

REPARACION INTEGRAL Y REENTUBADO COMPLETO DE CALDERA ACUOTUBULAR

Julian Guillermo Lombardo
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata
Departamento de Ingeniería Mecánica

Resumen

Se realizó el reentubado completo y reparación integral de una caldera acuotubular marca BABCOCK & WILCOX, modelo PFI 28-24. Es una reparación que duró aproximadamente 12 meses.

A grandes rasgos las tareas consisten en reemplazar por completo todos los tubos del equipo (banco de generación, paredes laterales de agua, techo y piso, paredes de frente y trasera, sobrecalentador, tubos de alimentación superior e inferior de los colectores de paredes laterales y tubos del precalentador de aire), reparación y/o reemplazo de perfilera metálica estructural o de cierre, reparación de ductos de aire y de gases de combustión incluidas las juntas de dilatación de los mismos, reparación de quemadores, aplicación de refractario implementando nuevas tecnologías de hormigones refractarios de liga química, más eficiente que los de liga hidráulica, avalados por el API 936, reparación de periféricos como ser instrumentaciones nuevas reemplazo de tecnologías obsoletas, etc.

En este equipo en particular, no se reemplazan ni los domos ni los colectores de las paredes laterales de agua, ni los colectores del sobrecalentador, ya que todos se encuentran en buenas condiciones y solo se le harán reparaciones que surjan de la intervención como por ejemplo pequeñas fisuras en los orificios de los domos, originadas por el descasquillado o desmandrilado de los tubos viejos contra el domo.

Introducción

La caldera intervenida, es parte de un grupo de 4 calderas idénticas (nombradas A, B, C y D), ubicadas en la planta llamada CENTRAL 1 de YPF REFINERIA LA PLATA, dicha planta genera el vapor requerido en los diferentes procesos y plantas de destilación de petróleo dentro de la refinería.

Mediante la recopilación de datos a través de documentos internos de YPF llamados avisos de avería, numerados por el sistema de gestión integral de la compañía, se genera un listado de reparaciones previo a la intervención para tener una definición más real del alcance, una vez fuera de servicio y en condiciones de ingresar en los diferentes recintos, se hace una última inspección previa al comienzo de las reparaciones por si hubiese surgido algún desvío desde el ultimo aviso de avería emitido hasta la fecha. Previo a la intervención se realiza una gestión de materiales que consiste en reservarlos a través del sistema de gestión integral de la compañía para que el departamento de compras en conjunto con almacenes se encargue de su aprovisionamiento dado que la mayoría de los tubos (sobre todo los aleados) no son de provisión nacional. No se comienzan las tareas de desarme hasta que no está la totalidad de los tubos en el almacén.

Objetivo

El objetivo de una intervención de esta magnitud es poder recuperar el rendimiento y la confiabilidad del equipo, para poder producir la mayor cantidad de vapor posible para la cual fue diseñada originalmente y que con el correr del tiempo se ha ido deteriorando, ya sean los tubos de circulación de vapor o agua que se van anulando o reparando, dependiendo el caso, o los tubos del precalentador de aire que se van tapando con la misma contaminación del combustible quemado, esto hace que al circular menor cantidad de aire precalentado vaya perdiendo eficiencia en la combustión lo que ocasiona que, al final del proceso se tenga una menor generación de vapor.

Desarrollo

La gestión de materiales se realiza en base a planos del fabricante ^[1] (ver Fig. 1), los cuales tiene el recuento de tubos de cada sector (ver Lista de materiales a continuación). Estos materiales están codificados en el sistema de gestión integral de la compañía y si bien pueden tener un stock de seguridad o stock mínimo, con punto de pedido (ya que hay cuatro calderas idénticas y estos tubos se utilizan para reparación eventuales en las cuatro), hay que generar una compra específica para la reparación, dada la cantidad de tubos necesaria.

Lista de materiales ^[2] :

1. Pared lateral derecha: Tubo sin costura, $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 192, e= 4,19 mm, cantidad: 110.
2. Pared lateral izquierda: Tubo sin costura $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 192, e= 4,19 mm, cantidad 110.
3. Pared frente: Tubo sin costura $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 192, e= 4,57 mm, cantidad 95.
4. Techo: Tubo sin costura $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 192, e= 4,19 mm, cantidad 95.
5. Piso: Tubo sin costura $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 192, e= 4,19 mm, cantidad 95.
6. Pared Pantalla: Tubo sin costura $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 192, e= 4,19 mm, cantidad 46.
7. Alimentadores a colectores inferiores: Tubo sin costura, $\varnothing=3''$ según ASTM SA 192, e= 4,57 mm, cantidad: 18.
8. Alimentadores a colectores superiores: Tubo sin costura $\varnothing=4''$ según ASTM SA 192, e= 5,08 mm, cantidad 24.
9. Haz convectivo: Tubo sin costura $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 192, e= 3,05 mm, cantidad 1365.
10. Alimentador Colector Intermedio: Tubo sin costura $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 213 T11, e= 4,54 mm, cantidad 36.
11. Sobrecalentador Lado Haz convectivo: Tubo sin costura $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 213 T11, e= 4,54 mm, cantidad 86.
12. Sobrecalentador Lado Hogar: Tubo sin costura $\varnothing=2,5''$ según ASTM SA 213 T9, e= 6,1 mm, cantidad 86.
13. Precalentador de aire: Tubo sin costura $\varnothing=2''$ según ASTM SA 179, e=2 mm, cantidad 4.908.

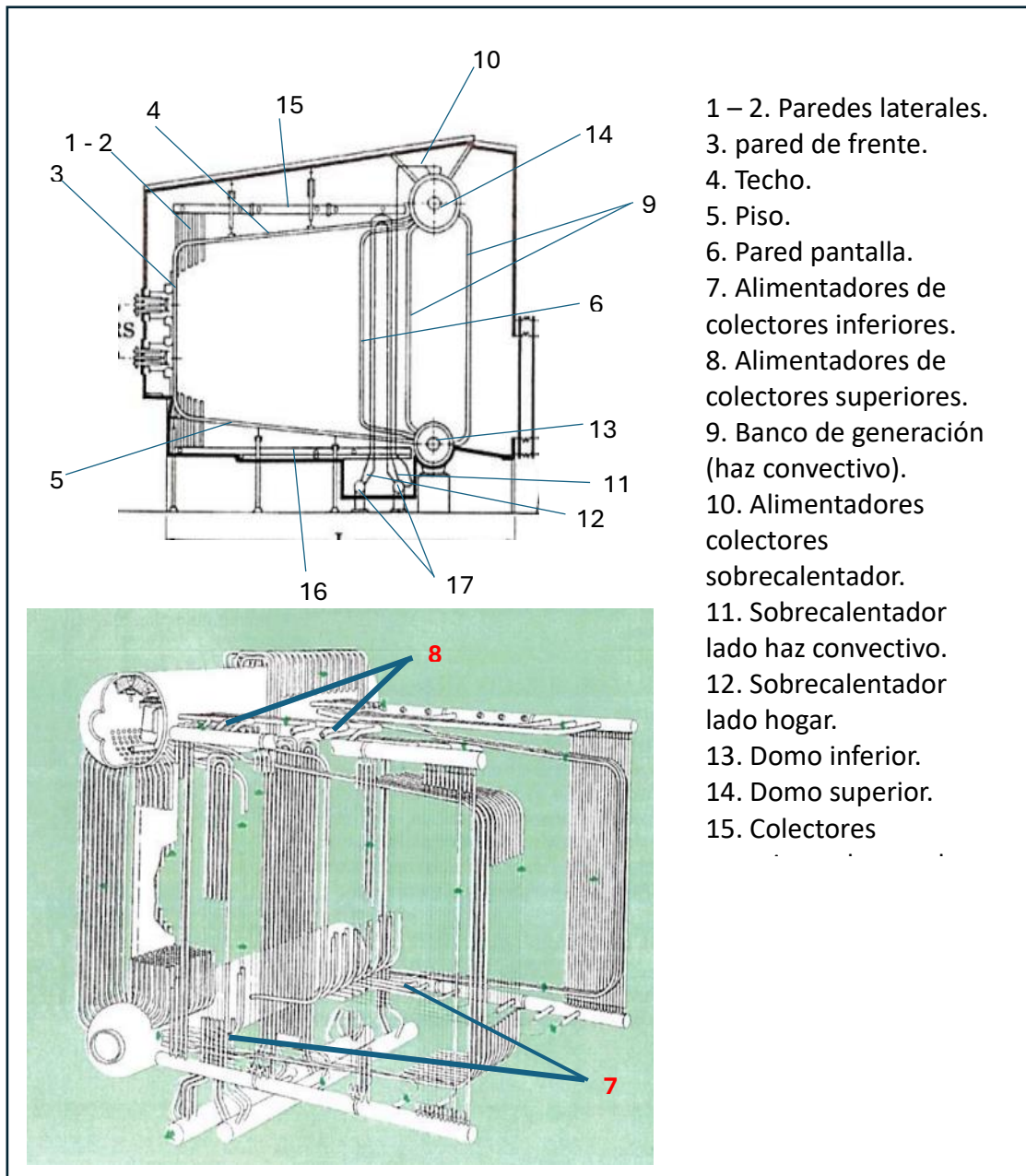


Fig. 1 – Esquema de piezas y distribución de tubos.

Teniendo los materiales disponibles en el almacén, se entregan a la contratista que realiza la reparación para que comience con el curvado de los mismos en talleres externos y paralelamente se comienza con el desarme de la caldera, retiro de chapas de cobertura de aislación, aislación, y el techo de cierre (ver Fig. 2) que forma parte de la caja de aire (ver Fig. 3).



Fig. 2 - Desmontaje de techo de cierre.

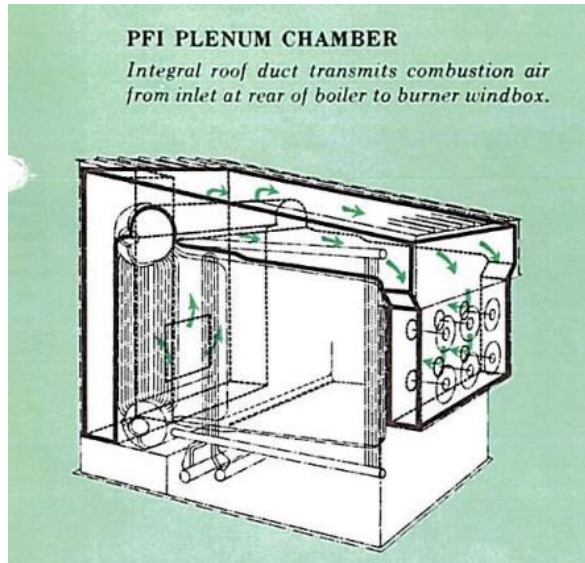


Fig. 3 - Esquema de caja de aire.

Ya totalmente desaislada y con el techo de cobertura retirado, se comienza con el desguace propiamente dicho. Realizando primero el desmontaje de los paneles de las paredes laterales completos con los colectores (ver Fig. 4) y una vez en el piso se cortan con soplete oxiacetilénico y se dejan preparados para realizar ensayos y luego enviar a taller externo (ver Fig. 5) para armar los paneles con los tubos nuevos.

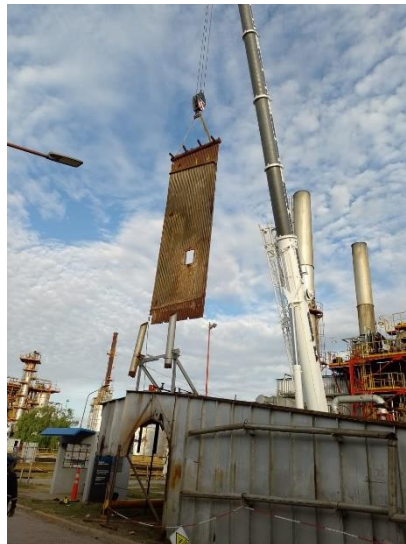


Fig. 4 - Desmontaje de paneles laterales completos.

Particularmente en cuatro de los colectores inferiores se encontraron reparaciones fuera de diseño, una desviación en los “portines” de limpieza/inspección y otra desviación en la conexión del tubo de alimentación al colector (ver Fig. 6). En la primera el “portín” fue reemplazado por un niple de caño ASTM A106 ^[2]^[6] DE 3” SCH40 y sellado con una tapa soldada tipo socket weld, esto si bien no fue llevado a diseño, se reemplazó por accesorios normalizados como una brida welding neck, con cuello sch 160 y serie 600#, y el niple contra el colector fue reemplazado por caño ASTM A106^[2] SCH 160 ^[6], y la alimentación con tubos de 3” de diámetro y un espesor de 5,52 mm, según el diseño de junta original indicado por el fabricante ^[1] (ver Fig. 6).



Fig. 5 - Colectores inferiores y superiores de paredes laterales, acopiados para inspección.



Fig. 6 - Colectores inferiores de paredes laterales, diseño de junta de tubos y colector.

A continuación, se reemplazan por tercios los tubos del banco de generación (ver Fig. 7a), previamente llegaron curvados de taller externo y se acopiaron en cercanías de la caldera (ver Fig. 7b). Previo al montaje de los tubos nuevos, se realizan ensayos de Líquidos Penetrantes^[3] o partículas Magnetizables^[3] (ver Fig. 7c) en la malla de los domos, para detectar posibles fisuras generada en el proceso de descasquillado o desmandrilado de los tubos viejos.



Fig. 7a - Montaje de tubos de banco de generación.



Fig. 7b - Tubos acopiados al pie de la caldera para facilitar su manipuleo y montaje.

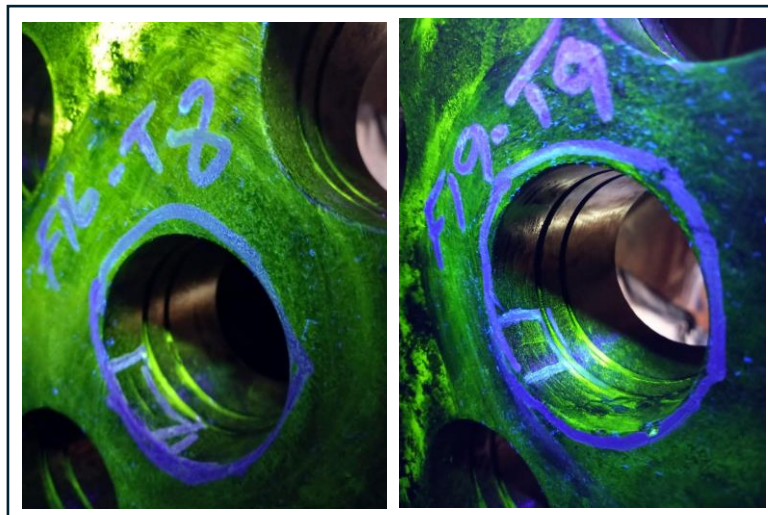


Fig. 7c - Ensayo de líquidos penetrantes fluorescentes en mallas de domos.

En simultaneo se van reemplazando por paquetes de 3 a 5 los tubos de techo (ver Fig. 8a), piso y pared de frente incluidos los nidos de los quemadores con los anclajes para el refractario (ver Fig. 8b), también se avanza con el reemplazo de tubos del sobrecalentador desmontaje de tubos viejos, limpieza de alojamientos en colectores y ensayo de tintas penetrantes^[3] (ver Fig. 9).



Fig. 8a - Reemplazo de tubos de techo, inserción en domos, vista alejada del conjunto.



Fig. 8b - Pared de quemadores antes del desguace, nidos de quemadores con los anclajes del refractarios expuestos.



Fig. 9 - Colectores del sobrecalentador con revelador de las tintas penetrantes. Extracto de plano constructivo del fabricante del sobrecalentador completo con las espiras y tubos de alimentación desde el domo superior.

Con otros grupos de trabajo se van reparando partes por fuera del reentubado propiamente dicho, como ductos de aire (ver Fig. 10a) y de gases de combustión (ver Fig. 10b), también se van reemplazando los tubos del precalentador de aire (ver Fig. 11).



Fig. 10a - Ductos de aire y juntas de dilatación.

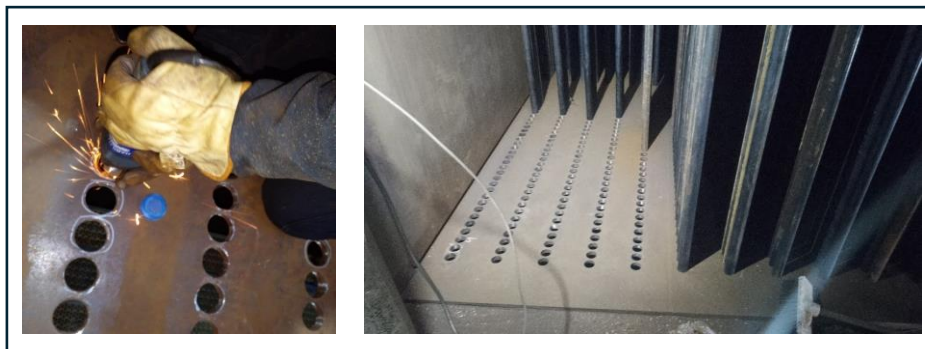


Fig. 11 - Reemplazo de tubos y reparación de placas de precalentador de aire.

La última etapa es el montaje de los paneles laterales que vienen armados desde taller externo (ver Fig. 12), estos son sellados entre sí y contra los tubos de techo, piso y pared de frente (de quemadores), este sellado se realiza mediante planchuelas soldadas, de calidad comercial y medidas standard, en la mayoría de las uniones, y donde no exista la medida requerida se fabrican con chapa laminada F24/F26, todos en espesor de $\frac{1}{4}$ " (6,35 mm). Terminado el montaje de los paneles laterales se vuelve a montar el techo de cierre, que fue retirado al comienzo de la obra, la maniobra se realiza con una grúa de 500 tn debido a la combinación de peso (aproximadamente 40 tn) y distancia, por la zona donde está instalada la caldera.

Luego de sellar todo el hogar se comienza a aplicar refractario ^[5] en los sectores de nido o boca de quemadores, cajas de mirillas y huecos de pasa hombre (ver Fig. 13), también se van posicionando los ladrillos refractarios del piso (aproximadamente 4000 unidades) (ver fig. 14).

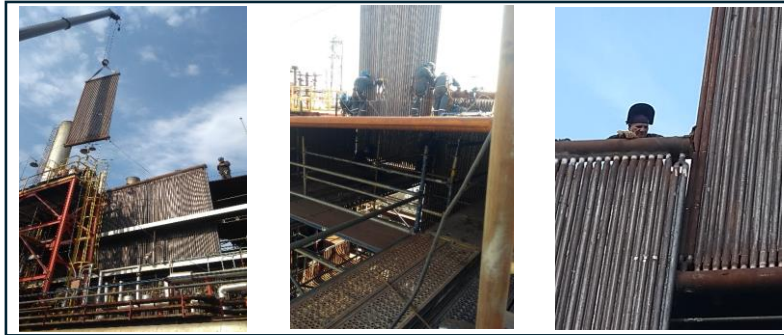


Fig. 12 - Montaje de paneles de paredes laterales nuevos.

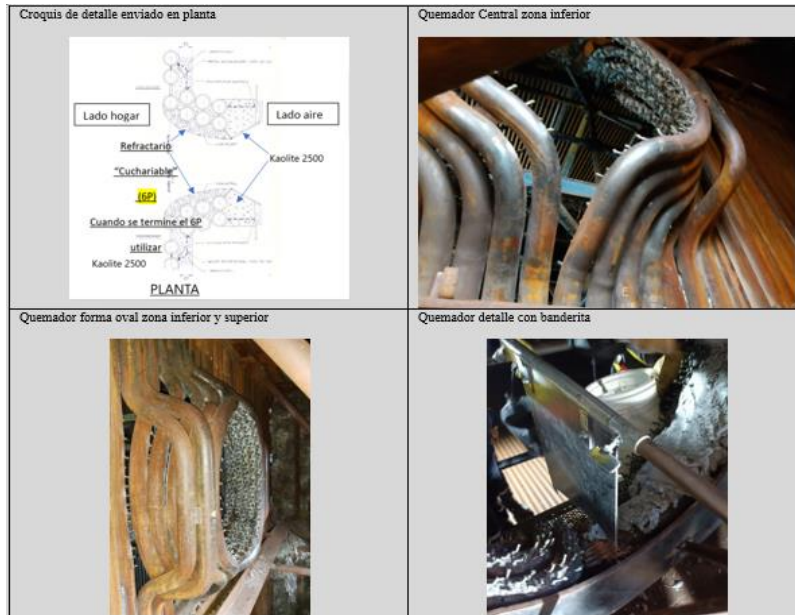


Fig. 13 - Detalle de refractario de liga química en nido de quemadores.

Como tareas adicionales al reentubado, por fuera de la cadera se realizó la adecuación de los puntos de toma del caudalímetro de vapor de alta (de salida de la caldera), ya que la medición no era confiable, además se reemplazó la tobera por placa orificio, y se hizo a nuevo el carretel de 14" 600# con bridas porta placa normalizadas según ASTM A105^[2] (ver Fig. 15).

También se cortó el final de línea de gas natural de alimentación a los quemadores, una cañería de 10" de diámetro, sch 40, que finalizaba con un casquete, al cortarlo se encontró que la línea estaba en más de la mitad de su diámetro obstruida con depósitos sólidos (barros arrastrados durante años por el GN), se realizó limpieza mecánica y luego se reemplazó ^[4] el casquete de final de línea por una brida de 10" serie 150# según ASTM A105 ^[2], con brida ciega de las mismas características (ver Fig. 16).

Una vez finalizadas los trabajos metalúrgicos y de aislación se realiza una prueba hidráulica a 45 kg/cm², siendo el resultado satisfactorio (es decir no se registran pérdidas, se procede a realizar una prueba de hermeticidad del hogar y ductos de aire y gases, utilizando como medio de provisión de aire los forzadores de aire (eléctrico o a turbina), siendo el resultado satisfactorio (es decir no se registran fugas desde el interior hacia afuera), se da por finalizada la reparación, se retiran las chapas ciegas de vapor, agua fría, y combustibles (fuel oil y gas) y se entrega el equipo para puesta en marcha.

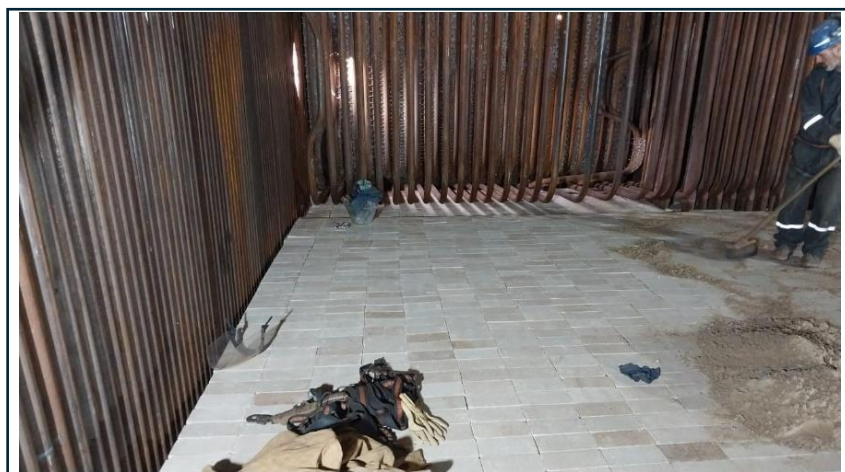


Fig. 14 - Detalle de ladrillos refractarios en piso del hogar.



Fig. 15 - Modificación de tomas de caudalímetro en línea de V.A.



Fig. 16 - Línea de gas natural obstruida.

Conclusiones

Se ha realizado la reparación integral de una caldera, interviniendo todos los aspectos que pueden afectar su rendimiento, desde el punto de vista de la combustión reparando ductos de aire (incluidos más de 1000 tubos del precalentador) y ductos de gases, evitando fugas o cruces de corriente de aire limpio con gases de combustión que pueden ocasionar una combustión deficiente con la caída de rendimiento que eso conlleva; también desobstruyendo ductos de combustibles permitiendo que reciba el caudal necesario y a la presión requerida, favoreciendo nuevamente a una combustión correcta.

Con todo esto se logró que el equipo pueda trabajar a máxima carga generando lo esperado por diseño que son 170 tn/h de vapor, teniendo de referencia los registros anteriores a la intervención, que arrojan valores que no superan las 130 tn/h de vapor. Mediciones obtenidas de los tableros de sala de control. En una captura de pantalla actual, se puede observar en el recuadro rojo (ver Fig. 17a), que las calderas están produciendo muy por debajo de sus capacidades (poco más de 50 tn/h), esto se debe a que hay poca demanda de vapor en todo el complejo porque hay plantas fuera de servicio por mantenimiento y paros programados. También se puede extraer un gráfico de días anteriores donde se ve un pico de máximo de generación de vapor de 157 tn/h (ver Fig. 17b).

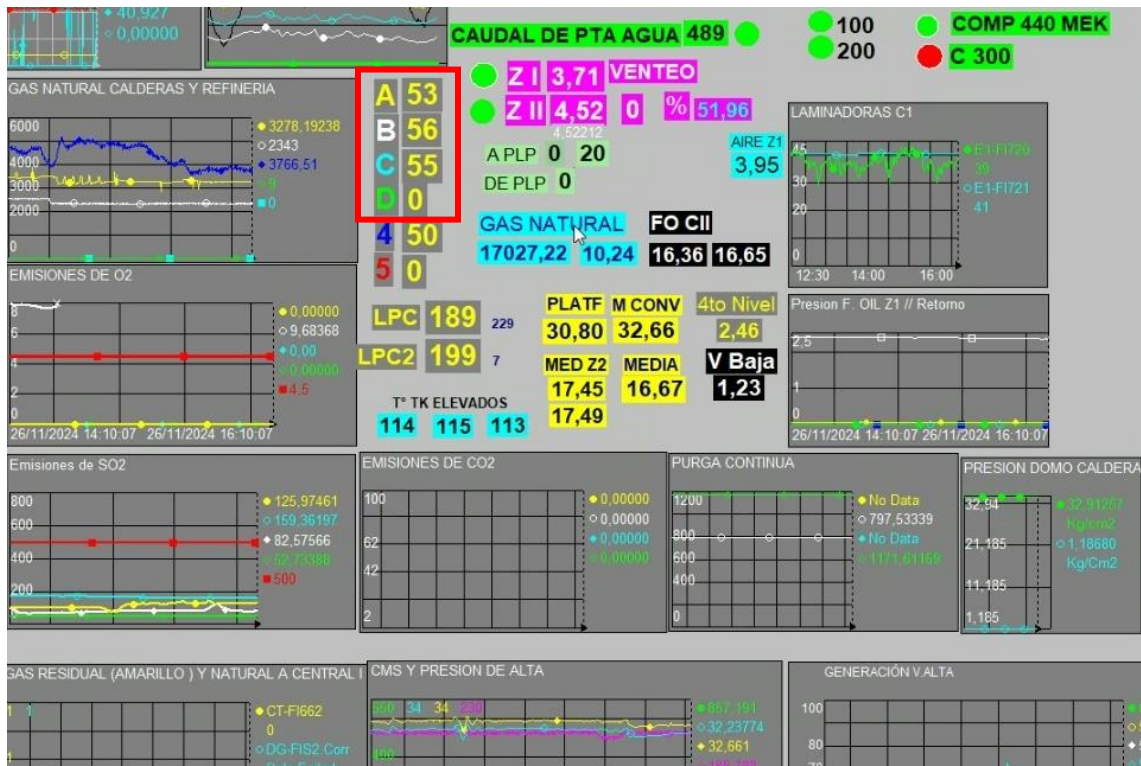


Fig. 17a – Captura de pantalla del panel de control.

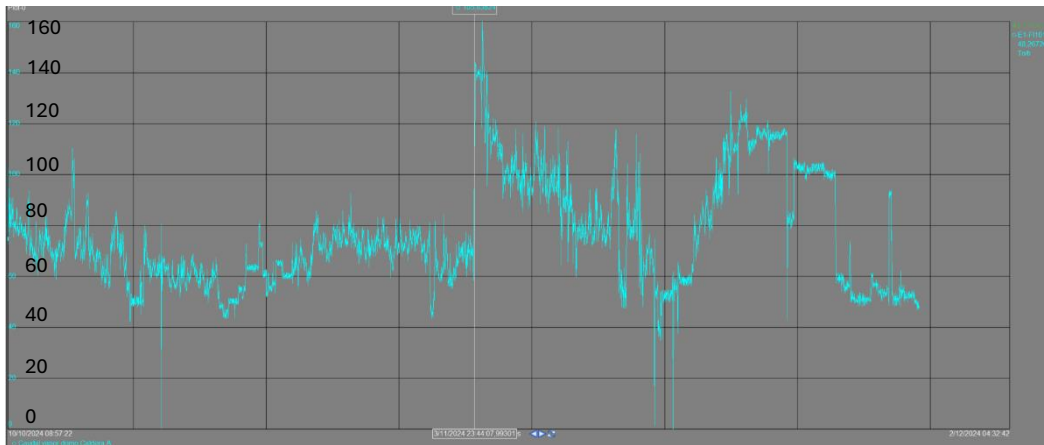


Fig. 17b – Captura de pantalla. Grafico de producción de vapor

Bibliografía

- [1] Planos constructivos originales del fabricante.
- [2] Código ASME II, (de materiales).
- [3] Código ASME V (de ensayos).
- [4] Código ASME IX (de calificación de soldadores y procedimientos de soldadura).
- [5] Código API 936 (de materiales refractarios).
- [6] Especificaciones de cañerías internas de la compañía