

IMPLEMENTACION DE LA TECNOLOGÍA DE EVALUACION DE DAÑO POR FUEGO (API 579 ASME FFS-1) EN REBOILER DE ACEITE

Lic. A. Rivas¹, Ing. C. Machuca², Ing. R. Cardarilli³, Ing Paulo Casas³, Ing. E. Rubertis⁴

- 1) CONICET - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
- 2) PETROBRAS Energía Argentina SA
- 3) EXTERRAN Argentina
- 4) GIE S.A.

Resumen

A partir de un evento de fuego, sobrecalentamiento y enfriamiento rápido en un Reboiler de Aceite y la no disposición de un reemplazo rápido del equipo se derivó en la alternativa de una evaluación de daño por fuego de acuerdo con la API 579 - ASME FFS- 1 Parte 11 (Edición Junio-2007).

Se determinaron y graficaron las zonas de alcance de las distintas temperaturas y de los daños producido. Se calcularon las velocidades de corrosión del tubo de fuego de acuerdo con API 510. Este paper presenta los resultados de los ensayos no destructivos realizados, el análisis de aptitud para el servicio, y la determinación de las partes a reemplazar para la puesta en marcha del equipo.

Se logró reparar e instalar el equipo disminuyendo considerablemente el tiempo y costo de reposición del equipo respecto de la alternativa de fabricar un nuevo Reboiler, redundando esto en un mantenimiento mas efectivo y una puesta en marcha temprana de la planta.

Keywords: Evaluación de Integridad Estructural; Aptitud para el Servicio; Daño por Fuego.

1.- Introducción

En Diciembre del 2007 ocurrió una fuga en un Reboiler de Aceite que provocó una exposición del mismo a una llama de fuego continua. Esta falla fue el motivo por el cual días después se procedió a la ejecución de actividades de inspección necesarias para realizar un Análisis de Aptitud para el Servicio del equipo dañado por el fuego.

De acuerdo con las consultas realizadas, a la fecha del evento un reemplazo para este tipo de Reboiler no se encontraba disponible en los talleres locales de la empresa operadora. La alternativa de la fabricación e instalación de un nuevo equipo se estimó en aproximadamente 5 meses. Considerando que durante este tiempo de fabricación del reemplazo del Reboiler no era factible la puesta en marcha de la planta se optó por la alternativa de verificar primeramente en que condición se encontraba el equipo y definir la posibilidad de: seguir en servicio en el estado actual, reparar o reemplazar.

2.- Desarrollo

2.1.- Relevamiento y Análisis de Antecedentes

Se realizó una reunión con el personal de planta para recopilar datos de diseño, operación e historial del equipo. Mediante el relevamiento fotográfico se registró la placa de identificación, como así también se realizó un relevamiento dimensional de sus características geométricas.

Los datos suministrados por el personal de Planta directamente relacionados con el evento en cuestión son:

- Tiempo de duración de llama: 1.5 hs (aproximadamente).
- El fuego se extinguió por si mismo.

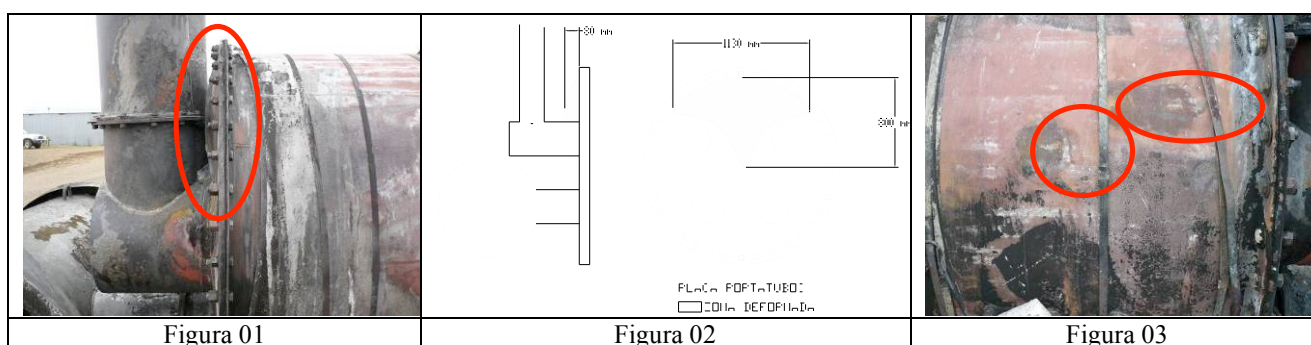
- Los bomberos enfriaron el equipo una vez extinguido el fuego. Para esto usaron 3000 litros de agua en una hora.
- Tipo de combustible: aceite y gasolina

2.2.- Inspección Visual Externa

Se efectuaron exhaustivas inspecciones visuales externas de las instalaciones, relevando los daños producidos por el incendio en el Reboiler y su entorno (Equipamiento cercano, Cañerías asociadas, Válvulas, Soportes, Instrumentos y Accesorios, etc.). Se realizó un relevamiento fotográfico de la zona y en especial de los daños detectados.

Entre los principales problemas detectados se destacan los siguientes:

- Se detectó deformación Plástica debida a daño por fuego en la Placa portatubos, **Figura 1 y 2**. También se observan tres focos de deformación debida a daño por fuego en la envolvente (**Figura 3**), las dimensiones de las deformaciones de la envolvente son de 100 mm de diámetro y 3 mm de panza.



- Se fundió el actuador de una válvula asociada ubicada debajo de los quemadores. (**Figura 4**)
- Se observa cascarilla de laminación en la zona de chimeneas y quemadores (**Figura 5**).



2.3.- Inspección Visual Interna

Se realizó una inspección visual interna, mediante el retiro del tubo de fuego. En la misma se detectaron parches en tubos, abolladuras y pitting, en todos los casos se realizaron ensayos de partículas magnetizables sin detectarse indicaciones relevantes. Durante la inspección interna se realizaron además ensayos de medición de espesores, partículas magnetizables en todas las soldaduras de los tubos de fuego, durezas y replicas metalográficas.

En las mediciones de espesor mediante ultrasonido en la Placa Portatubos, Envolvente y Tubos de Fuego no se detectaron pérdidas de espesor significativas.

Se ensayó la dureza de los componentes, con durómetro digital portátil, a fin de detectar zonas con cambios en la resistencia causados por la exposición al fuego y por el rápido enfriamiento al cual fueron sometidos. No se detectaron cambios apreciables.

			chapa de aislación
Zona IV	Media exposición calórica	entre 205°C y 425°C	- Rotura de vidrio de visor de manómetro
Zona V	Alta exposición calórica. Exposición directa de llama	entre 425°C y 730°C	- Fundición de chapa de aislación - Ladrillo refractario quemado
Zona VI	Extrema exposición calórica. Zona muy cercana a la fuente de la llama.	arriba de 730°C	- Deformaciones plásticas en acero al carbono - Cambios microestructurales - Cascarella de laminación

Tabla 2.4.1.- Detalle de zonas de daño

2.5.- Ensayos No Destructivos

Partículas Magnetizables y Ultrasonido

Se realizaron ensayos de detección de fisuras mediante partículas magnetizables en el 100% de los niples para instrumentación y el 100% de las soldaduras de la envolvente y del tubo de fuego. Se detectaron fisuras en tres niples de instrumentación, indicados como costuras 1, 6 y 7 en la **Figura 7**, en forma adicional se detectó una fisura pasante en la soldadura del tubo de fuego y la placa portatubo como se indica en la **Figura 8**. Se confirmó el tamaño y la condición de fisura pasante de esta indicación mediante el ensayo de ultrasonido.

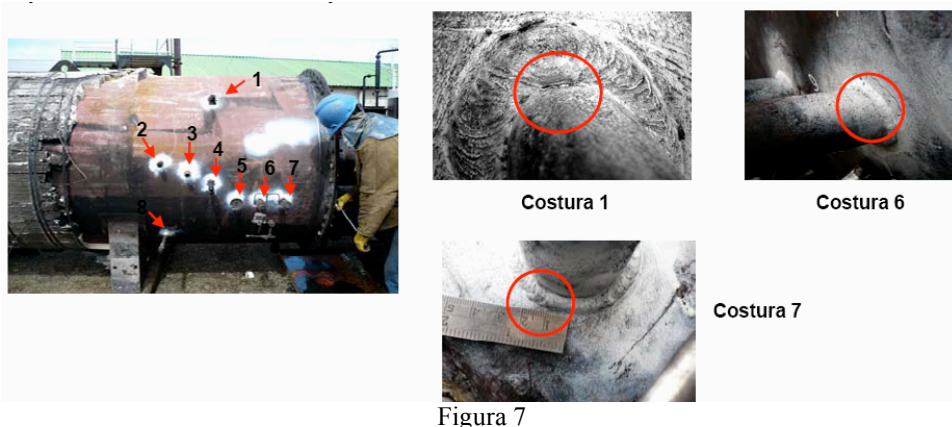


Figura 7

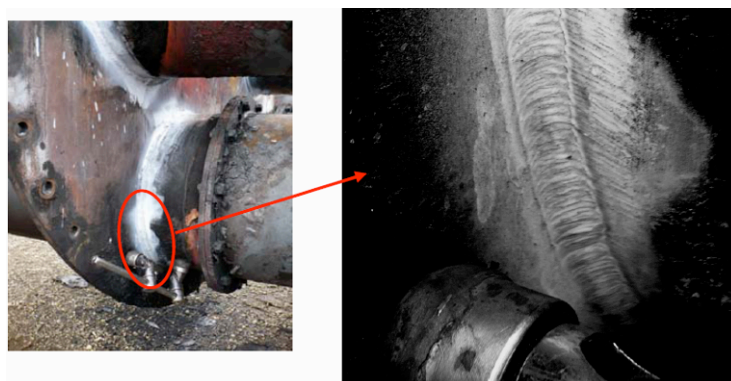


Figura 8

Réplicas Metalográficas y Dureza

Se realizaron doce réplicas metalográficas en el reboiler. El análisis de las microestructuras halladas indica que tanto el tubo de fuego como parte de la envolvente del equipo no han sido afectadas por el fuego, sin embargo la placa portatubos, la brida y la virola presentan daño por fuego muestran una microestructura constituida por ferrita y perlita globulizada, bordes de grano ensanchados y una reducción del tamaño de grano, probablemente producto del rápido enfriamiento.

En la Figura 9 se observa a la izquierda la microestructura normal del equipo obtenida en la virola central en una zona alejada del fuego y a la derecha la microestructura en la zona afectada por el fuego. Las durezas medidas no indican la presencia de zonas frágiles; por otra parte los valores medidos se emplearon para estimar la resistencia del material, y el mínimo espesor requerido, de acuerdo con los requerimientos de API Std. 579.

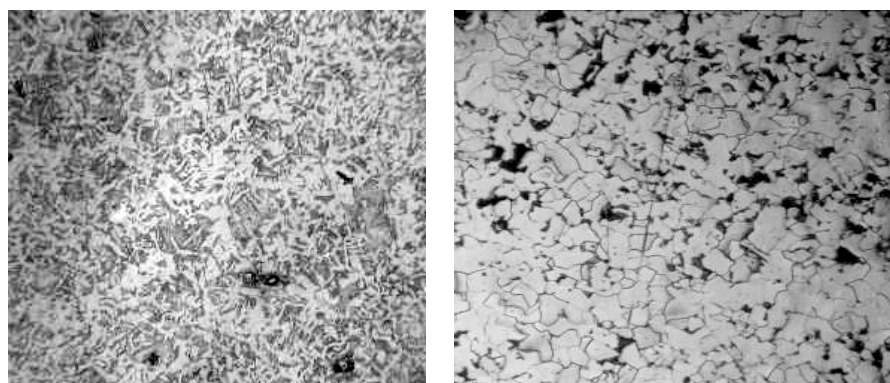


Figura 9, (Aumento 200 X , Ataque con Nital 5%)

Medición de Espesores

Se midieron espesores tanto de la envolvente como del tubo de fuego. No se detectaron pérdidas de espesor significativas, los valores medidos se compararon con las mediciones realizadas durante la inspección de 2005. En base estas mediciones se calculó la velocidad de corrosión generalizada. El valor obtenido es de 0,33 mm/año para el tubo de fuego y 0,1 mm/año para la envolvente.

Componente	Espesores		Velocidad de Corrosión (mm/año)
	Mínimo Medido (mm) 2005	Mínimo Medido (mm) 2007	
Envolvente	5,96	5,79	0,085
Tubo de Fuego	4,80	4,41	0,195
	4,79	4,14	0,325
	4,91	4,70	0,105

3.- Resultados

3.1.- Aptitud para el Servicio

Según **API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service**, los componentes que se encuentran dentro de las zonas I, II, III y IV son APTAS PARA EL SERVICIO Nivel 1, los componentes que se encuentran dentro de las zonas V y VI mostradas en la Figura 8 del punto 3.8. deben ser evaluadas de acuerdo con los requerimientos del Nivel 2. Este último plantea dos condiciones a cumplir para que los componentes ubicados dentro de estas zonas sean aptos para el servicio:

- La MAWP calculada con tensión admisible según párrafo **11.4.3.3.b de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service** debe ser mayor a la Presión de Diseño del equipo en cuestión.
- Contar con la aceptación de **API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service Parte 8** (evaluación de distorsiones) y **Parte 10** (evaluación de componentes operando en rango de Creep)

Para esto, se recalculó la Máxima Presión de Trabajo Admisible de la placa portatubos (**ASME VIII Div. 1 - UG 34**) y de la envolvente (**ASME VIII Div. 1 - UG 27**), empleando la resistencia calculada según el párrafo **11.4.3.3.b de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service** y usando como referencia, las durezas tomadas con la **tabla F1 del Anexo F** de esta misma norma. Los resultados son los siguientes:

Placa Portatubos, MAWP= 5,68 psi
Envolvente, MAWP= 79,65 psi

Siendo la Presión de Diseño de 5 psi, este calculo no limitaría la continuidad del servicio del equipo en estas condiciones.

	Espesor Medido	Espesor Requerido	Tensión Admisible ksi		Deformación Plástica
			Original	Estimado API 579	
Tubo de Fuego	4,14	2.01	17,1	11,25	NO
Envolvente	5,79	4.76	16,6	11,25	SI
Placa Portatubo	15,96	13,3	13,0	11,25	SI

Tabla 1. Resumen de resultados de inspección

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los resultados de la inspección, puede observarse una marcada disminución de la tensión admisible producto de la acción del fuego, así como que los espesores son mayores que los requeridos.

La existencia de deformaciones plásticas (o “tetones”) en la placa portatubos y en la envolvente no es aceptable por las **Partes 8 y 10 Nivel 2**, por lo tanto las mismas no son aptas para el servicio, debido a esto se recomendó reemplazar la placa portatubos y la virola con deformación plástica. Por otro lado las juntas, las empaquetaduras, los bulones y equipos auxiliares del reboiler deben ser reemplazados antes de su puesta en servicio. Mientras que la fisura detectada en el tubo de fuego debe ser reparada.

Las reparaciones deben ser realizadas empleando procedimientos y personal calificado de acuerdo a los requisitos de API 510, ASME VIII Div.1 y ASME IX

4.- Recomendaciones Resultantes

- El reboiler no es apto para el servicio en las actuales condiciones.
- Las deformaciones plásticas detectadas en la envolvente y en la placa portatubos no son aptas para el servicio de acuerdo con el Nivel 2 API Std.579 Partes 8 y Parte 10. Si bien pueden realizarse estudios adicionales se recomienda el reemplazo de las partes mencionadas.
- El reboiler puede ser puesto en servicio luego de reemplazar los componentes afectados por el fuego, placa portatubos y virola con deformación plástica y luego de reparar la fisura detectada en el tubo de fuego.
- Las velocidades de corrosión son las esperables para este tipo de equipos.

5.- Conclusiones

En este trabajo se identificaron las áreas afectadas significativamente por el incendio empleando una metodología eficiente y comprobable. Para los componentes afectados significativamente se han comparado los espesores actuales con los requeridos por las normas de construcción empleando una tensión admisible modificada para tener en cuenta el efecto del fuego; así mismo se comprobó metalúrgicamente que las zonas afectadas fueran aptas para el servicio continuado y se definieron las reparaciones requeridas para asegurar la aptitud para el servicio.

Las zonas deformadas plásticamente presentan modificaciones microestructurales y en sus propiedades mecánicas que no les permiten asegurar una operación segura. Las fisuras detectadas son producto de las tensiones térmicas generadas durante el incendio y su posterior control.

De acuerdo con los resultados y recomendaciones efectuadas según el análisis por medio de la API STD 579. Se programaron las reparaciones específicas del Reboiler, se realizaron los ensayos específicos de control de soldaduras y prueba hidráulica, logrando ponerlo nuevamente en funcionamiento en Febrero de 2008. De esta forma se disminuyó considerablemente el tiempo y costo de reposición del equipo, 3 meses antes respecto de la alternativa de fabricar un nuevo Reboiler.

6.- Referencias

- [1] Principles and Prevention of Corrosion . D.A.Jones 2nd Ed. Prentice Hall 1996
- [2] ASME Boiler & Pressure Vessel Code Section VIII Div 1. The American Society of Mechanical Engineers
- [3] API 579-1 / ASME FFS-1 Fitness for Service. (Junio 2007)
- [4] API 570 - Piping Inspection Code. Inspection, Repair, Alteration, and Rerating of In-service Piping Systems
- [5] API 510 – Pressure Vessel Inspection Code: Maintance Inspection, Rating, Repair, and Alteration. American Petroleum Institute
- [6] Metals Handbook Non destructive Inspection