

IAPG – 1ras. Jornadas de Calidad en Mantenimiento e Inspección

24 y 27 de abril de 2006

Titulo: Inspección Predictiva de Horno de Hot Oil

Autor: Claudio Staniscia – Pluspetrol SA

1.- Resumen

El objetivo de este trabajo es determinar el estado de las paredes de los tubos de un horno de hot oil, buscar posibles defectos o fallas y determinar la vida útil remanente de los tubos de calentamiento del horno.

Se analizaron los tubos de calentamiento del horno de hot oil marca OPF, se efectuaron distintos enyazos no destructivos, entre ellos: Inspección Visual. Réplicas Metalográficas. Medición de Dureza. Medición de Espesores. Estudio y Determinación de la Vida Remanente.

2.- Introducción

La inspección predictiva de los tubos de calentamiento, fue propuesta por la jefatura de la Planta de Gas Turboexpansora, que se encuentra instalada en el Yacimiento Centenario., la idea surge de la necesidad concreta de determinar el estado metalográfico y mecánicos de los tubos, es debido a esto, que se deben realizar paradas programadas para asegurar la integridad de los tubos y su aptitud para seguir trabajando.

Los tubos de este horno, se caracterizan por ser un componente de vida útil limitada, como consecuencia de las condiciones severas en que operan, los tubos sufren deterioros o fallas en servicio, que pueden producirse inducidas por el uso normal del horno, por someterlos a distintos esfuerzos, o bien por problemas emergentes de la operación.

3.- Horno

Especificaciones Técnicas

Fabricante: **OPF.**

Aceite: **Therminol 55.**

Caudal de aceite: **493 Lts/min (130 GPM).**

Cantidad de tubos: **44.**

Diámetro de los tubos: **4".**

Material de los tubos: **Acero ASTM A 106 Grado B.**

Cantidad de Mecheros: **3.**

Calor transferido: **7.500.000 BTU/Hora.**

Temperatura normal de operación (Salida del aceite): **260°C (500°F).**

Presión de trabajo: **4Kgr/cm².**

Respecto a los tubos:

Temperatura máxima de piel de tubo (Calculada): **334°C (634°F).**

Alarma por alta temperatura de gases sobre la piel de los tubos: **404°C (760°F).**

Paro del horno por muy alta temperatura de gases sobre la piel de los tubos: **426°C (800°F).**

Respecto del hot oil:

Alarma por alta temperatura (Salida del hot oil): **276°C (530°F)**.
Paro del horno por muy alta temperatura (Salida del hot oil): **287°C (550°F)**.



El horno de hot oil aporta el calor necesario a la Planta Turboexpansora para realizar los procesos de fraccionamiento de LPG y de deshidratación del gas natural.

Ello se cumple aportando 493 Lts/min (130 GPM) de aceite a 260°C (500°F) a los reboiler de las torres deetanizadora , depropanizadora y debutanizadora .

Cada 6 meses se realiza un análisis fisicoquímico del aceite, para determinar el correcto estado de sus propiedades para el intercambio térmico,

Así mismo aporta el hot oil para calentar el gas natural que se utiliza en el proceso de regeneración de los tamices moleculares, encargados de deshidratar el gas de ingreso a la Planta a temperaturas criogénicas.

La demanda total de calor esta en el orden de los 7,5 MMBTU/Hora.

4-. Desarrollo de la Inspección

El presente trabajo, detallará los pasos a seguir para inspeccionar los tubos, para nuestro caso en particular, tendrá como objetivo final determinar la vida útil remanente de los tubos de calentamiento del horno.

Se configuró un procedimiento para la inspección que consta de los siguientes ensayos y análisis:

- 4.1.- Inspección Visual.**
- 4.2.- Réplicas Metalográficas No Destructivas.**
- 4.3.- Mediciones de Durezas.**
- 4.4.- Mediciones de Espesores.**
- 4.5.- Estudio y Determinación de Vida Remanente.**
- 4.6.- Conclusiones.**

4.1.- Inspección Visual

4.1.1.- Información

Se deberá tener en cuenta, si durante el servicio se han informado:

- a.-** Restricciones o interrupciones en la circulación del aceite.
- b.-** Condiciones anormales de funcionamiento por causas emergentes.
- c.-** Funcionamiento del horno por sobre las temperaturas admisibles de la operación normal.

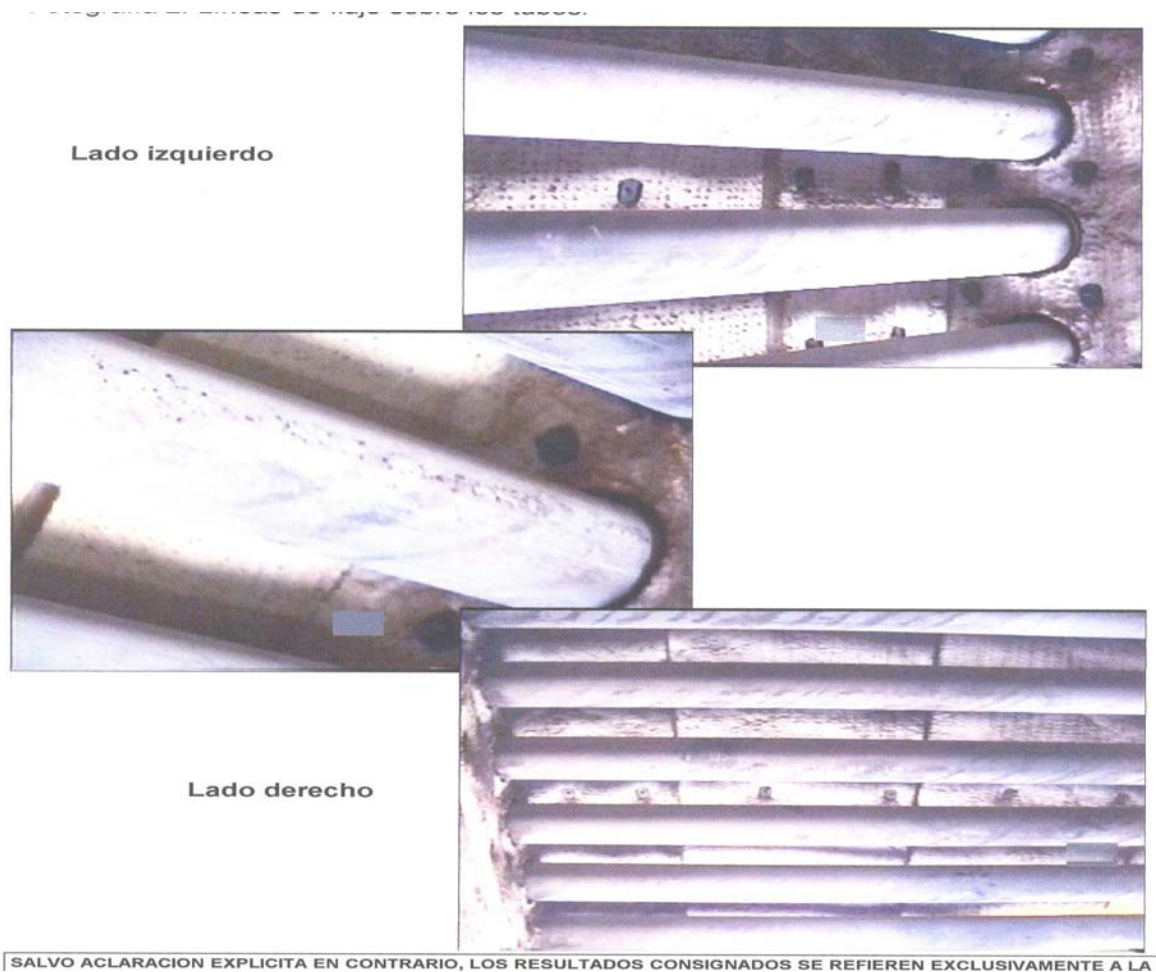
4.1.2.- Buscar

Debemos buscar indicios de daños en los tubos proximos a:

- a.-** Los quemadores, tomando como referencia el lado mas directo la llama.
- b.-** Las paredes del horno.



4.1.3.- Observar



Se deberá observar :

- a.- Signos de calentamientos localizados.
- b.- Si existen problemas de alineación de los tubos.
- c.- Presencia de líneas de flujo en los tubos generadas por humedad.
- d.- Presencia de deformaciones plasticas, tales como:
 - 1.- Flecha excesiva de los tubos.
 - 2.- Expansión lateral localizada.

4.2.- Réplicas Metalográficas No Destructivas

El proceso por el cual obtenemos las réplicas metalográficas, es mediante la utilización de la Norma **ASTM E 1351-90**.

4.2.1.- Etapas del Ensayo

4.2.2.- Preparación de la superficies, según la Norma ASTM E 3-80

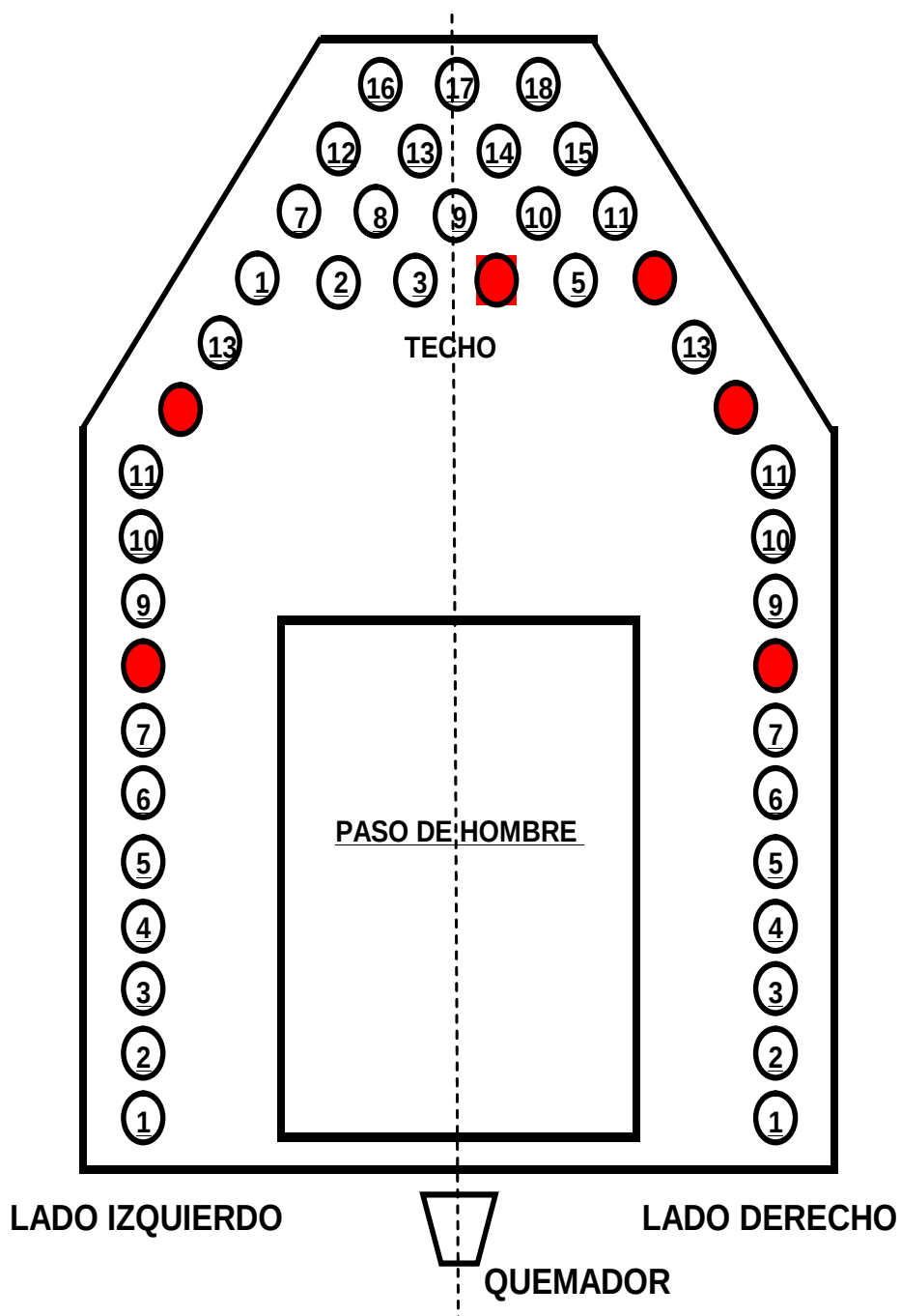
- a.- Eliminación de escorias.
- b.- Pulido de la superficie.
- c.- Ataque químico con Nital 5%, según Norma **ASTM E 407-93**.
- d.- Netralización del ataque químico.
- e.- Secado por normal evaporación.

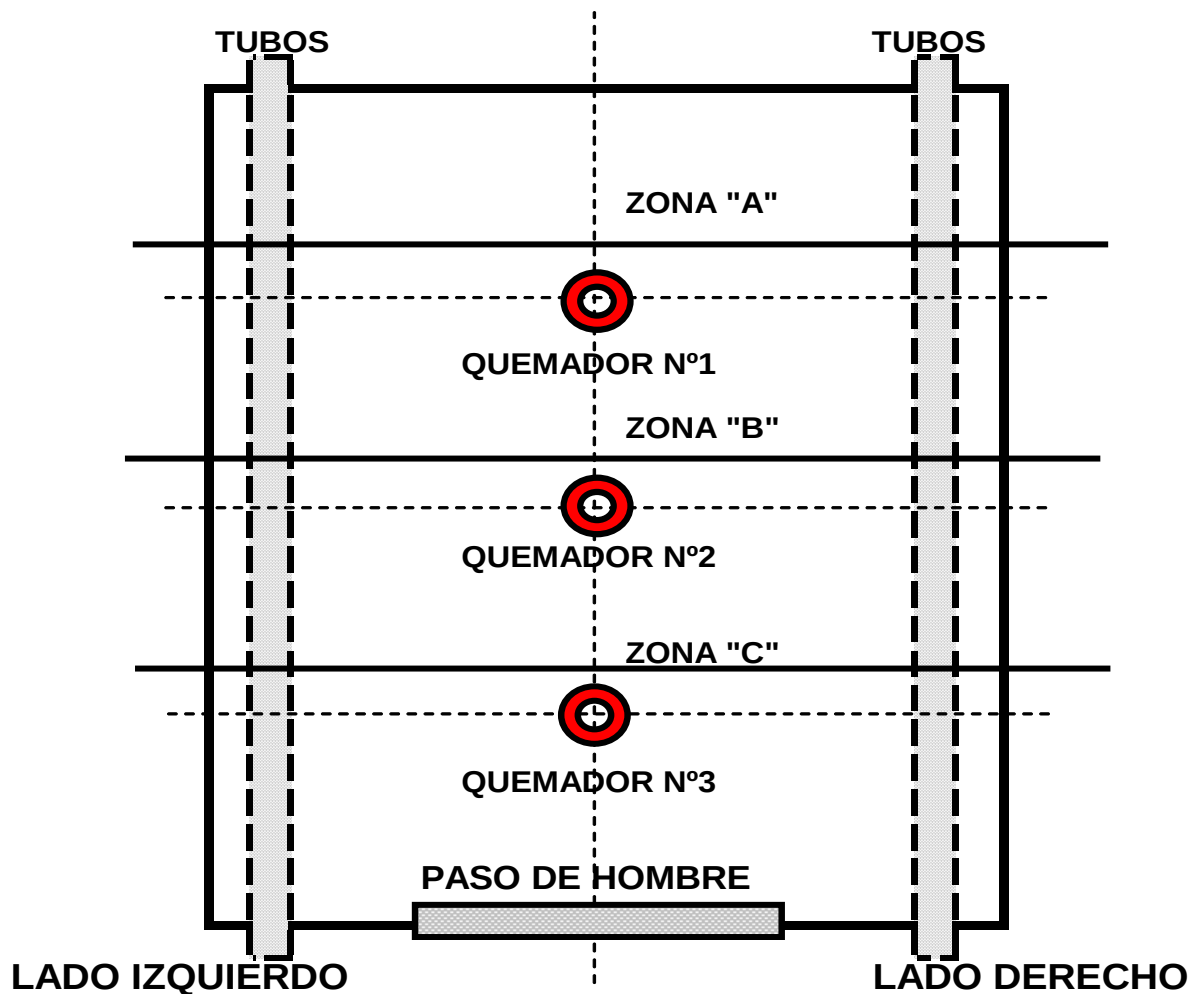
4.2.3.- Réplica

- a.- Aplicación de la cinta para la réplica.
- b.- Remoción de la cinta.
- c.- Inspección y observación se realizó con microscopio marca PME Olympus Tokyo.
- d.- Fotografía de la replica (X 400).

Antes de la aplicación de la cinta para obtener la réplica, se colocó un microscopio marca Pentax 7042 y se obtuvieron fotos (X 200) "in situ".

Se efectuaron réplica metalográficas en 6 (Seis) tubos, para ello, al horno lo dividimos en tres zonas longitudinales, tomando como referencia la pared del fondo del horno, a 1 mts (Zona A), a 2,5 mts (Zona B) y a 3,5 mts (Zona C) respectivamente, el total de réplicas que se obtuvieron fueron 18.





Mediante el análisis metalográfico de réplicas "in situ", es factible determinar si los tubos han sufrido sobrecalentamientos, estos provocan cambios en la microestructura del acero, fisuras, y microcavidades que disminuyen la tenacidad y resistencia del tubo.



Con la replica obtenida de los tubos del horno, que fueron sometidos al calentamiento del aceite, se evalua y compara la variación del tamaño de grano según la Norma **ASTM E 112-96**, teniendo en cuenta el acero original sin exposición a temperaturas, considerando como blanco, se observa un leve crecimiento en el tamaño de grano, no detectan fisuras y microcavidades en borde grano, que sugieren el inicio del proceso de degradación por creep.

4.3.- Mediciones de Durezas

Para efectuar las mediciones de dureza de los tubos en el campo, se utiliza la Norma **ASTM A 956 - 00**.

Las durezas se obtienen con un durómetro marca **Equotip Proceq**, cada valor de dureza, es el promedio de 6 (Seis) medidas por cada punto, se efectuaron 39 medidas de dureza, en 13 tubos, divididos en zonas iguales a la utilizadas para hacer el ensayo de réplicas metalográficas.

4.4.- Mediciones de espesores

La obtención de mediciones de espesores por ultrasonido en el campo, se la realizó según la Norma **ASTM E 797**, utilizando un equipo ultrasonico, marca **MEGA TEST DL 500**.

Se efectuaron mediciones en los 44 tubos del horno, cada tubo dividido en tres zonas (Idem a la medición de durezas), a cada sección de de los tubos se tomaron 4 mediciones de espesores, 0°, 90°, 180° y 270°, obteniendose un total de 528 valores de espesores.

4.5.- Estudio y Determinación de Vida Remanente.

Los tubos del horno estan fabricados con un acero **ASTM A 106 Grado B**, cuya composición es:

C máx	Mn	P máx	S máx	Si mín	Cr máx	Cu máx	Mo máx	Ni máx	V máx
0,25	0,27	0,035	0,035	0,10	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08

Tamaño de grano según la Norma **ASTM E 112-96** es: 9

Los tubos de los hornos de procesos, son suseptibles a mecanismos de degradación térmica asociadas a condiciones de elevada temperatura y solicitaciones mecánicas ajenas a las de diseño.

Fenómenos como el Creep, la Oxidación y la Fatiga Térmica pueden afectar la integridad estructural de los tubos y disminuir su vida útil. El mecanismo de degradación térmica como Creep, esta asociado a una progresiva deformación plástica, en condiciones de carga constante, que en el caso de los aceros estructurales, ocurren generalmente a temperaturas entre 425°C y 600°C.

Cuando evaluamos el fenómeno Creep, debemos tener en cuenta 2 tipos de mecanismo para determinar la vida consumida de los tubos:

- a.- Creep (Long Term), se evalua el creep normal, cuando los tubos han tenido un funcionamiento a temperaturas elevadas.
- b.- Creep (Short Term), se evalua el creep por sobrecalentamientos localizados

Según las condiciones de operación, la temperatura de entrada y de salida del aceite del horno son de **165°C** (320°F) y **260°C** (500°F) respectivamente, con una temperatura sobre la piel de los tubos registrada **340°C** (644°F), estos registros indican que la máxima temperatura de operación (Salida del hot oil) corresponde a **275°C** (527°F), con una presión de circulación de 4,2 Kgr/cm³.

De acuerdo a las temperaturas de operación del horno, estas no superan el valor crítico a partir del cual el fenómeno de creep (Long Term) no presenta un mecanismo potencial de falla, pero se debe tener en cuenta el probable efecto de sobrecalentamiento localizado (Short Term Creep).

4.6.- Conclusiones.

- a.- El acero de los tubos presenta una microestructura de matriz ferrítica con cementita en borde grano y perlita globulizada, granos regulares con un tamaño que varia entre N°7 y N°8, si bien esta microestructura es más gruesa que la observada en un acero de referencia sin uso, las misma se corresponde con las solicitaciones termomecánicas del horno.
- b.- No se detectaron signos de degradación Térmica, se determino que la temperatura de los tubos es baja para provocar consumo de la vida por Long Term Creep, resultado coincidente con la evaluación de las réplicas metalográficas.
- c.- Se determino la probabilidad al Short Term Creep, determinandose la necesidad de inspección visual de los quemadores y su efecto localizado en los tubos.
- d.- La vida consumida por Long Term Creep , Oxidación y Fatiga Térmica, es inferior al 60%, por lo que recomienda una inspección dentro de 3 años.
- e.- El estado general de los tubos es aceptable.
- f.- La información extraída del trabajo, nos permiten determinar:
 - 1.- La disponibilidad del horno.
 - 2.- La fecha de reparación.
 - 3.- Seleccionar aceros más acorde al servicio.
 - 4.- Maximizar el retorno económico del nuevo proyecto.
 - 5.- Cumplir con inspecciones necesarias, para valorar la póliza del seguro del horno.