

INNOVACIÓN Y EFICIENCIA EN EL PROCESO DE ENTREGA Y PUESTA EN MARCHA DEL CRACKING CATALÍTICO FLUIDO DE LA REFINERÍA DE LA PLATA

PETROVICH RICARDO, YPF, ricardo.petrovich@ypf.com

PRADO NATALIA, YPF, natalia.prado@ypf.com

OTERO SOL, YPF, maria.s.otero@ypf.com

Sinopsis

La entrega tardía del reactor regenerador (RX) en paros programados de la unidad de Cracking ha sido un gran desafío, con promedios históricos de, al menos, 14 días debido a la combustión de carbón residual en su interior, impidiendo una intervención temprana. Este trabajo presenta un cambio de paradigma en la estrategia de entrega del RX, logrando una reducción sin precedentes a 5 días en el paro ejecutado en el año 2024.

El objetivo de este trabajo es compartir las herramientas implementadas obteniendo como resultado la reducción significativa en los tiempos de entrega del reactor y puesta en marcha de la unidad de Cracking Catalítico.

A través de un enfoque multidisciplinario, que incluyó la colaboración de Procesos, tecnólogos y en conjunto con la empresa que participó de la limpieza química, se pudo identificar y corregir el problema raíz: la combustión de residuos de carbón en puntos calientes indetectables por la instrumentación monitoreada.

Se descubrió que el rango óptimo de temperatura para la fase vapor de los químicos utilizados era, como máximo 150°C, en contraste con las prácticas anteriores en las cuales se realizó la descontaminación a temperaturas de 250°C a 350°C.

La implementación de una nueva estrategia de vaporización, la utilización de químicos en el rango óptimo de aplicación y la incorporación de mezclas de vapor, aire y Nitrógeno permitió eliminar la combustión del carbón y reducir significativamente el tiempo de entrega del RX, permitiendo impactar sobre los tiempos de fuego a fuego en paros de esa unidad.

Por otro lado, y como complemento para la reducción de tiempos de intervención, se logró una optimización de 20 horas en la puesta en marcha de la unidad, gracias a una modificación en planta (MOC) que mejoró el deshidratado de la columna principal y permitió una transición más eficiente hacia las condiciones operativas y calidades pretendidas.

Este estudio demuestra el poder de la innovación, el trabajo en equipo y la planificación estratégica para superar desafíos técnicos complejos y lograr mejoras significativas en la eficiencia operativa, sin comprometer la seguridad. Los resultados ofrecen valiosas lecciones aprendidas para futuras implementaciones en paros programados de unidades de Cracking Catalítico.

Introducción

La unidad de Cracking Catalítico Fluidizado (FCC) es una de las más críticas dentro del esquema de conversión de una refinería, y su operación segura y eficiente depende en gran medida de la correcta ejecución de las tareas durante las paradas programadas. Dentro de este proceso no solo se involucra la propia intervención, sino que también cumple un rol fundamental la entrega de la unidad y su posterior puesta en marcha para alcanzar el régimen estacionario. Además, el reto más grande se presenta al cumplir con estos objetivos de manera eficiente, desafiando los tiempos y costos asociados.

Uno de los cuellos de botella históricamente identificados ha sido, por un lado, la entrega tardía del reactor, debido a la presencia de carbón residual y la reactivación térmica en zonas de difícil detección.

Por otro lado, respecto a la puesta en marcha de la unidad, resulta relevante reducir los tiempos de deshidratación de equipos y llenado de circuitos, para alcanzar la operación continua rápidamente.

Este trabajo surge como resultado de un análisis exhaustivo de eventos ocurridos durante intervenciones previas en el FCC del Complejo Industrial Enrique Mosconi La Plata (CIEM) y busca sistematizar las lecciones aprendidas, tomar recomendaciones de tecnologías de referencia e implementar mejoras en procedimientos asociados al proceso de entrega y puesta en marcha de la unidad.

Desarrollo

Diagnóstico de la entrega tardía del reactor y consultas técnicas

Durante años, se emplearon técnicas tradicionales de entrega del reactor basadas en despojamiento de hidrocarburos, enfriamiento y purgado. A pesar de los controles implementados, al ejecutar el procedimiento se producía la reaparición de puntos calientes no detectados por la instrumentación. Esto imposibilitaba avanzar con las tareas programadas en el equipo con seguridad, debido a los eventos de autoignición de coque remanente que ocurrían al abrir los pasa-hombres y entrar en contacto con el oxígeno ambiental. La situación generaba un impacto directo en la duración total de las paradas y en los costos asociados.

Frente a esta problemática, en el año 2024, se impulsó una revisión integral del proceso de entrega del reactor, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora mediante la innovación tecnológica y operativa.

En primer lugar, tomando como base algunas hipótesis asociadas a la operación y efectos de calidad de la carga se realizaron consultas técnicas a especialistas y tecnólogos internacionales con experiencia en unidades de FCC para identificar buenas prácticas para una entrega más segura y eficiente del reactor.

Algunas de las inquietudes abordadas fueron:

- Zonas calientes que persistieran en el interior del reactor sin ser detectadas por la instrumentación instalada.
- Influencia de los materiales refractarios y del catalizador en la retención de calor.
- Temperatura de autoignición del coque (estimada entre 300°C y 350 °C).
- Efectividad de los lavados químicos y el enfriamiento con vapor/nitrógeno.

En respuesta a las consultas, se destacaron los siguientes puntos:

- El catalizador posee propiedades aislantes significativas, pudiendo generar zonas internas con temperaturas elevadas incluso cuando las mediciones de temperatura indican condiciones frías.
- Es necesario retirar todo el catalizador del sistema antes de reducir la temperatura por debajo de los 230 °C para evitar formación de lodo.
- Se recomienda asegurar un enfriamiento hasta una temperatura menor a la de encendido de coque en todos los puntos del reactor.
- Utilizar nitrógeno para desplazar oxígeno y evitar el encendido al momento de la apertura es una práctica recomendada para mitigar inconvenientes.
- Es recomendado verificar la existencia de puntos calientes mediante instrumentos de medición infrarrojos desde el exterior del reactor.
- Se deben mantener enfriamientos controlados por debajo de 120°C/h .

Finalmente, con la información recopilada se visualizaron puntos de mejora en el procedimiento tradicional aplicado, destacando en particular los siguientes:

- La posible existencia de zonas calientes no detectadas por los sistemas de monitoreo térmico.
- El uso de temperaturas excesivas durante la vaporización de químicos.
- La falta de inertización efectiva antes de la apertura del reactor.

Este análisis inicial fortalece la decisión de revisar el procedimiento de vaporizado e inertizado y evaluar el uso de productos químicos para la desactivación de materiales reactivos a menor temperatura que la que se empleaba tradicionalmente.

Procedimiento de la limpieza química del reactor

A partir de la experiencia y el asesoramiento tecnológico recibido, se definió implementar un procedimiento de descontaminación e inertización química en fase vapor con el objetivo de eliminar gases combustibles, sulfuros de hidrógeno y compuestos volátiles, y desactivar materiales pirofóricos. Para ello se seleccionó un producto a aplicar 100% biodegradable, de pH neutro y compatible con el tratamiento de efluentes del CIIEM.

La entrega efectiva del reactor resultó fundamental para el éxito de las tareas y cumplimiento de tiempos en la parada de la unidad. Para cumplir con ese objetivo se llevaron adelante las siguientes tareas:

- Retiro completo de catalizador del reactor.
Debe asegurarse un correcto vaciado del inventario en el reactor para evitar taponamiento y aglomeración del material al bajar la temperatura. Esto contribuye también a optimizar los tiempos de entrega del equipo, debido a que evita tener que retirar restos de material una vez abierto. Para realizar la descarga, en primer lugar, se disminuye progresivamente el nivel del reactor y se envía el catalizador hacia el regenerador. En segundo lugar, se descarga el producto desde el regenerador hacia una tolva en donde se acumula el catalizador de equilibrio, realizando vacío en la misma. Esta operación se realiza utilizando una línea de extracción conectada en el equipo.
- Aislamiento o desvinculación del reactor del regenerador mediante válvulas deslizantes en la línea de transporte de catalizador.
La correcta aislación de los equipos es fundamental para garantizar la seguridad de la intervención. Esto se consigue bloqueando las válvulas que conectan los equipos (válvulas 1, 2 y 3 de la Figura 1) que son las responsables de establecer y controlar la circulación de catalizador en operación normal.
- Vaporizado con vapor de media presión hacia torre fraccionadora.
Resulta fundamental que la entrega del reactor sea lo más exhaustiva posible para garantizar el éxito de la posterior descontaminación química. Para ello se desplazan los hidrocarburos contenidos y restos de carbón acumulados en los internos mediante la inyección de vapor de media presión. La efectividad de esta etapa se alcanza manteniendo los venteos la torre y reactor habilitados.
- Inertizado y enfriamiento con nitrógeno.
Finalizada la primera etapa de despojamiento de hidrocarburos se completa la operación de entrega del equipo con la inyección de nitrógeno, para proporcionar una atmósfera libre de hidrocarburos y con una temperatura propicia que permitirá una aplicación efectiva del producto químico en la etapa de limpieza posterior.

Para concluir con esta etapa, se debe alcanzar en el equipo una temperatura de aproximadamente 120°C que garantizará la disolución de los posibles restos de hidrocarburos depositados en las paredes del reactor en el producto químico a inyectar.

Finalizadas las tareas operativas descriptas se trabajó en conjunto con la empresa responsable de la limpieza química, inyectando vapor de media presión con el producto químico durante aproximadamente 12 horas hasta alcanzar niveles seguros de explosividad y contaminantes.

Para definir el cumplimiento y finalización de la limpieza se monitorearon contaminantes y explosividad en los venteos, los cuales debían alcanzar un valor nulo o menor al aceptable para dar por completo el trabajo.

Durante la operación además fue necesario el seguimiento de variables operativas como presión temperatura y aspecto de la solución a drenar.

Para las tareas operativas de entrega del reactor y limpieza química se utilizaron puntos de inyección en puntos estratégicos: riser desde boquillas de carga y línea de retorno del regenerador catalizador a reactor, fondo de stripper y cabeza de reactor.

Los puntos de inyección, purgas y venteos se muestran en la Figura 2.

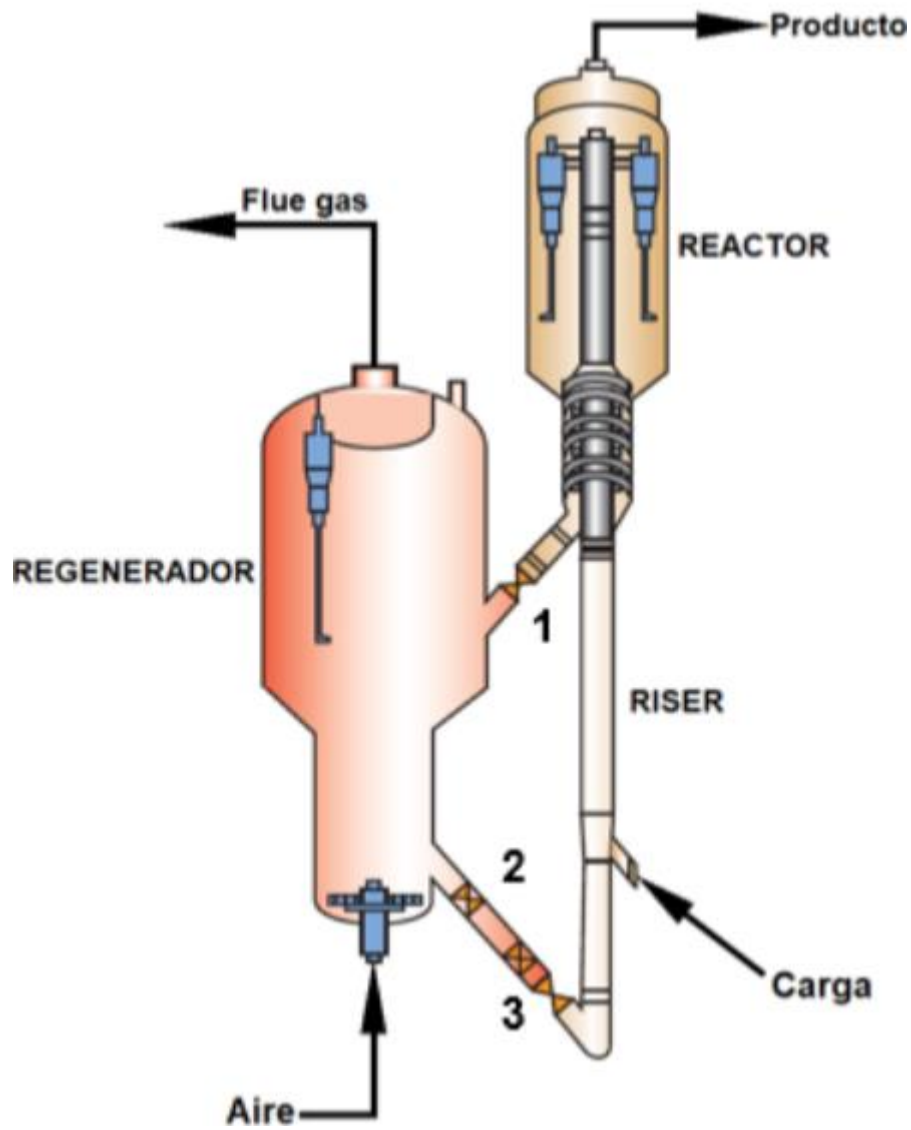


Figura 1: Esquema RX-RG.

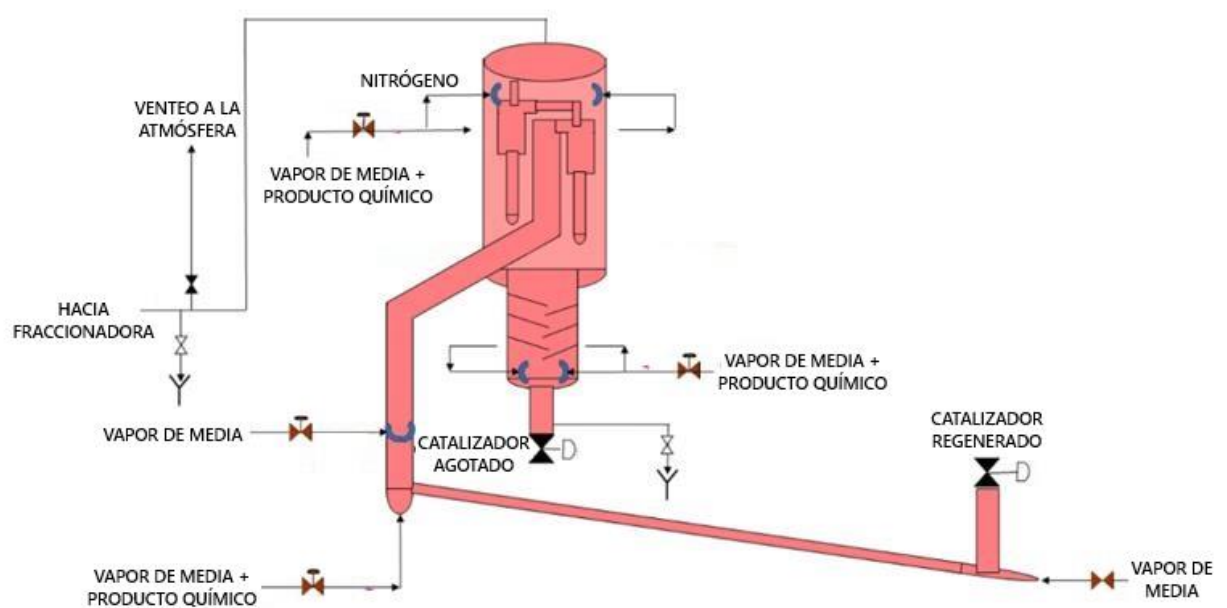


Figura 2: Configuración utilizada para la limpieza química en el RX-RG.

Enfriamiento final y entrega de equipo

Finalizado el procedimiento de limpieza química, se aseguró mediante enfriamiento con nitrógeno y una mezcla pobre de aire que la temperatura en todo el perfil del reactor fuera menor que la necesaria para una autoignición de posible coque en su interior. Para comprobarlo, se utilizaron las termocuplas instaladas en su interior, más sensores de temperatura externos sobre distintos puntos sensibles. Cuando se abrieron los pasajes del equipo, no se produjo encendido de carbón sobre ningún punto, lo que constató el éxito de la operación. Se produjo entonces así, una reducción del tiempo de entrega del reactor a casi la mitad de los días en comparación con las intervenciones anteriores.

Optimizaciones implementadas en la puesta en marcha

Con el objetivo de optimizar la intervención en la unidad se realizó un ejercicio en conjunto con un grupo interdisciplinario donde surgieron ideas de optimización del paro de la unidad en sus respectivas etapas. A continuación, se describen las que fueron planteadas que se vinculaban con los retrasos históricos y lecciones aprendidas de puestas en marcha en otras oportunidades.

Se identificó una oportunidad de mejora en el deshidratado y llenado de los circuitos del fraccionamiento principal que impacta directamente en los tiempos contemplados, para fomentar así un llenado de circuitos temprano. Se propuso una modificación en la fraccionadora principal de la unidad, en la que se separa en productos la corriente que egresa del reactor. La obra consistió en incorporar una línea que se vincule con la torre y que permita cargar los circuitos intermedios de: gasoil pesado, gasoil liviano, gasoil circulante y fondo con producto permitiendo el deshidratado en forma más rápida y segura, con la versatilidad de ejecutar tareas en paralelo dentro de los dos pilares que componen una puesta en marcha en una unidad de FCC: los arreglos conocidos como reacción y fraccionamiento.

Por otro lado, otros cuellos de botella que se analizaron resultaron en que las mejores prácticas incluyen evitar el exceso de carga líquida al arranque, para lo cual se dispone en la misma línea de la incorporación descrita anteriormente de una línea de puesta en marcha para el tercer pilar de la unidad: la planta de gases. Permitiendo de esta manera, introducir nafta proveniente de otra unidad en el acumulador de cabeza de la fraccionadora o en la torre Debutanizadora, en la que se estabiliza la nafta, previo a egresar del FCC separándola del LPG que también se produce en la unidad.

El impulso para llevar adelante este cambio fue en gran parte una reducción de tiempos de deshidratado y llenado de circuitos, con una consecuente disminución en los tiempos de normalización de la unidad, además de una reducción en los tiempos necesarios para alcanzar la especificación requerida para los productos.

La operación de puesta en marcha luego de la optimización mantiene su secuencia original, pero con la conexión adicional activada durante la etapa inicial de circulación de hidrocarburos. La modificación permite anticipar el acondicionamiento de los circuitos sin afectar la operación normal posterior, reduciendo en 20 horas la puesta en régimen de la unidad luego de la intervención programada.

La ejecución de la obra no solo produjo una reducción en los tiempos de la parada del 2024, sino que desde su montaje se encuentra disponible para ser utilizada en cualquier intervención posterior, incluyendo las paradas no programadas o de emergencia.

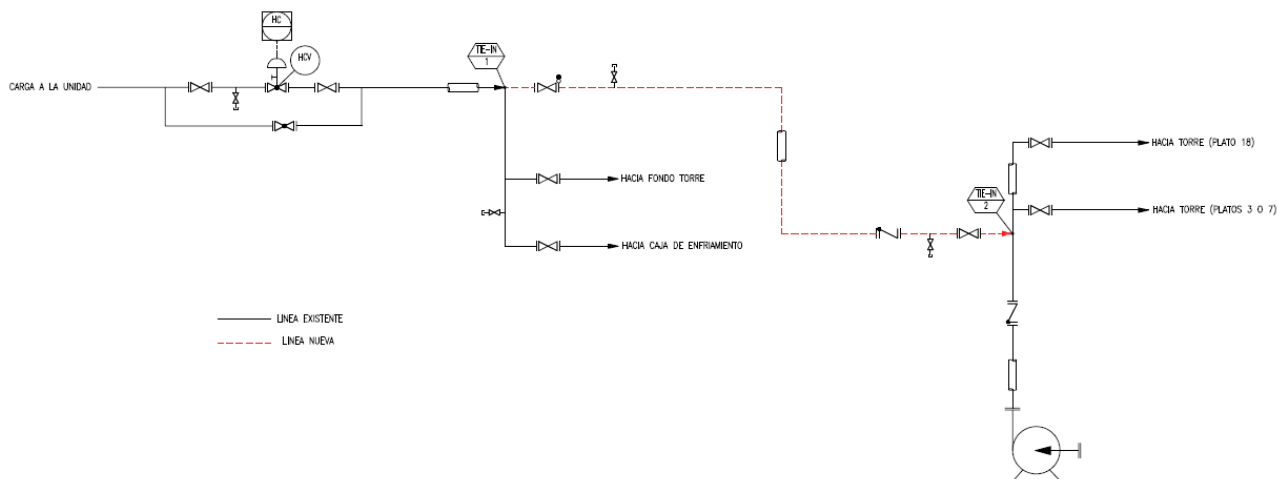


Figura 3: Esquema de la obra para PEM a realizar.

Conclusiones

La experiencia del paro 2024 en la parada programada del FCCB demostró que una estrategia basada en un análisis riguroso del proceso y procedimientos, la correcta aplicación de la tecnología y la colaboración interdisciplinaria puede transformar radicalmente los resultados operativos.

La innovación en la entrega del reactor y la mejora en el proceso de deshidratado y llenado de circuitos representan un nuevo estándar en la planificación y ejecución de paros de unidades FCC.

Las acciones tomadas cooperaron a conseguir una reducción significativa en los tiempos y costos asociados, y contribuyeron, además, a reducir riesgos, tiempos muertos, y desviaciones operativas.

Esta metodología podrá ser adoptada como buena práctica para futuros eventos, con posibilidad de ser replicada en otras unidades con desafíos similares.

El trabajo presentado demuestra que, a través de la innovación, el aprendizaje colectivo y una planificación proactiva, es posible lograr reducciones significativas en tiempos críticos de parada sin comprometer la seguridad ni la integridad de la unidad.

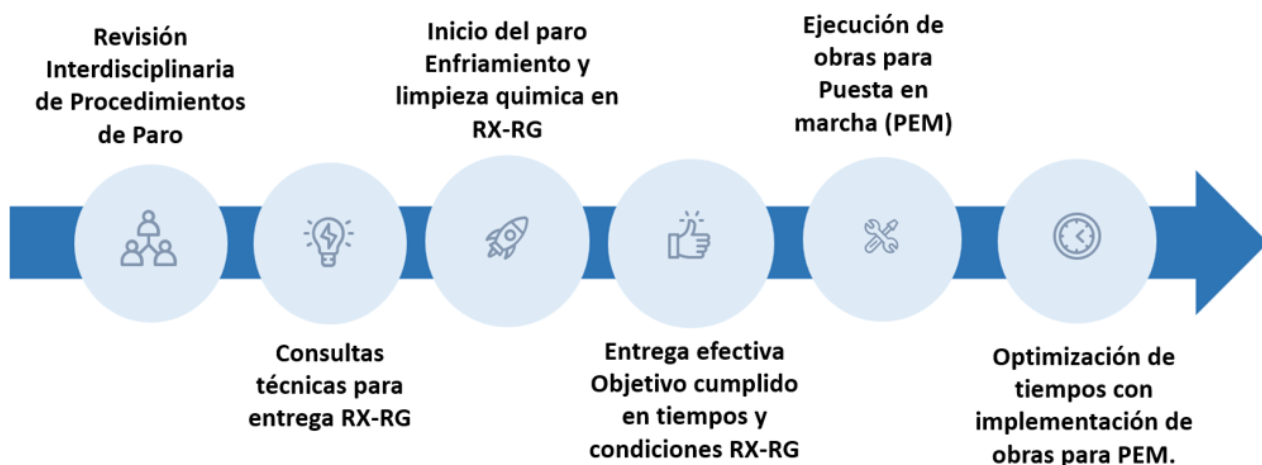


Figura 4: Proceso de optimización de la intervención programada del FCC 2024.

Sobre los autores

Ricardo Petrovich

Me desarrollo hace más de 20 años como especialista en unidades de Cracking Catalítico con alta experiencia dentro del Complejo Industrial Enrique Mosconi, con profundos conocimientos técnicos y operativos sobre el proceso. Mi expertise abarca tantos aspectos operacionales cotidianos como la optimización de procesos y la resolución de desafíos técnicos complejos. también he desarrollado competencias en el desarrollo de proyectos claves dentro de la refinería.

Natalia Prado

Ingeniera Química, graduada en el año 2017 en la Universidad Nacional de La Plata.

Trabajé entre 2017-2021 en el soporte técnico, de desarrollo y de calidad para las especialidades de Poliuretanos y Polietilenos.

Durante 2021-2022 me desarrollo como proyectista en el área de Procesos en la empresa que brinda servicios de ingeniería TAG.

Trabajo desde 2022 en el Complejo Industrial Enrique Mosconi de la compañía YPF en el área de Procesos como apoyo técnico para las unidades de Craqueo Catalítico y tratamientos de Aminas. También fui designada para la inspección de los contratos de asistencia en mi área.

Mi aporte está basado en mis experiencias en procesos y energías de la industria Petroquímica, con especial enfoque en el aspecto técnico y el trabajo en equipo.

Maria Sol Otero

Ingeniera Química, egresada de Universidad nacional de Mar del Plata. Ingreso a YPF en el año 2017 como parte del programa de Jóvenes Profesionales. Desde entonces, desarrollé mi carrera en el área de Producción en el Complejo Industrial Enrique Mosconi, desempeñándome como jefa de Turno (2017–2019), luego Analista de Operaciones en la Gerencia de Lubricantes (2019–2020) y, desde 2020, como Jefa de Planta en distintas Unidades Operativas dentro de la Gerencia de Lubricantes en las unidades de Topping, Vacío lubricantes y Desasfaltado con Propano. Por último, desde agosto 2024 a la actualidad me desempeño como Jefa de planta de la unidad de Cracking catalítico Fluido en el Complejo. Mi experiencia está enfocada en la gestión de procesos industriales, optimización operativa y liderazgo de equipos.