

Inspección en Servicio de Hornos de Proceso

Procedimiento

Esta Norma sustituye y cancela su revisión anterior.

Cabe a la CONTEC - Subcomisión Autora, la orientación con relación a la interpretación del texto de esta Norma. La Unidad de la PETROBRAS usuario de esta Norma es el responsable de la adopción y aplicación de sus secciones, subsecciones y enumeraciones.

Requisito Técnico: Prescripción establecida como la más adecuada y que debe utilizarse estrictamente en conformidad con esta Norma. Una eventual resolución de no seguirla ("no-conformidad" con esta Norma) debe tener fundamentos técnico-gerenciales y debe ser aprobada y registrada por la Unidad de la PETROBRAS usuario de esta Norma. Es caracterizado por verbos de carácter impositivo.

Práctica Recomendada: Prescripción que puede utilizarse en las condiciones previstas por esta Norma, pero que admite (y advierte sobre) la posibilidad de alternativa (no escrita en esta Norma) más adecuada a la aplicación específica. La alternativa adoptada debe ser aprobada y registrada por la Unidad de la PETROBRAS usuario de esta Norma. Es caracterizada por verbos de carácter no-impositivo. Es indicada por la expresión: **[Práctica Recomendada]**.

Copias de los registros de las "no-conformidades" con esta Norma, que puedan contribuir para su mejoramiento, deben ser enviadas a la CONTEC - Subcomisión Autora.

Las propuestas para revisión de esta Norma deben ser enviadas a la CONTEC - Subcomisión Autora, indicando su identificación alfanumérica y revisión, el sección, subsección y enumeración a ser revisado, la propuesta de redacción y la justificativa técnico-económica. Las propuestas son evaluadas durante los trabajos de alteración de esta Norma.

"Esta Norma es propiedad exclusiva de Petróleo Brasileiro S. A. - PETROBRAS, aplicación interna y Subsidiarias PETROBRAS y deben ser utilizados por los proveedores de bienes y servicios en virtud de contratos o similares en las condiciones establecidas en la Licitación, Contrato, Acuerdo o similar.

El uso de esta Norma por otras empresas / organizaciones / agencias gubernamentales y las personas es responsabilidad exclusiva de los usuarios."

Presentación

Las Normas Técnicas PETROBRAS son elaboradas por Grupos de Trabajo - GT (formados por Técnicos Colaboradores especialistas de la Compañía y de sus Subsidiarias), son comentadas por las Unidades de la Compañía y por sus Subsidiarias, son aprobadas por las Subcomisiones Autoras - SC (formadas por técnicos de una misma especialidad, representando las Unidades de la Compañía y sus Subsidiarias) y homologadas por el Núcleo Ejecutivo (formado por los representantes de las Unidades de la Compañía y de sus Subsidiarias). Una Norma Técnica PETROBRAS está sujeta a revisión en cualquier tiempo por su Subcomisión Autora y debe ser reanalizada cada 5 años para ser revalidada, revisada o cancelada. Las Normas Técnicas PETROBRAS son elaboradas en conformidad con la Norma Técnica PETROBRAS [N-1](#). Para informaciones completas sobre las Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

CONTEC
Comissão de Normalização
Técnica

SC - 23
Inspección de Sistemas y
Equipos en Operación

Prefacio

Esta Norma es la versión en Español (aprobada en 01/2014) de la PETROBRAS N-2322 REV. C 08/2013. En caso de duda, debe ser usada la versión en portugués, que es la válida para todos los efectos.

1 Alcance

1.1 Esta Norma define las condiciones exigibles para la inspección de hornos horizontales y verticales, para el calentamiento/vaporización de hidrocarburos.

1.2 Esta Norma se aplica a la inspección de hornos de proceso.

1.3 Esta Norma se aplica a las inspecciones realizadas después de la fecha de su emisión.

1.4 Esta Norma contiene sólo Requisitos Técnicos.

2 Referencias Normativas

Los documentos relacionados a continuación son indispensables a la aplicación de este documento. Para referencias datadas, se aplican solamente las ediciones citadas. Para referencias no datadas, se aplican las ediciones más recientes de los referidos documentos.

PETROBRAS [N-1637](#) -Montaje de Horno;

PETROBRAS [N-1951](#) - Inspección de Revestimientos de Hormigones Refractarios Sometidos a la Operación;

PETROBRAS [N-2162](#) - Permiso de Trabajo;

PETROBRAS [N-2472](#) - Ensayo No Destructivo – Termografía;

API [STD 530](#) - Calculation Of Heater-Tube Thickness In Petroleum Refineries;

ASME [B 31.3](#) - Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping.

NOTA Para los documentos referidos en esta Norma y que solamente la versión en Portugués esté disponible, el órgano de la PETROBRAS que utiliza esta Norma debe ser consultado para cualquier información para la aplicación específica.

3 Términos y Definiciones

Para los propósitos de esta Norma se adoptan las definiciones de la PETROBRAS [N-1637](#), complementadas por 3.1 a 3.15.

3.1

hornos verticales

hornos cuyos tubos de los serpentines, en la región de la radiación, están dispuestos verticalmente, según se muestra en el Anexo A

3.2

hornos horizontales

hornos cuyos tubos de los serpentines, en la región de radiación, están dispuestos horizontalmente. Los clases típicas de hornos se muestran en el Anexo A

3.3**región de radiación**

región del horno donde el intercambio térmico se produce principalmente por radiación

3.4**región de convección**

región del horno donde el intercambio térmico se produce principalmente por convección

3.5**límites del horno**

como los hornos son equipos interconectados a varios sistemas de una unidad de proceso, hay que considerar los siguientes límites en la aplicación de esta Norma, según se describe en 3.5.1 a 3.5.4

3.5.1**serpentes**

bridas del primero bloqueo externo al horno, entrada y salida del fluido a procesar

3.5.2**ductos de aire**

el límite está comprendido desde el punto de succión del aire de la atmósfera hasta la posición donde aire precalentado alimenta los quemadores

3.5.3**ductos de gases de combustión**

ductos de descarga de gases de combustión a la atmósfera, comprende la región entre la caja de humo y la chimenea

3.5.4**tuberías de servicios**

tuberías auxiliares ubicadas aguas abajo de los primeros bloqueos generales

3.6**inspección en operación**

inspección realiza sin interrumpir la operación del equipo

3.7**inspección general**

inspección llevada a cabo con el equipo fuera de operación

3.8**caja de humo**

región del horno ubicada entre los últimos tubos de salida de la convección y el ducto de gases de combustión

3.9**curva de retorno**

accesorio de interconexión simple entre 2 tubos adyacentes, en un mismo pase, desviando normalmente el flujo en 180°

3.10**cabezal**

accesorio de conexión entre 2 tubos adyacentes, desviando el flujo normalmente en 180°. Está equipado con "plug" removible lo que permite la limpieza e inspección de los tubos

3.11**soporte de tubo**

pieza metálica fija a la estructura del horno, tiene la función de soportar la carga impuesta por los tubos

3.12**bastidor**

tirante de sustentación de los tubos del techo, fijo en la estructura del horno

3.13**placa**

tipo especial de soporte que apoya varios tubos en una única pieza. Puede ser extremo o intermedio si está cerca de la extremidad de los tubos o no

3.14**estrangulador**

válvula para bloqueo o control del tiro de los gases de combustión

3.15**plenum o caja de aire**

caja que rodea los quemadores, destina a distribuir el aire en forma adecuada

4 Condiciones Generales**4.1 Inspección en Operación**

4.1.1 Se debe establecer un plan para inspección de componentes externos e internos que pueden ser verificados en operación, según la guía que consta en 5.1. Este plan debe ser ejecutado en base a los Informes de Inspecciones anteriores.

4.1.2 La inspección en operación debe efectuar, como mínimo, con la siguiente periodicidad:

Examen Visual Interno	- semanal;
Examen Visual Externo	- mensual;
Inspección Termográfica Interna	- semestral;
Inspección Termográfica Externa	- anual.

NOTA La periodicidad de estas inspecciones podrá ser alterada en función del historial de operación del equipo, según análisis técnico efectuado por Profesional Habilitado (PH).

4.2 Inspección General

4.2.1 Se debe establecer un plan para inspección de componentes externos e internos, según la guía que consta en 5.2.

4.2.2 Se debe realizar en cada parada programa del equipo, de acuerdo con su historial.

4.3 Preparación para Inspección General

Antes de cada inspección general deben observarse los siguientes elementos:

- a) informes de inspecciones anteriores;
- b) plan de ensayos no destructivos;
- c) dibujos necesarios para el seguimiento de la inspección;
- d) materiales y equipos de inspección (según Anexo B);
- e) modificaciones de diseño.

4.4 Requisitos de Seguridad

Antes de iniciar la inspección se debe verificar si las condiciones existentes permiten la ejecución de los servicios de forma segura, según las especificaciones de seguridad detalladas en la PETROBRAS [N-2162](#).

5 Guía de Inspección

5.1 Inspección en Operación

- a) verificar las condiciones operativas del horno, y eventuales eventos anormales;
- b) verificar si hay incidencia de llama y deformación en los tubos;
- c) verificar el estado del refractario con relación a caídas;
- d) verificar las condiciones físicas de los soportes de los tubos;
- e) verificar las condiciones físicas de las chapas, estructuras, ductos, chimeneas y plataforma, con relación a pintura, corrosión y deformaciones;
- f) verificar la condición física del sistema de soplado de hollín,
- g) verificar las condiciones físicas de las líneas externas al horno;
- h) verificar las columnas y vigas de la estructura externa de las plataformas y pasarelas con relación a corrosión y averías mecánicas, tales como: deformaciones, grietas, irregularidades y aflojamiento de las uniones atornilladas;
- i) verificar las fundaciones con relación a deformaciones y/o ruptura de la base de hormigón y exposición de hierros a la corrosión;
- j) verificar la existencia de puntos de temperatura anormal en los diversos componentes mediante inspección termográfica según la PETROBRAS [N-2472](#);
- k) verificar a través de bocas de inspección de la convección, una posible acumulación de hollín y/o material refractario que pueda obstruir el pasaje de los gases con la consiguiente presión positiva en la cámara de radiación.
- l) verificar las temperaturas de los serpentines a través de Skin-Points;
- m) verificar las temperaturas de la cámara de combustión (radiación), convección y salida de gases (chimenea) mediante termopares.

5.2 Inspección General

5.2.1 Consideraciones Generales

Deben registrarse todas las observaciones pertinentes a través de fotos, bocetos y si es necesario tomar muestras de cenizas y productos de corrosión, que permitan, tras el análisis, la identificación del proceso corrosivo. En los hornos donde haya cabezales, marcar los plugues y mandrilados con vestigios de pérdida. En hornos en los que sea necesario lavar y neutralizar los tubos para prevenir la ocurrencia de corrosión, se debe verificar la eficiencia del lavado y el pH en la superficie metálica tras la neutralización.

5.2.2 Quemadores

- a) comprobar la operación de las virolas de control de entrada de aire para los sopletes y necesidad de lubricación;
- b) verificar las chapas de contención de los bloques refractarios de los conos difusores de los sopletes con relación a la reducción de espesor y curvatura, así como el anillo de sustentación de los bloques de los conos difusores secundarios;

- c) inspeccionar los bloques refractarios con relación a grietas y erosión;
- d) inspeccionar los inyectores de petróleo, vapor, gas y piloto, así como la cámara de atomización y el atomizador, con relación a corrosión y erosión;
- e) inspeccionar las boquillas de petróleo y gas, con relación a los diámetros y ángulos de los orificios;
- f) verificar el estado de los tornillos de fijación de los quemadores;
- g) ejecutar prueba neumática de estanqueidad en la línea de gas para verificar la estanqueidad de las válvulas;
- h) realizar prueba hidrostática en las mangueras de las líneas de petróleo y vapor de agua, para comprobar que no haya fugas;
- i) verificar el cumplimiento dimensional y de posición de los componentes de los quemadores tras el montaje, con relación al proyecto; deberá prestarse especial atención a la alineación, nivelación y centralización del conjunto.

5.2.3 Ductos de Aire y Gases de Combustión

- a) inspeccionar las chapas con relación a corrosión y necesidad de reparación y/o pintura;
- b) inspeccionar la aislación térmica y refractaria de los ductos y del plenum;
- c) inspeccionar las juntas de expansión de los ductos con relación a corrosión, deformación y/o rupturas;
- d) verificar las condiciones físicas y de operación de los sistemas de control de caudal de aire y gases de combustión;
- e) inspeccionar las chapas laterales, del fondo y techo del plenum con relación a deformaciones y dobladuras;
- f) inspeccionar el sistema de precalentamiento del aire, verificando las condiciones físicas de sus componentes.

5.2.4 Líneas Externas al Horno

- a) realizar mediciones de espesor en puntos predeterminados de las líneas de entrada y salida de carga, incluyendo las conexiones;
- b) ejecutar, medición de espesor y prueba de martillo de las líneas de combustibles, vapor de baja presión, gas residual y vapor para sopladores;
- c) remover para inspección visual interna, eventuales tramos de líneas de salida y válvulas;
- d) inspeccione los maguitos y tuercas de las bridas y válvulas de las líneas externas al horno (examen visual y martilleo) y asiento de las juntas con relación a las condiciones físicas (cuando se tenga acceso);
- e) verificar el estado de la aislación térmica;
- f) se debe prestar especial atención a las líneas de vapor de baja presión; remover parcialmente la aislación de estas líneas para medida de espesor, prueba del martillo e inspección de corrosión bajo la aislación.

5.2.5 Cámara de Radiación

5.2.5.1 Serpentin de Hidrocarburos

- a) inspeccionar visualmente los tubos en cuanto a la existencia de surcos o estrías, grietas, corrosión o desgaste en la región de pasaje por las placas, dobladuras y deformaciones localizadas, oxidación externa debida a la alta temperatura;
- b) martillar los tubos para verificar la existencia de capa de óxido y/o formación de coque internamente;
- c) efectuar mediciones de espesor de los tubos en los puntos previamente determinados y marcados con relación a una referencia fija del serpentín, determinando las velocidades de corrosión; providenciar que las capas de óxido por ventura existentes sean efectivamente eliminadas;
- d) realizar medidas de espesor (scan) de las generatrices externas de las curvas de retorno en los hornos con este tipo de conexión;

- e) realizar medición de espesor en regiones donde, por inspección visual y martilleo, o por haber condiciones favorables para la corrosión, haya posibilidad de pérdida de espesor.
- f) Realizar, cuando sea necesario, medición del diámetro, dureza, flecha, y evaluación metalográfica de los tubos;
- g) en hornos que usan cabezales, solicitar la apertura de los plugues de los cabezales de los 2 últimos cabezales en cada pase; para los tubos que presenten puntos calientes en operación deben abrirse sus plugues para verificar la ocurrencia de coque;
- h) para hornos con cabezales inspeccionar los tubos internamente después del lavado y soplado utilizando dispositivos apropiados de iluminación; verificar la remoción del coque y si no hubo daños mecánicos al tubo y asientos de los sellos de los cabezales;
- i) cuando sea necesario, realizar la limpieza con pasaje de pigs, turbinado, descoquización con aire y/o vapor, u otros métodos de eliminación del mismo, en caso de estar presente.

NOTA En caso de que el turbinado retirara una cantidad grande o anormal de coque en uno de los tubos, los tubos vecinos también deberán ser inspeccionados internamente.

- j) en hornos que usan cabezales, evaluar la incidencia de corrosión, en la región del madrilado del tubo, por medición del espesor interno;
- k) inspeccionar internamente los cabezales abiertos y otros sospechosos, así como las soldaduras de sellado de los tubos, cuando existan, con relación a la existencia de grietas; observar daños mecánicos en la región de madrilado y asientos de sellos;
- l) inspeccionar los tirantes y orejetas de los cabezales o curvas con partículas magnéticas;
- m) verificar los soportes de los tubos y sus anclajes con relación a la pérdida de espesor por corrosión, grietas y rupturas;
- n) inspeccionar placas, termopares de pared, pozos de indicadores de temperatura y tomas de gases para análisis;
- o) inspeccionar los tubos guía ubicados en las curvas inferiores de la radiación con relación a la corrosión de los mismos, e inspeccionar la región de soldadura con la curva, para el caso de hornos verticales; verificar también el libre desplazamiento de los tubos guía;
- p) en los tubos que tengan curva de retorno sin acceso visual interno, se debe evaluar la cantidad de coque por gamagrafía.

NOTA En el caso de hornos sujetos a corrosión naftalénica, inspeccionar con gamagrafía por muestreo, las soldaduras de los últimos tubos del serpentín de radiación, con relación a corrosión interna.

5.2.5.2 Refractario

- a) inspeccionar el refractario y el aislante térmico, prestando atención a fisuras, desprendimientos, pérdida de anclaje y descomposición del revestimiento por acción química, según PETROBRAS [N-1951](#);

NOTA Cuando el revestimiento aislante sea de manta fibrocerámica, ésta debe ser inspeccionada con relación a la impregnación por cenizas, averías y estado de anclajes.

- b) verificar el revestimiento refractario de las tapas y paredes de la caja de cabezales; verificar también las condiciones de las jutas de sellos en amiento de esas tapas, (criterios de inspección según PETROBRAS [N-1951](#));
- c) verificar las condiciones físicas del revestimiento refractario de protección de los tirantes de sustentación del cono, cuando exista (sólo aplicable para hornos verticales);
- d) inspeccionar la aislación térmica de la bóveda de radiación, con relación a los desprendimientos y al estado del sistema de fijación (aplicable solamente para hornos verticales).

5.2.5.3 Chapas

Realizar inspección visual externa para verificar:

- a) orificios por corrosión en las chapas;
- b) las condiciones de la pintura externa de las chapas.

5.2.5.4 Cono/Camisa

- a) realizar inspección visual en la boquilla funda así como en las chapas del cono, discos y camisa, verificando estos componentes con relación a, grietas y pérdidas de espesor; verificar también las cuñas y grapas de unión de las chapas fundidas del cono; los tirantes de sustentación del cono deben inspeccionarse con Líquido Penetrante;
- b) inspeccionar las "orejas" donde se fijan los tirantes de sustentación de componentes;
- c) inspeccionar las chapas laminadas con relación a dobladuras, grietas y rupturas en las regiones de unión atornillada.

5.2.5.5 Sistema de Protección

- a) verificar la operatividad de las ventanas de explosión;
- b) inspeccionar el sistema de vapor de baja presión;
- c) verificar los cables y fijación de la conexión eléctrica a tierra.

5.2.6 Cámara de Convección

5.2.6.1 Serpentin de Hidrocarburos

- a) inspeccionar visualmente los tubos en cuanto a la existencia de surcos o estrías, grietas, corrosión o desgaste en la región de pasaje por las placas, dobladuras y deformaciones localizadas, oxidación externa debida a la alta temperatura;
- b) verificar el estado de los tubos con relación a deformaciones, desgastes en la región de los sopladores, corrosión generalizada o localizada y desgaste por abrasión, junto a los soportes de los tubos; en el caso de los tubos con pernos, remover algunos pernos para medir el espesor del tubo;
- c) solicitar la apertura de plugues de algunos cabezales para verificar la existencia de coque; realizar medición de espesor en las curvas de retorno;
- d) verificar los soportes de los tubos, placas, tirantes y chapas de la camisa en cuanto a la pérdida de espesor, grietas o rupturas;
- e) inspeccionar los termopares de pared, pozos de indicadores de temperatura y tomas de gases para análisis, con relación a corrosión y grietas.

5.2.6.2 Serpentin de Vapor

- a) realizar la medición de espesor y martilleo, en tubos y curvas;
- b) inspeccionar visualmente los tubos y curvas con relación a corrosión, grietas, deformaciones y desgaste por abrasión, junto a los soportes.

5.2.6.3 Sopladores

- a) retirar los sopladores para revisión mecánica;
- b) inspeccionar lanzas, boquillas, soportes y válvulas de vapor con relación a condiciones físicas; verificar válvulas de valor en cuanto a estanqueidad.

5.2.6.4 Refractario

- a) inspeccionar el refractario y el aislante térmico, prestando atención a fisuras, desprendimientos, pérdida de anclaje y descomposición del revestimiento por acción química, según PETROBRAS [N-1951](#), cuando el revestimiento aislante sea de manta fibrocerámica, éste debe ser verificado en cuanto a la impregnación asociada a la humedad y el estado de sus anclajes;

NOTA Prestar atención a la región de los sopladores donde el deterioro es más intenso, debido a la fuga de condensado.

- b) verificar el sellado entre placa y tubos, y en las tapas de las cajas de curvas y cabezales.

5.2.6.5 Chapas

- a) realizar inspección visual y prueba del martillo para evaluar las regiones a reparar;
- b) verificar las chapas deflectoras con relación a deformaciones, sustentación y corrosión;
- c) inspeccionar las camisas de los sopladores con relación a corrosión y grietas en las soldaduras con las chapas del horno y chapas de protección del refractario;
- b) verificar las condiciones de la pintura externa de las chapas.

5.2.7 Caja de Humo y Chimenea

- a) realizar inspección visual externa y martilleo en las chapas;
- b) efectuar martilleo en los tornillos de unión de las secciones de la chimenea y retirar dos de ellos para inspección;
- c) verificar rodamientos, cables, guías y juntas de accionamiento del estrangulador;
- d) verificar el refractario con relación a fisuras, desprendimientos, pérdida de anclaje y pérdida de espesor;
- e) examinar la chapa del estrangulador ("damper"), su eje y el asiento en cuanto a la pérdida de espesor por corrosión y deformaciones; verificar la incidencia de corrosión en las extremidades internas del eje del estrangulador, debida a la condensación de gases; verificar si el estrangulador no está sufriendo interferencias;
- f) verificar las juntas de dilatación con relación a sellado, grietas, deformaciones y corrosión;
- g) verificar las condiciones de las escaleras, plataformas y dispositivos de izado existentes en la chimenea;
- h) verificar los cables y conexiones eléctricas de pararrayos y conexión a tierra de la chimenea;
- i) verificar las condiciones físicas de los sombreretes si los hubiera.

5.2.8 Caja de Cabezales/Curvas

- a) inspeccionar las chapas de las cajas, tapas, así como vigas estructurales;
- b) inspeccionar las chapas (almohadillas) de contención del aislamiento térmico y las chapas del piso de la cámara;
- c) verificar las placas con relación a grietas y desplazamientos;
- d) verificar los anillos de soporte de las placas con relación a grietas, deformaciones y reducción de espesor;
- e) verificar el estado del hormigón aislante con relación de deterioro y caídas.

6 Criterios de Aceptación

6.1 Refractarios

Todos los servicios deben realizarse de acuerdo con los criterios de aceptación de la PETROBRAS [N-1951](#).

6.2 Serpentin

- a) todos los espesores encontrados deben estar por encima del espesor mínimo de proyecto calculado conforme el API [STD 530](#) más el sobre-espesor de corrosión prevista para la próxima campaña;

- b) en el caso de constatare deformaciones localizadas (naranjas), medir el espesor después de la remoción de óxido y verificar la existencia de depósito interno;
- c) la deformación longitudinal no debe aproximar el tubo deformado del tubo vecino o de la pared refractaria en menos de 1/5 de su diámetro externo; el tubo tampoco debe aproximarse a la llama al punto de sobrepasar el círculo de llama definido en el proyecto; deben rechazarse los tubos que, por su deformación, se alejen de los soportes, transfiriendo carga excesiva a los soportes adyacentes; deben ser condenados los tubos horizontales que se alejen un diámetro en una longitud de 20 diámetros; para tubos verticales se admite una deformación mayor, siempre que se observen las recomendaciones anteriores;
- d) todos los ensayos y pruebas hidrostáticas deben ser realizadas según ASME B 31.3;
- e) tubos coqueados deben ser reemplazados siempre que por cualquier razón, no se pueda realizar la descoquización;

NOTA 1 Estos criterios deben ser aplicados a los tubos en la condición fría (según se define en el Anexo C).

NOTA 2 El criterio definido en c) debe adoptarse siempre que no haya recomendación específica de proyecto o de la unidad operativa.

- f) el coque remanente de operación de descoquización debe ser evaluado de acuerdo con los criterios del Anexo D.

6.3 Soportes

Los soportes no deben presentar grietas ni pérdida de espesor en puntos críticos.

6.4 Quemadores

Todos los quemadores deben estar alineados, nivelados, centralizados y regulados de acuerdo con el proyecto.

6.5 Sopladores

Deben estar perfectamente alineados y revisados, sin fugas de vapor ni condensado por la válvula de bloqueo.

6.6 Termopares de Pared

Deben ser probados por la instrumentación, antes de la puesta en funcionamiento del horno.

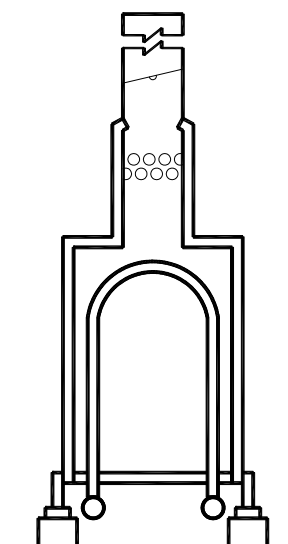
6.7 Estranguladores

Deben funcionar adecuadamente al ser accionados.

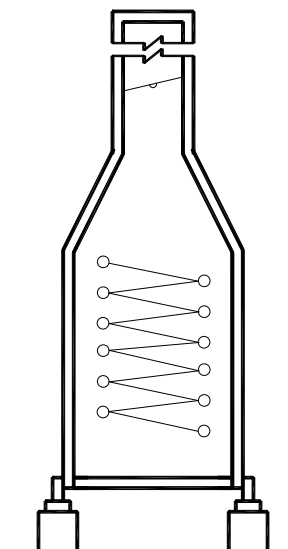
6.8 Tubos de Vapor de Baja Presión

Debe ingresarse vapor para verificar obstrucciones o fugas por los bloqueos.

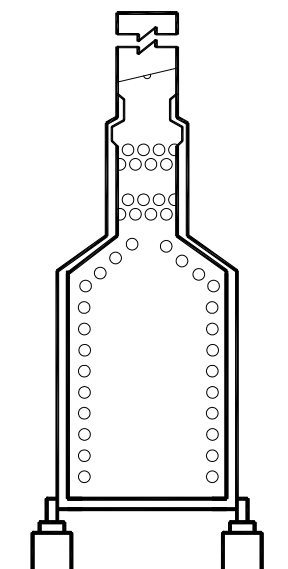
Anexo A - Figura



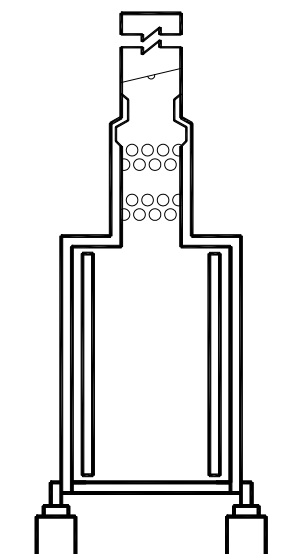
Horno caja c/serpentina
en arco



Horno cilíndrico
c/serpentina helicoidal



Horno cabina con
serpentina horizontal



Horno cilíndrico con
serpentina vertical

Figura A.1 - Clases Típicas De Hornos

Anexo B - Lista de Herramientas y Equipos

- 1 - Martillo de Bola 300 gramos.
- 2 - Espátula.
- 3 - Medidor de Espesor por ecografía.
- 4 - Lija.
- 5 - Trincheta.
- 6 - Calibrador.
- 7 - Aparato de Dureza Portátil.
- 8 - Cinta métrica.
- 9 - Papel de Tornasol (Ph).
- 10 - Linterna.
- 11 - Calibre.
- 12 - Aparato para Ensayo de Partículas Magnéticas.
- 13 - Espejo.
- 14 - Material para Ensayo con Líquido Penetrante.
- 15 - Imán.
- 16 - Faro Piloto con Batería.
- 17 - Máquina Fotográfica.
- 18 - Marcador Industrial.
- 19 - Crayola.
- 20 - Boroscopio/Fibroscopio.
- 21 - Aparato de Termografía.

Anexo C - Figura

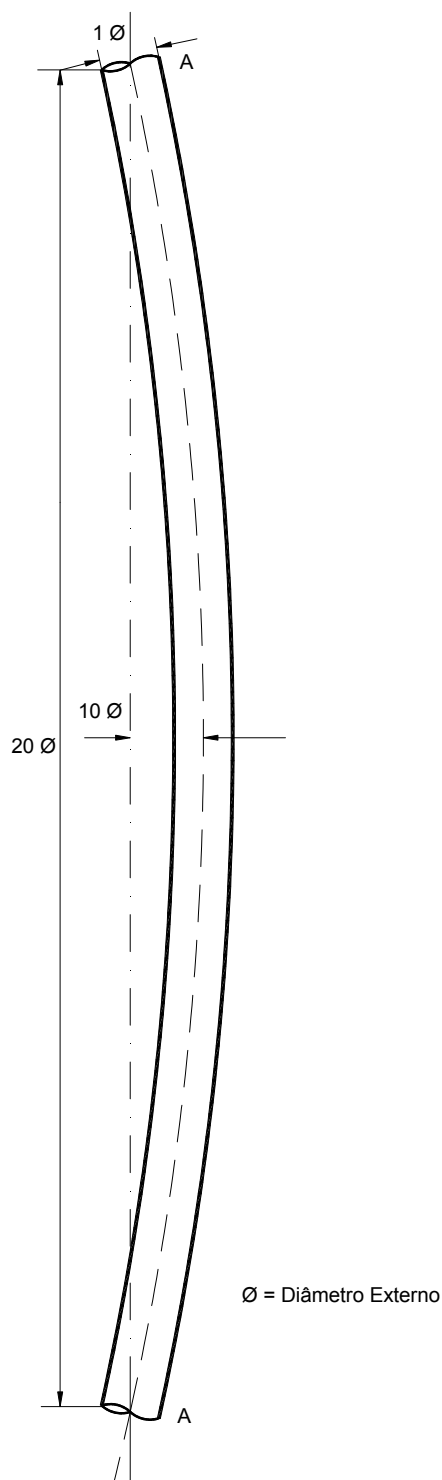


Figura C.1 - Criterios de Aceptación de Deformación de Tubos en la Condición Fría

Anexo D - Criterios de Aceptación de Descoquización

D.1 Descoquización con Aire y Vapor

D.1.1 Inspección Radiográfica

- a) capa de coque uniformemente distribuida: espesor admisible ≤ 3 mm;
- b) capa de coque localizada y no sujeta a incidencia de llama: espesor admisible ≤ 8 mm.

D.2 Descoquización con Turbina

D.2.1 Tubos con Espesor de Pared $\leq 6,0$ mm

D.2.1.1 Inspección Radiográfica

Capa de coque uniformemente distribuida o localizada: espesor admisible < 2 mm.

D.2.1.2 Inspección Visual

- a) generatriz del tubo dirigida hacia la llama y superior: pequeñas islas de coque distribuidas, tamaño aproximado (50 mm x 50 mm);
- b) generatriz del tubo dirigida hacia la pared e inferior: islas de coque distribuidas, tamaño aproximado (50 mm x 50 mm).

D.2.2 Tubos con Espesor de Pared $> 6,0$ mm

D.2.2.1 Inspección Radiográfica

Capa de coque uniformemente distribuida o localizada: espesor admisible ≤ 3 mm.

D.2.2.2 Inspección Visual

- a) generatriz del tubo dirigida hacia la llama y superior: pequeñas islas de coque distribuidas, tamaño aproximado (50 mm x 100 mm);
- b) generatriz del tubo dirigida hacia la pared e inferior: islas de coque distribuidas, tamaño aproximado (70 mm x 100 mm).

ÍNDICE DE REVISIONES

REV. A

No hay índice de revisiones.

REV. B

Partes Afectadas	Descripción de la Alteración
	Revalidation

REV. C

[illegible]