

# Código de Inspección de la Junta Nacional (NBIC) – Parte 2

Alejandro Dominguez



## INTRODUCCIÓN

El propósito del Código de Inspección de la Junta Nacional (NBIC) es mantener la integridad de los componentes retenedores de presión, proporcionando reglas para la instalación, y después que los componentes han sido puestos en servicio, proporcionando reglas para inspección, reparación y alteración, asegurando así que estos componentes pueden continuar utilizándose de forma segura

## INTRODUCCIÓN

La intención del NBIC es la de proveer reglas, información y orientación a los fabricantes, las jurisdicciones, los inspectores, los dueños-usuarios, instaladores, contratistas, y otros individuos y organizaciones que desempeñan o participan en actividades de post-construcción, estimulando así la administración uniforme de las reglas relacionadas a los componentes retenedores de presión.

El Código está organizado en 4 partes:

**Parte 1, Instalación** - Esta parte provee los requerimientos y guías para garantizar que todos los tipos de componentes retenedores de presión sean instalados y funcionen apropiadamente. La instalación incluye el cumplimiento de criterios específicos de seguridad para la construcción, materiales, diseño, soportes, dispositivos de seguridad, operación, pruebas y mantenimiento.

**Parte 2, Inspección** - Esta parte provee información y guía necesarias para realizar y documentar las inspecciones para todos los tipos de componentes retenedores de presión. Esta parte incluye información sobre seguridad del personal, exámenes no destructivos, pruebas, mecanismos de falla, tipos de equipos a presión, aptitud para el servicio, evaluaciones basadas en riesgo, y el normas basadas en el desempeño

**Parte 3, Reparaciones y Alteraciones** - Esta parte provee información y guía para realizar, verificar y documentar reparaciones o alteraciones aceptables para componentes retenedores de presión, independientemente del código de construcción. Se proporcionan métodos alternativos para los exámenes, pruebas, tratamiento térmico, etc., para cuando no se pueden cumplir los requerimientos del código original de construcción. También se proporcionan métodos de reparación aceptables y probados.

**Parte 4, Dispositivos de alivio de presión** - Esta parte provee información y guía para asegurar que los dispositivos de alivio de presión sean instalados correctamente, para realizar y documentar las inspecciones a estos dispositivos, y para realizar, verificar, y documentar las reparaciones aceptables a estos dispositivos.

**PARTE 2, SECCIÓN 1**  
**INSPECCIÓN – REQUERIMIENTOS GENERALES**  
**PARA INSPECCIÓN EN SERVICIO DE**  
**COMPONENTES RETENEDORES DE PRESIÓN**



## 1.1 ALCANCE

Esta sección proporciona guías y requerimientos generales para la realización de la inspección en servicio de componentes retenedores de presión. La seguridad del público y del inspector es el aspecto más importante de cualquier actividad de inspección.

## 1.2 ADMINISTRACIÓN

Los requerimientos Jurisdiccionales describen la frecuencia, alcance, tipo de inspección, ya sea interna, externa, o ambas, y tipo de documentación requerida para la inspección. El inspector deberá tener un conocimiento profundo de las regulaciones jurisdiccionales del lugar donde el componente está instalado, ya que los requerimientos de inspección jurisdiccionales o regulatorios varían.

A menos que sea específicamente requerido por la jurisdicción, las actividades del inspector no incluyen la inspección de acuerdo a otras normas o requerimientos (ej. ambientales, de construcción, eléctricos, operacionales, prácticas de la industria no definidas, etc.) para las cuales otras agencias reguladoras tienen la responsabilidad y autoridad para vigilar su cumplimiento

### 1.3 REFERENCIAS A OTROS CÓDIGOS Y NORMAS

Otros códigos, normas y prácticas pertinentes de inspección existentes para la inspección en servicio de componentes retenedores de presión pueden proveer información y referencias valiosas relacionadas con las técnicas de inspección listadas en esta Parte. El uso de estos códigos, estándares y prácticas está sujeto a la revisión y aceptación por el Inspector, y cuando sea requerido por la Jurisdicción.

Cualquier discrepancia entre los requerimientos del NBIC y estos códigos, normas y prácticas de inspección deberá ser resuelta dando prioridad a los requerimientos en el siguiente orden:

- a) Los requerimientos de la Jurisdicción que tenga autoridad.
- b) Los requerimientos del NBIC están por encima de los requerimientos generales y específicos de otros códigos, estándares y prácticas de inspección.
- c) Los requerimientos generales y específicos de las referencias a otros Códigos y Estándares listados aquí que son reconocidos y generalmente aceptados como buenas prácticas de ingeniería.

Algunos ejemplos son los siguientes:

- a) Boletín de la Junta Nacional – Series de Artículos Clásicos de la Junta Nacional
- b) Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos – Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión Sección V (Exámenes no destructivos)
- c) Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos – Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión Sección VI (Reglas recomendadas para el cuidado y operación de calderas de calefacción). Esta sección cuando se realicen inspecciones de calderas de calefacción. Pudieran haber ocasiones cuando serán requeridos procedimientos más detallados.

*[www.nationalboard.org](http://www.nationalboard.org)*

- d) Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos – Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión Sección VII (Guías recomendadas para el cuidado de calderas de potencia)
- e) Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos – ASME B31G (Manual para determinación de resistencia remanente de tuberías corroídas)
- f) Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos – ASME PCC-1 (Guías para el montaje de juntas de brida apernada dentro de los límites de presión)

- g) Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos – ASME PCC-2  
(Reparación de equipos y tuberías a presión)
  
- h) Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos – ASME CRTD  
Volumen 41, (Inspección basada en riesgo para gestionar la vida de equipos: un manual de aplicación)



- i) Instituto Americano del Petróleo/ Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos - API 579-1/ASME FFS-I (Aptitud para el servicio)
- j) Instituto Americano del Petróleo – API-510 (Código de inspección de recipientes a presión: inspección en servicio, clasificación, reparaciones y alteraciones)
- k) Instituto Americano del Petróleo - API 570 (Código de inspección de tuberías: inspección en servicio, clasificación, reparación y alteración de sistemas de tuberías)

l) Instituto Americano del Petróleo - API 572 (Inspección de recipientes a presión)

m) Instituto Americano del Petróleo - API 574 (Prácticas de inspección para componentes de sistemas de tuberías)

- n) Instituto Americano del Petróleo - API 576 (Inspección de dispositivos de alivio de presión)
- o) Instituto Americano del Petróleo – Práctica Recomendada 580 (Inspección basada en el riesgo)
- p) Instituto Americano del Petróleo – Práctica Recomendada 581 (Documento de recursos básicos sobre inspección basada en el riesgo)

q) Instituto del Petróleo - Código Modelo de Práctica Segura en la Industria del Petróleo Parte 12 , (Examen de recipientes a presión)

r) Instituto del Petróleo - Código Modelo de Práctica Segura en la Industria del Petróleo Parte 13, (Examen de sistemas de tuberías a presión)

- s) Norma Australiana - AS 1210 (Código de recipientes a presión sin fuego)
- t) Norma Australiana - AS 4343 (Equipos a presión – niveles de riesgo)
- u) Asociación de Seguridad de Calderas de Alberta - AB-506 (Requisitos de inspección y mantenimiento para equipos a presión)

## 1.4 SEGURIDAD DEL PERSONAL

a) La seguridad del personal es una responsabilidad conjunta del dueño o usuario y del Inspector. Todas las regulaciones de seguridad aplicables deberán ser seguidas. Esto incluye reglas y regulaciones federales, estatales, regionales, y/o locales. También aplican los programas del dueño o usuario, programas de seguridad del empleador del Inspector, o estándares similares. En ausencia de tales reglas, el dueño o usuario deberá emplear procedimientos de seguridad generalmente aceptados que sean satisfactorios para el Inspector.

b) Se advierte a los inspectores que la operación de dispositivos de seguridad implica la descarga de fluidos, gases, o vapores. Deberá tenerse extrema precaución cuando se trabaje alrededor de estos dispositivos debido a los riesgos para el personal. Se debería usar protección auditiva apropiada durante las pruebas debido a que muy altos niveles de ruido pueden dañar la audición

c) Los Inspectores deberán tomar todas las precauciones de seguridad cuando examinen equipos. Se deberán utilizar elementos de protección adecuados, y el equipo deberá ser bloqueado, vaciado, descontaminado, y se deberán obtener permisos para el ingreso antes de realizar las inspecciones internas.



Además, los Inspectores deberán cumplir con las reglas de seguridad de la planta asociadas con los equipos y el área en la cual ellos están inspeccionando. Se advierte también a los inspectores que una descontaminación minuciosa interior de los recipientes es algunas veces muy difícil de obtener, y se deben tomar precauciones apropiadas de seguridad para prevenir lesiones por contacto o inhalación con cualquier sustancia extraña que pudiera permanecer en el tanque o recipiente.

### 1.4.1 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD PERSONAL PARA INGRESAR A ESPACIOS CONFINADOS

a) No se deberá ingresar a ningún componente retenedor de presión hasta que este haya sido preparado adecuadamente para la inspección. El dueño o usuario y el Inspector, deberán determinar en forma conjunt si se puede ingresar de forma segura a los componentes retenedores de presión. Esto deberá incluir:

- 1) Los riesgos reconocidos asociados con el ingreso al objeto que han sido identificados por el dueño o usuario e informados al Inspector, junto con los medios o métodos aceptables para eliminar o minimizar cada uno de los riesgos;
- 2) La coordinación del ingreso en el objeto por el Inspector y el(los) representante(s) del dueño o usuario trabajando dentro o cerca del objeto;

3) Los equipos de protección personal requeridos para entrar en un objeto deberán ser usados. Esto pudiera incluir, entre otros elementos, ropa externa protectora, guantes, protección respiratoria, protección ocular, protección para pies, y arneses de seguridad. El Inspector deberá tener la capacitación adecuada para la selección y uso de toda ropa de protección personal y equipos necesarios para desempeñar de manera segura cada inspección. Se deberá prestar particular atención a la protección respiratoria si la prueba de la atmosfera del objeto revela cualquier peligro;

- 4) Completar y distribuir los permisos de ingreso a espacios confinados, según sea aplicable; y
- 5) Un programa de aislamiento efectivo de energía (candado y/o tarjeta de bloqueo) está en el lugar y efectivamente prevendrá la energización inesperada, puesta en marcha, o liberación de energía almacenada.

b) El Inspector deberá determinar que existe una atmosfera segura antes de entrar al componente retenedor de presión. La atmosfera deberá ser verificada por el dueño o usuario según lo indicado por el Inspector.

1) El contenido de oxígeno de la atmosfera respirable deberá estar entre 19.5% y 23.5%.

- 2) Si cualquier material inflamable o combustible están presentes en la atmosfera, este no deberá exceder en 10% de su Límite Explosivo Inferior (LEL) o Límite Inflamable Inferior (LFL).
  
- 3) El Inspector no deberá entrar a un área si están presentes gases tóxicos, inflamables o inertes, vapores o polvos, por encima de los límites aceptables.

c) La inspección visual remota es una alternativa aceptable al ingreso a espacio confinado siempre que se cumplan los requisitos de 4.2.1 c) y que sea permitido por la jurisdicción



## 1.4.2 OPERACIÓN DE EQUIPOS

El inspector no deberá operar equipos del dueño o usuario. La operación deberá ser realizada solamente por empleados del dueño o usuario familiarizados con los equipos y calificados para desempeñar tales tareas

## 1.5 ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN

Una inspección apropiada de un componente retenedor de presión requiere la realización de varias actividades de planificación previas a la inspección, incluyendo: consideraciones de seguridad, un plan de inspección que considere los mecanismos de daño potenciales, selección de los métodos apropiados de inspección, y el conocimiento de los requerimientos jurisdiccionales.

Esta Sección describe las actividades pre-inspección y post-inspección aplicables a todos los componentes retenedores de presión. Requerimientos específicos de inspección para componentes retenedores de presión están indicados en la Parte 2 del NBIC, 2.2 para calderas, 2.3 para recipientes a presión, 2.4 para tuberías y sistemas de tuberías, y 2.5 para dispositivos de alivio de presión.

### 1.5.1 ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN EN-SERVICIO

Cualquier defecto o deficiencia en la condición, operación, y prácticas de mantenimiento de una caldera, recipiente a presión, sistema de tuberías, y dispositivos de alivio de presión, observado por el Inspector deberá ser discutido con el dueño o usuario en el momento de la inspección y las recomendaciones realizadas para la corrección de tales defectos o deficiencias deberán ser documentadas. Se recomienda el uso de una lista de verificación para desempeñar inspecciones en-servicio.

## 1.5.2 ACTIVIDADES PREVIAS A LA INSPECCIÓN

a) Antes de realizar la inspección, se deberá realizar una revisión del historial conocido del componente retenedor de presión y una evaluación general de las condiciones actuales. Esto deberá incluir una revisión de información como:

- 1) Fecha de la última inspección;
- 2) Certificado jurisdiccional de inspección vigente
- 3) Estampado del símbolo del Código ASME o la marca del código de construcción;
- 4) Número de registro de la Junta Nacional (National Board) y/o de la jurisdicción;

- 5) Condiciones de operación y contenidos normales del recipiente (discutir cualquier riesgo específico del equipo con el dueño o usuario);
- 6) Informe de la inspección anterior, registros de operación y mantenimiento y registros de pruebas, y toda recomendación relevante de la inspección anterior;
- 7) Registros de mediciones de espesor de pared, especialmente donde la corrosión o erosión es un factor a tener en cuenta;

8) Revisión de las reparaciones o alteraciones y de todo registro asociado, para verificar el cumplimiento de los requerimientos aplicables; y

9) Observación de la condición de la instalación completa, incluyendo registros de mantenimiento y operación.



b) Se debería considerar realizar las siguientes actividades como soporte de la inspección:

1) Remoción de los manómetros y otros dispositivos, para su prueba y calibración.

2) Accesibilidad para inspeccionar y probar cada componente retenedor de presión y sus accesorios.

### 1.5.2.1 PLANIFICACIÓN DE INSPECCIÓN

Se debería desarrollar un plan de inspección para asegurar la operación segura continuada del componente retenedor de presión (PRI).

Un plan formal de inspección es un documento que proporciona el alcance de las actividades de inspección necesarias para determinar si han ocurrido daños en servicio. Dicho plan identifica los métodos de examen, las calificaciones de los examinadores y la frecuencia de examen necesaria para asegurar que el PRI es apto para continuar en servicio. Puede proporcionar un intervalo de tiempo para la inspección externa e interna, así como también describir los métodos de reparación y mantenimiento para un PRI.

Un plan puede incluir lo siguiente, en tanto sea apropiado, para un determinado PRI:

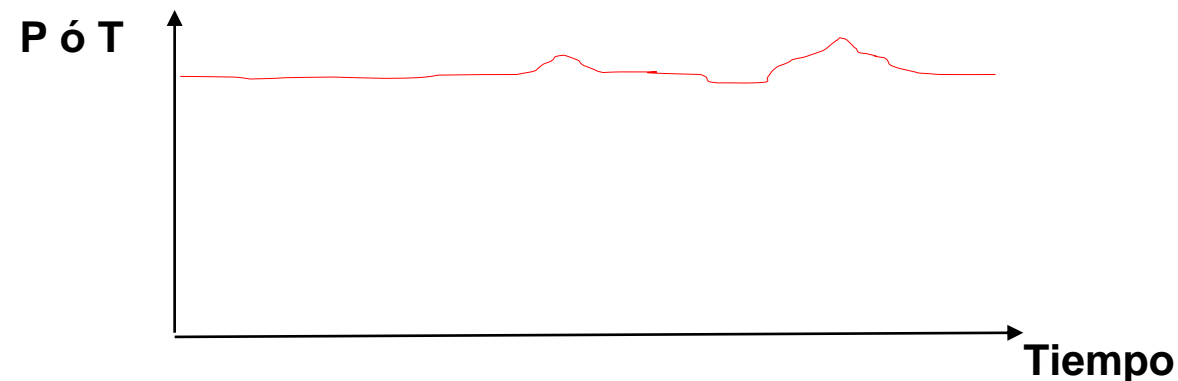
a) Los mecanismos de deterioro conocidos o esperados que afectan al equipo. Ver NBIC Parte 2, 3.3 Corrosión, 3.4 Mecanismos de deterioro, y 4.4.6 Identificación de mecanismos de deterioro;

b) La extensión y la ubicación de los métodos END y las inspecciones requeridas para detectar y evaluar los mecanismos de deterioro. Ver NBIC Parte 2, Sección 4;

- c) Las actividades necesarias de monitoreo de corrosión y erosión, tales como END y cambios en las condiciones del proceso;
- d) La preparación requerida para realizar las actividades de examen e inspección; y/o

e) El intervalo de tiempo proyectado para las actividades de inspección y evaluación. Ver NBIC Parte 2, 4.4.7 Determinación los intervalos de inspección y 4.4.8 Evaluación de intervalos de inspección de componentes retenedores de presión expuestos a mecanismos de deterioro en servicio

Se deberían revisar la historia operacional reciente (ejemplo, alteraciones en el proceso o cambios en el proceso o excursiones operacionales) y los registros de gestión de cambios durante la preparación del plan de inspección.



Se pueden utilizar los estándares de la industria para preparar un plan de inspección. Un plan puede ser un documento único simple o puede ser complejo, incluyendo numerosos documentos. Se puede incluir en el plan una evaluación basada en el riesgo. Ver 4.5 Programas de evaluación basada en el riesgo.



Una vez se implemente un plan de inspección, se debería evitar el aplazamiento de las actividades de inspección o evaluación. Cualquier desviación desde los intervalos planificados necesita ser justificada y documentada. Se puede emplear monitoreo adicional del PRI durante el periodo de aplazamiento para asegurar de mejor manera la operación segura del PRI hasta que se pueda completar la actividad planificada

### 1.5.3 PREPARACIÓN PARA INSPECCIÓN INTERNA

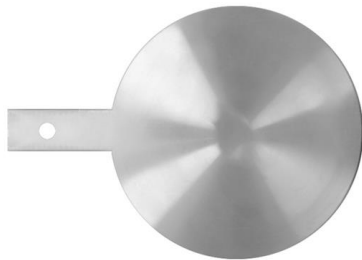
El dueño o usuario tiene la responsabilidad de preparar un componente retenedor de presión para la inspección interna. Son aplicables los requisitos de seguridad y salud ocupacional (federal, estatal, local, u otro), así como también programa de seguridad del dueño o usuario o del empleador del inspector. El componente retenedor de presión debería ser preparado de la siguiente manera o según sea considerado necesario por el inspector:



a) Cuando un recipiente está conectado a un colector común a otros recipientes o en un sistema donde están presentes líquidos o gases , el recipiente deberá ser aislado mediante cierre, bloqueo, y/o precintado de las válvulas de interrupción de acuerdo con los procedimientos del dueño o usuario



Cuando están involucrados materiales tóxicos o inflamables, las precauciones de seguridad adicionales podrían requerir la remoción de secciones de tubería o colocación de bridas ciegas en las tuberías antes de entrar al recipiente. Los medios de aislar el recipiente deberán estar de acuerdo con las regulaciones y procedimientos de seguridad y salud ocupacional aplicables. Para calderas o recipientes a presión con fuego, el suministro de combustible y el sistema de encendido deberán ser bloqueados y/o precintados, de acuerdo con los procedimientos del dueño o usuario;



<https://es.masterlock.eu/nuevos-productos-de-seguridad-14t5/brida-ciega>

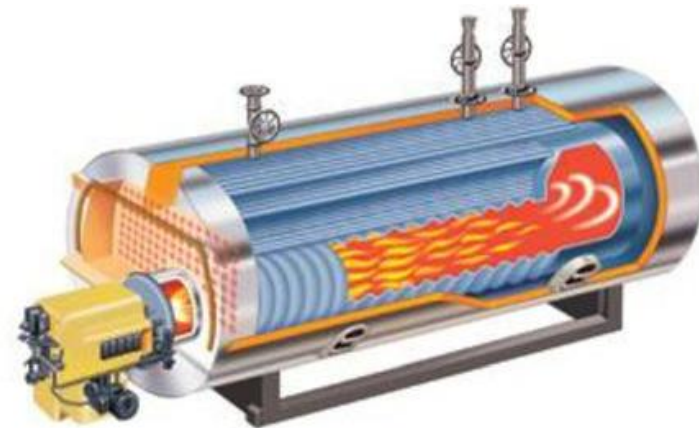


b) En cuanto a la temperatura del recipiente, este deberá ser enfriado o calentado a una velocidad tal que se eviten daños al recipiente. Cuando una caldera está siendo preparada para inspección interna, el agua no debería ser retirada hasta que esta haya sido suficientemente enfriada a una velocidad tal que se eviten daños;

c) El recipiente deberá ser drenado de todo líquido y deberá ser purgado de gases tóxicos o inflamables u otros contaminantes que fueron contenidos en el recipiente. El uso continuo de ventilación mecánica usando un soplador o ventilador de aire fresco puede ser necesario para mantener la atmosfera del recipiente dentro de límites aceptables.

Durante la purga y ventilación de recipientes conteniendo gases inflamables, la concentración de vapor en aire puede pasar a través del rango inflamable antes de que sea obtenida una atmosfera segura. Se deberán tomar todas las precauciones para eliminar la posibilidad de explosión o fuego

d) Se deberán remover los elementos solicitados por el Inspector, tales como placas de entrada de hombre y entrada de mano, tapones de lavado, tapones de inspección, y cualquier otro elemento;





e) El Inspector no deberá entrar en un recipiente hasta que hayan sido tomadas todas las precauciones de seguridad. La temperatura del recipiente deberá ser tal que el personal de inspección no será expuesto a calor excesivo. Las superficies del recipiente deberían limpiarse tanto como sea necesario de modo de evitar la exposición a materiales tóxicos o peligrosos;

f) Si es solicitado por el Inspector o requerido por regulación o procedimiento, un asistente responsable deberá permanecer afuera del recipiente en el punto de entrada mientras que el Inspector está dentro, y deberá monitorear la actividad dentro y fuera y comunicarse con el Inspector según sea necesario. El asistente deberá tener medios para pedir asistencia de rescate si es necesario, y para facilitar los procedimientos de rescate sin entrar personalmente al recipiente.

**Nota: Si un recipiente no ha sido apropiadamente preparado para una inspección interna, el Inspector deberá declinar la realización de la inspección.**

## 1.5.4 ACTIVIDADES POSTERIORES A LA INSPECCIÓN

a) Durante toda inspección o prueba de componentes retenedores de presión, deberían ser observadas por el inspector las prácticas de operación y mantenimiento reales, y el inspector debería tomar una decisión en cuanto a su aceptabilidad.

b) Cualquier defecto o deficiencias en la condición, operación, y prácticas de mantenimiento del componente retenedor de presión deberán ser discutidos con el dueño/usuario al momento de la inspección y se deberán hacer recomendaciones para su corrección. Deberían realizarse inspecciones de seguimiento, según sea necesario, para determinar si las deficiencias han sido corregidas satisfactoriamente.

c) La documentación de inspección deberá contener toda la información relevante, tal como la descripción del componente, clasificación, números de identificación, intervalos de inspección, fecha de inspecciones, tipo de inspección y ensayos realizados, y cualquier otra información requerida por la agencia de inspección, jurisdicción, y/o dueño/usuario. **El inspector deberá firmar, fechar, y anotar cualquier deficiencia, comentarios, o recomendaciones en el informe de inspección.** El inspector debería conservar y distribuir, según sea requerido, copias del informe de inspección.

c) El formulario y formato del informe de inspección deberá ser tal como es requerido por la Jurisdicción. Donde no exista Jurisdicción, se pueden usar los Formularios NB.5, NB-6, o NB-7 (ver 5.3 de la Parte 2 del NBIC) o cualquier otro formulario requerido por la agencia de inspección o el dueño o usuario

FORM NB-6 BOILER-FIRED PRESSURE VESSEL  
REPORT OF INSPECTION  
Standard Form for Jurisdictions Operating Under the ASME Code

1	DATE INSPECTED MO   DAY   YEAR	CERT EXP DATE MO   YEAR	CERTIFICATE POSTED <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	OWNER NO.	JURISDICTION NUMBER	<input type="checkbox"/> NAT'L BD NO. <input type="checkbox"/> OTHER NO.	
	OWNER				NATURE OF BUSINESS	KIND OF INSPECTION <input type="checkbox"/> INT <input type="checkbox"/> EXT	CERTIFICATE INSPECTION <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO
2	OWNER'S STREET ADDRESS NUMBER			OWNER'S CITY	STATE	ZIP	
	USER'S NAME - OBJECT LOCATION				SPECIFIC LOCATION IN PLANT	OBJECT LOCATION - COUNTY	
3	USER'S STREET ADDRESS NUMBER			OWNER'S CITY	STATE	ZIP	
	CERTIFICATE COMPANY NAME				CERTIFICATE COMPANY CONTACT NAME		EMAIL
4	CERTIFICATE COMPANY ADDRESS			CERTIFICATE COMPANY CITY		STATE	ZIP
	TYPE <input type="checkbox"/> FT <input type="checkbox"/> WT <input type="checkbox"/> CI <input type="checkbox"/> OTHER _____			YEAR BUILT	MANUFACTURER		
5	USE <input type="checkbox"/> POWER <input type="checkbox"/> PROCESS <input type="checkbox"/> STEAM HTG <input type="checkbox"/> HWH <input type="checkbox"/> HWS <input type="checkbox"/> OTHER _____			FUEL	METHOD OF FIRING	PRESSURE GAGE TESTED <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	

## 1.6 CAMBIO DE SERVICIO

El Suplemento 9 de esta parte provee requerimientos y lineamientos a ser seguidos cuando se realiza un cambio de servicio a un componente retenedor de presión. Siempre que haya un cambio de servicio, la Jurisdicción donde el componente retenedor de presión ha de ser operado, cuando sea aplicable, deberá ser notificada para su aceptación. Se deberán cumplir todos los requerimientos jurisdiccionales específicos

PARTE 2, SECCIÓN 2  
INSPECCIÓN – REQUERIMIENTOS DETALLADOS  
PARA INSPECCIÓN EN SERVICIO DE  
COMPONENTES RETENEDORES DE PRESIÓN



## 2.1 ALCANCE

Esta sección describe los requerimientos generales y específicos de inspección para componentes retenedores de presión, para determinar el deterioro por corrosión, y para la prevención de posibles fallas en calderas, recipientes a presión, tuberías, y dispositivos de alivio de presión.

Los materiales a ser inspeccionados deberán ser preparados adecuadamente de manera que las irregularidades superficiales no enmascaren o sean confundidas con defectos. Puede ser requerido por procedimiento o por el inspector, el acondicionamiento del material mediante limpieza, pulido, cepillado con alambre, o amolado. El inspector puede requerir que sean removidas la aislación o partes del componente.

## 2.2 CALDERAS

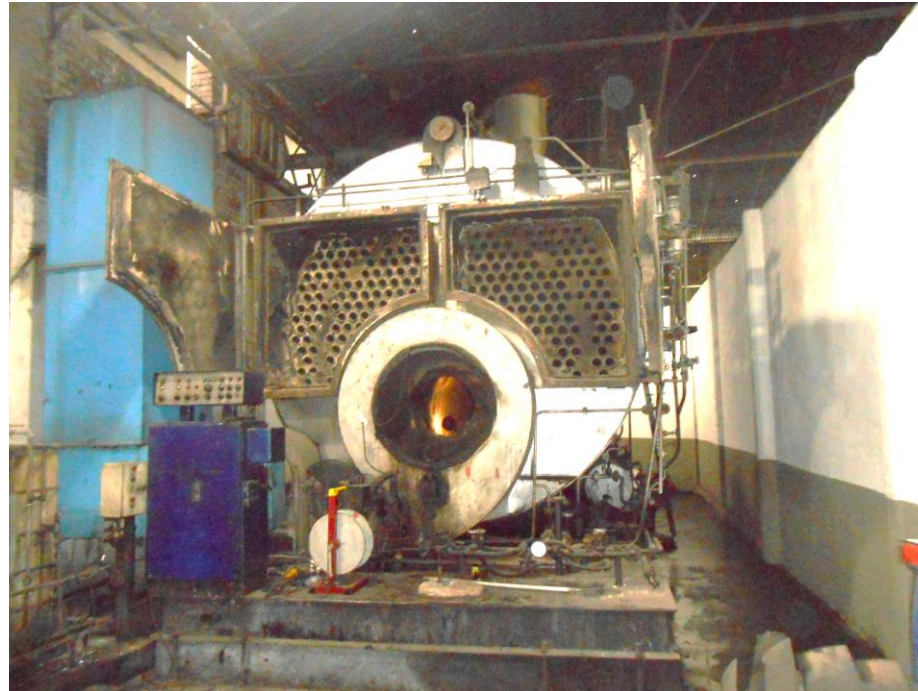
### 2.2.1 ALCANCE

Esta sección describe los requisitos generales y particulares para la inspección de calderas utilizadas para contener presión. Dicha presión puede ser obtenida de una fuente externa, o por la aplicación de calor de una fuente directa, o indirecta, o una combinación de las mismas.

## 2.2.2 CONDICIONES DE SERVICIO

a) Las calderas son diseñadas para una variedad de condiciones de servicio. La temperatura y presión en la cual ellas operan deberían ser consideradas al establecer el criterio de inspección. Esta parte es proporcionada como una guía general. Pueden existir ocasiones en la cuales se requieran procedimientos más detallados.

b) La condición de toda la instalación, incluyendo mantenimiento y operación, puede ser utilizada por el inspector como una guía para formar una opinión del cuidado que ha tenido la caldera.



c) A menudo, las condiciones a ser observadas por el inspector son comunes a las calderas de potencia y de calefacción, sin embargo, donde sea apropiado, se marcarán las diferencias.

### 2.2.3 ACTIVIDADES PREVIAS A LA INSPECCIÓN

Se deberá realizar una revisión del historial conocido de la caldera. Esta revisión deberá incluir la información contenida en 1.5.2 (actividades previas a la inspección) y los puntos listados en 2.2.4.

## 2.2.4 CONDICIÓN DE LA SALA DE CALDERAS O DEL SITIO DE LA CALDERA

La condición general de la sala de calderas o del sitio, debería ser evaluada utilizando los requerimientos de la jurisdicción y buenas prácticas de ingeniería. Los ítems a considerar son iluminación, ventilación apropiada para el personal, aire de combustión, limpieza, seguridad del personal y consideraciones generales de seguridad.





## 2.2.5 INSPECCIÓN EXTERNA

La inspección externa de una caldera se realiza para determinar si existen las condiciones para que esta opere de forma segura. Algunos puntos a considerar son:

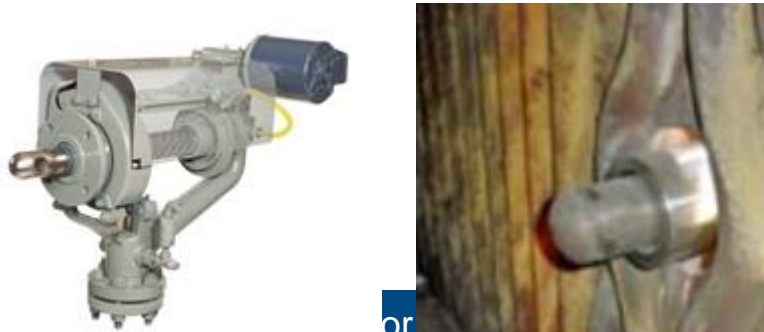
a) Se debería verificar si los accesorios de la caldera, las válvulas, y tuberías cumplen con el Código ASME o algún otro estándar o requerimiento equivalente. Se debería prestar especial atención a los dispositivos de alivio de presión y otros controles de seguridad;



- b) Controles de los quemadores
- c) Aptitud de la estructura, soportes de la caldera, y todo soporte metálico asociado;
- d) La carcasa de la caldera debería estar libre de fisuras, gases de combustión o pérdidas de fluidos, y de corrosión excesiva u otro deterioro que pueda interferir con una operación normal;



- (e) Sopladores de hollín, válvulas y mecanismos
- (f) Sellos en visores, puertas de acceso, domos y tapas de entradas de hombre y de mano
- (g) Válvulas y actuadores, ya sean de cadenas, con motores y/o volantes
- (h) Pérdida de fluidos o gases de combustión

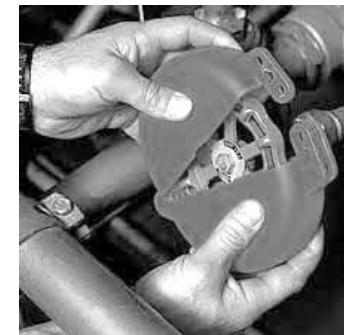


## 2.2.6 Inspección Interna

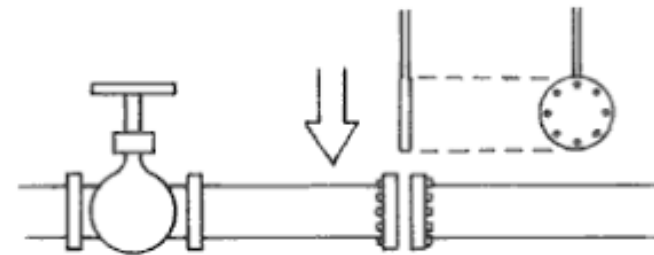
(a) Cuando una caldera se va a preparar para una inspección interna, el agua no deberá drenarse hasta que el conjunto se haya enfriado suficientemente a una velocidad tal de evitar daños a la caldera, y no se hayan realizado las preparaciones adicionales identificadas en 1.4.1 y 1.5.3 de la Parte 2 del NBIC

(b) El dueño o usuario deberá preparar la caldera para la inspección de la siguiente manera:

(1) Antes de abrir las entradas de hombre y entrar a cualquier parte de la caldera que esté conectada a un colector común a otras calderas, las válvulas de bloqueo de vapor y agua (incluyendo los bypass) deberían ser cerradas, bloqueadas y/o precintadas de acuerdo con los procedimientos del dueño/usuario, y las válvulas de drenaje entre ellas se deberán abrir.



Después de drenar la caldera, las válvulas de purga se deberán cerrar, bloquear y/o precintar de acuerdo con los procedimientos del dueño/usuario. Alternativamente, se puede colocar bridas ciegas en las líneas o se pueden remover secciones de la tubería. Las líneas de purga, de ser posible, deberán desconectarse entre partes de presión y válvulas. Todos los drenajes y líneas de venteo deberán abrirse.



(2) El inspector deberá revisar todos los requisitos de seguridad para el personal, como se indica en NBIC Parte 2, 1.4, antes del ingreso

**Nota:** si una caldera no ha sido preparada adecuadamente para una inspección interna, el inspector deberá negarse a hacer la inspección.



## 2.2.7 EVIDENCIA DE PÉRDIDAS

a) Normalmente no es necesario remover la aislación, o partes fijadas a la caldera para la inspección, a menos que se sospeche de defectos o deterioros, o que estos sean comunes en el tipo particular de caldera a ser inspeccionada. Donde exista evidencia de pérdidas en el recubrimiento de la aislación, el inspector deberá hacer remover el recubrimiento de manera de hacer una inspección minuciosa del área.





(b) En caso de necesitar información adicional con respecto a pérdidas en la caldera o para determinar la extensión de un posible defecto, se puede realizar una prueba de presión según 4.3.1



## 2.2.8 CONSIDERACIONES SOBRE CORROSIÓN EN CALDERAS

(a) La corrosión causa el deterioro de las superficies metálicas. Esta puede afectar grandes áreas, o puede ser localizada en la forma de picaduras. Las picaduras aisladas y grandes no son consideradas como serias si ellas no están activas.



Figure 9.12. Oxygen pitting on the external surface of fire tube.

(b) La causa más común de corrosión en calderas es la presencia de oxígeno libre y sales disueltas en el agua de alimentación. En caso de encontrar corrosión activa, el inspector debería recomendar al usuario que busque asesoramiento especializado sobre el tratamiento adecuado del agua de alimentación.



*Figure 9.3. Metal loss and red iron oxide layer formation above waterline in steam drum.*

(c) De manera de determinar el efecto sobre la presión de trabajo de corrosión severa en grandes áreas, se debería determinar el espesor remanente del metal mediante ultrasonidos o mediante perforación.

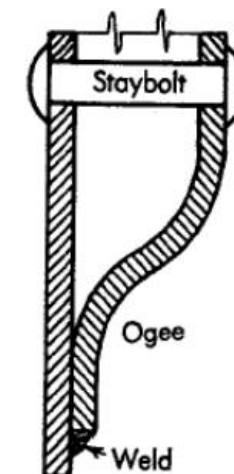
(d) El estriado (grooving) es una forma de deterioro del metal causada por corrosión localizada y puede ser acelerada por concentración de tensiones. Esto es particularmente importante cerca de uniones remachadas.



(e) Todas la superficies rebordeadas deberían ser inspeccionadas, especialmente las de cabezales no arriostrados. El estriado en los radios de acuerdo de tales cabezales es común, debido a que hay ligeros movimientos en cabezales de este diseño que causan concentración de tensiones.



(f) Algunos tipos de calderas tienen construcción con curvatura invertida (ogee), la cual es propensa al estriado y puede no ser accesible para su inspección. El inspector debería utilizar un espejo a través de alguna abertura para examinar tanto como sea posible. Se pueden emplear otros métodos, como ultrasonidos.





(g) El estriado es usualmente progresivo y cuando es detectado se debería evaluar cuidadosamente y se deberían tomar acciones correctivas

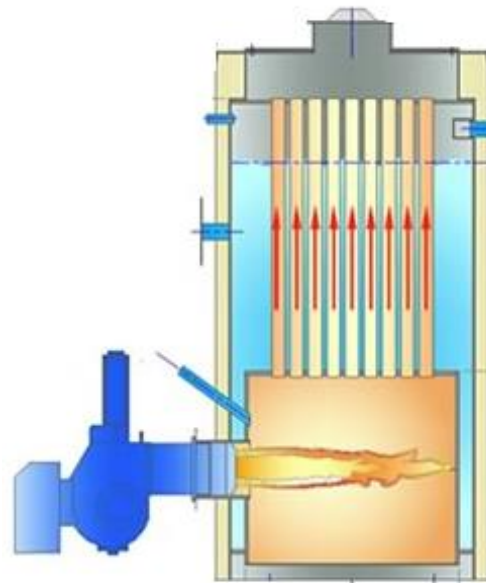


Figure 11.10. Rolled end of a firetube, with a narrow groove immediately adjacent to the location of the tubesheet.



Figure 11.17. Numerous deep, irregularly shaped, discontinuous grooves on the cold-side internal surface of a wall tube

(h) Las picaduras y corrosión en las superficies del lado agua deberían ser examinadas. En calderas humotubulares verticales, las corrosión y picaduras excesivas se observan a menudo en y sobre el nivel de agua.




## 2.2.9 DEPÓSITOS DEL LADO AGUA


(a) Todas las superficies accesibles del metal expuesto al lado agua de la caldera deberían ser inspeccionadas para detectar depósitos causados por el tratamiento del agua, sarro, aceite u otras substancias.



johnstonboiler.com/resources/product-knowledge-base/scale-deposits-and-efficiency-loss/



JOHNSTON  
BOILER  
COMPANY  
A Hines Corporation Company



Johnston Boil...

Search this website

< Previous

PRODUCT KNOWLEDGE

Scale Thickness (inches)	Extra Fuel Cost (percent)
1/32	8.50
1/25	9.30
1/20	11.10
1/16	12.40
1/8	25.00
1/4	40.00
3/8	55.00
1/2	70.00

<https://serv.johnstonboiler.com/resources/product-knowledge-base/scale-deposits-and-efficiency-loss/>

El aceite o el sarro en los tubos de calderas acuotubulares es particularmente perjudicial debido a que puede causar un efecto de aislación térmica, la cual puede resultar en sobrecalentamientos, debilitamiento, fatiga del material, hinchazones o roturas.



*Figure 1.26. Very thick, stratified layers of deposits that covered the internal surface only within a 9" long segment at the location of the failure. Up to  $\frac{3}{4}$  of the cross-sectional area was occluded.*

(b) El sarro excesivo u otros depósitos deberían ser removidos por medios mecánicos o químicos.



## 2.2.10 INSPECCIÓN DE TUBERÍAS, PARTES Y ACCESORIOS DE CALDERAS

### 2.2.10.1 TUBERÍAS DE CALDERAS

Las tuberías se deberían inspeccionar de acuerdo con 2.4 de la Parte 2

## 2.2.10.2 CONEXIONES BRIDADAS Y OTRAS

a) Las entradas de hombre y sus placas de refuerzo, así como también las boquillas u otras conexiones bridadas o atornilladas a la caldera, deberían ser examinadas en busca de evidencia de defectos, tanto internamente como externamente

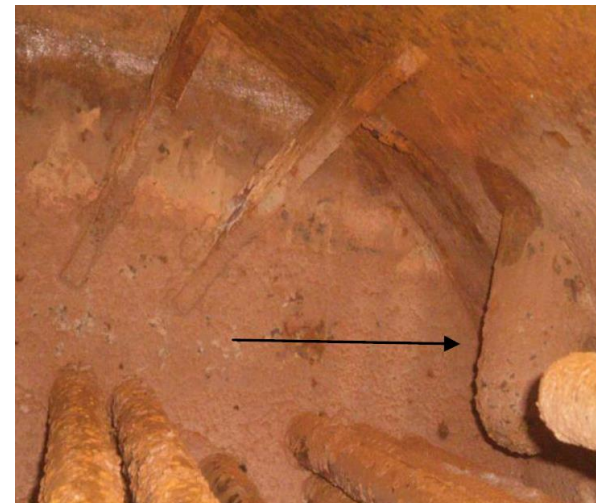




Siempre que sea posible, la observación debería ser hecha desde los dos lados, internamente y externamente, para determinar si las conexiones están hechas apropiadamente a la caldera.

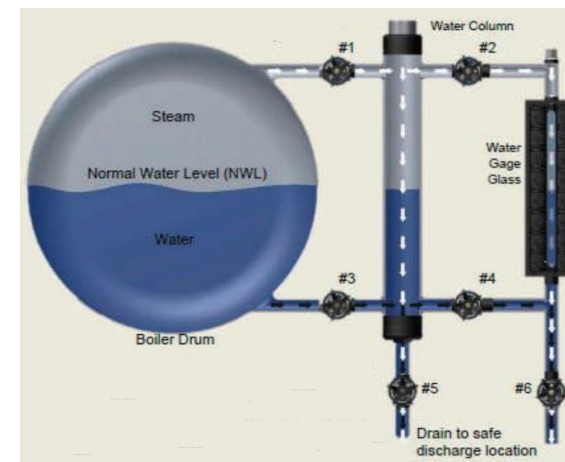


b) Todas las aberturas que conducen a accesorios externos, tales como conexiones de la columna de agua, dispositivos de corte de combustible por bajo nivel de agua, aberturas en tubos de drenaje, y aperturas para las válvulas de seguridad, deberían ser examinadas para asegurar que estén libres de obstrucciones.



### 2.2.10.3 MISCELÁNEOS

a) La tubería para la columna de agua debería ser cuidadosamente inspeccionada para asegurar que el agua no pueda acumularse en la conexión de vapor. Debería revisarse la posición de la columna de agua , para determinar que la columna está colocada de acuerdo con el código de construcción original o con los requerimientos jurisdiccionales.



b) Deberían inspeccionarse los deflectores del lado gas. La ausencia de deflectores adecuados o los baffles defectuosos pueden causar altas temperaturas y sobrecalentamiento en zonas de la caldera. Deberían ser revisadas la ubicación y condición de los arcos de combustión, para detectar evidencias de incidencia directa de la llama, lo que podría resultar en sobrecalentamiento

c) Toda posibilidad de calentamiento localizado causado por la instalación impropia o defectuosa u operación inapropiada de los equipos de combustión deberá ser corregida antes que la caldera sea retornada a servicio.



d) Los soportes y apoyos del refractario deberían ser examinados minuciosamente, especialmente en los puntos donde la estructura de la caldera está cerca de la parte inferior de las paredes o del piso, para asegurar que depósitos de cenizas u hollín no atascarán la caldera, produciendo por ello deformaciones excesivas en la estructura debido a restricciones del movimiento de las partes en condiciones de operación.



e) Cuando los tubos han sido re expandidos o reemplazados, ellos deberían ser inspeccionados para evaluar la calidad del trabajo. Donde los tubos son fácilmente accesibles, ellos pudieran haber sido sobre-expandidos. Al contrario, cuando es dificultoso alcanzar los extremos de los tubos, ellos pudieran haber sido expandidos insuficientemente.



Figure 5-11. Tube roller with beading attachment

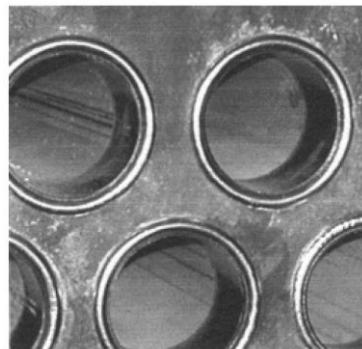


Figure 5-12B. Rolled tubes - beaded

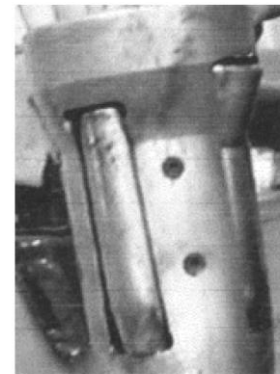


Figure 5-10. Tube roller - with flare

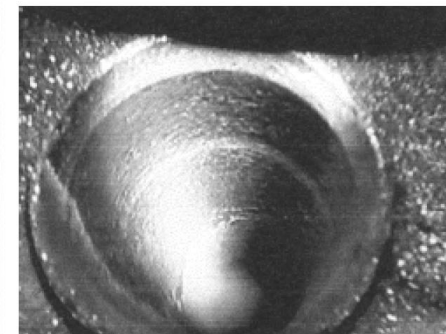


Figure 5-12A. Rolled tubes - flared

(f) Los domos y colectores deberían inspeccionarse internamente para detectar evidencia de pérdidas, corrosión, sobrecalentamientos, y erosión. Inspeccionar la tubería de purga para verificar su flexibilidad y capacidad de expansión. Verificar los sellos de los colectores por pérdidas en las empaquetaduras.

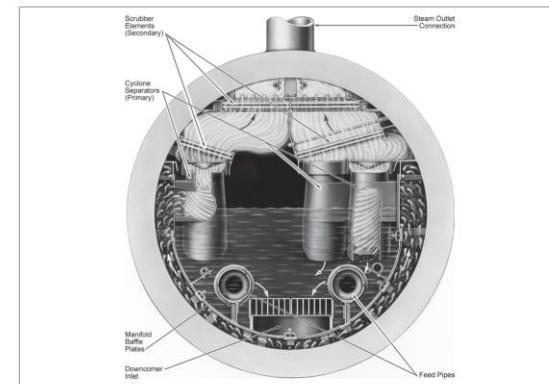


Fig. 19 Steam drum with three rows of primary cyclone separators.



(f) Las válvulas deberían inspeccionarse en la alimentación, purga, drenaje, y los sistemas de vapor, para detectar pérdidas en la empaquetadura del vástago, por su operatividad, estanqueidad, daño al volante o palanca o al vástago, defectos en el cuerpo, y corrosión general.

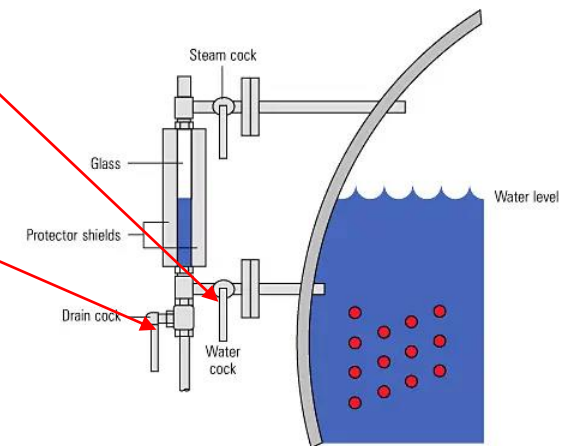


## 2.2.10.4 INDICADORES

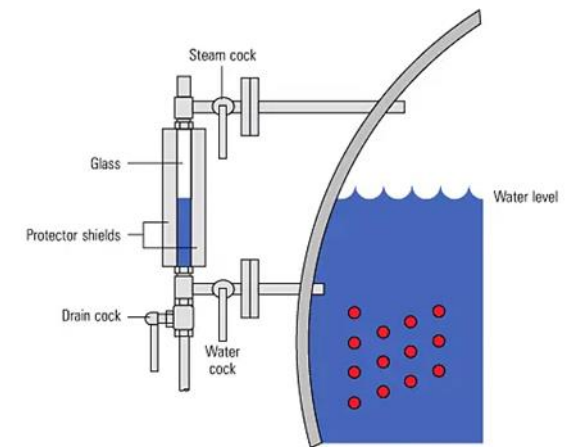
a) Asegurarse de que el indicador de nivel de agua está operativo ensayando el indicador como sigue:

1- Cierre la válvula inferior del indicador, luego abra el grifo de drenaje hasta que el vidrio quede vacío

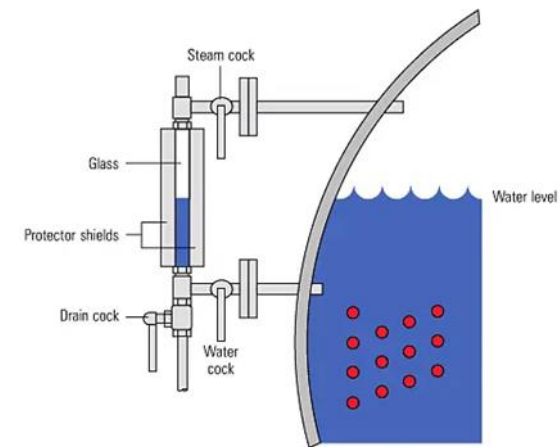
2- Cierre el grifo de drenaje y abra la válvula inferior del indicador. El agua debería retornar al indicador de vidrio inmediatamente.



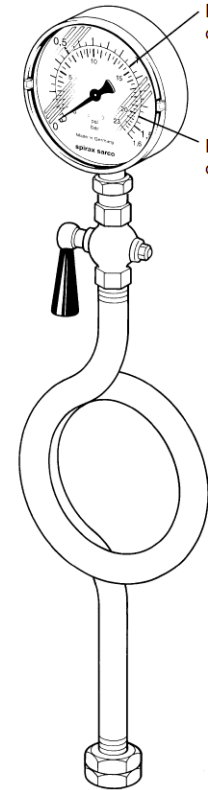
- 3- Cierre la válvula superior del indicador, luego abra la válvula de drenaje y deje pasar el agua hasta que esta fluya limpia.
- 4- Cierre la válvula de drenaje y abra la válvula superior del indicador. El agua debería retornar al indicador de vidrio inmediatamente.



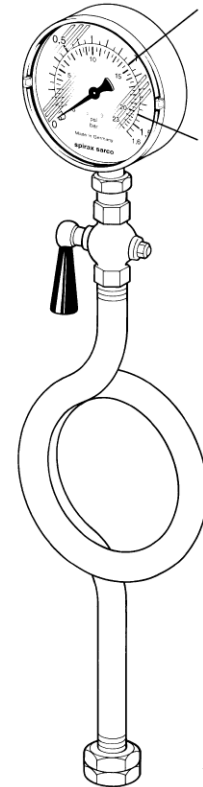
5- si el retorno de agua es lento, se debería terminar la prueba. Una respuesta lenta puede indicar una obstrucción en las conexiones a la caldera. Toda pérdida en esas conexiones debería ser corregida inmediatamente, para evitar daños a los accesorios o una indicación falsa del nivel de agua.



b) A menos que exista otra información que asegure su precisión y confiabilidad, todos los manómetros deberán ser retirados, probados, y sus lecturas comparadas con un manómetro calibrado o un calibrador por peso muerto.



c) La ubicación de los manómetros debería conocerse, para determinar si estos están expuestos a altas temperaturas por una fuente externa, o por calor interno debido a la falta de protección por medio de un sifón o trampa apropiados. El inspector debería verificar que se consideró la purga del tubo que conduce al manómetro.



d) El inspector debería observar la indicación del manómetro durante las pruebas; por ejemplo, la reducción en presión cuando se prueba el corte de combustible por bajo nivel de agua o la válvula de seguridad en calderas de vapor. Los manómetros defectuosos deberán ser reemplazados.

### 2.2.10.5 DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESIÓN

Ver 2.5 para la inspección de dispositivos de seguridad (ej. válvulas de alivio de presión) utilizados para prevenir sobrepresiones en calderas.



### 2.2.10.6 CONTROLES

El establecimiento de prácticas para la operación y el mantenimiento apropiados de los controles y dispositivos de seguridad es esencial para la operación segura de la caldera.

Los dueños/usuarios son responsables por el establecimiento e implementación de programas de gerenciamiento que aseguren que tales acciones son realizadas. Además, todas las reparaciones a los dispositivos de control y seguridad deberían ser realizadas solamente por individuos u organizaciones calificadas. La documentación del cumplimiento con estos sistemas de gestión y reparaciones es un elemento esencial para demostrar la efectividad de tales sistemas.

Cuando sea requerido por la Jurisdicción, se proporcionan los siguientes lineamientos para ayudar en la evaluación de los dispositivos de control operativo instalados:

a) Verificar que el quemador está etiquetado y que es listado por una agencia de pruebas reconocida, que los diagramas de tuberías y cableado existen, y que se han realizado las pruebas y que el contratista/fabricante ha completado un informe de instalación, el cual está disponible para su revisión

b) Verificar que el dueño/usuario ha establecido pruebas de funcionamiento, requerimientos de inspección, mantenimiento, y pruebas, de todos los dispositivos de control y seguridad de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Verificar que estas actividades son realizadas en los intervalos establecidos de acuerdo con un procedimiento escrito, que no las conformidades que impactan en la operación segura continua de la caldera sean corregidas, y que los resultados estén apropiadamente documentados.

Cuando no se recomienden o establezcan frecuencias, esta actividad se debería realizar por lo menos anualmente.

Cuando sea permitido por la jurisdicción, una evaluación de desempeño podría utilizarse para incrementar o disminuir las frecuencias en base a una revisión documental y la aprobación por parte de un ingeniero de la especialidad adecuada

c) Verificar que el aire de combustión es suministrado a la sala de caldera tal como es requerido por la jurisdicción, o si no existen requerimientos jurisdiccionales, ver 2.4.5 y 3.5.4 de la Parte 1 del NBIC, para información adicional;

d) Verificar que exista un botón de parada manual de emergencia remoto en cada puerta de salida de la sala de calderas, cuando sea requerido por la jurisdicción



e) Verificar la operación de los dispositivos de protección por bajo nivel de agua por medio de la observación del accionamiento de esos controles, o por la disminución real del nivel de agua de la caldera, bajo condiciones cuidadosamente controladas, con el quemador operando. Esta prueba debería cortar la fuente de calor de la caldera.





Debería observarse el retorno a la condición normal, tal como el reencendido del quemador, el silenciamiento de una alarma, o paro de una bomba de alimentación. Una respuesta lenta podría indicar una obstrucción en las conexiones a la caldera;

f) La operación de un dispositivo de corte de combustible por bajo nivel de agua sumergido, montado directamente en el cuerpo de la caldera de vapor, debería ser probada mediante la disminución, cuidadosamente, del nivel de agua de la caldera. Esto debería ser realizado solamente después de haberse asegurado que el visor de nivel de agua está indicando correctamente

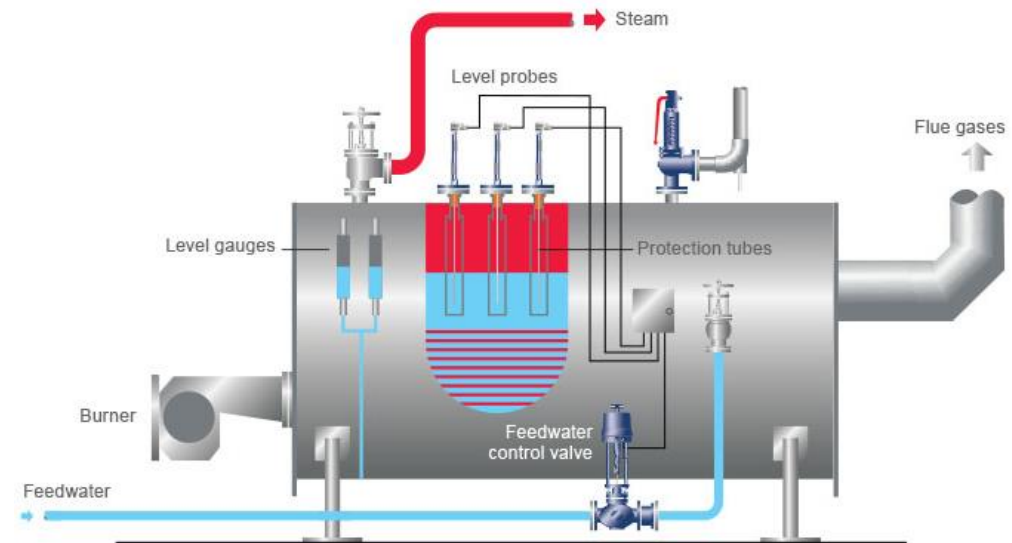


Fig. 3.19.4 Shell boiler with direct mounted level probes

g) En una caldera de agua de alta temperatura, a menudo no es posible probar el control por la indicación de corte, pero en donde el control es del tipo flotador montado externamente, la cámara del flotador debería ser drenada para revisar si hay acumulación de sedimentos;

- h) En las calderas de circulación forzada, el dispositivo de detección de flujo debería ser probado para verificar que el quemador apagará la caldera en caso de una pérdida de flujo;
  
- i) En calderas eléctricas, debería verificarse que la caldera está protegida de una condición de bajo nivel de agua ya sea por construcción, o por un dispositivo de corte por bajo nivel de agua, o por un dispositivo de detección de flujo insuficiente;

j) En caso que los controles estén inoperativos o que no se indique el nivel de agua correcto, la caldera deberá ser retirada de servicio hasta que la condición insegura sea corregida

k) Todos los dispositivos de corte de combustible automático por bajo nivel de agua y de alimentación de agua deberían ser examinados por el inspector para asegurar que ellos están adecuadamente instalados.

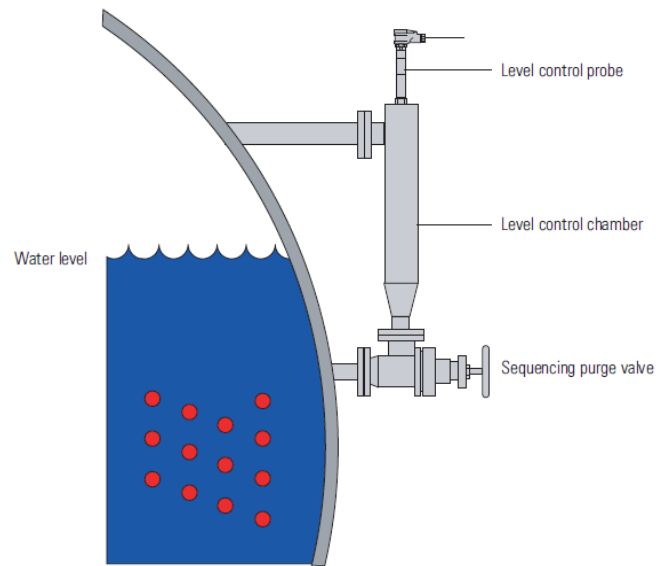


Fig. 3.7.11 External level control chamber

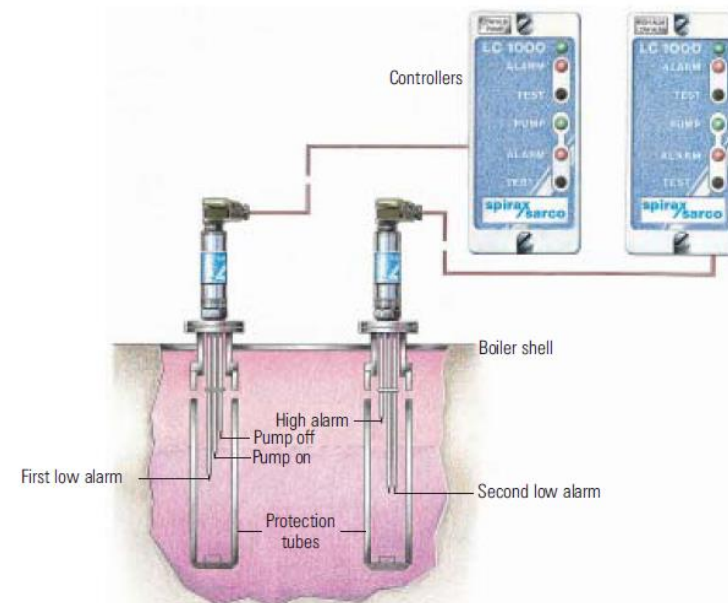


Fig. 1.3.3 Typical boiler level control/alarm configuration

...

El inspector debería solicitar que los dispositivos de control del tipo de cámaras con flotador sean desmontados, y debería examinar el varillaje del flotador y conexiones para detectar desgaste.

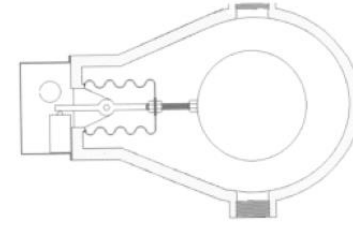


Figure 9-36. Bellows on float switch

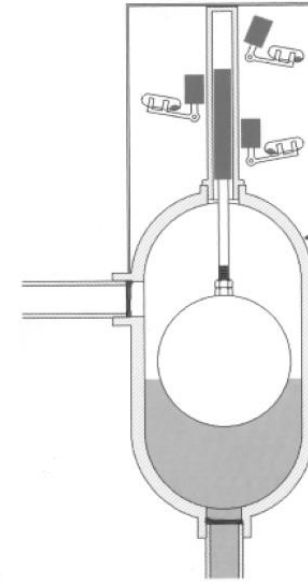


Figure 9-37. Magnet actuated level switch

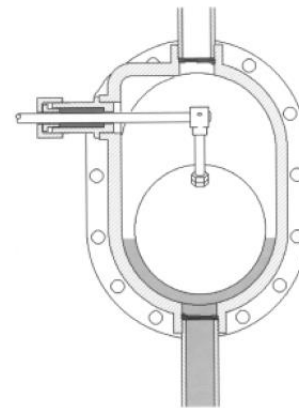


Figure 9-38. Packed transverse shaft for level switch

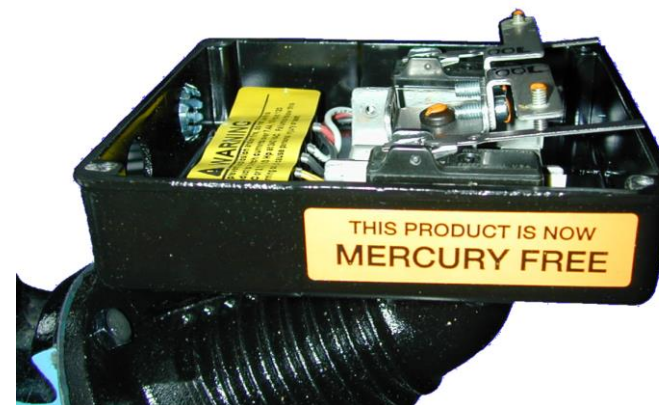
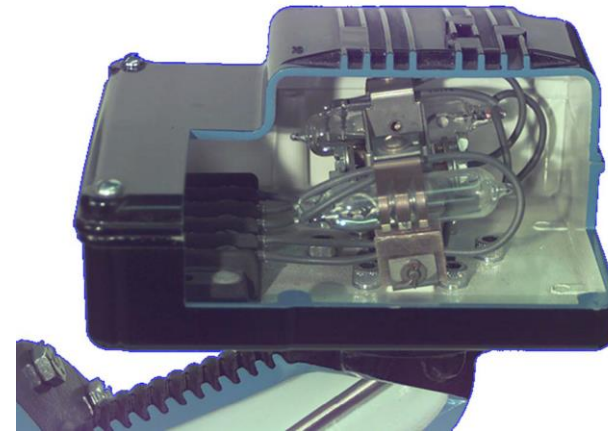
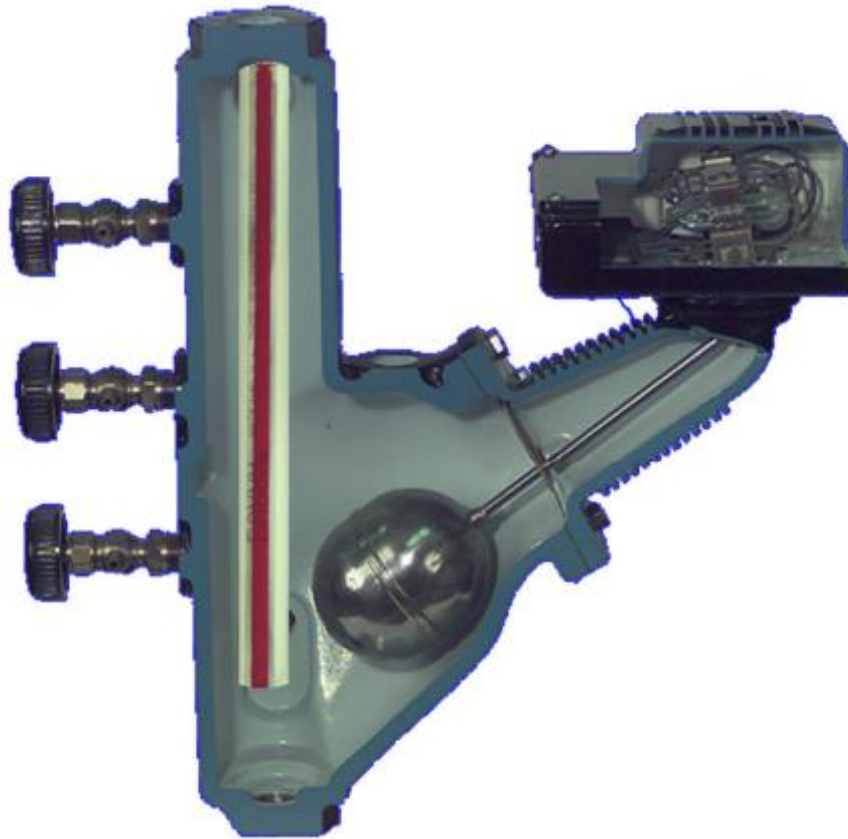
LWCO and Pump Control w/ scale





Fouled LWCO piping





***La cápsula de mercurio debe estar brillante  
superficies opacas indican contaminación  
Verificar las conexiones (cables)  
Inspeccionar los interruptores***

La cámara del flotador debería ser examinada para asegurar que esta está libre de sedimentos u otra acumulación. Toda acción correctiva necesaria deberá ser tomada antes que el dispositivo es puesto de nuevo en servicio. El inspector debería revisar que las instrucciones de operación para los dispositivos están fácilmente disponibles; y



l) Verificar que los siguientes controles/dispositivos están instalados:

1) Cada caldera de vapor automáticamente operada es protegida de sobrepresión por no menos de dos controles operados por presión, uno de los cuales pudiera ser un control operativo; Cuando sea requerido por el código de construcción o la jurisdicción, el control límite de alta presión deberá ser del tipo de rearme manual.

2) Cada caldera de agua-caliente o sistema de calderas de agua-caliente automáticamente operadas es protegido de sobre-temperatura por no menos de dos controles operados por temperatura, uno de los cuales puede ser un control operativo.

Cuando sea requerido por el código de construcción o la jurisdicción, el control límite de alta temperatura deberá ser del tipo de rearme manual.

3) Cada caldera de agua caliente es equipada con un termómetro que indicará, en todo momento, la temperatura del agua en o cerca de la salida de la caldera.

m) Verificar que toda reparación, alteración, o reemplazo de un dispositivo de control o seguridad cumple con lo siguiente:

- 1) Los requerimientos del código de instalación original o jurisdicción, según sea apropiado
- 2) El trabajo es realizado por individuos capacitados y calificados, con toda certificación adicional que sea requerida por la jurisdicción
- 3) El trabajo es documentado



## 2.2.11 REVISIÓN DE REGISTROS

a) El inspector debería realizar una revisión de las anotaciones, registros de mantenimiento, y tratamiento del agua de alimentación, para asegurarse de que se han realizado regularmente pruebas adecuadas a la caldera y sus controles.

b) Se debería consultar al dueño o usuario sobre si se han realizado reparaciones o alteraciones desde la última inspección. Tales reparaciones o alteraciones deberían ser revisadas para verificar el cumplimiento con los requerimientos de la jurisdicción, de ser aplicable.

## 2.2.12 DESCRIPCIÓN Y PROBLEMAS DE TIPOS ESPECÍFICOS DE CALDERAS

Los siguientes detalles son exclusivos de tipos específicos de calderas y deberían considerarse cuando se realizan inspecciones, conjuntamente con los requisitos generales indicados anteriormente.

### 2.2.12.1 CALDERAS DE FUNDICIÓN DE HIERRO

a) Las calderas de fundición de hierro son usadas en una variedad de aplicaciones para producir vapor a baja presión y para el calentamiento de agua. Las calderas de fundición de hierro deberían ser utilizadas solamente en aplicaciones que permitan casi el 100% de retorno de condensado o agua, y típicamente no son utilizadas en servicio de proceso. Estas calderas son diseñadas para operar con mínimas incrustaciones, lodo, o sedimento, lo que puede ocurrir si es añadida agua de reposición al sistema.

b) Debido al diseño y consideraciones de material únicas de las calderas de fundición de hierro, las siguientes son áreas comunes de inspección:

1) Incrustaciones y Sedimentos — Debido a que la combustión ocurre en o cerca del fondo, la acumulación de incrustaciones o sedimentos cerca de la zona más caliente puede causar un sobrecalentamiento y provocar fisuras;

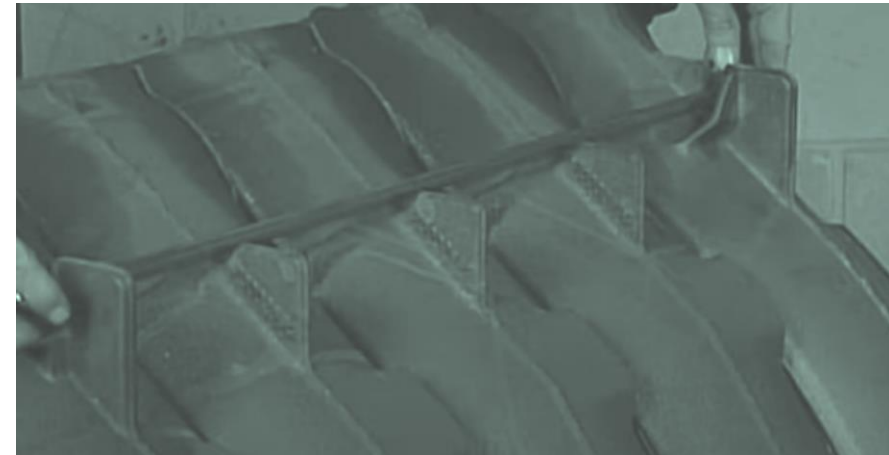


2) Agua de Alimentación — El agua de reposición no debería entrar en contacto con las superficies calientes. El suministro debería estar conectado a una tubería de retorno para su pre calentamiento;

3) Alineamiento de las secciones — La desalineación entre las secciones puede causar fugas. Las fugas o corrosión entre secciones no permitirán la expansión y contracción normal y esto puede provocar fisuras;



4) Barras tirantes o de empalme — Usadas para ensamblar la caldera y apretar las secciones entre ellas. Estas barras no deberían soportar ningún esfuerzo, y necesitan estar sueltas, permitiendo la expansión de la sección durante el calentamiento. Se pueden utilizar arandelas de expansión, y las tuercas solamente deberían arrimarse a la sección, para permitir la expansión;



5) Manguitos de empuje o área de sello — Es probable que se produzca corrosión o fugas en la abertura del manguito de empuje, usualmente causadas cuando el manguito es empujado torcido en el asiento, o es deformado debido a sobrecalentamiento, por tirantes demasiado ajustados, y por corrosión/erosión del manguito de empuje;

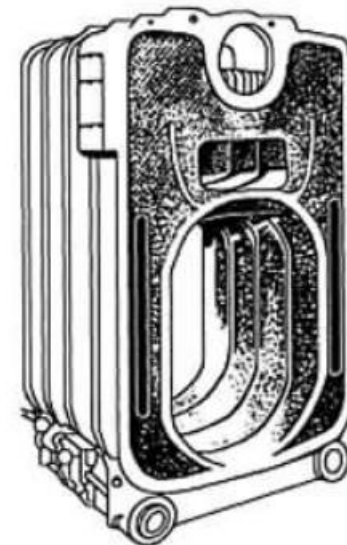




6) Corrosión — El lado fuego de las secciones pueden corroerse debido a la acción conjunta de la humedad ambiental y de los depósitos ácidos de los gases de combustión;

7) Cenizas — El suministro inadecuado de oxígeno o un quemador ajustado inapropiadamente pueden permitir la acumulación de cenizas en los conductos del lado fuego. Por ello se puede producir una reducción en la eficiencia y calentamientos localizados. Las cenizas, al mezclarse con agua, pueden formar soluciones ácidas dañinas para el metal.

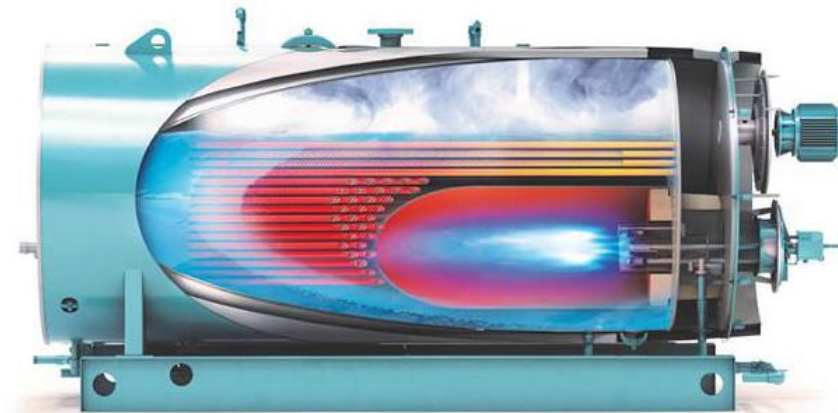
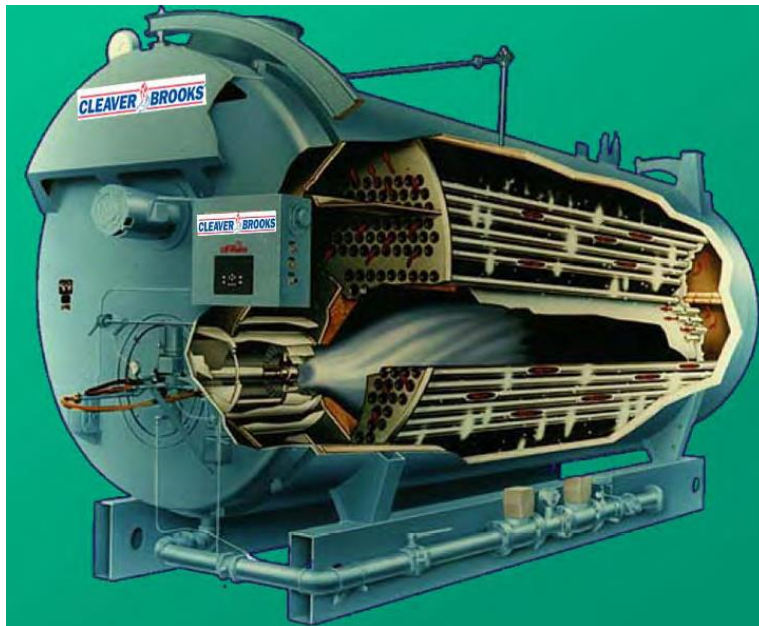
6) Corrosión — El lado fuego de las secciones pueden corroerse debido a la acción conjunta de la humedad ambiental y de los depósitos ácidos de los gases de combustión;



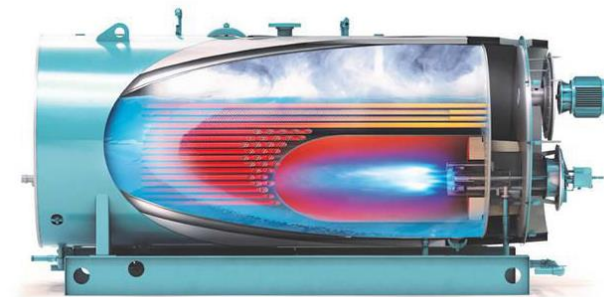
7) Cenizas — El suministro inadecuado de oxígeno o un quemador ajustado inapropiadamente pueden permitir la acumulación de cenizas en los conductos del lado fuego. Por ello se puede producir una reducción en la eficiencia y calentamientos localizados. Las cenizas, al mezclarse con agua, pueden formar soluciones ácidas dañinas para el metal.

## 2.2.12.2 CALDERAS HUMOTUBULARES

a) La característica distintiva de estas calderas es que los productos de la combustión pasan por dentro de los tubos, los cuales están rodeados por el agua que se está calentando.



... La combustión se produce en el área del hogar con los productos de combustión resultantes pasando a través de uno o más grupos de tubos antes de salir de la caldera. Las calderas humotubulares se clasifican según la distribución del quemador y los tubos como tubulares de retorno horizontal (HRT), humotubulares con caja de fuego (FTFB), tubulares verticales (VT). El número de pasadas de los productos de combustión por los tubos se utiliza también para clasificarlas, como dos pasos o tres pasos.



b) Las calderas humotubulares se pueden utilizar en aplicaciones de agua caliente o vapor. Pueden ser de baja o alta presión; pero típicamente no son diseñadas para presiones mayores a 250 psig (1,72 MPa). Las capacidades de vapor son generalmente menores que 30,000 lb/h (13.600 kg/hora). Se encuentran en una amplia variedad de aplicaciones, desde calefacción hasta vapor de proceso para generación de energía en pequeña escala.

c) Las calderas humotubulares están sujetas a **tensiones térmicas debido al ciclado, el cual puede provocar pérdidas en los tubos y corrosión en las juntas**. Los siguientes puntos son áreas de inspección comunes:

1) Lado agua – acumulación de sarro en y alrededor del tubo del hogar. El sarro en o alrededor de los tubos en la primera pasada luego del hogar (temperaturas de los gases  $> 1,800$  °F [980 °C]).

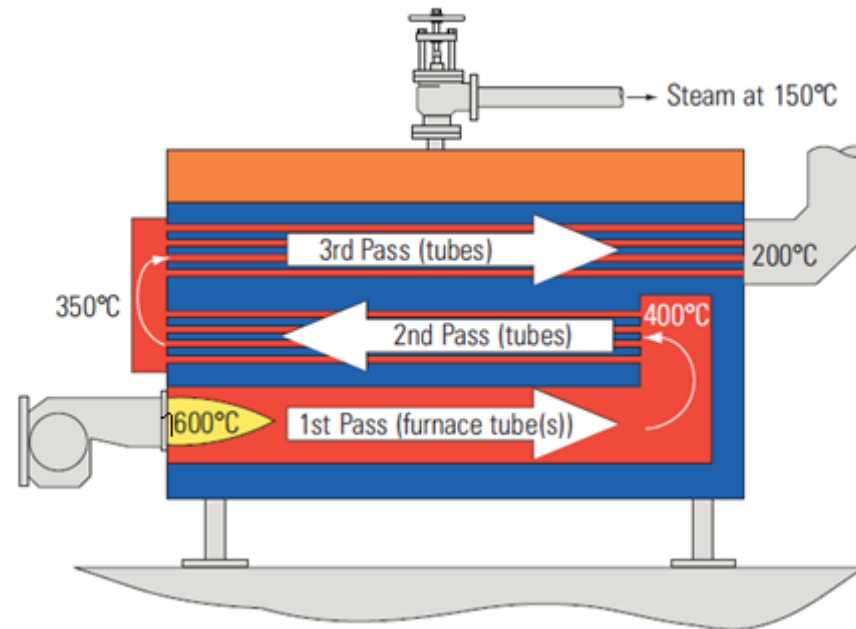




Acumulación de sarro y corrosión en las barras de riostras ocultando el diámetro real. Picaduras en todos los límites de presión.



*Cuáles son las temperaturas de los gases en una caldera?*



**Table 3.2.3 Heat transfer details of a modern three pass, wet back, economic boiler**

	Area of tubes	Temperature	Proportion of total heat transfer
<b>1st pass</b>	11 m <sup>2</sup>	1 600°C	65%
<b>2nd pass</b>	43 m <sup>2</sup>	400°C	25%
<b>3rd pass</b>	46 m <sup>2</sup>	350°C	10%

*Y cuáles son las temperaturas del metal de una caldera?*

Caldera  
escocesa

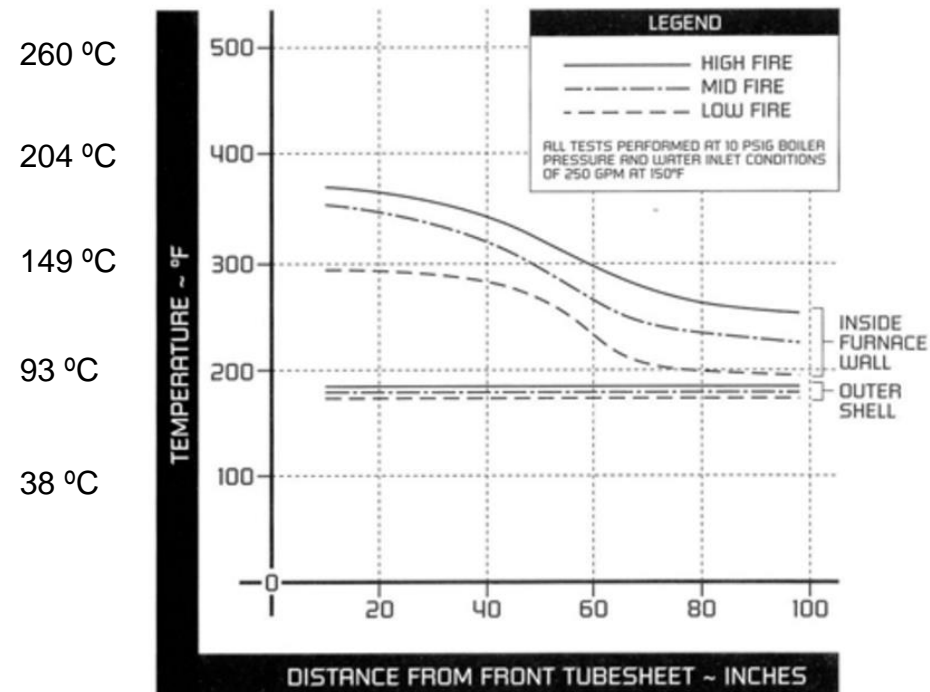
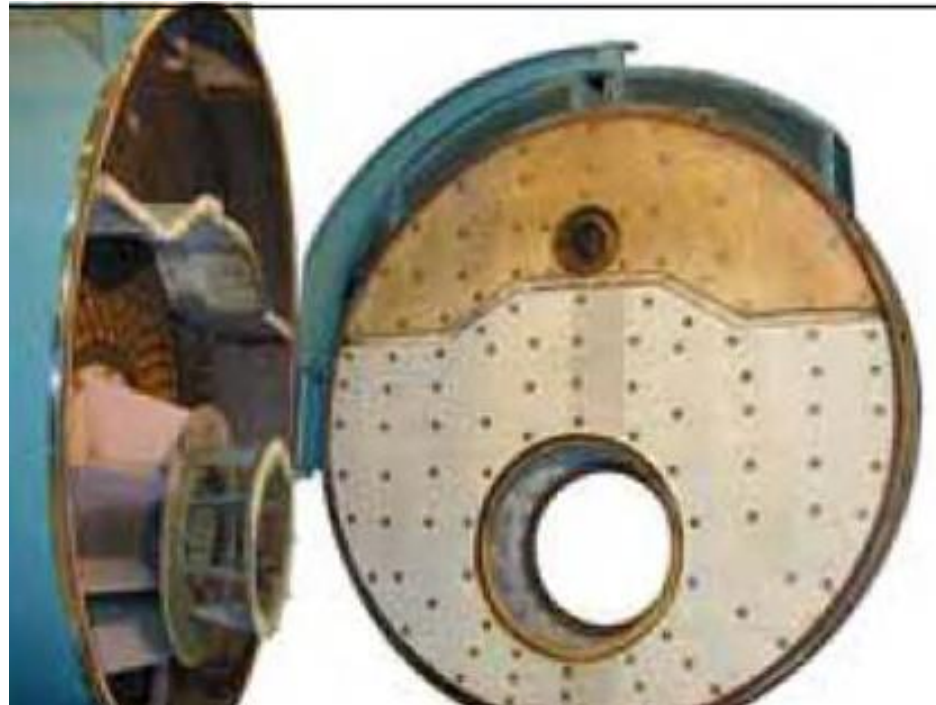


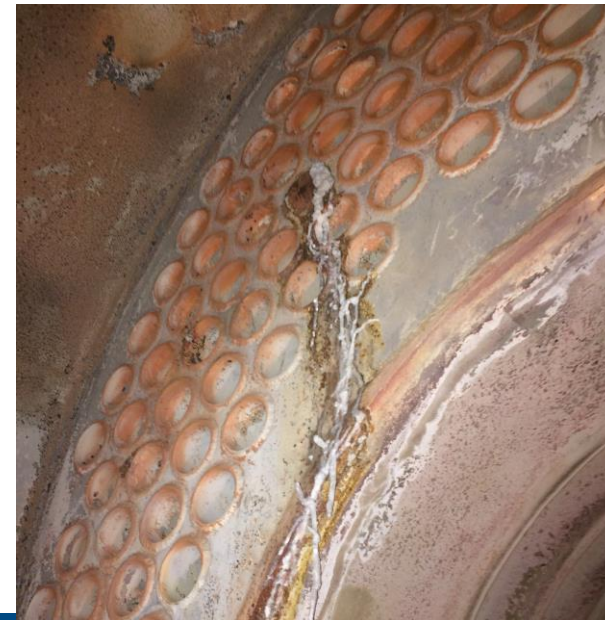
FIGURE 3 – VARIATION OF FURNACE AND OUTER SHELL TEMPERATURES ALONG LENGTH OF BOILER AT VARIOUS FIRING RATES

2) Lado fuego – pérdidas en la unión de tubos a placas tubulares.



...

Buscar huellas de oxido dejadas por juntas con pérdidas. En caso de dudar del lugar del cuál provienen las pérdidas, realizar examen por líquidos penetrantes.



Prestar atención a la ubicación de los refractarios que protegen el acero que no es enfriado por agua. Se puede requerir la remoción total o parcial del refractario para propósitos de inspección.



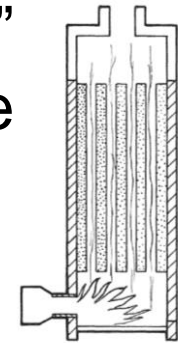
... La condensación de los gases de combustión chorreando por las empaquetaduras del lado fuego durante los arranques en frío son esperables. Sin embargo, si esto continúa luego que el agua ha alcanzado por lo menos 150°F (65 °C) se deberá investigar el origen del agua.

3) Las superficies lado fuego de los tubos en calderas humotubulares horizontales usualmente se deterioran más rápidamente en los extremos más cercanos al fuego. El inspector debería examinar los extremos de los tubos para determinar si han habido reducciones importantes de los espesores.





Las superficies de los tubos en algunas calderas de tubos verticales son más susceptibles a deterioro en los extremos superiores cuando son expuestos al calor de la combustión. Estos extremos de los tubos deberían ser examinados detenidamente para determinar si han habido reducciones importantes de los espesores. La placa de tubos superior en una caldera vertical de “tope seco” debería ser inspeccionada por evidencias de sobrecalentamiento;



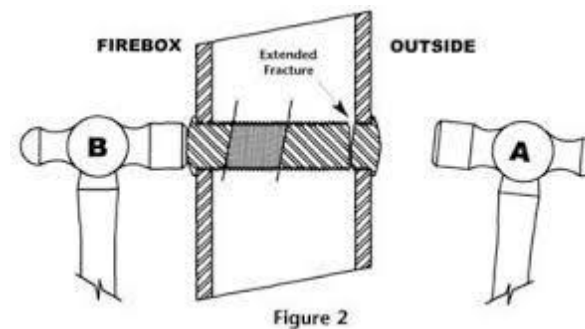
4) Todas las riostras, ya sean diagonales o pasantes, deberían ser inspeccionadas para determinar si ellas están o no tensionados de manera pareja. Los extremos de los pernos de riostras y las placas arriostradas deberían ser examinados para determinar si existen fisuras.



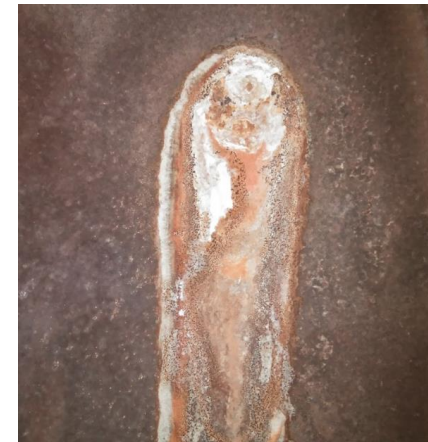
Adicionalmente, las placas arriostradas deberían ser inspeccionadas por abultamientos en el área de las riostras. Cada extremo de perno de riostra debería ser revisado para detectar trabajo en frío excesivo (encabezamiento) y sus soldaduras de sello, en busca de evidencia de un posible problema de fuga. Las riostras o los pernos de riostras que no están tensionados o ajustados deberían ser reparados. Las riostras o los pernos de riostras rotos deberán ser reemplazados;



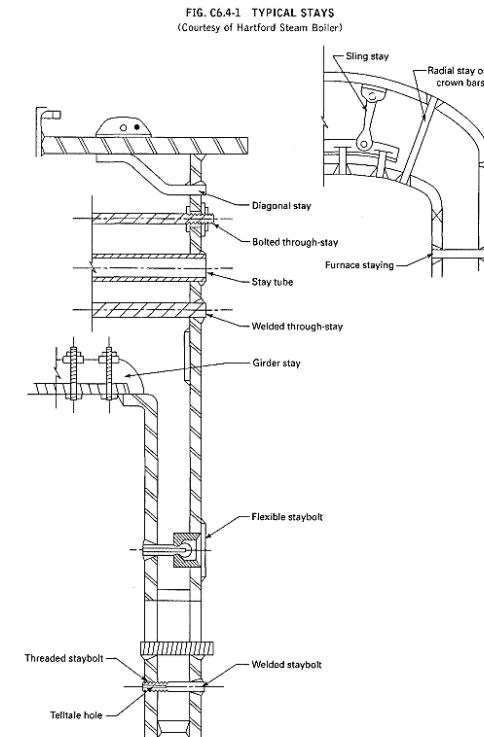
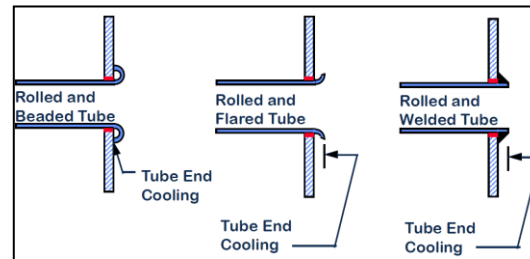
5) El inspector debería probar los pernos de riostras de la caja de fuego golpeando un extremo de cada perno con un martillo y, donde sea practicable, debería ser sostenido en el extremo opuesto un martillo u otra herramienta pesada de manera de hacer la prueba más efectiva. Un perno sano debería dar un sonido como campanada mientras que un perno roto dará un sonido hueco o sordo.



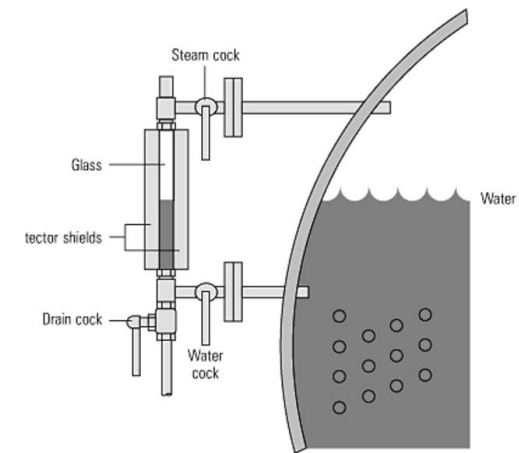
Los pernos de riostras con orificio testigo deberían ser examinados en busca de evidencia de fugas, los cuales indicarán un perno roto o agrietado. Los pernos de riostra rotos deberán ser remplazados.



d) Consideraciones prácticas han llevado a la utilización de cuerpos cilíndricos. Las placas tubulares planas en los extremos son soportadas por varios métodos: riostras diagonales, pernos pasantes, o los tubos mismos. Los tubos pueden ser mandrilados, soldados, o mandrilados y soldados en las placas tubulares.



... Para aplicaciones de vapor, el nivel de agua se mantiene varias pulgadas por encima del mazo de tubos superior, lo que permite un espacio de vapor en la parte superior del cuerpo de la caldera. Hay varios tipos de calderas humotubulares:

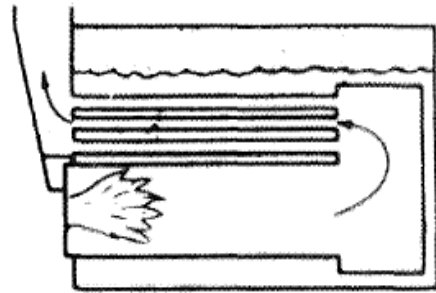


- 1) Caldera escocesa marina (FTSM)
  - a. Consiste de un cuerpo cilíndrico horizontal con un hogar interno. El combustible se quema en el hogar, con los productos de la combustión haciendo dos, tres o cuatro pasadas a través de los tubos de la caldera. La puerta trasera puede ser de diseño con refractario seco (seca) o enfriada por agua (húmeda) Se utilizan normalmente dos diseños del hogar, el tipo corrugado (Morrison) y el tipo liso.

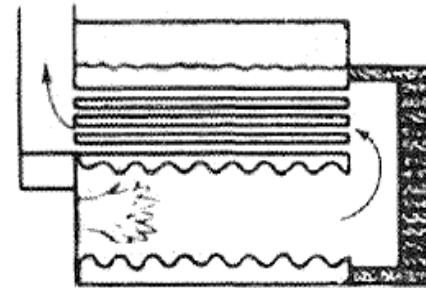




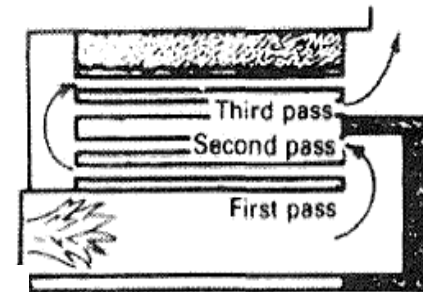
## Calderas escocesas



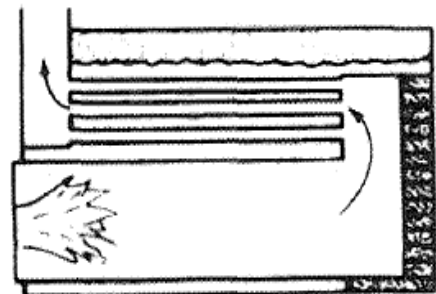
Fondo húmedo, dos pasadas



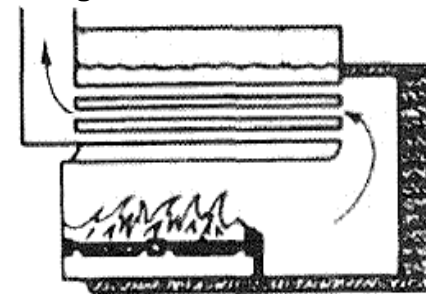
Fondo seco, dos pasadas, hogar  
corrugado



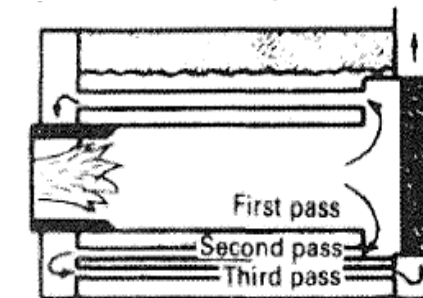
Fondo seco, tres pasadas



Fondo seco, dos pasadas



Fondo seco, dos pasadas, a carbón

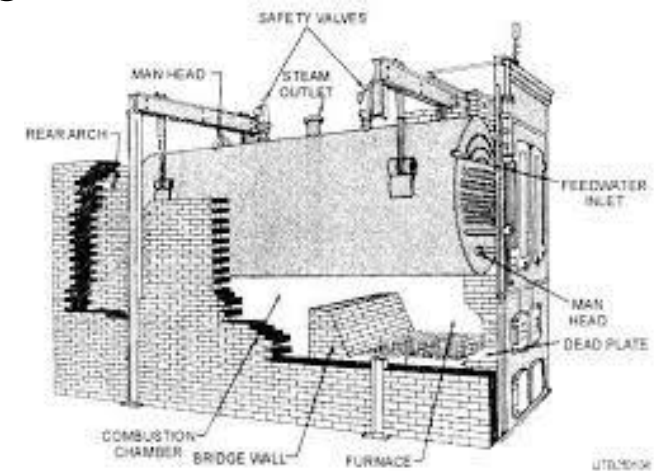


Fondo seco, tres pasadas

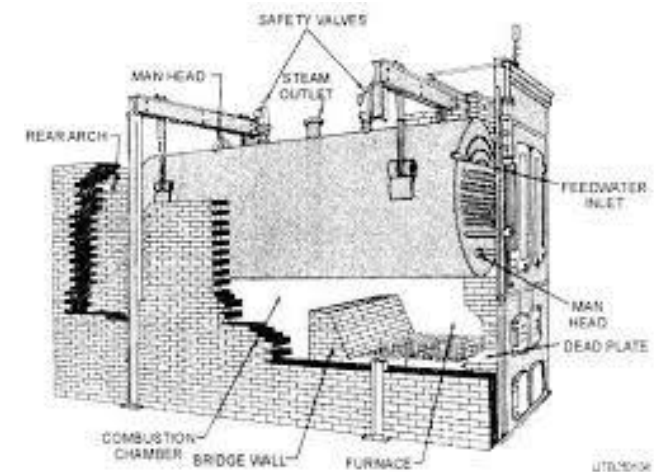
b. El diseño FTSM es uno de los más antiguos de caldera humotubular con hogares internos. Su uso intensivo al principio en servicio naval le agregó el término “marina” a este tipo de caldera. Comúnmente ambos tipos, de fondo húmedo y de fondo seco, se pueden encontrar en aplicaciones estacionarias. Se pueden utilizar para bajas o altas presiones en vapor y también se utilizan para servicio de agua caliente.

## 2) Caldera de retorno horizontal (HRT)

a. Consiste de un cuerpo cilíndrico con placas tubulares planas en los extremos. Los tubos ocupan los dos tercios inferiores del cuerpo, con un espacio de vapor sobre ellos. La porción inferior del cuerpo esta contenida en mampostería refractaria que forma el hogar de la caldera, el cual es normalmente lo suficientemente grande para permitir el quemado de combustible sólido



El cuerpo es soportado por mampostería o por vigas se soporte conectadas por medio de bielas a orejas de soporte en el cuerpo de la caldera. Este tipo de caldera es altamente susceptible a sobrecalentamiento de la porción inferior del cuerpo debido a la acumulación de depósitos que obstaculizan la transferencia de calor desde el cuerpo al agua



Otra área particular de atención en este tipo de calderas es la línea de purga inferior, la cual pasa a través de la parte posterior del hogar. Un deflector de refractario debe proteger esta línea para prevenir el contacto directo con los productos de la combustión. Otro problema potencial es el deterioro de la mampostería del hogar, que puede permitir que los productos de combustión escapen y por ello reducir la eficiencia.

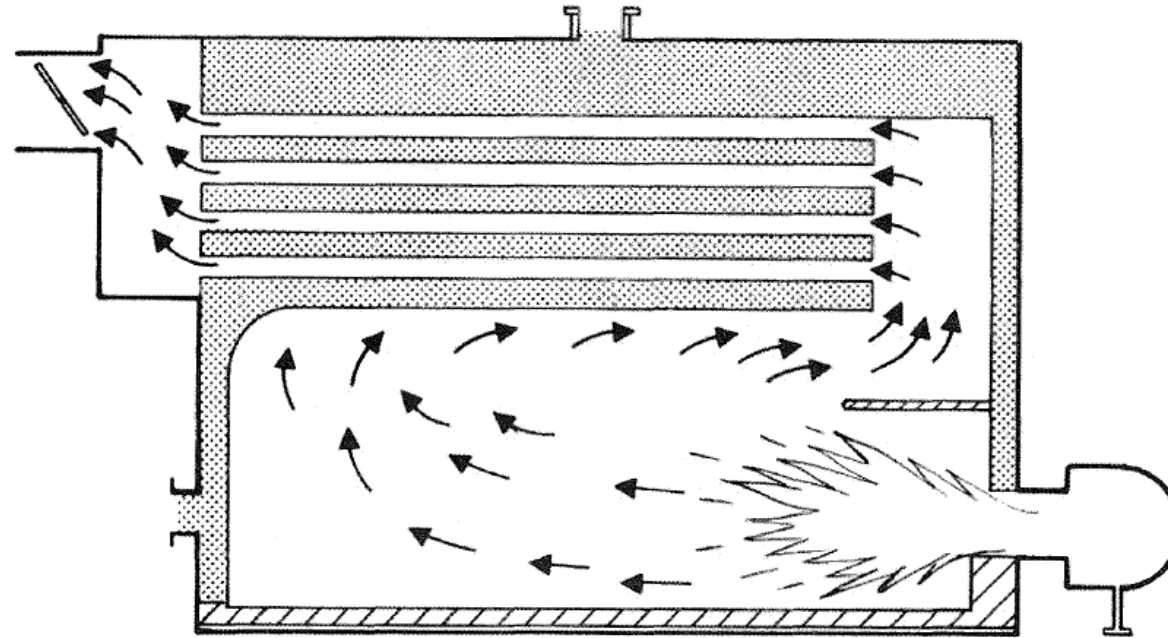
b. Las calderas HRT fueron utilizadas originalmente para aplicaciones de vapor a baja y alta presión. Fueron bastante comunes desde principios a mediados de los 1900s. Estas calderas frecuentemente son de construcción remachada. El diseño es bastante ineficiente, debido a que tiene una sola pasada y a la gran cantidad de mampostería que es calentada por los productos de la combustión. Las unidades que todavía están en servicio se encuentran generalmente en instalaciones de fábricas viejas y se utilizan generalmente solo para aplicaciones de calefacción con vapor.

### 3) Humotubular con caja de fuego (FTFB)

a. Fueron populares en los mediados de los 1900s, sin embargo muchas siguen en servicio. Consisten en un hogar externo que está encerrado por piernas de agua en tres de sus cuatro lados. Las piernas de agua se extienden hacia arriba hasta la placa de la corona para formar la parte inferior del cuerpo, mientras la parte superior es formada por la extensión de la pared exterior de la pierna de agua. Se utilizan placas planas en ambos extremos del cuerpo de la caldera. Pueden tener dos, tres o cuatro pasadas.

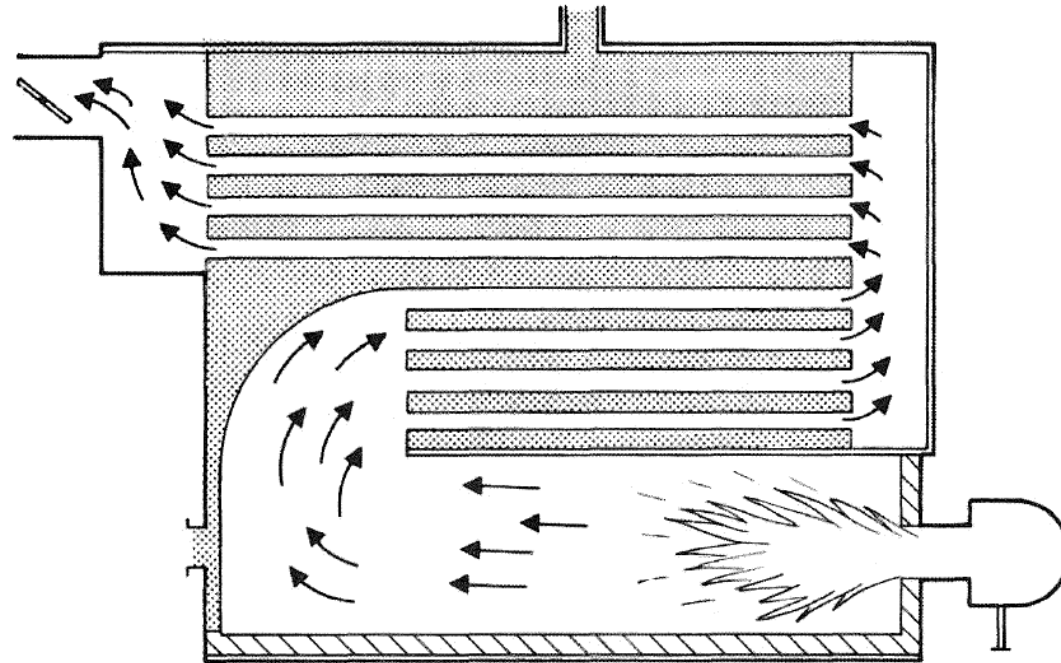


## Caldera con caja de fuego tipo C





## Caldera con caja de fuego de tres pasadas

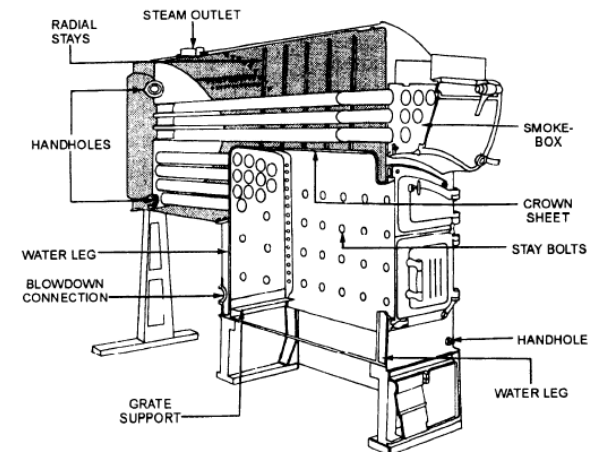


b. Debido a que las piernas de agua son la parte más baja del lado agua, tienden a acumularse sarro suelto y lodos. Además de interferir en el flujo de agua, el sedimento acumulado puede acelerar la corrosión de los pernos de riostra o de las piernas mismas. Las entradas de mano en las piernas de agua deberían abrirse durante la inspección interna.



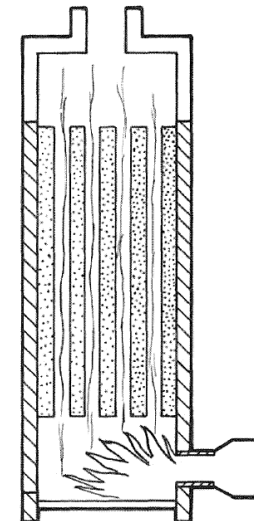
#### 4) Locomotora

Las calderas tipo locomotora son similares en diseño a las calderas en las viejas locomotoras de vapor. Este diseño vio limitadas aplicaciones estacionarias y pocas permanecen en servicio hoy. La mayoría son de construcción remachada. Ver el Suplemento 1 para dibujos detallados.



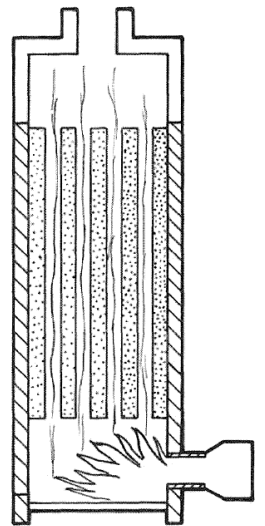
### 5) Humotubular vertical

Como el nombre implica, las calderas humotubulares verticales están configuradas con el cuerpo y los tubos orientados verticalmente. Estas calderas son generalmente pequeñas (< 10,000 lb/hr [4536 kg/hr] de capacidad) y son usadas donde es necesario para operación el desarrollo rápido de vapor.



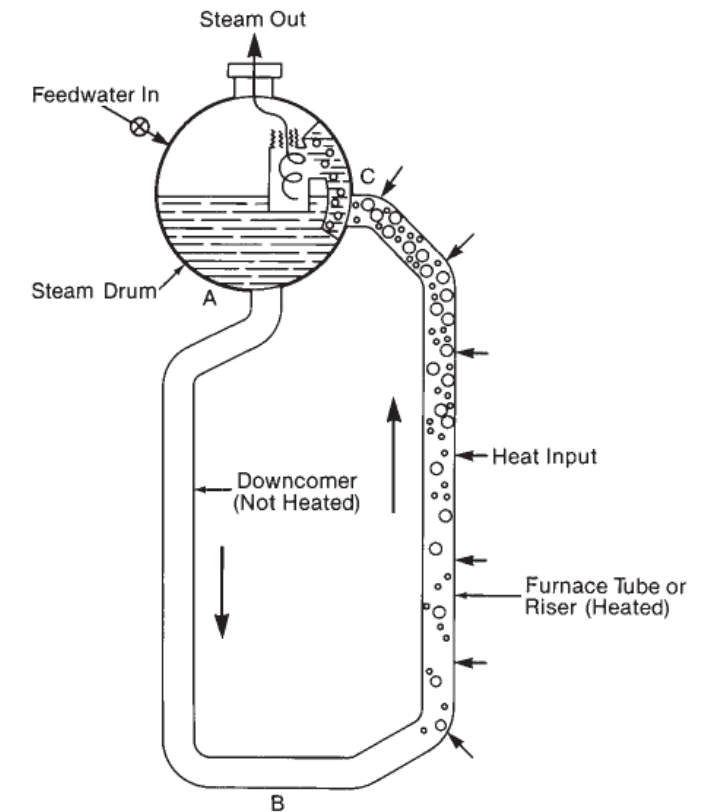
...

Las calderas humotubulares verticales se encuentran en muchas aplicaciones de alta y baja presión. El quemador pudiera estar ubicado en la parte superior o en el fondo de la caldera. Debido a su pequeño tamaño y a que frecuentemente se utiliza cuando se utiliza mucha agua de reposición, la formación de incrustaciones es un factor importante a tener en cuenta



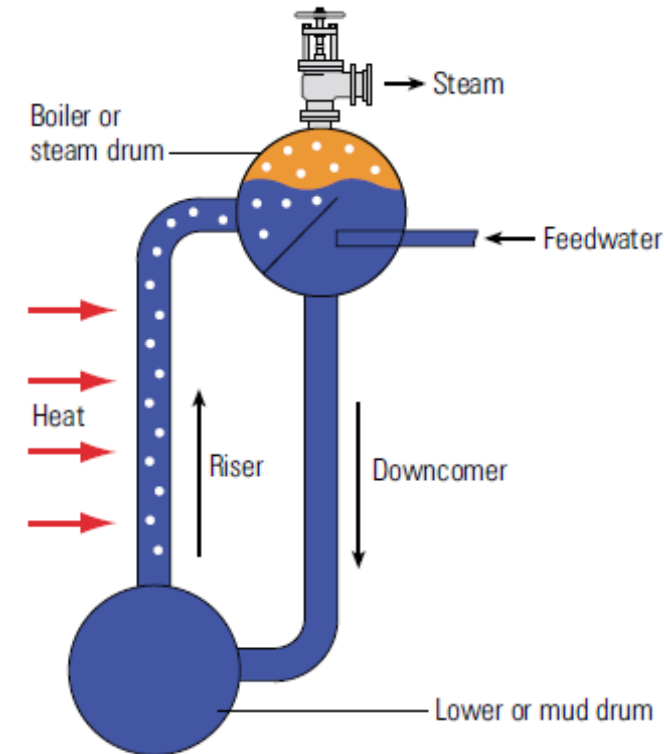
### 2.2.12.3 CALDERAS ACUOTUBULARES

a) Construidas típicamente con domos, colectores y tubos, estas calderas se utilizan comúnmente para producir vapor o agua caliente en grandes cantidades.



(a) Simple Natural or Thermal Circulation Loop

... Ellas varían en tamaño y presión desde calderas pequeñas empaquetadas hasta calderas extremadamente grandes ensambladas en campo, con presiones de trabajo por encima de 3,000 psig (21 MPa).



**Fig. 3.3.2**  
**Natural water circulation in a water-tube boiler**

a) ...

Estas calderas pueden ser alimentadas con varios tipos de combustibles, como leña, carbón, gas, aceite, residuos y licor negro. Su tamaño y tipo de construcción implican tensiones cíclicas mecánicas y térmicas.

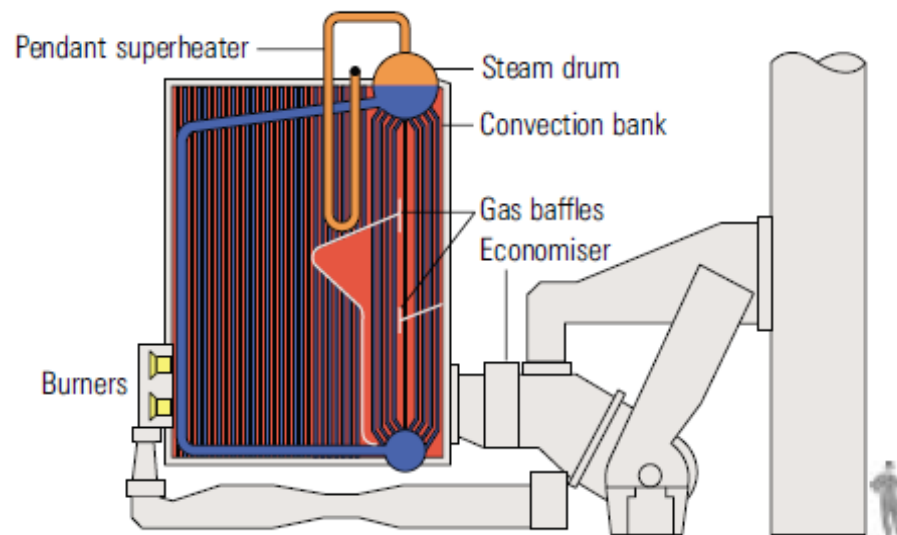
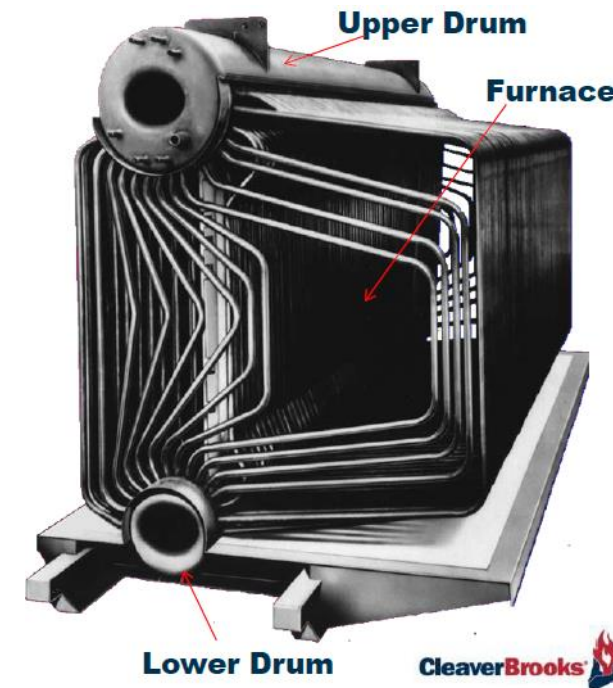


Fig. 3.3.1 Water-tube boiler

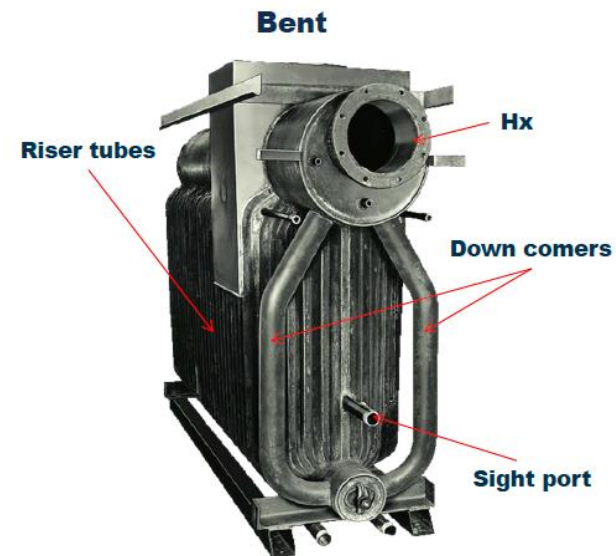




b) Existen muchas zonas, internas y externas, donde se combinan la humedad y el oxígeno causando condiciones favorables para la corrosión. Los combustibles quemados en calderas acuotubulares pueden contener cenizas, las cuales pueden formar un polvo abrasivo en el flujo de gases de combustión. La acción abrasiva de las cenizas en flujos de alta velocidad puede erosionar rápidamente los tubos de la caldera.

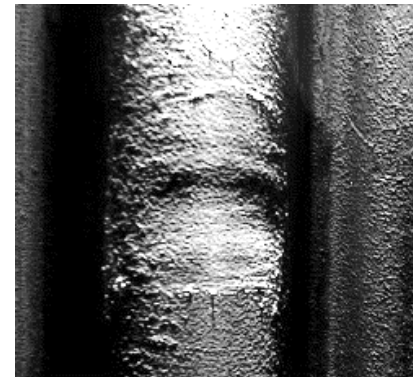


c) Los componentes particulares asociados con este tipo de construcción, tal como la cubierta, soportes de dilatación, sobrecalentadores, economizadores, sopladores de hollín, domos, colectores, y tubos, deberían ser inspeccionados exhaustivamente de acuerdo con la Parte 2, 2.2, de NBIC



CleaverBrooks 

d) Las superficies de los tubos deberían ser examinadas minuciosamente para detectar corrosión, erosión, abultamientos, grietas, o evidencias de soldaduras defectuosas. Los tubos pueden adelgazarse por el impacto a alta velocidad de partículas de combustible y de cenizas, o por la instalación o uso inapropiado de sopladores de hollín. Una fuga en un tubo frecuentemente causa corrosión o erosión severas en los tubos adyacentes.



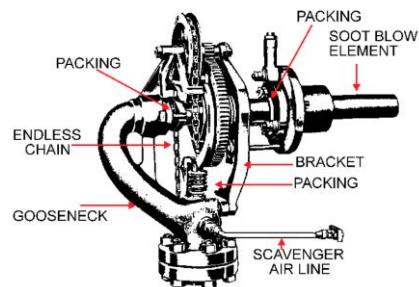
e) En espacios reducidos del lado fuego, por ejemplo donde se utilizan tubos cortos o manguitos roscados para unir domos o colectores, hay una tendencia del combustible y la ceniza a alojarse en los puntos de unión. Tales depósitos son favorables para causar corrosión si hay humedad presente, y por ello el área debería ser minuciosamente limpiada e inspeccionada.



f) Los domos y los colectores deberían ser inspeccionados internamente y externamente para detectar signos de fugas, corrosión, sobrecalentamiento, y erosión. Inspeccionar la tubería de purga y conexiones para evaluar su flexibilidad y capacidad de absorber expansiones. Revisar los sellos de los colectores para detectar fugas por las empaquetaduras.



g) Los engranajes mecánicos, cadenas, poleas, etc. de los sopladores de hollín deberían ser revisados para detectar partes rotas o desgastadas. Inspeccionar la tubería de alimentación a los sopladores de hollín en busca de soportes defectuosos, fugas, y para verificar que las expansiones y contracciones no estén restringidas. Verificar que la instalación sea adecuada, de manera de permitir el drenaje completo del condensado, el cual podría causar erosión.



h) Dentro de las calderas acuotubulares pueden existir espacios de aire entre la carcaza y la cavidad del lado fuego. Estos espacios de aire quieto incluyen el penthouse, el espacio de aire del arco superior y de la garganta inferior en que se encuentran frecuentemente los domos y colectores.

Hay una tendencia a que en estos espacios de aire se acumule combustible sólido no quemado y cenizas, lo cual luego puede limitar la inspección en esos espacios para detectar corrosión, abombamiento de tubos, fisuración inducida por el servicio, o soldaduras defectuosas. Esos espacios de aire deberían ser limpiados y examinados minuciosamente.



Case study 3- Photo 8: Fuel & ash leakage in the roof



Case study 2- Photo 7-Failures of weld joint of dissimilar materials caused by high steam temperature



## 2.2.12.4 CALDERAS ELÉCTRICAS

a) Las calderas eléctricas son calentadas por medio de energía eléctrica, ya sea mediante el uso de bobinas de inducción o por resistencias eléctricas. Esas calderas pueden ser utilizadas ya sea en servicio de vapor de baja presión como así también para aplicaciones con vapor o con agua caliente



b) Debido al diseño y condiciones del material únicos de las calderas eléctricas, las siguientes son áreas de inspección comunes:

1) Tensiones por el peso de los elementos — Algunos electrodos y elementos pueden ser bastante pesados, especialmente si están cubiertos con depósitos e incrustaciones. Estos elementos se incrustarán prontamente y a una velocidad más rápida que las superficies internas. El peso excesivo impone tensiones severas sobre los accesorios de fijación y las soldaduras en los puntos de soporte;



2) Choque Térmico — Los calentadores están constantemente ciclando, encendiendo y apagando, creando gradientes de temperatura, pero son menos susceptibles a choques térmicos que una caldera con fuego; y

3) Fugas — Cualquier fuga observada en la apertura donde los electrodos o elementos se insertan en la caldera es extremadamente peligrosa debido a la posible exposición de cables eléctricos, contactos e interruptores



## 2.2.12.8 CALDERAS DE RECUPERACIÓN DE CALOR

a) Las calderas de recuperación de calor son usualmente del tipo acuotubulares o humotubulares y obtienen el calor de una fuente o proceso externo en el cual una porción de la energía ya fue utilizada. La aplicación primaria de estas calderas es la generación de energía eléctrica. La principal desventaja es que no son calentadas en base a la demanda.

Debido a que la caldera no tiene control efectivo en la cantidad de calor entrando a la misma, pueden haber variaciones importantes o fluctuaciones de la temperatura del metal.

Los gases de escape del proceso están usualmente en un rango de temperaturas entre 400 °F (205 °C) a 800 °F (427 °C), en tanto los gases de combustión de calderas con fuego convencionales están alrededor de 2,000 °F (1093 °C). Se tienen consideraciones especiales en el diseño para compensar por la menor temperatura de los gases, tales como el uso de tubos absorvedores de calor aletados de alta eficiencia, y la disminución de la velocidad de los gases a través de la caldera.

b) Debido a las consideraciones particulares en el diseño y materiales de estas calderas, las siguientes son áreas de inspección frecuente:

1) Corrosión – los químicos en los gases de escape pueden crear condiciones corrosivas y reaccionar desfavorablemente cuando se combinan con los gases de combustión normales. Las pérdidas de agua o vapor pueden crear corrosión localizada. Los ciclos térmicos extremos pueden causar fisuras y pérdidas en la juntas;



2) Erosión – en general el flujo de los gases calientes es de baja velocidad y por ello la erosión no es un problema. Sin embargo, cuando el calor proviene de un motor de combustión interna, el flujo puede ser suficientemente alto como para producir erosión;

3) Vibración – en algunos procesos, y en todas las aplicaciones que involucren calor de escape de motores, la caldera puede estar sometida a elevados esfuerzos por vibraciones;

4) Ataque ácido – en procesos con ácido sulfúrico, los soportes de los refractarios y los recubrimientos metálicos están sujetos a ataque ácido. Tuberías, filtros, intercambiadores de calor, válvulas y accesorios están sujetos a ataque corrosivo debido a que esas partes normalmente no son de materiales resistentes a la corrosión; y

5) Operación en seco – en algunos casos estas calderas son operadas sin agua. Se debería tener la precaución de no exponer el acero al carbono a temperaturas mayores a 800 °F (427 °C) por períodos de tiempo prolongados. Los carburos del acero pueden precipitar como grafito a elevadas temperaturas.

## 2.2.12.2 CALDERAS KRAFT O DE RECUPERACIÓN DE LICOR NEGRO

a) Las calderas de licor negro se utilizan en la industria de la pulpa y el papel. El licor negro es un subproducto del procesamiento de la pulpa.



Contiene constituyentes orgánicos e inorgánicos concentrados al menos al 58% para ser quemados en la caldera de recuperación. El material orgánico se quema, y los químicos forman una pileta fundida en el quemador.



146\_ = No of Units in Service as of jun-2017 in USA (BLRBAC – Comité Asesor de calderas de recuperación de licor negro-)\_Con una antigüedad media de 40 años

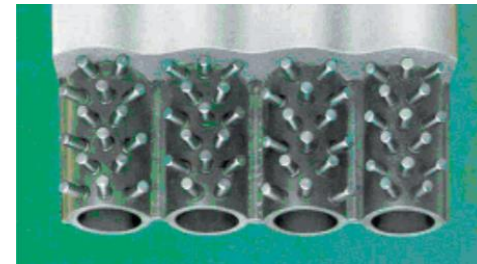
El fundido drena de las paredes del hogar en un tanque de disolución para la recuperación de los químicos. Finalmente, el subproducto de la recuperación es vapor utilizado para proceso y generación. Son utilizados quemadores auxiliares de gas o aceite para iniciar la combustión auto sostenible del licor negro, y se pueden utilizar para producir vapor adicional si no hay suficiente licor negro.

BLRBAC has been notified of over 150 BLRB explosions in North America (National Board – 1998).

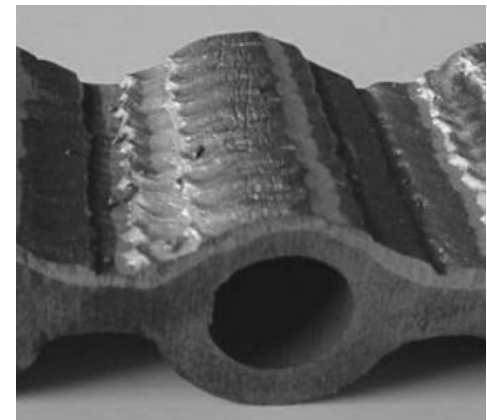
b) El proceso de combustión y recuperación requiere una atmósfera reductora cerca del piso del hogar y una atmósfera oxidante en la parte superior del hogar para completar la combustión.



Las partes de presión dentro del hogar requieren protección de la atmósfera reductora y de la sulfidación. La velocidad de corrosión dentro del hogar es dependiente de la temperatura. Las calderas que operan a 900 psi (6,21 MPa) típicamente tienen en la parte inferior del hogar tubos de generación de vapor de acero al carbono con varillas para retener una capa protectora de refractario o de fundido solidificado.



Por encima de 900 psi (6,21 MPa) los tubos del piso del hogar tienen una capa especial de protección frente a la corrosión. Lo más común es un tubo compuesto, con clad de acero inoxidable. Otros métodos de protección son el recubrimiento con aporte de metal de soldadura resistente a la corrosión, recubrimiento por spray térmico o plasma, y recubrimiento por difusión.



c) El peligro exclusivo de estas calderas es el potencial de una explosión si el agua se combina con el fundido. La fuente primaria de agua es la falla de partes de presión, que pueden permitir al agua entrar al hogar.

El programa de inspección del dueño se desarrolla y ejecuta cuidadosamente a intervalos apropiados para evitar la falla de partes de presión que puedan permitir el ingreso de agua en el hogar. Una segunda fuente de agua es el licor.

d) Permitir que el licor negro con un 58% o menos de sólidos ingrese en el hogar puede resultar también en una explosión. Los controles de combustión del licor negro incluyen dispositivos que monitorean y automáticamente desvían el licor del hogar si el contenido de sólidos es del 58% o menor.

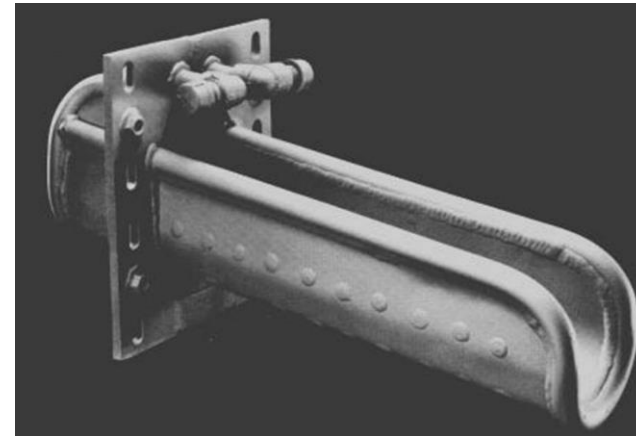
e) Además de los requisitos generales de inspección para todas las calderas acuotubulares, es necesario tener especial cuidado en los siguientes áreas:

1) Hogar - el tipo y extensión de la inspección de pared, techo, y tubos de pared de agua depende de los materiales de construcción, tipo de construcción, y modos de operación de la caldera.

En todos los casos, los tubos de las aperturas de la pared del hogar necesitan inspección por adelgazamiento y fisuras.



El vertedero de fundido enfriado por agua típico puede permitir el ingreso de agua al hogar si el mismo falla. Una práctica común es reemplazar esos vertederos en un intervalo menor al cual la falla se sabe que puede ocurrir.



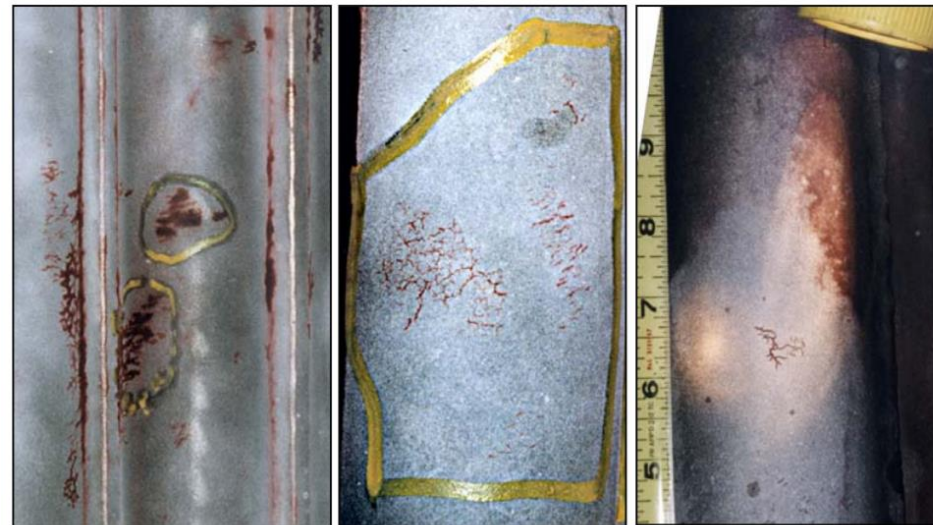


2) Agua- El porcentaje de solidos en el licor negro antes de ingresar al hogar deberá ser monitoreado con atención. Verificar que el sistema de combustión del licor negro desviará automáticamente el licor si los sólidos bajan por debajo del 58%.

3) Corrosión/erosión - las consecuencias potenciales de corrosión o erosión (explosión debido al contacto del agua con el fundido por falla en una parte de presión) requiere un programa de inspección muy bien planificado y ejecutado por el usuario. El mantenimiento de la calidad del agua de la caldera es crucial para minimizar la falla de los tubos desde el lado agua.

4) Tubos – dependiendo del tipo de construcción, inspeccionar para detectar deterioro tal como pérdida de la protección contra la corrosión, adelgazamiento, erosión, sobrecalentamiento, alabeo, alargamiento hinchamientos, ampollamiento y desalineación.

Si los tubos del piso han sido dañados mecánicamente o sobrecalentados, limpiar el piso y realizar el tipo de inspección apropiada para el daño sospechado.



Sections of recovery boiler tube floors showing cracking on 304L stainless steel/carbon steel co-extruded tubes.

Las excursiones en el tratamiento de agua pueden resultar en incrustaciones y lodos en las superficies internas, creando condiciones de deficiente transferencia de calor y finalmente fisuras causticas o rotura de tubos.

5) Soldaduras – las pérdidas se originan frecuentemente en las soldaduras. El dueño y la agencia reparadora deberían planificar e inspeccionar cuidadosamente todas las reparaciones por soldadura, y las soldaduras de sello que puedan permitir el ingreso de agua al hogar. Las soldaduras a tope en los tubos que puedan permitir el ingreso de agua al hogar deberían ser inspeccionadas por un método END volumétrico que sea aceptado por el inspector.

Las pérdidas en soldaduras de accesorios pueden originarse a partir de corrosión asistida por tensiones (SAC) interna. Desviaciones menores en la calidad del agua y limpieza química inapropiada pueden iniciar SAC.

6) Respuesta de emergencia a la entrada de agua en el hogar – los operadores de calderas de recuperación Kraft deberían tener un plan para detener inmediatamente la combustión y drenar el agua de la caldera si se conoce o sospecha que un tubo está perdiendo agua en el hogar.



RECOMMENDED GOOD PRACTICE  
EMERGENCY SHUTDOWN PROCEDURE (ESP)  
AND  
PROCEDURE FOR TESTING ESP SYSTEM  
FOR BLACK LIQUOR RECOVERY BOILERS

THE BLACK LIQUOR RECOVERY BOILER ADVISORY COMMITTEE

October 2012



Este sistema puede denominarse procedimiento de parada de emergencia, o ESP. El inspector debería confirmar que el ESP sea probado y mantenido de manera tal que funcione como se pretende y que los operadores activarán el sistema cuando se produzca o se sospeche de una pérdida en el hogar

7) Sobrecalentamiento – la rotura de tubos debido a sobrecalentamiento por bajo nivel de agua puede permitir el ingreso de agua al hogar. El inspector debería verificar la existencia de un sistema redundante de protección por bajo nivel de agua, y que en este sea mantenimiento.

f) Los procedimientos recomendados para la inspección de calderas de recuperación de licor negro se identifican a continuación:

1) Asociación forestal y del papel norteamericana:

“Manual de referencia de calderas recuperadoras para propietarios y operadores de calderas recuperadoras Kraft,” patrocinado por el Subcomité de Operaciones/Mantenimiento del Comité de Calderas Recuperadoras, Volumen I, II y III (ediciones publicadas actuales);

2) El comité asesor de calderas recuperadoras de licor negro (BLRBAC), Prácticas recomendadas:

- a. Procedimiento de apagado de emergencia (ESP) y el procedimiento para pruebas ESP;
- b. Encendido seguro para calderas recuperadoras de licor negro
- c. Sistema para calderas de licor negro;

- d. Encendido seguro del licor negro en calderas recuperadoras de licor negro;
- e. Encendido seguro de combustible auxiliar en calderas recuperadoras de licor negro;
- f. Oxidación térmica de flujos de desecho en calderas recuperadoras de licor negro;

- g. Lista de verificación de instrumentación, y guía de clasificación para instrumentos y sistemas de control usados en la operación de calderas recuperadoras de licor negro;
- h. Guías recomendadas para la seguridad del personal;

3) Asociación técnica de la industria de pulpa y papel (TAPPI), artículos de información técnica:

a. 0402-13, Guías para la especificación e inspección de tubos de calderas soldados por resistencia eléctrica (ERW) y tubos sin costura para servicio crítico y no crítico;

- b. 0402-15, Instalación y reparación de varillas en calderas recuperadoras de licor negro;
- c. 0402-18, Ensayo ultrasónico (UT) para espesor de tubos en calderas recuperadoras de licor negro:



1. Parte I: Guías para ensayos precisos de espesores de tubo
2. Parte II: Plan por defecto para la vigilancia de espesores de tubos en varias zonas de caldera;

- d. 0402-21, Evaluación de desempeño en ultrasonidos para los técnicos que inspeccionan tubos de calderas;
- e. 0402-30, Inspección para detectar fisuras en tubos compuestos en calderas de recuperación de licor negro;

f. 0402-31, Directrices para la Evaluación la Calidad de Soldaduras a Tope de Tubo de Caldera con Pruebas Ultrasónicas;

g. 0402-33, Directrices para Obtención de Pruebas Radiográficas (RT) de Alta Calidad de Soldaduras a Tope en Tubos de Caldera.

# Código de Inspección de la Junta Nacional (NBIC) – Parte 2

## Continuación

Alejandro Dominguez



## 2.5 DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESIÓN

### 2.5.1 ALCANCE

a) Los accesorios más importantes de todo sistema presurizado con los dispositivos de alivio de presión (PRDs) que se instalan para proteger al sistema de las sobrepresiones. Estos son dispositivos tal como las válvulas de alivio de presión y discos de ruptura u otros dispositivos que no vuelven a cerrarse, que están destinados a operar en una condición de sobrepresión, para reducir la presión

b) Estos dispositivos no están diseñados ni se pretende que controlen la presión del sistema durante la operación normal. En vez de ellos, estos están destinados a funcionar cuando se superan las condiciones normales de operación, o se producen condiciones anormales en el sistema.

c) La inspección periódica y el mantenimiento de estos importantes dispositivos de seguridad son críticos para asegurar su funcionamiento y disponibilidad de manera continua para cuando sea necesario que operen. Ver NBIC, Parte 2, 2.5.8 para la frecuencia recomendada de pruebas a los PRDs

- d) Los aspectos a inspeccionar incluyen:
- 1) Presión de ajuste correcta (adecuada para la MAWP)
  - 2) Consideraciones de seguridad
  - 3) Fechas del dispositivo
  - 5) Condición de la instalación, y
  - 6) Pruebas e inspecciones

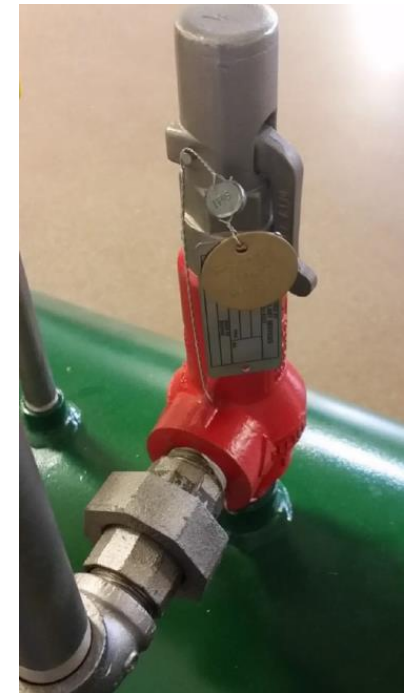


## 2.5.2 INFORMACIÓN DEL DISPOSITIVO DE ALIVIO DE PRESIÓN

a) La información de la placa de identificación o estampada en el dispositivo debería compararse con la placa de identificación del equipo que protege. Para un único dispositivo, la presión de ajuste no deberá ser mayor que la MAWP marcada en el componente retenedor de presión o el sistema protegido.

b) Cuando se instala más de un dispositivo de alivio de presión para lograr la capacidad de alivio requerida, solamente la presión de uno de los dispositivos de alivio de presión necesita estar a o por debajo de la presión máxima admisible de trabajo. La presión de ajuste de los dispositivos adicionales puede exceder la MAWP, tal como se permita en el código original de construcción

- c) Verificar la capacidad de alivio de la placa de identificación y, si es posible, compararla con la capacidad de requerida en el sistema
- d) Verificar la identificación en los precintos y asegurarse que ello concuerdan con las placas de identificación u otra identificación (placa de reparación o reajuste) en la válvula o dispositivo



### 2.5.3 REQUISITOS DE INSPECCIÓN EN SERVICIO DEL ESTADO DEL DISPOSITIVO DE ALIVIO DE PRESIÓN

a) La válvula o dispositivo deberá revisarse en busca de evidencia de que está perdiendo o que no sella apropiadamente.

La evidencia de pérdida a través de válvulas de alivio de presión puede indicar que el sistema estuvo siendo operado a una presión muy próxima a la presión de ajuste de la válvula. (Ver el suplemento 8 para guías en cuanto al diferencial de presión entre la presión de ajuste de la válvula de alivio de presión y la presión de operación del sistema)

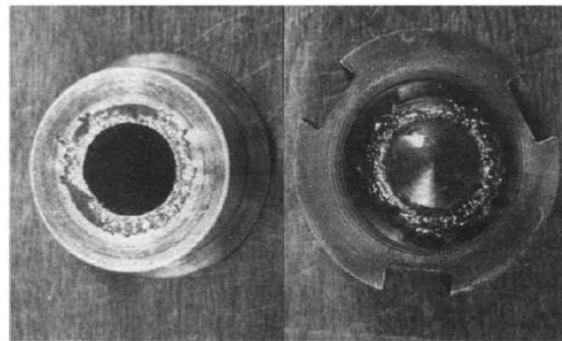


Figura 29—Superficie de asiento del disco dañada por la operación frecuente de la válvula a presiones muy cercanas a su presión de ajuste

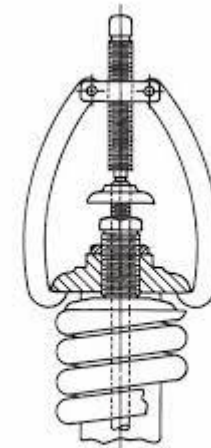
- b) Los precintos de ajuste deberán estar intactos y no mostrar evidencia de manipulación
- c) Los pernos de conexión deberían estar ajustados, y todos los pernos intactos
- d) La válvula o dispositivo debería ser examinado para detectar acumulación de depósitos o material



Figura 42—Depósitos de azufre en cuerpo de válvula

- e) La válvula o dispositivo debería ser examinado para detectar óxido o corrosión
- f) La válvula o dispositivo debería ser examinado para detectar partes dañadas o desalineadas
- g) Si un agujero de drenaje es visible, la válvula o dispositivo debería ser examinado para asegurar que no está atascada con residuos o depósitos

h) La válvula o dispositivo debería ser examinado para detectar las mordazas de prueba dejadas en posición luego de la prueba de presión de la unidad



TEST GAG APPLICATION



i) Las válvulas con fuelles deberían ser examinadas para asegurar que el venteo del bonete está abierto o con su descarga conducida a una ubicación segura. El venteo no debería taparse debido a que ello producirá que la presión de ajuste de la válvula se incremente si se produce una fuga en el fuelle. Las pérdidas que se observan en el venteo indican que los fuelles están dañados y ya no protegerán a la válvula de los efectos de la contrapresión

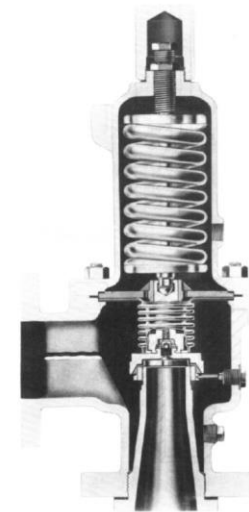


Figura 5—Válvula de alivio de presión de accionamiento directo por resorte, balanceada con fuelles

## 2.5.4 REQUISITOS DE INSPECCIÓN EN SERVICIO DEL ESTADO DE LA INSTALACIÓN

a) Asegurarse que todas las tapas, capuchones, tapones, y/o alambres en la palanca de accionamiento que fueron utilizados para el transporte sean removidos

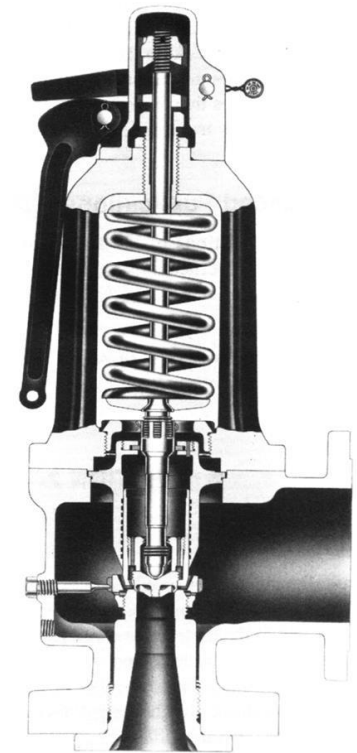


b) Se deberá inspeccionar la tubería de entrada para asegurar que cumpla con los requisitos del código original de construcción. Para válvulas de alivio de presión, la tubería de entrada se deberá examinar para asegurar que el tamaño de la tubería de entrada no es menor que el tamaño de la entrada del dispositivo

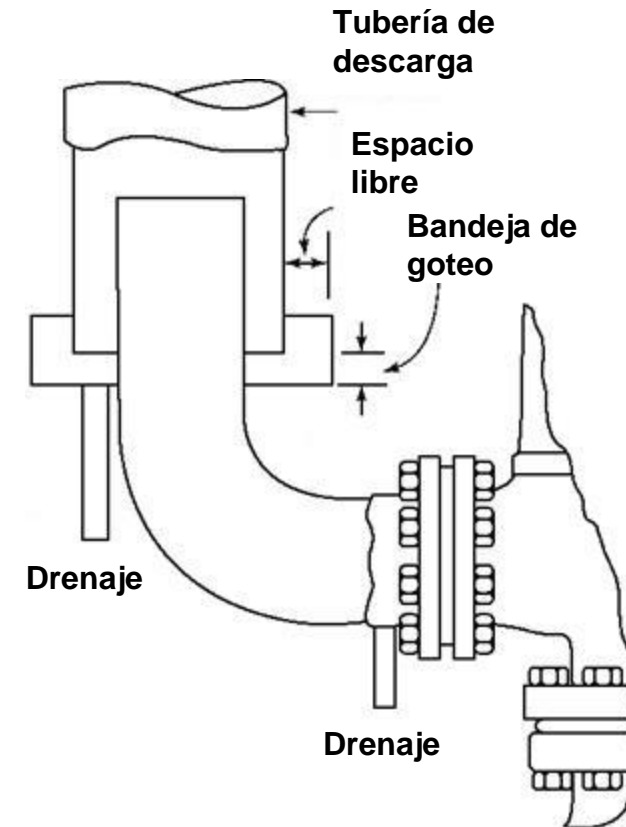


c) La tubería de descarga deberá ser inspeccionada para asegurar que cumple con el código original de construcción. Para válvulas de alivio de presión, la tubería de descarga se deberá examinar para asegurar que el tamaño de la tubería no es menor que el tamaño de la entrada del dispositivo

d) La tubería de drenaje de la válvula deberá ser inspeccionada para asegurar que la tubería está abierta



e) La tubería de descarga deberá ser inspeccionada para asegurar que drena apropiadamente



f) Las tuberías de entrada y de descarga deberán inspeccionarse para asegurarse que ellas no restringen o producen tensiones excesivas en el cuerpo de la válvula, lo cual puede producir deformaciones del cuerpo y pérdidas o mal funcionamiento.

g) Se deberá inspeccionar la condición y suficiencia de los soportes de tuberías. Los soportes de la tubería de descarga deberían ser independientes del dispositivo

- g) Se deberán inspeccionar la salida de la válvula y la tubería de descarga en cuanto a riesgos posibles para el personal
- h) Se deberá verificar que la instalación no tenga válvulas de interrupción interpuestas entre la entrada a la válvula y la fuente de presión, o entre la salida de la válvula y su punto de descarga. Las válvulas de interrupción pueden ser permitidas en algunos servicios (ver Parte 4, 2.6.6 e) y requisitos jurisdiccionales). Las válvulas de interrupción no se deberán usar en calderas de potencia, calderas de calefacción, ni en calentadores de agua.



g) Una válvula de cambio, instalada entre dos dispositivos de alivio de presión en una única posición de un recipiente, con el propósito de conmutar desde un dispositivo a otro de respaldo, no es considerada una válvula de interrupción si está configurada de manera tal que no hay ninguna posición intermedia que aislará ambos dispositivos de alivio de presión del sistema protegido.

Las válvulas de cambio deberían evaluarse minuciosamente para asegurar que no tengan una caída de presión excesiva que pueda afectar la operación o capacidad del dispositivo de alivio de presión. Estas válvulas son usadas comúnmente en servicio de recipientes a presión. También pueden ser usadas en algunas aplicaciones con calderas. Se recomienda contactar a la jurisdicción para determinar la aplicabilidad en calderas.

## 2.5.5 REQUISITOS ADICIONALES DE INSPECCIÓN

Los siguientes son temas adicionales que deberían ser considerados para tipos específicos de instalaciones o servicios

### 2.5.5.1 CALDERAS

Si las calderas están conectadas entre ellas con tuberías, con presiones máximas admisibles de trabajo que difieren en más de un 6%, pueden ser requeridos dispositivos de protección adicionales en las unidades que trabajan a bajas presiones para protegerlas de sobrepresiones desde las unidades que trabajan a altas presiones

## 2.5.6 EMBALAJE, ENVÍO, Y TRANSPORTE

a) Un embalaje, envío, y transporte inadecuados, pueden tener efectos perjudiciales en la operación del dispositivo. Los dispositivos de alivio de presión deberían ser tratados con las mismas precauciones que los instrumentos, teniendo cuidado de evitar manipularlos de manera brusca y de evitar contaminación antes de su instalación

b) Se recomiendan las siguientes prácticas

1) Las válvulas deberían ser sujetadas de manera segura a los pallets, en posición vertical, para evitar cargas laterales en las superficies guía, excepto para las válvulas roscadas y con soldadura socket hasta 2 in. (50 mm), las válvulas deberían ser empacadas con espuma u otro elemento de amortiguación durante el transporte



2) Las conexiones de entrada y salida de la válvula, conexiones de drenaje, y los venteos del bonete, deberían ser protegidos durante el envío y almacenamiento, para prevenir la contaminación interna de la válvula. Antes de la instalación asegurarse que todas las cubiertas y o tapones fueron removidos

3) La válvula no debería ser sujeta ni movida usando la palanca. Las palancas deberían ser sujetadas con alambre, o aseguradas de manera que no puedan ser accionadas mientras la válvula está haciendo enviada o almacenada. Se deberán remover esos alambres antes de colocar la válvula en servicio

4) La tubería de la válvula piloto debería ser protegida durante el envío y el almacenamiento para prevenir daño y/o rotura



## 2.5.7 PRUEBAS E INSPECCIÓN DE OPERACIÓN DE DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESIÓN

a) Las válvulas de alivio de presión deberán ser probadas periódicamente para asegurar que son libres para operar y que operaran de acuerdo con los requisitos del código original de construcción.

Las pruebas deberían incluir la presión de ajuste del dispositivo, la presión de apertura, presión de cierre donde sea aplicable, y la evaluación de pérdidas en el asiento. Se deberán utilizar las tolerancias especificadas para esos requerimientos en el código original de construcción para determinar la aceptabilidad de los resultados de las pruebas

b) Las pruebas pueden ser realizadas por el dueño en la unidad en la cual está instalada la válvula, o en una instalación de pruebas calificada. En muchos casos las pruebas en la unidad pueden ser impracticables, especialmente si el fluido de servicio es peligroso, o tóxico.

Las pruebas en la unidad pueden involucrar evitar mediante bypass los controles operativos, y por ello solamente deberían ser realizadas por individuos calificados y bajo condiciones cuidadosamente controladas. Se recomienda que esté disponible un procedimiento escrito para llevar adelante esta prueba

1) El inspector debería asegurarse que ha sido utilizado equipo calibrado para realizar esta prueba y los resultados deberían ser documentados por el dueño

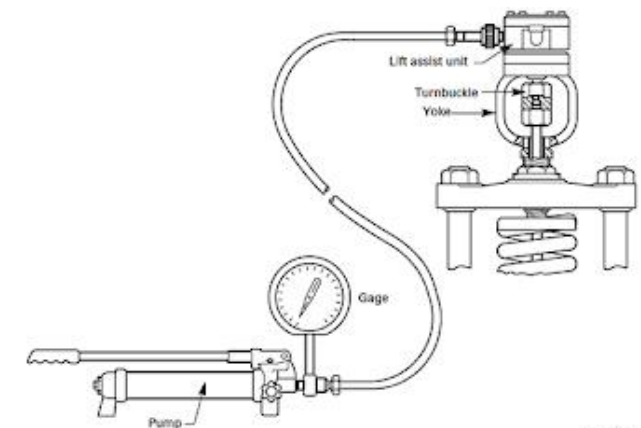
2) Si las pruebas fueron realizadas en una instalación de pruebas, el registro de estas pruebas debería ser revisado para asegurar que la válvula cumple los requisitos del código original de construcción. Las válvulas que estuvieron en servicio tóxico, inflamable, u otro servicio peligroso, deberán ser descontaminadas cuidadosamente antes de ser probadas.

Especialmente el bonete cerrado de válvulas en ese tipo de servicio puede contener fluidos que no son fácilmente removidos o neutralizados. si la prueba no puede ser realizada de manera segura, se deberá desmontar la válvula, limpiarla, descontaminarla, repararla, y volver a ajustar su presión

3) Si una válvula ha sido removida para las pruebas, las conexiones de entrada y salida deberían inspeccionarse para detectar bloqueos por acumulación de producto o corrosión



c) Las válvulas pueden ser probadas utilizando dispositivos de asistencia a la elevación cuando la prueba a la presión máxima pueda causar daño a la válvula, o cuando es impracticable la prueba a la presión máxima debido a las consideraciones de diseño del sistema. Los dispositivos de asistencia a la elevación aplican una carga adicional en el vástago de la válvula, y utilizando la presión medida en la entrada, la carga aplicada, y otros datos de la válvula, permiten calcular la presión de ajuste



Credit: FURMANITE.

Si se utiliza un dispositivo de asistencia a la elevación para determinar la presión de ajuste de una válvula, se deberán cumplir las condiciones de la Parte 4, 4.6.3. Se debería considerar que se pueden obtener lecturas falsas de la presión de ajuste para aquellas válvulas que pierden excesivamente o que están dañadas

d) Si las válvulas no se prueban en el sistema, utilizando el fluido del sistema, se deberán utilizar los siguientes medios de prueba:

1) Válvulas de alivio de presión de calderas de alta presión, válvulas de alivio de presión de calderas de agua caliente de alta temperatura y calderas de calefacción de vapor de baja presión: **vapor**

- 2) Válvulas e alivio de presión de calderas de calefacción de agua caliente: vapor, aire, o agua
- 3) Válvulas de alivio de presión y temperatura de calentadores de agua caliente: aire o agua
- 4) Válvulas de alivio de presión de proceso, en servicio aire y gas: aire, nitrógeno, u otro gas apropiado

5) Válvulas de alivio de presión de proceso, en servicio líquido: agua, u otro fluido apropiado

6) Válvulas de alivio de presión de proceso, en servicio de vapor: vapor, o aire con el factor de corrección de vapor a aire del fabricante

**Nota:** las válvulas que se prueban luego de una reparación deben probarse con vapor excepto lo permitido en Parte 4, 4.6.2

e) Como una alternativa una prueba de presión el dueño puede verificar la libertad de operación de la válvula accionando la palanca de prueba (verificación manual). Para válvulas de calderas y procesos de alta presión, esta a prueba debería ser realizada solamente a una presión mayor que el 75% de la presión de ajuste estampada o de lo contrario el dispositivo de apertura puede resultar dañado.

Esta prueba solamente indicará que la válvula es libre para operar y no suministrará ninguna información de la presión de ajuste real. Todas las verificaciones manuales deberían realizarse con algo de presión en la válvula, de manera de permitir el soplado de restos en el asiento, que de otra manera podrían causar perdidas

**Nota:** la verificación manual a un 75% o mayor, está basado en los requisitos de diseño de la palanca de accionamiento para válvulas ASME Secciones I y VIII. Los requisitos de diseño de la palanca de accionamiento para las válvulas ASME Sección IV requieren que la válvula sea capaz de ser accionada sin presión



f) Los sistemas con múltiples válvulas requerirán que las válvulas con menores presiones de ajuste sean mantenidas cerradas para permitir que las válvulas con mayores presiones de ajuste sean probadas. Se debería utilizar una mordaza para esto. No se deberá ajustar la tuerca de compresión del resorte. Se recomienda que las mordazas de prueba se monten de acuerdo con las instrucciones del fabricante de la válvula, cuando la válvula está cerca o a la temperatura de prueba, y que sean ajustadas solamente a mano para prevenir daños al vástago de la válvula

g) Luego de completar todas las pruebas de presión, se deberán remover todas las mordazas

### 2.5.7.1 ACCIÓN CORRECTIVA

Si se encuentra que una válvula está pegada o atascada en posición cerrada, el sistema se debería sacar de servicio inmediatamente hasta que esta condición pueda ser corregida, a menos que se hayan tenido en cuenta provisiones especiales para operar de manera temporal (tal como capacidad de alivio adicional suministrada por otra válvula). Se deberá dar aviso al dueño, y se deberán tomar acciones correctivas tales como reparar o reemplazar la válvula inoperable

## 2.5.7.2 AJUSTES DE LA VÁLVULA

a) Si la prueba de presión de ajuste indica que la válvula no abre con los requisitos del código original de construcción, pero por otra parte está en condiciones aceptables, se deberán realizar ajustes menores (definido como no más de dos veces la tolerancia en presión de ajuste) por un poseedor de certificado de la Junta Nacional “VR” ó “T/O” para reajustar la válvula a la presión de apertura correcta.

Todos los ajustes deberán ser precintados con un precinto que identifique a la organización responsable y se debe instalar un marbete identificando la organización y la fecha del ajuste

b) Si se necesita un ajuste mayor, esto puede indicar que la válvula necesita ser reparada o ha sido dañada, o ha sido armada con partes equivocadas. Se debería investigar su condición de acuerdo a esto

## 2.5.8 FRECUENCIAS RECOMENDADAS DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS PARA DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESIÓN

La frecuencia de pruebas e inspecciones de dispositivos de alivio de presión depende en gran medida del servicio, medio, y la operación del sistema; por ello solo pueden darse recomendaciones generales. La frecuencia de inspección debería estar basada en el historial previo de inspección y/o las recomendaciones del fabricante.

Si durante la inspección se encuentra que las válvulas están defectuosas o dañadas, los intervalos se deberán acortar hasta que se obtengan resultados aceptables en la inspección. Donde no existan registros de pruebas y/o historial de inspecciones, se sugieren las frecuencias de inspección de la Tabla 2.5.8



Servicio	Frecuencia de inspección
Calderas de potencia de menos de 400 psi (2,76 MPa)	Prueba de accionamiento de la palanca cada seis meses, prueba de la presión de ajuste anualmente o antes de la parada planificada de la caldera
Calderas de potencia de 400 psi (2,76 MPa) o más	Prueba de la presión de ajuste cada tres años o antes de la parada planificada de la caldera
Calderas de agua caliente de alta temperatura (ver Nota 1)	Prueba de la presión de ajuste anualmente
Calderas de calefacción de vapor de baja presión	Prueba de accionamiento de la palanca cada tres meses, prueba de la presión de ajuste anualmente antes de temporada de uso de calefacción
Vaporizadores de fluidos orgánicos	Remover, inspeccionar, y prueba de la presión de ajuste anualmente

Servicio	Frecuencia de inspección
Calderas de calefacción de agua caliente (ver Nota 2)	Prueba de accionamiento de la palanca cada tres meses, prueba de la presión de ajuste anualmente antes de temporada de uso de calefacción
Calentadores de agua (ver Nota 3)	Prueba de accionamiento de la palanca cada dos meses, remover e inspeccionar el sensor de temperatura en busca de daños, acumulaciones o corrosión cada tres años
Recipientes a presión/tuberías, servicio vapor	Prueba de la presión de ajuste anualmente
Recipientes a presión/tuberías, aire limpio, gases secos	Prueba de la presión de ajuste cada tres años

Servicio	Frecuencia de inspección
Recipientes a presión/tuberías, propano/refrigerante	Prueba de la presión de ajuste cada cinco años
Válvulas de alivio de presión en combinación con discos de ruptura	Prueba de la presión de ajuste cada cinco años
Todos los demás	De acuerdo al historial de inspección

Nota 1: Por razones de seguridad, se recomienda la remoción y prueba en un banco de pruebas. Tal prueba evitará el daño a la válvula de alivio de presión por descargar una mezcla de vapor y agua, lo que podría ocurrir si la válvula es probada en posición

Nota 2: La frecuencia especificada para las pruebas de válvulas de alivio de presión en calderas está basada principalmente en las diferencias entre calderas de alta presión atendidas continuamente, y las calderas de baja presión controladas automáticamente que no son monitoreadas por un operador de calderas en ningún momento. Cuando cualquier caldera experimente una condición de sobrepresión de manera que la válvula de alivio de presión actúe, las válvulas deberían ser inspeccionadas en cuanto a pérdidas en el sello y otro tipo de daño tan pronto como sea posible y cualquier deficiencia debería ser corregida

Nota 3: El sensor de temperatura deberá ser verificado en cuanto a la condición del material de recubrimiento y su libertad de movimiento sin desprenderse. Si el sensor se sale o se cae durante la inspección, la válvula deberá ser reparada o reemplazada. Debido al bajo costo de las válvulas de alivio de presión por temperatura y presión, es recomendado que una válvula defectuosa sea reemplazada por una nueva válvula si es indicada una reparación o reajuste

### 2.5.8.1 ESTABLECIMIENTO DE LOS INTERVALOS DE INSPECCIONES Y PRUEBAS

Cuando una frecuencia de pruebas recomendada no está listada, el usuario de la válvula y el inspector deberían determinar y acordar un intervalo apropiado para inspección y pruebas. Algunos temas a ser considerados al hacer esta determinación son:

- a) Requisitos jurisdiccionales
- b) Registros de información de pruebas e inspecciones en procesos y dispositivos similares en operación en la misma planta
- c) Recomendaciones del fabricante del dispositivo. En particular, cuando la válvula incluye una parte no metálica tal como un diafragma o un asiento blando, puede ser especificado el reemplazo periódico de esas partes

d) Historial de operación del sistema. Los sistemas con desvíos operacionales frecuentes en los cuales una válvula ha actuado, requieren inspecciones más frecuentes

e) Resultados de la inspección visual de las condiciones del dispositivo y de la instalación. Los signos de pérdidas en la válvula, corrosión, o partes dañadas, todos indican que se deberían realizar inspecciones más frecuentemente

f) Instalación de una válvula en un sistema con un colector común de descarga. Las válvulas que descargan en un colector común pueden ser afectadas por la descarga de otras válvulas, por la corrosión de partes en la porción de salida de la válvula, o la acumulación de productos descargados desde esas válvulas



g) Capacidad de coordinar con paradas programadas del sistema. La parada del sistema para otras actividades de mantenimiento o de inspección es el momento ideal para la inspección y pruebas de una válvula de alivio de presión

h) Naturaleza crítica del sistema. Los sistemas que son críticos para la operación de la planta, donde los efectos de la descarga de fluidos desde el sistema son especialmente perjudiciales debido a riesgo de fuego, daño ambiental, o toxicidad, todos indican intervalos de inspección más frecuentes para asegurar que los dispositivos están operando adecuadamente

i) Cuando los efectos de corrosión, bloqueo por el fluido del sistema, o la capacidad de la válvula para operar bajo condiciones de servicio dada son desconocidos (tal como en un proceso o una instalación nuevos), se deberá establecer un intervalo de inspección relativamente corto, que no exceda de un año o la primer parada programada, lo que sea menor. En ese momento, el dispositivo deberá ser inspeccionado visualmente y probado. Si se obtienen resultados inaceptables en la prueba, el intervalo de inspección deberá ser reducido un 50% hasta que se obtengan resultados adecuados

## 2.5.8.2 ESTABLECIMIENTO DE INTERVALOS DE SERVICIO

a) Los intervalos indicados anteriormente son guías para la inspección y pruebas periódicas. Típicamente, si no se encuentran resultados adversos en la inspección, una válvula de alivio de presión debería ser puesta nuevamente en servicio hasta la próxima inspección. Cualquier condición no aceptable que sea encontrada durante la inspección deberá ser corregida inmediatamente mediante reparación, o por reemplazo del dispositivo. Varios usuarios mantendrán válvulas de alivio de presión de repuesto de manera que el proceso o sistema no es afectado por un tiempo excesivo de parada

b) Las válvulas de alivio de presión son dispositivos mecánicos que requieren mantenimiento periódico preventivo aún cuando las inspecciones externas y los resultados de las pruebas indican un desempeño aceptable. Puede haber desgaste de las partes internas, desgaste por rozamiento entre las superficies deslizantes, o corrosión interna y atascamiento, lo cual no será evidente a partir de una inspección externa o una prueba. La reconstrucción periódica de las superficies de asiento y el reemplazo de las partes blandas tales como aros sello y diafragmas son también actividades de mantenimiento preventivo recomendadas que pueden prevenir problemas futuros.

Si se realiza mantenimiento a una válvula, realizar el desmontaje completo de la misma, inspeccionar, y reparar de ser necesario, de manera que la condición y el desempeño de la válvula sean restablecidos a la condición como nuevo Estas actividades deberían ser realizadas por un poseedor de certificado “VR” de la Junta Nacional

c) Los informes de los mantenimientos con los resultados de las pruebas y las novedades encontradas, deberían mantenerse para todos los dispositivos de protección contra la sobrepresión. Se recomienda un intervalo de mantenimiento de no más de 3 intervalos de inspección o 10 años, lo que sea menor, para mantener la condición del dispositivo. Los resultados de la inspección interna y las novedades encontradas en el mantenimiento pueden luego ser utilizadas para establecer los intervalos de servicios futuros



## PARTE 2, SECCIÓN 4

# INSPECCIÓN – EXÁMENES, MÉTODOS DE PRUEBA, Y EVALUACIONES

## 4.1 ALCANCE

Esta sección describe los métodos aceptables de exámenes y pruebas que están disponibles para el Inspector durante la inspección de componentes retenedores de presión. Esta sección también describe las metodologías de evaluación de la inspección y de los resultados de las pruebas

4.2 MÉTODOS DE EXÁMENES NO  
DESTRUCTIVOS (END)

a) Listados a continuación hay una variedad de métodos de exámenes no destructivos que pueden ser empleados para evaluar la condición de un componente retenedor de presión. La destreza, experiencia, y rectitud del personal que realiza tales exámenes son esenciales para obtener resultados válidos. El Inspector debería revisar los métodos y procedimientos a ser empleados para asegurar el cumplimiento con los requerimientos jurisdiccionales.

b) Generalmente, será requerida alguna forma de preparación de la superficie antes del uso de estos métodos de examen. Cuando hay duda sobre la extensión de un defecto o condición perjudicial encontrados en un componente retenedor de presión, se advierte al Inspector que debe utilizar asesoría técnica competente y END suplementario.

c) El personal que realiza el examen y los métodos de prueba deberá tener capacitación y certificación apropiada, tal como sea requerido por el dueño, y aceptable para el Inspector y la Jurisdicción, si es requerido.

### 4.2.1 VISUAL

a) El examen visual es el método básico usado cuando se realiza una inspección en servicio de un componente retenedor de presión. Pueden ser requeridos métodos de examen y pruebas adicionales, a criterio del inspector, para proveer información adicional para evaluar la condición del componente retenedor de presión.

b) El examen visual es un método de inspección utilizado cuando se realiza una inspección en servicio de componentes retenedores de presión para comprobar la condición superficial del componente retenedor de presión. El inspector debería estar atento para reconocer varias características de la superficie, y compararlas con los mecanismos de daño listados en la Sección 3 de la Parte 2 de NBIC, que podrían indicar la exposición del componente retenedor de presión a una corrosión perjudicial o servicio a elevada temperatura



c) La inspección visual remota es un método aceptable de inspección visual si el procedimiento es acordado por el dueño y aceptable por el inspector, y por la jurisdicción en caso de ser requerido

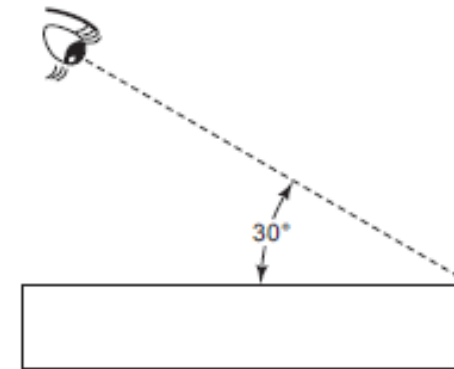
1) Para inspección visual remota, los planes son revisados y aprobados por el inspector

- 2) El inspector deberá estar presente en el momento de la recolección de datos
  
- 3) Se proporcionará al inspector un monitor dedicado que tenga una resolución por lo menos igual a la obtenible por observación directa, tomando recaudos para minimizar el resplandor de la pantalla

- 4) El inspector deberá tener comunicación directa con el operador de la cámara remota
  
- 5) Para inspecciones visuales remotas, el informe final es aceptable para el inspector/jurisdicción y toda la información cruda esta disponible para el inspector/jurisdicción en caso de ser necesaria

6) Para inspecciones visuales remotas, el procedimiento de inspección deberá hacer referencia a una calificación y validación del equipamiento, incluyendo la verificación de que el equipo es seguro para su uso en el medio en el cual operará. La validación del equipamiento se deberá referenciar a ASME BPVC Sección V. Como mínimo, el equipamiento deberá cumplir con:

- a. Identificación de defectos simulados de 1/32 in. (0,8 mm)
- b. Intensidad mínima de luz de 100 fc (1076 lux)
- c. Un ángulo no menor de 30 grados con respecto a la superficie a ser examinada



d. Resolución por lo menos equivalente a la observación directa

7) Todo el equipamiento utilizado debería producir resultados aceptables para el inspector

## 4.2.2 PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

a) El método de examen de partículas magnéticas puede ser usado solamente en materiales ferromagnéticos, para revelar discontinuidades superficiales y, en un grado limitado, discontinuidades sub superficiales. El método usa que principio de que las líneas de fuerza magnéticas atraerán un material magnetizable. La sensibilidad de este método decrece rápidamente con la profundidad por debajo de la superficie que se está examinando y, por ello, es usado principalmente para detectar discontinuidades superficiales

b) Con la finalidad de usar este método, tiene que ser establecido un campo magnético en el material a ser examinado. Esto puede realizarse directamente llevando un fuerte campo magnético a la proximidad cercana del componente que está siendo examinado, o por la inducción de un campo magnético en el objeto haciendo pasar una corriente eléctrica a través del objeto.



c) Si hay una discontinuidad en o cerca de la superficie, desviará las líneas de fuerza magnéticas fuera del objeto, creando entonces un polo norte (las líneas magnéticas dejan el polo norte de un imán). Las líneas de fuerza magnéticas reentrarán en el objeto de prueba en el otro lado de la discontinuidad, creando así un polo sur (líneas magnéticas entran en el polo sur de un imán). Debido a que han sido creados un polo norte y un polo sur, ellos atraerán objetos magnetizables. El polvo de hierro colocado sobre la discontinuidad es mantenido en el lugar por las líneas de fuerza y será visible en la superficie del objeto examinado

### 4.2.3 LÍQUIDOS PENETRANTES

a) El método de examen por líquidos penetrantes es usado para detectar discontinuidades que están abiertas a la superficie del material que está siendo examinado. Este método puede ser usado en materiales ferrosos y no-ferrosos. El examen por líquidos penetrantes puede ser usado para la detección de discontinuidades superficiales tales como grietas, costuras, solapes, uniones frías, laminaciones, y porosidad.

b) El examen por líquidos penetrantes trabaja por la aplicación de un líquido coloreado (penetrante) sobre el objeto a ser examinado. Se deja un tiempo para que el líquido llene todas las cavidades que estén abiertas a la superficie. El penetrante en exceso es luego removido y se aplica un revelador en una capa uniforme y fina. El revelador actúa como un secante y conduce el penetrante fuera de la discontinuidad. El revelador es usualmente de un color contrastante con el penetrante. Las indicaciones de penetrante aparecerán como figuras coloreadas sobre el fondo del revelador.

c) El examen por líquidos penetrantes es portátil, rápido, y requiere mínimo entrenamiento del operador.

#### 4.2.4 ULTRASONIDOS

El examen por ultrasonido es utilizado para exámenes volumétricos del soldaduras y materiales base (metálicos o no-metálicos) para la detección de imperfecciones. Este método depende de ondas de sonido de muy alta frecuencia que son transmitidas a través del metal y reflejadas en cualquier superficie límite, tal como el límite metal aire en la superficie del metal o el límite de una grieta en el metal en una discontinuidad. Las ondas de sonido de alta frecuencia pueden detectar pequeñas irregularidades pero son fácilmente absorbidas, particularmente por materiales de granos gruesos.

Las ondas de sonido pueden ser introducidas en una parte ya sea normal a la superficie o a ángulos predeterminados. Factores tales como composición del material, condición de la superficie, selección del equipo, y la habilidad del operador afectan los resultados de la inspección ultrasónica. El examen por ultrasonidos también puede ser usado para medir espesores de material.

## 4.2.5 RADIOGRAFÍA

a) La radiografía es un método volumétrico que puede detectar discontinuidades a través de un material. Este método es comúnmente usado para examinar discontinuidades superficiales y sub-superficiales. El uso de este método puede estar restringido debido a la configuración de la junta soldada o las limitaciones del equipo radiográfico. La radiografía no dará una indicación de la profundidad de la discontinuidad a menos que sean usados procedimientos especiales.

b) El método usa una fuente de rayos gamma o rayos-x de alta energía para penetrar el material a ser examinado. Los rayos son absorbidos, reflejados, y refractados por el material, pero parte de la energía lo atraviesa completamente. La energía de los rayos que atraviesan completamente es determinada por los espesores y otras propiedades físicas del material.



c) La radiografía usa películas para detectar los rayos que penetran el material. Cuanto más alta sea la energía de los rayos, la película se vuelve más oscura, similar a la exposición de película fotográfica a la luz solar.

d) La mayoría de las discontinuidades (grietas, porosidad, e inclusiones) reduce la cantidad de material base disponible para absorber (atenuar) rayos-x o rayos gamma, permitiendo entonces pasar más energía a través del material. La mayoría de las discontinuidades aparecerán como formas oscuras sobre la película radiográfica..

e) La técnica usada para radiografía depende en gran medida en el equipo usado y lo que la experiencia ha demostrado producirá los mejores resultados. No es la función del técnico indicar el procedimiento a ser seguido, siempre que el procedimiento y las películas satisfagan todos los requerimientos del código de construcción aplicable. La película radiográfica proporciona un registro permanente de los resultados del examen.

#### 4.2.6 CORRIENTES EDDY

Las corrientes Eddy es un método de examen que mide cambios en el campo magnético causado por discontinuidades. Puede también detectar una pérdida de material en una superficie inaccesible y puede ser usada para detectar cambios en la dureza del material.

Hay tres tipos generales de bobinas de corrientes de Eddy: la bobina concéntrica o envolvente, que rodea la parte a ser examinada (ejemplo: tuberías); la bobina de prueba, que se coloca adyacente a la parte a ser probada; y la bobina interior, que es insertada dentro de la parte a ser probada (ejemplo: tuberías).

## 4.2.7 METALOGRAFÍA

El examen metalográfico es un método que involucra pulido localizado, ataque químico, y visualización de la superficie de un componente retenedor de presión, ya sea con cinta de acetato (ej: réplicas metalográficas) o con un microscopio de campo para determinar la condición de la microestructura del metal.

## 4.2.8 EMISIÓN ACÚSTICA

La emisión acústica es un método de detección y monitoreo de discontinuidades en un componente retenedor de presión o una estructura que soporta carga. Este método utiliza ondas, transductores, cables, y un sistema sofisticado de adquisición de datos para coleccionar emisiones acústicas transitorias generadas por la liberación rápida de energía desde una fuente localizada dentro del material a ser examinado.

La amplitud, frecuencia y ubicación de la señal son recogidas por muchas horas de operación a varias cargas o presiones. El análisis de los datos puede determinar si cualquier parte del sistema requiere un examen no destructivo adicional con un método más sensible.



## 4.3 MÉTODOS DE PRUEBA

Todos los métodos de prueba deberían ser realizados por personal experimentado utilizando procedimientos escritos que sean aceptados por el inspector

### 4.3.1 PRUEBA DE PRESIÓN

a) Durante una inspección, pudieran haber ciertas circunstancias donde las condiciones de servicio han afectado adversamente la estanqueidad, o la inspección revela formas de deterioro inusuales, difíciles de evaluar, que pueden afectar la capacidad de retener de presión del componente retenedor de presión..

En estas circunstancias específicas puede ser requerida, a criterio del inspector, una prueba de presión usando un líquido incompresible, agua, u otro medio de prueba adecuado para evaluar la integridad de los límites de presión del componente retenedor de presión.

b) Se advierte al inspector **que una prueba de presión no proveerá ninguna indicación de la vida remanente en servicio o la confiabilidad futura del componente retenedor de presión.** La prueba de presión solamente sirve para determinar si el componente contiene defectos que no le van a permitir al componente retener presión. En ciertos casos, las pruebas de presión de componentes en servicio pudieran reducir la vida remanente debido a que causan deformaciones permanentes.

c) El uso de métodos de prueba de presión escritos u otros, deberán acordarse entre el dueño-usuario y el inspector.

Toda la instrumentación, incluyendo los manómetros y termómetros, usados para monitorear una prueba, deberán ser calibrados adecuadamente.

Cuando esté prohibida la contaminación de los contenidos del recipiente con agua, o cuando una prueba de presión con líquido es impracticable debido al peso u otras consideraciones, pueden ser usados medios de pruebas alternativos, siempre que sean seguidos los requerimientos en cuanto a precauciones de seguridad de la sección aplicable del código de construcción original u otras normas. En tales casos, deberá haber un acuerdo sobre el procedimiento de prueba entre el dueño-usuario y el inspector.

Las pruebas de presión no se deberán realizar usando fluidos inflamables o tóxicos.

NOTA: Los requerimientos de la Parte 3 del NBIC deberán ser seguidos cuando se realice una prueba de presión con líquido luego de la reparación o alteración de un componente retenedor de presión.

#### 4.3.1.1 TODAS LAS PRUEBAS DE PRESIÓN

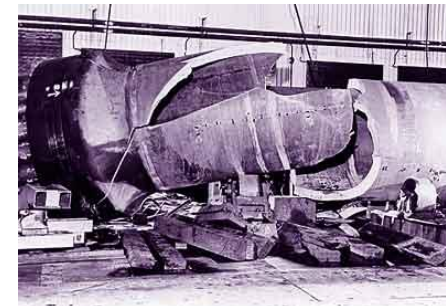
El diseño cuidadoso del procedimiento de prueba puede limitar el potencial de daño. Para la prueba de componentes retenedores de presión, los parámetros que deberían ser considerados son el medio de prueba, la presión de prueba, los materiales de construcción y la temperatura del material y temperatura del medio de prueba.



Algunos aceros al carbono y aceros bajamente aleados construidos antes de 1970 pueden no tener suficiente tenacidad a la entalla para prevenir fractura frágil durante una prueba de presión realizada a, o incluso por encima de la temperatura generalmente aceptada de 60°F (16°C).

Para componentes retenedores de presión de pared gruesa, se recomienda buscar orientación técnica en cuanto a la determinación de las características de tenacidad a la entalla de la placa de acero antes de la prueba de presión, de modo que la temperatura del material pudiera ser llevada por encima de 60°F (16°C) para evitar fractura frágil.

La organización que realiza cualquier prueba de presión deberá determinar que el material del componente retenedor de presión tiene tenacidad a la entalla adecuada a la temperatura mínima del material y del medio de prueba durante la prueba de presión.



### 4.3.1.2 PRUEBA DE PRESIÓN CON LÍQUIDO

La presión de prueba debería ser seleccionada o ajustada en acuerdo entre el inspector y el dueño-usuario.

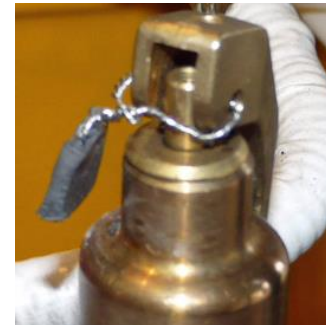
La presión de la prueba con líquido no deberá exceder la presión de prueba establecida por el código original de construcción.

Durante una prueba de presión con líquido en la cual la presión de prueba excederá el 90% de la presión de ajuste de un dispositivo de alivio de presión, el dispositivo deberá ser removido cuando sea posible. Si la remoción de dispositivos tipo válvula no es posible o práctica, se puede utilizar una restricción al husillo tal como una mordaza, siempre que sean seguidas las instrucciones y recomendaciones del fabricante de la válvula.



Se debería tener extrema precaución para asegurarse que sea aplicada solamente la fuerza suficiente para contener la presión. Una fuerza excesiva aplicada a la restricción del husillo puede resultar en daño al asiento y/o al husillo y pudiera interferir con la operación adecuada de la válvula. La restricción del husillo deberá ser removida después de la prueba.

La organización que desempeña la prueba de presión con líquido y aplica una restricción al husillo deberá adjuntar una placa metálica que identifique la organización con la fecha en la cual fue realizado el trabajo en el dispositivo de alivio de presión. Si el precinto fue roto, la organización deberá aplicar otro precinto en la cubierta del ajuste, el cual deberá identificar a la organización responsable. El proceso deberá ser aceptable para la Jurisdicción donde están instalados los componentes retenedores de presión.



La temperatura del metal no deberá ser superior a 120°F (49°C) a menos que el dueño-usuario especifique el requerimiento de una temperatura de prueba más alta. Si el dueño-usuario especifica una temperatura de prueba más alta que 120°F (49°C), entonces se deberán tomar precauciones para permitir al inspector una examinación cercana sin riesgo de lesiones.



El tiempo de mantenimiento para la prueba de presión con líquido deberá ser como mínimo de 10 minutos antes del examen por el inspector. Luego, la presión de prueba deberá ser mantenida por el tiempo necesario para que el inspector pueda realizar la inspección.

## 4.4 MÉTODOS PARA EVALUAR MECANISMOS DE DAÑO Y FRECUENCIA DE INSPECCIÓN PARA COMPONENTES RETENEDORES DE PRESIÓN

#### 4.4.1 ALCANCE

a) Esta Sección proporciona guías y métodos alternativos para evaluar materiales y componentes retenedores de presión sujetos a degradación o que contengan imperfecciones identificadas durante inspecciones o exámenes en servicio. Los componentes retenedores de presión nuevos son colocados en servicio para operar dentro de sus parámetros previstos de diseño por un periodo de tiempo, el cual es determinado por las condiciones de servicio, las cuales pueden incluir exposición a corrosión, exposición a elevadas temperaturas (creep), u otras formas de daño.

Si el componente retenedor de presión debe permanecer seguro durante su operación, se deben identificar las condiciones de servicio y el intervalo de tiempo antes de la próxima inspección. Hay varios métodos que pueden ser usados para evaluar la condición de un componente retenedor de presión, para establecer la vida remanente, y para determinar el intervalo entre inspecciones.

En algunos casos, una inspección visual del componente retenedor de presión será suficiente. No obstante, pueden ser requeridos métodos más exhaustivos de evaluación de la condición, incluyendo una evaluación de ingeniería desempeñada por una fuente técnica competente.

b) Se pueden utilizar varios métodos de evaluación (ver 1.3 de la Parte 2 del NBIC), incluyendo los mencionados en esta sección (un ejemplo de guías para realizar una evaluación de aptitud para el servicio son referenciadas en la práctica recomendada API, API-579 “Aptitud para el Servicio”), para establecer el intervalo hasta la próxima inspección de un componente retenedor de presión, y para asegurar su operación segura. Los métodos de evaluación de la condición deberán ser sujetos a revisión y aceptación por la Jurisdicción.

c) La implementación segura y adecuada de programas de evaluación de aptitud para el servicio (FFSA) es responsabilidad del dueño-usuario. La responsabilidad incluye la verificación y entendimiento de las reglas/regulaciones jurisdiccionales y de los requerimientos de inspección en servicio.

La aplicación de estos programas puede resultar en decisiones que se pueden desviar o entrar en conflicto con los requerimientos jurisdiccionales (ejemplo, frecuencia o tipos de inspecciones, reparaciones y alteraciones, etc.). Se deberá contactar al inspector y a la Jurisdicción para la aceptación, cuando sea apropiado, antes de implementar decisiones que se desvíen o entren en conflicto con los requerimientos establecidos.



d) Si es requerido por la Jurisdicción, la FFSA deberá ser documentada en un Formulario de Reporte de FFSA NB-403, mostrado en 5.3.7 de la Parte 2 del NBIC. La preparación del Reporte de FFSA deberá ser la responsabilidad del dueño-usuario. Un inspector deberá indicar su aceptación firmando el Reporte FFSA. Copias legibles del reporte FFSA deberán ser distribuidas a la Jurisdicción, y al responsable de la agencia de inspección autorizada para la inspección en servicio. El dueño-usuario deberá mantener una copia del reporte de FFSA en el historial de inspección de los equipos.

#### 4.4.2 REQUERIMIENTOS GENERALES

a) Se debería buscar el asesoramiento de organizaciones o individuos calificados, con experiencia en inspección, diseño, construcción, reparaciones, o análisis de falla de componentes retenedores de presión, para la identificación de los mecanismos de daño, y para evaluar los resultados de la evaluación de la condición del componente retenedor de presión.

Se debería evaluar el cumplimiento con los códigos, estándares de la industria, experiencia o buenas prácticas, de la documentación e información de inspección utilizados para la evaluación de aptitud para el servicio, y esta deberá ser aceptable para la Jurisdicción. Es necesario el entendimiento de la operación de los equipos o sistemas y de la interacción con sus ambientes de servicio, internos o externos, para identificar correctamente los mecanismos de daño.

b) Existen varios métodos de evaluación de la condición y de la aptitud para el servicio que pueden ser usados para determinar los intervalos de inspección, basados en el cálculo de la vida remanente del componente retenedor de presión. Para componentes sujetos a corrosión o erosión, el método para determinar o ajustar intervalos de inspección es identificado en 4.4.7 de la Parte 2 del NBIC. Los métodos para evaluar otros tipos de daño en servicio que afectan la vida remanente de componentes retenedores de presión son identificados en 4.4.8 de la Parte 2 del NBIC.

### 4.4.3 RESPONSABILIDADES

#### a) Dueño-usuario

El dueño-usuario del componente retenedor de presión es responsable de la selección y aplicación de una metodología apropiada de evaluación de la aptitud para el servicio o de la condición descrita en esta sección, sujeta a revisión y aprobación por la Jurisdicción, si es requerido.

### b) Inspector

El inspector deberá revisar la metodología de evaluación de la condición y asegurar que la información de inspecciones y documentación de inspección están en conformidad con esta sección.

#### 4.4.4 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE VIDA REMANENTE

a) Una evaluación del daño en servicio utilizando uno o más métodos de evaluación de la condición no pretende realizar una determinación precisa del tiempo para que se produzca la falla de un componente retenedor de presión. En vez de ello, la extensión del daño en servicio debería ser estimada en base a la calidad de la información disponible, las guías y metodología establecidas para las evaluaciones de ingeniería, y de las suposiciones convenientemente utilizadas para la seguridad, operación, e inspección.

b) Si los resultados de la inspección y la evaluación de ingeniería indican que un componente retenedor de presión es seguro para operación continuada, se deberían determinar los futuros intervalos de monitoreo e inspección, y presentar a la Jurisdicción para su revisión y aprobación.



Si una evaluación de ingeniería indica que un componente retenedor de presión no es apto para el servicio bajo las actuales condiciones de operación, se deberían establecer nuevas condiciones de operación (ejemplo, de-clasificación), o el componente podría ser reparado sujeto a los intervalos de inspección revisados, o el componente podría ser reemplazado.

c) La determinación de la extensión de vida en servicio del equipo dañado requiere lo siguiente:

1) Comprensión de los mecanismos de daño y de falla aplicables;

2) Desarrollo de planes de inspección que puedan monitorear la extensión del daño en servicio;

- 3) Realización de una evaluación del daño incluyendo la estimación de vida remanente;
- 4) Consideraciones necesarias para minimizar el riesgo de falla;
- 5) Determinación de la causa raíz; y
- 6) Medidas correctivas.

#### 4.4.5 INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EVALUACIONES DE VIDA REMANENTE

Evaluar la extensión de daño en servicio de un componente retenedor de presión requiere un entendimiento de los mecanismos de daño conocidos y potenciales. La información que puede ser usada para evaluar la vida de servicio puede ser dividida en tres categorías: historial de inspección, historial operacional y de mantenimiento, e información del equipo. Ejemplos de tipos de información están listados abajo:

a) Historial de inspección;

- 1) Sumario/registros de reparaciones y alteraciones;
- 2) Registros de pruebas, incluyendo pruebas de presión;
- 3) Resultados de exámenes en servicio previos (métodos de END, mediciones de espesores, y velocidad de corrosión); y
- 4) Mediciones físicas o inspecciones.

b) Historial/condiciones de operación;

- 1) Registros de operación incluyendo presión, temperatura, arranques/paradas, ciclos;
- 2) Consultas con personal de operación para determinar historia operacional;
- 3) Fecha de instalación;
- 4) Identificación de condiciones ambientales interna y externa como presión, temperatura, edad, diseño, ambiente químico y mecánico, cargas, procesos, etc.;

- 5) Lista de los mecanismos de daño identificados en el pasado y que pudieran estar presentes basado en materiales, contaminantes, y condiciones de operación;
- 6) Identificación de mecanismos de daño actualmente activos o que pudieran pasar a ser activos; y
- 7) Identificación de los modos de falla asociados con los mecanismos de daño identificados, ejemplo, fugas, fisuras, reventones, etc

c) Información de Equipos;

- 1) Reportes de Datos del Fabricante;
- 2) Reportes de pruebas de materiales;
- 3) Planos;
- 4) Cálculos/especificaciones de diseño original.



#### 4.4.6 IDENTIFICACIÓN DE MECANISMOS DE DAÑO

a) Existe una variedad de mecanismos de daño que pueden afectar la vida remanente de un componente retenedor de presión. Los mecanismos de daño causarán ya sea micro, o macro cambios al material, afectando sus condiciones o propiedades. Los mecanismos de daño pueden ser difíciles de evaluar, por lo tanto, se deberían utilizar métodos detallados de evaluación para cada mecanismo de daño, para los cuales se deberían seguir prácticas industriales establecidas u otros estándares aceptables (Ver 1.3 de la Parte 2 del NBIC).

Estos resultados deberían ser evaluados y el intervalo de inspección debería ser revisado por posibles ajustes. Varios modos de falla están identificados en la Sección 3 de la Parte 2 del NBIC

b) Las formas comunes y los mecanismos de daño que influyen en las evaluaciones de la vida remanente están listados abajo:

- 1) Abombamiento;
- 2) Combado;
- 3) Fisuración por corrosión bajo tensión;
- 4) Corrosión (localizada o generalizada);
- 5) Creep;
- 6) Fatiga térmica o mecánica;
- 7) Daño por hidrógeno;
- 8) Cambios metalúrgicos; y
- 9) Erosión.

c) El daño puede también ser causado por fuerzas mecánicas, tales como choques térmicos, cambios cíclicos de temperatura, vibración, pulsos de presión, temperatura excesiva, cargas externas, y defectos de materiales y de fabricación.

#### 4.4.7 DETERMINACIÓN DE LOS INTERVALOS DE INSPECCIÓN

a) **El intervalo máximo entre inspecciones internas o una evaluación en servicio completa de componentes retenedores de presión no deberá exceder la mitad de la vida remanente estimada del recipiente o diez años, lo que sea menor.** El método para estimar los intervalos de inspección de los componentes retenedores de presión sujetos a erosión o corrosión interna se discute en 4.4.7.1 y 4.4.7.2 de la Parte 2 del NBIC.

b) Los intervalos de inspección pueden ser modificados a intervalos mayores que el máximo establecido arriba, siempre que el dueño-usuario haya remitido una justificación técnica para modificar el intervalo de inspección, sujeto a revisión y aceptación por la Jurisdicción, cuando sea requerido.

c) La información utilizada en los métodos de evaluación de ingeniería para desarrollar intervalos de inspección corregidos para componentes retenedores de presión deberá ser re-evaluada cada cinco años, o cuando ocurra un cambio en la operación, o luego del descubrimiento de mecanismos de daño nuevos y/o alterados.

#### 4.4.7.1 MÉTODO PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS INTERVALOS DE INSPECCIÓN PARA COMPONENTES RETENEDORES DE PRESIÓN SUJETOS A EROSIÓN O CORROSIÓN

Las guías para la evaluación para componentes retenedores de presión sujetos a corrosión o erosión son proporcionadas en esta sección. Estas guías están basadas en mediciones reales de espesor en el área de interés. Los espesores de pared mínimos requeridos deberán estar basados en las tensiones admisibles del material. La aplicabilidad y las limitaciones de estas guías son las siguientes:



- a) Se conocen los criterios originales de diseño;
- b) El componente no está operando en el rango creep;
- c) El componente no contiene indicaciones tipo fisura;
- d) Se conocen las tensiones de servicio; y
- e) Se conocen los historiales de mantenimiento y operación.

#### 4.4.7.2 MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS INTERVALOS DE INSPECCIÓN PARA EXPOSICIÓN A CORROSIÓN

a) Cuando el componente retenedor de presión es expuesto a temperaturas de servicio por debajo del rango de creep, y la velocidad de corrosión es la que controla el espesor de pared remanente del componente retenedor de presión, el intervalo de inspección deberá ser calculado por la formula indicada a continuación, o por otros métodos de la industria, según sea aceptado por la Jurisdicción.

$$\text{Vida remanente} = \frac{t_{\text{actual}} - t_{\text{requerido}}}{\text{Velocidad de corrosión}}$$

$t_{\text{actual}}$  = espesor en pulgadas (mm), medido durante la inspección, para la sección crítica utilizada en la determinación de  $t_{\text{requerido}}$

$t_{\text{requerido}}$  = espesor mínimo permitido en pulgadas (mm), para la sección o zona crítica del componente retenedor de presión. Deberá ser el mayor de lo siguiente:

1) El espesor calculado, excluyendo el margen por corrosión, requerido para la presión de ajuste del dispositivo de alivio de presión, la presión hidrostática u otras cargas, y la temperatura de diseño, o

2) El espesor mínimo permitido por lo establecido en la sección aplicable del código original de construcción.

Velocidad de corrosión = pulgadas (mm) por año de remoción de metal como resultado de la corrosión

b) Se puede utilizar cualquier método adecuado de examen no destructivo para obtener las mediciones de espesor, siempre que los instrumentos empleados estén calibrados de acuerdo con las especificaciones del fabricante o una norma nacional aceptable.

1) Si hay disponibles aberturas existentes convenientemente ubicadas, las mediciones pueden ser tomadas a través de las aberturas.

2) Cuando es imposible determinar espesores por medios no destructivos, se puede perforar un agujero a través de la pared de metal y tomar mediciones con un calibre de espesor.

c) Para componentes retenedores de presión nuevos, o para los cuales las condiciones de servicio han sido cambiadas, se deberá utilizar uno de los siguientes métodos para determinar la velocidad de corrosión probable a partir de la cual se puede determinar el espesor de pared remanente al momento de la próxima inspección:

- 1) La velocidad de corrosión establecida a partir de información disponible de componentes retenedores de presión en el mismo servicio o en servicio similar.
  
- 2) Si la velocidad de corrosión probable no puede ser determinada por el método anterior, se deberán realizar mediciones de espesor en línea luego de aproximadamente 1.000 horas de servicio. Las mediciones de espesor siguientes deberán ser realizadas en intervalos similares hasta que pueda ser establecida la velocidad de corrosión.

#### d) Revestimiento resistente a la corrosión

Cuando parte o todos los componentes retenedores de presión tienen un revestimiento resistente a la corrosión, los intervalos entre inspecciones de estas secciones así protegidas pueden estar basados en experiencia registrada con el mismo tipo de revestimiento en servicio similar, pero no deberá exceder diez años, a menos que se disponga de suficiente información para establecer un intervalo alternativo de inspección.



Si no hay experiencia en la cual basar el intervalo entre inspecciones, el desempeño del revestimiento deberá ser monitoreado por un medio apropiado, tal con el uso de probetas de corrosión removibles del mismo material que el revestimiento, examen ultrasónico, o radiografía. Para verificar la efectividad de un revestimiento aislante interno, las temperaturas del metal pueden ser obtenidas mediante la vigilancia de los dispositivos medidores e indicadores de temperatura.

### e) Dos o más zonas

Cuando un componente retenedor de presión tiene dos o más zonas con diferente presión o temperatura, y los espesores requeridos, margen por corrosión, o velocidad de corrosión difieren tanto que las disposiciones anteriores dan diferencias significantes en los intervalos máximos entre inspecciones para cada zona (ej. porciones superiores e inferiores de algunas torres de fraccionamiento), ...

... el intervalo entre inspecciones puede ser establecido individualmente para cada zona basándose en la condición aplicable a la misma, en lugar de ser establecido para el recipiente completo basándose en la zona que requiera ser inspeccionada más frecuentemente.

f) Recipientes a presión montados sobre el suelo

**A todos los recipientes de presión montados sobre el suelo se les deberá realizar un examen externo en un intervalo de cinco años, o una cuarta parte de la vida remanente, el que sea menor, preferentemente mientras esté en operación.** Los intervalos alternativos, resultando en períodos más largos, se pueden establecer siempre que sean seguidos los requerimientos de esta sección. La inspección deberá incluir determinar la condición del aislamiento exterior, de los soportes, y la alineación general del recipiente sobre sus soportes.

Aquellos recipientes a presión para los cuales se conoce que tienen una vida remanente de más de diez años, o que no están expuestos a corrosión externa (como por ej. estar instalado en una caja fría en la cual la atmósfera es purgada con gas inerte, o un recipiente en el cual la temperatura es mantenida suficientemente baja o suficientemente alta para evitar la presencia de agua), no necesitan que sea removido su aislamiento para la inspección externa. Sin embargo, se deberá observar periódicamente la condición del sistema de aislamiento y/o el encamisado exterior, tal como el cuerpo de la caja fría, y deberá ser reparado si es necesario.

### g) Servicio interrumpido

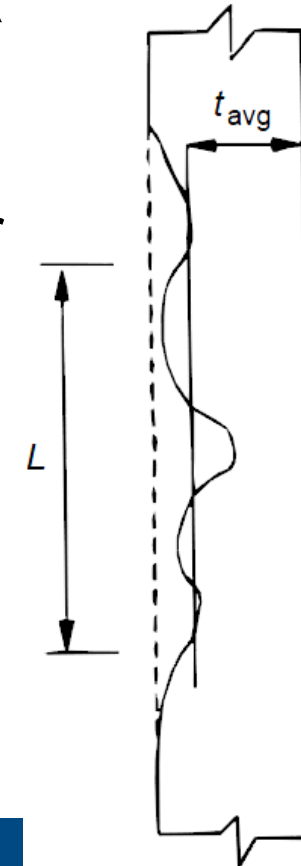
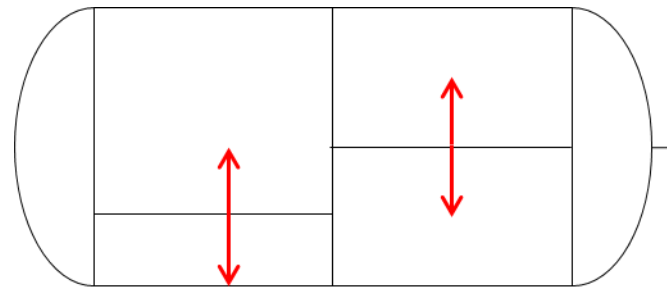
1) Los intervalos de inspección indicados arriba asumen que el componente retenedor de presión está en operación continua, sólo interrumpida solamente por los períodos normales de parada. Si un componente retenedor de presión está fuera de servicio durante un intervalo extendido, se deberá considerar el efecto de las condiciones ambientales durante tal intervalo.

2) Si el componente retenedor de presión fue almacenado inapropiadamente, expuesto a un ambiente perjudicial, o a una condición sospechosa, se deberá realizar una inspección antes que sea puesto nuevamente en servicio.

3) La fecha de la próxima inspección, que fue establecida en la inspección previa, deberá ser revisada si ha ocurrido daño durante el período de servicio interrumpido.

## h) Tensiones circunferenciales

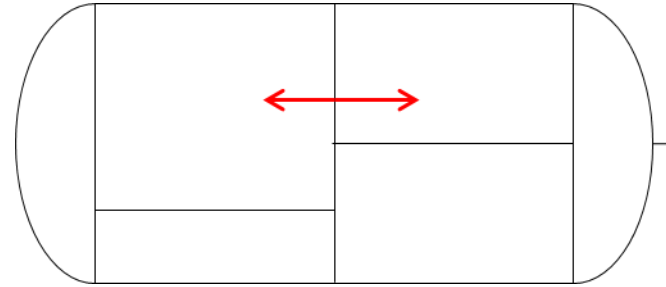
Para un área afectada por corrosión generalizada en la que las tensiones circunferenciales gobiernan la MAWP, los espesores menores a lo largo del plano más crítico de dicha área pueden ser promediados sobre una longitud que no exceda:





1) El menor entre la mitad del diámetro del recipiente a presión ó 20 in. (500 mm), para recipientes con diámetros interiores de 60 in. (1,5 m) o menores; o

2) El menor entre un tercio del diámetro del recipiente a presión o 40 in. (1 m), para recipientes con diámetros interiores mayores que 60 in. (1,5 m), excepto que si el área contiene una abertura, la distancia dentro de la cual los espesores pueden ser promediados a ambos lados de dicha abertura no deberá extenderse más allá de los límites de refuerzo como es definido en la sección aplicable del Código ASME para recipientes con estampa ASME, y para otros recipientes de acuerdo con sus códigos de construcción aplicables.



### i) Tensiones longitudinales

Si debido a cargas de viento u otros factores, las tensiones longitudinales fueran importantes, los espesores menores en una longitud de arco en el plano más crítico perpendicular al eje del recipiente a presión pueden ser promediados para el cálculo de las tensiones longitudinales. **Los espesores usados para la determinación de las velocidades de corrosión en las ubicaciones respectivas deberán ser los valores más críticos de los espesores promedio.** Deberá también ser considerado el posible pandeo.

## j) Pérdida de metal localizada

La corrosión por picaduras deberá ser evaluada en acuerdo con 4.4.8.7 de la Parte 2 del NBIC. Las picaduras de corrosión muy dispersas pueden permanecer **en el componente retenedor de presión** si cumplen con los siguientes requerimientos:

- 1) Su profundidad no es mayor que la mitad del espesor requerido de la pared del componente retenedor de presión (excluyendo el margen por corrosión);
- 2) El área total de las picaduras no excede de 7 sq.in. (4.500 mm<sup>2</sup>) dentro de toda área de 50 sq.in. (32.000 mm<sup>2</sup>); y
- 3) La suma de sus dimensiones (profundidad y ancho) a lo largo de cualquier línea recta dentro de esta área no excede de 2 in. (50 mm).

### k) Eficiencia de junta soldada

Cuando la superficie en una soldadura que tenga una eficiencia de junta diferente de 1,0 está corroída, así como también las superficies apartadas de la soldadura, se deberá hacer un cálculo independiente usando la eficiencia de junta soldada apropiada, para determinar si el espesor en la soldadura o alejado de la misma, gobierna la presión máxima admisible de trabajo. Para el propósito de este cálculo, la superficie en una soldadura incluye 1 in. (25 mm) a cada lado de la soldadura, o dos veces el espesor mínimo a cada lado de la soldadura, lo que sea mayor.

## I) Cabezales conformados

1) Cuando se evalúa la vida remanente de cabezales semielípticos, hemisféricos, toriesféricos o toriconicos, el espesor mínimo puede ser calculado por:

a. Fórmulas usadas en la construcción original, o

b. Cuando el cabezal tenga más de un radio de curvatura, la fórmula de esfuerzo apropiada para un radio dado.

2) Cuando existen accesorios, ya sean integrales o no integrales, en el área del radio de acuerdo, deberán ser considerados también los efectos de fatiga y deformaciones que estos accesorios producen.



### m) Ajustes en la velocidad de corrosión

Si, después de medir el espesor de pared en alguna inspección, se encuentra que ha sido asumida una velocidad de corrosión incorrecta, la velocidad de corrosión para determinar la frecuencia de inspección deberá ser ajustada para cumplir con la velocidad real encontrada.

## n) Construcción remachada

Para un componente retenedor de presión con juntas remachadas, en el que la resistencia de una o más de las juntas es un factor gobernante en el establecimiento de la presión máxima admisible de trabajo, se deberá considerar si, y en qué extensión, la corrosión cambiará los posibles modos de falla a través de tales juntas. También, a pesar de que pudiera no haber sido provisto originalmente un espesor adicional como margen por corrosión en tales juntas, puede ser considerado un margen por corrosión inherente debido al diseño de la junta.

#### 4.4.7.3 ESTIMACIÓN DE LOS INTERVALOS DE INSPECCIÓN PARA COMPONENTES RETENEDORES DE PRESIÓN DONDE LA CORROSIÓN NO ES UN FACTOR

Cuando la velocidad de corrosión de un componente retenedor de presión no es apreciable, **el componente no necesita ser inspeccionado internamente siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes, y se realicen periódicamente en el recipiente las inspecciones externas, incluyendo mediciones de espesor.**

- a) El carácter no corrosivo del contenido, incluyendo el efecto de elementos trazas, ha sido establecido por al menos cinco años de experiencia en servicio comparable con el fluido que está siendo manejado.
  
- b) Ninguna condición cuestionable es revelada por la inspección externa.

- c) La temperatura de operación del componente retenedor de presión no excede los límites inferiores para el rango de creep del metal del recipiente. Refiérase a la Tabla 4.4.8.1 de la Parte 2 del NBIC.
- d) El componente retenedor de presión está protegido contra contaminaciones accidentales.

#### 4.4.8 EVALUACIÓN DE LOS INTERVALOS DE INSPECCIÓN DE COMPONENTES RETENEDORES DE PRESIÓN EXPUESTOS A MECANISMOS DE FALLA EN SERVICIO

Los componentes retenedores de presión están sujetos a una variedad de mecanismos de falla en servicio que no están asociados con corrosión. Lo siguiente es un sumario de los procesos de evaluación que pueden requerir una evaluación técnica para evaluar los intervalos de inspección resultantes.

#### 4.4.8.1 EXPOSICIÓN A ELEVADA TEMPERATURA (CREEP)

a) Se advierte al dueño o usuario del componente retenedor de presión y al inspector que deben buscar asesoramiento técnico competente para determinar cuál de los métodos de evaluación de la condición pueden ser usados para asegurar operación segura, y para la determinación de los próximos intervalos de inspección, cuando una temperatura de servicio elevada es un factor a tener en cuenta.

b) Cuando se sospecha de daño por creep en un componente retenedor de presión, se debería decidir la realización de una evaluación de vida remanente, ya sea por el dueño-usuario del componente retenedor de presión, o por un ingeniero competente. Esta evaluación puede incluir, pero no está limitada, a los siguientes métodos:



1) Mediciones dimensionales del componente para verificar si hubo creep;

2) Medición de espesor de pared y de cascarilla de óxido para usar en el análisis de ingeniería para determinar la vida remanente. La vida al creep puede ser predicha a través de un enfoque empírico, que usa la información disponible para el componente retenedor de presión; y para el cual se necesita el número total de horas de operación hasta el presente. El espesor de la cascarilla de óxido (lado vapor) puede ser medido directamente en muestras de material o ser medido in situ usando técnicas ultrasónicas;

3) Examen metalográfico para determinar la extensión de la exposición a daño por creep;

4) Luego de la remoción de una muestra del material para ensayo de creep, se selecciona una matriz de prueba para producir los resultados más significativos de la muestra. Las probetas de ensayo son mecanizadas de la muestra y ensayados bajo cargas y temperaturas representativas (como fue seleccionado en la matriz de prueba). Se registran los datos de deformaciones vs. tiempo y temperatura vs. tiempo a la rotura.

TABLA 4.4.8.1  
TEMPERATURAS POR ENCIMA DE LAS CUALES  
EL CREEP ES UN FACTOR A CONSIDERAR

AceroS al carbono y C-1/2 Mo y aceros inoxidables ferriticos	750°F (400°C)
Aceros bajamente aleados (Cr-Mo)	850°F (455°C)
Aceros inoxidables Austeníticos	950°F (510°C)
Aleaciones de aluminio	200°F (93°C)

#### 4.4.8.2 EXPOSICIÓN A FRACTURA FRÁGIL

a) La determinación de susceptibilidad a la fractura frágil debería ser requerida como parte de la evaluación general para evaluar la vida remanente, o para evitar la falla del componente retenedor de presión durante una prueba de presión. Con el fin de llevar a cabo la evaluación de fractura frágil, deben determinarse la información de diseño mecánico, los materiales de construcción y las propiedades de materiales.

Esta información es requerida para los componentes retenedores de presión con el fin de identificar el material del componente más limitante que gobierna la fractura frágil. Se deberá evaluar la información de diseño, historial de mantenimiento/operación, y la información relacionada a la exposición al medio, para determinar si hay riesgo de fractura frágil.

b) Cuando la fractura frágil es un factor a considerar, se deberán utilizar métodos para prevenir este tipo de falla. Estos métodos pueden incluir cambios a las condiciones operacionales y posteriores evaluaciones de ingeniería realizadas por un ingeniero calificado (metalúrgico/corrosión/mecánico). Los métodos de evaluación de ingeniería para prevenir fractura frágil deberán ser revisados y aceptados por el dueño o usuario, el inspector, y la jurisdicción cuando sea requerido

#### 4.4.8.3 EVALUACIÓN DE CONDICIONES QUE PRODUCEN ABULTAMIENTOS/AMPOLLAS/LAMINACIONES

a) El ampollamiento en componentes retenedores de presión puede resultar de laminaciones, inclusiones en el material, o mecanismos de daño que ocurren en servicio. Los procedimientos para la evaluación de abultamientos/ampollas/laminaciones se indican en las normas aplicables (ver 1.3 de la Parte 2 del NBIC).

b) Se deberá realizar una evaluación de ingeniería para asegurar la operación segura continua cuando son identificados abultamientos/ampollas/laminaciones. Si un abultamiento/ampolla/laminación está dentro del margen por corrosión especificado, se deberá realizar una evaluación adicional para evaluar todas las indicaciones tipo fisura en el material base adyacente.

**Nota:** La proximidad de indicaciones tipo fisura en soldaduras y HAZ es importante. Las fisuras y ampollas deberían ser evaluadas separadamente.



#### 4.4.8.4 EVALUACIÓN DE INDICACIONES TIPO FISURA EN COMPONENTES RETENEDORES DE PRESIÓN

a) Las indicaciones tipo fisura en componentes retenedores de presión son imperfecciones planas caracterizadas por su longitud y profundidad con un radio agudo en el borde de la fisura. Las fisuras pueden producirse dentro del material o sobre la superficie y pueden ser únicas o múltiples. En algunos casos, un enfoque conservador es tratar la porosidad alineada, inclusiones, socavaduras, y solapes, como indicaciones tipo fisura. Es importante que se identifique la causa de fisuración antes de cualquier determinación de los intervalos de inspección.

b) Si las indicaciones tipo fisura se encuentran en la superficie, y dentro del margen por corrosión especificado, se puede realizar la remoción por esmerilado o por repelado. Se deberán realizar mediciones para asegurar que se cumple con el espesor mínimo, y se deberían establecer técnicas de monitoreo efectivas. Si una imperfección tipo fisura no es completamente removida y reparada, entonces se debe realizar una evaluación de ingeniería de mecánica de fractura, u otra evaluación, para verificar la operación segura continua.

c) Hay varios métodos o enfoques para evaluar indicaciones tipo fisuras, algunas de las cuales están referenciadas en las normas aplicables (ver 1.3 de la Parte 2 del NBIC).

#### 4.4.8.7 EVALUACIÓN DE COMPONENTES RETENEDORES DE PRESIÓN CON ADELGAZAMIENTO LOCALIZADO

a) Las áreas con adelgazamiento localizado pueden resultar de corrosión/erosión, daño mecánico, o la utilización de técnicas de rebajado/esmerilado durante la fabricación o reparación, y pueden producirse internamente o externamente. Algunos tipos de adelgazamiento localizado son ranuras, hendiduras, y picaduras. Cuando se evalúan estos tipos de discontinuidades, debería ser considerado lo siguiente:

- 1) Diseño original y condiciones operacionales actuales;
- 2) El componente no está operando en el rango de creep;
- 3) El material tiene suficiente tenacidad;
- 4) No está operando en servicio cíclico;
- 5) No contiene indicaciones tipo fisura;
- 6) Las discontinuidades no están ubicadas en los radios de acuerdo de cabezales o transiciones cónicas;
- 7) Cargas aplicadas; y
- 8) El rango de fluctuación de temperatura o presión.

- b) Cuando sea conveniente, las discontinuidades tipo fisura deberían ser removidas por lijado/amolado, y ser evaluadas como un adelgazamiento localizado
  
- c) Deberían ser obtenidos los requerimientos de información e historial, según está identificado en 4.4.5 de la Parte 2 del NBIC.

d) Las mediciones requeridas para la evaluación de adelgazamiento localizado deberán incluir:

- 1) Perfiles de espesores dentro de la región localizada;
- 2) Dimensiones de la discontinuidad;
- 3) Espaciado entre la discontinuidad y una discontinuidad estructural importante;
- 4) Geometría del recipiente; y
- 5) Propiedades del material

e) Las mediciones requeridas para la evaluación de corrosión por picaduras deberán incluir:

- 1) Profundidad de la picadura;
- 2) Diámetro de la picadura;
- 3) Forma de la picadura; y
- 4) Uniformidad.



f) Las picaduras dispersas pueden permanecer en el componente retenedor de presión si se cumplen los siguientes requerimientos:

1) Su profundidad no es mayor que la mitad del espesor requerido de la pared del componente retenedor de presión (excluyendo el margen por corrosión);

- 2) El área total de las picaduras no excede 7 sq.in. (4.500 mm<sup>2</sup>) dentro de cualquier área de 50 sq.in. (32.000 mm<sup>2</sup>); y
- 3) La suma de sus dimensiones (profundidad y anchura) a lo largo de cualquier línea dentro de esta área no excede de 2 in. (50 mm).

g) Si la pérdida de metal es menor que lo especificado, el margen por corrosión/erosión y el espesor están disponibles para la corrosión futura, entonces se deberían establecer técnicas de monitoreo. Si la pérdida de metal es mayor que el margen por corrosión/erosión especificado y no se realizan reparaciones, se debería realizar una evaluación de ingeniería detallada para asegurar la operación continuada segura.

h) Las técnicas para evaluar áreas con adelgazamiento localizado y picaduras están referenciadas en las normas aplicables. Ver NBIC Parte2, 1.3

# ¡Muchas gracias!

