

FALLA EN REACTOR DE HYDROCRACKING CON PÉRDIDA DE CONTENCIÓN DE CATALIZADOR. GESTIÓN INTEGRAL PARA LA ADAPTACIÓN OPERATIVA Y PONER EN SERVICIO UN SOLO REACTOR. ANÁLISIS DE CAUSAS Y MEJORAS PARA ASEGURAMIENTO DE LA INTEGRIDAD

Federico M. Jurín, YPF, federico.jurin@ypf.com

Sinopsis

La refinería de Luján de Cuyo cuenta con una unidad de Hydrocracking que opera con dos trenes de reacción en paralelo (A y B). Cada uno cuenta con un intercambiador carga/efluente, un horno y un reactor. Los productos de reacción se fraccionan en instalaciones únicas compartidas. El reactor B de este conjunto sufrió un desperfecto que causó la pérdida de contención del lecho catalítico de fondo, provocando la parada de la unidad durante el mes de diciembre de 2022, momento de mayor demanda de productos.

La formación de equipos de trabajo diversos permitió evaluar y dar respuestas a los desafíos más urgentes. El primero de ellos, lograr el diagnóstico y analizar las causas de falla, generando información necesaria para uso del equipo dedicado a las reparaciones y adaptaciones de la unidad. Las medidas de seguridad de las personas y de las instalaciones debieron reforzarse para mantener los altos estándares de la empresa en un entorno complejo de condiciones inusuales.

En tales condiciones, una de las principales exigencias fue adaptar la unidad para poder operarla utilizando un solo tren de reacción, es decir al 50% de su capacidad, luego de aislar de forma segura el reactor que debió ser reparado. Este desafío técnico inédito involucró el estudio de equipos y sistemas críticos, como compresores, bombas de carga, trenes de intercambio de calor, hornos, sistemas de control y de seguridad, además de los equipos de fraccionamiento y la creación de nuevos procedimientos de trabajo.

Gracias al trabajo técnico y operativo multidisciplinario la unidad se puso en marcha tan solo diez días después de la emergencia, operando de forma segura y exitosa con un solo tren de reacción. Esta modalidad operativa se mantuvo durante sesenta días, dando tiempo a las actividades de reparación, a la vez que se generó la producción necesaria para abastecer al mercado.

La puesta en marcha y posterior operación de la unidad con sus dos reactores requirió de nuevas adaptaciones técnicas, debido a que el reactor A continuó funcionando con una carga de catalizador que llegaba al final de su ciclo de actividad, mientras que el reactor B lo hacía con una carga muy activa por el nuevo catalizador. En estas nuevas condiciones se pudo obtener combustibles en especificación con la unidad a plena carga, tras una experiencia que generó nuevos conocimientos y cambios de gestión para asegurar la integridad de las instalaciones y su disponibilidad a largo plazo.

1. Introducción

1.1 Descripción de la unidad

La unidad de hidrocracking del Complejo Industrial Luján de Cuyo (CILC) de YPF cuenta con dos trenes de reacción (A y B) que operan en paralelo. Cada uno de ellos cuenta con intercambiadores de calor carga/efluente, horno y reactor. Los productos de ambos trenes de reacción confluyen en un sistema de separadores de alta presión y de baja presión, más una torre de fraccionamiento. En la Figura N° 1 podemos observar el esquema de la unidad, cuyas características operativas y de diseño son las siguientes:

- Unidad de hidrocracking tipo once-through.
- Tres lechos de reacción cada reactor.
- Una bomba de carga en común para ambos trenes de reacción, de tipo centrífuga multietapas.
- Compresor de hidrógeno de reciclo en común para ambos trenes de reacción.
- $P_{\text{diseño}} = 161,7 \text{ kg/cm}^2$.
- $T_{\text{diseño}} = 454 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- $P_{\text{op}} = 140 \text{ kg/cm}^2$.
- $T_{\text{op}} = 410 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

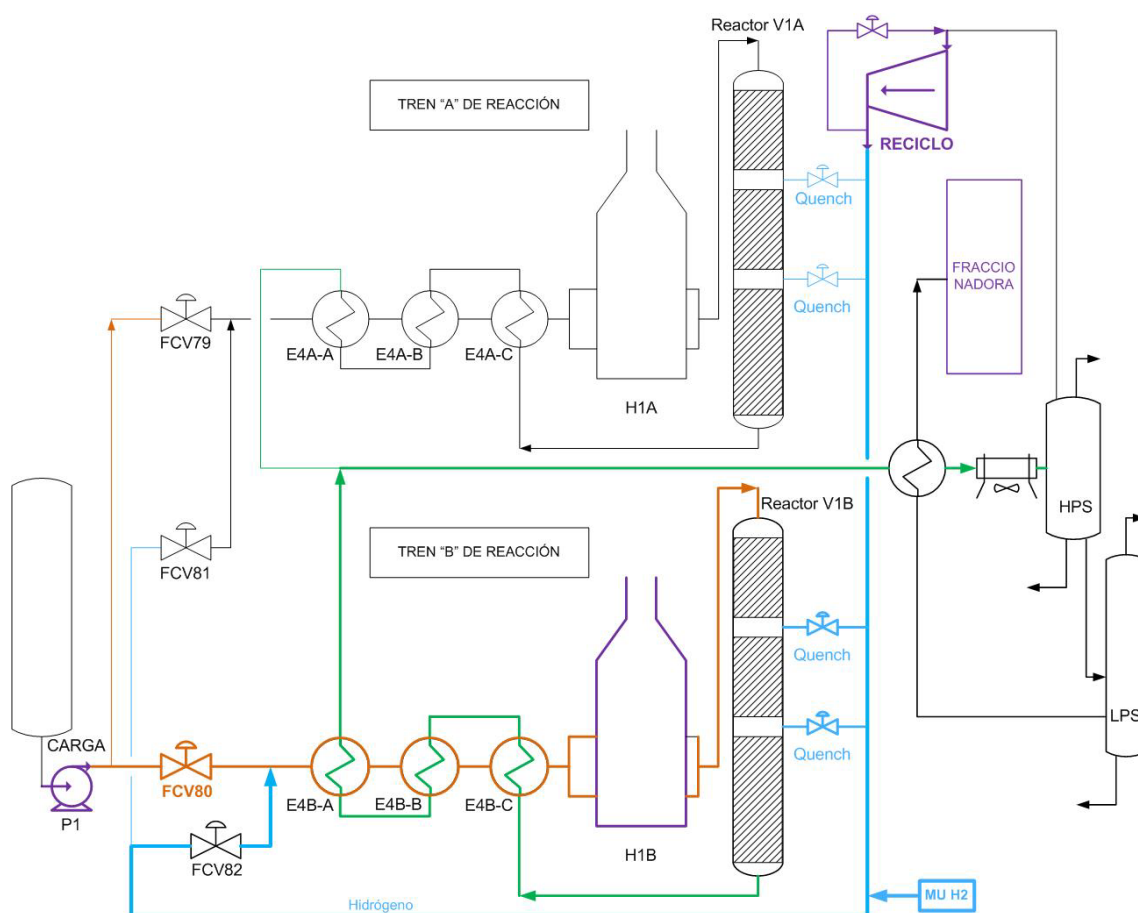


Figura N° 1. Esquema de la unidad de Hydrocracking CILC YPF

1.2 Evento de pérdida de contención

Durante la noche del 22 de noviembre de 2022 y durante una operación de incremento de carga en la unidad de hidrocracking se produce un corte de circulación del hidrógeno en el Tren B de reacción, que llevó a la parada de la planta. Si bien la carga líquida podía ingresar al sistema de reacción, el gas de recirculación no podía hacerlo.

Durante las horas posteriores se determinó que la falla fue provocada por una obstrucción debida a acumulación de catalizador aguas abajo del reactor B (Figura N° 2). Se constató una pérdida de estanqueidad del lecho catalítico luego de detectar presencia de soporte cerámico y catalizador, ubicada en todo el tramo comprendido entre el codo de salida del reactor hasta los intercambiadores carga efluentes en el Tren de reacción B.

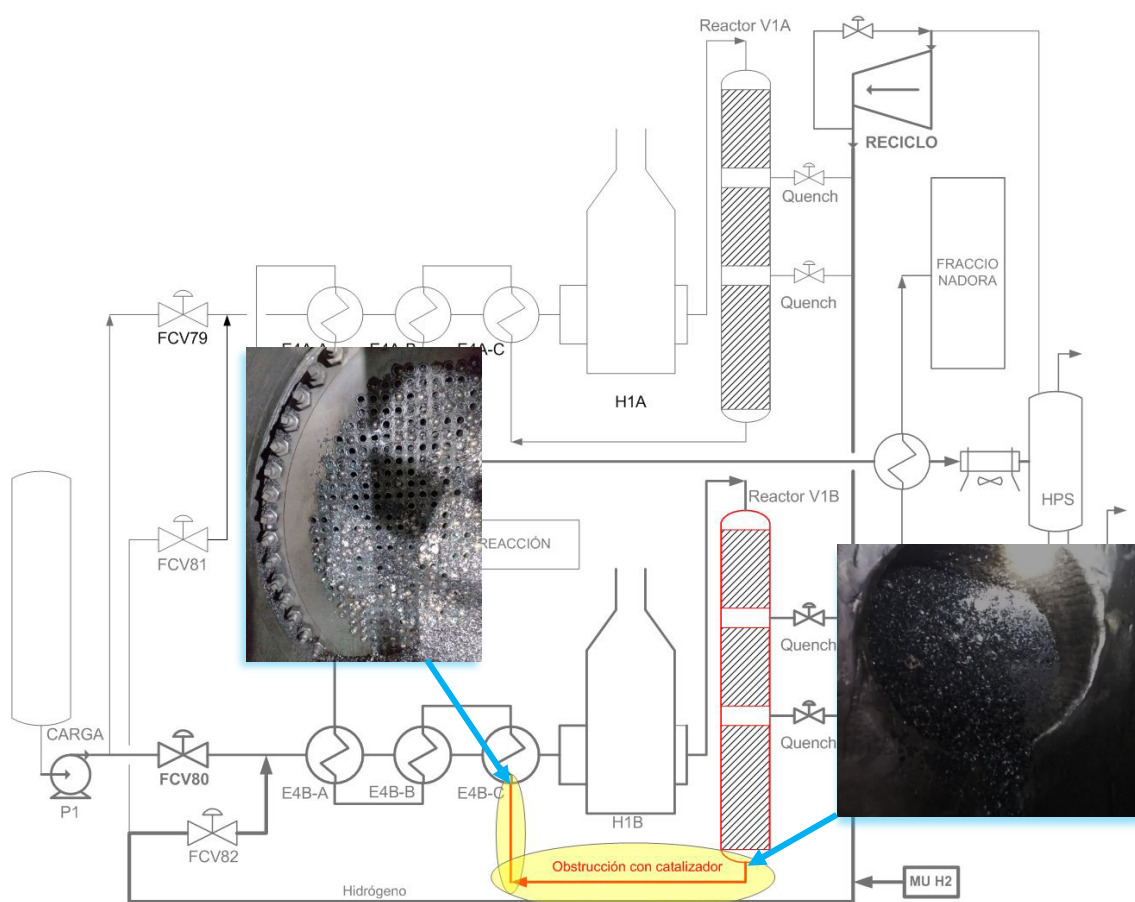


Figura N° 2. Obstrucción de catalizador en Tren de reacción B.

El reactor dañado no pudo ser barrido con gases, de modo que quedó cargado con restos de hidrocarburos.

2. Desarrollo

Una vez verificado el incidente de la pérdida de contención de catalizador, se formaron equipos de trabajo para gestionar tres objetivos al mismo tiempo:

1. Analizar el incidente ocurrido con la unidad en servicio para determinar su causa raíz. Con base en esto, definir las acciones correctivas necesarias.
2. Adaptar la unidad de hidrocracking para ponerla en servicio operando con un solo Tren de reacción (Tren A).
3. Posibilitar la reparación del reactor dañado.

Se describirá cómo se alcanzaron cada uno de estos tres objetivos, para lo cual se hará primeramente una descripción esquemática del reactor B dañado.

2.1 Descripción del reactor

El reactor tiene aproximadamente 22 m de longitud por 3 m de diámetro. Cuenta con tres lechos catalíticos (Figura N° 3). Tanto el lecho superior como el lecho central están soportados por grillas apoyadas sobre vigas metálicas. El tercer lecho (inferior), se apoya en cambio sobre una grilla ensamblada, la cual está constituida por una malla Johnson dispuesta en doce gajos y un disco central, cuyo esquema se observa en la Figura N° 4. Todas estas partes son desmontables.

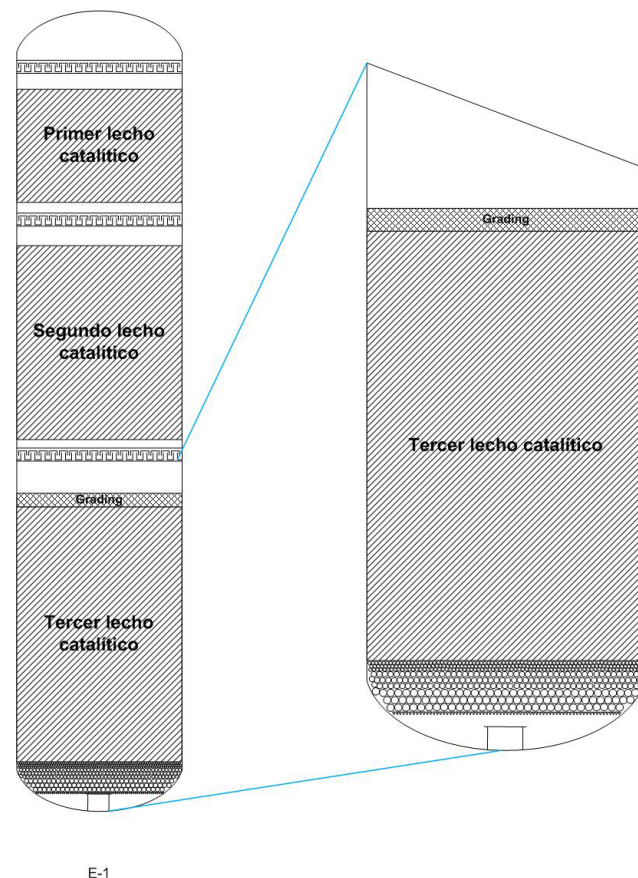


Figura N° 3. Esquema del reactor B. Lechos catalíticos y grillas soporte

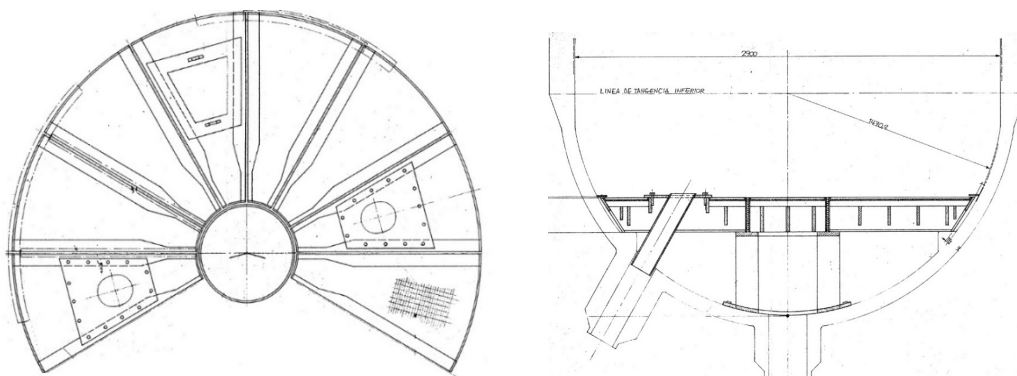


Figura N° 4. Vistas superior y lateral de la grilla soporte del lecho inferior

Cada uno de los lechos catalíticos se asientan sobre material de soporte: bolas cerámicas de distintos tamaños (Figura N° 5). El tercer lecho catalítico es de mayor volumen en este reactor, con una altura superior a los 6 m.

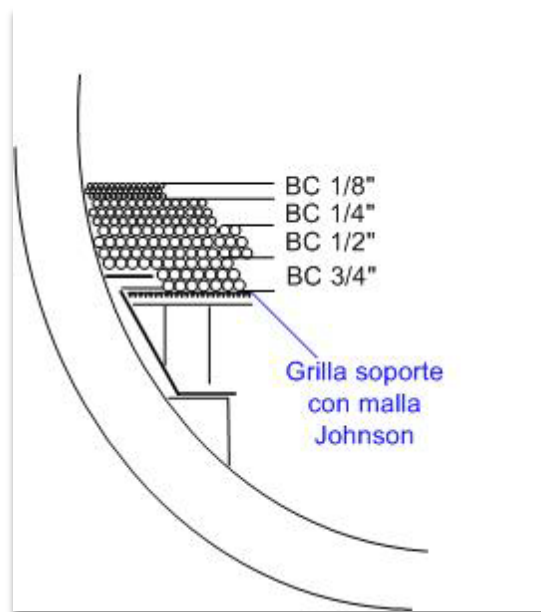


Figura N° 5. Esquema parcial de grilla y soportes cerámicos en lecho inferior

2.2 Descripción del sistema de alimentación y sus protecciones

Los reactores se alimentan de una mezcla de carga fresca y gas rico en hidrógeno, según observamos en la Figura N° 1. Ambos Trenes de reacción, el A y el B poseen una línea para la carga más una línea para el hidrógeno. Ambas líneas confluyen en un punto de mezcla, ubicado antes de los intercambiadores carga/efluente y este sistema presenta las siguientes características:

- El hidrógeno de reciclo “compite” contra la presión de la carga para ingresar al sistema en los puntos de mezcla; presión del compresor de reciclo vs presión en líneas de envío de bomba de carga líquida.
- El sistema de alimentación de los reactores posee cuatro válvulas para regular los caudales de carga de hidrocarburo (HC) líquido y de hidrógeno (H2) respectivamente:
 - Tren A de reacción;
 - FCV0079, HC
 - FCV0081, H2
 - Tren B de reacción;
 - FCV0080, HC
 - FCV0082, H2

La unidad cuenta con un complejo sistema de protección. Específicamente ante la falla ocurrida, cuenta con protecciones por bajo caudal de carga líquida y también por bajo caudal de hidrógeno. Antes del incidente, el esquema de protección era el que observamos en la Figura N° 6 para la carga líquida y en la Figura N° 7 para el hidrógeno:

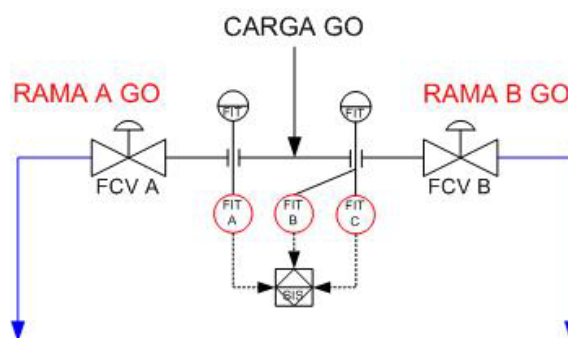


Figura N° 6. Lógica del sistema de protección por bajo caudal de carga líquida

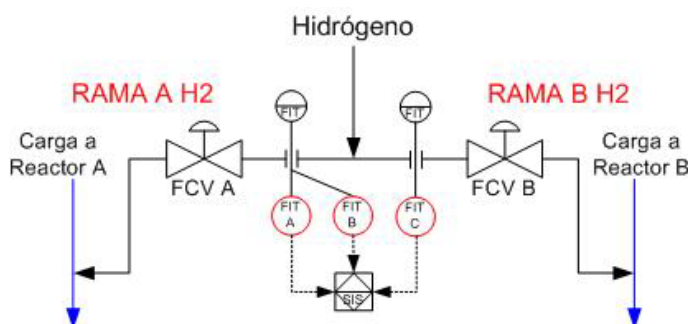


Figura N° 7. Lógica del sistema de protección por bajo caudal de hidrógeno

Se observa en las Figuras N° 6 y N° 7 que, en los sistemas de protección, las redundancias de los instrumentos de caudal (tanto para carga líquida como para hidrógeno) se consideraban con lógica de votación 2oo3, a pesar de que un transmisor se encontraba sobre la Rama A y otros dos transmisores sobre la Rama B (parte del Tren A y del Tren B de reacción respectivamente) o viceversa, ya sea para el caso de carga líquida como para hidrógeno. Es decir, los tres transmisores de esta supuesta lógica 2oo3 no se encontraban en la misma cañería, por lo que no medían los mismos caudales.

2.3 Historial de cambios de piezas del reactor para mantenimiento

La unidad de Hydrocracking se puso en marcha en el año 1972 en el CILC de YPF. Trece años después la unidad tuvo cambio de reactores, tanto recipientes como internos. Posteriormente, en el año 2004 en un revamping de estos equipos se reemplazaron internos, exceptuando las grillas soporte de los lechos catalíticos en ambos reactores.

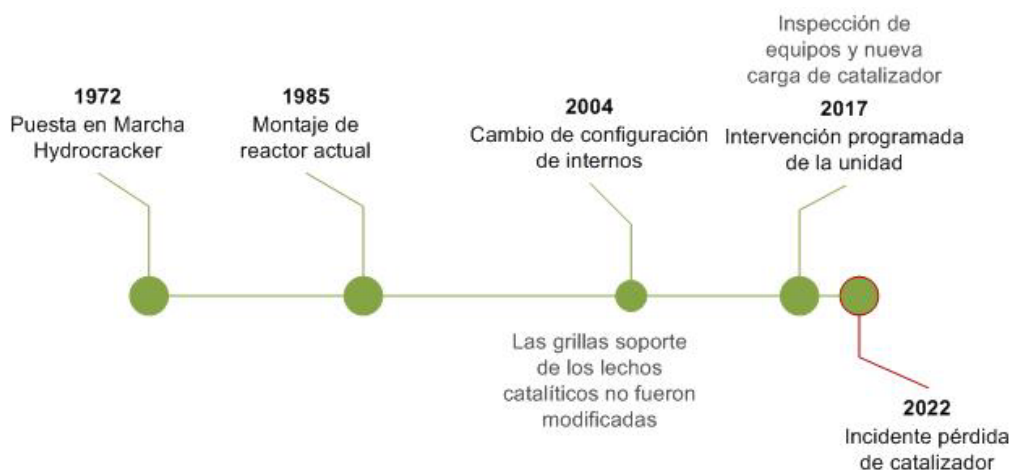


Figura N° 8. Línea de tiempo de reparaciones de los reactores

En la Figura N° 8 se puede observar la línea de tiempo de estos eventos, que continúa con una de las paradas programadas para mantenimiento en el año 2017. En esa oportunidad, los reactores fueron inspeccionados antes de la carga de catalizador.

2.4 Descripción del incidente

Durante el turno noche del 22 de noviembre de 2022 la unidad de hydrocracking se encontraba en rampa ascendente de carga, luego de haberse efectuado tareas de reparación en algunos equipos. Se comienza a observar una disminución del caudal de hidrógeno en el Tren B de reacción, a diferencia del caudal en el Tren A de reacción, que mostraba valores normales.

Como puede observarse en la Figura N° 7, la Rama B de hidrógeno de reciclo (alimenta el Tren B de reacción) sólo posee un transmisor de caudal de ese gas (FIT C). De este modo, aunque ese instrumento activó alarma por bajo caudal, la lógica de disparo del sistema de seguridad no actuó debido a que los otros dos transmisores (ubicados en la Rama A; FIT A y FIT B) midieron caudales en rangos de operación normales.

Unos minutos después de las alarmas el hidrógeno dejó de circular por la Rama B, por lo que el reactor B recibió durante algún tiempo carga líquida sin hidrógeno hasta la activación del sistema de seguridad de la unidad, con parada de bomba de carga, horno de precalentamiento de carga y depresionado del sistema de alta presión, entre otras acciones. En estas condiciones, el reactor B sufrió la elevación de temperaturas de lechos catalíticos por encima de los valores normales de operación, sin que haya tenido consecuencias.

Sin conocer las causas de la interrupción de circulación de hidrógeno por la Rama B hasta ese momento, se intentó sin éxito hacer barridos del reactor con el gas. Por este motivo el reactor quedó cargado con restos de hidrocarburo.

2.5 Investigación de las causas de falla.

Una vez ocurrido el incidente y en el contexto de alta demanda de los productos de la unidad de hydrocracking en el mercado de verano, se constituyeron rápidamente los equipos de trabajo para realizar, en paralelo, las tareas de investigación de causas de este, como así también las de reparación del reactor dañado y puesta en marcha de la unidad con un solo reactor.

2.5.1 Inspección primaria “sin perder evidencias”

Luego de determinarse la causa del corte de circulación del hidrógeno en el Tren B de reacción, el desafío consistió en la entrega del reactor B para mantenimiento. En este sentido, se procedió a realizar numerosos análisis de riesgo y procedimientos operativos para poder ingresar al mismo y descargar los lechos catalíticos.

Tras haberse conseguido las condiciones de seguridad adecuadas del equipo dañado, fue posible obtener imágenes del tercer lecho de catalizador (el inferior) *sin* realizar ningún tipo de intervención que hiciera perder evidencias de lo ocurrido. De este modo pudieron observarse los efectos de la pérdida de contención del catalizador en el lecho inferior. La inspección con cámara desde el interior del reactor B (Figura N° 9) en su tercer lecho, reveló lo siguiente:

- Se observó en la parte superior del lecho catalítico *migración* de las tabletas de grading (color blanco) *hacia el centro del lecho y hacia abajo*.
- Lecho de catalizador de hydrocracking visible (color negro), por pérdida de las tabletas de grading a través de este. En condiciones normales del lecho, las tabletas debían cubrirlo completamente, sin migraciones hacia abajo.

- Tercer lecho catalítico con pérdida de nivel no uniforme y, por lo tanto, inestable para la operación.



Figura N° 9. Imagen superior del lecho catalítico inferior. Reactor B

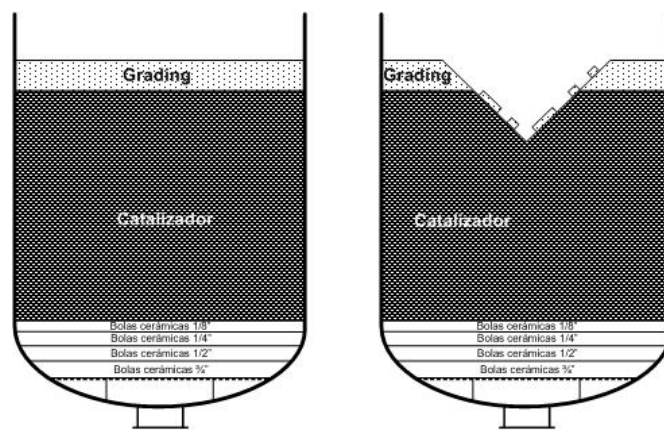


Figura N° 10. Comparación del lecho catalítico normal con el encontrado tras el incidente

Habiendo recogido las evidencias necesarias, se procedió a descargar el reactor de manera exitosa. en esta ocasión, los equipos técnicos solicitaron nuevamente no realizar ninguna tarea de limpieza o reparación posterior a la descarga hasta lograr una inspección exhaustiva del equipo. De este modo se lograron los siguientes hallazgos:

- Las dimensiones de algunos gajos de la grilla soporte inferior del Reactor B no coincidían con las dimensiones del plano constructivo; se encontraron longitudes hasta 8 mm inferior al diseño en piezas de aproximadamente 1000 mm de longitud (Figura N° 11). Esto ocasiona:
 - Que las luces (separación) entre gajos sean *mayores* al diseño.
 - Que las luces entre gajos y canasto central sean *mayores* al diseño
 Estas luces mayores a las de diseño generan espacios entre los mismos que no quedan correctamente sellados por piezas de la grilla soporte o por calafateo.
- No se encontraron registros del control dimensional de planos conforme a obra (año 1983) para estas piezas.
- Siendo menor la longitud de los gajos no se procuró que el armado de la grilla soporte inferior del Reactor B posea luces homogéneas entre cada pieza. Se encontraron algunos gajos con luces dispares agravando la situación (unos más separados que otros de los gajos contiguos).

- No se encontró evidencia de controles dimensionales en el armado de la grilla soporte inferior de ambos reactores (A y B) en la intervención de 2017, ni en ninguna otra intervención anterior por ser piezas recibidas en el CILC muchos años antes.
- En la empaquetadura del canasto central se utilizaron dos tipos de sogá distintos, uno de los cuales no era de material apto para las condiciones de operación, ni de diámetro acorde a diseño, por lo que no cubría correctamente los espacios entre piezas que debía sellar (Figura N° 12).

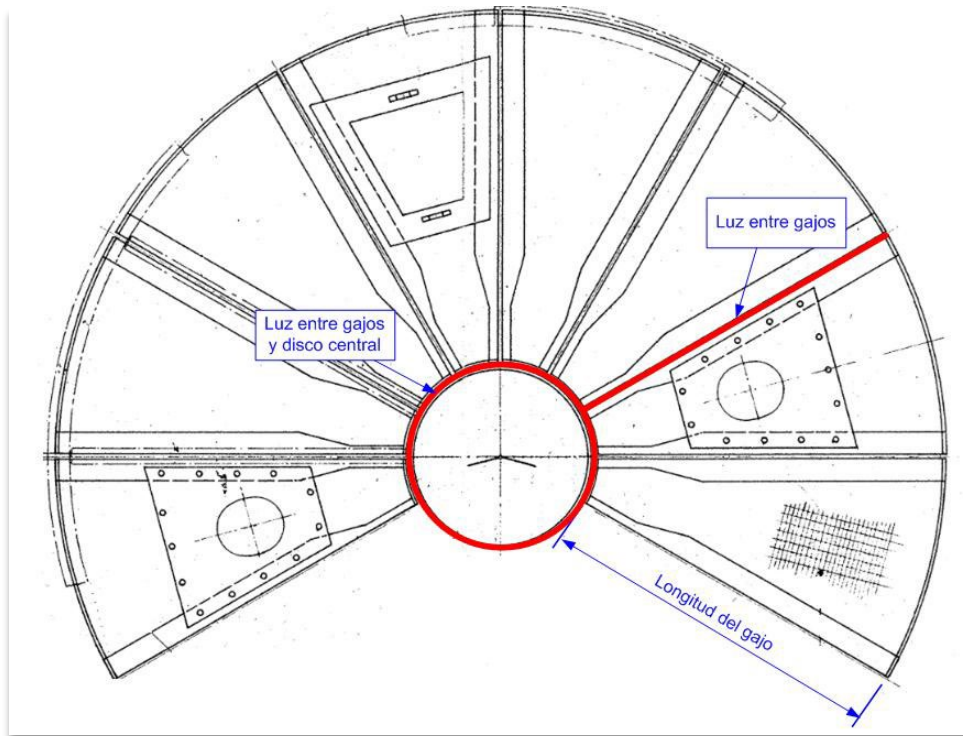


Figura N° 11. Detalle de montaje de piezas de la grilla soporte



Figura N° 12. Falla de empaquetadura entre disco central y gajos laterales

Las evidencias encontradas durante las inspecciones confirmaron que se produjo fuga de bolas cerámicas y catalizador a través de un espacio formado entre gajos de la grilla soporte y su disco central. Durante el tiempo de servicio del reactor desde la última parada programada hasta el

incidente, el peso del lecho catalítico comprimió el calafateo y dejó los espacios libres necesarios para que ocurriera el incidente.

2.6 Estrategia de operación con un solo tren de reacción

Durante la emergencia y con el objetivo de poder operar la unidad en condiciones seguras mientras se reparaba el reactor afectado, se conformaron equipos para:

1. Coordinar las tareas de adaptación de la unidad para operar en una condición diferente de la de diseño (un solo tren de reacción en servicio).
2. Coordinar las tareas de entrega del reactor B para mantenimiento y de reparaciones.

2.6.1 Operación del Hydrocracker con Tren A de reacción

La operación de la unidad de hydrocracking con un solo tren de reacción (Tren A), requirió de diversos estudios del equipo de coordinación, que se centraron en resolver las *variables que afectaban el desempeño de los equipos por la operación de la unidad a baja carga*, con un solo tren de reacción, teniendo en cuenta el siguiente matiz: si bien la unidad estaría a baja carga total, el Tren A de reacción operando solo recibiría caudales superiores a los usuales. Al mismo tiempo, las decisiones operativas se debieron respaldar por análisis de riesgo, estudios y también consultas al tecnólogo que diseñó la unidad. Para evaluar si este modo de operación podía ser posible fue necesario:

- Revisar capacidades de diseño de equipos y sistemas esenciales:
 - Bombas; la bomba de carga opera en estas condiciones de caudal en el límite izquierdo de su curva (punto de cavitación incipiente), por lo que el bajo caudal de carga la exponía a la bomba a posibles vibraciones. Debido a que la carga máxima de la unidad ahora pasaba a ser la que podía procesar un solo tren de reacción, se requería que este recibiera el mayor caudal posible para que la bomba de carga operara sin fallar.
 - Hornos de precalentamiento de carga; operación a su máxima capacidad para un alto caudal de procesamiento en el Tren A de reacción.
 - Horno reboiler de fraccionadora; operación a mayor capacidad para intentar aumentar el tráfico de gases y no operar por debajo del turn-down del equipo.
 - Fraccionadora principal; de acuerdo con las simulaciones, trabajaría en punto de weeping, por lo que se requería maximizar el tráfico de gases desde el fondo y adaptar los caudales de reflujo para lograr buen fraccionamiento.
 - Intercambiadores en el sistema de alta presión del Tren A; recibiendo su carga máxima posible, debiendo verificarse posibles vibraciones.
 - Sistemas de inyección y distribución de quench a reactor; operando aproximadamente al 80% –a 100% de su capacidad.
 - Compresor de reciclo, al cual se le debió reacondicionar su sistema de spill-back para poder funcionar en un régimen de caudal por encima del mínimo.
- Adecuar el Sistema de Shut Down de la planta; cambio de lógicas.
- Reconfigurar sistemas de control, tanto de los sistemas activos (Tren A de reacción solo) como de los que se sacaron de servicio (Tren B de reacción).
- Instalar nuevos instrumentos de control y configuración de alarmas.

- Realizar tareas de acondicionamiento y entrega del Tren B para mantenimiento.
- Aislar físicamente el Tren B.
- Revisar y modificar procedimientos operativos.
- Capacitar al personal involucrado para el nuevo modo de operación de la unidad.
- Definir el plan de inspección para Tren B fuera de servicio. Monitorear su puntos muertos.

Para Todas las tareas anteriores se realizó un desglose minucioso de subtareas, las cuales debieron coordinarse por estar estrechamente vinculadas. A modo de ejemplo, podemos ver parte de las mismas en la Figura N° 13:

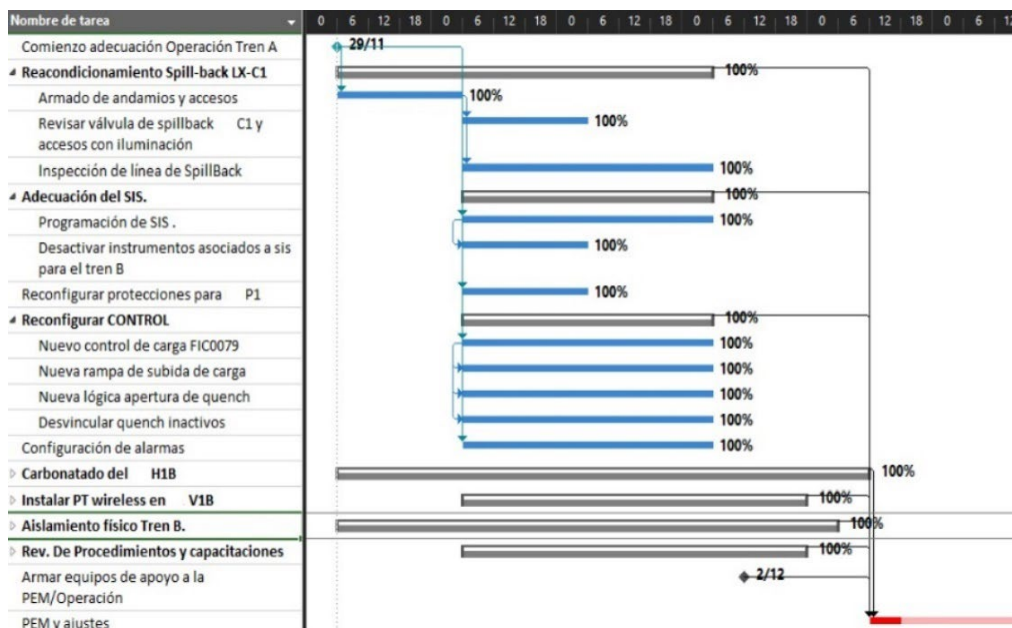


Figura N° 13. Desglose e interrelación entre tareas de adecuación de la unidad

El conjunto de tareas señaladas y trabajo en equipo de todas las disciplinas involucradas permitió poner en marcha y operar de forma segura la unidad de hydrocracking con un solo tren de reacción (Tren A), al tiempo que se aisló el tren de reacción B (fuera de servicio) y dando tiempo a que sea reparado mientras la unidad recuperaba capacidad de producción.

2.7 Reparaciones del reactor B

Mientras la unidad de hydrocracking continuó en servicio, se dio curso a las tareas de reparación del reactor B, las cuales se dividieron en dos momentos:

- Antes del diagnóstico posterior al ingreso al reactor;

El equipo de trabajo estudió diferentes causas posibles de falla y preparó recursos para poder solucionar cada una de ellas mientras el reactor era aislado, vaciado y entregado al área de Mantenimiento. Esto permitiría acortar los tiempos de reparación, estando preparados de antemano para atacar las causas posibles de falla.

- Después del diagnóstico posterior al ingreso al reactor;

Se utilizaron los recursos necesarios que se habían preparado para solucionar las causas de la falla. En este sentido se trabajó en adaptar las piezas cuyas dimensiones no correspondían a las

de diseño (gajos de la grilla soporte), con un eshaustivo control dimensional de cada una de esas partes para definir la instalación adecuadas de las mismas.

Las separaciones o luces entre gajos quedaron definidas por plano. Aquí es importante destacar que esto se realizó cumpliendo los procedimientos vigentes de gestión del cambio de la compañía, asegurándonos que la fuente de información sobre este equipo sea oficial y única, tras verificarse las discrepancias entre planos anteriores y relevamientos en campo durante la investigación del incidente.

Dadas las separaciones entre gajos superiores a las de diseño, se adaptaron los perfiles T (piezas de diseño) que se apoyan sobre esas separaciones y las sellan. Además se verificó que los trabajos de calafateos y sellos entre piezas se realizaran con los materiales diseñados para resistir las condiciones de operación y de acuerdo a las mejores prácticas recomendadas.

Los trabajos de control dimensional y montaje fueron supervisados por ingenieros de Inspección y de Procesos para aceptar su calidad y permitir la posterior carga del reactor (Figura N° 14).. Dieron, a su vez, lugar a nuevos procedimientos de trabajo que se difundieron de forma corporativa.

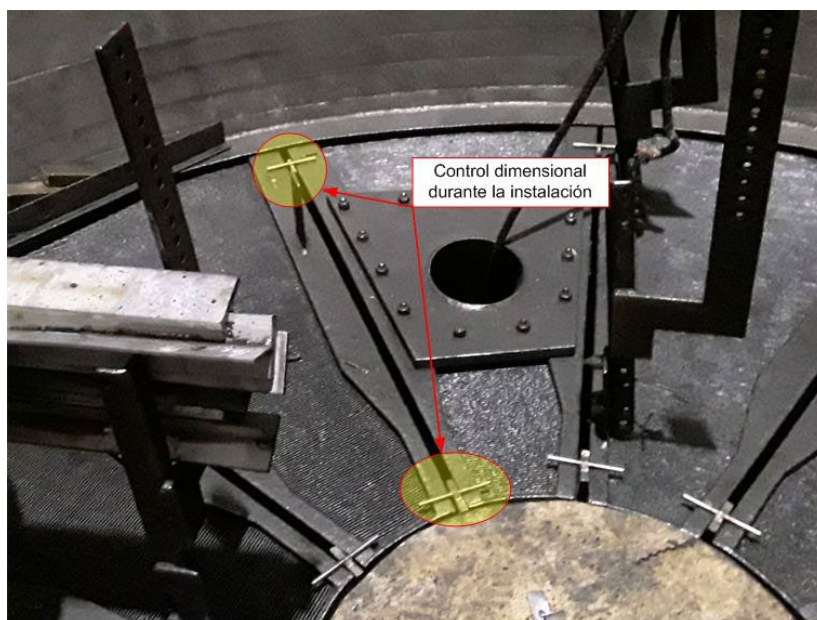


Figura N° 14. Procedimientos de montaje y control dimensional

Todos los trabajos de reparación realizados sobre el reactor B permitieron el montaje del equipo reparado, la carga de catalizador y la puesta en marcha de forma exitosa.

La puesta en marcha derivó, a su vez, en una lección operativa aprendida, debido a que se puso en marcha la unidad de hydrocracking con dos reactores en paralelo: uno de ellos (reactor B) contenía una carga catalítica inactiva y fresca (en el inicio de su ciclo), mientras que el otro (reactor A) seguía operando con una carga catalítica activa en el final de su ciclo operativo.

La carga de catalizador del reactor B debió activarse mediante el proceso de sulfuración a través de inyección de dimetil-disulfuro (DMDS) que se distribuyó en los dos rectores durante el procedimiento, lo que significa que el sulfuro de hidrógeno circulante era absorbido por el catalizador del reactor B, pero no por el catalizador del reactor A, haciendo dificultosa la verificación del breakthrough. Más allá de estas dificultades, pudo activarse el catalizador de forma exitosa.

A partir de ese momento, la operación de los dos trenes de reacción se realizó a diferentes condiciones operativas, debido a que los perfiles de temperatura de ambos reactores debieron adaptarse a las condiciones particulares de sus lechos catalíticos. Una vez encontradas estas condiciones, la unidad operó a régimen y en su máxima capacidad generando productos en especificación.

2.8 Análisis posterior de las causas de falla

La falla del reactor B de la unidad de hydrocracking dio lugar a trabajos de numerosas áreas técnicas y operativas lo que posibilitó, como se ha indicado, ser exitosos en la operación de la unidad en condiciones no usuales con un solo tren de reacción, como también en la reparación del reactor afectado. Sin embargo, el ciclo de trabajo concluyó recién con la presentación de las conclusiones de un profundo análisis de causas de falla. Se señalan las principales causas básicas, las cuales dieron lugar a acciones correctivas:

1. La *construcción de piezas no conforme con planos originales*; se determinó que algunas partes de la grilla soporte del lecho catalítico no se construyeron de acuerdo con las dimensiones de los planos constructivos originales.
2. El *montaje de piezas no conformes con el diseño, sin control dimensional*: causa asistida por la primera, en la que piezas de dimensiones incorrectas provocan un montaje incorrecto.
3. La *sustitución de partes por otras no adecuadas*, no acordes con los materiales de diseño requeridos para las condiciones de operación y los ciclos prolongados de funcionamiento entre paradas programadas: el material de calafateo no resistió un servicio para el que no estaba diseñado.
4. La *asignación de responsabilidades* a las diferentes áreas es clave y debe ser comunicada con claridad para contar con procedimientos de inspección que aseguren la utilización de equipos conformes con diseño y especificaciones. La falta de claridad en este aspecto provoca incertidumbre a la hora de asegurar que todos los controles necesarios sobre los equipos fueron realizados antes de ponerlos en servicio.

Podemos resumir las acciones de mejora en los siguientes puntos:

- Armado de la grilla soporte que minimiza los espacios de separación entre las partes.
- Adaptación de la carga del lecho catalítico; se agrega una capa de bolas cerámicas de 1" sobre la malla Johnson de la grilla soporte del lecho catalítico para minimizar pérdidas (Figura N° 15)

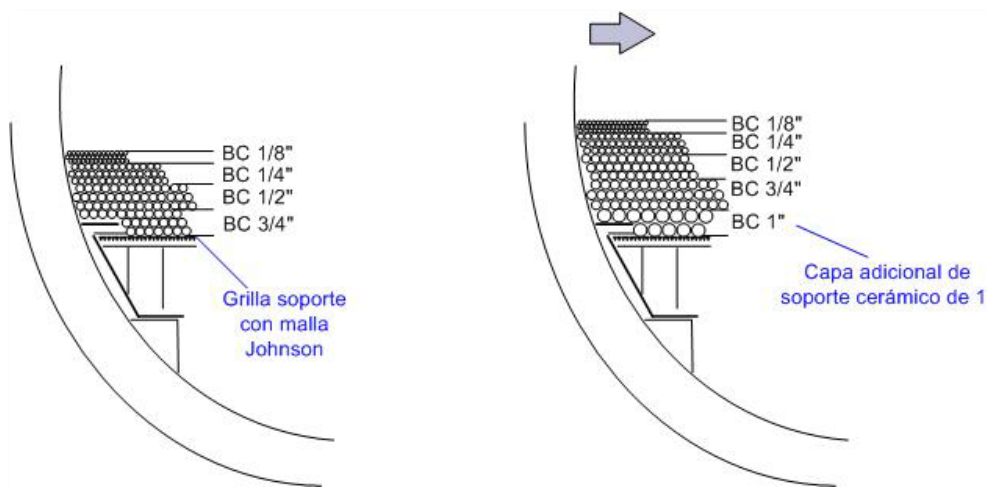


Figura N° 15. Modificación del esquema de soportes cerámicos

- Control dimensional de las piezas constituyentes de la grilla asignado a responsables específicos. Control de los materiales usados en las empaquetaduras.
- Los controles pasan a formar parte de listas de verificación específicas para cada equipo a través de procedimiento difundido de forma corporativa.
- Revisión de otras listas de verificación para diferentes equipos de la refinería por parte de los ingenieros de procesos.
- Revisión de planos constructivos, administrando el control de los cambios realizados.
- Elaboración y revisión de procedimientos generales de recepción de equipos antes de su puesta en servicio, con foco en los controles correspondientes a cada especialidad.
- Los controles por listas de verificación por especialidad se incorporan a las revisiones previas de puesta en marcha de las unidades.

Además, como se observa en las Figuras N° 16 y N° 17, se generaron los cambios recomendados en las lógicas de paro que protegen la unidad por bajos caudales de carga o de hidrógeno, adecuándolos a una lógica de votación 2oo3 en cada rama:

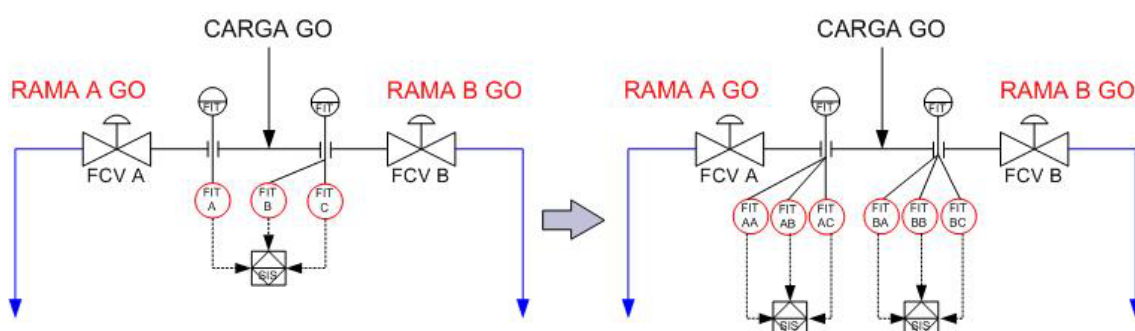


Figura N° 16. Adecuación a lógica 2oo3 en cada rama de carga al sistema de reacción

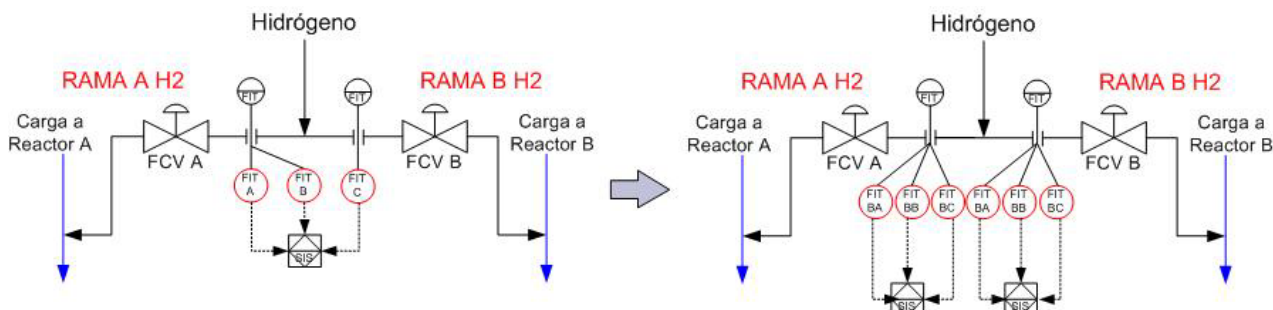


Figura N° 17. Adecuación a lógica 2oo3 en cada rama de hidrógeno al sistema de reacción

De este modo se asegura que el sistema de seguridad pueda verificar bajas cargas en cada rama por separado y parar la unidad en condiciones de seguridad.

3. Conclusiones

El incidente de pérdida de contención del lecho catalítico en el reactor B de la unidad de hidrocracking condujo a acciones rápidas, coordinadas y cumpliendo los altos estándares de seguridad de la compañía.

La coordinación de los equipos multidisciplinarios permitió actuar sobre tres frentes de trabajo de forma simultánea: determinación de las causas de falla, la reparación del reactor afectado y la adaptación de la unidad para su funcionamiento con un reactor menos, en condiciones no usuales de operación. Esto último permitió a la refinería cumplir con sus compromisos de abastecimiento de combustibles y evitar enormes pérdidas económicas por mantener el hidrocracker parado, dando tiempo a los equipos de trabajo a pensar las mejores opciones de reparación.

Los análisis posteriores sobre las causas de falla permitieron indagar con mayor profundidad cuáles son aquellos aspectos de mejora a los que, como organización, debíamos adaptarnos a partir de aquel momento. De ello surgieron una serie de acciones correctivas que involucran a múltiples especialidades con el objetivo de asegurar la integridad de los equipos en un contexto exigente de operación, buscando alcanzar ciclos operativos extensos y alta disponibilidad de las unidades.



Federico Jurín

Ingeniero Químico

Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza

Master en Refino Petroquímica y Gas. Instituto Superior de la Energía, Madrid, España.

Master of Business Administration. ADEN, Mendoza – EUNCET, Barcelona.

Cargo actual en la empresa: *Ingeniero de Procesos y Simulaciones RTIC*

Trayectoria:

- **Ingeniero de Procesos CILC YPF. Área de Conversión**
Enero 2024 – Agosto 2025
- **Ingeniero de Procesos CILC YPF. Hydrocracking e Hidrógeno**
Enero 2020 – Diciembre 2023
- **Director de Modernización. Municipalidad de Luján de Cuyo, Mendoza**
Diciembre 2015 – Diciembre 2019
- **Ingeniero de Procesos CILC YPF. Unidades de Upgrading**
Febrero 2014– Diciembre de 2015
- **Jefe de planta CILC YPF. Unidad de FCC II**
Marzo 2012 – Enero 2014
- **Ingeniero de Procesos CILC YPF. Unidad de FCC II**
Agosto 2008 – Febrero de 2012
- **Becario ISE - Fundación YPF. Maestría de Refino, Petroquímica y Gas**
Julio 2007 – Julio 2008. Madrid, España