

TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA EN UNIDAD DE COKE: EFICIENCIA Y CONFIABILIDAD

de León, Martín; Salva, Eliana; Szmulewicz, Hernán. YPF S.A. m.deleon@ypf.com; eliana.d.salva@ypf.com; hernan.szmulewicz@ypf.com

SINOPSIS

En este trabajo, presentamos un estudio detallado sobre la modernización de la Unidad de Coke construida en 1987, enfocándonos en la aplicación de tecnologías avanzadas y estrategias de confiabilidad para mejorar su rendimiento y eficiencia. La planta, que ha sido un pilar en la producción durante casi cuatro décadas, enfrenta desafíos significativos debido al envejecimiento de sus infraestructuras y la obsolescencia de sus sistemas.

Uno de los aspectos clave de nuestra intervención es la implementación de una metodología innovadora para el decoquizado de los hornos de coke. Tradicionalmente, se realizaba mediante métodos mecánicos (Pigging), lo que requería una reducción en la producción durante un período de 6 a 12 días, dependiendo del alcance del trabajo. Actualmente, estamos utilizando el método "Spalling", que permite mantener la unidad en servicio mientras se realiza el decoquizado de un paso del horno. Esta técnica no solo extiende la vida útil de los tubos, sino que también maximiza la producción al evitar paradas prolongadas.

Además, hemos optimizado la eficiencia de los hornos a través de un lazo de control de oxígeno, lo que ha generado un ahorro significativo en el consumo de combustible por metro cúbico procesado. Esta mejora no solo reduce los costos operativos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental de la planta.

Nuestro enfoque se centra en la integración de tecnologías, análisis de datos en tiempo real y mantenimiento predictivo, para transformar esta Unidad histórica en una instalación moderna y eficiente. Mediante el uso de herramientas de monitoreo y control automatizado, hemos logrado optimizar los procesos operativos, reducir los tiempos de inactividad y mejorar la seguridad de la planta.

Los resultados preliminares de nuestra intervención muestran una mejora significativa en la eficiencia operativa y una reducción en los costos de mantenimiento. Este estudio no solo destaca la viabilidad de modernizar instalaciones antiguas, sino que también subraya la importancia de la innovación y la confiabilidad en la industria de las refinerías.

INTRODUCCIÓN

La Unidad de Coke de la Refinería YPF La Plata, construida en 1987, ha sido durante décadas un componente clave en la cadena de conversión profunda de crudo. Sin embargo, el paso del tiempo y la obsolescencia de sus sistemas han generado desafíos operativos importantes, tanto en términos de confiabilidad como de eficiencia energética. En este contexto, se planteó un enfoque integral de modernización, centrado en la incorporación de tecnologías avanzadas y estrategias de mantenimiento que permitan extender la vida útil de los equipos y optimizar el desempeño general de la unidad.

Uno de los ejes estratégicos de esta iniciativa es la implementación del método de *Spalling* para el decoquizado de hornos, reemplazando el sistema tradicional de pigging. Esta tecnología permite mantener la unidad en funcionamiento durante el proceso, evitando paradas prolongadas y elevando la disponibilidad operativa. Adicionalmente, se integró un sistema de control automático de oxígeno en los hornos, lo cual permitió reducir significativamente el consumo específico de combustible, aportando mejoras en la eficiencia térmica y en la sostenibilidad ambiental del proceso.

Este trabajo describe las principales intervenciones técnicas llevadas a cabo, los resultados preliminares obtenidos y el impacto positivo de estas mejoras en términos de seguridad, productividad y costos. La experiencia demuestra que la actualización tecnológica de instalaciones con más de tres décadas de operación no solo es viable, sino que representa una oportunidad concreta para impulsar la transformación digital y operativa en el ámbito de las refinerías.

DESARROLLO

1. Innovación en el Decoquizado: Método "Bake-out Spalling"

El Online Bake-out Spalling o Decoquizado en Línea, es un procedimiento desarrollado para realizar una limpieza interna de los tubos del horno mientras la unidad se mantiene en servicio, alargando la vida operativa del mismo y a su vez minimizando el impacto económico que representa un paro de módulo para un decoquizado mecánico.

Dicho procedimiento se realiza en forma individual en cada ramal del horno, mientras el resto sigue en servicio con hidrocarburo. El objetivo es lograr mantener una elevada temperatura durante un lapso establecido de tiempo con flujo de agua de caldera y/o vapor de alta presión, para lograr el desprendimiento del carbón formado en las paredes internas del ramal.

La lógica de limpieza está asociada a la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica de los tubos del horno y el carbón adherido a su superficie interna.

En colaboración con el tecnólogo de la unidad, se desarrolló un nuevo procedimiento para realizar el decoquizado en línea, minimizando los cambios operativos durante la mayor parte del tiempo del proceso favoreciendo su aplicabilidad a unidades con mayor antigüedad.

El análisis de los datos en tiempo real nos permite realizar proyecciones de las tendencias de las temperaturas de piel de tubo para establecer el momento indicado para realizar la limpieza en línea. A su vez, nos permite identificar si hay desvíos durante la operación normal que requieran un cambio inmediato en los quemadores, caudal de aire, tiraje del horno, etc.

Además del uso de los sensores de temperatura de piel de tubo, las termografías nos permiten tener una imagen completa del horno e identificar si existen puntos de atención. Estas se realizan de forma periódica y luego de realizado el procedimiento de limpieza en línea.

De forma resumida el procedimiento consiste en reducir la temperatura del paso a realizar la limpieza, ingresar con vapor de alta (o agua de caldera) cerrando el ingreso de carga (hidrocarburo) a ese paso. El caudal de vapor/agua depende del diámetro de los tubos y la pérdida de carga del sistema. La presión de ingreso de ambos pasos deberá estar acotada durante el desarrollo de todo el procedimiento. Se establece una temperatura de salida superior a la de operación normal. Se mantiene esa condición durante un periodo y luego en la transición final se cierra el ingreso de vapor y se inyecta agua de caldera. Luego se apagan quemadores para enfriar y reestablecer el ingreso de vapor, se reduce el caudal de agua para finalmente ingresar con carga (hidrocarburo) y normalizar la temperatura del horno.

Dentro de los principales beneficios encontramos:

- Ahorro económico al evitar una parada de unidad.
- Extensión de la vida útil de los tubos.
- Aumento de la disponibilidad operativa.

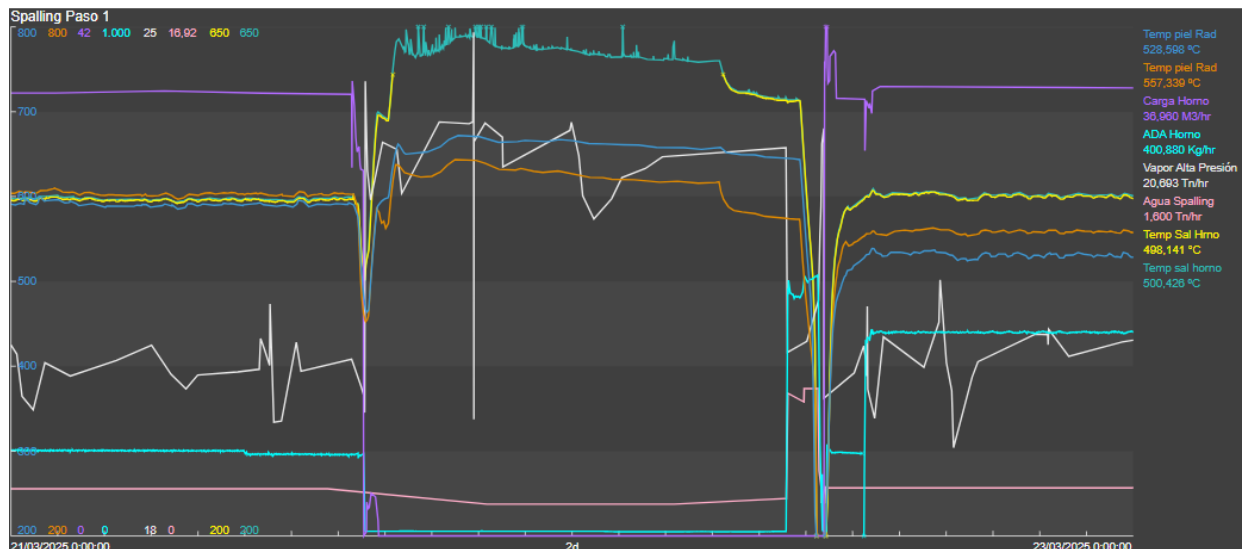


Figura 1- Evolución de variables principales durante Spalling

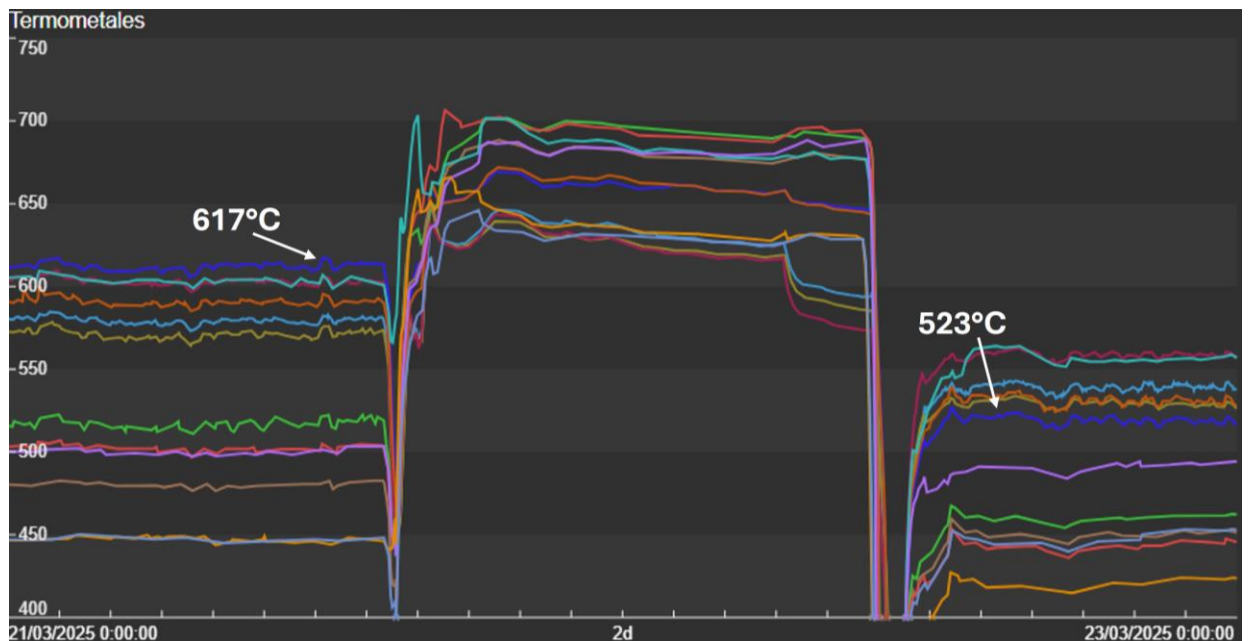


Figura 2 - Impacto en termometales de horno

2. Optimización del Consumo de Combustible

Uno de los avances implementados en la Unidad de Coke fue la instalación de un sistema de control en cascada para la gestión del oxígeno en los hornos. En esta configuración, el lazo de control está compuesto por un controlador primario de Oxígeno, encargado de mantener la concentración deseada en los gases de combustión, y un controlador secundario, que actúa sobre la presión del hogar del horno. Para lograr el ajuste de esta presión, el controlador manipula el tiro inducido, generando así un intercambio térmico que mejora la temperatura del aire ingresado a través del tiro forzado. Esta dinámica no solo estabiliza la presión del hogar, sino que también mejora la eficiencia térmica del proceso.

La variable crítica a controlar en este sistema es la concentración de oxígeno de salida, la cual debe mantenerse entre 3% y 4% para asegurar un proceso de combustión eficiente. Una vez que los lazos fueron puestos en automático, se observó una mejora significativa en la estabilidad de la cámara de combustión, con reducción de las fluctuaciones tanto en el exceso de oxígeno como en el tiraje del horno (Figura 3). El sistema en cascada respondió de manera más precisa, permitiendo ajustes más rápidos ante cambios de carga o condiciones operativas.

Como resultado, se logró una disminución notoria en el consumo específico de gas combustible, lo que representó un ahorro energético considerable comparado con periodos anteriores. Además, la automatización del control de oxígeno liberó al operador de la necesidad de realizar ajustes manuales constantes, permitiéndole enfocar su atención en otras variables críticas del proceso, favoreciendo así la excelencia operacional.

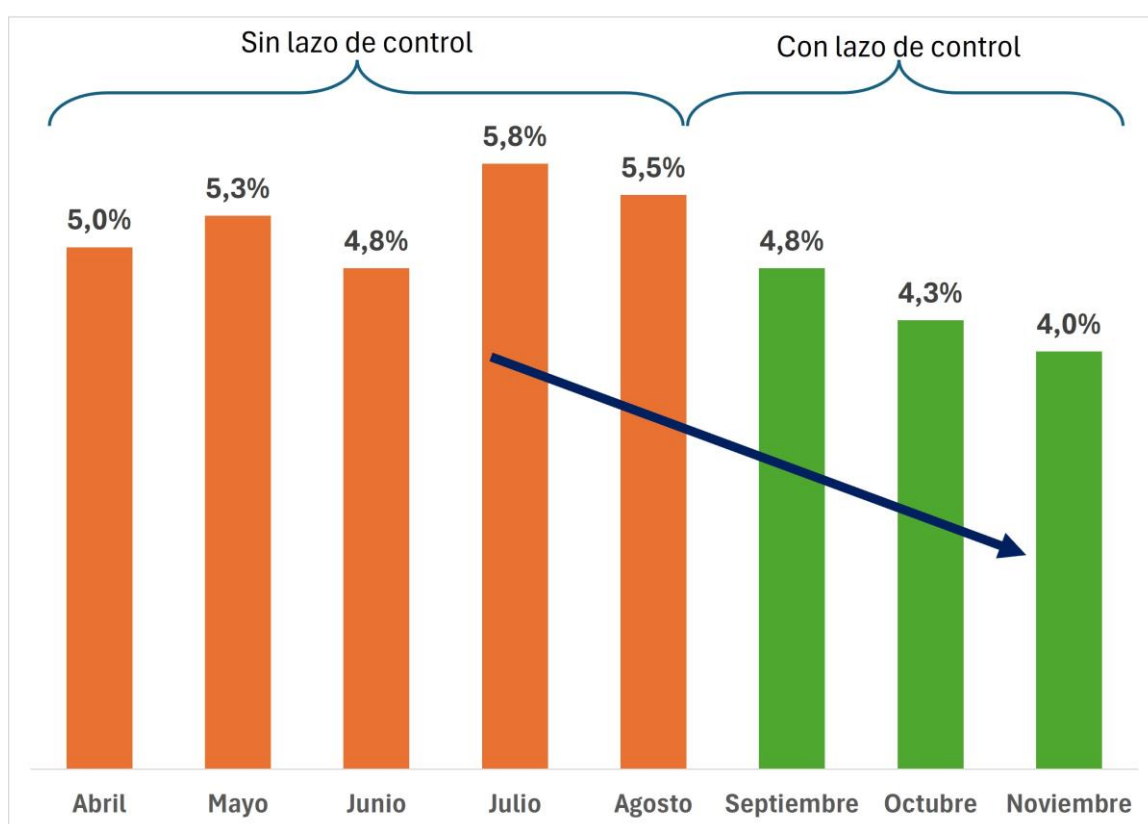


Figura 3 - Comportamiento de %O₂ con la implementación de lazo

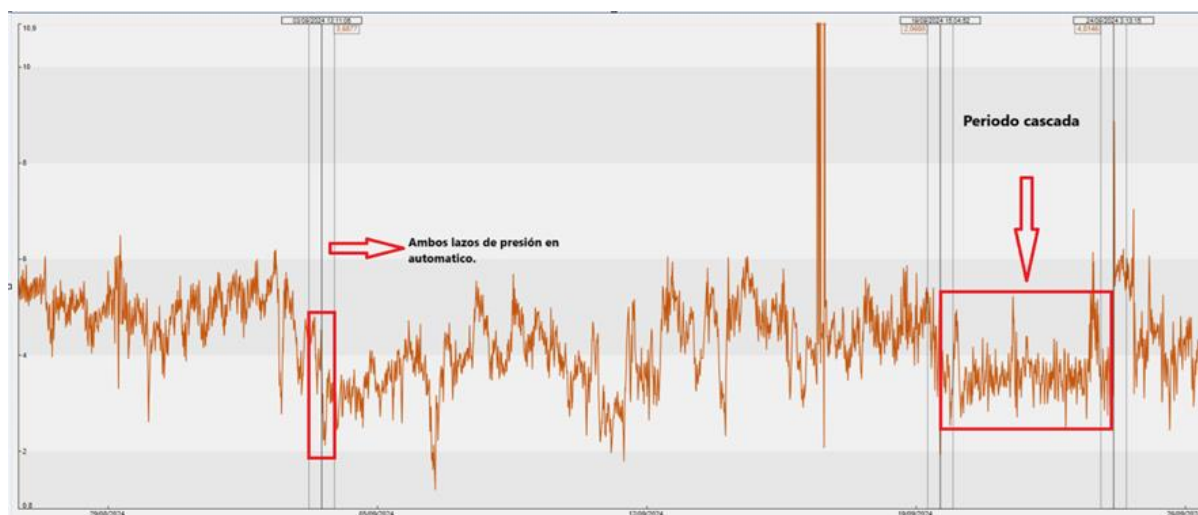


Figura 4 - Evolución de % O2 en horno

CONCLUSIONES

La experiencia de modernización en la Unidad de Coke demuestra que la actualización tecnológica de instalaciones con más de tres décadas de operación no solo es factible, sino también altamente beneficiosa. La integración de metodologías innovadoras para el mantenimiento, junto con sistemas de control avanzados y herramientas de análisis en tiempo real, permitió lograr mejoras concretas en la eficiencia operativa, reducción de costos de mantenimiento y sostenibilidad ambiental.

Este caso evidencia que, con una planificación estratégica basada en confiabilidad e innovación, es posible extender la vida útil de infraestructuras antiguas y adaptarlas a los estándares actuales de desempeño. En consecuencia, el enfoque adoptado en esta unidad se presenta como un modelo replicable para otras plantas del sector, contribuyendo a la transformación operativa de la industria de la refinación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] API Recommended Practices for Delayed Coking Units.
- [2] Control Avanzado de Procesos - José Acedo Sánchez
- [3] Estándares de eficiencia energética en hornos industriales, DOE.
- [4] Manual de Operaciones COKE. YPF

INFORMACIÓN ADICIONAL – CV de participantes del equipo

de Leon Martin

Ingeniero En Automatización y Control Industrial, Universidad Nacional de Quilmes.

Cargo actual: Ingeniero de Optimización y Control (control multivariable e inferencias) Unidades de Refinación.

Trayectoria: Más de 10 años de experiencia en temas de Automatización y Control, Proyectos, Procesos y Comercial en Downstream en YPF S.A.

Eliana Salva

Ingeniera Química, Universidad Tecnológica Nacional de La Plata

Cargo actual: Analista de Operaciones en las unidades de Coke, Vacio Combustible y Claus

Trayectoria: Ingreso a YPF en el año 2018 como Pasante y posteriormente como Analista en el área de Seguridad de Procesos de Refinería La Plata. En el año 2021, a raíz del programa de Jóvenes Profesionales, comencé el desarrollo por Producción en el área de Jefatura de Turno. (2021-2024), luego como Analista de Operaciones en la Gerencia de Conversión en la unidad de Hidrotratamiento de Naftas. Por último, desde junio de 2024 a la actualidad me desempeño como Analista de Operaciones en las unidades de Coke, Vacio Combustibles y Claus.

Hernán Szmulewicz

Ingeniero Químico, Universidad de Buenos Aires

Cargo actual: Ingeniero de procesos de Unidades de Coke y Aguas Agrias

Trayectoria: Más de 10 años de experiencia en proyectos, procesos y comercialización en Downstream y Midstream Gas en YPF S.A. 3 años de experiencia en sistemas de control de procesos en Invensys Process Systems S.A.