

INNOVACIÓN PARA OPTIMIZAR TIEMPOS EN LA INTERVENCIÓN DEL CCR

Agustín Becerro, Victoria Weisburd von Kotsch, Julia Oneto y Adrián Fiorentino, YPF S.A,
agustin.becerro@ypf.com, victoria.weisburd@ypf.com, julia.m.oneto@ypf.com,
adrian.fiorentino@ypf.com

Sinopsis

El presente trabajo aborda la parada de planta del Complejo Aromáticos en 2025, cuyo objetivo principal fue la sustitución de la brida entre la zona de reducción y el primer reactor de reformado. Esta intervención fue necesaria debido a deficiencias en el diseño original de la unión bridada, que provocaba cierres no confiables y posibles fugas de H₂ e hidrocarburos, con los consiguientes riesgos. La modificación de la brida fue el camino crítico del paro de planta.

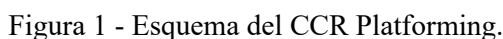
Para maximizar la disponibilidad operativa del Complejo, se desarrollaron estrategias con el objetivo de reducir el tiempo de intervención de la brida y, por ende, minimizar la duración total del paro. La estrategia propuesta consistió en realizar el cambio de brida sin descargar la totalidad del catalizador de los reactores. Solo se descargó el 4% del catalizador ubicado en los reactores, lo necesario para permitir desacoplar internos del reactor y así poder desmontar la zona de reducción. Durante toda la intervención se trabajó bajo atmósfera inerte para evitar el contacto del catalizador con aire, previniendo su autoignición y captación de humedad. El personal que trabajó en el reactor bajo atmósfera de N₂ debió utilizar aire asistido. Además, otro aspecto relevante fue la implementación de un doble sello entre la zona de trabajo y la zona con catalizador para evitar la entrada de objetos extraños al reactor.

Esta metodología innovadora no ha sido implementada previamente en ninguna otra unidad similar según el tecnólogo y permitió reducir el tiempo de parada de planta en 6 días y evitar la reposición de aproximadamente 5 toneladas de catalizador nuevo. Es una propuesta que se alinea con los objetivos de la industria actual, buscando eficiencia y optimización, y que se considerará para futuras intervenciones similares.

Introducción

Durante el mes de mayo del 2025 se realizó una parada programada de la planta CCR Platforming (*Continuous Catalyst Regeneration*) del Complejo Aromáticos de YPF ubicado en Ensenada, provincia de Buenos Aires. Esta unidad es un reformador de naftas, la cual transforma las parafinas y nafténicos de la nafta virgen en aromáticos, obteniendo a la salida una corriente de nafta reformada rica en aromáticos y de alto octanaje. Este proceso además genera hidrógeno, el

Las unidades de Platforming convencionales de lecho fijo necesitan regenerar el catalizador cada un año de operación (valor típico) para quemar el carbón que se produce durante la operación, ya que el mismo se deposita en el catalizador disminuyendo su actividad. Este proceso implica una parada de planta de aproximadamente 7 días. El CCR, en cambio, es una tecnología que regenera el catalizador de forma continua. El mismo consiste en una zona de reacción (Platforming) y un regenerador (CCR). El catalizador “regenerado” circula por gravedad a través de los cuatro reactores y sale de la zona de reacción “agotado”, es decir, con depósitos de carbón. El catalizador agotado se eleva neumáticamente con N_2 hacia la sección de Regeneración. En esta sección se pone en contacto con aire para quemar el carbón y también para oxidarlo, lo que es necesario para redispersar el Pt que se pueda haber aglomerado en la etapa anterior. Además, se inyecta cloro para adecuar la acidez del catalizador y propiciar la redispersión del Pt. Este proceso se da de forma continua mientras el catalizador circula por gravedad y sale de esta zona “regenerado”. Luego, mediante una corriente de H_2 se eleva el catalizador hacia la zona de reducción (tag K-905), la cual se encuentra arriba de los reactores, en donde justamente se lleva a cabo el proceso de reducción del catalizador con H_2 . Una vez reducido, ingresa a los reactores (tag K-901 a K-904) para comenzar nuevamente el ciclo. En la Figura 1 se muestra un esquema simplificado del Reformador CCR:



El camino crítico del paro 2025 fue el cambio de la brida entre la zona de reducción y el primer reactor. Se necesitaba modificar la brida dado que tenía deficiencias en el diseño original de la unión bridada, provocando cierres no confiables y posibles fugas de H₂ e hidrocarburos. Para realizar este tipo de intervención se debe desmontar la zona de reducción, para lo cual se necesita ingresar al reactor y desarmar los internos por donde circula el catalizador desde la zona de reducción al reactor. Para ello, se requiere previamente descargar el catalizador. La forma convencional de realizar esta intervención implica descargar la totalidad del catalizador de los reactores y zona de reducción y limpiar el equipo completo antes del ingreso y desarme de internos, lo cual normalmente tiene una duración de 6,5 días. Además, una vez terminada la intervención se debe cargar todo el catalizador nuevamente, lo que implica un proceso de carga de catalizador de 2 días. Para el paro programado del 2025 se creó una alternativa innovadora para disminuir los tiempos de intervención y acortar el camino crítico del paro, la cual consistió en descargar la cantidad justa de catalizador y así evitar la necesidad de limpieza del reactor y reposición de catalizador nuevo.

Desarrollo

En el primer semestre del 2025 se realizó la parada programada del Complejo Aromáticos. La tarea principal y camino crítico del paro fue el cambio de la brida entre la zona de reducción (tag K-905) y el primer reactor de reformado (tag K-901). De manera general, luego de la parada y despresurización de la unidad, la tarea implicó los siguientes pasos:



Figura 2 – Secuencia de tareas de reparación de brida.

Luego del reemplazo de la brida, se realizaron los pasos de forma inversa para normalizar el equipo:

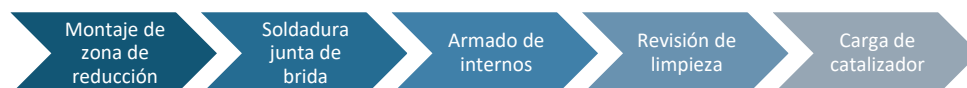


Figura 3 – Secuencia de tareas de normalización post reparación de brida.

Secuencia de pasos de una intervención convencional

El primer paso en un esquema convencional de intervención es descargar la totalidad del catalizador de la zona de reducción y reactores. Luego, se deben limpiar todos los reactores ya que, al descargar el catalizador, se suelen desprender bloques de carbón habitualmente contenidos en puntos estancos dentro del reactor, que luego tienen el potencial de tapan el circuito de

circulación de catalizador. Un taponamiento de esta naturaleza, en caso de producirse, puede ocasionar un paro intempestivo de larga duración para solucionarlo. Análogamente, también se puede desprender catalizador con gran contenido de carbón, el cual en operación normal se encuentra ubicado en lugares del reactor con escasa circulación. Este catalizador egresa en la parte final del proceso de descarga, y normalmente debe ser descartado, porque luego no puede ser adecuadamente regenerado. Por lo tanto, hay que reponer una porción del catalizador descargado con catalizador virgen.

En paralelo a la limpieza de los reactores, se procede al desarme de los internos, que consisten en líneas que unen la zona de reducción con el primer reactor dentro de las cuales circula el catalizador regenerado, denominadas *líneas de transferencia*. De esta manera el equipo queda listo para cortar la brida, desmontar el K-905 y soldar la nueva brida. En la Figura 4 se muestra un esquema de la zona de reducción y el primer reactor:

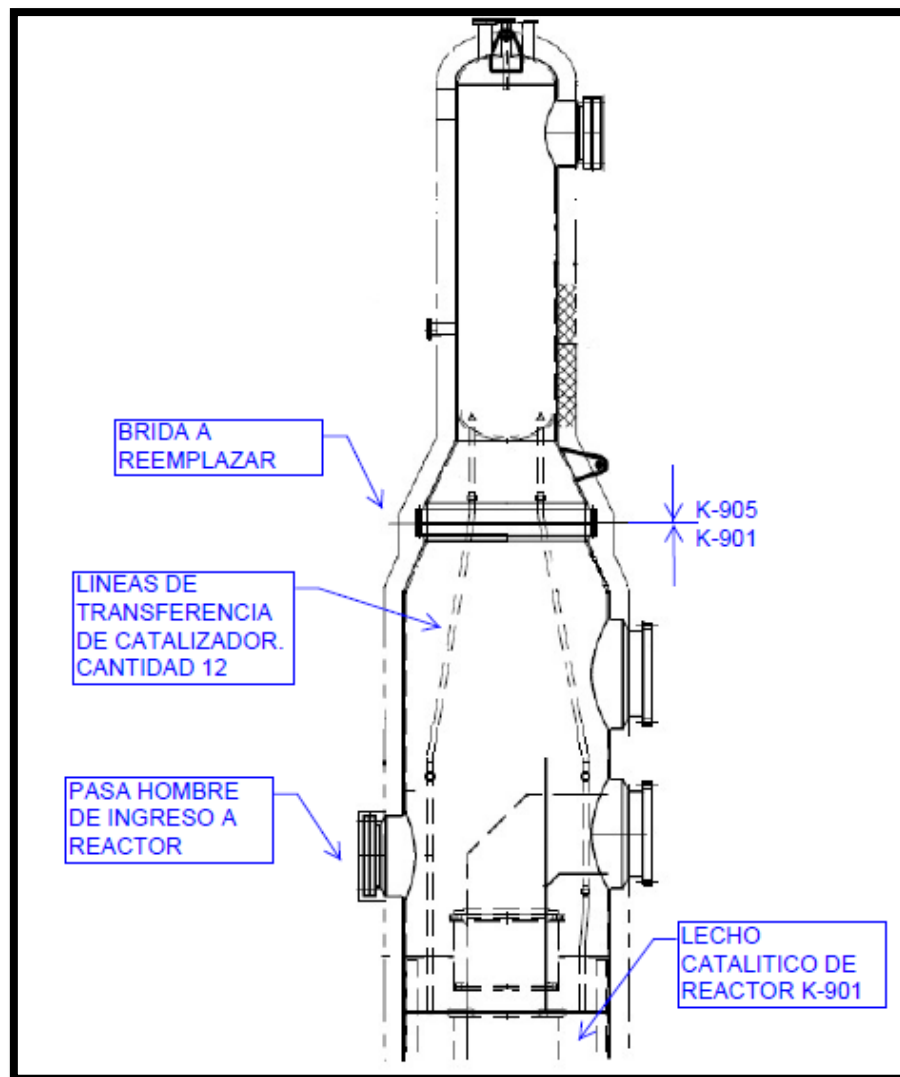


Figura 4 – Esquema de la zona de reducción (K-905) y primer reactor (K-901).

Finalizada la tarea mecánica asociada al cambio de la brida, se debe montar nuevamente la zona de reducción y soldar la junta metálica de la brida (*lip seal*). Luego, se ingresa al equipo para armar nuevamente las líneas de transferencia. Finalmente, se hace una revisión completa de la limpieza de los reactores para cargar el catalizador y cerrar el equipo. La duración global de esta intervención se estima en 29 días.

Concepción de un esquema de intervención alternativo

Durante la planificación del paro se pensaron alternativas para reducir los días de la parada, con el objetivo de maximizar la disponibilidad operativa de la unidad y así generar un ahorro económico importante dada la disminución de pérdidas por lucro cesante. Por esto se hizo foco en el camino crítico, dado que es el que determina la duración del paro. La idea resultante para la optimización fue la de reducir la cantidad de catalizador a descargar de los reactores, disminuyendo así los tiempos de los pasos de carga/descarga de catalizador y limpieza. En lugar de descargar la totalidad del catalizador, se planteó la descarga de la cantidad mínima necesaria para poder ingresar al equipo y desarmar los internos. Esta cantidad de catalizador a descargar es aproximadamente un 4% del inventario de catalizador en los reactores. De esta manera no solo se ahorra tiempo en la carga y descarga de catalizador, sino que también se evita la necesidad de limpieza de los reactores antes del desarme de las líneas. Esto se debe a que, al mantener los reactores llenos de catalizador, no hay riesgo de desprendimiento de bloques de carbón y posterior taponamiento de líneas de circulación de catalizador. Además, tampoco se desprende catalizador con muy alto contenido de carbón, por lo que no se hace necesario descartar catalizador y ni reponerlo con catalizador nuevo.

En la Figura 5 se indica de forma aproximada el nivel remanente de catalizador dentro del K-901 con el cual se realizó la intervención de la brida.

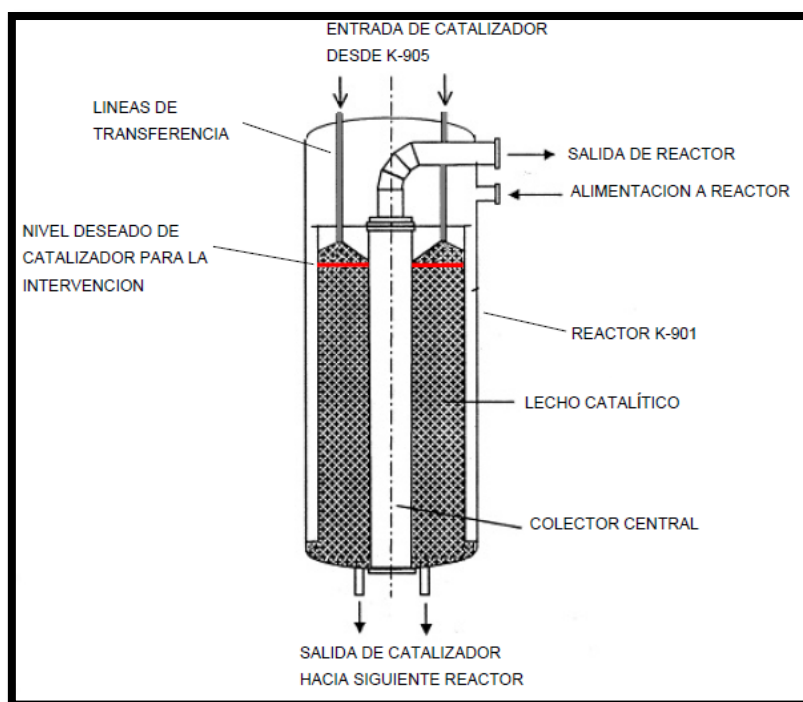


Figura 5 – Esquema del K-901 y K-905

Al quedar la mayor parte del equipo cargado con catalizador, se hace necesario, por un lado, realizar un sellado entre la zona de trabajo y la zona de catalizador, con el objetivo de evitar que caiga suciedad u objetos extraños al lecho catalítico; y por el otro, ayudar a mantener una atmósfera inerte, dado que se debe evitar el contacto del catalizador con aire, previniendo su autoignición y captación de humedad. En consecuencia, durante el desarme de las líneas de transferencia y toda aquella tarea que debió realizarse dentro del equipo, el personal tuvo que trabajar con aire asistido bajo atmósfera de N_2 .

En la siguiente tabla se resumen las diferencias principales entre la intervención de la brida mediante el camino convencional y método alternativo llevado a cabo:

Metodología	Convencional	Alternativo
Duración de paro (días)	29	23
Catalizador descargado en zona de reacción (%)	100	4
Reposición de catalizador nuevo (tn)	~5	0
Limpieza de internos de equipo	Si	No
Empleo de aire asistido	No	Si

Tabla 1. Comparación entre metodología convencional y nueva.

Secuencia de pasos de la nueva propuesta de intervención

En la Figura 6 se presenta un esquema que resume los pasos principales de la intervención llevada a cabo durante el paro de planta. Los pasos 2 al 6 se realizaron mandatoriamente con aire asistido.

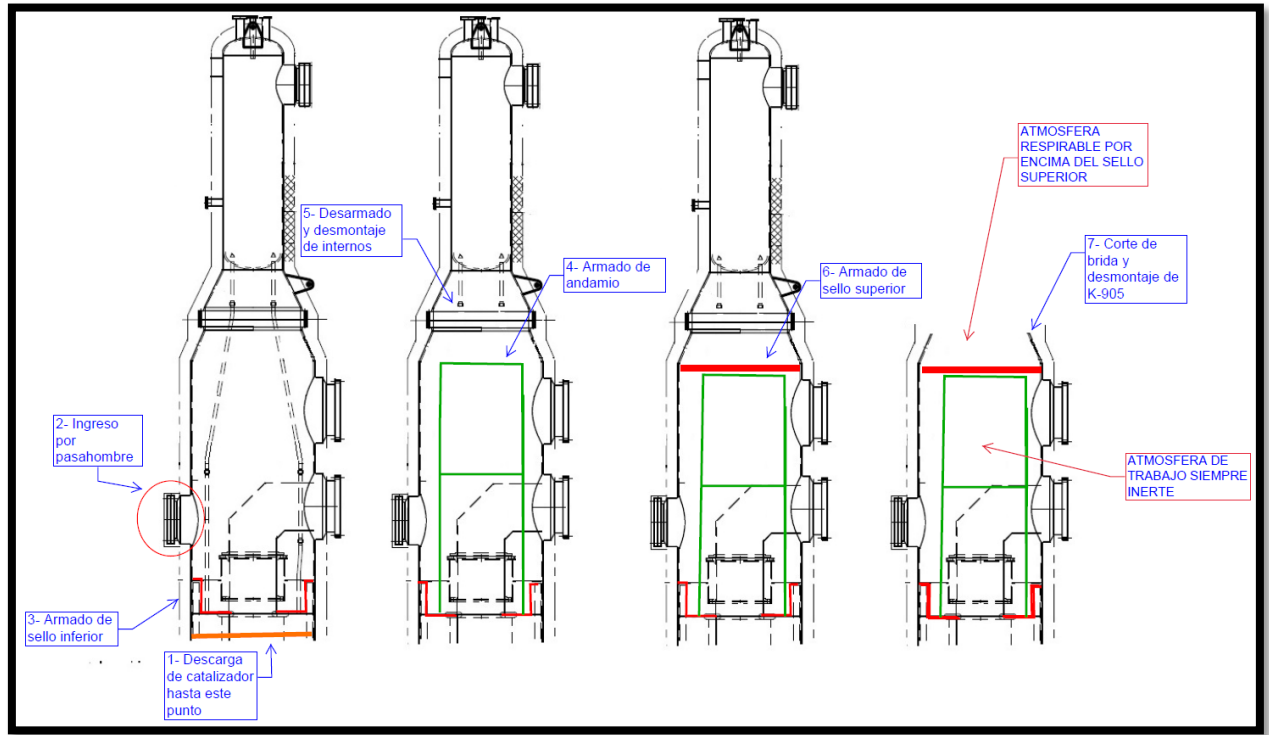


Figura 6 – Secuencia de la nueva propuesta de intervención de brida.

El detalle de los pasos se explica a continuación:

- Paso 1: Descarga de catalizador.

Como se indicó con anterioridad, la descarga de catalizador se realizó hasta un nivel que permitiera desarmar las líneas de transferencia sin presencia de catalizador en su interior, pero manteniendo el catalizador en el interior del K-901 lo más alto posible, para evitar desprendimientos de elementos que puedan obstruir la posterior circulación.

- Paso 2, 3 y 6: Ingreso a equipo y armado de sellos.

Un punto importante durante la intervención fue el armado de los sellos porque cualquier ingreso de objetos extraños en el catalizador podría generar problemas importantes en la operación, por ejemplo, taponamientos en circuito de catalizador. Por lo tanto, se realizaron dos sellos: uno inferior, entre la zona de catalizador y la de trabajo dentro del equipo, y otro en la parte superior, para evitar la caída de suciedad desde el ambiente hacia el interior del reactor, en particular esquirlas del corte de la brida a reemplazar. Ambos sellos contaban con tablas u otros elementos que le otorgaban rigidez mecánica, además de elementos blandos sellando las periferias o puntos de unión entre las piezas

rígidas. De ese modo los sellos eran estancos a la suciedad, y parcialmente estancos al egreso de N_2 proveniente del reactor K-901. De ese modo, el consumo de N_2 para mantener la atmósfera inerte fue acotado durante todo el paro. Como beneficio adicional, permitió realizar tareas por encima del sello secundario sin necesidad de utilizar aire asistido. En la Figura 7 se puede ver el sello superior luego del desmontaje del K-905:



Figura 7 – Sello superior.

Nota: Cuando se realizaban trabajos en caliente por encima del sello superior, por ejemplo, el soldado de la nueva brida, sobre el sello superior se colocaban mantas ignífugas para proteger las tablas que le daban rigidez al sello.

- Paso 4: Armado de andamios.

Fue necesario el armado de andamios en el interior del K-901 para desacoplar las líneas de transferencia y así poder liberar la zona de reducción para el corte de la brida y desmontaje. Las líneas de transferencia tienen unos 5 metros de largo, con uniones que había que desarmar a unos 4 metros de altura respecto del piso del reactor. Como se comentó anteriormente, este trabajo se realizó con aire asistido debido a la atmósfera de N_2 . La presencia de oxígeno se monitoreaba periódicamente desde la boca de inspección, la cual se mantuvo normalmente cerrada y encadenada para evitar la pérdida innecesaria de N_2 y la exposición de personal no autorizado a la atmósfera inerte. En la Figura 8 se pueden ver los andamios, sello inferior y el uso de aire asistido, mientras que en la Figura

9 puede visualizarse un renderizado del andamio construido dentro del reactor junto a las líneas de transferencia. En dicha imagen puede apreciarse la poca disponibilidad de espacio de maniobra en el interior del equipo y la complejidad de las tareas realizadas allí bajo atmósfera inerte.

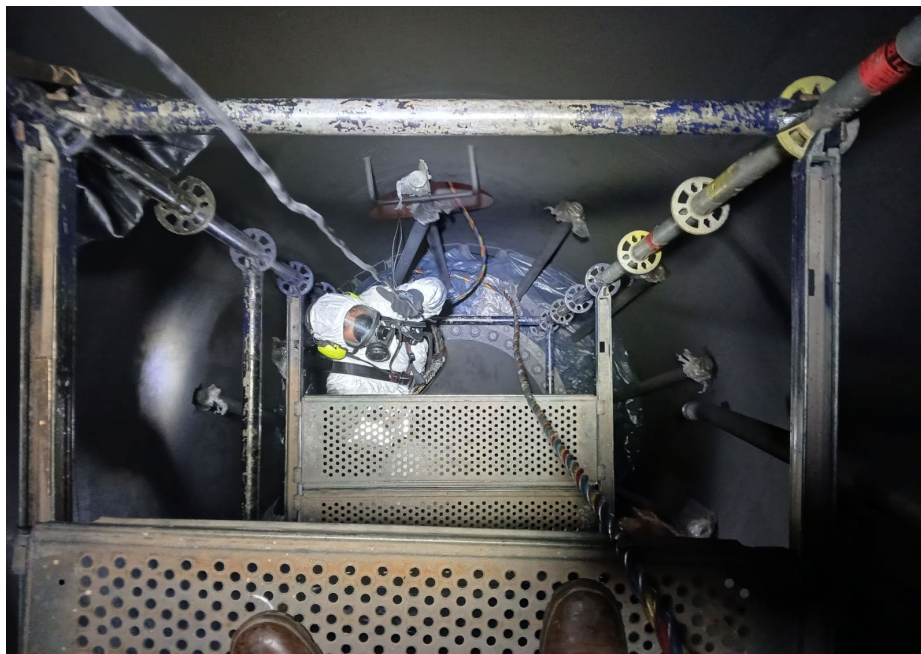


Figura 8 - Foto del interior del equipo (andamios, sello inferior y aire asistido).

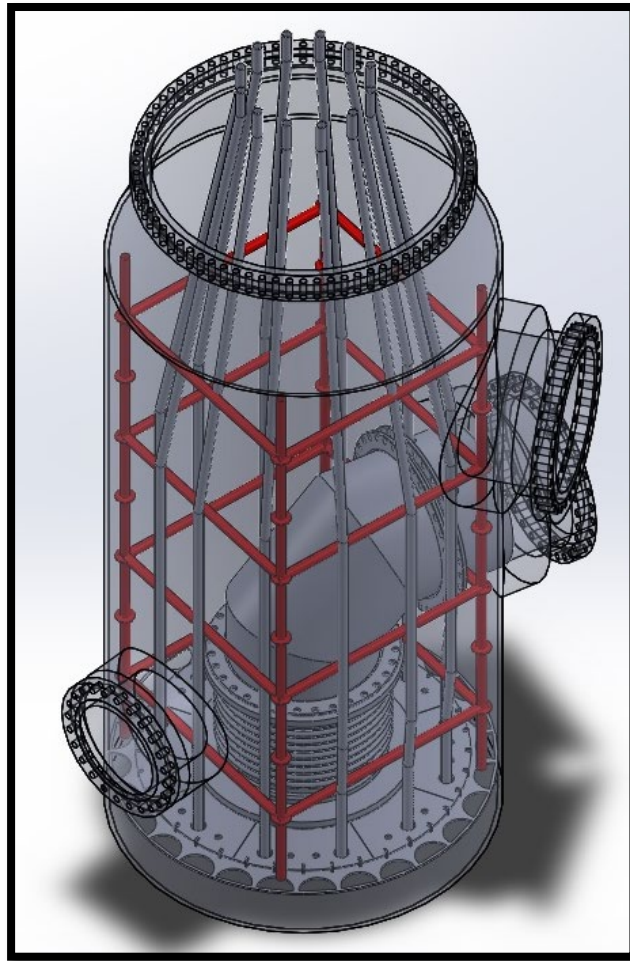


Figura 9 – Esquema de armado de andamio en interior de reactor.

- Paso 5: Desarmado y desmontaje de internos.

Como se puede apreciar en la Figura 9, con el andamio construido pudieron desarmarse las uniones de las líneas de transferencia una a una, retirándolas del reactor para mejorar el espacio de maniobra. Una vez que fueron desarmadas y desconectadas todas las líneas de transferencia, el K-905 y el K-901 solo permanecieron unidos entre sí por la brida de la envolvente. A partir de este punto, se inició el armado del sello superior.

- Paso 7: Corte de brida y desmontaje del K-905.

Tras el corte de la brida y desmontaje del K-905, varias de las tareas siguientes se pudieron realizar desde el exterior del equipo y sin aire asistido. Por ejemplo, la soldadura de la brida contra el cuerpo del K-901 pudo realizarse sin aire asistido con personal trabajando por encima del sello superior.

En la Figura 10 puede observarse el desmontaje del K-905.

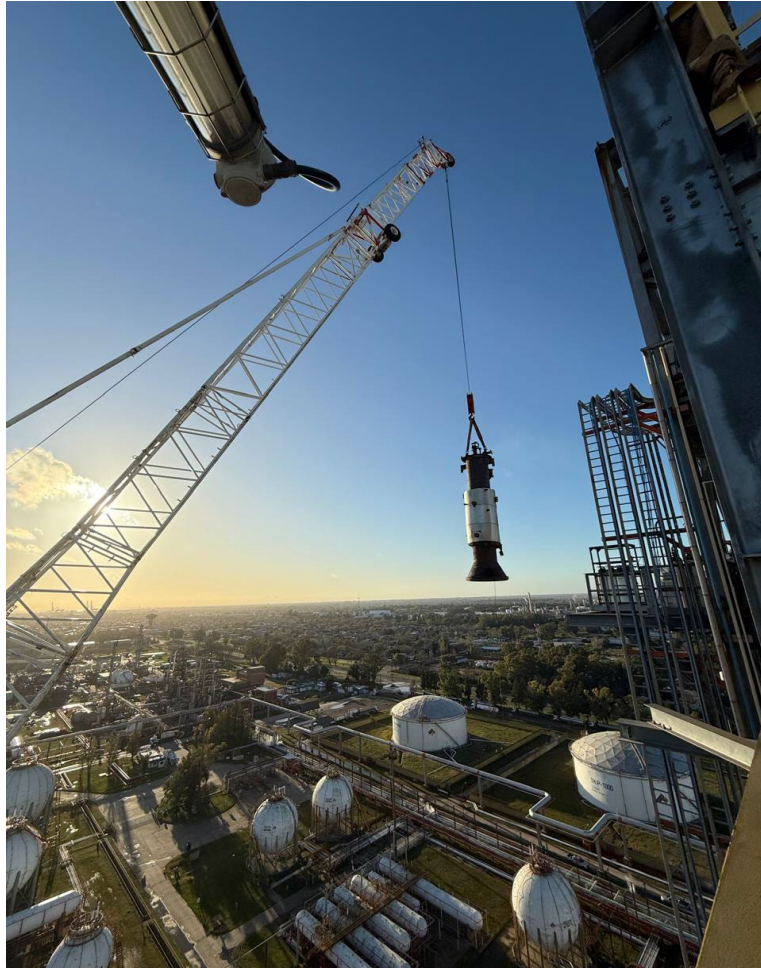


Figura 10 - Desmontaje de zona de reducción.

La inspección de los trabajos por parte de los sectores de Procesos, Operaciones y Paros se realizó desde afuera del reactor mediante el uso de cámaras de video. En la Figura 11 se muestra la pantalla que se utilizó para inspeccionar las tareas que se realizaban en el interior del equipo.



Figura 11 - Pantalla para seguimiento de trabajos en el interior del equipo.

En la Figura 12 se muestra un cronograma simplificado de la intervención realizada, con el objetivo de compararla con la intervención tradicional. Como se mencionó anteriormente, se logró una reducción de 6 días en el recambio de la brida mediante la nueva metodología descrita. El ahorro en tiempo se divide principalmente en:

- 1 día en la descarga de catalizador.
- 2,5 días de limpieza de reactores y rearmado de internos.
- 0,5 días adicionales de inspección de internos.
- 2 días de carga de catalizador.

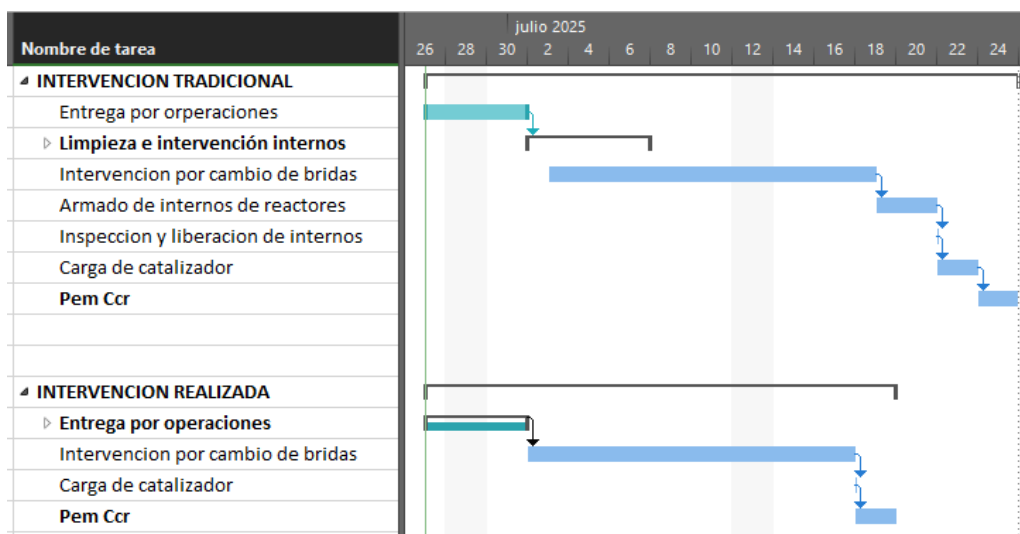


Figura 12 – Comparativa de cronogramas de las alternativas de intervención.

Conclusiones

Aplicando un enfoque innovador para la intervención de la unidad, se logró acortar la tarea crítica del paro en al menos 6 días, lo que equivale a una reducción del 21% de la duración total de la parada de planta. El planeamiento del recambio de bridas, realizando tareas adentro del reactor con atmósfera inerte y solo descargando una porción pequeña del catalizador del sistema, permitieron evitar tareas de limpieza de internos y eliminar la necesidad de recambio de catalizador. Por otro lado, la implementación de dos elementos de sello entre el lecho catalítico y la zona de la brida, permitieron separar exitosamente ambas atmósferas, y evitaron el ingreso de objetos extraños al lecho catalítico como así también oxígeno.

En conclusión, la nueva metodología propuesta por el equipo interdisciplinario de YPF se implementó con éxito durante el paro de planta. Combinando el conocimiento técnico con la innovación y creatividad se logró cuestionar y superar un método convencional y establecido. En un contexto tan dinámico y desafiante para la industria, proponer nuevas formas de ejecución no solo mejora la productividad sino también permite obtener ventajas competitivas.

Bibliografía

- Manual Operativo Unidad CCR. YPF S.A.
- Cronograma de intervención Paro CCR 2025. YPF S.A.
- Procedimiento de intervención K-901/K-905. YPF S.A.

CV

Agustín Becerro

Ingeniero Químico recibido de la UNLP (Universidad Nacional de La Plata).

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de Procesos Senior con Catálisis.

Profesional con 14 años de experiencia en procesos de Oil&Gas. En Mayo 2011 ingresó a A-Evangelista S.A., desarrollando funciones de desarrollo de Ingeniería para Upstream y Downstream, en Precomisionado, Comisionado y Puesta en Marcha de Unidades. Desde Enero 2021 desempeña la función de Ingeniero de Procesos del Complejo Aromáticos, con injerencia en reformado catalítico de lecho fijo y de regeneración continua, fraccionamiento e hidrotratamiento de nafta, Unidades de solventes y purificación de hidrógeno.

Victoria Weisburd von Kotsch

Ingeniera Química recibida de la UNLP (Universidad Nacional de La Plata).

Cargo actual en la empresa: Ingeniera de Procesos con Catálisis.

En septiembre de 2019 ingresó como Ingeniera en Seguridad de Procesos en ISA Ingeniería, Seguridad y Ambiente, en donde realizó diversos estudios de riesgo (EAC, ACR, HAZOP, HAZID, SIL, LOPA). En julio 2020 ingresó como Ingeniera de Diseño de Procesos en Techint Ingeniería y Construcción, en donde confeccionó documentos de Ingeniería Básica y de Detalle para proyectos de plantas de Regeneración con Aminas y Captura de Carbono. En septiembre de 2022 ingresó a YPF como Ingeniera de Procesos con Catálisis, desempeñando sus tareas en las plantas de Polibutenos y Anhídrido Maleico hasta agosto de 2023 y desde esa fecha hasta la actualidad en el Complejo Aromáticos del Complejo Industrial La Plata (CILP).

Adrián Fiorentino

Ingeniero Civil con especialidad en vías de comunicación recibido de la UTN de La Plata (Universidad Tecnológica Nacional).

Cargo actual en la empresa: Jefe de Paros

Ingresó en noviembre de 2006 a TISICO S.A, empresa en la que se desempeñó como Jefe de obra y Coordinador. Desde febrero del 2009 hasta abril de 2011 se desempeñó como Coordinador general en el complejo industrial Plaza Huincul teniendo a cargo contratos de Mantenimiento Metalúrgica y Civil, Parques y Jardines y Obras Menores. Luego, trabajó en DIBUTEC S. A. en

el área de Ingeniería y Proyecto como Líder de Proyecto hasta mayo de 2012, momento en que ingresó a YPF al sector de Ingeniería y Proyecto desempeñándose como Líder de proyecto hasta el 2016. Desde esa fecha hasta la actualidad, se encuentra en la Gerencia de paros como Jefe de paros.

Julia Oneto

Ingeniera Química recibida de la UTN de Resistencia, Chaco

Cargo actual en la empresa: Jefa de Planta de la Unidad Aromáticos del Complejo Industrial La Plata (CILP).

Ingresó a YPF en 2019 como Joven Profesional en el área de Producción Refino donde ha liderado distintos equipos operativos en las unidades de Reformado de Naftas, Isomerización e Hidrotratamiento. En 2024 lideró el revamp de la unidad Magnaforming en el marco de las nuevas especificaciones de combustibles y actualmente se encuentra liderando el equipo de producción de Aromáticos y Reformados en la Petroquímica del Complejo.