



TECNO
CAPACITA

CURSO
OPERACIÓN SEGURA DE
CALDERAS Y GENERADORES
DE VAPOR
D.S. 10

MA-015-V0



MANUAL PARTICIPANTE

1

OPERACIÓN SEGURA DE CALDERAS Y GENERADORAS DE VAPOR

El curso **Operación Segura de Calderas y Generadores de Vapor** tiene como propósito fortalecer las competencias técnicas y preventivas de los trabajadores que operan o supervisan equipos que funcionan bajo condiciones de alta presión y temperatura. Considerando los riesgos asociados a su operación, esta capacitación entrega conocimientos fundamentales sobre la generación de vapor, el funcionamiento de calderas y autoclaves, la prevención de riesgos y el cumplimiento del marco normativo vigente.

A través de un enfoque práctico y orientado a la seguridad, el curso busca promover una operación eficiente, segura y conforme al **Decreto Supremo N°10**, contribuyendo a la protección de las personas, las instalaciones y el entorno laboral

Índice

INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS.....	8
CONTENIDOS.....	8
ESTRUCTURA DEL CURSO	9
MATERIALES DE APOYO DIDÁCTICO	10
ENFOQUE METODOLÓGICO	10
1. MÓDULO 1: TEORÍA DE LA GENERACIÓN DEL VAPOR, CONCEPTOS TERMODINÁMICOS FUNDAMENTALES.....	13
1.1. Contenidos Módulo 1	13
1.2. Nociones Generales Sobre El Vapor	13
1.3. Proceso De Vaporización	13
1.4. Factores Que Influyen En El Punto De Ebullición.....	14
1.5. Composición Del Vapor.....	14
1.6. Energía	15
1.7. Tipos De Energía	15
1.8. Calor.....	16
1.9. Tipos De Calor	16
1.10. Formas De Transmisión Del Calor	18
1.11. Temperatura	19
1.12. Equivalencias De Unidades De Temperatura.....	19
1.13. Presión	20
1.14. Tipos De Presión	21
1.15. Equivalencias De Unidades De Presión.....	22
2. MÓDULO 2: GENERADORES DE VAPOR	24
2.1. DEFINICIONES	24
2.2. Historia Y Evolución De Las Calderas	24
2.3. Clasificación De Equipos Según El Ds-10.....	25
2.4. Caldera De Vapor:	26
2.4.1. Cuerpo:	26
2.4.2. Hogar:	27
2.4.3. Chimenea:.....	27
2.4.4. Accesorios (observación, seguridad y control automático)	28

2.4.4.1.	Accesorios de observación:	28
2.4.4.2.	Accesorios de seguridad:	32
2.4.4.3.	Accesorios de Control Automático:	35
2.5.	Clasificación De Calderas	40
2.5.1.	Según Disposición De Fluidos:	40
2.5.2.	Clasificación De Acuerdo A La Presión De Trabajo De La Caldera (Según Ds-10)	41
2.5.3.	Clasificación De Las Calderas De Acuerdo Al Combustible Utilizado:	42
2.5.3.1.	Combustión	43
2.5.3.2.	Control De Una Buena Combustión	44
2.5.3.3.	Sala De Caldera	49
2.5.4.	Operador De Calderas De Vapor	49
2.6.	Caldera De Calefacción Y Fluidos Térmicos:	50
2.6.1.	Accesorios De Observación, Seguridad Y Control Automático.....	50
2.6.2.	Clasificación De Las Calderas:	50
2.6.3.	Revisiones Y Pruebas De Las Calderas	51
2.6.4.	Instalación De Las Calderas De Calefacción Y Fluidos Térmicos (Art 55)	51
2.6.5.	Competencias Del Operador De Caldera De Calefacción Y Fluidos Térmicos	52
3.	MÓDULO 3: AUTOCLAVES	54
3.1.	Definiciones	54
3.2.	Aplicaciones	54
3.2.1.	Industria De La Madera	54
3.2.2.	Industria Del Vidrio.....	55
3.2.3.	Industria Del Neumático Y Artículos De Caucho	55
3.2.4.	Industria De Los Alimentos Y Agroindustria	55
3.2.5.	Hospitales (Esterilización).....	56
3.3.	Descripción De Autoclaves De Uso En Esterilización	56
3.3.1.	Clasificación De Los Autoclaves.....	57
3.4.	Componentes Principales De Un Autoclave	57
3.4.1.	Llave Principal De Vapor.....	57
3.4.2.	Filtro De Entrada De Vapor.....	57
3.4.3.	Válvula De Control Automático (Válvula Reguladora De Presión)	58
3.4.4.	Válvula De Secado	59
3.4.5.	Válvula De Seguridad.....	60

3.4.6.	Válvula De Retención Horizontal De Campana	60
3.4.7.	Manómetros	61
3.4.8.	Termómetro De Carátula.....	61
3.4.9.	Combinación De Manómetro Y Vacuómetro	62
3.4.10.	Termómetro De Columna.....	62
3.4.11.	Trampa De Vapor De Balde O Cubeta	62
3.4.12.	Trampa Termostática De Vapor	62
3.4.13.	Puertas De Esterilizadores.....	63
3.4.14.	Aislamientos Térmicos.....	64
3.4.15.	Control Automático De Presión (Presostatos)	64
3.5.	Red De Suministro De Vapor A Un Autoclave.....	64
3.6.	Problemas Más Frecuentes Y Comunes Que Se Presentan En Autoclaves	65
4.	MÓDULO 4: RED DE DISTRIBUCIÓN	69
5.	MÓDULO 5: EL AGUA, GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	73
5.1.	Impurezas Del Agua	73
5.2.	Dureza Del Agua.....	73
5.2.1.	Dureza Temporal	74
5.2.2.	Dureza Permanente.....	74
5.2.3.	Dureza Total	74
5.2.4.	Clasificación Del Agua Según Su Nivel de Dureza.....	74
5.3.	Problemas Derivados De La Utilización Del Agua En Calderas	75
5.3.1.	Las Incrustaciones.....	75
5.3.2.	La Corrosión.....	76
5.3.3.	La Fragilidad Cáustica Y Fatiga De Corrosión.....	76
5.3.4.	La Formación De Espumas.....	76
5.3.5.	Ebullición Irregular	77
5.4.	Sistemas De Tratamientos De Agua.....	78
5.4.1.	Requisitos Técnicos Del Agua De Alimentación	78
5.4.2.	Tratamientos Físicos.....	78
5.4.3.	Tratamientos Químicos:	79
5.4.3.1.	Reductoras De Dureza O Ablandadoras	79
5.4.3.2.	Inhibidores De Corrosión.....	79
5.4.3.3.	Inhibidores De Fragilidad Cáustica	79

5.4.3.4.	Inhibidores De Adherencias Por Lodos.....	79
5.4.3.5.	Tratamientos Térmicos.....	79
5.4.3.6.	Tratamientos Mixtos	80
5.4.3.7.	Tratamientos Eléctricos.....	80
6.	MÓDULO 6: ESTERILIZACIÓN.....	82
6.1.	Procedimientos De Esterilización	82
6.2.	Tipos De Procedimientos De Esterilización.....	83
6.3.	Métodos De Esterilización	83
6.3.1.	Esterilización Por Efectos Físicos	84
6.3.1.1.	Esterilización Por Flameado	85
6.3.1.2.	Esterilización Con Aire Caliente (Pupinel)	85
6.3.1.3.	Esterilización Por Calor Húmedo	86
6.3.2.	Esterilización Por Filtración	92
6.3.3.	Esterilización Por Radiación.....	92
6.3.4.	Esterilización Por Efecto Químico.....	92
6.3.4.1.	Esterilización Con Gas Óxido De Etileno.....	93
6.3.4.2.	Esterilización Con Formaldehído	100
6.3.4.3.	Esterilización Por Ácido Peracético	101
6.3.4.4.	Esterilización Por Peróxido De Hidrógeno En Estado De Plasma	102
7.	MÓDULO 7: PREVENCIÓN DE RIESGOS	105
7.1.	Concepto De Accidente	105
7.2.	Consecuencias De Los Accidentes	105
7.3.	Causas De Los Accidentes	105
7.4.	Acciones Inseguras.....	106
7.5.	Condiciones Inseguras	107
7.6.	Situaciones De Peligro En Las Calderas Y Generadores De Vapor	108
7.6.1.	Falta De Agua En La Caldera O Generador De Vapor	108
7.6.2.	Exceso De Agua En La Caldera O Generador De Vapor	109
7.6.3.	Fallas De Tubos	109
7.6.4.	Retroceso De La Llama	110
7.6.5.	Vibraciones En La Caldera	111
7.6.6.	Formación De Hollín	111
7.6.7.	Rotura Tubo De Nivel	111

7.6.8.	Aumento Repentino De La Presión	112
7.6.9.	Bajada Rápida De La Presión	112
7.6.10.	Incendios En La Sala De Caldera	112
7.6.11.	Explosiones De Calderas Y Generadores De Vapor	113
7.7.	Química Del Fuego Y Métodos De Extinción	113
7.7.1.	Clases De Fuego.....	114
7.7.2.	Agentes Extintores.....	114
8.	MÓDULO 8: Decreto Supremo N°10	116

INTRODUCCIÓN

En el transcurso del tiempo el vapor ha sido utilizado en la industria por lo conveniente y económico que resulta como fuente de energía motriz y calor, necesario para una gran variedad de procesos industriales, en constante crecimiento y desarrollo. El vapor producido por las centrales térmicas satisface los requerimientos de calefacción, agua caliente y esterilización, entre otros.

Del mismo modo, este crecimiento también motiva una gran preocupación desde el punto de vista de seguridad y por el riesgo de exposición ocupacional del personal que opera estos equipos, de quienes se encuentran trabajando en sus cercanías y del público.

También inquietan las emisiones que resultan de la combustión con que se genera el calor, las que deben controlarse para prevenir los serios impactos ambientales que estos pueden ocasionar.

Por estas razones, se ha preparado este curso sobre “Operación Segura de Calderas y Generadores de Vapor”, orientado a operadores de autoclaves, calderas y generadores de vapor, como también a jefes de aseguramiento de calidad, supervisores, producción, planta, capataces, turno o cualquier otra persona que quiera desarrollarse en esta área.

7

ORIENTACIÓN Y PROPÓSITO DEL CURSO

Este curso está orientado a que los operadores y supervisores de equipos autoclaves, calderas y generadores de vapor y otro personal relacionado con el uso de vapor como fuerza motriz o de transmisión de calor, adquieran competencias en materias de seguridad de riesgos del trabajo en tales operaciones.

OBJETIVOS

Al finalizar el curso se espera que los trabajadores y trabajadoras participantes sean capaz de:

- Conocer los fundamentos del proceso físico de la generación del vapor.
- Asociar los conceptos termodinámicos, como la temperatura, presión con la generación de vapor.
- Conocer la clasificación general de las calderas y cómo han evolucionado los distintos tipos.
- Identificar las partes principales que componen una caldera, sus accesorios y la combustión.
- Identificar los distintos tipos de autoclaves, sus usos, partes principales, sus controles y también el proceso de esterilización con vapor húmedo.
- Conocer la importancia de la red de vapor, sus accesorios y sus componentes durante el proceso de distribución de vapor.
- Identificar los parámetros de calidad del agua que se suministra a las calderas.
- Conocer los distintos tratamientos de agua.
- Importancia de la prevención de riesgos en la operación de las calderas.
- Conocer los Riesgos asociados a la operación de los equipos.
- Conocer la normativa legal vigente DS-10.
- Aplicar en un taller grupal los conocimientos adquiridos en el curso.

8

CONTENIDOS

Los contenidos del curso estarán orientados a entregar conocimiento de los distintos tipos de equipos generadores de vapor, de la operación, del marco legal que los regula, con el fin de prevenir los riesgos laborales y que puedan afectar la seguridad y salud de los trabajadores. Estos se desarrollarán de manera modular, de manera de dar mayor flexibilidad para su realización.

El curso contempla las siguientes unidades temáticas

MÓDULO 1: Teoría de la generación del vapor, conceptos termodinámicos y unidades

MÓDULO 2: Generadores de Vapor

MODULO 3: Autoclaves

MODULO 4: Red de Distribución

MODULO 5: El Agua, Generalidades y conceptos fundamentales

MODULO 6: Esterilización

MODULO 7: Prevención de Riesgos

MODULO 8: Decreto Supremo N°10

MODULO 9: Taller

EVALUACIÓN

ESTRUCTURA DEL CURSO

El curso consta de nueve módulos, más una evaluación final. El material correspondiente a los manuales del Relator y del Trabajador serán entregados en una sola parte.

Cada una de las unidades modulares tendrá una extensión específica, cuyos contenidos se detallan en la tabla a continuación.

MÓDULO	CONTENIDOS
Módulo 1: Teoría de la generación del vapor, conceptos termodinámicos y unidades	Teoría de la generación del vapor - Nociones generales sobre el vapor. - Proceso de vaporización. - Factores que influyen en el punto de ebullición. - Composición del vapor. - Clases de vapor que produce una caldera. Conceptos termodinámicos y Unidades: - Energía. - Tipos de energía. - Calor. - Tipos de calor. - Formas de transmisión del calor. - Temperatura. - Presión
Módulo 2: Generadores de vapor	- Definiciones. - Historia y evolución de las calderas. - Equipos de vapor de agua. - Calderas de calefacción y fluidos térmicos.
Módulo 3: Autoclaves	
Módulo 4: Red de Distribución	- Requerimientos del DS-10 respecto a la red de vapor. - Circuito de vapor. - Ciclo de vapor ideal y real. - Línea de distribución de vapor. - Accesorios del circuito de vapor. - Aislante térmico. - Revisión de la red de vapor.
Módulo 5: El Agua, Generalidades y conceptos fundamentales	- Ciclo del agua. - Tipos de agua y sus características. - Corrosión. - Dureza del agua. - Calidad del agua según DS-10. - Tratamiento del agua. - Equipos ablandadores de agua.
Módulo 6: Esterilización.	
Módulo 7: Prevención de riesgos	- Situaciones de peligro en las calderas y generadores de vapor. - Explosiones de calderas y generadores de vapor. - Química del fuego y métodos de extinción.
Módulo 8: Decreto Supremo N°10.	Aspectos generales del contenido del DS-10.

MATERIALES DE APOYO DIDÁCTICO

El curso cuenta con dos manuales:

a) Manual del participante

Documento que contiene la programación, materias y diagramas, de los cuatro módulos para el desarrollo del curso, acorde con las indicaciones que vaya entregando el relator. Es de uso personal de cada uno de los participantes y constituye un cuaderno de trabajo para la clase o taller.

El relator debiera instruir a los participantes que deben mantenerlo como documento de trabajo y consulta durante todo el desarrollo de todo el curso.

b) Manual del relator

Documento escrito sólo para el uso del relator. Constituye una guía metodológica y de contenidos, para dictar el curso. Incorpora un Pendrive con las presentaciones de cada uno de los módulos.

ENFOQUE METODOLÓGICO

El curso está diseñado bajo un **enfoque de formación por competencias**, tanto en sus contenidos como en su metodología, orientado a que los participantes desarrollen la capacidad de responder de manera eficaz y segura a situaciones reales propias de la operación de calderas y generadores de vapor. Este enfoque integra conocimientos técnicos, habilidades prácticas, actitudes y valores, necesarios para un desempeño competente en contextos laborales exigentes.

La metodología considera una **modalidad flexible y mixta**, que combina el uso de **aula virtual, clases en streaming** y, cuando el programa lo requiera, **actividades presenciales**. El aula virtual permitirá el acceso permanente a contenidos, material de apoyo y evaluaciones, favoreciendo el aprendizaje autónomo y la trazabilidad del proceso formativo. Las clases en streaming estarán orientadas a la exposición de contenidos clave, análisis de casos y resolución de dudas en tiempo real, promoviendo la interacción entre relator y participantes.

Las actividades presenciales se enfocarán en talleres prácticos y ejercicios de aplicación, orientados a la adquisición progresiva de habilidades operativas y preventivas, especialmente en aquellos contenidos que requieren demostración, observación directa o evaluación en contexto real de trabajo.

El relator tendrá un rol clave como facilitador del aprendizaje, asegurando la **integración equilibrada de las tres dimensiones de la competencia**: el *saber* (conocimientos), el *saber hacer* (habilidades) y el *saber ser* (actitudes y valores), adaptando las estrategias metodológicas a las características del grupo. Esta articulación metodológica busca asegurar el logro de los aprendizajes esperados y el máximo nivel de competencias en los participantes.

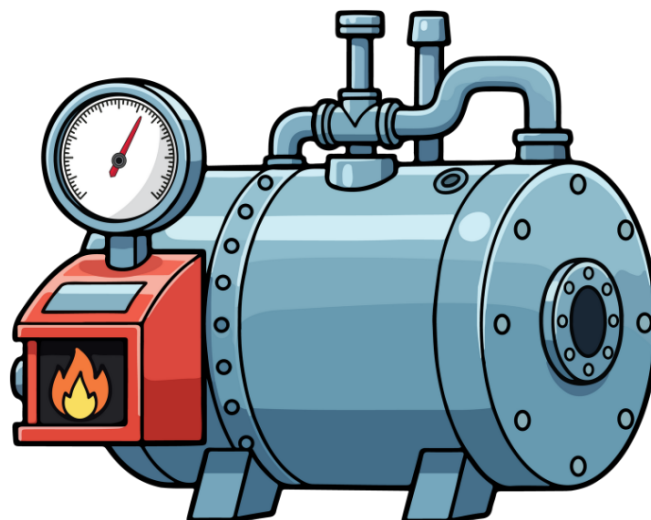
TECNO
CAPACITA



12

MÓDULO 1:

TEORÍA DE LA GENERACIÓN DEL VAPOR, CONCEPTOS TERMODINÁMICOS Y UNIDADES



1. MÓDULO 1: TEORÍA DE LA GENERACIÓN DEL VAPOR, CONCEPTOS TERMODINÁMICOS FUNDAMENTALES.

1.1. Contenidos Módulo 1

Teoría de la generación del vapor	Conceptos termodinámicos y unidades
• Nociones generales sobre el vapor	• Energía
• Proceso de vaporización	• Tipos de energía
• Factores que influyen en el punto de ebullición	• Calor
• Composición del vapor	• Tipos de calor
• Clases de vapor que produce una caldera	• Formas de transmisión del calor
	• Temperatura
	• Presión

1.2. Nociones Generales Sobre El Vapor

Antes de referirnos a los generadores de vapor y autoclaves como comúnmente se les llama, es básico que el operador recuerde los fundamentos del proceso físico de la generación del vapor. El vapor es usado en la industria por lo conveniente y económico para el transporte de energía y calor.

La energía del combustible es traspasada por el proceso de combustión al agua, vaporizándola. El vapor producido es llevado a los puntos de consumo para utilizar, ya sea, su fuerza, su cantidad de calor o temperatura.

1.3. Proceso De Vaporización

Es el paso del agua de la fase líquida a la fase de vapor, se puede efectuar por evaporación y por ebullición.

- **Proceso De Evaporación:** La evaporación es el proceso por el cual un líquido cambia de fase líquida a fase gaseosa en condiciones normales de temperatura ambiente. Es un fenómeno que se desarrolla sólo en la superficie libre del líquido, es más lento que la ebullición, efectuándose a temperaturas más bajas que ésta y sin turbulencia visible de su masa. Toda evaporación produce un enfriamiento del líquido y para que el proceso continúe una vez iniciado, es necesario que siga recibiendo calor para compensar el que ha perdido.

El agua se evapora lentamente en el aire, algunos otros líquidos se evaporan rápidamente, éstos son los llamados volátiles (alcohol, éter, bencina). Otros no se evaporan o lo hacen con mucha dificultad, a estos últimos los llaman fijos (aceites). A mayor temperatura el proceso de evaporación aumenta.

La evaporación tiene mucha aplicación en procesos industriales como es el caso de la concentración de soluciones y para producir bajas temperaturas.

- **Proceso De Ebullición:** Proceso por el cual un líquido pasa a la fase gaseosa por la adición de calor, tiene lugar en toda la masa de manera rápida y turbulenta en forma de burbujas que la agitan. Este fenómeno se efectúa a una determinada temperatura que es característica para cada líquido, y en el caso del agua la ebullición tiene lugar a 100° C de temperatura, siempre que sea a nivel del mar, y en un depósito abierto a la atmósfera.

Cuando el agua entra en el proceso de ebullición, su temperatura se mantendrá constante, y no subirá por ningún motivo al aumentar la fuente de calor.

Sólo se conseguirá una ebullición más violenta y tumultuosa de la masa, pero su temperatura se mantendrá constante.

A medida que se asciende en altura sobre el nivel del mar, el punto de ebullición del agua baja, porque la presión atmosférica disminuye, en estos casos el agua hierve a una temperatura menor de 100° C.

Si en vez de efectuar el calentamiento en un depósito abierto a la atmósfera, lo hacemos en un depósito cerrado donde el vapor producido por el proceso de ebullición no puede escapar al exterior, la temperatura y la presión subirán con la formación de vapor adicional. Mientras más tiempo dure la aplicación de calor, la temperatura y la presión continuarán subiendo, hasta que el agua y el vapor alcancen aproximadamente la temperatura de la fuente de calor (ollas a presión, marmitas, calderas).

14

1.4. Factores Que Influyen En El Punto De Ebullición

- **La Presión:** Si hacemos hervir un mismo líquido en recipiente colocado al interior de una campana de vacío, puede observarse que, al bajar gradualmente la presión, desciende en igual forma el punto de ebullición del líquido. Lo contrario sucede si aumentamos la presión.
- **La Profundidad Del Líquido:** La presión hidrostática se suma a la atmosférica retardando la ebullición, o sea elevando su punto de ebullición.
- **Los Gases Disueltos En El Líquido:** El aire o cualquier otro gas disuelto en el líquido acelera el proceso de ebullición, por lo cual, a mayor cantidad de gas disuelto, más bajo punto de ebullición.
- **Las Sales En Disolución:** Retardan el proceso, por lo cual hacen subir el punto de ebullición. De lo anterior, se desprende que el punto de ebullición de un líquido puro y de poca profundidad, sólo depende de su naturaleza y de la presión que soporta su superficie libre.

1.5. Composición Del Vapor

El vapor está compuesto de los mismos elementos que el agua, o sea hidrógeno y oxígeno. Cuando está seco no tiene olor, ni sabor. Al entrar en contacto con el aire toma un color blanco debido a la formación de gotas de aguas de condensación.

- **Vapor Saturado:** Toda caldera produce vapor saturado, entendiéndose por tal el que se encuentra en contacto con el líquido en evaporación y que se encuentra a la misma temperatura de ebullición. Por otra parte una caldera puede producir vapor saturado seco o vapor saturado húmedo, en el primer caso el vapor producido está exento

completamente de partículas de agua sin vaporizar y en el segundo caso puede llevarlas en suspensión.

La posibilidad que una caldera produzca vapor saturado seco o vapor saturado húmedo, depende del tipo de caldera, del volumen de su cámara de vapor, de la mayor o menor distancia que existe entre el nivel de agua y la salida de vapor, de la velocidad de circulación, presión de trabajo, etc.

El vapor saturado que se usa en instalaciones de calefacción o en procesos industriales en general no requieren de un alto grado de purificación.

Un vapor de 97% de calidad 3% de humedad es adecuado para cualquier uso y es posible obtenerlo con separadores de tipo primario o por gravedad.

- **Vapor Recalentado:** Ninguna caldera produce directamente en su cámara de vapor, vapor recalentado. El recalentamiento es un proceso posterior a que se somete el vapor saturado de la caldera haciéndolo pasar por serpentines de poco diámetro y sometiéndolo a recalentamiento. A través de este proceso se termina de secar el vapor y se le aumenta su temperatura sin aumentar su presión.

El vapor recalentado se usa en algunos procesos industriales y es básico para mover las turbinas en plantas termoeléctricas, ya que la energía calórica se traduce en movimiento mecánico y éste será más efectivo a mayor temperatura del vapor.

Además se logran temperaturas de vapor que no sería posible alcanzar directamente en la cámara de vapor porque sobrepasaría con creces las presiones de diseño de las calderas.

15

TEMA 2: CONCEPTOS TERMODINÁMICOS Y UNIDADES

1.6. Energía

La capacidad para producir un efecto se denomina energía. Los efectos como por ejemplo un ruido tenue, el movimiento de una partícula ligera, la producción de una onda, las actividades cotidianas, etc., requiere de energía.

Una gran parte del tema de la energía térmica trata de la transformación de la energía. Las unidades de medición de la energía mas corrientemente usadas son: calorías (cal), Kilocalorías (Kcal) (1Kcal = 1000 calorías) y la Unidad Térmica Británica (BTU).

1.7. Tipos De Energía

- **Energía Cinética:** Corresponde a la energía que posee una masa debido a su velocidad.
- **Energía Potencial:** Es la energía que posee una masa cuando se halla sometida a la acción de un campo gravitatorio. En otras palabras, esta energía está asociada a la altura.
- **Energía Interna:** Es la energía que posee un cuerpo debido a su actividad molecular. Cuanto más elevada la temperatura, más grande es la actividad molecular y más grande es a su vez la energía interna. La energía interna se expresa en kilocalorías por unidad de masa (Kcal/Kg).

1.8. Calor

La energía que fluye en virtud de una diferencia de temperatura se denomina calor. Corresponde a la manifestación del movimiento de las moléculas de los cuerpos, mientras más rápido se muevan las moléculas de un cuerpo, más caliente estará el cuerpo. Cuando dos cuerpos, uno caliente y otro frío, se colocan próximos entre sí el calor fluye desde el cuerpo caliente hacia el cuerpo frío a causa de la diferencia de temperatura. En este caso la actividad molecular del primer cuerpo decrece y en cambio aumenta la del segundo, o sea, la cantidad de calor depende de la masa de los cuerpos, por lo tanto, dos cuerpos de la misma composición pueden tener la misma temperatura, pero tendrá más calor el que contenga más masa.

El calor es una forma de energía y en consecuencia se mide en las mismas unidades:

- Calorías (cal).
- Kilocalorías (Kcal).
- Unidad Térmica Británica (BTU).

En el sistema métrico, se usa la Kilocaloría (Kcal) y se define como la cantidad de calor necesaria para elevar en 1 °C la temperatura de 1 litro o kilo de agua.

En el sistema inglés, se usa el B.T.U. y se define diciendo que es la cantidad de calor necesaria para elevar 1 °F, la temperatura de 1 libra de agua.

En resumen: La Kilocaloría y el B.T.U. son las unidades en que se expresa el calor en el sistema métrico e inglés, respectivamente.

Equivalencias entre diferentes unidades de medición del calor:

- 1Kg. = 1000 Gramos
- 1 Libra = 453,6 Gramos
- 1 Kg = 2,2046 Libras
- 1°C = 1,8 °F
- 1 Kcal = 2,2046 x 1,8 = 3,968 B.T.U.
- 1 B.T.U. = 0,252 Kcal

1.9. Tipos De Calor

- **Calor Sensible:** Es la cantidad de calor necesario para calentar un litro (1 kilo de agua) desde 0 °C, hasta 100 °C, a una atmósfera de presión. Si partimos de un litro de agua a 0 °C, se necesitarán 100 Kcal para elevar la temperatura del agua hasta 100 °C, o sea, que un litro de agua hirviendo tiene un calor sensible de 100 Kcal.
- **Calor Latente:** Es la cantidad de calor necesario para transformar un litro (kilo) de agua de 100 °C en vapor saturado seco a 100 °C, a una presión de 1 atmósfera (1,033 kg/cm²), para esto se necesitan 543,3 Kcal.

Este fenómeno de alta absorción de calor es el usado para la calefacción en general, ya que el vapor al condensarse devuelve dicho calor.

El calor latente varía levemente con la presión. Por ejemplo, para un litro (kilo) de agua a una presión de 7,03 Kg/cm² el calor latente es de 497,7 Kcal, y a 14,06 Kg/cm², solo 472,0 Kcal. (Ver anexo 1).

- **Calor Total De Vaporización:** Es la cantidad de calor necesaria para transformar un litro (kilo) de agua de 0 °C en vapor saturado seco a 100 °C.

En consecuencia, el calor total de vaporización es la suma del calor sensible más el calor latente, que a la presión atmosférica tiene un valor de 643,3 Kcal.

Actividad 1.2.: II Parte Ejercicios sobre Calor (60 minutos).

Cada Grupo resolverá los siguientes ejercicios:

1.- Calcular la cantidad de calor expresado en Kcal necesario para calentar 1 m³ de agua desde 15 °C hasta 80 °C.

Desarrollo

1 m³ = 1.000 litros de agua

80° - 15° = 65 °C elevación de temperatura.

Para calentar 1 litro de agua en 1 °C se necesita 1 Kcal.

Para calentar 1 litro de agua a 65 °C se necesitan 65 Kcal.

Por lo tanto:

Para calentar 1.000 litros de agua a 65 °C se necesitan 65.000 Kcal.

2.- Calcular la cantidad de calor necesario para evaporar 100 litros de agua, encontrándose el agua a 0 °C.

Desarrollo

a) Calor sensible: Para calentar el agua de 0 °C a 100 °C.

Para calentar 1 litro de agua en 1 °C se necesita 1 Kcal.

Para calentar 1 litro de agua en 100 °C se necesitan 100 Kcal.

Para calentar 100 litros de agua en 100 °C se necesitan 10.000 Kcal.

Entonces, el calor sensible es de 10.000 Kcal.

b) Calor latente: Para transformar los 100 litros de agua a 100 °C en vapor a 100 °C.

Para evaporar 1 litro de agua a 100 °C en vapor a 100 °C se necesitan 539 Kcal.

Para evaporar 100 litros de agua a 100 °C en vapor a 100 °C se necesitan 53.900 Kcal.

Entonces, el calor latente es de 53.900 Kcal.

Por lo tanto, el calor total necesario para evaporar los 100 litros de agua desde 0 °C, es:

Calor total de vaporización = Calor sensible + Calor latente

Calor total de vaporización = 10.000 Kcal. + 53.900 Kcal. = 63.900 Kcal.

1.10. Formas De Transmisión Del Calor

El calor pasa desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura mediante tres formas:

- **Conducción:** Es la forma en que se trasmite el calor entre los cuerpos sólidos, y se propaga a través del movimiento vibratorio de las moléculas de los cuerpos. Si colocamos el extremo de un metal en una fragua caliente, el calor lo sentiremos en el otro extremo porque se ha transmitido por conducción a lo largo de la barra. La rapidez de la propagación varía según la naturaleza del cuerpo, los buenos conductores son aquellos en que la conducción es rápida, y los malos aquellos en que ésta es lenta.

Los mejores conductores del calor son los metales, las sustancias orgánicas y el agua son malos conductores del calor.

- **Convección:** Es la transmisión del calor por el movimiento de la sustancia misma, y es la forma en que se propaga el calor en los líquidos y gases. Por ejemplo, cuando calentamos el fondo y lados de una vasija que contiene agua, disminuye la densidad de las capas de líquidos más cercanas al foco de calor produciéndose un movimiento ascensional del agua más caliente y bajan las capas superiores más frías y por lo tanto más densas. De esta manera, se produce una circulación continua que tiende a igualar la temperatura de toda la masa, poniendo en contacto las partes más frías con las más calientes.

El calentamiento del aire y de los gases también se trasmite por convección, ya que al calentarse se hacen más ligeros o livianos al disminuir su densidad y adquieren un movimiento ascensional desplazando el aire más frío que baja por su mayor peso y al calentarse vuelve a subir generando movimientos llamados corrientes convectivas, que tienden a subir y bajar continuamente hasta que la temperatura se normaliza en el ambiente. A través de la convección se produce el tiraje natural en las calderas y la calefacción por radiadores.

- **Radiación:** Es la transmisión del calor de un cuerpo caliente a uno más frío a través del espacio, sin necesidad de un medio material que lo conduzca o transporte.

Un ejemplo típico de transmisión por radiación es el sol que a través de la enorme distancia que lo separa de la tierra, la calienta sin que haya contacto de ningún tipo entre ambos.

Una persona colocada a cierta distancia del fuego experimentará una sensación de calor que no se debe a la temperatura del aire, ya que cesa inmediatamente si se interpone una pantalla, lo cual no sucedería si el ambiente tuviese una temperatura elevada. Lo mismo sucede cuando se interponen las nubes al paso del sol, disminuyendo inmediatamente la temperatura. El calor radiante se propaga en línea recta y en todas direcciones alrededor del foco de calor y se trasmite en el vacío lo mismo que en el aire.

1.11. Temperatura

La temperatura se define como “La medida del nivel de actividad molecular que tiene un cuerpo”. Se dice que un cuerpo está caliente cuando tiene una temperatura alta y está frío cuando su temperatura es baja, no interviniendo su tamaño ni cantidad de masa, sino sólo la medida de su energía interna o su actividad molecular.

Una esfera de fierro de 10 cm. de diámetro y otra de 1 cm. de diámetro puede tener exactamente una misma temperatura, pero la esfera de mayor diámetro poseerá mayor cantidad de calor.

Para medir la temperatura se usan las escalas termométricas, siendo las más usadas la escala centígrada o Celsius en el sistema métrico ($^{\circ}\text{C}$) y la escala Fahrenheit en el sistema inglés ($^{\circ}\text{F}$).

1.12. Equivalencias De Unidades De Temperatura

De acuerdo a la figura es posible establecer una equivalencia entre estas escalas:

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{180}$$

Ecuación 1

Entonces tenemos:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{100 \times (^{\circ}\text{F} - 32)}{180} \Rightarrow ^{\circ}\text{C} = \frac{5 \times (^{\circ}\text{F} - 32)}{9} \Rightarrow ^{\circ}\text{C} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{1,8}$$

$$^{\circ}\text{F} = \frac{180 \times ^{\circ}\text{C}}{100} + 32 \Rightarrow ^{\circ}\text{F} = \frac{9 \times ^{\circ}\text{C}}{5} + 32 \Rightarrow ^{\circ}\text{F} = 1,8 \times ^{\circ}\text{C} + 32$$

Para obtener la temperatura en grados absolutos tenemos las escalas Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) y Rankine ($^{\circ}\text{R}$).

La temperatura absoluta es la que se mide a partir del cero absoluto (0°K ó -273°C). Nunca se ha alcanzado este último punto, la temperatura más baja a la que se ha llegado está alrededor de (-250°C).

La temperatura se mide con termómetros y con pirómetros.

En los termómetros se utiliza mercurio (para rangos entre $-39,5^{\circ}\text{C}$ y 357°C) o alcohol (para rangos entre $-130,5^{\circ}\text{C}$ y 78°C).

Los pirómetros generalmente son del tipo termocuplas, que consiste en una barra metálica de distintos metales y en contacto cerrado, los que son conectados por conductores eléctricos a un galvanómetro. La diferencia de potencial eléctrico generado en los diferentes metales por calentamiento, se traduce en una variación que se representa en un dial expresando la temperatura, ya sea en $^{\circ}\text{C}$ o en $^{\circ}\text{F}$.

Ejercicios

Trabajan los alumnos en grupos pequeños de 3 o 4 personas y luego el relator proyecta los resultados para comparar y aclarar el procedimiento de resolución.

1. *Expresa la temperatura de 100°F en $^{\circ}\text{C}$.*

Resp. = $37,7^{\circ}\text{C}$

2. *Expresa la temperatura de 60°C en $^{\circ}\text{F}$.*

Resp. = 140°F

3. *Expresa la temperatura de 100°F en $^{\circ}\text{R}$.*

Resp. = 560°R

4. *Expresa la temperatura de 60°C en $^{\circ}\text{K}$.*

Resp. = 333°K

1.13. Presión

Es la fuerza que se ejerce sobre una superficie. En el sistema métrico, la fuerza se mide en kilos (kg) y la superficie en centímetros cuadrados (cm^2), obteniéndose la unidad de presión (kg/cm^2). En el sistema inglés la fuerza se mide en libras (lbs.) y la superficie en pulgadas cuadradas (pulg^2), obteniéndose la unidad de presión ($\text{lbs.}/\text{pulg}^2$).

La presión se mide algunas veces en función de la presión atmosférica normal, que es la presión equivalente a la ejercida por una columna de mercurio de 760 mm. de altura, a la temperatura de 0°C , a nivel del mar y a 45° de latitud.

Los instrumentos que miden la presión atmosférica se llaman barómetros. En las calderas y autoclaves la presión, se mide con un instrumento llamado manómetro. Los manómetros miden presiones relativas o manométricas, si a la presión manométrica le sumamos la presión atmosférica, tendremos la presión absoluta.

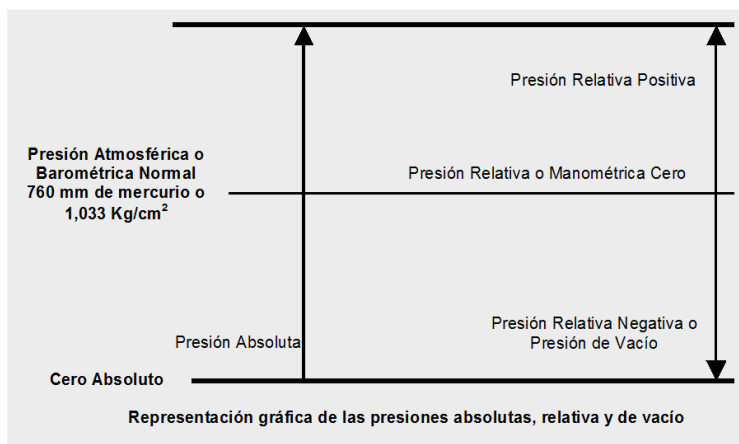
Estos instrumentos, destinados a medir presiones, se deben revisar periódicamente, para que su lectura sea segura. El desajuste se produce por vibraciones, sobrepresiones o por trabajar a temperatura demasiado elevada. La mayoría de los manómetros, se pueden comprobar rápidamente comparando sus lecturas con las de otro manómetro patrón.

1.14. Tipos De Presión

- **Presión Atmosférica:** Presión que ejerce la atmósfera sobre los cuerpos sumergidos en ella. En un nivel determinado, la presión atmosférica es igual al peso de la columna de aire existente encima de dicho nivel. Al nivel del mar, y a 0 °C, su valor normal se considera de 760 mm Hg (1.033 kg/cm²).
- **Presión Relativa:** La presión relativa (manométrica), es la presión referida a la presión atmosférica del lugar; es decir, la presión atmosférica del lugar sería el punto de referencia cero en este caso.
- **Presión Absoluta:** Es la presión medida sobre el cero absoluto, como nivel de referencia, y es igual a la presión relativa más la presión atmosférica.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{relativa}$$

$$P_{relativa} = P_{abs} - P_{atm}$$



Las conclusiones que se pueden sacar son importantes:

- La presión absoluta es la presión medida teniendo como referencia un vacío perfecto, el cero absoluto; por lo tanto nunca podrá ser negativa.

- Las presiones manométricas son referidas a la presión atmosférica del lugar; siendo positivas las presiones que están por encima de dicha presión y negativas las que son menores. Una presión menor que la presión atmosférica del lugar, es una presión manométrica negativa y se llama “vacío parcial”.
- Las presiones manométricas negativas no pueden exceder de un límite teórico de la presión atmosférica del lugar, pues se estaría por debajo del cero absoluto, lo cual no es posible.

1.15. Equivalencias De Unidades De Presión

1 atm = 1,033 kg/cm² = 14,22 lbs./pulg² = 10,33 mts. Columna de agua.

1 psi = 1 lbs./pulg²

1 bar = 1 kg/cm²

Ejercicios

1.- Se tiene un manómetro que marca 90 lbs./pulg² y se debe reemplazar por otro que está graduado en kg/cm². ¿Cuánto deberá marcar el nuevo instrumento?

Respuesta: 6,3 (kg/cm².)

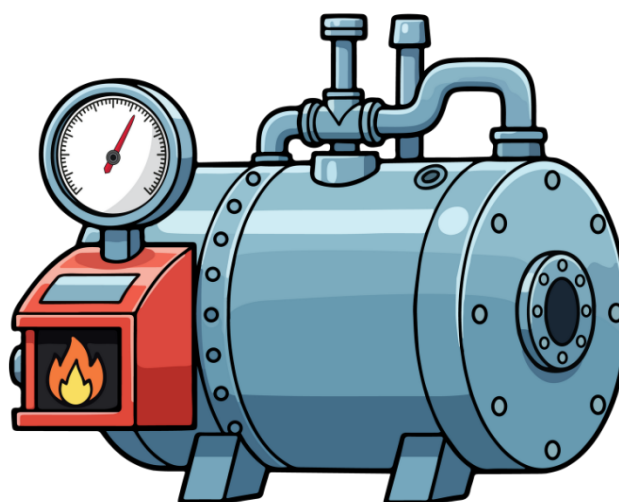
2.- Transformar 7 kg/cm² a lbs./pulg²

Respuesta: 99,5 lbs./pulg²



MÓDULO 2:

GENERADORES DE VAPOR



2. MÓDULO 2: GENERADORES DE VAPOR

2.1. DEFINICIONES



Autoclave: recipiente metálico, diseñado para el tratamiento de materiales de vapor de agua a presión manométrica igual o superior a 0,5 Kg/cm².

Caldera: unidad principal diseñado para generar agua caliente, calentar un fluido térmico o para generar vapor de agua, mediante la acción del calor.

Caldera de calefacción: calderas de vapor de agua, cuya presión manométrica máxima de diseño no excede los 0,5 kg/cm² y calderas diseñadas para generar agua caliente cuyo uso es de calefacción o uso sanitario.

Caldera de fluidos térmicos: caldera que utiliza un fluido distinto al agua, destinado a la transferencia de calor, en fase líquida a altas temperaturas y que fluye por un circuito cerrado.

Las definiciones incorporadas en la presentación corresponden a las indicadas en el Decreto Supremo 10 Párrafo II, art. 2.

El relator tiene que explicar cada definición expuesta en la ppt dando ejemplos básicos de dónde y por qué se utilizan los equipos:

- **Autoclaves:** se utilizan en hospitales para esterilizar material instrumental.
- **Calderas de vapor:** generalmente en el área industrial para utilizar vapor en los procesos productivos.
- **Calderas de calefacción:** son más domésticos, generalmente ubicados en edificios de oficinas o para viviendas, condominios. Calderas de fluidos térmicos: calientan agua para el consumo sanitario.

2.2. Historia Y Evolución De Las Calderas

Explicar las láminas comentando el principio de los equipos, cuál fue su necesidad. Para qué se utilizaban las calderas antiguas, y cómo influía el tema de seguridad en estas calderas. Comentar que existía un mayor número de accidentes ya que no incluían temas de seguridad, operación, revisiones, mantenciones. No había normativa que las regulara.

Los primeros tipos de calderas que se utilizaron eran de hogar exterior y solamente podían trabajar a presiones muy bajas, a causa de su forma y calidades deficientes de los materiales utilizados.

Posteriormente se observó la necesidad de disminuir el costo de funcionamiento de las calderas y a la cilíndrica sencilla se le aumentó el rendimiento instalando tubos hogares (nace la caldera de hogar interior). Además, la experiencia señaló la conveniencia de obtener mayores presiones de trabajo, lo cual se tradujo en variaciones de las formas de las calderas.

Con el propósito de aumentar la superficie de calefacción de las calderas (sin aumentar su tamaño) se dividió esta superficie en pequeñas porciones, insertando tubos de pequeño diámetro por cuyo interior circulaban los gases provenientes del sistema de combustión. Estas constituyen, hoy día, las calderas denominadas de tubos múltiples de humo (Ignotubulares).

Finalmente, debido al desarrollo industrial, se fabricaron las calderas acuotubulares, en las cuales por el interior de los tubos pasa agua o vapor y los gases calientes se hallan en contacto con la superficie externa. Estas calderas son, generalmente, de alta presión.

2.3. Clasificación De Equipos Según El Ds-10

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



El decreto supremo N°10 en el art. 1, agrupa las calderas en:

«A.- Caldera de vapor de agua y Caldera de calefacción y caldera de fluidos térmicos».

Estos equipos se presentarán en dos grupos:

- 3.1.- Caldera de vapor de agua.
- 3.2.- Caldera de calefacción y caldera de fluidos térmicos.

La clasificación general de las calderas de acuerdo al DS-10 es la siguiente:

a) Calderas de vapor de agua y calderas de calefacción y de fluidos térmicos.

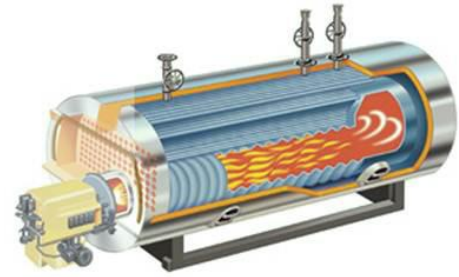
Explicar que en la presentación se abordará en forma separa lo que son las calderas de vapor de agua y las calderas de calefacción y de fluidos térmicos, porque están separadas en el decreto y cada una cumple roles diferentes según las necesidades y según lo establecido en el DS-10 respecto a los requisitos que éstas deben cumplir (requisitos de seguridad, de instalación y operación).

2.4. Caldera De Vapor:

Partes De Una Caldera:

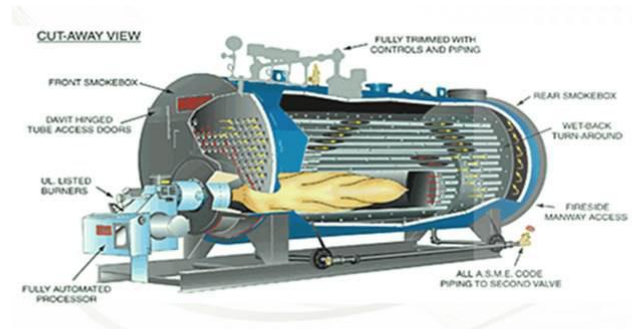
La caldera se compone de las siguientes partes (se debe explicar claramente cada una de sus partes):

- Cuerpo
- Hogar
- Chimenea
- Accesorios



2.4.1. Cuerpo:

El cuerpo de una caldera esta constituido de un cilindro de chapa de acero, herméticamente cerrado con el objeto de almacenar agua y vapor.



El cuerpo de una caldera a vapor está compuesto por tres cámaras:

■ Cámara De Alimentación De Agua:

Es el espacio comprendido entre los niveles máximo y mínimo de agua. En otras palabras, podría definirse la “cámara de alimentación” diciendo que: es aquella parte de la caldera que durante su funcionamiento se encuentra ocupada indistintamente por vapor o por agua, según dónde se encuentre su nivel. Por vapor, si está con su nivel mínimo y por agua si está en su nivel máximo de trabajo. La magnitud de esta cámara dependerá del volumen de agua que contiene la caldera y es de todo punto de vista necesario que ella sea grande si se quiere aprovechar las ventajas que proporciona el uso de calderas con una cámara amplia.

■ Cámara De Agua:

Es el volumen de la caldera que está ocupado por el agua que contiene y tiene como límite inferior un cierto nivel mínimo, del que no debe descender nunca el agua durante su funcionamiento.

Existen grandes diferencias entre las que tienen “gran volumen de agua” y las de “pequeño volumen”, que cada uno de estos tipos tiene un campo de aplicación perfectamente definido según las condiciones de marcha del generador de vapor.

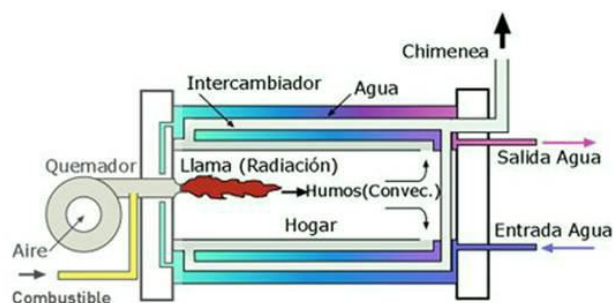
■ Cámara De Vapor

Es aquella parte de la caldera que queda sobre el nivel superior del agua (volumen ocupado por el vapor considerando el nivel máximo admisible de agua). En esta

cámara, el vapor debe separarse de las partículas de agua que lleve en suspensión. Cuanto más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumenta también la distancia entre el nivel del agua y la válvula principal de salida de vapor. Por esta razón, algunas calderas llevan un pequeño cilindro, en la parte superior, llamado domo que contribuye a mejorar la calidad del vapor.

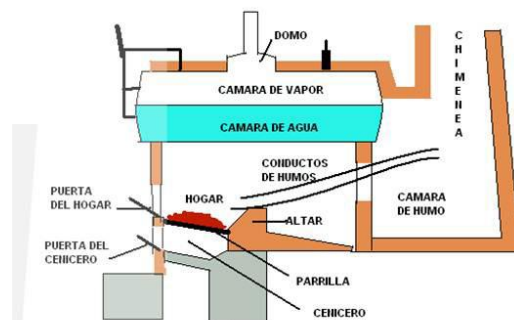
2.4.2. Hogar:

Prácticamente, se designan también con los nombres de fogón o caja de fuego, y corresponde a la parte en que se quema el combustible. Actualmente, se ha descartado el uso de calderas de hogar exterior, por ser antieconómicas, usándose sólo calderas de hogares interiores, en los cuales el fogón queda rodeado por el agua a evaporar, lo que redunda en un mejor aprovechamiento del calor, las calderas pueden instalarse con hogares para combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, todo dependerá del proyecto, del equipo y de la selección del combustible a utilizar (mayores informes sobre hogares se encuentran en el tema combustión).



2.4.3. Chimenea:

La chimenea sirve para dar salida a los gases de la combustión, los cuales deben ser evacuados a una altura suficiente para evitar perjuicios o molestias al vecindario y para producir, además, el tiro necesario para que la combustión se efectúe en buenas condiciones y de un modo continuo. Esto es, haciendo pasar el aire necesario y suficiente para quemar el combustible.



La circulación del aire se produce debido a la diferencia de pesos (densidades) entre los gases calientes y el aire ambiental que desciende, mientras los gases calientes suben por el interior de la chimenea.

Este fenómeno origina una corriente de aire fresco que atraviesa el cenicero y que se utilizará en la combustión.

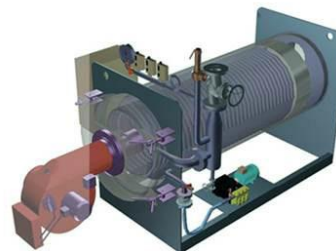
Las dimensiones de la chimenea en cuanto a su altura y diámetro estarán determinadas por el tiraje necesario y condiciones de instalaciones respecto a edificaciones vecinas. En

las calderas modernas existe un tiraje artificial en que el movimiento del aire se hace por ventiladores sin descartar, desde luego, el uso de la chimenea.

2.4.4. Accesorios (observación, seguridad y control automático)

Respecto a los accesorios de una caldera de vapor se debe detallar cada uno de ellos durante la presentación:

- Accesorios de observación
- Accesorios de Seguridad
- Accesorios de Control Automático



2.4.4.1. Accesorios de observación:

- 2 indicadores de nivel de agua independientes entre sí (este indicador es importante porque me refleja el nivel de agua que existe en el interior de la caldera).
- 1 o más manómetros (este aparato, sirve para observar la presión interna de trabajo en la caldera, es importante que se explique los requisitos que debe cumplir estos manómetros tanto en su instalación como de operación descritos en el DS-10).
- 1 medidor de temperatura de salida de gases. (este medidor está ubicado en la salida de los gases por la chimenea).

28

Detalles Para Complementar El Concepto De Tubo De Nivel De Agua:

Indicar que los tubos de nivel de agua que indica el DS-10 deben ser de 2 tipos:

a) Un tubo de nivel de agua (observación directa):

Consiste en dos tubos, generalmente de bronce, uno conectado a la cámara de vapor y el otro a la cámara de agua de la caldera, ambos unidos exteriormente por un tubo de vidrio que, en virtud del principio de los vasos comunicantes, indica el nivel de agua que hay en el interior de la caldera.

El tubo de vidrio va empaquetado en sus extremos por medio de prensas-estopas con sus respectivas gomas y golillas.

Disposiciones oficiales que rigen en nuestro país exigen el uso de dos indicadores de nivel de agua para toda caldera, uno de los cuales debe ser siempre de observación directa (del tipo de tubo de vidrio) pudiendo ser el otro formado por una serie de tres grifos o llaves de prueba.

Debe instalarse en la parte más visible para el calderero.

Cuando el tubo se encuentre a una altura que dificulte su observación (más de 3 metros de altura sobre el suelo) se le dará una inclinación hacia delante para facilitar su observación.

La conexión superior con la caldera debe ser siempre con la cámara de vapor y la inferior debe ser de tal manera que la tuerca de la prensa-estopa quede al nivel mínimo del agua. Con esta disposición, el nivel mínimo admisible de agua en la caldera estará a lo largo del tubo de vidrio, el cual debe marcarse claramente en forma indeleble.

Las empaquetaduras deben ajustarse definitivamente cuando la caldera está con vapor, operación que debe realizarse con mucho cuidado para no quebrar el tubo de vidrio y sufrir accidentes y lesiones por quemaduras.

Se recomienda que se aisle el tubo para ejecutar operaciones, ya que dispone de válvulas para este efecto.

Cuando la caldera se encuentra trabajando normalmente, en el tubo de nivel deben permanecer abiertas las válvulas que lo comunican con la cámara de vapor y con la cámara de agua y cerrada la válvula que comunica el tubo con la atmósfera (la llamaremos llave de desagüe).

Para una buena mantención de este tipo de nivel, se recomienda hacerle descargas y pruebas diariamente por todas sus llaves para evitar indicaciones falsas de nivel de agua.

Con el propósito de facilitar la visibilidad del nivel de agua puede pintarse una raya roja delgada en su parte posterior y todos los tubos deben ser provistos de defensas contra posibles roturas del tubo de vidrio.

El tubo de nivel debe ser periódicamente probado, para ello se procede de la siguiente manera:

- **Prueba de agua:** Se cierra la válvula que comunica con la cámara de vapor manteniendo abierta la que comunica con la cámara de agua; el agua debe llenar el tubo de vidrio. Abriendo la llave de desagüe, se vacía el tubo y continúa saliendo agua por la unión inferior del tubo de nivel.
 - **Prueba de vapor:** Se cierra la llave que comunica el tubo con la cámara de agua manteniendo abierta la unión superior, si se abre la válvula de desagüe, el vapor debe escapar con toda velocidad por el tubo de vidrio.
- En el sistema indicador de nivel de agua, de observación directa, se pueden presentar algunas fallas que se indican a continuación.
- **Comunicación con las cámaras de agua y vapor tapadas:** Esto sucede cuando al abrir las llaves que comunican con la atmósfera no sale agua ni vapor, entonces es probable que se halla acumulado sedimento o hay obstrucción de los conductos por otras razones.

Para reparar, se deben cerrar las llaves que comunican con ambas cámaras y se destapan los conductos sacando las tuercas que para este objeto tienen cada conexión al frente de ellas. Después se prueba su funcionamiento con agua y con

vapor, separadamente. Cualquiera de las dos comunicaciones que se obstruya, el tubo indicará un nivel falso, siendo mucho más peligroso que se tape la conexión con la cámara de vapor, ya que el tubo se llenaría de agua existiendo un nivel inferior dentro de la caldera por el desequilibrio de presiones que se produce dentro del tubo de vidrio, lo que podría producir incluso recalentamiento de la caldera (falsa lectura de nivel de agua).

- **Fuga de las empaquetaduras:** Al producirse filtraciones de agua o vapor por las empaquetaduras, se debe proceder de inmediato a su reparación para evitar quebraduras del tubo o daños al personal.
- **Desgaste de tubos:** El tubo de vidrio se gasta por las condiciones naturales de su uso, por esta razón, en las inspecciones debe tenerse especial cuidado de observación.

Al notarse cualquier principio de desgaste, debe procederse a su cambio, porque en ese estado se vuelve muy quebradizo.

Es importante evitar corrientes bruscas de aire para prevenir rupturas de tubos, especialmente cuando su verticalidad no es absoluta, quedando sometido a esfuerzos diferentes en sus conexiones con las prensas estopas.

b) Grifos o llaves de prueba (que también son tubos de nivel de agua de prueba).

Consisten en tres llaves colocadas a diferentes alturas. La primera debe estar colocada a un nivel superior al máximo admisible de agua, es decir, en la cámara de vapor, y por ella debe salir siempre vapor al abrirla. La segunda debe estar ubicada al nivel normal de trabajo de la caldera (dentro de la cámara de alimentación) y por ella debe salir una mezcla de agua y vapor. La tercera debe ir ubicada a una altura que corresponde al nivel mínimo permitido y por ella debe salir sólo agua. Para estar seguro si sale agua o vapor por estos grifos, bastará con dirigir el chorro de fluido contra un obstáculo que puede ser madera o cartón, así se facilita enormemente su detección.

Los grifos de prueba deben encontrarse siempre en buenas condiciones de uso, ya que su objetivo es reemplazar al tubo de observación directa cuando éste se quiebra o se le producen fallas de otra naturaleza.

Por último conviene destacar que las llaves de prueba en general, están comprendidas dentro de la longitud visible del tubo de vidrio.

RESPECTO A LOS MANÓMETROS MENCIONAR:

▪ **Manómetros**

El manómetro es un instrumento indispensable y ninguna caldera puede trabajar sin él. Está destinado a indicar en forma clara y precisa la presión efectiva del vapor, en kg/cm² o lb/pulg², que existe en el interior de la caldera.

El manómetro deberá conectarse a la cámara de vapor de la caldera mediante una cañería que forme una curva “S”, de modo que sobre el manómetro exista agua y no vapor. El objeto de la curva es evitar que llegue vapor vivo al interior del mecanismo, para que no se deforme o dilate con el calor y se pierda su exactitud.

En esta curva se acumula condensado, lo cual forma un sello de agua que siempre actuará sobre el instrumento.

El manómetro más sencillo consiste en un tubo elíptico curvado, cerrado en un extremo, el que al moverse hace girar un sector dentado que engrana con un pequeño piñón; en el mismo eje de este piñón, a montada el agua que se desplaza sobre una esfera graduada. La presión del vapor, agua o cualquier fluido tiende a enderezar el tubo, puesto que, por estar uniformemente distribuida en su interior, ejercerá mayor fuerza sobre las paredes externas, de mayor superficie que las internas.

Cuando la presión disminuye la elasticidad del tubo hace que vuelva a su forma primitiva, con lo cual el agua indicadora de presión vuelve al principio de la graduación de la esfera. Es importante anotar que en un manómetro, el agua, generalmente empieza a moverse cuando ya existen 4 o 5 lbs./pulg² de presión y todo dependerá de la sensibilidad del instrumento.

Cuando una caldera tiene un consumo irregular de vapor, la aguja del manómetro mantiene pequeñas oscilaciones de avance y retroceso, lo cual es enteramente normal.

Conviene tener presente para el buen funcionamiento de un manómetro las siguientes recomendaciones:

- La ubicación será tal que impida el calentamiento del manómetro más de 50º C.
- Siempre debe estar marcado con rojo, en la esfera, el punto de la presión máxima de trabajo.
- Deberá tener una capacidad para indicar, a lo menos, una y media vez la presión autorizada de trabajo (casos de Prueba Hidráulica de la caldera).
- Entre el manómetro y la caldera, deberá colocarse una llave de paso que facilite el cambio de instrumento. Esta llave debe permanecer siempre completamente abierta para evitar falsas indicaciones de presión.
- La cañería curva debe revisarse periódicamente para evitar acumulación de sedimento que pueden impedir el libre paso del vapor.
- Se evitarán filtraciones en la línea de conexión manómetro para suprimir indicaciones falsas.
- El diámetro del manómetro debe estar en relación con el tamaño de la caldera.

- No se debe mantener en servicio un manómetro cuando presente alguno de los siguientes defectos:
 - Sin vidrio o vidrio quebrado.
 - Con los números de su esfera borrados.
 - Que marque presión cuando la caldera está fuera de servicio (paralizada).
 - Cuando la llave de conexión no abra bien.
 - Si su cañería de conexión no forma curva en “S”.
- Apoyarse con art. 26, 27 y 28 del decreto supremo N° 10.

Respecto a los medidores de temperatura indicar y mencionar en la presentación lo siguiente:

Las distintas medidas de temperatura se realizan mediante pirómetros termoelectricos para temperaturas de hasta 1.500 °C mediante termómetros con resistencias utilizables hasta temperaturas de 550 °C como máximo. En calderas se utilizan los termómetros y pirómetros para medir temperaturas del agua de alimentación, temperatura del vapor, la de las salida de los gases de combustión (en la chimenea) y del hogar.

Apoyarse con los artículos 21, 22 del decreto.

2.4.4.2. Accesorios de seguridad:

32

Válvula de seguridad (evacuar el vapor para bajar la presión cuando ésta ha sobrepasado la máxima de trabajo, se debe hablar de las características de funcionamiento, como deben estar graduadas de acuerdo a la presión máxima de trabajo... apoyarse con los art. 29,30, 31, 32 y 33.

Sistema de alarma audible y visible (indicar que deben existir los dos tipos, deben funcionar automáticamente cuando el nivel de agua alcance el mínimo y máximo, apoyarse con el art. 35).

Sellos o compuerta para el alivio de sobrepresión en el hogar (se debe explicar que las calderas que utilizan combustibles líquidos o gaseosos).

Tapón fusible.

Detalle a mencionar en los accesorios de seguridad:

- **Válvula De Seguridad**
 - ✓ Todas las calderas deben disponer de una o más válvulas de seguridad cuya finalidad es: dar salida (evacuar) al vapor de la caldera cuando se sobrepasa la presión normal de trabajo autorizada, con lo cual se evitará presiones excesivas en los generadores de vapor.
 - ✓ La válvula (o válvulas) de seguridad debe ser capaz de evacuar todo el vapor que produce la caldera, aún sin haber otro consumo antes de que la presión sobrepase un 10% (diez por ciento) la presión de trabajo autorizada.

- ✓ La válvula de seguridad debe regularse a un 6% (seis por ciento) sobre la presión máxima de trabajo.
- ✓ Deben ir conectadas directamente a la cámara de vapor de la caldera, independiente de toda otra conexión o toma de vapor y sin interposición de ninguna válvula u obstrucción.

Mencionar que existen estos tipos de válvulas de seguridad:

- ✓ Válvula de seguridad de palanca y contrapeso: El cierre de la válvula se produce mediante un contrapeso colocado sobre un brazo de palanca que la presiona.
 - ✓ En este tipo de válvulas deberá utilizarse un contrapeso de una sola pieza y, la palanca no debe cargarse con pesos adicionales ni amarrarse para evitar su funcionamiento.
 - ✓ Debe probarse todos los días, levantando manualmente el contrapeso, para estar seguro de su normal funcionamiento.
 - ✓ La regulación se consigue alejando o acercando el contrapeso de la válvula.
- **Válvulas de seguridad de peso directo**
En estas válvulas la presión exterior sobre la válvula se consigue colocando discos metálicos sobre ella y la regulación se obtiene agregando o colocando discos con sus respectivas guías (orificios para alojarlos en los vástagos de las válvulas).

33

En caso de tener que elegir válvulas de seguridad se recomienda que se prefieran el tipo de “Resorte de Disparo” con el asiento a una inclinación de 45º a 90º con respecto a la línea central del vástago.

- **Válvulas de resorte**
El esfuerzo que mantiene cerrada la válvula se consigue mediante un resorte calibrado cuya tensión está en proporción al rango de la presión de trabajo de la caldera.

Puede regularse disminuyendo o aumentando la tensión del resorte con el mecanismo de graduación que toda válvula de seguridad de este tipo tiene para este objeto.

Las válvulas de este tipo deben tener un dispositivo que permita abrirlas, a fin de despegarlas de su asiento, operación que debe realizarse todos los días, en forma manual, por el operador.

- **Alarmas Visibles Y Audibles:**
Silbato de alarma: Algunos generadores de vapor llevan unos accesorios de seguridad llamados silbatos de alarma, que funcionan cuando el nivel de agua en el interior de la caldera ha descendido más allá del nivel normal.

Consiste en un tubo metálico con el extremo inferior abierto y sumergido en el interior de la caldera, hasta el nivel mínimo admisible. En el extremo superior lleva un silbato con su entrada obstruido por un fusible de unos 100°C, rodeado de un tubo espiral expuesto al enfriamiento exterior. Mientras el agua cubre la entrada inferior del tubo, la presión del vapor lo mantendrá lleno de agua.

Cuando el nivel de agua en el interior de la caldera desciende más bajo del mínimo admisible, queda al descubierto el extremo inferior del tubo, cae el agua rápidamente al fusible, lo que ocasiona la fusión de él, dejando pasar vapor al silbato y produciendo la consiguiente alarma.

- **Tapón Fusible**

Consiste en un tapón de bronce, con hilo para ser atornillado al caldero, y tienen un orificio cónico en el centro, el cual se rellena con una aleación metálica (plomo, estaño) cuyo punto de fusión debe ser de 250 °C, como máximo.

Estos tapones van instalados en el cielo de aquellas calderas de hogar interior (Lancashire, locomóviles, locomotoras, vertical de tubos galloway, etc.). El objeto de este elemento de “seguridad” es que cuando el nivel de agua baja más allá del límite inferior admisible, quede el techo del hogar sin agua, se funde la aleación dejando caer agua con vapor sobre el fuego apagándolo, a la vez que sirve de alarma al operador de caldera, evitando así mayores perjuicios en la caldera.

Estos accesorios pueden atornillarse desde adentro de la caldera hacia fuera o viceversa (de afuera para adentro).

Todo dependerá del tipo de fusible.

Los tapones deben ser sometidos a inspecciones periódicas con el objeto de verificar que su funcionamiento sea correcto en cualquier momento.

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

Los tapones fusibles deben ser reemplazados cada vez que se observen algunos de los siguientes defectos:

- a. Aleación suelta (filtrará por su interior).
- b. Aleación recalentada (la aleación plomo-estaño aparece hundida por el interior de la caldera).
- c. Filtraciones por el hilo. Puede estar suelto, mal colocado o tiene el hilo rodado.
- d. Plomo-estaño corrido. Se fundió por falta de agua.
- e. Tapón de bronce quebrado.

Es necesario hacer presente, que si la aleación aparece ligeramente corrida por el lado del fogón, puede ser normal y se debe exclusivamente a su uso.

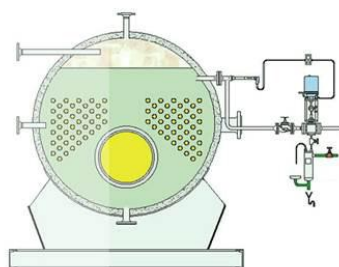
En las inspecciones que se les hagan a estos accesorios por el interior de la caldera, se tendrá especial cuidado en verificar que no se encuentra cubierto de sales. Cuando esto sucede y se funde la aleación, el orificio del tapón siempre queda tapado, ya que las sales (incrustaciones) impiden la salida del vapor o agua.

Según el DS-10 en su art. 34, toda caldera de vapor con volúmenes de agua superior a 150 lt/m² de superficie de calefacción de combustibles sólidos y de hogar interno deberán contar con tapón fusible que actuará cada vez que baje el nivel mínimo de agua de la caldera de vapor, salvo, que su diseño contemple otro sistema que cumpla esta función.

Accesorios de control automático:

- 1 o más controladores de nivel de agua.
- 1 o más detectores de llamas.
- 1 o mas Presostato con diferencial ajustable o digital.

Existen otros accesorios que no los indica el D.S.N°10, pero que son importantes para la operatividad de la caldera, tales como, las válvulas reguladoras, llaves de cierres, entre otros.



2.4.4.3. Accesorios de Control Automático:

- 1 o más controladores de nivel de agua.
- 1 o más detectores de llama.
- 1 o más presostatos con diferencial ajustable o digital.

Respecto a accesorios de control automático se debe explicar lo siguiente:

- ✓ Los generadores de vapor traen controles automáticos en los sistemas de alimentación de agua y combustión.
- ✓ Tienen por objeto regularizar el funcionamiento de las calderas y contribuir a la labor del operador, pero en ningún caso pueden reemplazar al operador de la caldera.
- ✓ Tampoco pueden considerarse como “accesorios de seguridad”, ya que no son tales y sería un grave error decir que son elementos de seguridad.
- ✓ Estos controles automáticos deben ser revisados periódicamente para obtener un correcto funcionamiento, ya que son de condiciones muy sensibles y

complicadas, susceptibles de fallas imprevistas. Una revisión mensual es lo recomendable, lo que deberá ser hecho por personal especializado en esta clase de dispositivos.

- ✓ Funcionan a base de la dilatación de un metal o aleación de metales, por efecto del calor o de la presión en frío, se encuentran en una posición de circuito cerrado o abierto y el calor o la presión graduada, los dilata o los cambia de posición (de circuito abierto a cerrado y de circuito cerrado a circuito abierto).
- ✓ Los hay que funcionan en razón a máxima y mínima presión (presostatos) de trabajo y actúan sobre el quemador, apagándolo al llegar a la máxima presión y encendiéndolo al llegar a la mínima presión. Otros actúan de acuerdo a la temperatura del agua (termostatos), vapor o gases de combustión y paran el quemador cuando se obtiene la temperatura deseada y lo encienden cuando se ha enfriado.
- ✓ Los controles de nivel de agua funcionan por medio de un flotador, que al llegar al nivel máximo de agua se corta la corriente de la bomba de alimentación de agua; al bajar el nivel al mínimo de trabajo, vuelve a conectar la bomba.
- ✓ En caso de que la bomba no respondiera a la puesta en marcha y el nivel de agua continuara bajando. Este automático, generalmente, tiene una tercera posición en la cual corta la corriente al quemador.

En relación a los controladores de nivel de agua se debe indicar:

36

- **Controles De Nivel De Agua (Mac Donall)**

Forman parte de toda caldera generadora de vapor de funcionamiento automático. Es un control combinado de bajo nivel de agua y funcionamiento de la bomba de alimentación: de nivel máximo y corte de la bomba de alimentación; y de apagado del quemador si falla el control de bajo nivel.

Se encuentran de dos tipos: Control de nivel por flotador y control de nivel por electrodos.

Apoyarse con el art. 37 del DS 10.

- **Control De Presión Con Ajuste Diferencial**

- a) **Calibración de ajustes:**

Úsese el siguiente método. Colóquese el ajuste diferencial en el centro de su escala y el ajuste principal en el límite inferior de su escala.

Sin presión en la caldera hágase presión en el extremo izquierdo del accionador y llevarlo a medio recorrido entre el tope superior y el tope inferior y dese un pequeño ajuste al diferencial. Esta condición no debería hacer actuar el interruptor.

Sígase aumentando la presión sobre el punto de prueba.

El accionador subirá hasta su límite de ajuste superior, arrastrando el diferencial y accionar el interruptor.

Déjese de hacer presión y el accionador tratará de alcanzar su regulación normal, observándose que sólo después de haber pasado por el centro del recorrido el interruptor se repone a su condición de partida.

b) Control de nivel por flotador:

- Ver condición del flotador.
- Mantener limpio de sedimentación los accesorios que unen la caldera con el control.
- Ver condición eléctrica del interruptor.

c) Control de nivel accionado por electrodos:

- Mantener limpios los electrodos.
- Mantener en buen estado los soportes de electrodos; que no haya lozas quebradas o fisuradas.
- Comprobar con las medidas dadas por catálogos de diferentes largos de electrodos y su correcta ubicación.
- Ver condición eléctrica del equipo.

d) Interruptor de temperatura:

La única recomendación respecto a este control es hacer una prueba parecida a la descrita en el control de presión.

Es decir, buscar un punto donde hacer presión y suavemente ir aplicándola hasta la operación del interruptor dejarlo bien y observar su reposición.

e) Controles de encendido:

Respecto a los controles de encendido, sean del tipo accionado por celda fotoeléctrica, o por elemento térmico, se recomienda conservar la condición eléctrica de ambos.

37

Si el control es por elemento térmico, mantener el bimetálico limpio, para asegurar movimientos durante la dilatación o contracción.

Si el control es por celda fotoeléctrica, mantener limpia la celda misma, como también sus vidrios de protección y en general, todo el acceso de la luz.

El accesorio detector de llama, tal como su nombre lo indica es para detectar la presencia de llama y así evitar el paso del combustible sin consumirse al hogar.

Apoyarse en el art. 38 DS-10.

Los controles de presión (PRESOSTATOS) tienen por función encender o apagar el quemador por rangos de presión.

• OTROS ACCESORIOS:

BOMBAS



- a) Accesorios de Alimentación de Agua (Bombas Centrifugas, Bombas De Émbolo).
- b) Accesorios de Limpieza (Puerta de Inspección, Válvulas de Extracción de Fondo, Sopladores de Hollín).
- c) Accesorios de Aumento de Eficiencia (Economizadores, Calentadores de Aire, Retardador).
- d) Accesorios de Control Automático (Control de Presión Presostato, Control de Temperatura Termómetro, Control de Nivel de Agua, Control de Aire, Control de la Llama, Control de Encendido).

El agua es suministrada a la caldera por medio de un conjunto de bombas, permaneciendo una en stand by, para mantenencias y reemplazo en caso de falla de una de ellas. Tenemos:

a) Bombas de alimentación de émbolo:

Las bombas de émbolo funcionan ejerciendo directamente la presión sobre el líquido bombeado, la entrada y salida del agua de la bomba está controlada por válvulas que se abren y cierran intermitentemente.

Pueden ser accionadas por motores eléctricos y un mecanismo de biela, corredera y cruceta o por una pequeña máquina a vapor, para escasa potencia pueden ser manuales.

Una bomba de émbolo sencilla consiste en un cilindro dentro del cual se desplaza un émbolo o pistón, alternativamente. Generalmente son de simple efecto, esto es, succionan (aspiran) e impulsan sólo por una cara de émbolo. Estas bombas también son conocidas con el nombre de “aspirantes-impelentes”.

Si la bomba la constituye sólo un cilindro, se llama simple, y si tiene dos, se llama dúplex.

Las bombas dúplex, conocidas en la práctica como “caballito de vapor”, tienen dos cilindros de vapor y dos de agua con sus respectivos émbolos.

Los cilindros de vapor van instalados uno al lado del otro; igual ubicación llevan los cilindros de la bomba, es decir, son también contiguos entre sí, situados en el otro extremo de la máquina de vapor que los acciona.

Todas las bombas de este tipo son de doble efecto, es decir, los émbolos de la bomba aspiran y descargan por ambos extremos (ambas caras). El sistema bomba-máquina de vapor forma un solo cuerpo y es fácilmente transportable.

Las bombas dúplex, siempre los diámetros de los cilindros de la máquina a vapor son más grandes que los diámetros de los cilindros de la bomba, propiamente tal, por lo que éstas pueden descargar el agua a presiones mayores que la del vapor que las acciona.

Con el propósito de conseguir un caudal de agua constante en la descarga de estas bombas, muchas veces se utilizan campanas de aire o cámaras de aire. El aire encerrado en este recinto se comprime cuando la bomba descarga agua y al cambiar el sentido del movimiento del pistón (cuando va aspirando) se expande el aire en la cámara manteniendo así constante la descarga. Esta campana es más necesaria en la bomba simple que en la dúplex, por su intermitencia en las descargas.

El vapor consumido por estas bombas generalmente se pierde, lo que se traduce en pérdida de calor y menoscabo del rendimiento de la caldera.

b) Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas ejercen la presión, sobre el líquido por rotación rápida del impulsor alojado dentro de una carcasa. En estas bombas la entrada y salida de agua son continuas, sin válvulas y sin dispositivos de control en la unidad misma.

Las bombas centrífugas pueden ser accionadas por turbinas de vapor, por correas de transmisión, por motores de combustión interna o acoplados directamente sobre el eje de un motor eléctrico, mediante un acoplamiento flexible.

En estas bombas, el agua entra al elemento impulsor (difusor, elemento rotatorio, turbina o mariposa) por su centro, fluyendo radialmente hacia fuera y abandonando el rodete con gran velocidad. En la carcasa y tuberías, esta velocidad se transforma en energía de presión, capaz de vencer la resistencia, interna de la caldera.

La capacidad de una bomba se expresa, generalmente, por la cantidad de agua que puede descargar en cierto tiempo. Así por ejemplo: 2 litros/segundo, 120 litros/minuto, etc.

Las bombas centrífugas proporcionan un caudal continuo y se utilizan ventajosamente para servicios de grandes presiones relativas, empleando unidades de varios rodets impulsores, lo que se conoce también como bombas de escalonamientos múltiples. Tienen costo más pequeño de instalación y mantención de funcionamiento que las de émbolo.

Como desventaja puede citarse que su rendimiento no es corrientemente tal alto como el de las de émbolo de buena construcción y que no funciona satisfactoriamente cuando tienen que aspirar de mucha altura o han de bombear caudales pequeños y descargarlos a grandes presiones, es decir, no pueden emplearse cuando la presión y el caudal son muy variables.

2.5. Clasificación De Calderas

2.5.1. Según Disposición De Fluidos:



- **Calderas Acuotubulares (Hidrotubulares)**

Como se dijo anteriormente, por el interior de los tubos de estas calderas pasa agua o vapor y los gases calientes se hallan en contacto con las caras exteriores de ellos, son de pequeño volumen de agua. Las calderas acuotubulares son las empleadas casi exclusivamente cuando interesa obtener elevadas presiones y rendimiento, debido a que los refuerzos desarrollados en los tubos por las altas presiones, se traducen en esfuerzos de tracción en toda su extensión.

La limpieza de estas calderas se lleva a cabo fácilmente porque las incrustaciones se quitan utilizando dispositivos limpia tubos accionados mecánicamente o por medio de aire.

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

La amplitud de uso de este tipo de calderas ha dado como resultado muchos diseños y modificaciones.

Tal es el caso que se encuentran calderas con tubos rectos, tubos curvos, de varios colectores y las posiciones relativas de los haces tubulares pueden ser horizontales, verticales o inclinados.

Existen también calderas que se caracterizan por ser una combinación de igneotubulares y acuotubulares.

Estas calderas son las denominadas acuopirotubulares.

Las calderas acuotubulares:

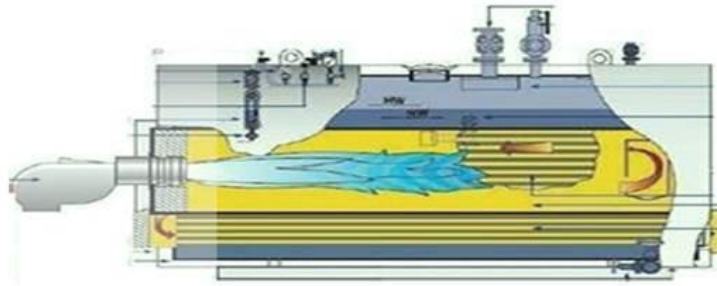
Difieren de las calderas pirotubulares en que el agua circula dentro de los tubos con la fuente de calor rodeándolo. Esto significa que pueden usarse presiones más altas porque el diámetro del tubo es significativamente más pequeño que el cuerpo en la caldera Igneotubular, y por consiguiente la tensión circunferencial también es significativamente menor.



- **Calderas Igneotubulares:**

Son aquellas calderas en la que los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y el líquido se encuentra en un recipiente atravesado por dichos tubos. Estas calderas tienen un menor costo inicial debido a su simplicidad de diseño, además de tener mayor flexibilidad de operación y menos exigencia de pureza en el agua de alimentación.

El peso y tamaño es más grande comparado con las acuotubulares, el tiempo para elevar la presión interior y entrar en funcionamiento es comparativamente alto, además este tipo de caldera no es utilizado para grandes presiones.



2.5.2. Clasificación De Acuerdo A La Presión De Trabajo De La Caldera (Según Ds-10)

- Caldera de vapor.
- Caldera de vapor de baja presión.
- Caldera de vapor de mediana presión.
- Caldera de vapor de alta presión.
- Caldera de vapor de gran presión.

Apoyarse en el art. 2 letras f,g,h, i del DS 10.

Caldera de vapor: Caldera diseñada para generar vapor de agua, cuya presión manométrica máxima de trabajo es igual o superior a 0,5 kg/cm².

Caldera de vapor de baja presión: Caldera diseñada para generar vapor de agua, cuya presión manométrica máxima de trabajo no exceda de 3,5 kg/cm².

Caldera de vapor de mediana presión: Caldera diseñada para generar vapor de agua, cuya presión manométrica máxima de trabajo es igual o mayor a 3,5 kg/cm² e inferior a 15 kg/cm².



Poder Calorífico

Se define como la cantidad de kilocalorías que genera la combustión de un kilo de combustible, que como se mencionaba va a depender del tipo de combustible.

Hoy en día los combustibles más utilizados en procesos de combustión para transferencia de calor, como el caso de calderas industriales, calefacción por agua caliente o de fluido térmico, son: Gas licuado,

Gas Natural, Petróleo, los principales.

Tipo de Combustible	Poder Calorífico kcal/kg
Carbón de piedra	6.500 a 7.100
Carbón coque	5.000 a 6.600
Leña	3.300 a 3.700
Desperdicios de basura	1.800 a 2.200
Kerosene	10.000 a 11.00
Gas Natural	12.863 (9.300 kcal/m ³)
Gas Licuado	11.538 (22.500 kcal/m ³)
Petróleo	8.500 a 10.500

2.5.3. Clasificación De Las Calderas De Acuerdo Al Combustible Utilizado:

Existen muchas sustancias combustibles, pero no todas pueden usarse en procesos de combustión, con fines prácticos. Los combustibles se encuentran en la naturaleza, y según su estado se clasifican en: Sólidos - Gaseosos - Líquidos.

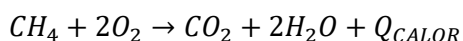
Se caracterizan por tener altos contenidos en Carbono, Hidrógeno, sus formas estructurales obedecen a compuestos llamados hidrocarburos (petróleo, gasolina, gas

licuado, gas natural), en el caso de los combustibles como el carbón, obedece a una superestructura de múltiples enlaces C-H.

Por tanto los productos de la combustión han de ser:

- Anhídrido Carbónico CO₂, Monóxido de Carbono CO, Agua en estado de vapor H₂O, anhídrido sulfuroso SO₂, Óxidos de nitrógeno NO_x, como también podemos encontrar fracciones menores de hidrocarburos, ello cuando la reacción de combustión es incompleta.

Una expresión sencilla de un proceso de combustión completo se puede representar en la combustión de metano:



La composición porcentual de los elementos C, H, S, hace la diferencia en el poder calorífico que los combustibles tienen.

Calderas de Combustibles Líquidos.

- Se fabrican Generadores de Vapor de todo tipo y tamaño que utilizan combustible líquidos.
- Requieren de instalaciones de almacenaje y tanques de servicio, de elementos de precalentamiento del fuel y de sistema de bombeo y transporte.
- En unidades grandes es común arrancar con un combustible de baja viscosidad y luego pasar a utilizar uno más viscoso.



2.5.3.1. Combustión

Se entiende por combustión a la reacción química de oxidación de una sustancia conocida como combustible, cuando entra en contacto con el oxígeno u otra sustancia que aporte este elemento (comburente), bajo determinadas condiciones de temperatura, es un proceso espontáneo, que además de generar productos propios a la oxidación, genera calor, por tanto es una reacción de tipo exotérmica.

Para que se efectúe el proceso de combustión es necesario la presencia de tres elementos:

- Combustible
- Oxígeno (comburente)

- Calor

Ahora, si tenemos los 3 elementos fundamentales (combustible, aire y temperatura), pero si el combustible que estamos usando es de mala calidad o inadecuado, o el flujo de aire es insuficiente, obtendremos una mala combustión.

2.5.3.2. Control De Una Buena Combustión

Toda persona que tiene a su cargo el control de una combustión debe asegurarse que la instalación encargada a su manejo está en buenas condiciones de trabajo. Si se observan algunas fallas que atentan contra la buena marcha, deben arbitrarse las medidas necesarias para repararlas; pues de lo contrario se corre el riesgo que no pueda manejar el proceso.

Cada puerta que tenga el hogar, sea de carga de combustible, cenicero, entradas de aire primario o secundario, ubicación correcta del quemador, etc. deben mantenerse en buenas condiciones mecánicas y de funcionamiento que permitan abrirlas con facilidad y que cierren y ajusten bien impidiendo que el aire se filtre sin control sobre el proceso. Con la misma precaución debe observarse en la estructura de ladrillos o albañilerías las grietas o partiduras y toda entrada de aire que se filtre por partes indebidas.

La chimenea debe tener un templador, registro o regulador de traje que debe ser accionado por el operador en el momento oportuno. Se ha dicho que el aire necesario para la combustión obedece a una proporción bien determinada que debe controlarla el operador y dosificarla de acuerdo a las necesidades.

En toda combustión se producen gases que son expulsados al exterior por la chimenea y para constatar que se está efectuando en forma correcta, la instalación debería contar con instrumentos que indicarán la proporción de los gases que salen al exterior y su temperatura, permitiendo al operador regular o modificar la marcha de la combustión de acuerdo a lo indicado por estos accesorios.

Corrientemente las instalaciones no cuentan con estos instrumentos y el operador debe recurrir a sus conocimientos y experiencia para quemar correctamente los combustibles. Un medio muy común de controlar la marcha de una combustión es observando el extremo de la chimenea sin abandonar su puesto de trabajo.

Con este fin se recomienda abrir en un sitio conveniente alguna claraboya y/o colocar algún espejo que permita ver el extremo libre.

Si no hay ningún medio de observar la chimenea, la marcha de la combustión debe ser brillante y clara, en caso contrario estarán saliendo humos negros.

Una buena combustión debe eliminar a la atmósfera sólo gases calientes incoloros, sin que se aprecien humos visibles.

Cuando se trabaja con un exceso de aire, no se ven humos por la chimenea, pero después de cierto tiempo de combustión puede descontrolarse al bajar la temperatura del hogar por el aire en exceso. Con el objeto de poder dosificar el aire necesario puede recurrirse al siguiente procedimiento:

Cuando se trabaja con todo el templador abierto, la llama y los gases son arrastrados, incluso en forma violenta y haciendo ruido. La llama se inclina hacia los conductos de gases arrastrada por el tiro; el aire que en este momento pasa puede ser la cantidad correcta como también puede ir en exceso.

Para constatar esto último se empieza a cerrar el control del tiraje lentamente, observando el comportamiento de la llama y los gases cada vez que se modifica la posición de cierre del templador, hasta llegar a un momento en que la llama se endereza, los gases pierden velocidad y puede oscurecerse la combustión e incluso aparecer humo. Al llegar a este punto faltaría aire, y se debe abrir lentamente el templador hasta lograr aclarar el fuego, agilizando la llama y eliminar el humo. Esta última posición del templador sería la correcta para asegurar el aire necesario sin gran exceso.

La combustión es una reacción y toda reacción requiere de tiempo para que se efectúe en buena forma.

Por esta razón el encendido debe ser lento y a medida que se va calentando el hogar, se puede aumentar paulatinamente el combustible y el aire hasta llegar un momento en que es posible llegar y mantener un régimen normal de trabajo sin ningún descontrol desde que se inicia el encendido.

Las personas a cargo de instalación que deben dar un determinado servicio a una hora señalada, deberán por lo tanto iniciar el encendido con la anticipación necesaria para no verse obligados a apurar los fuegos en perjuicio de una buena combustión.

Teniendo el combustible en condiciones apropiadas, aire suficiente, alta temperatura en el hogar la combustión debe ser buena, en una instalación bien hecha.

Toda combustión en que se observen humos oscuros visibles, es una mala combustión y que puede deberse a:

- falta de aire,
- exceso de combustible
- baja temperatura en el hogar.

Para obtener una buena combustión en un hogar con quemadores de petróleo es necesario:

- Que haya una correcta presión y temperatura del petróleo a fin de obtener una perfecta atomización.

- Un correcto ajuste del quemador en el registro de aire (cavidad donde va colocado el quemador).
- Un correcto ajuste de las puertas del registro de aire para admitir solamente la cantidad necesaria de aire para la combustión.
- Normalmente los quemadores que están trabajando deben tener abiertas las entradas de aire.
- Las puertas de aire de los quemadores que
- están fuera de servicio deben estar cerradas para prevenir la entrada de aire frío al hogar.
- Controlar la acción del traje forzado, a fin de entregar el correcto volumen de aire, con las puertas de aire de los quemadores completamente abiertas.
- Limpiar periódicamente los filtros de petróleo, para evitar que el sedimento pase a obstruir o escoriar los atomizadores.
- En general en estos hogares la eficiencia depende exclusivamente de la buena dosificación del aire.

Combustibles líquidos: Su uso es el más común en instalaciones de calderas y el más sencillo para mantener combustiones sin humo, debido a que se introducen al hogar en quemadores especiales, que permiten su control y regulación. En el caso de usarse petróleos gruesos (Nº5 y Nº6 y cuando se usa alquitrán combustible es necesario precalentarlos para que adquieran una buena atomización.



Calderas de Combustibles Gaseosos.

- Utilizan tanto gas natural como GLP, aire propanado o gas obtenido en gasificadores.
- Generalmente los quemadores de gas trabajan con muy baja presión, por lo que es común que tengan sistemas de reducción de presión importantes.
- Es común utilizar quemadores duales, que permitan el uso de uno u otro combustible, dependiendo de su disponibilidad y costo.

Calderas de Combustibles Sólidos.

- Los combustibles sólidos utilizados son muy variados:
- leña en todos los tamaños (rollos, astillas, chips), desechos de producción (pellets de madera, aserrín, bagazo de caña de azúcar, cascara de arroz), carbón (en distintos grados de pulverización).



Combustibles gaseosos: Debido a que su uso industrial, no está generalizado no nos referiremos a ellos. Son fáciles de quemar con buena combustión, pero necesitan una muy buena instalación y un cuidado especial para su control y manejo.

Combustibles sólidos: En la actualidad las empresas que trabajan con materia prima basada en compuestos orgánicos aprovechan los residuos de los procesos para la generación de vapor. Tal es el caso de las empresas madereras.

Combustibles sólidos más utilizados: Leña: elemento combustible sin poder de explosión, posee alto poder calorífico, es un elemento biodegradable aun después de su combustión, un aspecto importante en la hora de tratar la leña es su humedad.

Carbón vegetal: La madera o leña es un compuesto de oxígeno, hidrógeno, carbono y nitrógeno, sustancias que se transforman en otras a través de la combustión. Si se quema leña al aire libre, ésta se consume por completo, y los gases contenidos en ellas se transforman en humo y sus partes sólidas se convierten en ceniza. Pero, si se la quema en espacios cerrados en que solo haya pequeñas aberturas para dar paso al aire, las sustancias arderán antes que el carbón y suspendiendo la combustión a tiempo, podrá recogerse éste que queda casi intacto.

TRABAJO

Partes Principales de Generador de Vapor				
Partes	Función que cumple	Problemas y fallas que puede presentar	Riesgos para la seguridad (Operación, Equipos, Personas)	Soluciones
Hogar				
Chimenea				
Cuerpo				
Indicadores de nivel de agua				
Manómetro				
Tapón fusible				
Válvula de Seguridad				
Presostatos				
Detectores de llama				
Bombas centrífugas.				

2.5.3.3. Sala De Caldera

Las características que una caldera debe tener para estar en un recinto exclusivo denominado sala de caldera (indicar el tema de la superficie de calefacción, y presión manométrica de trabajo, dejar claro esas dos condiciones). Apoyarse en el art. 9.

Características de la sala de caldera de acuerdo con lo indicado en el art. 10 del DS-10:

- Debe ser de material incombustible.
- Cubierta de techo liviano.
- Muros con resistencia mínima al fuego (RF 60)
- No puede estar ubicada sobre o bajo una construcción destinada a habitación o lugar de trabajo.
- Debe contar con dos o más puertas ubicadas en diferentes direcciones y que abran al exterior
- Se debe instalar carteles indicadores sobre la puesta en marcha y detención de la caldera, además, de las maniobras en cas de emergencia



2.5.4. Operador De Calderas De Vapor

Explicar en estas láminas las competencias que debe tener todo operador de caldera de vapor. Estos puntos se encuentran en la presentación y debe apoyarse en el art. 80 del DS-10.

Dar énfasis que nadie puede operar la caldera si no tiene el certificado de competencia de la autoridad sanitaria, aunque tenga los conocimientos para operar los equipos.

Actividades Del Operador De Caldera De Vapor:

Para este punto debe apoyarse en el artículo 82, del DS-10.

Corresponderá especificar las actividades que debe hacer el operador y cada cuánto tiempo, dejar el registro de estas actividades en el libro de operación diaria. Reforzar estos puntos.

El Operador de una Caldera de Vapor debe:

- Mantener actualizado el libro de operación diaria.
- Verificar el funcionamiento de todos los dispositivos de alimentación de agua.
- Accionar manualmente las válvulas de seguridad.
- Realizar purgas de manera manual.
- Analizar el agua proveniente de los ablandadores o de otros equipos purificadores.
- Aplicar los productos químicos para su tratamiento.
- Verificar el estado de funcionamiento de trampas de vapor, redes de distribución de vapor, estado de la aislación térmica, estado de los componentes de la Caldera, operatividad de la alarma acústica y visual.



2.6. Caldera De Calefacción Y Fluidos Térmicos:

En la primera parte corresponde explicar la definición de ambas calderas, cuáles son sus diferencias y donde es generalmente su uso. (Indicando sus características).

2.6.1. Accesorios De Observación, Seguridad Y Control Automático



Apoyarse en el art. 56 del DS-10 respecto a todos los accesorios que deben considerar estas calderas.

En los art. 57 al 61, se detallan cada uno de ellos.

Los accesorios que deben tener son:

- **Accesorios de observación:** Uno o más manómetros y uno o más termómetros.
- **Accesorios de seguridad:** Una o más válvulas de alivio o de seguridad y un estanque de expansión.
- **Accesorios de control automático:** Uno o más termostatos.

Nota: considerar en algunos casos que el manómetro puede sustituirse por un altímetro, explicar bien este punto, apoyarse con el art. 57.

2.6.2. Clasificación De Las Calderas:

Calderas Eléctricas: son las calderas que consumen electricidad para producir agua caliente y calefacción.

Se clasifican en dos grupos, según la potencia a desarrollar en agua caliente y calefacción pudiendo ser corriente monofásica de 220 v, las que requieren menos potencia o corriente trifásica 380 v par las que van a desarrollar mayor potencia.

Se aborda esta clasificación de acuerdo a:

- a) **Tipo de combustible:**
 - Calderas eléctricas
 - Caldera a gas
- b) **Según tipo de sujeción:**
 - Calderas Murales
 - Calderas de pie o suelo
- c) **Tipo de cámara de combustión**
 - Cámara abierta
 - Cámara presurizada
 - Cámara estanca



d) Por tipo de evacuación de gases:

- Evacuación por tiro natural
- Evacuación por tiro forzado

e) Por temperatura de trabajo:

- Baja temperatura
- Media temperatura
- Alta temperatura

2.6.3.Revisiones Y Pruebas De Las Calderas

La verificación de las condiciones de seguridad de las calderas de calefacción, las calderas de fluidos térmicos, de sus componentes, y accesorios incluido el circuito de calefacción, se efectuará mediante las siguientes revisiones y pruebas, en las secuencias que se señala:

- Revisión interna y externa.
- Verificación de funcionamiento de las válvulas de alivio o de seguridad.
- Verificación de funcionamiento de los termostatos.
- Revisión del circuito de calefacción, componentes y accesorios.
- Pruebas especiales.



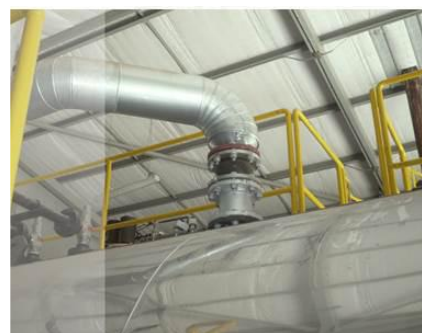
En cada prueba debe ser explicada según el DS-10, indicar:

- De qué trata cada una
- Como se realizan
- Cuáles son los pre-requisitos para hacerlas (que pruebas debo realizar antes de cada una).

Explicar claramente que cada una de las pruebas anteriormente mencionadas deberán ser efectuadas bajo las condiciones indicadas en el art. 62 del DS-10.

2.6.4.Instalación De Las Calderas De Calefacción Y Fluidos Térmicos (Art 55)

- Si los equipos están ubicados en subterráneos debe estar con un sistema de inyección mecánico de aire a la sala.
- Los gases de la combustión deben ser evacuados al exterior de la instalación.
- Debe contar con un sistema que permita retener o canalizar cualquier fuga de fluidos.
- Señalizar el sentido del flujo del fluido caliente (rojo) y retorno (azul).



- Se debe instalar carteles indicadores sobre la puesta en marcha o detención de las caldera, además, de las maniobras en caso de emergencia.
- Contar con un sistema de alumbrado para la emergencia.

Apóyese en el art. 55 DS-10.

Dejando claro cuáles son los requisitos de dichas instalaciones guiándose por la lámina de la presentación.

2.6.5. Competencias Del Operador De Caldera De Calefacción Y Fluidos Térmicos

Competencias:

- El operador deberá contar con licencia de enseñanza media.
- La aprobación de un examen de competencias ante la autoridad sanitaria o demostrar que ha obtenido esa competencia dentro del programa de estudios de una carrera que incluye esta preparación en la respectiva malla curricular.
- El operador de una caldera de vapor de gran presión, además, deberá contar con un título de nivel técnico o profesional en el área industrial.

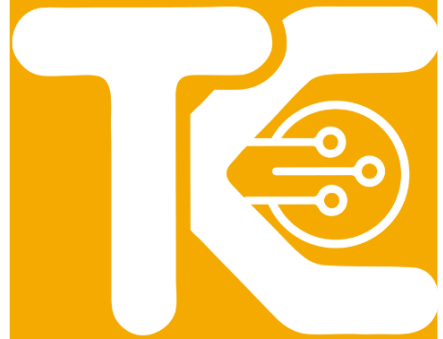
Son las mismas que el operador de caldera de vapor.

Explicar en estas láminas las competencias que debe tener todo operador de caldera de vapor. Estos puntos se encuentran en la presentación y debe apoyarse en el art. 80 del DS-10.

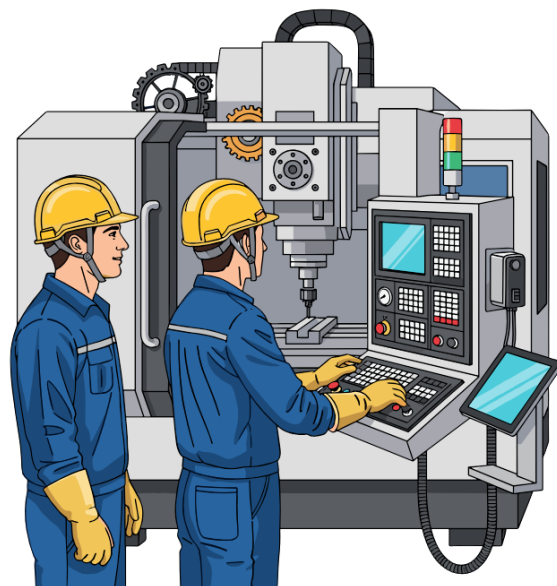
Dar énfasis en que nadie puede operar la caldera si no tiene el certificado de competencia de la autoridad sanitaria, aunque tenga los conocimientos para operar los equipos.

Las actividades que debe hacer el operador están escritas en la presentación, de

TECNO
CAPACITA



MÓDULO 3:
AUTOCLAVES



3. MÓDULO 3: AUTOCLAVES

Hoy en día, el autoclave constituye un equipo de elevada importancia en los procesos industriales, tales como en la industria de la madera, agroindustria, la industria de los alimentos, la industria del vidrio, en los procesos de vulcanización, en laboratorios de análisis, hospitales, centros de urgencia, etc.

Los autoclaves tienen definido por diseño y fabricación la presión máxima de trabajo a la cual pueden operar, y por ningún motivo se debe exceder dicha presión en el uso que se dé a estos equipos, porque altera las condiciones del diseño, puede presentar deformaciones, falla de materiales, y por tanto, presentar el riesgo de explosión por sobrepresión, lo que puede acarrear graves consecuencias a las instalaciones como al personal.

Por tales motivos, se debe conocer el principio de funcionamiento, los componentes y accesorios principales, y las condiciones de seguridad que debe comprender una instalación de este tipo.

3.1. Definiciones

Como definición general un autoclave es un recipiente metálico que trabaja a presiones superiores a la atmosférica, y está destinado al tratamiento de materiales.

El Decreto Supremo Nº 10 del año 2013 del Ministerio de Salud en su art 3°, define un autoclave como “el recipiente metálico destinado al tratamiento de materiales con vapor a presión superior a la atmosférica”.

La presión es generada al interior de un recipiente metálico por la acción de un fluido compresible, el que puede ser agua, aire, gas, o vapor de agua, la selección de alguno de ellos va a depender del objetivo del tratamiento.

En aquellos autoclaves que operan con vapor de agua, el vapor puede ser generado por el autoclave o bien provenir de una fuente externa, un generador de vapor. Los autoclaves son de gran utilidad en el área de salud y en laboratorios, en ambos se requiere un nivel de asepsia que garantice eficientemente el control de la contaminación microbiana.

3.2. Aplicaciones

A continuación, se describen algunas aplicaciones industriales en que se utilizan los autoclaves.

3.2.1. Industria De La Madera

La aplicación del autoclave en la madera ayuda a la mayor durabilidad de ésta, mejorando sus propiedades. En primer caso, se trata de conseguir la máxima

impregnación del líquido en la madera, rellenando los vacíos celulares, siendo la principal característica de este sistema el vacío inicial. En el segundo caso, el objetivo es impregnar, pero mediante un tratamiento de presión-vacío, en el cual la madera se mantiene a la presión atmosférica antes de la inyección del líquido, operación ésta que se realiza a una presión mayor que en el caso anterior.

Como es de suponer existen otros métodos formados por combinaciones o ligeras variaciones de los anteriormente señalados aunque basándose fundamentalmente en sus ideas principales.

3.2.2. Industria Del Vidrio

Desde la industria automovilística donde se fabrican parabrisas de vidrio y la consolidación de éste mediante polímeros, hasta consolidación de fibras de carbono y compuestos en la industria aeronáutica, o incluso la construcción de piezas de pequeño tamaño y de uso cotidiano mediante la transformación de plásticos y cauchos, hacen todos ellos claros ejemplos de la tecnología que hoy en día está utilizando la industria del siglo XXI y que cada día se afianza más y más.

La consolidación de los compuestos mencionados, dependiendo de cada caso y cada tipo de industria, se consigue mediante aire que es calentado en el interior del equipo bien mediante resistencias eléctricas o bien mediante vapor o fluidos térmicos a través de intercambiadores. Un potente electro ventilador se encarga de poner en movimiento el aire interior haciendo que la circulación forzada permita obtener valores de temperatura en el interior del equipo con variaciones mínimas entre unos puntos y otros. El proceso de enfriamiento se consigue haciendo circular agua fría o refrigerantes a través de intercambiadores que, diseñados al efecto, permiten mediante circulación forzada del aire entre sus placas, disminuir la temperatura interior del equipo hasta los valores deseados.

3.2.3. Industria Del Neumático Y Artículos De Caucho

El uso principal se orienta en el proceso químico conocido por vulcanización mediante la acción de aire caliente, obteniendo productos de calidad y mayor vida útil.

3.2.4. Industria De Los Alimentos Y Agroindustria

La aplicabilidad del vapor de agua en la industria alimenticia es diversa, desde ollas de cocción a alta presión, equipos de esterilización de envases, autoclaves para destrucción de alimentos desechados, etc.

3.2.5. Hospitales (Esterilización)

La aplicación de autoclaves se desarrolla con variados tipos, desde el más común como el vapor, hasta el uso de altos desinfectantes como el óxido de etileno. Los equipos destinados a la esterilización de instrumentos y material quirúrgico, más utilizados en los hospitales se pueden reunir en tres grupos:

- Autoclaves (uso de vapor de agua)
- Esterilizadores con aire seco y caliente
- Esterilizadores de agua hirviendo

3.3. Descripción De Autoclaves De Uso En Esterilización

Los autoclaves utilizados para esterilización trabajan con vapor saturado húmedo como fluido esterilizante.

Están constituidos generalmente por dos cuerpos concéntricos, que forman la camisa de vapor y la cámara de esterilización, su forma puede ser cilíndrica, cuadrada o rectangular. Existen modelos de pared, sencillos, es decir sin camisa, los cuales se prestan para trabajos de laboratorio y fórmulas lácteas.

Los parámetros de operación del autoclave están determinados por la temperatura de trabajo y por la presión. Las tablas de vapor saturado del vapor de agua determinan a una temperatura determinada la presión a la cual se encuentra el sistema, o por el contrario, la presión de trabajo es suficiente para conocer la temperatura a la cual se encuentra el vapor. A partir de las tablas de vapor saturado seco, se puede conocer los valores de presiones y temperaturas del vapor de agua y su relación.

Temperatura del vapor (°C)	Presión relativa (kg/cm ²)
121	1,04
126	1,38
132	1,85
134	2,03
135	2,12

Es decir, podríamos determinar la posible falla de uno de los instrumentos sólo verificando la lectura del otro instrumento y correlacionarlo con los datos señalados, que son usualmente ocupados en esterilización.

3.3.1. Clasificación De Los Autoclaves

Se clasifican según su forma de operación, según su sistema de funcionamiento y según la forma de producción del vapor.

a) Según su forma de operación, se clasifican en autoclaves:

- Manuales
- Automáticos
- Semiautomáticos

b) Según el sistema de funcionamiento, podemos clasificarlos en:

- Desplazamiento de gravedad
- Con vacío previo
- De sistema pulsante.

c) Según la producción de vapor se clasifican en:

- Autoclaves con funcionamiento a vapor (vapor central)
- Autoclaves con generador eléctrico de vapor
- Autoclaves con funcionamiento de generadores de vapor a gas.

3.4. Componentes Principales De Un Autoclave

Con el propósito de conocer el equipo en detalle, se describen independientemente cada una de sus partes o elementos que lo componen, así como la descripción de las funciones que desempeñan cada una por separado y como elemento constitutivo del equipo. Se pone énfasis en las principales causas de daños y mal funcionamiento, como también la clase y grado de mantenimiento que se le debe suministrar.

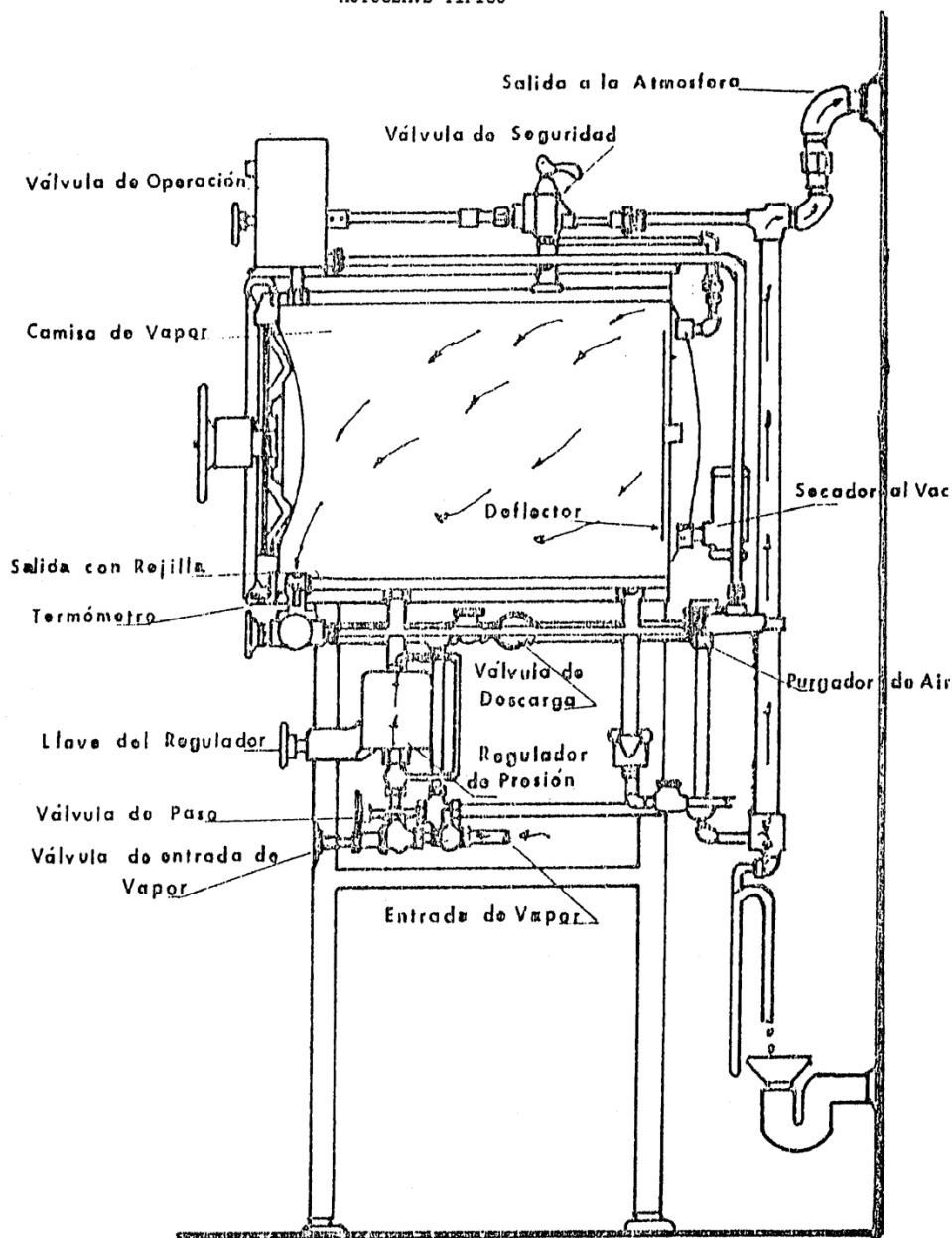
3.4.1. Llave Principal De Vapor

Es una llave de paso que da acceso al vapor y sirve para poner en servicio el autoclave, así como también para cerrar completamente el suministro de vapor cuando se tenga que realizar cualquier revisión del equipo.

3.4.2. Filtro De Entrada De Vapor

El vapor antes de entrar en la camisa, atraviesa la válvula reguladora, pasando primero por el filtro, cuyo trabajo es retener las partículas de material sólido que vienen mezcladas con el vapor para no dejarlas pasar a los demás componentes del autoclave.

AUTOCLAVE TIPICO



58

3.4.3. Válvula De Control Automático (Válvula Reguladora De Presión)

Esta válvula está instalada en la línea de entrada de vapor y es la última válvula a través de la cual el vapor pasa antes de entrar al autoclave, ella debe mantener una presión determinada en el autoclave.

Con esta válvula se puede obtener una alta o baja presión de esterilización, es operada por un diafragma, el cual se expande o contrae proporcionalmente a la presión de trabajo. Cuando la presión en el equipo baja, el diafragma se contrae, abriendo la válvula y admitiendo más vapor, esta válvula correctamente ajustada, admite la cantidad de

vapor exacta para mantener la presión constante dentro de la camisa y cámara del autoclave.

La válvula consta de: cubierta, fuelle, resorte, sello con fuelle, aislamiento y palanca reguladora de presión del resorte.

El vapor pasa por la válvula aumentando la presión a la salida de la misma. Este incremento o aumento de presión, se lleva mediante un tubo a la parte superior de la cubierta, en la que se encuentra un diafragma de cobre. Conforme aumenta la presión, el diafragma ejerce una presión mayor contra el resorte, por lo que éste se comprime. Al irse comprimiendo, el resorte cede junto con el fuelle que se encuentra en su centro. Este fuelle a su vez, contiene un vástago que al bajar cierra la válvula mediante un sello que asienta en el cuerpo de la misma.

La presión de salida a la cual la válvula cierra, puede ser ajustada mediante la horquilla en la que asienta el resorte o mediante la posición del diafragma.

Los posibles desperfectos que esta válvula puede presentar son:

- Inestabilidad en la presión a la salida, o bien incrementos de presión incontrolables.
- Escape de vapor en la válvula (sale vapor por la cubierta).
- No se alcanza la presión deseada.

59

3.4.4. Válvula De Secado

Esta válvula funciona como válvula de retención impidiendo la salida del vapor y dejando pasar aire hacia el interior de la cámara cuando se produce un vacío en la misma. Este aire se limpia por medio del filtro integral de la válvula. El sistema de retención se acciona inicialmente por gravedad, ya que el balón por su propio peso sella contra un asiento cónico que se halla en el vástago. Si hay presión dentro de la cámara, esta misma presión asienta aun con mayor fuerza el balón, impidiendo la salida de vapor, pero si hay vacío, la diferencia de presión llega a vencer el peso del balón, dejando pasar aire hacia el interior.

Esta válvula consta de principalmente de tres partes: Cuerpo principal con tapas en ambos extremos, filtro integral de virutas metálicas y sistema de retención, consistente en bola o balón de 3/8", colocada sobre un vástago.

Como mantenimiento preventivo esta válvula debe siempre permanecer en posición vertical con los orificios de admisión de aire hacia abajo y por tanto se recomienda una mantención cada seis meses.

Estas válvulas presentan fallas como:

- Deja escapar vapor.
- El balín puede pegarse al asiento, esto se manifiesta por un vacío mayor a 10 cms. De agua en el manómetro de la cámara del autoclave.

3.4.5. Válvula De Seguridad

Esta válvula protegerá el aparato de exceso de presión de entrada de vapor, está conectada directamente a la camisa de la cámara. Si la presión en el autoclave excede a la presión ejercida por el resorte de la válvula, ésta se abrirá permitiendo así el escape del vapor a la atmósfera.

La válvula viene sellada de fábrica, con un sello de plomo, el cual garantiza que la válvula abrirá a la presión indicada en el cuerpo de la misma. Tiene además, una palanca que funciona para escape de vapor y semanalmente, debe revisarse que no se encuentre pegada. El sello debe conservarse intacto mientras la válvula esté en funcionamiento.

Cuando tenga alguna falla, debe sustituirse inmediatamente, y al instalar la nueva, debe tener el sello de plomo que se mencionó anteriormente. Es muy importante que no haya sido violado, asimismo, debe observar que la misma sea de las características similares a la que sustituye.

Toda regulación de válvulas debe ser ejecutada por un ingeniero autorizado para revisiones de calderas.

Como mantenimiento preventivo, con el fin de que no se pegue, se recomienda hacer una descarga diaria, durante 10 segundos, lo cual se lleva a cabo levantando la palanca que está en la parte superior. Su accionamiento debe ser seguro y al alcance del operador por medio de un tirante en caso que no lo tuviera, nunca en forma directa con la mano.

3.4.6. Válvula De Retención Horizontal De Campana

Son usadas para permitir el flujo en una sola dirección; cuando el flujo va en dirección contraria, ella se cierra, no permitiendo el paso en esa dirección. Consta de un cuerpo principal con asiento interior, donde descansa una campana con empaquetadura de hule, la que está sujeta por un eje, una tapa superior y un tapón que permite acceso al eje de la campana.

La posición de esta válvula, debe ser completamente horizontal, con la tapa hacia arriba para impedir que cualquier inclinación haga que la campana no asiente perfectamente.

En el cuerpo de la válvula, se encuentra una flecha que nos marca el sentido del flujo. Es muy importante no conectar la válvula en sentido contrario al de la flecha, porque la presión del flujo hará que la campana selle, impidiendo el paso de éste.

Como mantenimiento preventivo esta válvula debe ser lubricada periódicamente y cambiar la empaquetadura.

Los desperfectos que presenta este accesorio es que puede dejar pasar el fluido en ambos sentidos, ello porque se ha trabado la campana o el eje se pega y no permite la oscilación.

3.4.7. Manómetros

- a) **Manómetro de camisa:** Consta de un cuerpo principal con una carátula en la cual dice Jacket, que significa “camisa”. Es el que indica la presión que se encuentra en el interior de la camisa, las unidades de medición pueden estar en lbs./pulg² (0 a 60) o en kg/cm² (0 a 4).

En el caso de que el manómetro esté descalibrado, tenga fugas o no trabaje bien, debe cambiarse por uno nuevo. NO TIENEN REPARACIÓN POSIBLE SUS ELEMENTOS INTERNOS.

- b) **Manómetro de cámara:** Consta de un cuerpo principal con una carátula en la cual dice “chamber” indicándonos “cámara”, es el que indica las presiones de trabajo al interior de la cámara donde se encuentra el material a esterilizar.

Normalmente vienen con tres escalas, una de 0 a 4 kg/cm², otras de 0 a 60 lbs./pulg². de presión y la última de 0 a 30 con columna de agua de vacío.

Tiene un tornillo de ajuste llamado “Recalibrador”, el que no es conveniente tocar, porque viene calibrado de fábrica. Su funcionamiento es similar al del manómetro de camisa.

En caso de que el manómetro esté descalibrado, tenga fugas, no marque vacío, o no funcione correctamente, cámbielo por uno nuevo.

Ambos manómetros deben ser controlados periódicamente con el objeto de verificar si está indicando la lectura correcta, para ello se utiliza un manómetro patrón, en caso de fallar debe ser cambiado inmediatamente.

3.4.8. Termómetro De Carátula

Este instrumento indica la temperatura de la cámara de esterilización. Está colocada en la línea de drenaje de retorno, antes de la trampa eliminadora de aire y condensado que es el punto más frío de la cámara.

Como ya se indicó esta lectura permite verificar la presión de trabajo y viceversa, teniendo las tablas de equivalencias entre temperatura del vapor y presión de vapor de agua.

3.4.9. Combinación De Manómetro Y Vacuómetro

Como manómetro sirve para registrar la presión en la camisa y cámara durante el proceso de esterilización y como vacuómetro, para medir el vacío dentro de la cámara de esterilización.

3.4.10. Termómetro De Columna

Consta de una columna de vidrio graduado en grados Celsius o Fahrenheit o en ambos rangos según la necesidad.

En la parte inferior se encuentra un bulbo de mercurio o alcohol.

3.4.11. Trampa De Vapor De Balde O Cubeta

Las trampas de vapor tienen por objeto retener el vapor de agua condensado, es decir el agua en estado líquido que pasa a través de esta red. Al llegar este vapor condensado a la trampa el agua pasa a través del filtro e inunda la cámara. El aire contenido en el flotador escapa a través del orificio que se encuentra en la parte superior del mismo, por lo que el flotador permanece en el fondo.

Cabe observar que mientras tanto, el aire y el agua pueden pasar a través de la válvula de aguja hacia el exterior.

Al llegar vapor éste desplaza el agua del flotador y la levanta, con lo cual se mueve la palanca y se cierra la válvula de aguja. Por lo tanto, la trampa permanecerá cerrada mientras haya vapor en el flotador.

Esta trampa consta de las siguientes partes:

- Un cuerpo principal con tres orificios, uno para entrada, otro para salida y otro para purga.
- Un flotador.
- Una válvula de aguja o de bola.
- Una tapa.
- Un filtro.

3.4.12. Trampa Termostática De Vapor

La válvula denominada trampa termostática de vapor, controla el flujo de aire y condensado de la cámara de esterilización automáticamente. Cuando la válvula se encuentra fría, el elemento termostático se contrae dejando el orificio totalmente abierto para que haya una libre descarga, al admitir la cámara el vapor para el proceso de esterilización, el aire que se encuentra dentro de la misma, es forzado a salir por el

filtro de ella hasta la línea de descarga a través de la válvula termostática. Por medio de la presión del vapor de entrada, la válvula permanece abierta hasta que el vapor que sigue al aire la calienta y el elemento va expandiendo y cerrando el orificio. Las válvulas son fabricadas para operar cerca de 2° F de diferencia en la temperatura del vapor saturado.

El elemento termostático es extremadamente sensitivo, y en vista que durante todo el ciclo de esterilización el condensado y burbujas de aire caen sobre la válvula, ésta se abrirá ligeramente hasta que el flujo más frío haya sido descargado. Ocasionalmente la válvula termostática se obstruye con sedimentos o residuos, lo que ocasiona su mal funcionamiento.

Consta de un cuerpo principal con un asiento interior donde sella la aguja que impulsa al fuelle termostático que se encuentra integrado en la tapa de la válvula.

3.4.13. Puertas De Esterilizadores

La puerta de un esterilizador trabaja bajo presión mayor que la atmosférica (29,5 a 36,7psi.). Su estado y funcionamiento deben ser perfectos en todo momento, puesto que es potencialmente el punto más débil del aparato. (Al respecto se puede decir que una puerta de 20" = 50 cms. de diámetro con una presión de 22 lbs./pulg² (1.49 kg/cm²) de vapor, tiene un esfuerzo de 3 toneladas cargando sobre la misma).

63

Si se tienen escapes de vapor, difícilmente se logrará la presión necesaria para llegar a los 121° C (250°F) a los cuales normalmente se esteriliza el material quirúrgico, además, una puerta que tenga fugas, pierde calor y puede ser peligrosa para las personas que la utilizan.

Las puertas de los esterilizadores de vapor están compuestas por un sistema de rayos, un seguro de presión y dos empaquetaduras.

Las puertas tienen como medida de seguridad un sistema que impide que se abra cuando existe presión dentro de la cámara.

Este sistema trabaja por medio de la presión existente en la cámara contra un diafragma que se embraga en un trinquete.

Todas las puertas tienen una empaquetadura de caucho, neopreno, silicona o teflón para que selle y evite fugas de vapor.

Esta empaquetadura a consecuencia de la temperatura y la presión a la cual se somete, se va endureciendo hasta que algunas veces llega a cristalizarse perdiendo sus características de flexibilidad y sello, lo que hace necesario su cambio.

Siendo que la empaquetadura es la que sella, se le debe prestar esmerada atención regularmente.

3.4.14. Aislamientos Térmicos

El funcionamiento específico de algunos equipos origina grandes desprendimientos de calor que elevan la temperatura del medio ambiente que lo rodea, originando molestias en el personal que los maneja y alteraciones en el funcionamiento de otros aparatos instalados en el mismo recinto. Además, ese calor desperdiciado implica pérdidas económicamente considerables.

Para evitar esto, los aparatos se protegen con un aislamiento térmico que consiste en forrar las partes necesarias con lana mineral o fibra de vidrio y tienen el fin de evitar transferencias altas de calor con el medio ambiente, dada sus características de baja conductividad calórica, protegiendo las superficies calientes del operador y por tanto evitando riesgos de quemaduras por contacto con el equipo.

3.4.15. Control Automático De Presión (Presostatos)

Este instrumento de control automático está destinado a controlar las presiones de una instalación, las señales son transmitidas a través de un circuito eléctrico de alimentación a las resistencias del generador, manteniendo así la presión de vapor constante a que se haya ajustado el control, son ampliamente utilizados en el funcionamiento de generadores de vapor y en diferentes autoclaves utilizados en esterilización.

64

3.5. Red De Suministro De Vapor A Un Autoclave

La clase de autoclaves que se han descrito son alimentados con vapor que proviene de una caldera generalmente alejada.

Debido a esta lejanía, los tubos de vapor que alimentan el autoclave deben estar aislados con fibra de vidrio u otro aislante, a fin de evitar la excesiva cantidad de condensados.

La instalación que conecta el autoclave a la caldera se muestra en el dibujo.

La trampa de cubeta está destinada a retener el vapor de agua condensada que pudiera presentar el suministro.

La válvula reductora (reguladora) de presión, destinada a reducir la presión a la cual llega el vapor al autoclave, normalmente de 100 lbs./pulg², o más, a la presión de trabajo de la válvula reguladora de presión del autoclave, descrito anteriormente. Desde esta válvula a la presión es reducida a la presión de trabajo de 21 a 22 psi, que es la presión de trabajo de la camisa.

En operación normal la válvula de globo del By-pass debe estar cerrada y las dos adyacentes a la válvula reductora de presión deben estar abiertas.

Cuando la válvula reductora de presión necesita repararse, se cierran las dos válvulas de globo (destinadas a regulación de flujos), adyacentes a la misma y se abre la válvula de globo del By-Pass, con lo cual puede desmontarse la válvula reductora de presión sin necesidad de interrumpir el funcionamiento del autoclave.

En los autoclaves de vapor directo, la camisa tiene una salida a una trampa de vapor, esto se hace con el fin de eliminar los condensados que se forman en la misma camisa.

De la camisa el vapor pasa por la válvula múltiple, la cual según se explicó al referirse a la misma, distribuye el vapor de acuerdo con la posición seleccionada.

Los condensados que se forman en la cámara se eliminan a través de: un filtro, un porta termómetro, una trampa de vapor y finalmente de una válvula de retención. Estos condensados no deben retornar a la caldera sino escurrir libremente.

Para que todo el condensado formado en la cámara escurra hacia el filtro, es necesario que la parte del frente del autoclave esté más baja que la parte de atrás, por esto el autoclave debe estar inclinado hacia el frente.

3.6. Problemas Más Frecuentes Y Comunes Que Se Presentan En Autoclaves

65

SÍNTOMAS	POSIBLES CAUSAS	SOLUCION
El manómetro de la camisa no marca la presión.	Alguna o varias de las válvulas de globo estarán cerradas.	Abra la válvula o válvulas que están cerradas, excepto la del By-pass.
	Acumulación de condensados en la tubería de vapor.	Revise la trampa de vapor de cubeta.
	Válvula reductora en mal estado	Cambie o repare la válvula reductora.
	Válvula de presión fallando	Repárela o simplemente ajústela
	Filtro de vapor tapado.	Destape el filtro, limpiando la malla de alambre.
	Manómetro en mal estado	Cambie el manómetro por uno nuevo. No lo repare
	Fugas de vapor en la tubería	Repare la falla.
El manómetro de la cámara no marca la presión necesaria, aun cuando el de la camisa sí marca presión correcta.	Trampa termostática de la camisa en mal estado	Repárela o cámbiela por una nueva.
	Manómetro de la cámara en mal estado.	Cámbielo.
	Trampa termostática de vapor de la cámara en mal estado	Repárese o cámbiese por una nueva.
	Válvula múltiple fallando.	Desmóntese la válvula múltiple y hágase revisar por técnico especializado

El manómetro de la cámara marca las 22 psi, pero el termómetro no marca 121°C (250° F).	Trampa termostática de vapor pegada	Repásese o cámbiese la válvula termostática de la cámara.
	Válvula check de salida de condensados pegada o tapada	Destápese o repárese la válvula check.
	Termómetro en mal estado.	Cámbiese el termómetro por uno nuevo.
El autoclave no seca (los paquetes quedan mojados)	Los paquetes quedaron apretados.	Al acomodar los paquetes vea si la operadora que maneja el equipo aprieta los paquetes y hágale saber que deben quedar flojos.
	El filtro se ha obstruido con desechos.	Destápese el filtro.
	El balín de la válvula de secado está pegado.	Despéguese el balín y revísese la válvula de secado en general.
	Trampa termostática de vapor no trabaja por lo que el condensado llena la cámara.	Repárese o cámbiese la trampa (o trampas) termostática de vapor.
	La tubería atmosférica de salida de vapor es demasiado larga o tiene demasiados codos.	Haga revisar por un ingeniero especialista.
	Boquilla del eyector suelta.	Atornille y apriete la boquilla en su lugar.
	El elemento de carbón de la válvula múltiple está rayado o roto.	Haga revisar la válvula múltiple por un técnico especialista.
	La inclinación del autoclave no es la correcta.	Corrija la inclinación.

Anexo 3.1

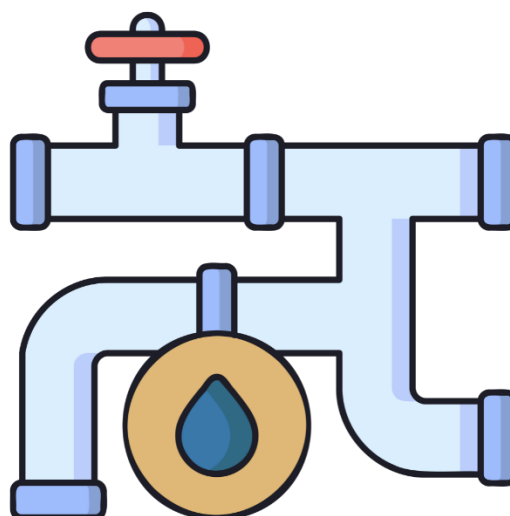
Diferencias entre un generador de vapor y un autoclave

[illegible]

PARTES PRINCIPALES DE UN AUTOCLAVE				
Partes	Función que Cumple	Problemas y Fallas que puede presentar	Riesgos para la seguridad (Operación, Equipos, Personas)	Soluciones
Llave principal del vapor				
Filtro de entrada				
Válvula de control automático				
Válvula de secado				
Válvula de seguridad				
Retención Horizontal de campana				
Manómetro de camisa				
Manómetro de cámara				
Termómetro de carátula				
Termómetro de columna				
Trampa de vapor de cubeta				
Trampa termostática de vapor				
Puertas esterilizadoras				
Aislamientos térmicos				
Control automático de presión				



MÓDULO 4:
RED DE DISTRIBUCIÓN



4. MÓDULO 4: RED DE DISTRIBUCIÓN

Requisitos del DS-10 respecto a la red de vapor:

El relator debe explicar que el DS 48, no hacía énfasis a la red de distribución de vapor, hoy el DS 10 establece en un punto específico letra C, del art. 1.

Circuito de Vapor (Ideal y Real):

Es importante destacar que el sistema de distribución de vapor permite llevar el vapor en la cantidad y calidad requerida por el proceso. En este sistema, es importante, contar con buenos procedimientos de operación, operar adecuadamente las trampas de vapor, mantener aisladas las tuberías, equipos y dispositivos, evitar las fugas de vapor y mantener una presión de vapor adecuada.

Al momento de hablar del ciclo ideal partiendo por el equipo que genera el vapor, luego pasa a la red de distribución para llegar al usuario final, retornando el condensado.

Compararlo con el ciclo de vapor real, aquel que posee pérdidas durante el proceso, tales como:

- Pérdidas en combustión.
- Purga de fondo de caldera
- Perdida en distribución
- Condensado no recuperado
- Agua de reposición

69

Preguntarles a los alumnos: ¿por qué creen que ocurren estas pérdidas (¿mantención deficiente?, ¿poca experiencia del operador?). De qué forma podemos recuperar ciertas pérdidas para lograr un ciclo de vapor real.

Línea de Distribución de Vapor:

Explicar en el dibujo de la presentación todo lo que incluye la Línea de distribución de vapor; líneas secundarias, válvulas, trampas, etc. (Apoyarse en los dibujos).

Plantear a los alumnos ¿qué pasa si falla xxx accesorio de la línea de vapor? (Indicar cualquier ejemplo).

Accesorios del Circuito de Vapor según el DS-10:

Los accesorios que indica el DS-10 respecto al circuito de vapor son: las válvulas reguladoras de flujo y reductoras de presión, trampas de vapor, accesorios de observación y accesorios de seguridad.

Es importante explicar cada una de ellas descritas en la presentación, apoyarse con las láminas presentes.

Para el accesorio de las trampas de vapor, explicar su concepto indicado en la presentación y también indicar que sus funciones principales son:

- Drenar condensados.
- Eliminar el aire y otros gases no condensables.
- Evitar pérdidas de vapor.

En cuanto a los purgadores, explicar el concepto de purga:

El agua de alimentación de caldera contiene sólidos disueltos, procedentes de la propia agua y de los productos químicos para su tratamiento. Durante la evaporación, la concentración del total de sólidos disueltos en la caldera aumenta. Si no se controlan, se producirá espuma en el espacio vapor.

Que causan arrastres y la contaminación del vapor transportado por el sistema.

Estos productos se depositan en las superficies de calentamiento y en equipo auxiliar afectando la eficiencia y productividad de la planta. Se puede solucionar el problema manteniendo el nivel del total de sólidos disueltos cercano al recomendado por el fabricante de la caldera, esto se puede conseguir con un control constante de los sólidos.

Los sólidos en suspensión también pueden causar problemas ya que se depositan en el fondo de la caldera. Si no se controlan, eventualmente se acumularían hasta un nivel peligroso. Todas las calderas de vapor incorporan una salida en el punto más bajo para eliminar periódicamente los sólidos precipitados, conocida como purga de fondo. Se requiere una descarga breve y súbita para una eliminación eficiente, que se consigue abriendo una válvula de gran paso que elimina grandes cantidades de agua de caldera. Esta es una solución ideal para la purga de fondo y no se debe confundir con la necesidad de control del total de los sólidos disueltos.

La necesidad de purga de fondo existe una clara necesidad para la purga de fondo y el control del total de los sólidos disueltos, y existen diferentes soluciones para conseguir los mejores resultados para cada uno de ellos.

Aislante térmico:

Respecto a la definición de los aislantes térmicos podemos decir que: “un aislante térmico es un material usado en la industria, caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que el calor traspase los separadores del sistema que interesa con el ambiente que lo rodea. En general, todos los materiales ofrecen resistencia al paso del calor, es decir, son aislantes térmicos. La diferencia es que de los que se trata tienen una resistencia muy grande, de modo que espesores pequeños de material presentan una resistencia suficiente al uso que quiere dársele. El nombre más correcto de éstos sería aislante térmico específico.

Indicar también que este aislante entrega característica de seguridad para el trabajador, impide que exista contacto con las personas que trabajan cercanas a tuberías que transportan vapor y les origine quemaduras por contacto con superficies calientes.

Revisión de la Red de Vapor, Según DS-10

La revisión a la red de vapor indicado en el DS-10, debe quedar registrado en el libro de vida del equipo.

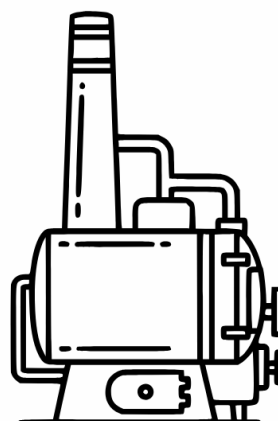
Para explicar lo que indican las láminas, darse apoyo con el art. 52 del DS-10.

En dichas revisiones, se debe considerar tanto lo operacional como lo de seguridad, tales como condiciones de las aislaciones térmicas, fuga de vapor, para ello es importante que la empresa pueda realizar una lista de chequeo para que sea utilizada como una guía al momento de recorrer toda la red de vapor.



MÓDULO 5:

EL AGUA, GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES



5. MÓDULO 5: EL AGUA, GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

CONTENIDOS DE APOYO SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

5.1. Impurezas Del Agua

El agua, que se encuentra en la naturaleza puede contener gran variedad de sustancias disueltas, y sustancias en suspensión.

En el grupo de las sustancias disueltas los principales corresponden a los llamados bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros, óxidos, nitratos, cloruros, sílice y gases.

- a) Bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio $\text{Na}(\text{HCO}_3)$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
- b) Carbonatos sodio, calcio y magnesio Na_2CO_4 , CaCO_4 , MgCO_4
- c) Sulfatos de sodio, calcio y magnesio Na_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4
- d) Nitratos de calcio y magnesio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
- e) Cloruros de calcio y magnesio CaCl_2 , MgCl_2
- f) Óxidos de Hierro Fe_2O_3
- g) Sílice SiO_3
- h) Gases oxígeno, anhídrido carbónico O_2 , CO_2

73

En las materias en suspensión, es decir aquellas que no forman parte de la fase acuosa, o son inmiscibles o bien se encuentran en forma disgregada en el agua lo conforman lodos, arenas, materias vegetales y residuos industriales.

Cuando el agua contiene altas sales principalmente de calcio y magnesio, tales como bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos, produce un mayor consumo de jabón, incrustaciones en calderas, daños a algunos procesos industriales y, a veces, sabor desagradable.

Este tema es de tal importancia dado que las incrustaciones aíslan las superficies de calefacción del agua, provocando un calentamiento excesivo de éstas, las que pueden llegar a perder gran parte de su resistencia sufriendo deformaciones permanentes, roturas y explosiones. Por otra parte, cuando a causa del trabajo propio de la caldera, la incrustación se rompe parcial o totalmente, pone en contacto repentino el agua a presión con la plancha recalentada y por lo tanto debilitada, produciendo un aumento de presión interna tal, que provoca la explosión.

5.2. Dureza Del Agua

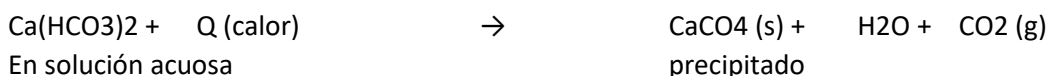
Este concepto de dureza está asociado a la tendencia que tiene el agua a formar incrustaciones, ello según sea la naturaleza de las impurezas contenidas.

Puede determinarse mediante un proceso estándar de titulación o calcularse a partir de los niveles de calcio y magnesio expresados como carbonato de calcio equivalente.

5.2.1. Dureza Temporal

También llamada dureza de carbonatos, por indicar el contenido de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, disueltos en el agua. Se expresa en ppm (partes por millón–mg por litro) equivalentes en carbonato de calcio. Las aguas con durezas temporales altas pueden ablandarse calentándolas o hirviéndolas, pues estas sales precipitan por efecto de bajas solubilidad a altas temperaturas. Así también, de esta manera son eliminados los gases de anhídrido carbónico disueltos en ella.

Ej. Aplicando al bicarbonato de calcio:



5.2.2. Dureza Permanente

Contenido de sales de calcio y magnesio en disolución (sulfatos, cloruros, nitratos) que no sean carbonatos.

5.2.3. Dureza Total

Se llama así a la suma de las durezas temporales y permanentes. La primera es carbonatada, debida a la presencia en las aguas de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. La segunda es la no carbonatada, debido a los cloruros, sulfatos, etc., de calcio y magnesio, debido a todos los aniones, excepto carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio.

No existen límites de aceptación establecidos de dureza del agua, pero comienza a ser considerada problemática cuando alcanza 50 mg/lit.

5.2.4. Clasificación Del Agua Según Su Nivel de Dureza

Agua Blanda	0 hasta 17 mg/lit
Agua levemente dura	17 hasta 60 mg/lit
Agua moderadamente dura	60 hasta 120 mg/lit
Agua dura	120 hasta 180 mg/lit
Agua muy dura	más de 180 mg/lit

5.3. Problemas Derivados De La Utilización Del Agua En Calderas

Se describen a continuación los efectos producidos por las impurezas del agua en una caldera:

- Reducción de la cantidad de calor transmitido (rendimiento de la caldera), debida a la formación de incrustaciones sobre la superficie de caldeo (sulfatos de calcio y magnesio). El rendimiento de la caldera es la relación que existe entre el calor total entregado por el combustible al quemarse y el calor contenido en el vapor.
- Averías en los tubos y planchas
- Corrosión y fragilidad del acero de la caldera
- Formación de espuma y arrastres de agua en cantidad por el vapor
- Costos elevados de limpieza, reparación, inspección
- Perdidas caloríficas por frecuentes purgas
- Rendimiento bajo de los sistemas de transferencia de calor
- Costo adicional en equipos condensadores

5.3.1. Las Incrustaciones

La formación de incrustaciones en el interior de las calderas suele verse con mayor frecuencia y el origen de las mismas está dado por las sales presentes en las aguas de aporte a los generadores de vapor.

Las incrustaciones producen una capa aislante que se adhiere a las superficies de calefacción de la caldera y que dificultan la transmisión del calor entregado por el combustible. Por esta razón los gases no transmiten todo su calor al agua, perdiéndose combustible y disminuyendo el rendimiento.

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 la falla de los tubos ocasionadas por sobrecalentamientos debido a la presencia de depósitos, los 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.

El Reglamento de Calderas establece que: “Cuando en una revisión interior se haya constatado que la capa de incrustaciones de espesor superior al 30% del grosor de las paredes de la caldera, medida en la sección de mayor transmisión de calor, no podrá ponerse en funcionamiento hasta que se proceda a su limpieza, desincrustación y revisión de las instalaciones ablandadoras, las que al ponerse en marcha garanticen la entrega de agua blanda.”

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.

5.3.2. La Corrosión

En las líneas de vapor y condensado, se produce el ataque corrosivo más intenso en las zonas donde se acumula agua condensada. El oxígeno a elevadas temperaturas corroe todas las partes metálicas con las que entra en contacto. El anhídrido carbónico tiene tendencia a producir corrosión cuando produce compuestos formadores de incrustaciones. La corrosión que produce el oxígeno, suele ser severa, debido a la entrada de aire al sistema, a bajo valor de pH.

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.

76

5.3.3. La Fragilidad Cáustica Y Fatiga De Corrosión

Es el resultado de una corrosión no uniforme que conduce a la formación acelerada de grietas en los bordes de las planchas remachadas de las calderas, remaches y porción metálica situada alrededor de las aberturas, en donde el material ha sido sometido a grandes esfuerzos de tracción durante los procesos de fabricación y funcionamiento.

En las calderas soldadas las superficies principalmente afectadas son las situadas junto a los orificios de los tubos. Las averías debidas a la fragilidad cáustica son resultado de las grietas formadas en el metal por el ataque químico y repetidos alargamientos de las partes metálicas, origina grietas según líneas de esfuerzo independientes de las zonas limítrofes cristalinas del metal.

5.3.4. La Formación De Espumas

La formación de espuma, suele ocurrir por dos mecanismos, uno de ellos es el aumento del contenido 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.

En consecuencia, el vapor arrastra espuma y con ello sales y aceites a las líneas de consumo.

5.3.5. Ebullición Irregular

Este fenómeno se presenta cuando existe aceite contaminando el agua en el interior de la caldera.

La fracción de aceites se ubica sobre la superficie del agua, por ser menos densa, lo que impide una ebullición pareja y constante en toda la superficie de líquido en la interfase líquido-vapor.

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 éste 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 cesante 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.

5.4. Sistemas De Tratamientos De Agua

Por lo expuesto, se hace necesario controlar la calidad del agua que es suministrada a la caldera, de tal forma que cumpla ciertos requisitos. Para ello existen distintos tratamientos que se detallan a continuación, que tiene por objeto reducir las impurezas del agua de alimentación. Los requisitos técnicos del agua de alimentación a una caldera y/o autoclave que genera su propio vapor están establecidos en el Decreto Supremo N° 10.

El agua puede ser tratada siguiendo tratamientos de tipo físico, químico, térmico o eléctricos, o bien una combinación de ellos para reducir las impurezas y trabajar con una agua blanda óptima para su utilización en generación de vapor.

5.4.1. Requisitos Técnicos Del Agua De Alimentación

- La turbiedad del agua de alimentación no debe exceder las 10 unidades nefelométricas (10 NTU).
- La dureza total del agua no deberá exceder de 10 partes por millón expresado como Ca CO_3 .
- No debe contener aceites ni sustancias corrosivas. El condensado obtenido de vapor utilizado en diferentes dispositivos de intercambio energético, podrá ser utilizado como agua de alimentación de la caldera siempre que no esté contaminada con aceites o sustancias corrosivas.
- El pH debe ser entre 7 a 11.

5.4.2. Tratamientos Físicos

- a) Filtración: Su objeto es extraer partículas grandes en suspensión. Se realiza antes que el agua llegue a la caldera (externo). Los filtros pueden ser de mallas (pequeñas instalaciones) o de grava y arena.
- b) Desaireación: También llamada desgasificación. Consiste en extraer los gases disueltos (oxígeno, anhídrido carbónico), se consigue calentando el agua de alimentación, proporcionando una gran área de contacto agua-aire (ducha o agitación).
- c) Extracciones o purgas: Consiste en evacuar cierta cantidad de agua desde el fondo de la caldera o del domo, con objeto de disminuir o mantener la cantidad total de sólidos disueltos y extraer lodos (en el caso de purga de fondo). La extracción puede ser continua o intermitente. La magnitud de la extracción depende de la concentración de sólidos disueltos a mantener en la caldera y la del agua de alimentación.

5.4.3. Tratamientos Químicos:

Consiste en suministrar internamente sustancias químicas que reaccionan con las impurezas del agua, precipitando sólidos insolubles o en suspensión, eliminables mediante purgas. Según el objetivo que persiguen, las sustancias se clasifican en:

5.4.3.1. Reductoras De Dureza O Ablandadoras

- a) Hidróxido de sodio o soda cáustica NaOH : El aumento de la alcalinidad del agua genera una precipitación de sales de magnesio.
- b) Carbonato de sodio o soda comercial Na_2CO_3 : Precipita las sales de calcio; es de bajo costo; aumenta la acidez del agua.
- c) Hidróxido de calcio o cal Ca(OH)_2 : Precipita las sales de calcio y magnesio.
- d) Fosfatos de Sodio $\text{Na}_2(\text{HPO}_4)$: Precipita las sales de calcio. Siempre se mantiene en exceso.
- e) Intercambio de Iones: Se utilizan ablandadores naturales o sintéticos (zeolitas o permutitas).

5.4.3.2. Inhibidores De Corrosión

- a) Sulfito de Sodio (NaSO_3): Reacciona con el oxígeno, produciendo sulfatos de sodio. Se utiliza para calderas de presiones menores a 30 Kg/cm².
- b) Hidracina (N_2H_4): Reacciona con el oxígeno produciendo nitrógeno y agua sin producir sólidos disueltos. Apta para calderas de alta presión.
- c) Aminas (NH_x): Utilizadas para el control de la corrosión en tuberías de retorno de condensado (corrosión por anhídrido de carbono).

5.4.3.3. Inhibidores De Fragilidad Cáustica

- a) Nitratos y nitritos de sodio (NaNO_3 - NaNO_2): Deben usarse donde el agua tiene características de fragilidad.

5.4.3.4. Inhibidores De Adherencias Por Lodos

- a) Agentes orgánicos: Taninos, almidones, derivados de aguas marinas. Evitan la formación de lodos adherentes y minimizan el arrastre.

5.4.3.5. Tratamientos Térmicos

Mediante el calentamiento del agua hasta su temperatura de ebullición, se precipitan todos los bicarbonatos en forma de carbonatos insolubles que decantan y se extraen del fondo del economizador, eliminando de esta manera la dureza temporal y los gases disueltos. Este procedimiento no separa la dureza permanente.

5.4.3.6. Tratamientos Mixtos

Consisten en emplear algunos desincrustantes químicos y a su vez calentar el agua eliminando ambas durezas.

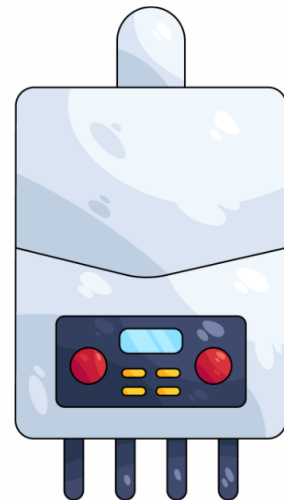
5.4.3.7. Tratamientos Eléctricos

Por este sistema basado en la electrólisis del agua, el zinc en planchas que se aperrnan a tubos de chapas, defiende las planchas de hierro de la acción de las sales incrustantes.

Para este módulo debe apoyarse en el Ds-10, mencionar lo indicado en las presentaciones



MÓDULO 6:
ESTERILIZACIÓN



6. MÓDULO 6: ESTERILIZACIÓN

6.1. Procedimientos De Esterilización

Se entiende por esterilización, la destrucción de cualquier forma de vida. Para fines médicos, la esterilización consiste en la destrucción de cualquier forma de vida patógena, esto es que interesa exclusivamente la muerte de aquellos organismos perjudiciales a la salud del ser humano.

Dentro de la práctica médica, la necesidad de esterilizar los objetivos que se ponen en contacto directo con un paciente, ha sido una preocupación muy antigua, mezclada en ocasiones con procedimientos mágicos pertenecientes a una liturgia religiosa o a una tradición de hechicería.

Muchos libros sagrados antiguos, ponen ejemplos de purificación por fuego que tienen un doble significado: religioso por un lado y de prevención de epidemias por otro. Esta misma práctica o similares, se encuentran en los lazaretos de la edad media, y en las mismas ciudades medievales en épocas de peste, en la que los cadáveres eran enterrados en cal viva o incinerados para prevenir la proliferación del mal.

Todas estas prácticas, sin embargo, no tenían un carácter científico y se utilizaban de manera intuitiva.

La práctica consiste de la esterilización desde un punto de vista estructuralmente médico, se inicia en 1860, con la construcción de un recipiente a presión conocido con el nombre de DIGESTER, que fue construido por DENYS PAPIN, colaborador de ROBERT BOYLE. Posteriormente, CHAMBERLAND construye en 1880, el primer esterilizador de vapor y en 1881 ROBERT KOCH utiliza otro esterilizador a base de vapor sin presión y de ahí en adelante se suceden los más variados tipos de esterilizadores que se utilizan hasta hoy en la práctica quirúrgica y algunos otros tipos de aplicaciones médicas como pasteurización de leche o la esterilización de biberones en el área de gineco-obstetricia.

Otro empleo temprano del calor aplicado a la destrucción de los microorganismos fue el de Pasteur. En 1963 descubrió que el deterioro de la cerveza y el vino podían prevenirse sometiéndose a temperaturas entre 50 y 60° C, por espacio de unos pocos minutos. En 1898, dicho proceso fue adoptado en Dinamarca para la desinfección de la leche. Dicho procedimiento se conoció más tarde como Pasteurización.

Koch se servía de un método de calor intermitente a 100° C, para hacer estériles los medios. Tindall, investigador británico, perfeccionó dicho método, que desde entonces se designa como "tindalización". Alrededor de 1880, Pasteur construyó un aparato parecido a la moderna olla de presión, que era en realidad un primer autoclave en miniatura.

La primera planta completa para la esterilización por presión del equipo quirúrgico en la historia de dicho arte, fue instalada en el Whitbeck Memorial Surgical Pavilion, conectado con el Rochester City Hospital, en Rochester, Nueva York, en el año 1890.

Estos orígenes modestos han conducido a los modernos esterilizadores y autoclaves de nuestro tiempo y maquinaria tan moderna como lavadoras ultrasónicas, con los que se equipan algunos hospitales, consultorios médicos y laboratorios particulares.

El operador que posea un buen conocimiento práctico de los distintos métodos para la destrucción y la eliminación de los microorganismos, así como ideas correctas de cuándo y cómo debe emplearlos, habrá realizado un gran progreso en su profesión, tanto en la sala del hospital como en el quirófano o en la central de esterilización.

6.2. Tipos De Procedimientos De Esterilización

Hasta hoy se conocen y aplican prácticamente diversos procedimientos para lograr la esterilización.

Los más extendidos por orden de importancia son los siguientes:

- Esterilización a base de vapor
- Esterilización a base de aire caliente
- Esterilización en frío a base de vapores o gases (formaldehído u óxido de etileno)
- Esterilización por Peróxido de Hidrógeno en estado de Plasma
- Esterilización por Ácido Peracético

83

6.3. Métodos De Esterilización

Las bacterias pueden ser destruidas por eliminación del agua en las mismas, hasta el punto que todos sus procesos vitales, se detienen por coagulación o solidificación de su masa protoplasmática. Esto se logra a través de la esterilización, entendiendo por esto, el método de lograr la destrucción de los microorganismos patógenos, sopróitos o formas esporuladas presentes en un cuerpo.

La esterilización se puede lograr de varias formas, las más comunes son: por asepsia y por antiasepsia.

Por asepsia, se entiende los medios aplicados para evitar que los gérmenes patógenos se pongan en contacto con el organismo.

Por antiasepsia entendemos los métodos usados para combatir la infección causada por organismos patógenos. No obstante, en técnicas quirúrgicas, se entiende por antiasepsia el conjunto de reglas y procedimientos que se practican para lograr la esterilización del material

médico-quirúrgico y de todo aquello que tenga o pueda tener contacto con el campo operatorio, o lo que es lo mismo, la eliminación teóricamente absoluta de agentes sépticos.

Aplicando estas técnicas se evita en lo posible la contaminación de un cuerpo.

Las principales fuentes de contaminación son:

- El paciente
- El personal
- La ropa
- El aire
- La humedad
- El material médico - quirúrgico

Actualmente se disponen de varios métodos para el proceso de esterilización que básicamente se pueden dividir en:

a) Esterilización por efecto físico

Dentro de los procesos de esterilización por efectos físicos están:

- Esterilización a base de vapor en cualquiera de sus estados
- Esterilización a base de aire caliente.

b) Esterilización por efecto químico

Dentro de los efectos químicos están los procesos en frío, que se hacen con vapores de gases como lo son:

- El óxido de etileno
- Formaldehído
- Ozono, etc.

6.3.1. Esterilización Por Efectos Físicos

Se entiende por esterilización por efectos físicos, aquella en la que intervienen agentes físicos solamente.

Entre ellos el más ampliamente utilizado es la esterilización por calor en cualquiera de sus formas:

- Esterilización por flameado
- Esterilización por calor seco (aire caliente)
- Esterilización por calor húmedo (vapor)
- También existe la esterilización por filtración y por radiación.

6.3.1.1. Esterilización Por Flameado

Es el más efectivo de los métodos de esterilización, pero también el menos práctico, debido a que las prioridades destructivas de la llama dañan los materiales, por esta razón su uso está limitado a objetos pequeños, sobre todo de laboratorio y el material descartable.

6.3.1.2. Esterilización Con Aire Caliente (Pupinel)

Es de mucha importancia para el operador de esterilización entender claramente las limitaciones del aire caliente como agente esterilizante. Deberá hacerse uso de este aire caliente para esterilizar solamente cuando la exposición directa de los materiales o sustancias con vapor saturado es impráctico.

El calor seco en forma de aire caliente es difícil de controlar dentro de límites críticos (exactos), excepto en algunos esterilizadores especialmente diseñados.

El poder de penetración del aire caliente en los materiales es lento e irregular, además de requerir largos períodos de exposición del material en los procesos de esterilización, porque la poca penetración y el efecto destructivo de las altas temperaturas empleadas en el calor seco o aire caliente, es totalmente inapropiado para la esterilización de tejidos textiles y materiales de goma. Por otra parte, ofrece grandes ventajas para la esterilización de instrumentos agudos y de filos cortantes, agujas de inyecciones o jeringas. El calor seco no ejerce una acción corrosiva de los instrumentos como comúnmente se observa con el vapor, ni tampoco deteriora las superficies de cristal de las jeringas.

La acción del calor seco sobre los instrumentos que se someten a este tipo de esterilización, es por conducción. El calor es absorbido desde la superficie exterior de los instrumentos, donde el factor humedad es menor. Una falsa suposición es creer que toda sustancia normalmente en estado líquido o aquellas que se licuen debido al calor, tales como la gelatina de petróleo (vaselina), pueden ser esterilizadas por el proceso usual de autoclave. Aceites minerales, aceites vegetales, suspensiones oleaginosas, grasas y talcos, no tienen suficiente cantidad de agua, y la humedad del vapor no puede penetrar a la sustancia. Los organismos resistentes al calor depositados en estos materiales, serán por supuesto, calentados a la temperatura del vapor circulante, pero careciendo del factor de humedad; la temperatura será entonces, inadecuada para la completa destrucción bacterial en cualquier período práctico de exposición. Por esto, es necesario para la esterilización de anhidros: aceites, grasas y talcos, utilizar el método de aire caliente y seco o su equivalente, con una relación de seguridad de tiempo y temperatura, tomando en cuenta cualquier cambio apreciable de tiempo para la esterilización de una carga determinada.

a) Resistencia de las bacterias al calor seco:

El fenómeno responsable de la amplia diferencia de temperaturas requeridas en los procesos de calor húmedo y seco, se ha explicado sobre la base de los cambios en coagulación, característica de las proteínas ocasionadas por la extracción del agua (deshidratación). En las investigaciones efectuadas, se encontró que varias proteínas se coagularon más rápidamente por calor a bajas temperaturas cuando éstas contenían una cantidad abundante de agua, que cuando se les deshidrataban.

b) Requerimientos para la esterilización con aire caliente:

Es algo dificultoso establecer un tiempo de temperatura para los diferentes materiales que son sometidos al proceso de esterilización con aire caliente, ya que el tiempo y la temperatura dependen de las características del pupinel, como también influyen en el tiempo y temperatura a emplear, la técnica de empaquetamiento de esos materiales a esterilizar. Si no consideramos estos factores, tal vez el tiempo y la temperatura de esterilización empleados no sean los adecuados para la destrucción de los organismos más resistentes. La esterilización con aire caliente y seco es ideal para el instrumental, por las propiedades de conductividad que poseen los metales.

Aunque la máxima temperatura empleada deberá ser registrada para la seguridad del no deterioro en el temple de éstos.

Para materiales tales como la cristalería, se pueden emplear las más altas temperaturas sin el temor al deterioro, aunque por un corto tiempo de exposición

6.3.1.3. Esterilización Por Calor Húmedo

Es el método más usado en los hospitales, debido a que produce mayor volumen de material estéril y destruye en corto tiempo los microorganismos presentes, no dañando el material al ser esterilizado.

El calor húmedo es más penetrante que el calor seco, y usualmente este método es aplicado en cualquiera de las siguientes formas:

- Agua hirviendo
- Vapor fluyendo libremente
- Vapor bajo presión

En la forma de vapor bajo presión, es el mejor medio conocido para el aniquilamiento o destrucción de cualquier forma de vida.

En forma de agua hirviendo o vapor fluyendo libremente, se pueden mantener una temperatura máxima de 212° F (100° C).

En la actualidad en los hospitales se encuentran una variedad de autoclaves y equipos de esterilización que desempeñan una función vital en la protección contra las influencias de las infecciones, tanto para el personal que labora en éstos como para los pacientes, pero dependiendo de las leyes físicas sobre la aplicación y principios para el uso correcto del vapor como agente esterilizante.

Entiéndase por “vapor de agua”, un estado físico del agua en forma de gas. La vaporización no puede sufrir una reducción en su temperatura sin que haya una reducción en la presión, tampoco debe haber aumento de temperatura sin un aumento de presión. Lo que significa que a medida que la presión aumente, la temperatura también aumenta.

a) Como se efectúa la esterilización con vapor

Normalmente el comportamiento del vapor de esterilización en la cámara del autoclave, es el producto de calor más humedad, en el cual el factor humedad juega un papel importantísimo. En investigaciones efectuadas, se acepta que la destrucción y muerte de los microorganismos se alcanza por medios térmicos, por deshidratación de la bacteria o por medio de la coagulación de su masa protoplásmica. Cuando hay humedad presente, este proceso de coagulación se efectúa relativamente a bajas temperaturas, pero en la ausencia de humedad se requerirá una temperatura considerablemente mayor para la destrucción de estos microbios.

El vapor posee la propiedad de calentar los materiales y particularmente posee un gran poder de penetración en los poros de los mismos por el relativo y rápido proceso de la condensación, opuestamente al proceso de esterilización con aire caliente o de cualquier otro gas usado como medio de calentamiento.

Al entregar el vapor todo su calor por el proceso de condensación, toda fibra y poro del artículo en proceso absorberá y contendrá una cantidad de humedad del vapor en proporción exacta a la cantidad de calor absorbido.

El empleo de vapor a presión atmosférica (fluyendo libremente) para la esterilización del instrumental médico-quirúrgico no es recomendable, igualmente el agua en ebullición, ya que ambos ofrecen poca seguridad como microbicida, no debiéndose hacer uso de ellos siempre que se disponga de vapor bajo presión.

Ventajas:

- Rápida penetración y calentamiento en los textiles y otros materiales porosos.
- Destrucción de las bacterias esporosas más resistentes, en corto intervalo de exposición.
- Fácil control de calidad para diferentes materiales y suministros
- No deja residuos tóxicos en los materiales durante el proceso de esterilización
- Es el agente esterilizador más económico.

Desventajas:

- La no eliminación total del aire de la cámara del autoclave influye en la temperatura, disminuyéndola e impidiendo la penetración del vapor, además de ser un factor importante para la difusión y expansión del mismo.
- Posibilidad de que el vapor recalentado disminuya su poder microbicida si el autoclave es mal operado.
- Inapropiado método de esterilización para aceites, anhídros, grasas, talcos, etc.

Para tener un claro concepto de las funciones del vapor en la cámara de esterilización, durante el proceso es primordial conocer el funcionamiento del autoclave, el que se describirá más adelante.

88

La razón por la cual se usa vapor a presión con preferencia al vapor atmosférico, es sencillamente para alcanzar temperaturas más elevadas, la presión de por sí, no contribuye en nada a las cualidades destructivas del vapor. Cuando hervimos agua en un recipiente abierto del cual se escapa vapor libremente, no importa cuán intenso sea el calor que se aplica, la temperatura del agua y del vapor que se escapa, nunca será mayor al punto de ebullición ($100^{\circ}\text{C} = 212^{\circ}\text{F}$ al nivel del mar), y será gradualmente menor según vaya siendo mayor la altitud. El vapor a esta temperatura relativamente baja no destruye todos los microorganismos patógenos, las formas vegetativas corrientes o las esporas.

Sin embargo, esporas como la *C. L. Welchii*, por ejemplo, son mucho más resistentes y soportan una exposición mucho mayor al vapor atmosférico. Por esta razón nunca se debe tratar de esterilizar objetos quirúrgicos como no sea con vapor a presión y a temperaturas muy elevadas.

b) Importancia de la gravedad en la mezcla de aire y vapor

En una cámara de esterilización el aire relativamente frío que se encuentra dentro, es dos veces más pesado que el vapor a temperatura normal para la esterilización.

Esto quiere decir, que al entrar el vapor bajo presión en una cámara esterilizadora que contiene aire, se remontará a la parte superior, mientras que el aire quedará comprimido en la parte inferior. Sin embargo, como es sabido, aunque con dificultad el vapor y el aire acaban por mezclarse y forman un gas uniforme, tras prolongado período, pero este proceso es sumamente incierto. El aire y el vapor son muy adversos al mezclarse entre sí, y esto únicamente después que el aire haya absorbido gradualmente parte del calor que contiene el vapor. El período requerido para la mezcla, depende mucho del carácter de la carga y nunca puede determinarse con exactitud, a menos que se mida directamente la temperatura.

Sea como fuere, los detalles importantes a considerar son:

- Que la presencia del aire reduce gradualmente la temperatura definitiva del vapor, comparada con la del vapor puro a determinada presión.
- Durante todo el período ordinario para la esterilización, la temperatura en la parte inferior de la cámara será mucho menos que en la parte superior, debido a la diferencia de gravedad específica y a la resistencia del aire y el vapor al mezclarse entre sí.

89

c) Calentamiento por el proceso de condensación con vapor saturado

Una interesante propiedad exclusiva del vapor, es su capacidad para penetrar y calentar las sustancias porosas, por el relativamente rápido proceso de condensación en contraste con el lentísimo proceso de absorción de calor, como ocurre cuando se emplea aire caliente u otro gas cualquiera como medio de calentamiento.

El calentamiento por el proceso de condensación emplea el calor latente del vapor.

Cuando el vapor se condensa y se convierte en agua, todo el calor latente que poseía, lo absorben los objetos que lo rodean, este factor es de gran importancia para la completa saturación de objetos a esterilizar, como por ejemplo, telas y tejidos. Al ponerse el vapor en contacto con la capa exterior de la tela, cuya superficie es más fría que el vapor, se cubrirá de un fino rocío, depositando en el material una cantidad infinitesimal de agua, dando origen a la humedad tan necesaria para la destrucción de bacterias y esporas.

Al seguir avanzando el vapor, ya no se condensará en la capa exterior de la tela, porque ya tiene la misma temperatura, sino que la atraviesa y se condensa en la segunda capa y así sucesivamente hasta que la masa entera de la ropa adquiere la temperatura del vapor.

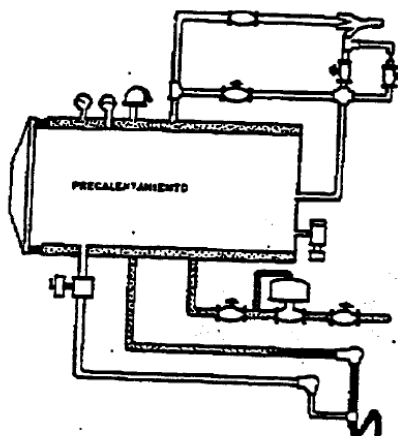
Después de esto, la ropa contendrá humedad (condensación) en cantidad que equivaldría exactamente a la cantidad de calor absorbido del vapor. Alcanzando este punto, ya no se formará más condensación, pero la temperatura de toda la ropa se mantendrá constante a la temperatura del vapor que la rodea.

d) Resumen de un ciclo esterilización en autoclaves

El ciclo de esterilización de los autoclaves puede resumirse de la siguiente forma:

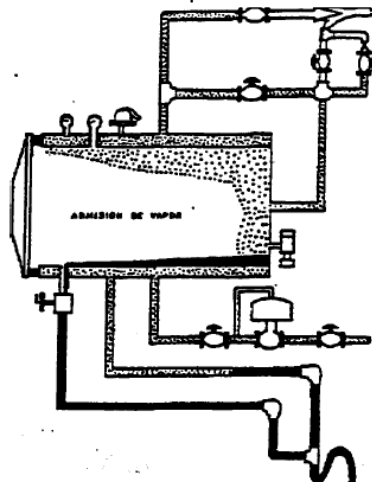
- 1.- Se abre la válvula de admisión de vapor a la camisa precalentando la cámara.

Precalentamiento



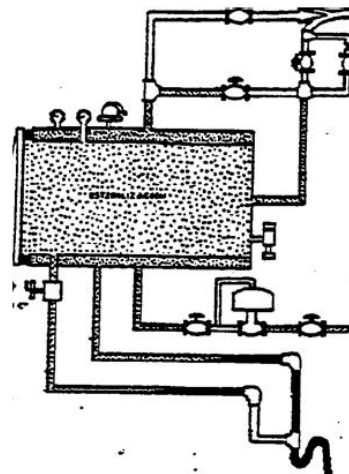
2. Al terminar de salir el aire de la camisa, se abre la válvula que comunica camisa y cámara, permitiendo la entrada de vapor a la cámara.

Admisión de Vapor



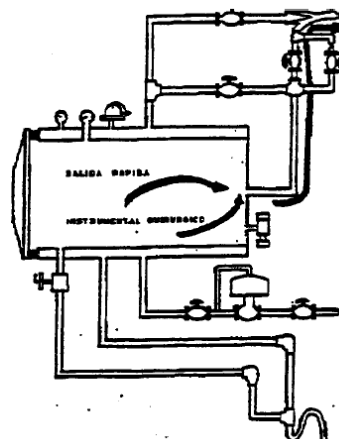
3. Cuando el vapor ocupa totalmente la cámara y el termómetro marca la temperatura establecida empieza el ciclo de esterilización.

Esterilización



4. Al terminar el ciclo se expulsa el vapor de acuerdo a necesidades: lentamente si se trata de líquidos para evitar una descompresión rápida o rápidamente si se trata de otras cargas.

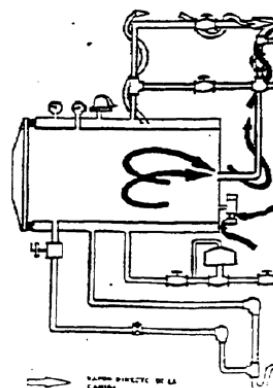
Salida rápida
(instrumental
quirúrgico)
Salida lenta
(líquidos)



91

5. Una vez expulsado el vapor, se abre la válvula que comunica la camisa con la atmósfera. Se produce presión negativa y se realiza el secado por medio de la succión de aire en la cámara.

Extracción vapor
directo de la camisa



En los autoclaves de desplazamiento por gravedad que son los primeros modelos fabricados, el tiempo de penetración es prolongado por una incompleta penetración de aire y por lo tanto los tiempos de esterilización también son mayores. En la actualidad aun cuando funcionan con el mismo principio, facilitan su operación y aumentan el nivel de seguridad por medio de la incorporación de controles automáticos, bomba de vacío y microprocesadores.

6.3.2. Esterilización Por Filtración

Este procedimiento es aplicable a la esterilización de líquidos y gases, especialmente los primeros, cuando el líquido a esterilizar no puede resistir sin descomponerse a la acción de elevadas temperaturas, se aplica el procedimiento de la filtración, que puede realizarse por presión o por aspiración.

Se basa en el pasaje de los líquidos a través de sustancias porosas que detienen a los microbios y miscelas orgánicas, dejando pasar la parte líquida y partículas ultra diminutas.

Los filtros se fabrican en forma de bujías que son cilindros huecos abiertos por una extremidad y cerrados por la otra, de paredes de espesor variable, de porcelana (tipo Chamberland) o de tierra de infusorios calcinada (tipo Berkefeld), o bien en forma de discos que se colocan en aparatos especiales.

92

6.3.3. Esterilización Por Radiación

Este es otro de los métodos físicos de esterilización bastante efectivo para esterilizar ambientes, aunque tiene sus desventajas y limitaciones, ya que para ser esterilizado un material por este método, se requiere la completa exposición de la superficie del material. Los líquidos no se pueden esterilizar por radiación, ya que la luz se refleja y las bacterias se protegen de las radiaciones en las sombras.

Se requiere un largo tiempo de exposición, porque las radiaciones dañan la piel, los tejidos y la vista.

Ejemplo: la esterilización con rayos ultravioleta, etc., por lo tanto hay que proteger la cabeza y el cuello del personal dentro del área en que se esteriliza.

6.3.4. Esterilización Por Efecto Químico

Este método se basa en la esterilización exclusivamente por agentes químicos, y se utiliza cuando el material a procesar no puede ser sometido a la esterilización por calor o cualquier otro método. Estos agentes químicos son bacteriostáticos en su mayoría, y en algunos son bactericidas, la efectividad de ellos depende del tipo de bacterias que se

ataca y del agente que se utiliza, de la concentración del mismo y de la duración del tiempo de exposición.

En comparación con los procedimientos físicos tiene una importancia secundaria. Los antisépticos son considerados venenos protoplasmáticos que al actuar sobre los gérmenes los destruyen. Algunos de ellos ejercen su actividad nociva sobre todas las células, por lo cual se les considera venenos generales; en cambio, otros actúan con eficacia solamente sobre algunas especies bacterianas, mostrándose como venenos específicos.

En microbiología tiene poca aplicación este método de esterilización, ya que para asegurar un buen resultado se necesitan concentraciones elevadas del antiséptico, cuya presencia en los medios de cultivo o recipientes que lo contengan, lo hacen ineptos para el desarrollo posterior de los gérmenes cuyos cultivos se desea obtener. Por estas razones, este método de esterilización se emplea únicamente para la antisepsia de las manos del operador, de locales, mesas de trabajo, jaulas de animales y para destruir los gérmenes que accidentalmente pueden caer en los lugares de trabajo.

6.3.4.1. Esterilización Con Gas Óxido De Etileno

Este método también está incluido en los químicos, pero su estudio merece consideraciones especiales por ser un método relativamente nuevo, basado en los gases “ozono y óxido de etileno”, siendo este último el más utilizado. El óxido de etileno, en sus formas líquidas y gaseosas, tiene la ventaja de esterilizar material sensible a altas temperaturas sin deteriorarlo.

No obstante, éste es un proceso muy complejo, consistente esta complejidad en los factores de tiempo y temperatura. Este método también presenta sus desventajas, se requiere sumo cuidado cuando se esterilizan algunos materiales como plásticos, los cuales son atacados por la mezcla de óxido de etileno.

Algunos medicamentos como la penicilina, estreptomina, son afectados hasta un 35% de su actividad cuando se someten a esterilización con gas. En muchas soluciones hay aumento de PH, tales como en los compuestos de soluciones de sodio cristalizado.

Otro de los problemas que presenta este tipo de esterilización es el efecto residual del gas en los poros del material procesado. Este punto debe ser entendido muy bien por los operadores que trabajan en los hospitales con este gas. Los materiales porosos absorben, lo cual puede ser demostrado con algunos materiales como goma, plástico, etc.

a) Esterilización de instrumental médico-quirúrgico con gas de óxido de etileno

El uso de agentes gaseosos o volátiles usados para la desinfección, ha sido un proceso común por largo tiempo en muchos hospitales. En todo caso su uso como agente esterilizante ha sido muy limitado por su poca habilidad como agente destructor de las esporas bacterianas, y también de su desventaja de los efectos físico-químicos que causa en algunos materiales, así como otras razones.

En investigaciones efectuadas en la búsqueda de un agente de este tipo, con mayor efectividad, se descubrió un compuesto químico, llamado óxido de etileno, con propiedades destructivas, microbial y esporácida, en forma líquida y gaseosa, ofreciendo la ventaja de poder esterilizar material sensitivo a altas temperaturas sin causar deterioro.

La aparición del uso del óxido de etileno como agente esterilizante comenzó en la pasada década.

La importancia de este compuesto como fumigador y pesticida fue reorganizada en los albores del año 1900 y para el año 1929, se descubrieron las propiedades bactericidas que posee.

El interés científico que ha producido la esterilización con óxido de etileno, se ha incrementado, y una serie de publicaciones han sido editadas, en las que se describe el uso de óxido de etileno como agente esterilizador para bacterias esporuladas.

b) Propiedades del óxido de etileno

En forma líquida es incoloro, totalmente soluble en agua a 50° F (10° C), es inflamable en cualquiera de sus dos formas: estado líquido, o gaseoso, formando una mezcla explosiva con el vapor y el aire en una proporción de ignición.

La mezcla del óxido de etileno y aire puede ser encendida por chispa eléctrica, electricidad estática, excesiva temperatura o por condiciones similares a las anteriores.

El óxido de etileno en concentraciones líquidas o diluidas causa quemaduras en la piel, actúa como un vesicante sobre la misma al ponerla en contacto con este gas, formando ampollas de tamaños variables, y posible sensibilización.

En forma gaseosa es moderadamente tóxico, al ser inhalado causa irritación en la piel, ojos y mucosa, como también vértigos, desvanecimientos, vahídos y náuseas.

Un máximo de tolerancia de 100 ppm de óxido de etileno vaporizado en el aire durante 8 horas de exposición es recomendado por la Asociación Manufacturera de Productos Químicos.

c) Acción microbial del óxido de etileno

La destrucción de microorganismos por óxido de etileno es su forma gaseosa o líquida, ha sido establecida por medio de una serie de investigaciones muy profundas. Su acción fue demostrada en laboratorio, bajo condiciones de temperatura, concentración, tiempo y humedad; y su aptitud en la destrucción de virus, mohos y hongos patógenos.

Se ha demostrado la capacidad del óxido de etileno para la destrucción de bacterias termo-resistentes. Las propiedades virucidas del óxido de etileno es de primerísima importancia para aquellos que investigan los virus, tales como Serus Hepatitis (SH) e infecciones prepatitis (IH); se considera que una gran cantidad de infecciones virales pueden ser destruidas como óxido de etileno. Desafortunadamente no se ha podido aislar experimentalmente una colonia de virus de la hepatitis, lo cual obstaculiza la experimentación para determinar la resistencia de los virus y efectos virucidas del óxido de etileno.

Estudios para determinar la reacción específica, por la cual el óxido de etileno no destruye los microorganismos, han estado bastante descuidados. De las muchas teorías que han sido propuestas, la hipótesis comúnmente aceptada concierne al efecto aniquilante del óxido al reaccionar con otros agentes contenidos en las células microbianas.

Algunos investigadores han demostrado que el óxido de etileno o compuestos similares, reaccionan con los núcleos ácidos de los sistemas de enzimas de las células y que la síntesis celular de estos núcleos ácidos es rota por el agente alcalino dando como resultado la inhabilidad de la célula para desarrollar su normal metabolismo o su reproducción. Otros investigadores sugieren una reacción similar, en la cual el óxido de etileno reacciona con ciertos grupos químicos de las células, como es el grupo sulfhídrico amino carboxido u oxihidrido, dando como resultado esta reacción, la alteración normal del metabolismo o alteración del proceso de reproducción de la célula.

No está totalmente definido ni reconocido cuál de estos grupos es afectado primordialmente por el óxido de etileno. Como quiera que sea, se piensa que el grupo sulfidrilo es el más reactivo o susceptible de los componentes.

La aniquilización se produce al reaccionar alguno de los componentes químicos de las bacterias con el óxido de etileno. Al entrar éste en contacto con los componentes, se origina la reacción química, dando como resultado la destrucción o inactividad de la célula. El ritmo de aniquilamiento del organismo es directamente proporcional al de la difusión del gas a través de las paredes de la célula y la habilidad y accesibilidad de penetración del gas en cada uno de los grupos químicos que reaccionan con el óxido de etileno. El ritmo de la destrucción también depende del tipo de célula y si está en estado vegetativo.

Investigaciones efectuadas han demostrado que en la formación de la bacteria esporosa, el grupo sulfidrilo puede ser protegido por el molecular de las proteínas, y la acción esterilizante del óxido de etileno está restringida a otros grupos químicos que no son tan reactivos al óxido de etileno. Si el proceso de aniquilación es aceptado como el modo de acción, la destrucción de los microorganismos por la acción del óxido de etileno se produce como una interferencia química, y probablemente estará estrechamente relacionado con la inactivación de los procesos de reproducción de la célula.

d) Mezclas de óxido de etileno

En forma pura el óxido de etileno no es recomendable para la esterilización en ninguna de sus dos fórmulas, porque es sumamente inflamable y muy tóxico para la salud. Para una mezcla adecuada del óxido de etileno, se recomienda un gas inerte tal como el dióxido de carbono o flúor hidrocarbano.

Las investigaciones realizadas reportan que las mezclas de óxido de etileno y aire, pueden hacerse no inflamables a la temperatura ordinaria en una combinación de 7.15 volúmenes de dióxido de carbono por cada volumen de óxido de etileno.

e) Factores que influyen en la esterilización con óxido de etileno

La esterilización con óxido de etileno es un proceso mucho más complejo que con vapor o aire seco. Esta complejidad se deriva en que además del tiempo y temperatura, los cuales son primordiales en la esterilización con vapor y aire caliente, la concentración del óxido de etileno y humedad son igualmente importantes en la esterilización con gas. La relación de estos factores con el óxido de etileno en la esterilización, y sus influencias en el proceso por este agente serán discutidas más adelante.

- **Temperatura:** La temperatura tiene gran influencia en la eficiente esterilización con óxido de etileno, ya que permite una eficiente penetración y la reducción en el período de exposición. Esto fue demostrado por los científicos, quienes en sus estudios indican que la efectividad del óxido de etileno se incrementa aproximadamente 2.74 veces por cada 10° C de temperatura, en el rango de temperatura de 5 a 37° C, se asume que este coeficiente de temperatura es constante para otros niveles de temperaturas con la misma concentración de óxido de etileno.

En trabajos de esterilización con gas, se usan temperaturas de 49° a 60° C).

- **Concentraciones:** La concentración y la temperatura son esenciales en la esterilización con gas como agentes esterilizadores dentro de la cámara. Para una aplicación práctica de concentración de gas es recomendable 450 mg/litro como concentración mínima, la cual provee una esterilización dentro del tiempo razonable.

Con altas concentraciones de gas, del orden de los 1000 mg/litro, los períodos de exposición pueden ser reducidos casi a la mitad. Concentraciones sobre 1000 mg/litro no tienen incidencia en el tiempo de exposición dentro de la cámara para mantener la concentración de óxido de etileno. Estos factores deben ser controlados cuidadosamente para que el gas se conserve en estado gaseoso.

- **Humedad:** Está establecido que la humedad es un factor de primerísima importancia, para una eficiente esterilización con óxido de etileno. Se ha demostrado que un nivel de humedad entre 20 a 40% es la requerida para la esterilización de esporas aerosol con gas, y que la proporción de destrucción es diez veces más rápida con un 28% de humedad relativa que con un 97% de humedad. Estudios realizados mostraron que de 15 virus animales estudiados, todos fueron destruidos con gas, mientras se encontraban en estado húmedo, ellos al perder humedad por liofilización, resistieron la exposición. Se ha reportado que el bacilo de la tuberculosis fue destruido por gas en la humedad de los esporos, pero subsistió cuando fue suspendida la humedad en ellos. La humedad contenida en un producto orgánico es esencial en la esterilización con óxido de etileno. Se ha establecido claramente que una humedad relativa entre el 20 y el 40% es el punto óptimo para la esterilización con gas de esporas aerosol, como también indican que una humedad por

debajo de 20% y sobre 65% reduce las propiedades esterilizantes del óxido de etileno.

- **Tiempo:** La esterilización con óxido de etileno no es un proceso instantáneo, por lo que está sujeto a diversos factores específicos, por ejemplo, la temperatura afecta al porcentaje de difusión y penetración del gas a través de los paquetes. Con las bajas temperaturas en la cámara, se requiere de un largo período de exposición de las cargas. Los paquetes de materiales tienen diferentes características de permeabilidad y de humedad al gas; alta contaminación del material o material sólido, necesitan largos períodos de exposición, como también de limpieza; baja concentración de gas, también requieren largos períodos de exposición. El grado de secamiento del material contaminado afecta el tiempo de esterilización.
- **Consecuencias:** La utilización de los factores mencionados pueden ser útiles para algunos artículos pero, quizás no sean adecuados para otros, por lo que los períodos de exposición tienen que ser determinados experimentalmente por prueba o error de la utilización básica para determinar el requerimiento del tiempo de exposición.

98

f) Limitaciones en la esterilización con óxido de etileno

Aunque el óxido de etileno es la mejor forma de esterilización con gas para materiales sensitivos a altas temperaturas, también presenta sus desventajas o limitaciones, las cuales requieren sumo cuidado cuando se esteriliza con gas. Algunos materiales como plásticos, acrílico y polietileno, son atacados por la mezcla de óxido de etileno y flúor hidrocarbonado, particularmente aquellos que contiene Freón 11.

Algunos medicamentos, tales como la penicilina estreptomycin son afectados en un 35% de su actividad cuando se someten a esterilización con gas, en muchas de las soluciones hay un aumento de PH, tales como los compuestos por yoduros de sodio cristalizados.

g) Residuos del óxido de etileno

Uno de los más graves problemas y desventajas de la esterilización con óxido de etileno, es el tiempo requerido para la disipación del gas residual en poros del material expuesto a este proceso. Este punto debe ser muy bien entendido por los operadores que trabajan en los hospitales. El material que es muy poroso absorbe, lo cual puede ser ampliamente demostrado con materiales tales como textiles, gomas y plásticos; no existirán problemas si este gas no tuviera gran rango de toxicidad, y si pudiera removerse en poco

tiempo de los artículos, pero infortunadamente, estudios realizados han demostrado que residuos de óxido de etileno persisten en los poros de los objetos por horas, inclusive por días. Se han encontrado concentraciones de gas hasta de 4% después del proceso, persistiendo estas concentraciones hasta por 5 horas.

h) Ciclo de esterilización con óxido de etileno

La esterilización por óxido de etileno es normalmente efectuada en un envase presión o cámara de esterilización, las que pueden ser de varios tipos, bien a presión atmosférica o presiones elevadas, por períodos cortos razonables de exposición con temperaturas de 49 a 60° C y concentraciones de óxido de etileno que van desde los 600 a 800 mg./litro.

Continuando con la investigación de los métodos más efectivos y rápidos para la esterilización con gas o esterilización gaseosa, recientemente fue desarrollado un proceso en el cual la esterilización puede ser realizado en un tiempo mucho más corto que el normalmente requerido.

Este proceso consiste en introducir vapor dentro de una cámara de esterilización a una presión preseleccionada.

Una mezcla (12% de óxido de etileno y 88% de gas hidrocarburo halogenado) es introducida para proveer una concentración de óxido de etileno de aproximadamente 720 mg./litro. Un período de exposición de 1 ¼ horas, es suficiente para la esterilización, seguido por el escape y evacuación de la cámara, aproximadamente 26 pulgadas de vacío (26 pulg.Hg.). Aire fresco filtrado, a la presión atmosférica, es admitido por la cámara, siendo expulsado nuevamente. Aire filtrado se admite en la cámara a presión atmosférica para aireación de la carga. El total de tiempo para el ciclo completo es aproximadamente de 2 ½ horas.

La ventaja elemental de este proceso consiste en el rápido calentamiento del material a la temperatura deseada de esterilización: 54° C $\pm$ 3° C.

La humedad contenida tanto en la cámara como en la carga, es elevada durante el ciclo de esterilización, la cámara a una humedad relativa de 80 a 90% y la de la carga de 60 a 75%. Si bien este rango de humedad relativa es un poco más alta que la normalmente aceptada (30 a 50% de humedad relativa) para la esterilización gaseosa, se ha encontrado que estas condiciones no afectan esencialmente la acción esterilizadora del óxido de etileno. Materiales de envoltura y empaques tales como el polietileno (de 3 a 4 ml. de espesor), papel y paños de muselina pueden emplearse para este proceso; sin embargo, los últimos dos son preferibles, la razón de esto, se basa en que la humedad residual en el papel o muselina, se disipa más

rápida que aquella de los artículos envueltos en polietileno. El uso de este proceso en los hospitales ha indicado que la exposición de algunos instrumentos sensibles a la humedad, pueden ser afectados por el alto contenido de humedad dentro de la cámara. Esta posibilidad se observa dentro de las limitaciones inherentes a todos los procesos de esterilización.

6.3.4.2. Esterilización Con Formaldehído

El formaldehído esteriliza a temperaturas entre 60 y 80°C. La esterilización se produce por acción de formaldehído en presencia de vapor saturado. La presencia de vapor saturado es indispensable para que se produzca la esterilización. Elimina los microorganismos por alquilación.

El ciclo de esterilización consiste en evacuación del aire de la cámara seguido por introducción de vapor a baja temperatura y gas de formaldehído por un sistema de pulsaciones logrando una suspensión homogénea. Posteriormente el gas se remueve de la carga mediante aire y vapor a presión en forma alternada. Finalmente la carga se seca por vacío. En la última fase el aire y vapor extraen el formaldehído residual. Requiere equipos especiales.

El formaldehído se presenta en forma líquida y con la acción del proceso de esterilización se volatiliza y es retirado del material a través de una serie pulsátil donde se introduce vapor. La concentración de formaldehído que se utiliza depende del diseño de los equipos. Los equipos más nuevos operan con concentraciones de formaldehído bajas, entre el 2 y 3%. Equipos más antiguos operan con concentraciones mayores hasta el 35%. La duración de los ciclos es inversamente proporcional a la temperatura.

En ciclos de 60°C dura alrededor de 3,5 horas.

La esterilización por formaldehído ha sido aprobada para su utilización en Europa. El Instituto de Normalización Alemán ha especificado en la norma DIN 588948 las pruebas de eficacia, los controles biológicos y los requisitos técnicos requeridos para el proceso. No ha sido aprobada por la FDA para su utilización en Estados Unidos.

Toxicidad: El formaldehído es un producto tóxico considerado cancerígeno potencial y mutagénico.

El contacto del agente con la conjuntiva puede causar daño permanente en la córnea. Por otra parte concentraciones ambientales muy bajas (entre 0.1 y 5 ppm) pueden causar irritación ocular y en el tracto respiratorio. Concentraciones mayores (10 a 20 ppm) pueden causar tos, opresión precordial, taquicardia y cefalea. Exposiciones de entre 50 y 100 ppm pueden causar edema pulmonar, neumonía y muerte. Además las exposiciones repetidas aún a

concentraciones bajas pueden producir sensibilización en algunas personas produciendo reacciones asmáticas.

Por lo anterior los equipos deben controlar la exposición al formaldehído. La concentración ambiental máxima permitida es de 1 ppm en 8 horas de trabajo. El formaldehído residual en los materiales también representa un riesgo de toxicidad para los pacientes que estarán en contacto con ellos. Los límites permitidos son de 5ug/cm² en instrumental y de 0,13ug/cm² en tubos de silicona o PVC.

Los hospitales donde se utilice formaldehído como agente esterilizante deben efectuar al menos anualmente mediciones de formaldehído ambiental y residual en los materiales. Está prohibida la esterilización con formaldehído en ausencia de equipos e instalaciones adecuadas (Circular 3F/27 del 25 de abril de 1990).

6.3.4.3. Esterilización Por Ácido Peracético

El ácido peracético es un agente químico oxidante soluble en agua, efectivo en forma rápida contra un amplio espectro de microorganismos a bajas concentraciones.

Tiene poder bactericida, fungicida y esportada. No deja residuos tóxicos. Se ha utilizado desde hace años como desinfectante de alto nivel.

Elimina microorganismos por acción oxidativa en los enlaces sulfidrilos y sulfúricos, en las proteínas y enzimas de los microorganismos, produciéndose ruptura de la pared celular.

En la última década se han desarrollado dos tecnologías de esterilización que utilizan ácido peracético.

En una se utiliza el agente en estado líquido y en la otra en estado plasma. El ácido peracético es muy corrosivo para los instrumentos, situación que ha sido superada por las nuevas tecnologías, combinándolo con químicos anticorrosivos. El agente es inestable por lo que no puede ser reutilizado.

La exposición del personal a altas concentraciones puede producir daño tisular tanto en piel como en mucosas especialmente con exposición repetida.

Las tecnologías actuales de esterilización están diseñadas para que no exista exposición al producto concentrado y mínima exposición al producto diluido.

Esterilización con Ácido Peracético Líquido: El método está diseñado para la esterilización de artículos médicos sumergibles tales como los endoscopios y laparoscopios. El equipo para estos efectos controla automáticamente el ciclo (concentración del desinfectante, temperatura y tiempo) y enjuaga el material con agua estéril. El sistema fue aprobado por la FDA en 1988. Los materiales son esterilizados dentro de contenedores que pueden utilizarse como empaque para la conservación del material. El proceso tiene una duración total de 30 minutos a una temperatura entre 50 y 56° C. El material no requiere aireación y puede ser utilizado inmediatamente terminado el ciclo.

El equipo puede ser monitorizado a través de indicadores químicos y biológicos. Para la esterilización se utiliza ácido peracético líquido al 35% que queda a una concentración final del 0,2%. El concentrado se diluye automáticamente dentro del esterilizador con agua de la red que pasa por un proceso de filtración. Al final del proceso el esterilizante usado puede ser eliminado directamente al alcantarillado. (Mari Margaret Reichert Sterilization Technology, pag. 233)

El esterilizador cuenta con un microprocesador que controla las etapas del proceso. El esterilizante está contenido en un recipiente sellado de un solo uso, compuesto por el ácido peracético al 35% y un compuesto químico anticorrosivo.

6.3.4.4. Esterilización Por Peróxido De Hidrógeno En Estado De Plasma

El Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) es un agente químico que se ha utilizado por muchos años como desinfectante de alto nivel.

El plasma constituye un cuarto estado de la materia diferente al líquido, sólido o gaseoso. Está compuesto por iones reactivos, electrones y partículas atómicas neutras. Este estado de la materia se puede producir en forma espontánea en la naturaleza como es el caso de la aurora boreal o en forma artificial a través de altas temperaturas o un fuerte campo eléctrico o magnético. El equipo esterilizador opera mediante inyección de peróxido de hidrógeno a 58% y producción de plasma a partir de este agente por medio de emisión de energía de radiofrecuencia que crea un campo electromagnético en la cámara. Elimina los microorganismos por oxidación. Esteriliza a no más de 50°C de temperatura en un ambiente de muy baja humedad lo que favorece la esterilización de material termolábil o delicado. El método fue aprobado por la FDA en 1993.

La esterilización por peróxido de hidrógeno se realiza en equipos automáticos donde las variables de presión, concentración de H_2O_2 , número de ciclos, tiempo, temperatura son controladas por un microprocesador integrado al

equipo. El operador sólo activa el inicio y posteriormente certifica si el proceso pasó por las etapas correspondientes.

El ciclo de esterilización consiste básicamente en las siguientes etapas:

- **Vacío inicial:** Después que los artículos son colocados en la cámara se extrae el aire, dejándola a una presión uniforme en cada uno de sus puntos. Tiene una duración aproximada de 25 minutos.
- **Inyección de Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂):** El agente químico se libera de una ampolla que contiene 1,8 cc a una concentración de 58% en estado líquido en una o dos etapas y se vaporiza en la cámara.
- **Difusión:** Contacto de H₂O₂ con la carga a esterilizar.
- **Plasma:** Se activa un campo magnético (radiofrecuencia), que transforma la molécula de H₂O₂ en plasma.

Los tiempos totales del ciclo dependen del modelo a usar y fluctúan entre 54 minutos para una cámara de 100 litros y 45 minutos para una de 50 litros.

Al finalizar el ciclo se corta la radiofrecuencia y se vuelve a la presión atmosférica por la introducción de aire filtrado. Estas etapas se repiten en una segunda fase.

Es compatible con la mayoría de los materiales de uso médico. No son compatibles con el método los derivados de la celulosa como el papel, género, lino, ni tampoco líquidos y polvos. El peróxido de hidrógeno es proporcionado al equipo a través de envases sellados que son abiertos dentro del equipo como parte del ciclo sin posibilidad que se ponga en contacto con el operador.

103

Para la esterilización de lúmenes de hasta dos metros de largo y entre 1 y 3 mm. de diámetro, existe un sistema denominado por los fabricantes “intensificadores de plasma”, los que se acoplan en un extremo del lumen con el fin de adicionar peróxido de hidrógeno y ponerlo en contacto con el lumen para lograr su esterilización. El sistema de intensificadores ha sido aprobado en algunos países. No ha sido aprobado por la FDA para uso en Estados Unidos.

No se debe utilizar plasma en ninguna circunstancia para lúmenes de diámetro menor a 1 mm y largo mayor a 2 mts.

La exposición ocupacional a H₂O₂ está regulada por el Decreto Supremo N° 594 del Ministerio de Salud con un límite permisible ponderado de 0,8 ppm. En el caso de la esterilización por plasma de H₂O₂ en los equipos al finalizar el ciclo de esterilización éste último se descompone en oxígeno y agua por lo que no se requiere monitoreo ambiental.



MÓDULO 7:
PREVENCIÓN DE RIESGOS



7. MÓDULO 7: PREVENCIÓN DE RIESGOS

Las calderas y generadores de vapor son considerados equipos críticos, porque cuando fallan, su detención puede afectar en un gran porcentaje o en forma total a la producción y/o crear un riesgo grave para la vida de las personas.

Por esta razón, una de las responsabilidades más importantes del operador de una caldera o generador de vapor, es lograr que su equipo funcione en forma segura. Solo de esta manera podrá evitar accidentes.

7.1. Concepto De Accidente

El operador debe tener claro el concepto de accidente desde el punto de vista de la prevención de riesgos.

Definición: "Accidente es todo hecho o acontecimiento, no deseado que interrumpe un proceso normal de trabajo y que puede o no producir daños a la propiedad o lesión al trabajador".

Las lesiones son sólo una de las consecuencias de los accidentes. Hay además una gran cantidad de éstos que dan como resultado el deterioro de equipos, máquinas, instalaciones, etc., o que la consecuencia es tan sólo una pérdida de tiempo.

105

7.2. Consecuencias De Los Accidentes

Como se deduce de la definición de accidente, sus consecuencias pueden ser:

- Lesiones a las persona.
- Daño a la propiedad (máquinas, equipos, etc.).
- Pérdida de tiempo.

Estas consecuencias de los accidentes afectan de diferentes formas tanto al propio trabajador y su grupo familiar, como a la empresa y a la economía nacional.

7.3. Causas De Los Accidentes

No existen accidentes como producto del azar, la mala suerte, o una casualidad, como mucha gente equivocadamente cree.

Para los accidentes, como para cualquier otro fenómeno, rige la "ley de causalidades". Esta ley establece que:

"Nada ocurre a menos que exista para ello una causa bien definida que la provoque".

En otras palabras:

"No hay efecto sin causa".

De acuerdo a esto:

"Todos los accidentes ocurren porque existen una o más causas que los provocan".

Las causas de accidentes pueden tener su origen en:

- El hombre (trabajador).
- El medio ambiente (entorno del trabajador).

Cuando las causas provienen del hombre se denominan acciones inseguras.

Cuando las causas provienen del medio ambiente reciben el nombre de condiciones inseguras.

7.4. Acciones Inseguras

Son todos los actos u omisiones que desvían al trabajador de la manera normalmente aceptada como segura para efectuar un trabajo. Por ejemplo:

- No probar válvulas de seguridad en cada turno.
- Abandonar la sala de calderas sin aviso.
- No informar fallas.
- Reencender calderas sin usar antorchas.
- Variar regulación de las válvulas.
- Inutilizar accesorios de control.
- Otros.

Por lo general, el trabajador comete acciones inseguras porque:

- No sabe hacer su trabajo en forma correcta.
- No puede hacer su trabajo en forma correcta.
- No quiere hacer su trabajo en forma correcta.

No sabe: el trabajador no tiene, en este caso, los conocimientos suficientes, ya sea porque:

- No se le ha enseñado.
- Recibió instrucción incompleta.
- Recibió instrucción inadecuada.

La falta de conocimiento lleva al operador a cometer muchos errores, no respetar las instrucciones y reglamento, etc.

No puede: muchos operadores saben hacer su trabajo en forma correcta, pero no pueden hacerlo.

Es el caso típico de las personas que tienen sólo conocimientos teóricos o que carecen de habilidad para hacer las cosas correctamente.

No quiere: hay operadores que saben y pueden hacer las cosas bien, pero simplemente no quieren hacerlo así. Les gusta correr riesgos, actúan negligentemente y con irresponsabilidad.

Estas actitudes se manifiestan no dando aviso oportuno de las fallas que se detectan en el equipo y accesorios, despreocupándose por el equipo a su cargo, etc.

Trabajar correctamente es...

...trabajar con seguridad.

7.5. Condiciones Inseguras

Son condiciones o circunstancias físicas peligrosas que pueden permitir directamente que se produzca un accidente.

Algunas de las condiciones inseguras más comunes en la operación de calderas son:

- Caldera en mal estado.
- Accesorios en mal estado.
- Falta de accesorios.
- Instalación defectuosa.
- Agua de alimentación sin tratamiento.
- Otras.

107

Hay también condiciones inseguras que son consecuencias de:

a) **Diseño**

Cálculo inadecuado de espesores y calidad de planchas, remaches y tubos.

- Soldaduras de mala calidad.
- Empleo de accesorios inadecuado o de mala calidad.

b) **Construcción**

- Mano de obra no especializada.
- Fallas en la supervisión.
- Uso de material fuera de normas.

c) **Instalación**

- No se respetan las normas indicadas en la legislación vigente.

La forma más efectiva de lograr que la caldera se encuentre siempre en buenas condiciones de funcionamiento es a través de un buen programa de mantención preventiva.

Es importante que se lleve al día el libro de vida, registrando en él, todas las reparaciones y tratamientos realizados.

En general podemos decir que como las etapas de diseño, construcción e instalación son, en cierto modo, ajenos a la empresa, el usuario de las calderas y generadores de vapor, es responsable de:

- La calidad de los operadores.
- El mantenimiento del equipo.
- Su buen funcionamiento.

7.6. Situaciones De Peligro En Las Calderas Y Generadores De Vapor

Existe una serie de situaciones o fallas que son más típicas o comunes en la operación de las calderas y generadores de vapor. Cada una de estas situaciones representan un peligro y el operador debe saber cómo enfrentarse a ellos.

En general, tiene que entender y aplicar la fórmula de prevención de riesgos, que dice:

- Reconocer el riesgo.
- Entender la defensa.
- Actuar a tiempo

En cada una de las situaciones que señalamos a continuación, el operador de caldera debe aplicar esta fórmula de prevención.

108

7.6.1.Falta De Agua En La Caldera O Generador De Vapor

Representa un peligro que puede ser muy grave.

Se detecta esta falla al observar que el agua en el tubo de nivel no alcanza a aparecer, o bien, marca bajo lo normal.

Esta situación puede deberse especialmente a:

- Descuido del operador.
- Falla de la bomba de alimentación.
- Pérdidas de agua en la línea de alimentación.
- Obstrucción del tubo de nivel.
- Fuga en las válvulas de extracción o de purgas.

Para evitar que el tubo de nivel dé informaciones falsas...

“El operador de la caldera o generador de vapor, debe purgarlo todos los días para eliminar los barroos o impurezas que se acumulan en las uniones”.

Cuando el nivel de agua está bajo la señal que indica el nivel mínimo de funcionamiento, muchas partes de la caldera pueden quedar expuestas al calor del fuego sin tener la protección del agua. En este caso, la temperatura del material se eleva y disminuye su resistencia.

“Si el calentamiento es excesivo, la parte expuesta puede romperse y provocar una explosión”.

Tome las siguientes medidas cuando compruebe falta de agua en la caldera:

- Si el nivel ha bajado tanto que puede ser peligroso el funcionamiento de la caldera, apáguela tan rápido como lo permita la seguridad de la instalación.
- Si la bomba o inyector estaban alimentando la caldera, déjela seguir funcionando. En caso contrario, no los haga funcionar.
- Si la caldera quema petróleo o carbón pulverizado, pare los quemadores.
- Abra todas las puertas o aberturas para que la caldera se enfríe.
- Cierre la válvula principal de vapor para evitar caídas bruscas de presión.

7.6.2.Exceso De Agua En La Caldera O Generador De Vapor

El exceso de agua en la caldera o generador de vapor hace disminuir su rendimiento; al disminuir la cámara de vapor entregará vapor más húmedo.

109

El exceso de agua puede ser causado por mala regulación, por cambios de carga muy rápidos o por la presencia de aceite en la caldera.

“El operador debe estar atento a cualquier cambio y actuar a tiempo para mantener el nivel de agua dentro de los niveles normales”.

Cuando tenga exceso de agua, aumente la frecuencia de las purgas y la cantidad de agua purgada en cada operación.

Si el problema se repite frecuentemente, informe para que se investigue la causa y se corrijan las condiciones de funcionamiento.

7.6.3.Fallas De Tubos

Las fallas en los tubos, especialmente en las roturas, si son grandes, pueden significar un problema grave. Las consecuencias variarán según sea la magnitud del daño, el tipo de tubo que se rompa y el lugar en que se rompa.

Estas fallas pueden deberse a:

- Antigüedad de la caldera o tubos.
- Tiempo de servicio.
- Mantenimiento deficiente.

- • Descuido o inexperiencia del operador.
“El operador de caldera o generador de vapor, debe preocuparse de que se realice un buen tratamiento de agua y evitar recalentamientos. Ello permitirá que los tubos se conserven en buen estado”.

En caso que llegue a producirse esta falla en los tubos, haga lo siguiente:

- a) Cierre el suministro de combustible.
- b) Cierre la válvula principal de vapor para evitar que se vacíe el sistema.
- c) Abra la válvula de seguridad para eliminar presión (en caso de sobre calentador abra conexión a línea de vapor para evitar recalentamiento).
- d) Cierre el registro de aire.
- e) Si el tiro forzado está funcionando, aumente la velocidad para expulsar vapor por la chimenea y evitar que el vapor invada la sala.
- f) Continúe la alimentación de agua hasta después que se apaguen los fuegos, para evitar recalentamiento de la superficie de calefacción.
- g) Mantenga el nivel de agua adecuado. Una vez que la caldera se enfríe, revise y dé aviso de inmediato.

7.6.4. Retroceso De La Llama

Cuando hay retroceso de la llama, el operador puede sufrir serias quemaduras. En general ocurre cuando, en un momento dado, la presión en el lugar es mayor que la presión en la sala de caldera.

Esto puede deberse a:

- Explosión de una mezcla de gas con aire en la chimenea o en el hogar.
- Caída de presión en la sala de caldera.
- Fallas del tiro forzado.
- Aberturas de puertas en la sala de caldera en forma brusca.

El retroceso de llama es más común que ocurra cuando se está prendiendo un quemador.

Para evitar el retroceso de la llama tome las siguientes precauciones:

- No permita acumulación de petróleo en el hogar.
- Si el fuego se embana (se corta el combustible accidentalmente) corte el petróleo y sopletee a través del hogar aire antes de volver a encender.
- Nunca encienda de nuevo el quemador usando el calor del hogar. Use una antorcha.
- Evite el humo blanco (exceso de aire), ya que éste puede formar una mezcla explosiva con el hollín o gases.
- Adopte una posición correcta al usar la antorcha de encendido. De esta manera no saldrá afectado en caso de retroceso de la llama.

7.6.5.Vibraciones En La Caldera

Las vibraciones y fogonazos tienden a soltar el material refractario, ductos, etc. y a producir escapes de aire.

La causa más común es la deficiencia de aire, aunque hay también causas más complejas que producen el mismo resultado. Estas causas deben investigarse.

También ocurre por mezclas incorrectas de aire y combustible producidas por el funcionamiento y velocidad de los tiros de aire forzado. En menor grado, afecta también la regulación de los registros de aire.

“Mantenga siempre una adecuada relación aire combustible”.

7.6.6.Formación De Hollín

El resultado de la formación de hollín puede ser exceso de humo y mayor gasto de combustible. Se debe a partículas de combustible que no han sido quemadas y que se depositan en:

- Los tubos.
- Los revestimientos del hogar.
- Los refractarios.

111

Las causas más comunes son:

- Puertas de registro muy cerradas
- Atomizador sucio o mal cerrado.
- Poco aire.

7.6.7.Rotura Tubo De Nivel

La rotura de los tubos del nivel puede significar un peligro de quemadura para el operador. Como es fácil de suponer también habrá escapes de vapor y de agua que harán bajar el nivel.

Las causas principales de estas fallas son:

- Vidrios de mala calidad.
- Vidrios de longitud mayor que la necesaria.
- Tubos debilitados por trizaduras.
- Filtraciones o enfriamientos bruscos.
- Golpes.
- Instalaciones incorrectas.

“Cuando se rompa el tubo de nivel, cierre rápidamente las llave de paso que comunican el tubo con la cámara de vapor y de agua, mientras los cambian. Siempre deben tenerse un tubo de repuesto a mano”.

7.6.8. Aumento Repentino De La Presión

El aumento repentino de la presión puede llegar a provocar una explosión en la caldera. Se trata de una situación grave, donde el operador de la caldera debe saber actuar bien y a tiempo.

El aumento de la presión sucede generalmente cuando aumenta el consumo de combustible bruscamente cuando hay descuido del operador y exceso de combustible en el hogar.

Cuando se enfrente a este problema, haga lo siguiente:

- Disminuya el tiro cerrando parcialmente el registro o templador y abriendo un poco la puerta del hogar.
- Si el nivel lo permite, inyecte agua a la caldera.
- En el caso de quemadores de petróleo, corte el suministro de combustible, agregue agua y abra un poco la puerta del hogar.

112

7.6.9. Bajada Rápida De La Presión

Este problema trae como consecuencia una mala producción de vapor. Puede ser por descuido del operador en la alimentación de combustible o por exceso de alimentación de agua.

Cuando tenga una disminución rápida de la presión.

“Reactive el fuego y corte el suministro de vapor si es necesario”.

7.6.10. Incendios En La Sala De Caldera

Lo importante es que el operador sepa cómo evitar que se produzca un incendio en la sala de caldera.

Algunas recomendaciones:

- Mantenga la sala limpia de desperdicios y basuras.
- Mantenga el piso limpio, sin derrames de combustible.
- Mantenga fuera de la sala los estanques de combustibles líquidos y en el lugar adecuado los combustibles sólidos.
- Mantenga funcionando la caldera sin exceso de combustible.

- Mantenga interiormente la caldera limpia de hollín.
- No permita acumulación de petróleo en el hogar
- No encienda quemadores aprovechando el calor del hogar
- No seque ropa en las cercanías de la caldera.
- Mantenga en la sala sólo los equipos y accesorios estrictamente necesarios.
- La sala de calderas es exclusiva para la caldera y sus accesorios.

7.6.11. Explosiones De Calderas Y Generadores De Vapor

Las explosiones de calderas y generadores de vapor, son accidentes que producen grandes daños de todo tipo, tanto material como lesiones a las personas. Muchas muertes pueden ocurrir con una sola explosión.

El exceso de presión y la fatiga de materiales hacen que los trozos de metal salten a gran distancia y con mucha fuerza. Las estadísticas sobre explosiones de calderas determinan que las causas principales son las siguientes:

- Falta de agua en la caldera (nivel bajo).
- Falla de accesorios de seguridad, válvulas inadecuadas o pegadas.
- Negligencia o ignorancia del operador.
- Mezclas explosivas en los conductos humo.
- Incrustaciones formadas por el depósito de sales de agua actúan como aislantes; dejan planchas sometidas al calor y sin el contacto con el agua. Las planchas se recalientan, pierden resistencia, no son capaces de resistir la presión y se produce la explosión.
- También pueden producirse desprendimiento de planchones, de incrustaciones y evaporaciones instantáneas que la caldera no resiste.

“El operador de calderas que conoce bien su equipo, sabe qué hacer en situaciones de emergencias, actuará responsablemente y a tiempo, evitando que se produzcan explosiones”.

7.7. Química Del Fuego Y Métodos De Extinción

El operador de calderas y generadores de vapor, también debe estar en condiciones de actuar cuando se produce un incendio.

El fuego se produce cuando algo arde en presencia de aire, produciéndose llama y/o calor intenso.

Además se necesita de cierta temperatura para que algo comience a arder. Es decir, para que se produzca fuego se requiere la presencia de un combustible (material que arde), aire (oxígeno) y calor, en proporciones adecuadas. Esto se ha presentado por el llamado triángulo de fuego.

Para apagar un fuego o incendio, basta con separar uno de estos elementos de los dos restantes. Esto es:

- El calor puede ser eliminado por enfriamiento.
- El oxígeno puede ser separado por sofocación, es decir, aislando el fuego del aire.
- El combustible puede ser segregado, es decir, retirado de la zona donde está el fuego.

7.7.1. Clases De Fuego

Según la norma chilena NCh-934, el fuego se clasifica de acuerdo al material combustible que arte, en:

- **CLASE A:** Materiales tales como madera, papel, textiles, cartón, etc. Se caracterizan porque dejan brasas.
- **CLASE B:** Se producen combustibles líquidos inflamables tales como: aceite, pinturas, gasolina, etc.
- **CLASE C:** Es de origen eléctrico.
- **CLASE D:** Se produce en elementos metálicos o no metálicos como: sodio, potasio, aluminio, etc.

114

7.7.2. Agentes Extintores

Son elementos o sustancias que sirven para apagar fuegos. Según el tipo de fuego se tiene:

Fuegos Clase A:

- Agua a presión.
- Espuma química.
- Soda-ácido.
- Polvo químico multipropósito.

Fuegos Clase B:

- Anhídrido carbónico.
- Polvo químico seco.
- Espuma química.

Fuegos Clase C:

- Anhídrido carbónico.
- Polvo químico seco.

Fuego Clase D:

- Polvos químicos secos específicos.
- Otros (polvo de grafito, etc.)

“Antes de usar algún tipo de extintor, debe comprobarse para qué clase de fuego sirven”.



MÓDULO 8:
DS-10



8. MÓDULO 8: Decreto Supremo N°10

El siguiente módulo tiene por objetivo entregar el contenido general de Decreto Supremo N°10, que aprueba el reglamento de calderas, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua.

La presentación va detallando el contenido del Decreto, por Títulos y párrafos, describiendo en forma resumida su contenido.

Hay que considerar que el DS-10 no describe el contenido del párrafo VI, del título III.

Para apoyarse en esta presentación, el relator debe estar con el Decreto Supremo en mano.