**

- POR ORIFICIOS (NATURAL DIRECTA)

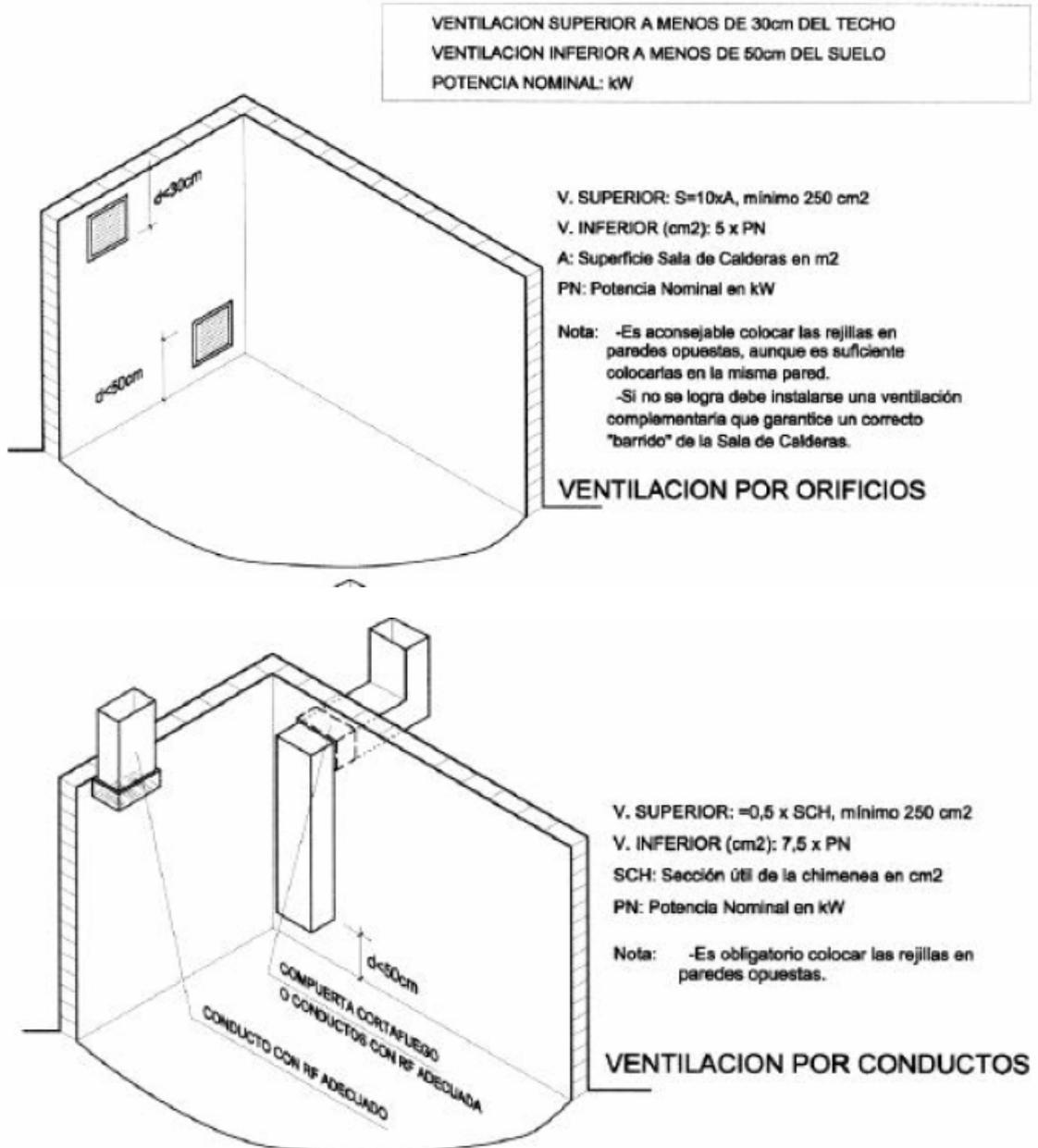
SV ≥ 10 · A Con un mínimo de **250 cm²**.

Si los orificios no son circulares, se aumentarán en un 5%.

o POR CONDUCTO (NATURAL INDIRECTA)

$SV \geq 0,5 \cdot SCH$ Con un mínimo de 250 cm².
 (SCH: Sección Conductos de Humos en cm²).

Cuando el conducto de ventilación discorra por la misma vaina que contiene al conducto de humos, se deberá instalar un dispositivo que limite el caudal a $Q = 10 \cdot A$ (m³/h).



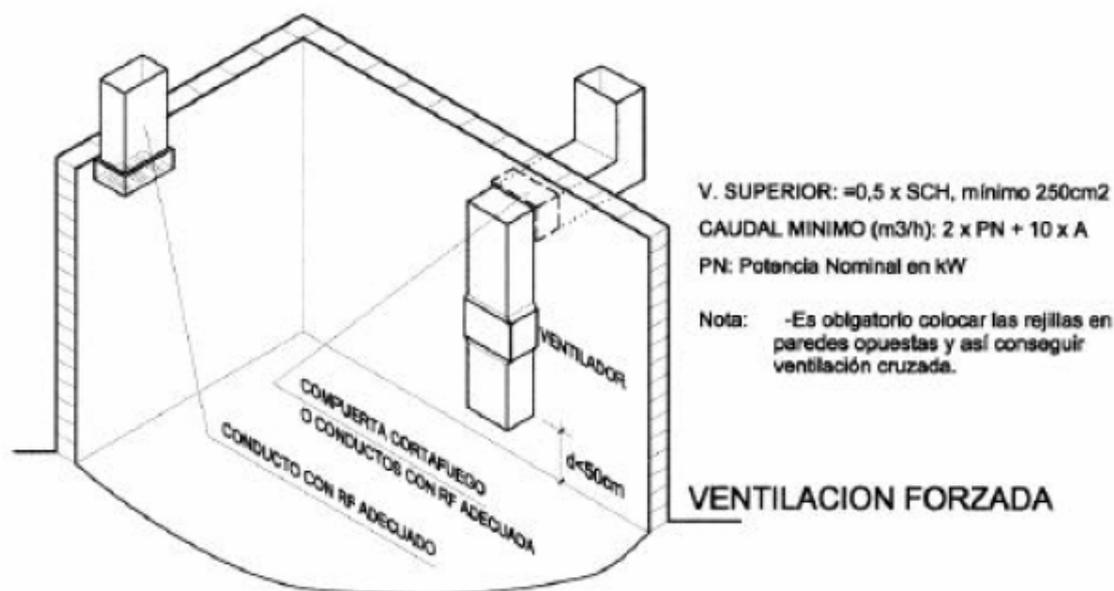


Figura 8: Ventilación de salas de Calderas a Gas según norma UNE 60.601/00

50.6. INSTALACION DE GAS

Las instalaciones de gas en el interior de la sala se realizarán con **acero o cobre**, su trazado sera adecuado al tipo de gas, es decir para gases Mas Ligeros que el aire las tuberías se llevarán por la parte alta y siempre por debajo de la ventilación superior y para gases Mas Densos que el aire por la parte inferior. Las uniones mecánicas se limitarán al mínimo posible, utilizándose sólo para la conexión de aparatos y equipos. Los trazados se realizarán con el menor número posible de soldaduras, sin utilizar recortes de tuberías. Antes de cada aparato se instalará una llave de corte (llave de aparato).

Se colocará lo mas cerca posible de la sala de calderas una llave de corte general, que permita el corte de suministro de gas a la misma, situada en el exterior de dicha sala, de fácil acceso y localización. En el caso que esto no sea posible la llave de corte general se situará en el interior próxima a la entrada de la conducción de gas a la sala. La regulación se diseñará de modo que a la sala se acceda con el gas a la mínima presión posible, preferentemente en Baja Presión (< 50 mbar). Los contadores se instalarán fuera de las salas de calderas.

50.6.1. DETECCION Y CORTE DE FUGAS DE GAS

Aunque no es obligatorio sí resulta aconsejable instalar un sistema de detección de fugas de gas asociado a una electroválvula de corte de gas, situada en el exterior de la sala; la electroválvula será del tipo Normalmente Cerrada de modo que en caso de fallo del suministro eléctrico ocupe la posición de máxima seguridad. Ante una activación del sistema de detección, el sistema de corte debe reponerse el servicio de forma manual. Si la ventilación es forzada la electroválvula asociada al sistema de detección de fugas, puede cumplir al mismo tiempo la misión de garantizar el corte de gas mientras no se haya establecido una correcta ventilación.

50.7. INSTALACION ELECTRICA

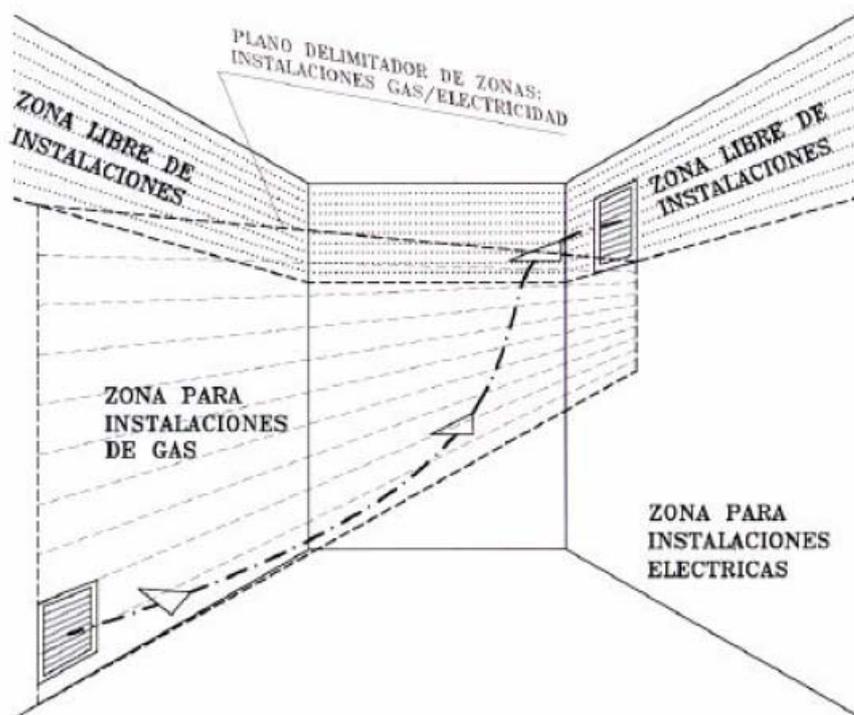
La instalación eléctrica de estas Salas se realizará de acuerdo con la **MIE-BT-026** del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión; esto obliga a clasificar las diversas zonas de la Sala según los criterios fijados en la norma **UNE-EN 60.079/97 parte 10**.

Según se indica en el apartado 3 de la MIE-BT 026 las Salas de Calderas a Gas son emplazamientos de Clase I y según el apartado 4 de la norma UNE-EN 60.079 se pueden presentar lugares clasificados como Zona 2, por lo que será preciso definir cuales son estos lugares, con el fin de utilizar en los mismos el material eléctrico adecuado. En general las zonas clasificadas se encontrarán, para Gases **Mas ligeros** que el aire, entre el punto de posible fuga de gas y la ventilación superior y/o el cortatiro de las calderas si éstas son atmosféricas; y para Gases **Mas Densos** entre el posible punto de fuga y la ventilación inferior.

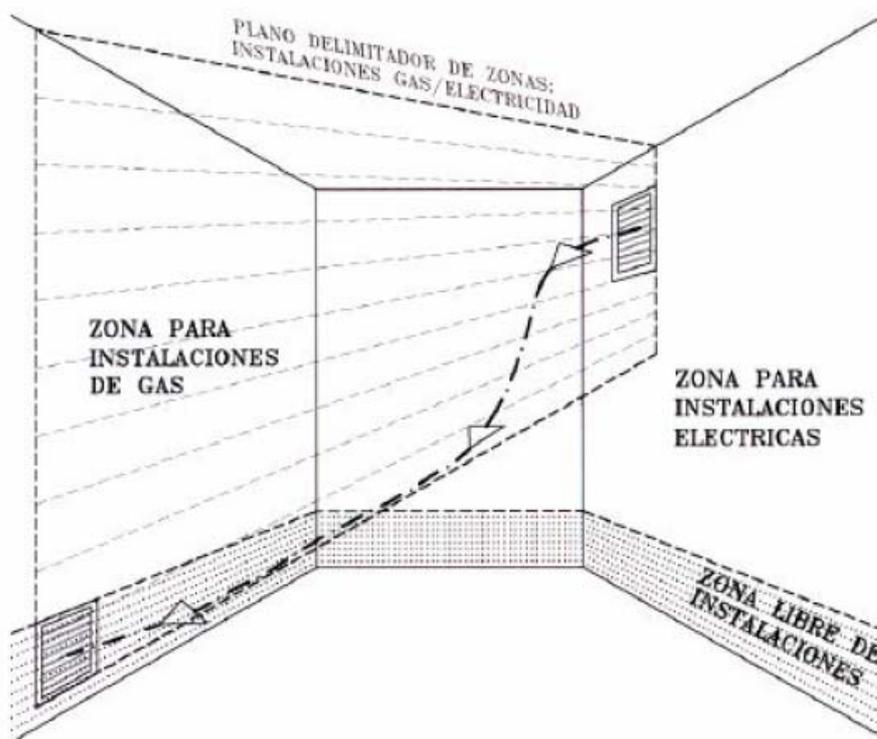
La tubería soldada no constituye fuente de fuga, por lo que los puntos factibles de originar fugas serán los accesorios de las Instalaciones de Gas. Como norma general en el diseño de la instalación eléctrica de las Salas de Calderas a Gas se seguirán los siguientes criterios:

- El cuadro eléctrico se situará en el vestíbulo, o alejado de la instalación de gas en caso de no existir vestíbulo.
- Las instalaciones eléctricas en el interior de las salas se reducirán al mínimo posible, para ello los equipos que requieran suministro eléctrico (bombas, válvulas motorizadas, etc) se agruparan en un local independiente (vestíbulo, sala de bombas, etc) o se situarán en paramentos opuestos a los ocupados por las calderas.
- Las canalizaciones eléctricas por el interior de la sala se llevarán lo mas alejadas posibles de las de gas, y atendiendo a las características del mismo:
 - Para Gases **Mas Ligeros** que el Aire se llevarán por la parte baja de la sala y siempre por debajo de las rejillas para ventilación superior.
 - Para Gases **Mas Densos** que el Aire se llevarán por la alta de la sala y siempre por encima de la ventilación inferior. Debe preverse una toma eléctrica con la línea protegida mediante magnetotérmico y diferencial, además estará dotada de la correspondiente Red de Tierra. Al realizar las instalaciones se debe estudiar el movimiento natural del aire; para **Gases Mas Ligeros** que el aire de la ventilación inferior a la superior, o hacia el cortatiros en el caso de calderas atmosféricas, con este movimiento la sala se divide en dos zonas, por encima y por debajo del plano definido por la

circulación del aire, se procurará que la instalación eléctrica quede por debajo y el gas por encima; tratando además de separar en la medida de lo posible ambas instalaciones, y respetando una zona de posible acumulación de gas en caso de fuga en la que no se realizarán instalaciones ni de gas ni eléctricas; para **Gases Mas Pesados** que el aire el movimiento del gas en caso de fuga será hacia la ventilación inferior. En la figura 7 se dan las delimitaciones de zonas para ambos tipos de gas.



Delimitación de zonas en salas de calderas para gas Mas Ligero que el aire.



Delimitación de zonas en salas de calderas para gas Mas Pesado que el aire.

Figura 9: Determinación de zonas para instalaciones de Gas y Electricidad en salas de calderas.

50.8. SALAS EN SEMISOTANOS O PRIMER SOTANO PARA GASES MÁS DENSOS QUE EL AIRE

Como ya se ha indicado en el apartado 6.1., sólo podrá adoptarse este emplazamiento para Gases Más Densos que el Aire si se logra un conducto directamente hasta el exterior con trazado horizontal o ascendente hacia la sala; a pesar de ello en el **punto 8 de la norma UNE 60.601** se permite esta ubicación siempre que se tomen las siguientes medidas complementarias:

50.8.1. Instalar un Sistema de Detección de Fugas y Corte Gas.

Se instalará un sistema de detección y corte de gas y extracción de aire, que debe someterse a pruebas periódicas para comprobar su correcto funcionamiento (Periodicidad mínima 6 meses); con las siguientes características:

○ DETECCION.

Los detectores se activarán antes de que se alcance el 50% del Límite Inferior de Explosividad (LIE). Deben ser conformes a las normas UNE-EN 50.194 y UNE-

EN 50.244. Se instalará un detector por cada 25 m² de superficie de sala, con un mínimo de dos. Los detectores se situarán a menos de 20 cm del suelo, debidamente protegidos contra choques o impactos. Los detectores activarán los sistemas de corte de gas y extracción de aire.

○ CORTE DE GAS.

Se realizará con una válvula automática de tipo Normalmente Cerrada, ubicada en el exterior del recinto. La reposición de suministro será con rearme manual, por desbloqueo del sistema de detección o de la propia válvula.

50.8.2. Se complementará con un sistema de Extracción Forzada.

Constará de un extractor centrífugo, instalado en el exterior del recinto, si es preciso puede ser colocado en el interior lo más próximo al punto de penetración del conducto. El conjunto carcasa- rodete será antichispas, con el motor eléctrico con protección IP33 y exterior al conjunto de ventilación.

El extractor se conectará a una red de conductos con bocas de aspiración situadas en los puntos de posibles fugas, coincidiendo, por lo general, con la situación de los detectores. La altura de situación de las bocas será la misma que la de los detectores. El número mínimo de bocas de extracción será igual al número de detectores.

El caudal mínimo de extracción será: $Q \text{ (m}^3\text{/h)} \geq 10 \cdot A \text{ (m}^2\text{)}$.

Con un mínimo de 100 m³/h.

El sistema de extracción deberá funcionar cuando el equipo de detección esté activado; en este caso permanecerá en funcionamiento hasta que se haya restablecido el servicio. Debe preverse un sistema automático que corte el servicio de gas en caso de fallo del sistema de extracción.

51. REGLAMENTO DE APARATOS A PRESION

51.1. INICIO

51.1.1. Disposición transitoria

Hasta tanto no resulten establecidas en las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias las prescripciones a observar respecto a aparatos a presión, serán de aplicación, atendida la naturaleza del aparato, las normas técnicas previstas en los artículos 6, 12 a 27, inclusive, 30 y 35 y anexos del Reglamento de Recipientes a Presión, aprobado por Decreto 2443/1969, de 16 de agosto.

51.1.2. Disposiciones adicional primera.

Las competencias administrativas en relación con los aparatos a presión afectos a servicios de la Defensa Nacional corresponden a las autoridades del Ministerio de Defensa, sin perjuicio de la asistencia que las mismas puedan solicitar de los Organismos civiles.

51.1.3. Disposiciones adicional segunda.

Se autoriza al Ministerio de Industria y Energía para que, mediante Resoluciones de la Dirección General de Industrias Siderometalúrgicas y Navales, en atención al desarrollo técnico o a situaciones objetivas excepcionales, a petición de parte interesada y previo informe del Consejo Superior del Ministerio, pueda establecer, para casos determinados, prescripciones técnicas diferentes de las previstas en las Instrucciones Técnicas Complementarias.

51.1.4. Disposiciones adicional tercera.

Se modifica el anexo del Real Decreto 1384-1978 de 23 de junio, en el núm. 2 de los preceptos legales afectados por su artículo 4.º, y el anexo 2 del Real Decreto 1981/1978, de 15 de julio, en el núm. 2 de los preceptos legales afectados por su artículo 11, sobre traspaso de competencias de la Administración del Estado a la Generalidad de Cataluña y al Consejo General del País Vasco, respectivamente, en el sentido de sustituirse por el Reglamento de Aparatos a Presión, que se aprueba por el presente Real Decreto, les referencias al Reglamento de Recipientes a Presión, aprobado por Decreto 2443/1969 de 16 de agosto.

51.1.5. Disposiciones finales.

Primera.-

Por el Ministerio de Industria y Energía se aprobarán las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias que desarrollen las previsiones normativas del Reglamento de Aparatos a Presión.

Segunda.-

Queda derogado el Reglamento de Recipientes a Presión, aprobado por el Decreto 2443/1969, de 16 de agosto (reiterado), con las modificaciones dispuestas por los Decretos 516/1972, de 17 de febrero, 3475/1975, de 5 de diciembre y Real Decreto 2849/1976 de 1 de octubre y disposiciones complementarias sobre los anexos del mismo Reglamento.

Capítulo 1 Disposiciones Transitorias Iniciales

Artículo 1.

Corresponde al Ministerio de Industria y Energía, con arreglo a la Ley de 24 de noviembre de 1939, la reglamentación, intervención e inspección de las condiciones de seguridad de los aparatos que producen o contienen fluidos a presión.

Artículo 2.

El presente Reglamento tiene por objeto dictar las normas necesarias para la debida protección de las personas y sus bienes y para la salvaguardia de la seguridad e intereses de los usuarios, así como el establecimiento de las condiciones de seguridad de los aparatos a presión.

Artículo 3.

El Ministerio de Industria y Energía vigilará, en la forma prevista en este Reglamento, su aplicación por parte de los constructores, instaladores y usuarios.

Las anteriores facultades se entienden sin perjuicio de la competencia que la legislación laboral atribuye a los Órganos del Ministerio de Trabajo para la vigilancia del cumplimiento de las normas sobre seguridad e higiene en el trabajo.

Artículo 4.

En cuanto afecta al campo de aplicación del presente Reglamento, el personal facultativo de las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía, en el ejercicio de sus funciones, gozará de la consideración de agente de la autoridad, a efectos de lo dispuesto en la legislación penal.

Capítulo 2 Competencia Administrativa

Artículo 5.

Se someterá a las prescripciones, inspecciones técnicas y ensayos que determina este Reglamento los aparatos destinados a la producción, almacenamiento, transporte y utilización de los fluidos a presión, en los términos que resulten de las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias (I. T. C.). No se incluyen en el ámbito de aplicación de este Reglamento los depósitos y cisternas destinadas al transporte de materias peligrosas, que estarán sometidas únicamente a lo dispuesto en el Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR) de 30 de septiembre de 1957 o en el Reglamento Nacional para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera, aprobado por Decreto núm. 1754/1976, de 6 de febrero (TPC) según se trate de transportes internacionales o de transportes con origen y destino dentro de nuestro país, así como en las normas de construcción y ensayo de cisternas y disposiciones complementarias.

Los aparatos a que se refiere este Reglamento y que se encuentren instalados o que se instalen en lo sucesivo en actividades afectadas por otras Reglamentaciones específicas, deberán cumplir además lo en ellas dispuesto.

Capítulo 3 Aparatos a los que se refiere este reglamento

Artículo 6.

1.- La fabricación e importación de los aparatos comprendidos en este Reglamento con excepción de los generadores de aerosoles y las tuberías de conducción de fluidos a presión, exigirá el previo registro de sus tipos por el Ministerio de Industria y Energía, referidos a un concreto establecimiento industrial.

2.- La solicitud de registro de un tipo de aparatos a presión, se presentará por el fabricante o importador, antes de proceder a la construcción o importación, en la Delegación del Ministerio de Industria y Energía de la provincia en la que se encuentre situada la industria, y si se trata de un importador, en la que corresponda a su domicilio social.

A la solicitud se acompañara la siguiente documentación:

a : - Proyecto técnico, por duplicado, en el que se describirá la constitución del tipo de que se trate, así como cálculos, materiales utilizados, código de diseño, elementos de seguridad y cuantas especificaciones sean precisas para definir el aparato y justificar el cumplimiento de este Reglamento y sus ITC. Este proyecto irá suscrito por técnico titulado competente, y estará visado por el Colegio Oficial al que pertenezca.

b : - Certificado de conformidad, extendido por duplicado y suscrito por alguna Entidad Colaboradora autorizada para la aplicación de este Reglamento, en el que se hará constar que el tipo en cuestión cumple todas las especificaciones exigidas por este Reglamento y sus ITC, así como el código y normas de fabricación, que según el proyecto se van a utilizar en su fabricación.

c.- Ficha técnica por triplicado, con las hojas necesarias para definir el tipo, características del mismo, dimensiones principales en milímetros, alzados, secciones y vistas exteriores, con indicación de todos los elementos de seguridad y accesorios exigidos por este Reglamento y sus ITC. Estas hojas tendrán formato UNE A4 y la disposición de las casillas se hará de acuerdo con la ficha adjunta.

3.- Si se tratase de un aparato a presión no procedente de cualquiera de los Estados miembros de la Comunidad Económica Europea (CEE) deberá presentarse, junto con la documentación indicada, una certificación extendida por la Administración del país de origen, o por alguna Entidad de control oficialmente reconocida en el mismo, legalizada por el representante español en dicho país, en la que se acredite que los cálculos, materiales empleados, procesos de fabricación y ensayos realizados son conformes con el código y normas utilizadas.

4.- La Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, enviará al Centro Directivo competente en materia de Seguridad Industrial, su informe y propuesta de inscripción, acompañada de:

.- Un ejemplar del proyecto.

.- Tres juegos de la ficha técnica.

.- Un ejemplar del certificado de aprobación, suscrito por Entidad Colaboradora autorizada.

.- Certificación extendida por la Administración del país, de origen o por la Entidad Colaboradora reconocida en el mismo, si se trata de un aparato de importación.

5.- En base a la documentación anterior, el Centro Directivo competente en materia de Seguridad Industrial procederá al registro del tipo, comunicando al interesado y a la Delegación de Industria y Energía la contraseña de inscripción que corresponda.

6.- La responsabilidad técnica que pudiera derivarse de cualquier incidencia producida por incumplimiento en el proyecto o en las fichas técnicas de las prescripciones reglamentarias o por fallos en los cálculos técnicos o incumplimiento en el proyecto, del código adoptado, corresponderá al proyectista y/o a la Entidad Colaboradora que extendió el certificado correspondiente.

Artículo 7.

Cuando se pretenda introducir una modificación en un tipo registrado, se comunicará por el titular al Centro Directivo competente en materia de Seguridad Industrial, por mediación de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía. Se

acompañará a la comunicación una certificación emitida por una Entidad Colaboradora en la que figure expresamente si la modificación afecta o no a la seguridad del tipo de que se trate.

En el caso de que no afecte a la seguridad, dicha certificación se incluirá en el expediente. En otro caso se exigirá la misma tramitación que si se tratase de un nuevo tipo.

Artículo 8.

En las instalaciones de carácter único, de la que formen parte aparatos a presión que se calculen, diseñen y fabriquen para un proyecto determinado y concreto, podrá prescindirse del registro previo de sus tipos.

Capítulo 4 Registro de Tipos

Artículo 9. Fabricantes

Fabricantes.-Se consideran Empresas fabricantes aquellas que utilizan medios propios para la fabricación y ensamblaje total o parcial de los componentes de aparatos incluidos en este Reglamento, y que estén inscritas en el Libro de Registro que a tal efecto dispondrán las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía.

Los fabricantes y reparadores de los aparatos afectado por este Reglamento son responsables de que los mismos ofrezcan las garantías debidas para el fin a que se destinan, y deberán conocer las características y procedencia de los materiales empleados. Esta responsabilidad se entenderá sin perjuicio de la que pueda corresponder a terceros.

A las Empresas dedicadas a la reparación de aparatos a presión se les exigirán las mismas condiciones que a los fabricantes, e igualmente será necesaria su inscripción en el Libro Registro de reparadores de las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía.

Todas las Empresas fabricantes quedarán automáticamente inscritas como Empresas reparadoras.

Los talleres de construcción y reparación llevarán un Libro Registro, visado y sellado por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, en el que se hará constar la clase de aparato, fecha de construcción o reparación, características que lo identifiquen y nombre y dirección del cliente. Esta exigencia no será de aplicación para aquellos aparatos que, por sus características, no precisen de dicho control y así se establezca en la correspondiente I. T. C.

Queda autorizado el Ministerio de Industria y Energía para fijar las condiciones que deben cumplir los fabricantes y talleres de reparación de los aparatos incluidos en este Reglamento.

Se consideran igualmente fabricantes, en el sentido del párrafo primero, los legalmente establecidos en cualquiera de los Estados miembros de la CEE.

Artículo 10. Instaladores

Instaladores.-La instalación de los aparatos a que se refiere el presente Reglamento se realizará por técnico o Empresa instaladora debidamente autorizados a efectos por la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, responsabilizándose ante este Organismo de cualquier deficiencia que pudiera observarse, así como del cumplimiento de lo que, a estos efectos, se dispone en el presente Reglamento.

Las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía llevarán un Libro Registro donde figurarán los instaladores autorizados.

Los instaladores llevarán un Libro Registro visado y sellado por las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía de su residencia, en el que se hará constar las instalaciones realizadas, aparatos, características, emplazamiento, cliente y fecha de su terminación. Estos Libros Registros serán revisados periódicamente por aquéllas Delegaciones Provinciales, que dejarán constancia de estas revisiones.

Si la instalación del aparato a presión fuese realizada y dirigida por personal propio del usuario, éste deberá solicitar previamente la autorización a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, adjuntando documentación justificativa de disponer del personal técnico y de medios apropiados.

Queda autorizado el Ministerio de Industria y Energía para establecer las condiciones exigibles a los instaladores y a las Empresas dedicadas a la instalación de los aparatos afectados por este Reglamento.

Artículo 11. Usuarios

Usuarios.-Los usuarios de los aparatos sujetos a este Reglamento, deberán tener presentes las normas de seguridad y mantenimiento que correspondan en cada caso, conservando en buen estado tanto los aparatos como sus accesorios.

Además, llevarán un Libro Registro, visado y sellado por la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, en el que figurarán todos los aparatos afectados por este Reglamento que tengan instalados, indicándose en el mismo:

Características, procedencia, suministrador, instalador, fecha en que se autorizó la instalación y fecha de la primera prueba y de las pruebas periódicas. Igualmente figurarán las inspecciones no oficiales y reparaciones efectuadas con detalle de las mismas, Entidad que las efectuó y fecha de su terminación.

No se incluirán en el Libro Registro las botellas y botellones de G. L. P. u otros gases, sifones, extintores y aparatos análogos, de venta normal en el comercio.

Capítulo 5 Fabricantes, Instaladores y Usuarios

Artículo 12.

Los aparatos afectados por este Reglamento serán inspeccionados durante su fabricación a efectos de controlar que su construcción se lleve a efecto de acuerdo con el código o norma previstos, y, en su caso, que se ajusta al tipo oficialmente registrado.

Estas inspecciones se llevarán a efecto por el departamento de control de calidad del fabricante o por una Entidad colaboradora, indistintamente; en todo caso, quedara constancia de las mismas.

Artículo 13.- Pruebas

Todo aparato afectado por el presente Reglamento se someterá, antes de su instalación y utilización al examen correspondiente y a la prueba hidrostática que para cada caso se determine en las I. T. C.

Para la prueba hidrostática, el aparato en cuestión se someterá, completamente lleno de agua y a la temperatura ambiente, a la prueba de presión que corresponda. Con la autorización previa de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, se podrá sustituir el agua por otro líquido.

Durante la prueba se mantendrá la presión el tiempo necesario para examinar el aparato y observar si existen fugas o se producen deformaciones y si éstas son permanentes.

Para estos ensayos es imprescindible que estén al descubierto y sin pintura todas las chapas y juntas.

Los aparatos industriales que posean un revestimiento interior se someterán a la prueba de presión con dicho revestimiento.

Antes de realizar las pruebas de presión se comprobará que los aparatos de medida y protección que han de utilizarse para las mismas, cumplen las prescripciones reglamentarias.

Cuando así lo determine la I. T. C. que corresponda, la inspección y primera prueba de presión podrá hacerse por muestreo.

La primera prueba de presión se efectuará, cuando sea posible, en los talleres del fabricante, y si se trata de un aparato importado, en el lugar indicado por el destinatario del mismo. Esta prueba, de acuerdo con las I. T. C., será efectuada por el fabricante o por alguna Entidad colaboradora y de la misma se levantará la correspondiente acta, de la cual conservará un ejemplar el fabricante, otro la Entidad colaboradora que, en su caso, haya realizado la prueba y el tercero se enviará a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

Excepcionalmente podrá efectuarse esta prueba en el taller del constructor extranjero si la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, así lo admite, siempre que dicha prueba haya sido efectuada por alguna Entidad de control reconocida en el país de origen y que el certificado correspondiente a esta prueba sea legalizado por el Consulado español correspondiente.

Si las pruebas son satisfactorias, el aparato se punzonará en la forma prevista prevista en el artículo 20.

Las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía podrán eximir o

aprobar variaciones en la realización de la prueba hidrostática, en las circunstancias siguientes:

Aparatos en los que esté contraindicada la prueba hidrostática, o en los que deban disminuirse los valores de las presiones efectivas de prueba hidrostática.

En estos casos, el fabricante o importador deberá justificar documentalmente las circunstancias especiales que concurren, y propondrá los valores de prueba hidrostática o las pruebas de otro tipo que deberán realizarse para garantizar la seguridad del aparato en régimen de servicio.

Aparatos que una vez montados y que por sus especiales características no admitan total o parcialmente la prueba de presión hidrostática. Estos casos deberán ser debidamente justificados y se acompañarán certificaciones de los Organismos competentes acreditando los resultados de las pruebas y ensayos realizados en los talleres del fabricante sobre cada uno de los componentes del aparato. El constructor o importador del aparato propondrá las pruebas a realizar en el lugar del emplazamiento.

Si se trata de aparatos de importación, los anteriores documentos deberán ser legalizados por el representante español en el país de origen. Cuando las pruebas propuestas por el fabricante o el importador y aprobadas por la Administración sean de mayor peligrosidad que la prueba hidrostática, el fabricante o el importador deberá proveer los medios necesarios para que se reduzca al mínimo el peligro que la realización de aquéllas pueda suponer para el personal de inspección.

Además, el fabricante o el importador deberá suscribir una cobertura de seguro de accidentes para el personal, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación laboral vigente.

Artículo 14.- Inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento

Inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento.-Los aparatos afectados por este Reglamento, con las excepciones indicadas en las I. T. C., que se instalen con carácter fijo, deberán ser inspeccionados antes de su puesta en servicio por el instalador de los mismos, exigiéndose, para aquellas instalaciones que presenten mayor riesgo potencial, que sean supervisados además por alguna Entidad colaboradora.

Estas inspecciones se llevarán a cabo en el lugar de emplazamiento de los aparatos en cuestión y durante ellas se comprobará si reúnen las condiciones reglamentarias, si la instalación se ha realizado de acuerdo con el proyecto presentado y si el funcionamiento es correcto.

Dicha inspección se efectuará en presencia de los representantes del fabricante y del usuario del aparato, sin que la ausencia de aquél sea motivo de retraso o aplazamiento de la prueba, que se llevará a cabo en la forma prevista, pero haciendo constar la ausencia del representante en cuestión.

Tras poner en funcionamiento el aparato, se examinará el mismo, regulándose las válvulas de seguridad y precintándose los órganos de regulación en la posición que corresponda.

Si durante la prueba de funcionamiento se observasen irregularidades que pudieran dar lugar a averías o causar daños a personas o bienes, se interrumpirá inmediatamente el funcionamiento del aparato. La prueba deberá repetirse tan pronto se hayan corregido las causas que dieron lugar a las anomalías observadas.

Los aparatos previstos inicialmente para instalaciones fijas que cambien posteriormente de emplazamiento, deberán someterse también al examen y pruebas a que se refiere este artículo.

Los aparatos se someterán también a la prueba hidrostática si, por haber sufrido alguna anomalía durante el transporte o por alguna otra razón, el instalador o la Entidad colaboradora así lo estimen, y en todo caso, si no han sufrido dicha prueba en los talleres del constructor. De esta prueba se levantará la correspondiente acta, que será extendida por triplicado, quedando un ejemplar para el usuario del aparato, otro para el instalador o Entidad colaboradora que efectúe la prueba, y el tercer ejemplar se enviará a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

Artículo 15.- Inspecciones y pruebas de aparatos reparados

Las Inspecciones y pruebas de aparatos reparados.-Los aparatos que hayan sufrido una reparación, que afecte a las partes sometidas a presión, deberán superar una prueba hidrostática igual a la de primera prueba y en sus mismas condiciones si así lo precisaran a juicio de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, a la que previamente se habrá informado de la mencionada reparación.

Una vez efectuada esta prueba, y siempre que sea posible, se examinará el interior de los aparatos reparados para detectar cualquier defecto que puedan presentar las chapas y demás materiales de que están contruidos, y especialmente la presencia de corrosiones. Si no fuese posible un examen de su interior, el aparato se someterá a ensayos radiográficos, ultrasonidos u otros análogos siempre que ello se considere necesario.

Estas inspecciones y pruebas se llevarán a efecto por alguna Entidad colaboradora, extendiendo la correspondiente acta por triplicado, para el usuario. Entidad colaboradora y Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, que, a la vista de la misma acordará si procede su puesta en servicio.

Artículo 16. Inspecciones y pruebas periódicas.-

Los aparatos sujetos al presente Reglamento deberán someterse periódicamente a una inspección y una prueba de presión, así como a las comprobaciones y exámenes que para cada caso se indiquen en las I. T. C.

En casos especiales debidamente justificados y a petición de parte interesada, la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía podrá aprobar una disminución de los valores de las presiones prescritas para la prueba hidrostática o la sustitución de estas pruebas por otras pruebas o ensayos análogos.

En las instalaciones de trabajo continuo donde la realización de las pruebas periódicas de los distintos aparatos pueda ocasionar graves perjuicios, podrá fijarse, de acuerdo con el usuario y previa conformidad de la Delegación Provincial del Ministerio de

Industria y Energía, la fecha en que, dentro del plazo reglamentario, deberán realizarse aquellas pruebas para que los perjuicios resulten mínimos.

El usuario cuidará de que todas las partes accesibles del aparato estén abiertas y debidamente preparadas para su examen, tanto interior como exterior.

No se retirará el material aislante, la mampostería o las partes fijas del aparato a menos que se sospeche la existencia de ciertos tipos de deterioro peculiares en partes inaccesibles del mismo o que se aprecie alguna fuga de fluido.

Si los resultados de la inspección periódica, incluida la prueba de presión, fuesen satisfactorios, se procederá al punzonado o marcado indicado en el artículo 20.

Las inspecciones y pruebas periódicas serán realizadas por el instalador del aparato, el servicio de conservación de la Empresa en la cual esté instalado o alguna de las Entidades colaboradoras, y cuando se trate de recipientes destinados al transporte de gases comprimidos, licuados o disueltos a presión, excepto las cisternas, extintores o recipientes análogos, las pruebas periódicas podrán ser realizadas por la misma Empresa encargada de su relleno, todo ello de acuerdo con lo dispuesto por las I. T. C. Si efectúa estas revisiones el instalador o el servicio de conservación de la Empresa en la cual se encuentra el aparatos a presión, deberán justificar ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía que disponen del personal idóneo y medios suficientes para llevarlas a cabo.

Estas pruebas se efectuarán en presencia del usuario, extendiéndose acta por triplicado, quedando uno de los ejemplares en poder del usuario, otro será para el instalador o Empresa que ha realizado la prueba, y el tercero se enviará a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

Artículo 17.

Las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía ejercerán un sistema de control, por muestreo estadístico, sobre las inspecciones a que se refieren los artículos anteriores y, sin perjuicio de ello, de oficio, por propia iniciativa o por acuerdo de la Dirección General de Industrias Siderometalúrgicas y Navales, o a instancia de parte interesada, dispondrán cuantas inspecciones extraordinarias consideren necesarias.

Artículo 18. Aparatos para pruebas y ensayos.-

Las pruebas de presión se efectuarán con una bomba adecuada al aparato que deba probarse. Dicha bomba contará con los dispositivos de seguridad necesarios para impedir de una forma eficaz y segura, que durante el ensayo pueda sobrepasarse la presión de prueba. Los dispositivos, materiales y personal necesario para efectuar las pruebas, controles y ensayos serán facilitados por el fabricante, el instalador, la Entidad colaboradora o el usuario del aparato.

Artículo 19. Placas de identificación del aparato.-

Placa de diseño: Todo aparato sometido a la prueba de presión deberá ir previsto de una placa donde se grabarán la presión de diseño, y, en su caso, la máxima de servicio, el número de registro del aparato y la fecha de la primera prueba y sucesivas. En las I. T. C. se indicarán los aparatos que quedan exentos de esta obligación.

Las placas de diseño serán facilitadas por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente a la provincia en la cual se efectúe la prueba.

Identificación: Todo aparato objeto de este Reglamento llevará una identificación en la que consten, entre otros datos, los siguientes:

Nombre o razón social del fabricante, de su mandatario legalmente establecido en la CEE o del importador.

Contraseña y fecha de registro del tipo, si procede.

Número de fabricación.

Características principales.

Las placas de diseño e identificación se fijarán, mediante remaches, soldadura o cualquier otro medio que asegure su inamovilidad en un sitio visible del aparato, y, en ningún caso, podrán retirarse del mismo.

Artículo 20. Contrastación.-

Si el examen y prueba de presión dan resultados satisfactorios, el encargado del servicio-constructor, instalador conservador. Entidad colaboradora o Delegación Provincial grabará en la placa correspondiente la presión de diseño y, en su caso, la máxima de servicio, el número de registro que corresponda al aparato y la fecha de prueba.

Cuando se trate de aparatos a presión procedentes de cualquier Estado miembro de la CEE la contrastación se ejecutará por quien haya llevado a cabo los correspondientes exámenes y pruebas de presión.

Capítulo 6 Autorización de instalación y puesta en servicio

Artículo 21. Autorización de instalación.-

La instalación de los aparatos comprendidos en este Reglamento, con las excepciones que se indiquen en las I. T. C., precisará la autorización previa de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente, debiendo presentarse la solicitud en dicho Organismo por el interesado o persona legalmente autorizada.

A la solicitud se acompañará proyecto suscrito por Técnico titulado competente, visado por el Colegio Oficial que corresponda, extendiendo de acuerdo con lo especificado en las I. T. C.

Artículo 22. Autorización de puesta en servicio.-

Para la puesta en servicio de la instalación será necesario presentar en la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía la correspondiente solicitud, acompañada de los siguientes documentos:

1.- Certificado del fabricante del aparato, en el que se hará constar que éste cumple la Reglamentación en vigor, el código y normas utilizadas en su fabricación, pruebas a que ha sido sometido y el resultado de las mismas, incluyendo una copia del acta correspondiente a la prueba hidráulica.

Si se tratase de un aparato de tipo serie, se hará constar que responde plenamente al proyecto bajo el cual se hizo la inscripción en el Registro existente en la correspondiente Dirección General.

En los aparatos procedentes de importación, este documento será extendido por un Técnico titulado competente e irá acompañado de otro certificado expedido por la Administración del país de origen o alguna Entidad de control reconocida oficialmente en el mismo, legalizado por el representante español en dicho país en el que se acredite que los cálculos, materiales empleados, proceso de fabricación y ensayos realizados son conformes con el código y normas utilizadas.

2.- Certificados de pruebas en el lugar de emplazamiento, para aquellos aparatos que se instalen con carácter fijo y requieran la correspondiente inspección según el artículo 14, en el que se describirán las pruebas a que ha sido sometido el aparato en el lugar en que ha sido instalado, con el resultado de las mismas, haciéndose constar que la instalación reúne las condiciones reglamentarias, se ajusta al proyecto presentado al solicitar la autorización de instalación y que su funcionamiento es correcto. Este certificado será extendido por el instalador y, en su caso, por la Entidad colaboradora que haya supervisado la instalación.

Si el aparato ha sido sometido a la prueba hidráulica, se acompañará una copia del acta correspondiente a la misma.

Cuando se trate de aparatos a presión procedentes de cualquier Estado miembro de la CEE no será exigible la legalización a que se refiere el párrafo anterior.

Artículo 23.

Cuando se compruebe por alguna Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía que un aparato a presión es manifiestamente peligroso, podrá ordenar cautelarmente la puesta fuera de servicio del mismo e iniciar expediente de cancelación de su inscripción registral, elevando la correspondiente propuesta a la Dirección General de Industrias Siderometalúrgicas y Navales o a la de Minas e Industrias de la Construcción según proceda, la cual podrá cancelar la inscripción del tipo de que se trate, previo informe del Consejo Superior del Ministerio de Industria y Energía y, en todo caso, con audiencia del fabricante y del usuario del aparato.

Capítulo 7 Responsabilidades, sanciones y recursos

Artículo 24.

En caso de accidente, el usuario del aparato deberá dar cuenta inmediata a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, la cual dispondrá el desplazamiento de un facultativo, en el plazo más breve posible, para que se persone en el lugar del accidente y tome los datos, muestras, medidas, etc., que estime oportuno, que permitan estudiar y determinar las causas del mismo.

Las actuaciones del facultativo de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía se efectuarán de oficio, con independencia de la actuación judicial, si la hubiere.

Por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, y una vez se hayan establecido las conclusiones pertinentes, se dará cuenta a la Dirección General de Industrias Siderometalúrgicas y Navales o a la de Minas e Industrias de la Construcción, en su caso, y al Consejo Superior del Ministerio de Industria y Energía en un plazo no mayor de quince días hábiles.

Artículo 25.

Los fabricantes e importadores se responsabilizan del cumplimiento de los preceptos de este Reglamento, así como de observar las normas de la buena fabricación y del correcto estado de los aparatos importados, respectivamente.

Se presumen responsables, salvo prueba en contrario, de las infracciones de los preceptos de este Reglamento, en los supuestos respectivos, los fabricantes, importadores, instaladores, Entidades colaboradoras y usuarios.

Las sanciones que por infracción de los preceptos de este Reglamento, se impongan a los responsables serán las que se establecen en los artículos siguientes.

Artículo 26.

Las infracciones de los preceptos contenidos en el presente Reglamento y el incumplimiento de las obligaciones en él establecidas se sancionarán con multas de hasta 500.000 pesetas (3.005,06 €), que serán impuestas:

- 1.- Por el Gobernador civil, a propuesta de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, cuando su cuantía no exceda de 10.000 pesetas (60,10 €).
- 2.- Por el Director general de Industrias Siderometalúrgicas y Navales o el de Minas e Industrias de la Construcción, en su caso, cuando su cuantía exceda de 10.000 (60,10 €), sin pasar de 50.000 pesetas 300,51 €).

3.- Por el Ministerio de Industria y Energía, en los demás casos.

4.- En casos de excepcional gravedad, el Consejo de Ministros podrá imponer multas por cuantía de hasta 5.000.000 de ptas. (30.050,61 €), a propuesta del Ministerio de Industria y Energía.

5.- Con independencia de las sanciones anteriores, la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía podrá ordenar de inmediato la paralización de las actividades de que se trate en el caso de que racionalmente se derive de la infracción o incumplimiento de los preceptos de este Reglamento la existencia de un peligro manifiesto y grave para las personas o las cosas.

Artículo 27.

Por las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía se podrán imponer sanciones que consistirán en la retirada temporal o definitiva de la autorización para el ejercicio de la correspondiente actividad.

Artículo 28.

Para determinar la cuantía de la sanción que proceda, se atenderá a la valoración conjunta de las siguientes circunstancias:

- 1.- Gravedad de la infracción en orden al posible peligro para la seguridad de las personas o las cosas.
- 2.- Gravedad, en su caso, de los daños producidos.
- 3.- Reincidencia, en su caso.

Artículo 29.

En el acto en que se acuerde la sanción, se indicará el plazo en el que deberá corregirse la causa que haya dado lugar a la misma, salvo que pueda o deba hacerse de oficio y así se disponga.

Si transcurriese el anterior plazo sin que por el responsable se dé cumplimiento a lo ordenado, la infracción podrá ser nuevamente sancionada.

Artículo 30.

Las sanciones previstas en este Reglamento se impondrán con independencia de la responsabilidad que pueda ser exigida ante los Tribunales competentes.

Artículo 31.

Las sanciones a que se refieren los artículos 26, 27 y 28 serán impuestas previa instrucción del oportuno expediente, tramitado conforme a lo prevenido en el capítulo II, título VI de la Ley de Procedimiento Administrativo.

Artículo 32.

Contra las Resoluciones que se adopten sobre materias reguladas en este Real Decreto, podrán interponerse los recursos previstos en el capítulo II, Título V, de la Ley de Procedimiento Administrativo.

51.1.6. Disposiciones transitorias finales

Primera.-

Los aparatos que en la fecha de entrada en vigor de este Reglamento se encuentren ya instalados, pero sin figurar debidamente inscritos en la respectiva Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía y pertenezcan a tipos no aprobados por dicho Ministerio de Industria y Energía, podrán inscribirse en la mencionada Delegación, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

Haberse extendido por alguna Entidad colaboradora certificado acreditativo de que el aparato en cuestión cumple las normas de seguridad exigidas por este Reglamento, y que su instalación y funcionamiento reúnen condiciones de seguridad suficientes.

1.- Haber superado con éxito la reglamentaria prueba hidrostática a que le someterá la Entidad colaboradora, de la cual se levantará la correspondiente acta en la forma indicada en el artículo 13.

2.- El certificado y acta a que se refieren los párrafos anteriores se adjuntarán a la solicitud de inscripción que habrá de presentarse en la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

Segunda.-

Para los expedientes que, en la fecha de entrada en vigor del presente Reglamento, se hallen en curso de tramitación, serán de aplicación las normas vigentes en el momento de su presentación o las de este Reglamento, si estas últimas son menos rigurosas.

Tercera.-

Hasta tanto se publique la correspondiente I. T. C., el proyecto a presentar en las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía para la autorización de

la instalación, a que se refiere el artículo 21, se ajustará a lo indicado en el artículo 8 del Reglamento de 16 de agosto de 1969

Cuarta.-

Igualmente, hasta que se publique la correspondiente I. T. C. la primera prueba de presión, a que se refiere el artículo 13, se podrá llevar a efecto por el fabricante, si el producto del volumen en metros cúbicos del aparato por la presión máxima de servicio en kilogramos/centímetro cuadrado es igual o inferior a 10, y necesariamente por alguna Entidad colaboradora si el citado producto es superior a 10 o se trata de un aparato importado.

Quinta.-

De igual modo, hasta que se publiquen las I. T. C., las inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento, descritas en el artículo 14, se podrán realizar por el instalador si el producto del volumen del aparato en metros cúbicos por la presión máxima de servicio en kilogramos-centímetro cuadrado es igual o inferior a 10, y serán supervisadas por alguna Entidad colaboradora si el producto es superior.

Sexta.-

Asimismo, hasta la publicación de las I. T. C., las inspecciones y pruebas periódicas a que se refiere el artículo 16, podrán efectuarse por el instalador o el servicio de conservación de la Empresa en la cual esté instalado el aparato, si el producto indicado en las precedentes disposiciones es igual o menor de 10 y por alguna Entidad colaboradora si este producto es superior a dicha cifra.

51.1.7. Disposiciones finales.

Primera.-

Los aparatos e instalaciones existentes con anterioridad a la fecha de entrada en vigor de este Reglamento deberán sujetarse desde esa misma fecha, a lo que en él se establece en materias de conservación y revisiones periódicas.

Segunda.-

Los proyectos de I. T. C. que afecten a los usuarios de aparatos domésticos, se informarán por el Ministerio de Comercio y Turismo

MODELO DE FICHA TÉCNICA

TIPO:	FABRICANTE:
	DOMICILIO SOCIAL:
	Población: Provincia:

CAMPO DE APLICACIÓN:	
MARCA O SIGNO DEL FABRICANTE:	CARACTERÍSTICAS DEL TIPO: Sistema: Funcionamiento: Combustible: Presión de diseño: Kg/cm² Hoja 1/x
OBSERVACIONES:	
REGISTRADO POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIAS SIDEROMETALÚRGICAS Y NAVALES	CONTRASEÑA DE INSCRIPCIÓN:

Nueva Directiva Europea 97/23/CE ¿Que debe saber el usuario?

1.- APLICACIÓN

Esta Normativa se aplica al diseño, la fabricación y la evaluación de la conformidad de los equipos a presión y de los conjuntos sometidos a una presión máxima admisible PS superior a 0,5 bar.

2.- COMERCIALIZACIÓN

A partir del 29/05/02 todos los aparatos de nueva fabricación a los que le sean aplicables el REGLAMENTO DE APARATOS A PRESIÓN y sus Instrucciones

Técnicas Complementarias deberán cumplir con la Directiva CE 97/23 para poder ser comercializados.

3.- LEGALIZACIÓN

Solo podrán ser legalizados aquellos aparatos que cumplan con esta normativa, DIRECTIVA CE 97/23 y su transposición al Real Decreto 769/1999. Los aparatos fabricados con anterioridad al 29/05/02 sólo podrán ser legalizados si disponen de placa de diseño española y/o placa de instalación española (equipos a presión usados).

4.- MÁS INFORMACIÓN

<http://www.europa.eu.int>

<http://ped.eurodyn.com>

<http://www.cenorm.be/newapproach>

<http://eotc.be>

RELACIÓN VAPOR-TEMPERATURA EN VAPOR SATURADO

PRESIÓN RELATIVA	PRESIÓN ABSOLUTA	TEMPERATURA	ENTALPÍA ESPECÍFICA			VOLUMEN ESPECÍFICO VAPOR
			AGUA (hf)	EVAPORACIÓN (hfg)	VAPOR	
bar	bar	°C	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m ³ /kg
0,00	1,013	100,00	419,0	2257,0	2676,0	1,673
0,20	1,213	105,10	440,8	2243,4	2684,2	1,414
0,40	1,413	109,55	459,7	2231,3	2691,0	1,225
0,60	1,613	113,56	476,4	2220,4	2696,8	1,083
0,80	1,813	117,14	491,6	2210,5	2702,1	0,971
1,00	2,013	120,42	505,6	2201,1	2706,7	0,881
1,20	2,213	123,46	518,7	2192,8	2711,5	0,806
1,40	2,413	126,28	530,5	2184,8	2715,3	0,743
1,60	2,613	128,89	541,6	2177,3	2718,9	0,689
1,80	2,813	131,37	552,3	2170,1	2722,4	0,643
2,00	3,013	133,69	562,2	2163,3	2725,5	0,603
2,20	3,213	135,88	571,7	2156,9	2728,6	0,568
2,40	3,413	138,01	580,7	2150,7	2731,4	0,536
2,60	3,613	140,00	589,2	2144,7	2733,9	0,509
2,80	3,813	141,92	597,4	2139,0	2736,4	0,483
3,00	4,013	143,75	605,3	2133,4	2738,7	0,461
3,20	4,213	145,46	612,9	2128,1	2741,0	0,440
3,40	4,413	147,20	620,0	2122,9	2742,9	0,422
3,60	4,613	148,84	627,1	2117,8	2744,9	0,405
3,80	4,813	150,44	634,0	2112,9	2746,9	0,389
4,00	5,013	151,96	640,7	2108,1	2748,8	0,374
4,20	5,213	153,40	647,1	2103,5	2750,6	0,361
4,40	5,413	154,84	653,3	2098,9	2752,2	0,348
4,60	5,613	156,24	659,3	2094,5	2753,8	0,336
4,80	5,813	157,62	665,2	2090,2	2755,4	0,325
5,00	6,013	158,92	670,9	2086,0	2756,9	0,315
5,20	6,213	160,20	676,5	2081,8	2758,3	0,305
5,40	6,413	161,45	681,9	2077,8	2759,7	0,296
5,60	6,613	162,68	687,2	2073,8	2761,0	0,288
5,80	6,813	163,86	692,4	2069,9	2762,3	0,280
6,00	7,013	165,04	697,5	2066,0	2763,5	0,272
6,20	7,213	166,16	702,5	2062,3	2764,8	0,265
6,40	7,413	167,29	707,4	2058,6	2766,0	0,258
6,60	7,613	168,38	712,1	2055,0	2767,1	0,252
6,80	7,813	169,43	716,8	2051,3	2768,1	0,246
7,00	8,013	170,50	721,4	2047,7	2769,1	0,240
7,20	8,213	171,53	725,9	2044,3	2770,2	0,235
7,40	8,413	172,53	730,4	2040,8	2771,2	0,229
7,60	8,613	173,50	734,7	2037,5	2772,2	0,224
7,80	8,813	174,46	738,9	2034,2	2773,1	0,219
8,00	9,013	175,43	743,1	2030,9	2774,0	0,215
8,20	9,213	176,37	747,2	2027,6	2774,8	0,210
8,40	9,413	177,27	751,3	2024,5	2775,8	0,206
8,60	9,613	178,20	755,3	2021,3	2776,6	0,202
8,80	9,813	179,08	759,2	2018,2	2777,4	0,198
9,00	10,013	179,97	763,0	2015,1	2778,1	0,194
9,20	10,213	180,83	766,9	2012,0	2778,9	0,191
9,40	10,413	181,68	770,6	2009,0	2779,6	0,187
9,60	10,613	182,51	774,4	2006,0	2780,4	0,184
9,80	10,813	183,31	778,0	2003,1	2781,1	0,181

PRESIÓN RELATIVA	PRESIÓN ABSOLUTA	TEMPERATURA	ENTALPÍA ESPECÍFICA			VOLUMEN ESPECÍFICO VAPOR
			AGUA (hf)	EVAPORACIÓN (hfg)	VAPOR	
bar	bar	°C	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m³/kg
10	11,013	184,13	781,6	2000,1	2871,7	0,177
10,2	11,213	184,92	785,1	1997,3	2782,4	0,174
10,4	11,413	185,68	788,6	1994,4	2783	0,172
10,6	11,613	186,49	792,1	1991,6	2783,7	0,169
10,8	11,813	187,25	795,5	1988,8	2784,3	0,166
11	12,013	188,02	798,8	1986	2784,8	0,163
11,2	12,213	188,78	802,3	1983,2	2785,5	0,161
11,4	12,413	189,52	805,5	1980,5	2786	0,158
11,6	12,613	190,24	808,8	1977,8	2786,6	0,156
11,8	12,813	190,97	812	1975,1	2787,1	0,153
12	13,013	191,68	815,1	1972,5	2787,6	0,151
12,2	13,213	192,38	818,3	1969,9	2788,2	0,149
12,4	13,413	193,08	821,4	1967,2	2788,6	0,147
12,6	13,613	193,77	824,5	1964,6	2789,1	0,145
12,8	13,813	194,43	827,5	1962,1	2789,6	0,143
13	14,013	195,1	830,4	1959,6	2790	0,141
13,2	14,213	195,77	833,4	1957,1	2790,5	0,139
13,4	14,413	196,43	836,4	1954,5	2790,9	0,137
13,6	14,613	197,08	839,3	1952	2791,3	0,135
13,8	14,813	197,72	842,2	1949,6	2791,8	0,133
14	15,013	198,35	845,1	1947,1	2792,2	0,132
14,2	15,213	198,98	848	1944,6	2792,6	0,13
14,4	15,413	199,61	850,7	1942,3	2793	0,128
14,6	15,613	200,23	853,5	1939,8	2793,3	0,127
14,8	15,813	200,84	856,3	1937,4	2793,7	0,125
15	16,013	201,45	859	1935	2794	0,124
15,2	16,213	202,04	861,7	1932,7	2794,4	0,122
15,4	16,413	202,62	864,4	1930,4	2794,8	0,121
15,6	16,613	203,21	867,1	1928	2795,1	0,119
15,8	16,813	203,79	869,7	1925,7	2795,4	0,118
16	17,013	204,38	872,3	1923,4	2795,7	0,117
16,2	17,213	204,94	874,9	1921,2	2796,1	0,115
16,4	17,413	205,49	877,5	1918,9	2796,4	0,114
16,6	17,613	206,05	880	1916,7	2796,7	0,113
16,8	17,813	206,61	882,5	1914,4	2796,9	0,111
17	18,013	207,17	885	1912,1	2797,1	0,11
17,2	18,213	207,75	887,5	1909,9	2797,4	0,109
17,4	18,413	208,3	889,9	1907,7	2797,6	0,108
17,6	18,613	208,84	892,4	1905,5	2797,9	0,107
17,8	18,813	209,37	894,8	1903,4	2798,2	0,106

PRESIÓN RELATIVA	PRESIÓN ABSOLUTA	TEMPERATURA	ENTALPÍA ESPECÍFICA			VOLUMEN ESPECÍFICO VAPOR
			AGUA (hf)	EVAPORACIÓN (hfg)	VAPOR	
bar	bar	°C	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m³/kg
20	21,013	214,96	920,3	1880,2	2800,5	0,0949
20,5	21,513	216,15	925,8	1875,1	2800,9	0,0927
21	22,013	217,35	931,3	1870,1	2801,4	0,0906
21,5	22,513	218,53	936,6	1865,1	2801,7	0,0887
22	23,013	219,65	941,9	1860,1	2802	0,0868
22,5	23,513	220,76	947,1	1855,3	2802,4	0,0849
23	24,013	221,85	952,2	1850,4	2802,6	0,0832
23,5	24,513	222,94	957,3	1846,6	2802,9	0,0815
24	25,013	224,02	962,2	1840,9	2803,1	0,0797
24,5	25,513	225,08	967,2	1836,1	2803,3	0,0783
25	26,013	226,12	972,1	1831,4	2803,5	0,0768
26	27,013	228,15	981,6	1822,2	2803,8	0,074

51.1.8. CONSEJOS GENERALES

El riesgo principal de los aparatos a presión es la liberación brusca de presión. Para poder ser utilizados deben reunir una serie de características técnicas y de seguridad requeridas en las disposiciones legales que les son de aplicación, lo que permitirá su homologación, con la acreditación y sellado pertinente.

Al margen de las características constructivas de los equipos, los usuarios de los aparatos a presión, para los que es de aplicación el reglamento de aparatos a presión, deberán llevar un libro registro, visado y sellado por la correspondiente autoridad competente, en el que deben figurar todos los aparatos instalados, indicándose en el mismo: características, procedencia, suministrador, instalador, fecha en la que se autorizó la instalación y fecha de la primera prueba y de las pruebas periódicas, así como las inspecciones no oficiales y reparaciones efectuadas con detalle de las mismas. No se incluyen en el libro las botellas y botellones de GLP u otros gases, sifones, extintores y aparatos análogos, de venta normal en el comercio.

Los operadores encargados de vigilar, supervisar, conducir y mantener los aparatos a presión deben estar adecuadamente instruidos en el manejo de los equipos y ser conscientes de los riesgos que puede ocasionar una falsa maniobra o un mal mantenimiento. En el caso de calderas de $P_x V > 50$ (P en kg/cm² y V en m³), el Reglamento de aparatos a presión exige que los operadores dispongan de acreditación que garantice un adecuado nivel de conocimientos.

El Reglamento de aparatos a presión, mediante sus ITC determina, para cada aparato, las prescripciones de seguridad que deberán cumplir, así como las características de los emplazamientos o salas donde estén instalados, en función de su categoría.

El rendimiento de un generador (R) se calcula según la fórmula (ORDEN de 8/4/83 Ministerio de Industria):

$$R = 100 - q_{hs} - q_i - q_{rc}$$

q_{hs} = pérdidas de calor sensible en los productos de la combustión expresadas en % del PCI (poder calorífico inferior) del combustible.

q_i = pérdidas de calor por inquemados gaseosos expresadas en % del PCI del combustible.

q_{rc} = las pérdidas de calor por radiación, convección libre y contacto con la caldera con su entorno y asentamientos expresadas en % del PCI del combustible.

Recomendadas para Agua de Alimentación

Presión máxima de servicio en bar	$\leq 0,5$	$> 0,5$
Aspecto visual	Transparente, sin color ni sedimentos	
Dureza en mg/l de $CO_3 Ca$	≤ 10	≤ 5
Oxígeno disuelto (O_2) en mg/l	--	$\leq 0,2$
PH a 20°C	8 a 9	8 a 9
CO_2 en forma de $CO_3 H^-$, en mg/l	≤ 25	≤ 25
Aceites y grasas en mg/l	≤ 3	≤ 1
Materias orgánicas valoradas en mg/l de $Mn O_4 K$ consumido (1)	≤ 10	≤ 10

(1) En el caso de alta concentración de materias orgánicas no oxidables con $Mn O_4 K$ y si oxidables con $CrO_3 K_2$ se consultará a un especialista.

Recomendadas para Interior Caldera

Presión máxima de servicio en bar		$\leq 0,5$	$0,5 < p \leq 13$	> 13
Salinidad total en mg/l	Vaporización media			
	$\leq 40 \text{ Kg/m}^2$	≤ 6000	≤ 6000	≤ 4000
	$> 40 \text{ Kg/m}^2$	≤ 5000	≤ 5000	≤ 3000
Sólidos en suspensión, en mg/l		≤ 300	≤ 300	≤ 250
Alcalinidad total, en mg/l CO_3		≤ 1000	≤ 800	≤ 600
pH a 20 °C		10,5 a 12,5	10 a 12	10 a 12
Fosfatos, en mg/l $\text{P}_2 \text{O}_5$		≤ 30	≤ 25	≤ 20
Silice, en mg/l Si O_2 (1)		≤ 250	≤ 200	≤ 150 (2)

(1) Las concentraciones de Si O_2 en el agua de la caldera guardarán la relación:

$$\frac{\text{Si O}_2 \text{ (mg/l)}}{m \text{ (m mg/l)}} < 12,5$$

(2) En aquellos casos en que existe un sobrecalentador, se limitará a 100 mg/l para $p < 20 \text{ bar}$ y a 25 mg/l para presiones superiores.

51.2. CALDERAS, ECONOMIZADORES, PRECALENTADORES DE AGUA, SOBRECALENTADORES Y RECALENTADORES DE VAPOR

Introducción Instrucción Técnica Complementaria I.T.C. MIE – AP1

Primero.-

Se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP1 referente a calderas, economizadores, precalentadores de agua, sobrecalentadores y recalentadores de vapor, que figura como anexo a la presente Orden.

Segundo.-

Esta Instrucción Técnica Complementaria entrará en vigor a los cuatro meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Disposición transitoria.

A los fabricantes actualmente inscritos en el Registro de Fabricantes de Calderas de las Delegaciones Provinciales de Industria y Energía se les concede un plazo de un año para adaptarse a las nuevas exigencias del art. 5.º de esta Instrucción Técnica Complementaria, contando a partir de la fecha de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Disposición adicional.

Las competencias que en esta Orden se atribuyen a las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía se entenderán referidas en el ámbito de las Comunidades Autónomas de Cataluña y País Vasco a la Generalidad y al Gobierno Vasco.

Capítulo 1 Terminología, Definiciones y Clasificación

Artículo 1 - Definiciones

Caldera.-Es todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, en forma de calorías, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

Caldera de vapor.-Es toda caldera en la que el medio de transporte es vapor de agua.

Caldera de agua caliente.-Es toda caldera en la que el medio de transporte es agua a temperatura inferior a 110°.

Caldera de agua sobrecalentada.-Es toda caldera en la que el medio de transporte es agua a temperatura superior a 110°.

Caldera de fluido térmico.-Es toda caldera en la que el medio de transporte es un líquido distinto del agua.

Economizador precalentador.-Es un elemento que recupera calor sensible de los gases de salida de una caldera para aumentar la temperatura del fluido de alimentación de la misma.

Sobrecalentador.-Es un elemento en donde, por intercambio calorífico, se eleva la temperatura del vapor saturado procedente de la caldera.

Recalentador.-Es un elemento en donde, por intercambio calorífico, se eleva la temperatura del vapor parcialmente expansionado.

Calderas de nivel definido.-Son aquellas calderas que disponen de un determinado plano de separación de las fases líquida y vapor, dentro de unos límites previamente establecidos.

Calderas sin nivel definido.-Son aquellas calderas en las que no haya un plano determinado de separación entre las fases líquida y vapor.

Calderas automáticas.-Son aquellas calderas que realizan su ciclo normal de funcionamiento sin precisar de acción manual alguna, salvo en su puesta inicial en servicio o en caso de haber actuado un órgano de seguridad de corte de aportación calorífica. Asimismo se considerarán como automáticas las calderas que realizan su ciclo normal de funcionamiento sin precisar de una acción manual, salvo para cada puesta en marcha de su sistema de aportación calorífica después de que éste haya sufrido un paro ocasionado por la acción de alguno de sus órganos de seguridad o de regulación.

Calderas manuales.-Se considerará como manual cualquier caldera cuyo funcionamiento difiera del de las anteriormente definidas como automáticas.

Superficie de calefacción.-Es la superficie de intercambio de calor que está en contacto con el fluido transmisor.

A efectos de esta ITC se tomará como superficie de radiación el valor correspondiente a la superficie radiante del hogar y de las cámaras del hogar en calderas pirotubulares y la proyectada de la paredes del hogar en calderas acuotubulares.

La superficie de convección vendrá dada por la superficie real bañada por el fluido transmisor correspondiente a las zonas no expuestas a la llama.

Presión de diseño.-Es la máxima presión de trabajo a la temperatura de diseño y será la utilizada para el cálculo resistente de las partes a presión del aparato.

Presión máxima de servicio.-Es la presión límite a la que quedará sometido el aparato una vez conectado a la instalación receptora.

Temperatura de diseño.-Es la temperatura prevista en las partes metálicas sometidas a presión en las condiciones más desfavorables de trabajo.

Temperaturas de servicio.-Son las diversas temperaturas alcanzadas en los fluidos utilizados en los aparatos en las condiciones normales de funcionamiento.

Vigilancia directa.-Es la supervisión del funcionamiento de la caldera por medio de un conductor que permanece de forma continua en la misma sala de calderas o en la sala de mando.

Vigilancia indirecta.-Es cualquier otra forma de supervisión que difiera de la vigilancia directa.

Regulación progresiva por escalas.-Es la variación de la aportación calorífica que permite establecer un cierto número de posiciones intermedias entre los valores máximo y mínimo.

Regulación todo/poco/nada.-Es la variación de la aportación calorífica correspondiente a los caudales máximo, mínimo o nulo sin posiciones intermedias.

Regulación todo/nada.-Es la variación de la aportación calorífica correspondiente a los caudales únicos constante o nulo.

Regulación progresiva modulante.-Es la variación de la aportación calorífica que puede permanecer estable en cualquier valor comprendido entre los caudales máximo y mínimo.

Regulación progresiva deslizante.-Es la variación de la aportación calorífica de forma progresiva no escalonada, de un máximo a un mínimo, sin poder permanecer estable en ningún punto intermedio

Artículo 2. Expediente de control de calidad.-

Es el conjunto de información que avala la adecuada fabricación del aparato. Constará de los siguientes documentos:

- .- Certificados de calidad de los materiales empleados en las partes a presión, extendidos por las Empresas fabricantes de los mismos o por algún laboratorio homologado por la Administración.
- .- Fotocopia del certificado de homologación del proceso de soldadura.
- .- Fotocopia de los certificados de calificación de los soldadores que han intervenido en su fabricación.
- .- Gráfico del tratamiento térmico, cuando proceda.
- .- Resultado de los ensayos, controles e inspecciones realizados, que serán, como mínimo, los correspondientes al Código de Diseño y Construcción utilizado

Artículo 3.

A efectos de esta ITC, los aparatos en ella contemplados se clasifican de la forma siguiente:

- 1.- Calderas de vapor con independencia del elemento calefactor.
- 2.- Calderas de agua sobrecalentada, con independencia del elemento calefactor, y considerando como tales aquellas que trabajan inundadas; las restantes se consideran como calderas de vapor.
- 3.- Calderas de agua caliente, con independencia del elemento calefactor.
- 4.- Calderas de fluido térmico, con independencia del elemento calefactor.
- 5.- Economizadores precalentadores de agua de alimentación.
- 6.- Sobrecalentadores de vapor.
- 7.- Recalentadores de vapor.

Capítulo 2 Campo de Aplicación

Artículo 4.

Todas las prescripciones, inspecciones técnicas y ensayos de esta ITC, serán de aplicación en la forma que en la misma se indica, para los aparatos enumerados en el artículo tercero, que presten servicio en un emplazamiento fijo, y dentro de los límites siguientes:

a.- Todas las calderas de vapor y de agua sobrecalentada, cuya presión efectiva sea superior a 0,049 N/mm², (0,5 bar), con excepción de aquellas cuyo producto de presión efectiva, en N/mm², por volumen de agua a nivel medio, en m³ sea menor que 0,005.

b.- Calderas de agua caliente para usos industriales, cuya potencia térmica exceda de 200.000 Kcal/h, y las destinadas a usos industriales, domésticos o calefacción no industrial, en los que el producto $V * P > 10$, siendo V el volumen, en m³ de agua de la caldera y P la presión de diseño en bar.

c.- Calderas de fluido térmico de fase líquida, de potencia térmica superior a 25.000 Kcal/h, y de presión inferior a 0,98 N/mm² (10 bar), para la circulación forzada, y a 0,49 N/mm² (5 bar), para las demás calderas. Sin embargo, el que la presente ITC no contemple las calderas de fluido térmico de presiones superiores a las indicadas, no examinará a éstas de su presentación al registro de tipo, ni de la justificación de las medidas de seguridad correspondientes, que habrán de ser aprobadas por el Centro Directivo del Ministerio de Industria y Energía, competente en materia de Seguridad Industrial, previo informe de una Entidad colaboradora, facultada para la aplicación del Reglamento de Aparatos a Presión, y del Consejo Superior del Ministerio de Industria y Energía.

d.- Los economizadores, precalentadores de agua de alimentación.

e.- Los sobrecalentadores y recalentadores de vapor.

Se exceptúan de la aplicación de los preceptos de la presente Instrucción Técnica las calderas de vapor que utilicen combustible nuclear, así como los sistemas de producción de vapor, integrados en refinerías de petróleo y plantas petroquímicas

Capítulo 3 Complemento a las Normas de Carácter General

Artículo 5. Fabricantes.

1.- Se considerarán Empresas fabricantes aquellas que utilizan medios propios para la fabricación y ensamblaje total o parcial de los componentes de aparatos incluidos en esta ITC y que, responsabilizándose del diseño y construcción de los mismos, estén inscritas en el libro registro que a tal efecto dispondrán las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía.

2.- Todas las Empresas fabricantes deberán poseer talleres propios y disponer de la

maquinaria adecuada para la actividad a desarrollar.

3.- Todas las Empresas fabricantes deberán disponer en planilla de personal técnico titulado competente, adjuntándose la debida justificación a la solicitud de inscripción en el libro registro de fabricantes de las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía.

4.- Todas las Empresas fabricantes deberán poseer debidamente homologados sus procesos de soldadura, de acuerdo con los códigos de diseño y construcción adoptados respectivamente para la fabricación de sus productos.

Estas homologaciones deberán ser realizadas por el CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas), por Entidades colaboradoras en el reconocimiento y prueba de aparatos a presión o por otros Centros o Laboratorios reconocidos para este fin por el Ministerio de Industria y Energía, debiéndose adjuntar copia de la certificación de estas homologaciones a la solicitud de inscripción en el libro registro de fabricantes de las Delegaciones Provinciales de dicho Ministerio.

5.- Todos los especialistas soldadores de las partes sometidas a presión deberán estar en posesión del correspondiente certificado de calificación extendido por las mismas Entidades, Centros o Laboratorios mencionados en el párrafo anterior, debiéndose adjuntar copia de estos certificados de calificación a la solicitud de inscripción en el libro registro de fabricantes de las Delegaciones provinciales del Ministerio de Industria y Energía.

6.- Todas las Empresas fabricantes deberán llevar a cabo los controles radiográficos, gammagráficos y de ultrasonidos que prescriben las normas o códigos adoptados respectivamente por las mismas. Estos controles habrán de ser realizados por personal técnico calificado, empleando para ello medios propios o subcontratados.

Todos los productos fabricados deberán disponer de su respectivo expediente de control de calidad, definido en el art. 2.º de esta ITC.

7.- Los fabricantes y reparadores de los aparatos afectados por esta ITC son responsables de que los mismos ofrezcan las garantías debidas para el fin a que se destinen, y deberán conocer las características y procedencia de los materiales empleados. Si en estos materiales se advierten deficiencias, esta responsabilidad se entenderá sin perjuicio de la que pueda corresponder a terceros.

8.- A las Empresas dedicadas a la reparación de aparatos a presión se les exigirán las mismas condiciones que a los fabricantes, por lo que igualmente se requiere su inscripción en el libro registro de reparadores de las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía. Los reparadores deberán incluir su número de registro en toda documentación relativa a reparaciones realizadas.

Todas las Empresas fabricantes quedarán automáticamente inscritas como Empresas reparadoras.

9.- Los talleres de construcción y reparación llevarán un libro registro, legalizado por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente, en el que

se harán constar la clase de aparato, fecha de construcción o reparación, características que lo identifiquen, especificaciones de los materiales empleados, resultado de las pruebas efectuadas, nombre y dirección del cliente.

Artículo 6.

Los aparatos sometidos a la presente ITC cumplirán las siguientes prescripciones:

1.- Registro de tipo.- El fabricante o importador que desee fabricar o importar aparatos incluidos en esta ITC deberá obtener previamente el registro de tipo, según lo dispuesto en el artículo sexto del Reglamento de Aparatos a Presión. En la Memoria citada en el punto 1 de dicho artículo sexto se indicará además la clase de potencia térmica del aparato que se desee fabricar o importar, así como las características siguientes:

Volumen total de las partes a presión.

Volumen de agua a nivel medio en calderas de nivel definido.

Superficie de calefacción.

Presión y temperatura de diseño.

Presiones y temperaturas de servicio.

Fluidos contenidos.

Elementos de seguridad.

Cualquier otra característica de interés.

Cuando se trate de calderas automáticas, se incluirá también una descripción detallada de:

Los órganos de regulación que aseguren automáticamente la alimentación del agua, el encendido del quemador o el calentamiento eléctrico.

Los órganos de seguridad que limitan la presión, la temperatura y el nivel mínimo del agua en la caldera.

El dispositivo de control de llama.

El código de diseño y construcción de los aparatos incluidos en esta ITC deberá elegirse entre el Código Español de Calderas y otros internacionalmente reconocidos.

A efectos de los indicado en el art. 7.º del Reglamento de Aparatos a Presión, no se considerarán como modificaciones que afecten a la seguridad del aparato las siguientes:

La adecuación de una caldera para una presión de servicio inferior a la de diseño correspondiente al tipo registrado, siempre que dicha modificación afecte solamente a la sección de las válvulas de seguridad y/o de las válvulas de salida en las calderas de

vapor.

El empleo de elementos, órganos y accesorios de regulación y de seguridad distintos a los indicados en el registro de tipo original o el cambio de su situación a posiciones equivalentes, siempre que cumplan los requisitos señalados en la presente Instrucción.

En el caso de calderas que se fabriquen para un proyecto determinado y concreto, el fabricante podrá prescindir del registro previo de los tipos.

2.- Autorización de instalación.-La instalación de los aparatos comprendidos en esta Instrucción Técnica Complementaria precisará la presentación, ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, de un proyecto redactado y firmado por técnico competente y visado por el correspondiente Colegio Oficial, el cual incluirá a los puntos siguientes:

a- Categoría del aparato.

b- Características del aparato:

Volumen total de las partes a presión.

Volumen de agua a nivel medio, si procede.

Superficie de calefacción.

Presión de diseño y presiones de servicio.

Temperatura de diseño y temperaturas de servicio.

Fluidos contenidos.

Elementos de seguridad y características de los mismos.

Elementos auxiliares y características de los mismos.

Fecha del registro del tipo, si procede.

c- Datos del fabricante y del aparato:

Nombre y razón social.

Número de inscripción en el libro de registro de fabricantes, citado en el art. 9.º del Reglamento de Aparatos a Presión.

Marca.

Año de construcción.

Número de fabricación.

d- Nombre del vendedor del aparato.

e- Datos del instalador del aparato:

- Nombre y razón social.

- Número de inscripción en el libro registro de instaladores, citado en el art. 10 del Reglamento de Aparatos a Presión.

f- Clase de industria a que se destina el aparato y ubicación de la misma.

g- Planos:

- Planos de emplazamiento y situación de la sala de calderas, incluyendo las zonas colindantes con indicación de riesgos.

- Planos del conjunto de sala de calderas, con indicación de dimensiones generales y distancias de caldera a riesgos respectivos, así como características y espesores los muros de protección, si procede.

- Esquemas generales de la instalación.

h- Presupuesto general de la instalación.

i- Instrucciones para el uso, conservación y seguridad de los aparatos y de su instalación, en lo que pueda afectar a personas o cosas.

Para los aparatos a presión contemplados en esta ITC procedentes de importación deberá presentarse la documentación exigida al respecto en el art. 6.º del Reglamento de Aparatos a Presión.

3.- Autorización de puesta en servicio.-La puesta en servicio de la instalación se ajustará a lo dispuesto en el art. 22 del Reglamento, y para los supuestos que a continuación se reseñan serán exigibles las siguientes prescripciones:

Para aparatos usados con cambio de emplazamiento, además del certificado de pruebas, según el artículo 22 del Reglamento de Aparatos a Presión, se adjuntará certificado emitido por el fabricante o por alguna Entidad colaboradora, facultada para la aplicación del Reglamento de Aparatos a Presión, acreditativo de que el aparato se encuentra en perfectas condiciones para el servicio a que se destina, que ha pasado favorablemente la prueba hidrostática, y que cumple con los requisitos de seguridad, exigidos por la legislación vigente.

Para las calderas de fluido térmico se adjuntará también certificado del fabricante, con indicación expresa de que en ningún punto de la caldera se superan las temperaturas máximas de masa y de película del fluido utilizado.

Para las calderas de emplazamiento variable los usuarios deberán solicitar, en las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía correspondientes, las

respectivas actas de puesta en marcha sobre el emplazamiento móvil, acreditando la correcta instalación sobre dicho emplazamiento. Dicha acta, junto con un informe suscrito por técnico titulado competente en el que se indique que el equipo no ha sufrido deterioro durante el transporte y que se encuentra apto para funcionar, se presentarán en la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente al nuevo lugar de emplazamiento, y todo ello se reflejará en el libro de usuario respectivo.

La duración de este emplazamiento variable será como máximo de tres meses, prorrogables por otros tres meses en casos debidamente justificados, y durante dicho tiempo podrá prescindirse de las especificaciones fijadas en el capítulo V de esta ITC, relativo a la Sala de calderas, pero la instalación será vigilada adecuadamente.

4.- Primera prueba.-Para los aparatos incluidos en esta ITC, la primera prueba se realizará según lo dispuesto en el art. 13 del Reglamento de aparatos a presión, y la presión correspondiente vendrá dada por la expresión:

$P_p = 1,5 P_d$ siendo P_d la presión de diseño.

Esta primera prueba de presión se podrá llevar a efecto por el fabricante si el producto del volumen, V , en metros cúbicos del aparato, definido en el art. 7.º, por la presión máxima en servicio en kilogramos por centímetro cuadrado es igual o inferior a 25, y necesariamente por alguna Entidad colaboradora si el citado producto es superior a 25 o se trata de un aparato importado.

En las calderas de fluido térmico podrá utilizarse como líquido de prueba cualquier fluido que permanezca en estado líquido en condiciones ambientales y que haya sido previamente autorizado por el fabricante de la caldera en cuestión.

5.- Inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento.- Los aparatos afectados por esta ITC deberán ser inspeccionados antes de su puesta en servicio por el fabricante respectivo, o persona delegada de éste, quien verificará la adecuación de su instalación y el correcto funcionamiento de los mismos. Si ha desaparecido el fabricante, efectuará la inspección una Entidad colaboradora autorizada para la aplicación del Reglamento de aparatos a presión.

El instalador deberá verificar que la instalación se ha realizado de acuerdo con el proyecto presentado, reuniendo las condiciones reglamentarias y que el funcionamiento del conjunto es correcto. Si el producto del volumen del aparato en metros cúbicos por la presión máxima de servicio en kilogramos por centímetro cuadrado es superior a 25, se requerirá la supervisión de alguna Entidad colaboradora.

Si la presión máxima efectiva de servicio en la instalación resultara inferior en más de un 10 por 100 a la presión de diseño, que figura en su registro, las Delegaciones provinciales del Ministerio de Industria y Energía correspondiente exigirán al fabricante un certificado suscrito por técnico competente, en el que conste la adecuación del aparato a la presión en la instalación, especialmente en lo que concierne a velocidades de salida de vapor y capacidades de descarga de las válvulas de seguridad.

6.-Inspecciones y pruebas periódicas.-

Se realizarán de acuerdo con las especificaciones siguientes:

1.- Inspecciones a los cinco años.-

Todos los aparatos afectados por esta ITC deberán someterse, a los cinco años de su entrada en servicio, a una prueba de presión en el lugar de emplazamiento, debiendo coincidir el valor de esta presión con 1,3 veces el valor de la presión de diseño. Antes de comenzar esta inspección, se comprobará que las válvulas de seccionamiento del elemento a inspeccionar están cerradas y que incorporan un dispositivo de seguridad para impedir de forma absoluta su posible apertura. También se verificará que se han tomado las medidas necesarias para impedir la puesta en funcionamiento del sistema de aportación calorífica, y cuando se trate de una batería de calderas, para evitar el acceso de los gases procedentes de los conductos de humos. Además, se exigirá la limpieza y secado previos de todas las partes accesibles del elemento a inspeccionar, así como la eliminación de todos los depósitos e incrustaciones que puedan impedir un examen eficaz de las partes sometidas a presión. Para facilitar la inspección se comenzará por desembarazar el interior de los recintos en los que se vayan a realizar los exámenes de todas las chapas y accesorios desmontables.

De acuerdo con los diferentes tipos de aparatos, se examinarán las partes siguientes:

Los hogares y sus uniones a las placas tubulares; se comprobarán especialmente las deformaciones, que en ningún caso deberán exceder del 6 por 100 del diámetro del hogar.

La cámara de combustión, los tubos, la obra refractaria y la solera.

Las chapas de las cajas de fuego. Se repararán las costuras, retocándose las roblonadas y repasándose las soldadas que presenten rezumes. Se observará la posible presencia de ondulaciones y/o corrosiones en los fondos y en los costados.

Virotillos y tirantes. Se sustituirán los que presenten rotura o una disminución de sección igual o superior al 25 por 100 de la sección original.

Tubos y placas tubulares. Se sustituirán los tubos taponados y se limpiarán los que presenten obstrucciones. Se comprobarán las uniones de los tubos a las placas tubulares, especialmente en el extremo de la caja de fuego.

Conductos y cajas de humo. Se examinarán las chapas con una sonda y se reemplazarán aquellas cuyo espesor haya disminuido en más de un 50 por 100.

Envolventes, tambores, colectores y sus tubos.

Se examinará la fijación de los tubos a los tambores y colectores, así como las tubuladuras, casquillos, elementos externos y elementos internos. Se medirán los espesores de chapas y de tubos empleando para ello medios adecuados.

Las faldillas de las tapas de los accesos de inspección.

Roblones. Se sustituirán o retacarán los roblones dudosos.

Soldaduras. Se repasarán las soldaduras dudosas.

Estanqueidad. Se comprobará la estanqueidad, y especialmente en el caso de calderas de hogar presurizado, el recorrido de humos en mirillas, puertas de inspección, accesos, juntas de dilatación, etc.

Accesorios. Se inspeccionarán los reguladores de alimentación, válvulas, grifos, columnas de nivel, válvulas principal y auxiliar de toma, espárragos de sujeción, etc.

Cuando en las partes sometidas a presión se observen anomalías se efectuarán ensayos no destructivos de las chapas, tubos y uniones, y, de ser necesario, se tomarán probetas de las partes expuestas a las temperaturas más altas y a las mayores tensiones de trabajo, para su examen macrográfico y examen de resistencia. Una vez realizada dicha revisión se sustituirán las partes que ofrezcan indicios de envejecimiento.

Además se harán las comprobaciones siguientes:

Válvulas de seguridad.-Las válvulas se desmontarán totalmente para comprobar que sus distintos elementos no presentan anomalías, y que su interior está limpio de acumulaciones de moho, incrustaciones o sustancias extrañas. Posteriormente, se probarán estas válvulas con la caldera en funcionamiento y se verificará su disparo a la presión de precinto.

Manómetros.-Se probarán todos los manómetros, comparándolos con un manómetro patrón. Además, se verificará que el tubo de conexión está libre de obstrucciones.

Ensayo de funcionamiento.-Toda inspección deberá completarse con un ensayo de la caldera funcionando en condiciones similares a la de servicio. Este ensayo permitirá controlar el funcionamiento de los equipos auxiliares y accesorios, así como verificar la correcta actuación de los dispositivos de seguridad y de regulación.

2.- Inspecciones posteriores.-

A los diez años de la entrada en servicio se repetirán las inspecciones y pruebas indicadas en el punto anterior, y posteriormente se repetirán cada tres años.

Las inspecciones y pruebas periódicas citadas en 6.1 y 6.2 podrán ser realizadas por el fabricante, el instalador o el servicio de conservación de la Empresa en la cual esté instalado el aparato si el producto del volumen en metros cúbicos del aparato por la presión máxima de servicio en kilogramos por centímetro cuadrado es igual o inferior a 25, y por alguna Entidad colaboradora si este producto es superior a dicha cifra. Si efectúa estas revisiones el fabricante, el instalador o el servicio de conservación de la Empresa en la cual se encuentra el aparato a presión, deberá justificar ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía que disponen de personal idóneo y medios suficientes para llevarlas a cabo.

Estas pruebas se efectuarán en presencia del usuario, extendiéndose acta por triplicado, quedándose uno de los ejemplares en poder del usuario; otro será para el fabricante o el

instalador o Empresa que ha realizado la prueba, y el tercero se enviará a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

3.- Inspecciones anuales.-

Con independencia de las inspecciones oficiales anteriormente mencionadas, los usuarios deberán hacer examinar sus aparatos una vez, al menos, cada año, y harán constar los resultados de estas inspecciones en el libro registro respectivo. Estas inspecciones anuales se realizarán con el aparato abierto y con sus partes metálicas limpias. Se realizará un detenido examen incluyendo mediciones de espesores si, como consecuencia de la inspección se detectara la existencia de corrosiones o desgastes anormales, y se comprobará especialmente si los órganos de seguridad y de automatismo se encuentran en perfectas condiciones de funcionamiento. Estas revisiones anuales serán realizadas, indistintamente, por el fabricante del aparato o persona autorizada por éste, por personal técnico titulado propio del usuario o por una Entidad colaboradora

7.- Placas.-

Todo aparato objeto de esta ITC irá provisto de las placas de diseño e identificación previstos en el artículo 19 del Reglamento de aparatos a presión.

PLACA DE INSTALACION

Mº de INDUSTRIA Y ENERGIA - Delegación Provincial de	
PRESION EFECTIVA MÁXIMA DE SERVICIO	Kg/cm ²
Nº	
Fechas	

Nota : Aproximación a la placa real

Placa Derrogada por Orden de 31 de Mayo de 1985

Además llevarán una placa de instalación como la de la figura adjunta, en donde conste el número del registro del aparato, la presión máxima efectiva de servicio en la instalación y las fechas correspondientes a las pruebas de instalación y periódicas.

Las placas de instalación serán facilitadas por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente al lugar de instalación, y se fijarán mediante remaches, soldadura o cualquier otro medio que asegure su inamovilidad, en un sitio visible del aparato, y en ningún caso podrán retirarse del mismo.

Capítulo 4 Categoría de los Aparatos

Artículo 7.

Desde el punto de vista de la seguridad y a efectos de las condiciones exigibles a su emplazamiento, los aparatos comprendidos en esta ITC se clasificarán en función del Producto $P \times V$ en las categorías siguientes:

Categoría A: $P \times V > 600$

Categoría B: $P \times V > 10$ y $P \times V < 600$

Categoría C: $P \times V < 10$

en donde V y P están definidos como a continuación se indica:

- Para calderas con nivel definido, V es el volumen (en m³) de agua a nivel medio (ver apartado 4 del artículo 15).

- Para calderas sin nivel definido, V es el volumen (en m³) total de las partes a presión.

En ambos casos se excluirán los volúmenes de los economizadores precalentadores de agua a presión y de los recalentadores de vapor, si los hubiere.

Para economizadores precalentadores, sobrecalentadores y recalentadores de vapor que no formen parte de la caldera, V es el volumen total en m³.

- Para calderas de vapor, economizadores precalentadores, sobrecalentadores y recalentadores de vapor P representa la presión (en kg./cm²) efectiva máxima de servicio en la instalación, que es precisamente la que figurará en la placa de instalación definida en el apartado 7 del artículo anterior.

- Para calderas de agua caliente, de agua sobrecalentada y de fluido térmico, la presión total máxima de servicio se compone de:

- La presión debida a la altura geométrica del líquido.
- La tensión de vapor del portador térmico a la temperatura máxima de servicio.
- La presión dinámica producida por la bomba de circulación

Además de las calderas y aparatos, en los que $V \times P$ inferior o igual a 10, también se considerarán como de la categoría C las calderas acuotubulares incluidas en alguno de los casos siguientes:

- Calderas de producción inferior a $6 * 106$ Kcal/h, y de presión máxima de servicio en la instalación, inferior a 32 kg/cm^2 , en las que el diámetro interior de todos los tubos que estén en contacto directo con los gases de caldeo no sea superior a 55 mm y que no incorporen en ninguna parte, piezas, tambores, colectores, etc., de diámetro interior superior a 150 mm.

- Calderas de producción inferior a $3 * 106$ Kcal/h y presión máxima de servicio en la instalación, inferior a 32 Kg/cm^2 , en las que el producto de volumen, en m^3 , del agua contenida en los tambores (a nivel medio para calderas de vapor; véase apartado 4 del artículo 15), por la presión, en kg/cm^2 , máxima de servicio en la instalación, sea igual o menor que 10.

- También se considerarán de categoría C las calderas de fluido térmico, en las que la presión máxima a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, con la instalación parada no exceda de 5 kg/cm^2 en el punto más bajo y de $0,5 \text{ kg/cm}^2$ en el punto más alto.

Aun siendo de categoría C, cuando la capacidad de estas calderas sea superior a 5.000 litros, se instalarán al aire libre, o en un local independiente.

Para las demás calderas de fluido térmico, su clasificación se hará de acuerdo con la fórmula $V * P$ ya mencionada, siendo V el volumen de aceite contenido en la caldera.

En las calderas de fluido térmico en que concurren condiciones especiales, el expediente se remitirá directamente o por los medios establecidos en el artículo 66, de la Ley de Procedimiento Administrativo al Centro directivo del Ministerio de Industria y Energía, competente en materia de Seguridad Industrial, acompañado del informe de alguna Entidad colaboradora, facultada para la aplicación del Reglamento de Aparatos a Presión. El citado Centro directivo resolverá lo que proceda.

Capítulo 5 Salas de Calderas

Artículo 8.

La sala o recinto de calderas deberá ser de dimensiones suficientes para que todas las operaciones de mantenimiento, entretenimiento y conservación puedan efectuarse en condiciones de seguridad. Las salas correspondientes a aparatos de categorías A y B

dispondrán de salidas fácilmente utilizables, suficientemente separadas. Para los aparatos de categoría C, en caso de ubicarse en sala independiente, se admitirán salas con una sola salida.

En todos los casos las salidas serán de fácil acceso. Las salas de calderas deberán estar perfectamente iluminadas y especialmente en lo que respecta a los indicadores de nivel y a los manómetros.

Las plataformas y escaleras de servicio de la instalación dispondrán de medios de acceso fácilmente practicables.

Cuando se trate de aparatos que quemén carbón pulverizado, la instalación de pulverización y conducción de polvo de carbón hasta el hogar deberá ser completamente estanca.

Toda sala de calderas deberá estar totalmente libre de polvo, gases o vapores inflamables. Asimismo habrá de estar permanentemente ventilada, con llegada continua de aire tanto para su renovación como para la combustión.

Si la sala de calderas linda con el exterior (patios, solares, etcétera) deberá disponer en su parte inferior de unas aberturas, cuya sección total vendrá dada por la siguiente expresión:

$S(1)$ (en cm^2) = $Q/500$ siendo Q = la potencia calorífica total instalada en los equipos de combustión en kcal/h. No se admitirán valores de $S(1)$ menores de $0,25 \text{ m}^2$ para las salas de calderas de categoría C. En la parte superior de una de las paredes que dé al exterior, o en el techo y en posición opuesta a las aberturas de entrada de aire, existirán unas aberturas para la salida del mismo al exterior.

La sección total $S(2)$ de estas aberturas de salida vendrá dada por la expresión.

$S(2) = S(1)/2 \text{ cm}^2$ siendo $S(1)$ el valor indicado anteriormente.

Cuando la sala de calderas no pueda comunicarse directamente con el exterior, dispondrá de comunicación con otras habitaciones para la entrada de aire, y en este caso la sección de dichas comunicaciones será, como mínimo, igual a $2 S(1)$, siendo $S(1)$ el valor (en cm^2) indicado anteriormente en este mismo artículo. Las habitaciones que comuniquen con la sala de calderas dispondrán, a su vez, de una ventilación adecuada, con unas secciones de comunicación al exterior que, como mínimo, serán las que resulten de aplicar las fórmulas anteriores.

En el caso de locales aislados, sin posibilidad de llegada de aire por circulación natural, se dispondrán llegadas de aire canalizadas, con un caudal mínimo de $V = 1,8 \text{ m}^3/\text{hora}$ por termia de potencia total calorífica instalada de los equipos de combustión y utilizando, cuando sea preciso, ventiladores apropiados.

Para el cálculo de la superficie de ventilación, se tendrá en cuenta exclusivamente el área libre, cualquiera que sea la forma o material de la rejilla o protección situada sobre la abertura de acceso del aire. Este acceso deberá estar, en todo momento, libre y exento de cualquier obstáculo que impida o estorbe la libre circulación del aire.

En la sala o recinto de calderas deberá prohibirse todo trabajo no relacionado con los aparatos contenidos en la misma, y en sus puertas se hará constar la prohibición expresa de entrada de personal ajeno al servicio de las calderas.

Toda caldera de tipo de instalación interior, perteneciente a las categorías A o B de esta Instrucción, dispondrá de una sala o recinto propio en donde sólo podrán instalarse las máquinas y aparatos correspondientes a sus servicios, así como los elementos productores o impulsores de los fluidos necesarios para el funcionamiento de la industria a la que pertenezca la caldera y siempre que no supongan un aumento de riesgo y sean manejados por el mismo personal encargado de la caldera. En la sala de calderas no se permitirá el almacenamiento de productos combustibles, con la excepción del depósito nodriza de combustible para las calderas, ni la ubicación de cualquier otro producto o aparato cuya reglamentación específica así lo prohíba.

La categoría de una sala de calderas vendrá determinada por la de la caldera de mayor categoría entre las allí instaladas, con independencia de su número.

En lugar fácilmente visible de la sala o recinto de calderas se colocará un cuadro con las instrucciones para casos de emergencia, así como un manual de funcionamiento de las calderas allí instaladas.

Artículo 9. Seguridad de las salas de calderas.-

A solicitud de la parte interesada y previo informe del Consejo Superior del Ministerio de Industria y Energía, la Dirección General competente en materia de seguridad industrial, o la de Minas en su caso, podrá autorizar la aplicación de normas de seguridad distintas a las que figuran en el presente artículo en los siguientes casos: Si las calderas forman parte de un complejo industrial sometido a una reglamentación cuyas normas de seguridad sean más severas que las establecidas en la presente Instrucción.

Si se estimase que la caldera no ofrece el peligro que le correspondería por su categoría. Si se apreciase que las normas de seguridad que se pretenden aplicar pueden considerarse equivalentes a las contenidas en esta Instrucción.

En las salas de calderas incluidas en esta Instrucción se aplicarán las siguientes normas de seguridad, en función de su categoría:

Categoría A.-

En el proyecto de salas de calderas incluidas en esta categoría se justificarán las medidas de seguridad adoptadas que, en todo caso, serán superiores a las necesarias para alcanzar el nivel de seguridad mínimo establecido para las de categoría B.

Categoría B.-

Calderas de funcionamiento automático construidas con anterioridad a este Reglamento que no dispongan de expediente de control de calidad y todas las calderas de funcionamiento manual.

Estas calderas deberán estar separadas de otros locales y vías públicas por las distancias y los muros que a continuación se indican:

Distancias mínimas (m)		Espesor mín. muros (cm.)		Otros materiales
Riesgo 1	Riesgo 2	Fabrica de ladrillo, mamposteria u hormigon en masa	Hormigon armado	Momento flector mínimo requerido m x Tm/m.l. (1)
1.5	1	no admisible	50	22.5
2.5	1.5	no admisible	47	19.5
3	2	100	44	17.0
4	2.5	95	41	15.0
4.5	3	90	40	14.0
5	3.5	85	38	12.5
6	4	75	35	10.5
6.5	4.5	70	33	9.5
7.5	5	65	32	8.5
8	5.5	60	30	8.0
8.5	6	50	29	7.0
10	8	40	24	5.5
14	10	38	21	5
14-30	oct-20	35	18	4.0
30	20	cerca metalica ligera	-----	-----

(1) metros x tonelada/metro lineal

Nota: no se admitirán distancias menores de 1,5 y 1 metros a los riesgos 1 y 2, respectivamente. Independientemente de ello, la parte de caldera que no requiera manipulación distará como mínimo 0,5 metros del paramento interior del muro más próximo.

El riesgo 1 es el que afecta a viviendas, locales de pública concurrencia, calles, plazas y demás vías públicas y talleres o salas de trabajo ajenas al usuario.

El riesgo 2 es el que afecta a zonas, o locales donde haya personas de modo permanente o habitual, tales como zonas de paso continuo, talleres, salas de trabajo, etc., que pertenezcan al propio usuario de la caldera.

Las distancias mínimas señaladas se entienden desde la superficie exterior de las partes a presión de la caldera más cercana al riesgo y dicho riesgo (ver figura adjunta). Para calderas situadas parcial o totalmente en zona excavada, en la parte colindante con dicha zona, el muro de resistencia -calculado según la tabla anterior- sólo será necesario a partir de la altura no cubierta por la zona excavada; en la zona excavada no se requerirá el mantenimiento de distancias mínimas siempre que la situación de la caldera permita su completa inspección.

Los muros de la sala se dispondrán considerando lo indicado en el párrafo primero del art. 8.º, y su altura alcanzará, como mínimo, un metro por encima de la parte más alta sometida a presión de la caldera.

Los muros de protección serán de ladrillo macizo, de mampostería de piedra con mortero de cemento, de hormigón en masa o de hormigón armado.

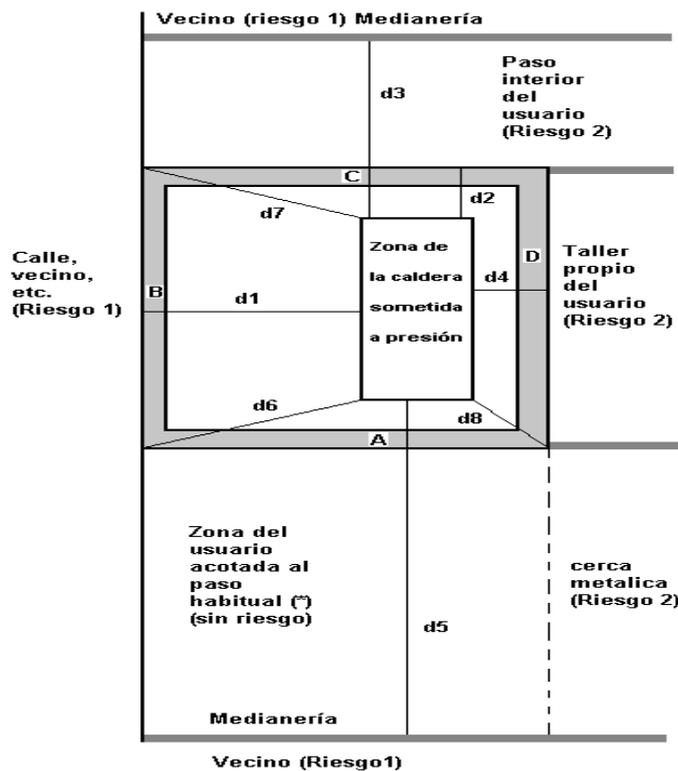
Para considerar los muros de hormigón armado habrá de contener, como mínimo, 60 kilogramos de acero y 300 kilogramos de cemento por metro cúbico. El armado del muro de protección se realizará con armaduras cruzadas transversalmente, de la misma cuantía de acero, y situadas en la cara del muro más alejada de la caldera.

La separación entre dos barras consecutivas será igual o menor que doce veces su diámetro, y la separación entre barras será siempre menor que el canto útil del muro; asimismo el muro estará debidamente ligado al zócalo o zapata.

El empleo de cualquier otra clase de materiales deberá justificarse en el proyecto de instalación presentado ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente

Distancia	Riesgo	Espesor mínimo	
		Fabrica de ladrillo, mampostería u hormigón en masa	Hormigón armado
		cm.	cm.
d1= 3.00	1	100	44
d2= 1.50	2	no admisible	47
d3= 6.00	1	75	35
d4= 1.50	2	no admisible	47
d5= 14.00	1	38	21
d6= 4.00	1	95	41
d7= 4.00	1	95	41
d8= 2.00	2	100	44

Nota. La zona acotada al paso debe estar claramente señalizada con letreros, vallas, macizos de vegetación, etc.



(*) Se entiende que esta zona puede ser habilitada para el paso, en casos necesarios y esporádicos, del personal de mantenimiento o servicio del usuario.

Espesores a adoptar (hormigón armado)	
Muro	Espesor
A	44 cm
B	44cm
C	47 cm
D	47 cm

Para las aberturas en los muros de protección se seguirán las siguientes indicaciones:

- Las puertas serán metálicas y macizas, con unas dimensiones máximas de 1,20 m. de ancho por 2,10 m. de alto.
- Toda abertura de medidas superiores a 1,20 m. de ancho y 2,10 m. de alto, estará cerrada mediante paneles, desmontables o no, uno de los cuales podrá estar provisto de una puertecilla libre, hábil para el servicio. Los paneles ofrecerán una resistencia igual a la del muro en que estén instalados, resistencia que será debidamente justificada

c. Existir en muros lindantes con patios propios del usuario y estarán situados a un metro, como mínimo, sobre el punto más alto sometido a presión de la caldera.

La altura de los techos no será nunca inferior a los tres metros sobre el nivel del suelo y deberá rebasar en un metro, como mínimo, la cota del punto más alto entre los sometidos a presión de la caldera y al menos a 1,80 m. sobre las plataformas de la caldera si existen.

El techo de la sala será de construcción ligera (fibrocemento plástico, etc.) y no tendrá encima pisos habitables; solamente podrán autorizarse las superestructuras que soporten aparatos ajenos a las calderas, que se consideren formando parte de la instalación, tales como tolvas de carbón, depuradores de agua de alimentación, etc., entendiéndose que tales aparatos no podrán instalarse sobre la superficie ocupada por la caldera.

2.- Calderas de funcionamiento automático con expediente de control de calidad.

Estas calderas podrán estar situadas dentro de una sala siempre que ésta cumpla las prescripciones indicadas en el art. 8.º.

Las distancias mínimas existentes entre la caldera y el riesgo serán, como mínimo, de 1,5 m., a riesgo uno y de un metro a riesgo 2. Con independencia de esta distancia, los muros tendrán los espesores siguientes, en función del riesgo:

Espesor mínimo de los muros (cm.)

Riesgo	Fábrica de ladrillo, mampostería u hormigón en masa	Hormigón armado
1	45	20
2	30	15

Cuando las distancias a los riesgos 1 y 2 sean mayores de 14 y 10 m., respectivamente, no será necesario muro alguno.

La altura del muro de protección, el techo de la sala de calderas y las aberturas de los muros, cumplirán las condiciones anteriormente establecidas en el apartado 2.1 del presente artículo.

Para las calderas situadas parcial o totalmente en zona excavada se seguirán las correspondientes indicaciones del apartado 2.1 del presente artículo.

3.- Categoría C.-

Las calderas de esta categoría podrán estar situadas en cualquier sala de trabajo, pero el espacio necesario para sus servicios de entretenimiento y mantenimiento se encontrará debidamente delimitado por cerca metálica o cadena, con el fin de impedir el acceso de personal ajeno al servicio de las mismas. Estas calderas podrán situarse a una distancia mínima de 0,2 metros de las paredes, siempre y cuando no oculten elementos de seguridad ni se impida su manejo y mantenimiento.

Si disponen del local independiente podrán situarse en el mismo las máquinas y aparatos correspondientes a su servicio, así como los elementos productores e impulsores de los fluidos necesarios para el funcionamiento de la industria a la cual pertenezca la caldera, siempre que no supongan un aumento de riesgo y sean manejados por el mismo personal encargado de la caldera, pero no se permitirá ninguna otra clase de actividad. Con excepción del depósito nodriza de la caldera, queda totalmente prohibido el almacenamiento de productos combustibles y la presencia de aquellos productos cuyas reglamentaciones específicas así lo prohíban.

Las calderas automáticas de esta categoría con un $P * V \leq 5$, construidas con anterioridad a esta instrucción, podrán instalarse sin ninguna limitación en cuanto a su emplazamiento. Las calderas automáticas incluidas en esta categoría con un $P * V > 5$ construidas con anterioridad a esta instrucción que no posean expediente de control de calidad y todas las calderas manuales, de nueva instalación o que cambien de emplazamiento, deberán estar aisladas de los lugares de pública concurrencia y de las salas de trabajo mediante muros de separación con un espesor mínimo de 15 cm., si se trata de muros de hormigón armado, de 30 cm. si son de mampostería de cemento o de ladrillo macizo y con un momento flector mínimo de 2,9 m. Tm/m. lineal si se trata de pantalla metálica con independencia de las distancias a los riesgos 1 ó 2.

Además los techos o subsuelos de los locales en que se instalen no podrán ser utilizados para pública concurrencia o vivienda.

Las calderas automáticas de categoría C con expediente de control de calidad se podrán instalar sin limitación en cuanto a su emplazamiento.

En ningún caso se permitirá la instalación de calderas de fluido térmico que utilicen líquidos caloriporantes inflamables encima o debajo de viviendas y locales de pública concurrencia.

Capítulo 6 Accesorios y Aberturas

Artículo 10. Válvulas.-

Toda válvula instalada en las calderas comprendidas en esta instrucción deberán llevar troquelada la presión nominal para la que haya sido construida.

Artículo 11. Manómetros y termómetros.-

Todas las calderas y aparatos comprendidos en el art. 3.º de esta instrucción estarán provistas de un manómetro cuya sensibilidad será, como mínimo de clase cuatro (cl. 4). La presión efectiva máxima de la instalación deberá señalarse en la escala del manómetro con una indicación bien visible. Las dimensiones y características de los manómetros serán las determinadas en la normativa vigente y serán de modelo aprobado por la Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnia.

Los manómetros estarán montados sobre un grifo de tres direcciones con una placa-brida de 40 mm. de diámetro para sujetar en ella el manómetro patrón con el que se deben realizar las pruebas; pero en el caso de calderas cuya presión lo requiera en lugar de la placa-brida de 40 mm. se dispondrá una conexión adecuada para la instalación del manómetro patrón.

Todas las calderas y aparatos comprendidos en esta instrucción, con excepción de las calderas automáticas de vapor saturado, estarán provistas de su correspondiente termómetro con una señal bien visible, en rojo, que indique la temperatura máxima de servicio.

Artículo 12. Dispositivos de drenaje, purgas a presión y aireación. -

Toda caldera comprendida en esta instrucción deberá poseer dispositivos de drenaje y aireación. Las calderas de vapor dispondrán además de purga a presión. En las tuberías de drenaje se instalará una válvula de cierre.

En cada tubería de purga intermitente o de extracción de lodos deberá instalarse una válvula de interrupción, pudiéndose instalar a continuación una válvula de apertura rápida por palanca.

La válvula de drenaje y las válvulas de purga podrán sustituirse por una sola válvula mixta de cierre y descarga rápida. Las válvulas antes citadas no serán inferiores a los DN 20 (diámetro interior en mm.) ni superiores a DN 50.

Para la purga continua, si procede, se colocarán dos válvulas: la primera de cierre y la segunda de tipo de aguja micrométrica con indicador de apertura o de otro tipo especial para su cometido.

Para el sistema de aireación bastará con una sola válvula de cierre.

Estos dispositivos estarán protegidos contra la acción de los fluidos calientes y se instalarán en sitio y forma tales que puedan ser accionados fácilmente con el personal encargado.

Artículo 13. Aberturas.-

Toda caldera de esta Instrucción estará provista de aberturas adecuadas en tamaño y número para permitir su limpieza e inspección interior, de acuerdo con el diseño de la misma.

Artículo 14. Seguridad por retorno de llama o proyección de fluidos. -

Para evitar que, en caso de fallos o averías, se produzcan retornos de llamadas o proyecciones de agua caliente, vapor, fluido térmico o gases de combustión sobre el personal de servicio, se dispone lo siguiente:

1. En todas las calderas y aparatos comprendidos en esta Instrucción los cierres de las aberturas serán sólidos y seguros para oponerse de manera eficaz a la eventual salida de un chorro de vapor, retorno de llama o a la proyección de agua caliente o fluido térmico.
2. En los hogares presurizados que dispongan de puertas de expansión para las explosiones de combustión, dichas puertas estarán situadas de forma tal que el eventual escape de gases no sea proyectado sobre el personal de servicio.

Capítulo 7 Prescripciones de Seguridad

Artículo 15. Prescripciones de seguridad para las calderas de vapor saturado, sobrecalentadores y recalentadores de vapor.

1. Válvulas de seguridad-Todas las válvulas de seguridad que se instalen en las calderas de esta Instrucción serán de sistema de resorte y estarán provistas de mecanismos de apertura manual y regulación precintable, debiéndose cumplir la condición de que la elevación de la válvula deberá ser ayudada por la presión del vapor evacuado. No se permitirá el uso de válvulas de seguridad de peso directo ni de palanca con contrapeso.

Las válvulas de seguridad cumplirán las disposiciones constructivas y de calidad recogidas en la norma UNE 9-100.

Toda caldera de vapor saturado llevará como mínimo dos válvulas de seguridad independientes, las cuales deberán precintarse a una presión que no exceda en un 10 por 100 a la de servicio, sin sobrepasar en ningún caso la de diseño. No obstante, las calderas de la clase C podrán llevar una sola válvula, que deberá estar precintada a la presión de diseño como máximo.

El conjunto de las válvulas de seguridad bastará para dar salida a todo el vapor producido en régimen máximo, sin que el aumento de presión en el interior de la caldera pueda exceder del 10 por 100 de la presión de precinto correspondiente.

La descarga de las válvulas de seguridad deberá realizarse de tal forma que se impida eficazmente que el vapor evacuado pueda producir daños a personas o a bienes.

La sección de la tubería de descarga será lo suficientemente amplia para que no se produzca una contrapresión superior a la prevista sobre las válvulas cuando éstas descargan. Tanto las válvulas como sus tuberías de descarga estarán provistas de orificios de drenaje y las bocas de salida de las tuberías de descarga irán cortadas a bisel.

En ningún caso se instalará entre una caldera y cada una de sus válvulas de seguridad una válvula de cierre, a no ser que esté dotada de un dispositivo eficaz que impida su maniobra por persona no autorizada.

Los sobrecalentadores de vapor que puedan permanecer bajo presión con independencia de la caldera llevarán como mínimo una válvula de seguridad, que deberá estar situada cerca de la salida y que deberá disponer de órganos de regulación precintables. Su capacidad de descarga será de 30 Kg. de vapor por m² de superficie de calefacción del sobrecalentador.

Cuando una caldera esté equipada con un sobrecalentador incorporado a la caldera propiamente dicha, sin interposición de una válvula de interrupción, dispondrá, al menos, de una válvula de seguridad, que deberá ir situada cerca de la salida. A efectos de la capacidad de descarga, las válvulas de seguridad montadas en el sobrecalentador pueden considerarse como formando parte de las válvulas de seguridad de la caldera, pero deberá respetarse la regla siguiente: el 75 por 100 como mínimo de la capacidad de descarga necesaria corresponderá a las válvulas de seguridad situadas sobre la caldera y el 25 por 100 como mínimo a las válvulas montadas en el sobrecalentador. En casos particulares, especialmente para las calderas de circulación formada de un solo paso, y siempre que no pueda aplicarse la regla anterior, el fabricante podrá solicitar que la proporción de la capacidad de las válvulas situadas sobre la caldera y el sobrecalentador sea distinta de la antes indicada, siempre que ello se justifique debidamente y que, previo informe del Consejo Superior del Ministerio de Industria y Energía, así lo autorice la Dirección General competente en materia de Seguridad Industrial.

La presión máxima de precinto de las válvulas de seguridad incorporadas al sobrecalentador deberá ser siempre inferior a la presión menor de precinto de las válvulas de seguridad de la caldera, en un valor igual o mayor que la pérdida de carga correspondiente al máximo caudal de vapor en el sobrecalentador.

En calderas cuya producción de vapor sea superior a 100 Tm./h. y que incorporen un sobrecalentador, se admitirá, además de las válvulas de

seguridad de resorte, la instalación de válvulas de seguridad accionadas por válvulas piloto, pero la capacidad de descarga de éstas no se tendrá en consideración.

Los recalentadores de vapor deberán llevar una o más válvulas de seguridad, de manera que la capacidad total de descarga sea, al menos, igual al máximo caudal de vapor para el que se ha diseñado el recalentador. Una de dichas válvulas, como mínimo, estará situada en la salida del recalentador y su capacidad de descarga no deberá ser inferior al 15 por 100 del total exigido.

La capacidad de las válvulas de seguridad del recalentador no se considerará a efectos de la capacidad de descarga exigida para la caldera y el sobrecalentador.

2. Válvulas del circuito de agua de alimentación.-La tubería de alimentación de agua desde la bomba dispondrá de dos válvulas de retención; una de estas válvulas se situará muy cerca de la caldera y la otra se colocará a la salida de la bomba. La válvula de retención situada junto a la caldera llevará, entre está y dicha válvula, una válvula de interrupción que pueda aislar e incomunicar la caldera de la tubería de alimentación; estas dos válvulas podrán ser sustituidas por una válvula mixta de interrupción y retención. Si existe un economizador incorporado a la caldera de vapor, estas válvulas se montarán a la entrada del economizador.

Todas las válvulas deberán estar protegidas contra la acción de los fluidos calientes y se instalarán en sitio y forma tales que puedan ser accionadas fácilmente por el personal encargado.

En caso de existir más de una bomba con tuberías comunes, se colocará a la salida de cada una de ellas una válvula de retención y a continuación otra de interrupción.

3. Válvulas del circuito de vapor.-Toda caldera de vapor saturado y sobrecalentado y todo recalentador dispondrán de una válvula que pueda interceptar el paso de salida del vapor. Si se trata de un grupo de caldera o recalentadores que tengan un colector común, la tubería de salida de cada unidad estará provista además de una válvula de retención. Estas dos válvulas podrán ser sustituidas por una sola que realice simultáneamente ambas funciones de cierre y retención.

Los recalentadores de vapor dispondrán asimismo de una válvula de seccionamiento en la tubería de llegada de vapor.

Todas las válvulas, excepto las de retención, serán de cierre lento, fácil maniobra y husillo exterior. La velocidad de salida del vapor a través de ellas, para la máxima producción en régimen continuo, no debe sobrepasar

40 m/s, en el caso de vapor saturado, y 50 m/s, en el caso de vapor sobrecalentado y recalentado.

4. Altura de agua y tubos de nivel en calderas de nivel definido

El nivel mínimo del agua en el interior de una caldera debe mantenerse por lo menos 70 milímetros más alto que el punto más elevado de la superficie de calefacción. En las calderas acuotubulares, la distancia se tomará en relación al borde superior del tubo de bajada que esté situado en la parte más alta del calderín.

El nivel medio del agua estará situado, como mínimo, a 50 milímetros por encima del nivel límite definido en el párrafo anterior. Ambos niveles se marcarán de modo bien visible sobre el indicador de nivel.»

Los requisitos indicados en cuanto a las alturas mínimas citadas no serán aplicables a los tipos de calderas siguientes:

- Calderas acuotubulares de circulación natural en que las partes calentadas son, exclusivamente, tubos de diámetro no superior a 102 mm y sus colectores de intercomunicación, siempre que al estar calentados dichos colectores se asegure una distribución uniforme del agua en los tubos conectados a ellos en paralelo.
- Calderas de circulación forzada, siempre que el diámetro exterior de los tubos no sea superior a 102 mm.
- Calderas de recuperación en las que la temperatura de entrada de los gases no exceda de 400 °C.
- Asimismo, no será aplicable a precalentadores de agua, economizadores, recalentadores y sobrecalentadores.

Toda caldera de las categorías A y B, estará provista de dos indicadores de nivel. Estos indicadores de nivel serán independientes entre sí y sus comunicaciones con el cuerpo de la caldera, serán también independientes entre sí, excepto cuando la sección de la conducción en cuestión sea, como mínimo, de 50 cm² para el líquido, y de 10 cm² para el vapor, en cuyo caso, se admitirá una sola comunicación con la caldera para los dos indicadores de nivel distintos. Las calderas de categoría C, podrán disponer de un solo indicador de nivel.

Los conductos de unión de los indicadores de nivel con las cámaras que contienen el líquido y el vapor serán, como mínimo, de 25 mm. de diámetro interior; el radio interior de las curvas será al menos igual a vez y media el diámetro del tubo y no deberá permitir la formación de sifones. No obstante, para conductos de unión rectos y de longitud inferior a 30 cm. el diámetro interior del conducto podrá ser de 20 mm.

Los indicadores de nivel deberán estar colocados en sitio fácilmente visible para el personal encargado del mantenimiento de la caldera. Cuando los indicadores de nivel disten más de ocho metros de la plataforma de conducción o del lugar donde permanezca normalmente el conductor de la caldera, ésta deberá ir dotada de dos dispositivos independientes que transmitan la posición del nivel de agua a un lugar que no diste del conductor más de cuatro metros.

En todas las calderas de esta Instrucción se utilizarán indicadores de nivel del tipo de caja refractora y se montarán de forma tal que permita fácilmente su comprobación, limpieza y sustitución.

Todos los indicadores de nivel dispondrán de las correspondientes llaves que permitan su incomunicación con la caldera y de un grifo de purga.

5. Sistema de Alimentación de Agua

Toda caldera de esta Instrucción, estará provista de, al menos, un sistema de alimentación de agua, seguro, con excepción de las calderas que utilicen combustibles sólidos no pulverizados, que dispondrán de dos sistemas de alimentación de agua, independientes; en el caso de que estas calderas tuvieran una potencia superior a 6.000.000 Kcal/h (7.000 KW), dichos sistemas de alimentación, estarán accionados por distinta fuente de energía. Si varias calderas forman una batería, se considerarán como una sola caldera, a efectos de lo dispuesto en el presente artículo.

El sistema de alimentación de agua deberá poder inyectar dicho líquido a una presión superior en un tres por ciento como mínimo a la presión de tarado más elevada de las válvulas de seguridad, incrementada en la pérdida de carga de la tubería de alimentación y en la altura geométrica relativa.

El sistema de alimentación de agua deberá poder inyectar una cantidad de agua igual a 1,5 veces la máxima que pueda evaporar la caldera o batería de calderas que alimenta, excepto en las calderas automáticas comprendidas en el artículo 23, en las que la cantidad de agua a inyectar deberá ser igual, como mínimo, a 1,1 veces la máxima que pueda evaporarse, más la pérdida de agua por purgas.

Para las calderas con nivel de agua definido, en las que esté automatizada la aportación de agua, el sistema de alimentación estará controlado por un dispositivo que detecte, al menos, el nivel de agua. Este sistema de alimentación podrá ser de acción continua, la bomba de alimentación de agua estará continuamente en servicio, y el caudal introducido, vendrá regulado por una válvula automatizada y mandada por la acción del sistema controlador de nivel; dicho sistema actuará de forma que la válvula que controla la alimentación de agua, quede en posición abierta, si se producen fallos del fluido de accionamiento (corriente eléctrica, aire, etc.). En el caso de acción discontinua, el sistema detector de nivel, actuará sobre la bomba

de alimentación, parándola, y/o poniéndola de nuevo en servicio, según las necesidades.

Para las calderas automatizadas con nivel de agua no definido, el sistema de alimentación cubrirá la demanda de vapor de la instalación mediante bombas de tipo volumétrico.

El agua de alimentación deberá ser introducida en la caldera de tal manera que no descargue directamente sobre superficies expuestas a gases a temperatura elevada o a la radiación directa del fuego.

No se autorizarán las bombas alimentadoras accionadas a mano, sea cual sea la categoría de la caldera.

La alimentación de las calderas mediante una toma de la red de abastecimiento y distribución de agua de servicio público podrá admitirse cuando la presión disponible en la tubería en el punto de la acometida, exceda de 2 Kg./cm², como mínimo, a la presión de tarado más elevada de las válvulas de seguridad, incrementada en la pérdida de carga correspondiente al sistema de tratamiento de agua, y siempre que la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía así lo autorice. Cuando la alimentación de agua de una caldera proceda de la red de distribución de la localidad, deberá colocarse un manómetro en la tubería de alimentación y una válvula de retención.

A la salida de cada uno de los aparatos alimentadores, y antes de la válvula de interrupción, se colocará un manómetro.

Artículo 16. Prescripciones de seguridad para las calderas de agua sobrecalentada.

1. Válvulas de seguridad de alivio.-

Todas las calderas de agua sobrecalentada correspondientes a las categorías A o B de esta Instrucción dispondrán de dos o más válvulas de seguridad de alivio independientes, una de las cuales, al menos, estará precintada a la presión de diseño o por debajo de ésta. La presión de precinto de las demás válvulas no excederá en más de un 3 por 100 de la presión de precinto de la primera válvula. El conjunto de ambas válvulas deberá dar salida a un caudal de vapor equivalente a la potencia térmica del aparato a la presión efectiva máxima de servicio, y sin que la presión de la caldera sobrepase en más de un 10 por 100 la presión de precinto correspondiente a la válvula precintada a menor presión.

Las calderas de agua sobrecalentada de categoría C podrán llevar una sola válvula de seguridad de alivio, que deberá estar precintada a la presión de diseño como máximo.

Las válvulas cumplirán las disposiciones constructivas y de calidad recogidas en la norma UNE-9-100.

La sección de las tuberías de descarga será lo suficientemente amplia para que no se produzca sobrepresión superior a la prevista sobre las válvulas cuando éstas descarguen. Cada tubería de salida se conectará a una botella, donde se separarán el agua y el vapor de revaporización. La tubería superior de esta botella, que será conducida al exterior, tendrá el mismo diámetro, como mínimo, que la de conexión de la válvula a la botella, mientras que la tubería inferior tendrá las dimensiones adecuadas para evacuar el agua no revaporizada.

Cuando dos o más calderas trabajen en paralelo, su instalación se realizará de forma que asegure la imposibilidad de formación de vacío y de sobrepresión en las calderas.

2. Válvulas en el circuito principal.

Cuando dos o más calderas trabajen en paralelo será necesario instalar, en cada una de ellas, válvulas de interrupción en el circuito principal de agua para incomunicar la caldera con la instalación en el caso de avería o limpieza.

3. Sistema de Presurización y Expansión

1. Presurización independiente.

Si se utiliza un sistema de presurización independiente para obtener la presión de servicio en la instalación, la caldera deberá estar unida a un depósito de expansión, de capacidad suficiente para admitir, al menos, toda la dilatación de agua en la instalación y equipado con los indicadores de nivel, instalados en las condiciones ya establecidas en el apartado 4 del artículo 15, con indicación de nivel mínimo. El diámetro de la tubería de unión entre la caldera y el depósito de expansión será, como mínimo, de 25 mm y se calculará (en función del volumen total de agua de la instalación, potencia térmica, salto térmico, temperatura máxima de servicio, etc.) de forma que permita el flujo del agua desde el depósito de expansión a la caldera, o viceversa, en las condiciones más desfavorables de la operación, es decir, cuando el agua se dilata al calentarse o se contrae al enfriarse. A tal fin, se justificará que dicha tubería de unión se ha dimensionado de tal forma que la velocidad del flujo en su interior no sobrepasa 1 m/s. En caso de no presentar dicho cálculo justificativo se adoptará el diámetro que resulte de aplicar la fórmula siguiente:

$$D = 15 + 1,5 (Q/1.000)^{1/2} \text{ milímetros,}$$

donde Q = potencia térmica de la caldera en Kcal/h.

2. Presurización dependiente de la temperatura máxima de servicio.

Si como sistema presurizador se emplea el propio vapor producido por evaporación del agua, a la temperatura máxima de servicio, la unión entre la caldera y el depósito de expansión se realizará mediante tuberías, dos como mínimo, de subida y bajada. Tanto el depósito de expansión como las tuberías de unión con la caldera serán de características y dimensiones análogas a las que resulten de aplicar la fórmula dada en el apartado 3.a de este mismo artículo.

3. Cuando dos o más calderas trabajen en paralelo y dispongan de un depósito de expansión común a todas ellas podrán admitirse válvulas de seccionamiento entre cada caldera y el depósito, siempre que incorporen un dispositivo adecuado para impedir el funcionamiento del sistema de aportación calorífica cuando la válvula en cuestión esté cerrada.

4. Todos los depósitos de expansión cerrados a la atmósfera dispondrán de la correspondiente válvula de aireación y de sistema rompedor de vacío.

4.- Alimentación de agua.-

La alimentación de agua estará asegurada de acuerdo con las indicaciones correspondientes dadas en los apartados 2 y 5 del artículo 15, y su caudal será siempre suficiente para la reposición de agua necesaria. La alimentación de agua se llevará siempre al depósito de expansión.

Artículo 17. Prescripciones de seguridad para economizadores, precalentadores de agua.-

Todos los economizadores, precalentadores de agua, llevarán al menos dos válvulas de seguridad de alivio cuando exista una válvula de seccionamiento entre el economizador y la caldera. Dichas válvulas cumplirán las especificaciones indicadas en el apartado 1 del artículo 16.

Artículo 18. Prescripciones de seguridad para calderas de agua caliente.

1. Hidrómetro.-La instalación de toda caldera de agua caliente en comunicación libre y segura con la atmósfera dispondrá de un indicador de altura de nivel de agua (hidrómetro) graduado en metros, visible desde el puesto de trabajo del conductor de la caldera y que dé a conocer en todo instante la presión estática de la instalación (nivel de llenado). El nivel de llenado correcto vendrá señalado en el hidrómetro.

Este hidrómetro reemplaza en las calderas de agua caliente al manómetro indicado en el artículo 11.

2. Vaso de expansión.-Toda caldera de agua caliente deberá estar unida por tuberías de seguridad de subida y bajada a un vaso de expansión, que estará calculado para admitir, por lo menos, toda la dilatación del agua de la instalación. También se considerará como vaso de expansión el que esté cerrado y equipado con un tubo de seguridad.

En instalaciones de agua caliente en circuito cerrado, el vaso de expansión estará construido para una presión de trabajo mínimo de 3 kg./cm². Si el vaso es de membrana, ésta ha de ser de un material apropiado y resistente a las temperaturas previstas.

En instalaciones abiertas a la atmósfera, el vaso de expansión se dispondrá en el punto más alto de la instalación y, a ser posible, verticalmente sobre la caldera. Deberá estar provisto de una tubería de purga de aire y de rebosadero, ambas sin cierre, y el diámetro interior de la misma corresponderá como mínimo al diámetro interior de la tubería de seguridad de subida.

El vaso de expansión y las tuberías de subida, bajada, purga de aire y rebosadero estarán protegidos para impedir la congelación en caso de heladas.

1. Dimensionado de las tuberías de seguridad.-La tubería de subida arrancará de la parte superior de la caldera y desembocará en el vaso de expansión. El diámetro interior será como mínimo de 25 milímetros y vendrá dado por la expresión siguiente:

$$d_s = 15 + 1,5 (Q/1.000)^{1/2}, \text{ en milímetros, siendo Q la potencia térmica de la caldera, expresada en Kcal/hora.}$$

La tubería de bajada unirá la parte inferior del vaso de expansión con la caldera y su diámetro interior será como mínimo de 25 milímetros, y vendrá dado por la expresión siguiente:

$$d_b = 15 + (Q/1.000)^{1/2}, \text{ en milímetros, siendo Q la potencia térmica de la caldera, expresada en Kcal/hora.}$$

Los valores prácticos a adoptar para el diámetro interior de las tuberías de seguridad en función de la potencia térmica de la caldera se recogen en la tabla siguiente:

Diámetro interior	Tubería de seguridad de subida	Tubería de seguridad de bajada
	Potencia térmica de la caldera	
mm.	Q (Kcal/h)	

	De 200.000 hasta 280.000	De 200.000 hasta 290.000
32	Más de 280.000 hasta 550.000	Más de 290.000 hasta 630.000
40	Más de 550.000 hasta 1.400.000	Más de 630.000 hasta 1.240.000
50		
65	Más de 1.400.000 hasta 1.900.000	Más de 1.240.000 hasta 3.150.000
80		Más de 3.150.000 hasta 4.280.000
100	Más de 1.900.000 hasta 3.200.000	Más de 4.280.000 hasta 7.200.000
125		
150	Más de 3.200.000 hasta 5.400.000	Más de 7.200.000 hasta 12.150.000
	Más de 5.400.000 hasta 8.100.000	Más de 12.150.000 hasta 18.280.000

Cuando el diámetro interior del tubo no coincida con los recogidos en esta tabla, la potencia térmica admisible se determinará mediante las fórmulas antes citadas.

Las tuberías de seguridad de subida y bajada no podrán cerrarse. Las tuberías de seguridad no deberán presentar estrechamientos e irán siempre montadas con inclinación hacia el vaso de expansión, de modo que se garantice la circulación del agua y se impida la acumulación de aire. En el caso de que se monten bombas centrífugas, rotativas de aletas, de chorro, dispositivos de estrangulación o dispositivos análogos, la sección de la tubería no se reducirá a menos de la sección que resulte de aplicar las especificaciones antes citadas sobre diámetros interiores. Las curvas del tubo, medidas respecto al eje del mismo, han de tener un radio mínimo de tres veces el diámetro.

3. Las calderas de agua caliente calentadas indirectamente con vapor hasta 0,5 Kg./cm² o agua hasta 110 °C dispondrán de una tubería de seguridad de 25 milímetros de diámetro interior, como mínimo, que éste en comunicación libre con la atmósfera por el vaso de expansión o con una válvula de seguridad de 25 milímetros de diámetro nominal, como mínimo, que impida que la presión exceda de la total (resultante de las presiones estática y dinámica) de trabajo en más de 1 Kg./cm². Esta válvula de seguridad tendrá una capacidad de descarga equivalente, en caudal de vapor, a la potencia térmica de la caldera a la presión total de trabajo.
4. Las calderas de agua caliente con combustibles líquidos o gaseosos hasta 300.000 Kcal/h, controladas termostáticamente, y con presión estática en el punto más bajo de la caldera no superior a 15 metros de columna de agua, podrán instalarse de la forma siguiente:
 - a. Con vaso de expansión abierto. Bastará entonces únicamente con la tubería de seguridad de subida.
 - b. Con vaso de expansión cerrado. El dimensionado de la tubería de unión a la válvula de seguridad y al vaso de expansión se efectuará según los valores siguientes:

Potencia Calorífica/Q (Kcal/h.)	Tubería de unión a la válvula de seguridad/d (mm.)	Tubería de seguridad al vaso de expansión/d (mm.)
De 200.001 hasta 300.000	40	20

5. Válvulas de seguridad de alivio para instalaciones en circuito cerrado.- Toda caldera de agua caliente instalada en circuito cerrado estará provista de, al menos, una válvula de seguridad de alivio, que cumplirá las prescripciones generales indicadas para válvulas de seguridad de alivio en calderas de agua sobrecalentada (ver apartado 1 del art. 16).

Hasta potencias de 300.000 Kcal/h., y siempre que la presión en la caldera no exceda de 2,5 Kg./cm², se admitirá un aumento máximo del 20 por 100 en dicha presión cuando la válvula evacue toda la potencia del aparato en forma de vapor.

6. Válvulas de separación.-La instalación de válvulas de cierre o separación en las tuberías de subida y bajada de la caldera se efectuará de tal manera que garantice la unión de la caldera al vaso de expansión, incluso con las válvulas cerradas.

7. Válvulas en el circuito de alimentación.-El llenado y rellenado de la caldera y de la instalación se efectuará de tal forma tal que se impida el retorno de agua de la instalación a la red general. Para ello, además de la válvula de paso, se dispondrá adecuadamente de una válvula de retención, o de una manguera flexible que sólo se una a la red durante el rellenado, o bien se vertirá directamente en un vaso de expansión abierto. En todo caso, el llenado se accionará y controlará desde la sala donde esté instalada la caldera.

8. Válvulas en el circuito principal.-Cuando dos o más calderas trabajen en paralelo será necesario instalar en cada una de ellas válvulas de interrupción en el circuito principal de agua para incomunicar la caldera con la instalación en el caso de avería o limpieza.

Artículo 19. Prescripciones de seguridad para las calderas de fluido térmico.

1. Toda caldera con fluido transmisor diferente del agua, cuya presión de vapor a la temperatura más alta de servicio esté por debajo de la presión atmosférica y, además, cuya presión estática (a 20 °C. con la instalación parada) no sobrepase los 5 Kg./cm² en el punto más bajo de la instalación (con el depósito de expansión en comunicación con la atmósfera) y no alcance los 0,5 Kg./cm² en el punto más alto de la instalación, deberá cumplir con lo especificado en la norma UNE 9-310.

Depósito de expansión.-Las instalaciones de transmisión de calor deberán poseer una cámara de expansión.

Para instalaciones de hasta 1.000 litros de capacidad, la cámara de expansión estará dimensionada para absorber 1,5 veces el aumento de volumen que, a la máxima temperatura, experimente la carga total de líquido caloripotante. Para instalaciones de capacidad superior a los 1.000 litros bastará con una cámara de expansión capaz de absorber 1,3 veces el aumento de volumen experimentado por la carga total del líquido caloripotante a la máxima temperatura.

Cuando la cámara de expansión no esté en el propio generador, se instalará un depósito de expansión por encima del punto más elevado de la instalación, pero no se permitirá la instalación de este depósito en la vertical del generador. El depósito de expansión estará provisto de un indicador de nivel con la marca para el nivel mínimo.

- a. Depósito de expansión abierto.-La unión del depósito abierto con la atmósfera se realizará de una forma libre y segura, que impida la formación de sobrepresiones que superen en más de 10 por 100 a la presión máxima permitida. Las tuberías de conexión entre calderas y depósito se ajustarán a lo dispuesto en la norma UNE 9-310.
- b. Depósito de expansión cerrado.-La sobrepresión en la cámara de expansión no será superior a 0,5 Kg./cm². Para ello se instalará un sistema de seguridad que proteja a la instalación contra una sobrecarga debida a la instalación de gas inerte, a la potencia total de carga de la bomba o a otros estados de servicio que pudieran provocarla.

Cuando se utilice una válvula de seguridad, ésta cumplirá las disposiciones constructivas y de calidad recogidas en el apartado 1 del art. 15. Igualmente se instalará un sistema rompedor de vacío.

- Tuberías de expansión.-En instalaciones en las que el dispositivo de seguridad contra sobrepresiones vaya incorporado en el depósito de expansión, las tuberías de expansión que conducen al mismo deberán estar desprovistas de estrechamientos y de cualquier elemento de cierre.
- Depósito colector.-Toda instalación de fluido térmico dispondrá de un depósito colector situado en el punto más bajo de la misma y capaz de recibir la cantidad total de líquido de la instalación. Este colector dispondrá de un dispositivo de ventilación y otro de vaciado, de acuerdo con la norma UNE 9-310. Si el depósito colector está unido con el depósito de expansión mediante una tubería de rebose, las dimensiones de ésta cumplirán con la norma UNE 9-310.
- Equipo de bombeo.-Los generadores de calor en circulación forzada en los que pueda manifestarse una temperatura inadmisibles por fallo de la bomba dispondrán de dos bombas, una de ellas de reserva, accionadas por motores diferentes. No obstante, se admitirá la incorporación de una sola bomba siempre que haya un dispositivo adecuado para asegurar que un fallo de la misma no puede producir una elevación de temperatura inadmisibles en el líquido caloripotante. Cuando la bomba trabaje con refrigeración deberá comprobarse que al fallar la refrigeración se pone en marcha la alarma acústica.

- Válvulas en el circuito principal.-Cuando dos o más calderas trabajen en paralelo será necesario instalar, en cada una de ellas, válvulas de interrupción en el circuito principal para incomunicar la caldera con la instalación en el caso de avería o limpieza.
- Equipo consumidor.-El equipo consumidor térmico deberá estar construido de modo que en el líquido caloriportante pueda penetrar en el producto calentado, ni a la inversa, el producto en el líquido portador de calor.

Cuando pueda manifestarse una presión más elevada en el lado del producto que en el lado del portador térmico se tomarán las medidas de seguridad adecuadas para evitar, en cualquier caso, que el producto calentado pueda introducirse en la instalación del fluido térmico.

- Protección ecológica.-En el caso de que puedan producirse escapes de productos de descomposición del aceite del fluido térmico, cuya inhalación resulte nociva para la salud de las personas presentes en las zonas que pudieran ser afectadas, en especial en locales cerrados, deberá disponerse y utilizarse un equipo protector respiratorio. Queda prohibida la evacuación de líquidos caloriportantes a cualquier vía de agua o zonas de posible utilización pública: desagües municipales, ríos, canales, playas, etc.
 - Protección contra incendios.-Será de aplicación lo indicado en la norma UNE 9-310.
2. Calderas que trabajen en fase líquida con fluido transmisor diferente del agua y cuya presión de vapor a la temperatura más alta de servicio sea superior a la presión atmosférica.

Estas calderas cumplirán los preceptos del apartado 1 del presente artículo que les sean de aplicación, así como los preceptos exigidos a las calderas de agua sobrecalentada y que se encuentran recogidos en el artículo 16.

3. Calderas que trabajen en fase líquida y/o vapor con fluido transmisor diferente del agua y cuya presión de vapor a la temperatura más alta de servicio sea superior a la presión atmosférica.

Estas calderas cumplirán los preceptos del apartado 1 del presente artículo que les sean de aplicación, así como los preceptos exigidos a las calderas de vapor y que se recogen en el art. 15.

Artículo 20. Calidad del agua de alimentación.-

Para todas las calderas de vapor y de agua sobrecalentada se considerará imprescindible la adopción de un tratamiento de agua eficiente, según la Norma UNE-9-075, que asegure la calidad de la misma, así como de un régimen adecuado de controles, purgas y extracciones.

Será obligación del usuario mantener el agua de las calderas, como mínimo, dentro de las especificaciones de la Norma UNE citada en el párrafo anterior.

A estos efectos el usuario realizará o hará realizar los análisis pertinentes y, si es necesario, instalará el sistema de depuración que le indique una empresa especializada en el tratamiento de agua.

Artículo 21. Requisitos comunes de seguridad.-

Todas las calderas y recalentadores objeto de esta Instrucción cumplirán los siguientes requisitos:

1. Con el fin de evitar tensiones eléctricas parásitas, trastornos por retornos eléctricos, electricidad estática y otros fenómenos análogos, tanto la caldera como su equipo de combustión y el cuadro de maniobra deberá disponer de conexiones a masa para reducir su potencial a cero.
2. Las calderas y recalentadores que utilicen combustibles líquidos y gaseosos como elemento de aportación calorífica dispondrán de las correspondientes mirillas de materiales y colores adecuados a las condiciones de trabajo para permitir una buena visión de la llama.
3. Todas las calderas automáticas y recalentadores dispondrán de un dispositivo adecuado para evitar que su sistema de aportación calorífica se ponga de nuevo en servicio tras cesar el fallo de corriente eléctrica que interrumpiera, en su caso, dicho servicio. En estos casos será necesaria una acción manual.
4. En ningún caso se adoptará la puesta en servicio de la caldera o el recalentador mediante un sistema de relojería.
5. En ningún caso se superará el aporte calorífico máximo indicado por el fabricante de la caldera o aparato.

Artículo 22.

Normas de seguridad y de funcionamiento para las calderas manuales.

1. Queda totalmente prohibida la instalación y funcionamiento de calderas manuales que utilicen combustibles gaseosos como sistema de aportación calorífica.
2. Las calderas de vapor manuales cuyo sistema de portación calorífica se base en combustibles líquidos, sólidos pulverizados o energía eléctrica dispondrán de un mecanismo que cortará automáticamente la aportación calorífica y que accionará una alarma acústica en cuanto la presión sobrepase el valor correspondiente a la máxima de servicio o cuando el nivel de agua descienda al limite reglamentario, según lo indicado en el art. 15.
3. Las calderas de vapor que utilicen combustibles sólidos cuya alimentación no esté automatizada se considerarán como manuales, y si la introducción del combustible se realiza mediante un dispositivo de mando eléctrico como, por ejemplo, parrilla mecánica, tornillo sinfín, etc., el o los motores de accionamiento deberán pararse o bien proveer algún sistema de interrupción de la aportación de calor, a la vez que se dispara una alarma acústica, cuando se produzcan las condiciones indicadas como anómalas en el párrafo anterior.
4. Las calderas de vapor cuyo sistema de aportación calorífica se base en combustible sólido alimentando manualmente dispondrán de una alarma acústica que se disparará cuando se produzcan las mismas condiciones indicadas en el punto 2.
5. Las calderas de agua caliente, agua sobrecalentada y fluido térmico que utilicen combustibles sólidos cuya alimentación no esté automatizada se considerarán calderas manuales, siendo de aplicación las prescripciones anteriores, sin más que tener en cuenta que para este tipo de calderas las condiciones anómalas son: Temperatura superior a la máxima de servicio, nivel de líquido en el vaso de expansión, y para los de fluido térmico, disminución del caudal por debajo del nominal.
6. Todas las calderas dispondrán además de un sistema de seccionamiento manual de la aportación calorífica, de acuerdo con las siguientes indicaciones:

Sistema de aportación calorífica	Sistema de seccionamiento
-Combustible líquido y sólido pulverizado	Válvula de interrupción.
-Energía eléctrica	Interruptor manual sobre corriente de maniobra del contactor de mando.
-Sólido no pulverizado: a) Introducción por mecanismo b) Introducción manual.	Interruptor manual sobre corriente de maniobra del contactor de mando del motor de mecanismo.
-Intercambio calorífico: a) Calor aportado por gases b) Calor aportado por líquidos	By-Pass de accionamiento manual (ver punto 3.1.1.4 del artículo 23). Válvula de interrupción.

Artículo 23. Normas de seguridad y funcionamiento de calderas automáticas.-

Estas normas indican las condiciones mínimas a que deben responder los equipos de regulación y seguridad de las calderas automáticas destinadas a funcionar con una vigilancia directa o indirecta.

La dispensa de vigilancia directa y continua de la caldera presupone la obligatoriedad de mantener la caldera sin acumulación de lodos y suciedades en los aparatos de regulación y seguridad, así como el buen funcionamiento de los mismos.

1. Calderas bajo vigilancia indirecta.-

Una caldera podrá funcionar con vigilancia indirecta cuando el conductor de la misma tenga su lugar de trabajo en otro local relativamente cercano.

La caldera estará equipada con los dispositivos descritos más adelante, y el conductor de la caldera deberá poder intervenir rápidamente en cualquier momento en que una determinada situación así lo exija.

A intervalos regulares deberá asegurarse directamente de la buena marcha de la caldera. Para ello se montará en el circuito eléctrico de la caldera un dispositivo de paro automático que actúe sobre el sistema de calefacción si, tras un funcionamiento de dos horas, no se ha maniobrado el conmutador colocado en la sala de calderas. Se exceptúan de este requisito las calderas de vaporización instantánea.

La señal acústica, accionada por los dispositivos de seguridad que indica una desaparición de la llama, falta de aire de combustión en las calderas que utilicen combustibles gaseosos, falta de nivel, una sobrepresión o temperatura superior a la máxima de servicio, deberá repetirse en el lugar en que el conductor de la caldera se encuentre habitualmente. Desde este lugar

deberá oírse también el ruido de escape de las válvulas de seguridad. Desde dicho lugar deberá poderse bloquear el sistema de calefacción de la caldera y éste no podrá volver a ponerse en servicio sin que medie previamente una acción manual dentro de la sala de calderas y hasta no haber comprobado la desaparición de la causa que ha perturbado su normal funcionamiento.

La anulación de una cualquiera de las seguridades de la caldera presupondrá pasar de inmediato a un régimen de vigilancia directa; dicha circunstancia se hará constar en el Libro Registro correspondiente.

2. Calderas bajo vigilancia directa.-

Para la vigilancia directa de una caldera se designará, por cada turno de trabajo, una persona competente que permanecerá durante todo el tiempo de funcionamiento de la caldera en la misma sala de calderas o en la sala de control anexa a la misma.

51.3. Funcionamiento y seguridades.

- *Dispositivos de paro del sistema de aportación calorífica.-*

Los sistemas de mando automático podrán ser del tipo eléctrico, electroneumático o electrohidráulico. En caso de falta de energía eléctrica, de presión de aire comprimido, de aceite o de agua, todos estos sistemas deberán retornar a la posición correspondiente al cierre de la aportación calorífica.

La válvula de regulación de la combustión, si existe, no se considerará como válvula de cierre, salvo en circuitos de gases pobres, donde existirá una segunda válvula de corte y otra de ventilación.

Si entre el dispositivo detector de presión y la caldera existe una válvula, ésta dispondrá de un sistema eléctrico de alarma que actúe cuando aquélla no esté en posición abierta.

1. Vigilancia indirecta.

o Combustibles líquidos:

Si cada uno de los quemadores de una caldera está alimentado por una bomba, accionada por un motor eléctrico, deberá disponer cada quemador de dos sistemas de corte independientes que interrumpan inmediatamente la alimentación del combustible en el momento de recibir la señal de cierre.

Los quemadores cuya potencia térmica sea inferior a 500 termias dispondrán, como mínimo, de una electroválvula. Si el quemador es del tipo de variación de caudal por modificación de la presión de retorno, este retorno deberá obturarse mediante una válvula de retención, salvo en los casos en que la propia válvula reguladora de presión de retorno actúe como válvula de retención.

Cuando la presión del combustible en el quemador no esté producida por una electrobomba volumétrica individual, sino, por ejemplo, por gravedad, por nodriza bajo presión de gas, por bomba de vapor, por bomba común a varios quemadores o cualquier otro sistema, el quemador dispondrá de dos sistemas de corte independientes situados en serie en la tubería de alimentación.

En el caso de existir bomba común a varios quemadores, se colocará en cada uno de estos una electro-válvula y, además, otra en la tubería de alimentación común. En caso de fallo de llama en uno de los quemadores se cerrará, al menos, la válvula correspondiente a dicho quemador.

En todos los casos el quemador dispondrá de una válvula de interrupción manual en la llegada de combustible.

o *Combustibles gaseosos.-*

La interrupción de la alimentación de gas al quemador deberá realizarse siempre por medio de dos válvulas automáticas situadas en serie. Cuando la alimentación de gas al quemador quede interrumpida, el tramo de tubería comprendido entre estas dos válvulas deberá descargar al aire libre mediante una tercera válvula de mando automático situada en derivación entre las dos primeras. Cuando las dos primeras válvulas estén cerradas, la válvula en derivación estará abierta, y a la inversa, si aquéllas están abiertas, la de derivación estará cerrada. El escape de esta válvula en derivación deberá evacuar al aire libre fuera del edificio, a una altura suficiente, y se establecerá de tal forma que el gas expulsado no pueda penetrar en otros edificios. Además estará provisto de cortafuegos.

Cuando varios quemadores estén montados sobre una misma cámara de combustión se podrá colocar una válvula automática sobre cada quemador y una válvula automática sobre la tubería común para la alimentación de gas. La válvula de ventilación se colocará en derivación a la salida de la válvula automática común, abriéndose cuando la válvula común este cerrada y a la inversa. Por otra parte, cada quemador dispondrá adicionalmente de una válvula de interrupción manual de cierre rápido.

o *Calentamiento por energía eléctrica.-*

El sistema de aportación calorífica de una caldera por energía eléctrica deberá estar provisto de un sistema de seccionamiento automático mediante el correspondiente contactor de mando que interrumpa inmediatamente la llegada de energía eléctrica al elemento calefactor cuando reciba la señal de cierre.

○ *Calentamiento por recuperación de calor de gases:*

El circuito de llegada de los gases calientes dispondrá de un dispositivo de mando automático del sistema de desviación de los gases al "By-Pass" de la caldera, que será accionado al recibir la señal correspondiente.

Alternativamente se aceptará la no instalación de válvulas de "By-Pass" si se realiza un posterior enfriamiento del fluido caloriportante, siempre que la temperatura que pueda alcanzar el material con la máxima aportación calorífica prevista sea inferior a la temperatura de diseño.

○ *Calentamiento por líquidos*

El circuito de llegada de líquido calefactor dispondrá de una válvula automática que interrumpirá la llegada del líquido en el momento de recibir la señal de cierre.

○ *Calentamiento por combustible pulverizado.-*

A la entrada del combustible al quemador se colocará una válvula de cierre manual. En el conducto que transporte el combustible pulverizado a cada quemador se colocarán dos válvulas de cierre automático. Estas válvulas deberán cerrarse cuando los detectores de llama indiquen condiciones anómalas, como por ejemplo; combustible húmedo, mala distribución en la caja de aire, fallo del aire de combustión, desaparición de la llama, etcétera.

○ *Calentamiento por combustible sólido no pulverizado:*

El sistema automático de alimentación de combustible al generador y el ventilador de aportación de aire deberán quedar interrumpidos por actuación de los mecanismos de regulación y seguridad.

2. Vigilancia directa.

1. Combustibles líquidos.- Cada quemador dispondrá de una válvula automática que interrumpirá la alimentación de combustible inmediatamente de recibir la señal de cierre y, además, de una válvula de cierre manual.

Si el quemador es del tipo de variación de caudal por variación de la presión de retorno, el conducto de retorno dispondrá de una válvula de retención, salvo en los casos en que la propia válvula reguladora de presión de retorno actúe como de retención.

2. Combustibles gaseosos, energía eléctrica y calentamiento por gases o líquidos.-En estos casos serán de aplicación las indicaciones respectivas indicadas para calderas de vigilancia indirecta.
3. Combustibles pulverizados.-A la entrada del combustible al quemador deberá ir colocada una válvula de cierre manual. En el conducto que transporta el combustible pulverizado a cada quemador se colocará una válvula de cierre automático. Estas válvulas deberán cerrarse cuando los detectores de llama indiquen condiciones anómalas, como por ejemplo: combustible húmedo, mala distribución en la caja del aire, fallo del aire de combustión, desaparición de la llama, etc.

○ *Dispositivos de regulación del sistema de aportación calorífica.*

1. Combustibles líquidos, gaseosos o sólidos pulverizados.-El encendido de cada quemador deberá efectuarse a su caudal mínimo.

El reglaje de los quemadores estará en función de la potencia de los mismos:

- Para potencias de hasta 860.000 Kcal/h. por quemador podrán utilizarse quemadores con reglaje todo/nada.
- Para potencias superiores a 860.000 Kcal/h. se emplearán quemadores con los reglajes siguientes:
 - a. Todo/poco/nada: dos marchas.
 - b. Progresivos: modulante, deslizante o por escalas.

La regulación a dos marchas, deslizante o por escalas, no podrá emplearse para potencias superiores a $3 * 10^6$ Kcal/h., debiendo realizarse entonces el paso de una marcha a otra mediante un dispositivo que estará en función del valor de la presión del vapor o de la temperatura del líquido.

Para potencias superiores a $3 * 10^6$ Kcal/h. se utilizarán quemadores con regulación progresiva modulante.

En el caso de regulación modulante, se instalará un dispositivo que mida permanentemente la diferencia entre la presión o temperatura normal de servicio y su valor instantáneo, y que actúe sobre el caudal de combustible y aire, proporcionando el aporte calorífico que precisa la caldera según necesidades de la demanda.

Cuando la caldera alcance la presión máxima o la temperatura máxima de servicio, un dispositivo adecuado actuará sobre el sistema de la calefacción de la caldera parándolo y volviéndolo a poner en marcha una vez que dichos valores máximos hayan disminuido en 0,5 kilogramos por centímetro cuadrado o 5 °C como mínimo, respectivamente. Para presiones de servicio inferior a seis kilogramos por centímetros cuadrados podrá adoptarse un valor menor.

Calentamiento por energía eléctrica y calentamiento por gases o líquidos.-El reglaje de la aportación calorífica, si existe, se realizará mediante un dispositivo que actuará en función de la presión del vapor o de la temperatura del líquido calentado. Cuando la caldera alcance la presión o la temperatura máximas de servicio, el dispositivo adecuado actuará sobre el sistema de aportación calorífica de la caldera interrumpiéndolo y volviéndolo a poner en servicio una vez que dichos valores hayan disminuido, como mínimo, en 0,5 kilogramos por centímetro cuadrado o 5 °C, respectivamente. Para presiones de servicio inferiores a seis kilogramos por centímetro cuadrado podrá adoptarse un valor menor.

2. Seguridad de presión máxima del vapor o de temperatura máxima del líquido.

Para las calderas que funcionen con vigilancia indirecta se preverá, independientemente de lo indicado en 3.2, otro dispositivo que bloquee inmediatamente la aportación calorífica de la caldera en los casos siguientes:

- a. Cuando la presión del vapor alcance un valor que en cualquier caso será inferior a la presión del tarado de la primera válvula de seguridad, en calderas de vapor o de agua sobrecalentada.
 - b. Cuando la temperatura del líquido alcance un valor superior en un 5 por 100 a la temperatura máxima de trabajo, en calderas de agua caliente o de fluido térmico.
3. Seguridad concerniente a la evacuación de humos.-

Cuando exista un sistema de obturación del circuito de humos será imprescindible la presencia de un dispositivo que impida la combustión si dicho sistema de obturación no está en posición abierta.

4. Seguridad de llama.-

En el caso de aportación calorífica por medio de los combustibles líquidos y gaseosos, o sólidos pulverizados, cada quemador estará provisto de un dispositivo de detección de llama. Si la llama desaparece durante el período normal de funcionamiento, dicho dispositivo provocará el cierre de los órganos de mando automáticos de alimentación de combustible al quemador.

Además de la acción citada, se conectará la alarma acústica.

El tiempo de respuesta entre el momento en que la llama desaparece y el momento en que la alimentación de combustible es interrumpida deberá ser como máximo el que corresponda según la tabla adjunta:

Potencia calorífica	Tiempo de respuesta en segundos/Combustibles líquidos y sólidos pulverizados	Tiempo de respuesta en segundos/Combustibles gaseosos
P ≤ 80.000 Kcal/h	10	3
80.000 < P ≤ 300.000 Kcal/h	10	1
P > 300.000 Kcal/h	1	1

En todas las calderas que utilicen combustibles gaseosos, líquidos o sólidos pulverizados el ventilador del quemador sólo asegurará el post-barrido para potencias superiores a $3 \cdot 10^6$ Kcal/h.

La duración y el caudal de aire de barrido, para evacuar los productos de la combustión vendrán fijados por el fabricante de la caldera.

Después de una extinción anormal de la llama se prohíbe totalmente el reencendido automático, incluso en las calderas automáticas. Una vez subsanada la anomalía, se procederá al reencendido mediante una acción manual.

5. Seguridad de aire de combustión para combustibles gaseosos.-

Cuando la alimentación de aire de los quemadores se efectúe por uno o varios ventiladores, existirá un dispositivo de seguridad sobre cada ventilador que impida la combustión en ausencia de caudal de aire. Dicho

dispositivo podrá detectar el caudal o la presión de aire. El funcionamiento de esta seguridad bloqueará la llegada del combustible gaseoso y requerirá una acción manual para su nueva puesta en funcionamiento una vez subsanada la causa de la anomalía.

5. Seguridad de encendido para quemadores con encendido automático.-

El programa de encendido de toda caldera comprenderá una serie de operaciones ordenadas de la forma siguiente:

- A. En el momento de la señal de puesta en marcha deberá producirse un barrido con el fin de evacuar la totalidad de los gases que hayan podido quedar en el circuito de humos. El barrido se producirá con el dispositivo de reglaje de aire abierto en la posición de caudal suficiente.

El tiempo de barrido vendrá dado por el fabricante, y estará calculado para introducir en la caldera un volumen de aire de, al menos, dos veces el volumen del circuito de humos para el caso de utilización de combustibles sólidos o líquidos, y de cuatro veces dicho volumen para el caso de combustibles gaseosos.

- B. Después del barrido entrará en función el sistema de encendido, y una fuente de calor de pequeña potencia calorífica provocará el encendido del combustible principal.
- C. Las válvulas automáticas del combustible principal no podrán abrirse hasta que el sistema de encendido produzca su fuente de calor. En la operación de encendido de cada quemador, el dispositivo de seguridad de la llama interrumpirá la alimentación de combustible cuando la llama principal no se haya establecido en los tiempos máximos indicados seguidamente:

Potencia calorífica	Tiempo de seguridad máximo/Segundos
-Combustibles líquidos P <= 300.000 Kcal/h P > 300.000 Kcal/h	10 5
Combustibles gaseosos (quemadores sin ventilador) P <= 300.000 Kcal/h P > 300.000 Kcal/h	30 15
Combustibles gaseosos (quemadores con ventilador) P <= 40.000 Kcal/h 40.000 Kcal/h < P <= 80.000 Kcal/h 80.000 Kcal/h < P <= 2.000.000 Kcal/h P > 2.000.000 Kcal/h	5 3 2 3

- D. No se permitirá ninguna tentativa automática de reencendido después de un fallo de encendido. Para poder realizar un reencendido se procederá a subsanar la causa de la anomalía y se empezará de nuevo el ciclo de encendido con el prebarrido.
- E. Cuando el sistema de encendido utilice una fuente de calor mediante una llama auxiliar, el dispositivo de seguridad de la llama deberá cortar también la alimentación de combustible a esta llama auxiliar si su desaparición anormal se prolonga más de diez segundos como máximo.
- F. Después del encendido del quemador principal, el sistema de encendido podrá quedar fuera de servicio.
- G. En el caso de varios quemadores de encendido no simultáneo y montados en una misma cámara de combustión, las condiciones indicadas se referirán únicamente al que está programado que encienda en primer lugar. Sin embargo, el resto de los quemadores cumplirán únicamente al que está programado que encienda en primer lugar. Sin embargo, el resto de los quemadores cumplirán igualmente todas las condiciones con excepción de la de barrido.

51.3.1. Seguridad relativa a los combustibles.

1. Combustibles líquidos.-Cuando el combustible deba alcanzar una cierta temperatura para que su combustión sea perfecta, será necesario instalar un dispositivo que impida el funcionamiento del quemador en tanto no se alcance dicha temperatura. Si, eventualmente, se utiliza un combustible que no deba ser calentado, podrá ponerse fuera de servicio el dispositivo indicado y, en tal caso, habrá un testigo luminoso en el pupitre de mando indicando dicha circunstancia.

Los quemadores de potencia superior a 3.000 termias dispondrán de un dispositivo para impedir el funcionamiento del quemador cuando no se alcance la presión mínima establecida para el combustible.

2. Combustibles gaseosos.-Cuando la alimentación de gas al quemador se realice a través de un reductor o elevador de presión, será necesario instalar una válvula de sobrepresión de gas a la salida del mismo. El escape de esta válvula de sobrepresión de gas se realizará al aire libre, a una altura suficiente y de manera tal que el gas expulsado no pueda penetrar en los locales vecinos.

Adicionalmente, existirá un mecanismo que impida el funcionamiento del quemador cuando la presión de gas no esté comprendida dentro de los límites prescritos por el fabricante.

El funcionamiento de las seguridades relativas a los combustibles presupone una acción manual de desbloqueo una vez comprobadas y solucionadas las causas de estas averías.

Seguridades por bajo nivel en calderas de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente.

Vigilancia indirecta.

1. Calderas con nivel de agua definido.-Toda caldera de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente, que posea un nivel de agua definido, deberá estar provista de dos dispositivos independientes que provoquen el paro del sistema de aportación calorífica inmediatamente antes de que el nivel de agua llegue al mínimo establecido en el apartado 4 del art. 15. Uno de los dispositivos estará desfasado con relación al otro, a fin de que el segundo actúe como seguridad del primero. Cada uno de los dispositivos estará constituido por un emisor de señal accionado por medio de flotador, termostato de marcha en seco o electrodo, y por un mecanismo que, bajo este impulso, interrumpa la aportación calorífica. Estos componentes del sistema de seguridad deberán ser independientes y actuarán además sobre la señal acústica.

Los dispositivos de seguridad indicados deberán ser independientes de todos los que aseguren la conducción automática de la caldera, y su papel se reducirá a interrumpir la aportación de calor y advertir de la posición del nivel. No obstante, las calderas que, para la detección del nivel, utilicen un flotador o un sistema de electrodos como primera seguridad de falta de agua, podrán emplear dicho flotador o sistema de electrodos para el mando automático del sistema de alimentación de agua. la eficacia de estos dos sistema de seguridad se podrá verificar de una forma efectiva, provocando su funcionamiento por una bajada voluntaria del nivel de agua de la caldera hasta el límite inferior de cada automatismo.

La colocación de estos automatismos seguirá alguno de los siguientes sistemas:

- a. Cámaras independientes para cada dispositivo, directamente unidas a las calderas mediante tubos lo más cortos y rectos posible, de 25 milímetros de diámetro.
- b. Cámaras independientes para cada dispositivo, conectadas mediante tubos de 25 mm. de diámetro a una cámara intermedia común de 100 mm. de diámetro inferior mínimo y cuyas conexiones con la caldera tendrán unas secciones mínimas de 50 cm² para el líquido y de 10 cm² para el vapor.
- c. Cámara común de diámetro interior mínimo de 125 mm., en donde pueden estar alojados los dispositivos de control de nivel para mando del sistema automático de alimentación de agua y primera seguridad de falta de nivel y

con conexiones a la caldera, como mínimo, de 50 cm² de sección para el líquido y de 10 cm² de sección para el vapor. La segunda seguridad deberá estar instalada independientemente de esta cámara o conectada a la misma mediante tubos de 25 mm. de diámetro interior mínimo.

- d. Alojamiento de los dos sistemas de seguridad en el interior de la caldera. En el caso de flotadores y electrodos se dispondrán los correspondientes rompeolas, a fin de evitar los movimientos del plano de agua en la zona del mecanismo detector.

Entre los mecanismos de control de nivel y la caldera sólo se permitirán válvulas intermedias cuando éstas incorporen dispositivos de seguridad que impidan la aportación calorífica en caso de que alguna de ellas no esté completamente abierta. Además, el paso de estas válvulas no será inferior a 25 mm de diámetro. Excepcionalmente, se permitirá que controle el nivel un solo dispositivo de seguridad durante los períodos de purga de la cámara del flotador del otro dispositivo de seguridad.

Además, el paso de estas válvulas no será inferior a 25 mm. de diámetro.

La cámara común dispondrá necesariamente de válvulas de purga en su parte inferior, con el fin de eliminar los lodos que pudieran acumularse.

Igualmente, las cámaras en que van alojados los detectores de nivel dispondrán también de válvulas de purga en su parte inferior. Dichas válvulas serán de 20 mm. de diámetro, como mínimo, para las cámaras comunes y de 13 mm. de diámetro, como mínimo, para las cámaras de alojamiento de los detectores de nivel.

La acción de estas seguridades deberá ser imperativa, de tal forma que aunque el nivel retorne a su posición normal, la calefacción continuará bloqueada y seguirá funcionando la alarma acústica, necesitándose una acción manual del conductor de la caldera para su nueva puesta en servicio, tras constatar la causa de tal anomalía.

- e. El cableado eléctrico de los dispositivos automáticos de seguridad al pupitre se efectuará por medio de dos conductores unifilares, adecuados para altas temperaturas y protegidos bajo tubo de acero.

Los dispositivos de seguridad de nivel mínimo cortarán obligatoriamente los polos de los órganos de corte automático del sistema de calefacción; eventualmente podrán hacerlo a través de relés.

Cuando se utilicen electrodos de nivel como dispositivos de seguridad de nivel mínimo se dispondrán dos electrodos de tal forma que la corriente eléctrica cierre el circuito vía el segundo y no vía la masa metálica de la caldera, y la tensión máxima entre fases no excederá de 24 V.

2. Calderas inundadas. Estas calderas dispondrán de un control de nivel mínimo situado en el depósito de expansión, que actuará sobre la aportación de calor y que conectará una alarma acústica cuando el nivel de agua baje accidentalmente a causa de una fuga o de una falsa maniobra.

Las prescripciones del apartado anterior relativas al funcionamiento del mecanismo de control, bloqueo de la aportación calorífica y cableado serán también aplicables en este apartado.

3. Calderas sin nivel de agua definido. En este tipo de calderas la seguridad por falta de agua funcionará por medio de dos dispositivos independientes y en serie que provoquen el paro de la aportación calorífica cuando la temperatura del vapor sobrepase su valor normal. No obstante, se admitirá la sustitución de uno de estos dispositivos por otro que controle el valor de la temperatura de una pared normalmente bañada por el agua. La acción de dichos dispositivos pondrá en funcionamiento la señal acústica, manteniéndose las condiciones de bloqueo o cableado, según el apartado.
4. El valor de la temperatura máxima vendrá dado por el fabricante, con la seguridad de que aun alcanzándose dicho valor no se producirán deformaciones permanentes, ni cualquiera otra anomalía.

Vigilancia directa.

1. Calderas con nivel de agua definido. Cada caldera de este tipo deberá estar provista de un dispositivo que provoque el paro del sistema de calefacción inmediatamente antes de que el nivel de agua llegue al mínimo establecido en el apartado 4 del art. 15. Adicionalmente, dicho dispositivo conectará la alarma acústica.

Las calderas alimentadas con combustibles sólidos no pulverizados de granulometría o dimensión máxima, superior a 25 mm, dispondrán de un sistema automático que accione el segundo grupo de alimentación de agua, cuando por cualquier circunstancia exista un fallo de alimentación del primer grupo.

2. Calderas inundadas. Estas calderas dispondrán de un control de nivel mínimo con idénticas funciones a las descritas.
3. Calderas sin nivel de agua definido. La seguridad por falta de agua se logrará por medio de un mecanismo que provoque el paro del sistema de calefacción de la caldera cuando la temperatura del vapor sobrepase su valor normal. La acción de este dispositivo pondrá en funcionamiento la señal acústica y se mantendrán las condiciones de bloqueo y cableado. No

obstante, este mecanismo podrá ser sustituido por otro que controle el valor de la temperatura de una pared normalmente bañada por el agua.

51.3.2. Seguridad por bajo nivel en calderas de fluido térmico.

El nivel mínimo permitido estará asegurado por un limitador que actúe sobre una alarma acústica y que desconecte además el sistema de aportación de calor.

51.3.3. Seguridad de caudal para calderas de fluido térmico.

En las instalaciones de calderas de fluido térmico de circulación forzada en que una falta de caudal pueda provocar la degradación química del producto caloriportante, se montará un dispositivo que bloquee el sistema de calefacción cuando el caudal de fluido térmico sea nulo o inferior a un valor mínimo que asegure la circulación mínima admisible en la caldera. Como dispositivos seguros se admitirán los siguientes. Un control de caudal en el circuito de fluido, o un presostato diferencial entre las tomas de entrada y salida de la caldera. Independientemente de este dispositivo, el sistema de calefacción de la caldera quedará desconectado para todo paro del grupo de bombeo, impidiéndose la puesta en servicio del sistema de calefacción cuando la bomba no esté en funcionamiento.

En caso de arranque en frío podrá ponerse un circuito de derivación hasta que el líquido caloriportante haya alcanzado la viscosidad correspondiente a las condiciones de servicio previstas y el sistema de calefacción, en el caso de funcionamiento regulable, funcionará a marcha reducida.

Adicionalmente se colocará un limitador de presión que bloquee el sistema de calefacción y haga funcionar una señal acústica cuando la presión en el circuito supere un valor predeterminado.

Artículo 24. Normas de seguridad y funcionamiento para sobrecalentadores y recalentadores de vapor.

1. Seguridad de temperatura.-Todo sobrecalentador y recalentador deberá incorporar un dispositivo de alarma acústica, que se pondrá en funcionamiento cuando la temperatura del vapor sobrepase el valor fijado como límite por el fabricante o por la unidad receptora de vapor.
2. Reglaje de la aportación de calor.-Cuando los sobrecalentadores y recalentadores de vapor dispongan de un sistema de aportación de calor independiente del de la caldera, y sean exteriores a la misma, llevarán

incorporados los correspondientes dispositivos de paro y reglaje del sistema de aportación calorífica, en función de la temperatura del vapor.

3. Sobre el flujo de vapor.-Los sobrecalentadores y recalentadores no recibirán aportación calorífica cuando el flujo de vapor sea inferior al valor previamente establecido por el fabricante.

Artículo 25. Prescripciones relativas a la combustión.-

Se aplicarán las prescripciones establecidas por las disposiciones vigentes.

Capitulo 8 Sobre Operadores y Usuarios de Calderas

Artículo 26. Calificación de los operadores.-

Los operadores encargados de vigilar, supervisar, conducir y mantener cualquier caldera incluida dentro de la presente instrucción, estarán al corriente del funcionamiento de la misma y serán conscientes de los peligros que puede ocasionar una falsa maniobra, así como un mal entrenamiento o una mala conducción. Con dicho objeto se exigirá de los operadores de las calderas en las que $P * V > 50$ (P y V calculados según se indica en el art. 7.º), la posesión de un carné que acredite sus conocimientos y responsabilidad frente al entretenimiento y funcionamiento de la caldera, así como la parte del presente Reglamento que pueda afectarles.

Estos carnés de operador industrial de calderas serán expedidos por las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía correspondientes, previo examen, en el que acrediten los conocimientos antes citados.

Los mencionados operadores de calderas con un $P * V > 50$ dispondrán obligatoriamente de este carné y deberán presentarlo a cualquier Inspector de aquellas Delegaciones que, en una visita a la sala de calderas, así lo requiriese.

Los operadores de calderas con un $P * V > 50$ serán instruidos en la conducción de las mismas por el fabricante, el instalador o por el usuario, si dispone de técnico competente. Este extremo, con el nombre de operador de la caldera, se hará constar en el libro-registro del usuario.

Artículo 27. Obligaciones del fabricante y del usuario.

1. El fabricante de la caldera deberá enviar al usuario de la misma un cuaderno de instrucciones concernientes a:
 - o Funcionamiento de la caldera y sus accesorios.
 - o Funcionamiento del quemador y sus accesorios.
 - o Trabajos de entretenimiento y frecuencia de los mismos.
 - o Instrucciones de operaciones de la caldera, quemador y sus accesorios.

Además facilitará un libro-registro del usuario en el que constarán la identificación y características principales de la caldera. Este libro-registro es independiente del libro-registro previsto en el art. 11 del Reglamento.

El usuario de la caldera cuidará de lo siguiente:

- Que la caldera tenga un tratamiento de agua, norma UNE 9-075, apropiado a sus necesidades.
 - Que el personal encargado de la operación de la caldera sea debidamente instruido de acuerdo con lo indicado en el artículo anterior, y si la caldera es de $P * V > 50$, de que posea el carné correspondiente.
 - Legalizar ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía el libro-registro del usuario de la caldera y anotar en el mismo cuantas operaciones de timbrado, mantenimiento y reparación se efectúen en la caldera, así como el resultado de las revisiones anuales previstas en esta I.T.C.
 - Que se efectúen a su debido tiempo las revisiones y pruebas periódicas previstas en esta I.T.C.
2. En la sala de calderas y a disposición del operador de la caldera, figurará un libro en el que se anotarán diariamente las operaciones efectuadas para el control de las seguridades así como la hora en que tuvieron lugar.
 3. En cada sala de calderas, y fijadas de un modo bien visible, figurarán las principales instrucciones de empleo del conjunto caldera-quemador, con indicación específica del tipo de combustible a emplear.

Igualmente en la sala de calderas, y a disposición del personal encargado de la misma, se encontrará:

- Manual de instrucciones de la caldera.
- Manual de instrucciones del equipo de combustión.
- Manual de instrucciones del tratamiento de agua.
- Instrucciones y condiciones requeridas por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Datos obtenidos en el protocolo de puesta en marcha.
- Prescripciones del Organismo nacional para la contaminación atmosférica.
- Dirección del servicio técnico competente más cercano para la asistencia de la caldera y quemador.
- Dirección del servicio contra incendios más próximo.

Bibliografía:

- Andrés, Juan A. de, Rodríguez-Pomata, *Calor y frío industrial I*. Madrid: UNED.
- Aguilar, Fernando, Montero, Eduardo, Tristán, Cristina, *Apuntes de termodinámica y termotecnia. Combustibles y combustión*. Burgos.
- Colman, Anthon, Laurence, (2000) *Manual de calderas*. Madrid: Mac Graw-Hill.
- *Diseño de calderas*, AENOR.
- (1988) *Guía de combustibles líquidos*. Madrid: CAMPSA.
- www.ingenieroambiental.com.