

Revamp de la Unidad de Crudo Topping y Vacío 2 en ENAP Aconcagua

Osvaldo Heredia, ENAP Aconcagua, oheredia@enap.cl
Juan Pablo San Martín, ENAP Aconcagua, jpsanmartin@enap.cl

Sinopsis

En mayo de 2023, el departamento de ingeniería de la Refinería Aconcagua de ENAP recibió la solicitud de adaptar la unidad de Crudo TV2 a una nueva mezcla de crudo compuesta por 50% de crudo liviano (shale), 35% de crudo intermedio y 15% de crudo pesado, siendo estos últimos crudos convencionales.

Durante la evaluación, se identificaron cuellos de botella en el separador preflash (F-603), la columna de destilación primaria (E-601) y el acumulador de tope (F-601) como las principales limitaciones. Además, la unidad tenía planificada una detención de mantenimiento mayor en marzo de 2024, lo cual representaba la ventana operacional para ejecutar los cambios en los equipos.

Dado los cortos tiempos de estudio e implementación de cambios, se realizó una alianza con Sulzer para generar un modelo de simulación para evaluar mejoras, lo que llevó casi cinco meses de duración y validaciones. Se confirmaron problemas de separación como principal efecto del cambio en la dieta de crudo. Dentro de la propuesta del estudio se indicó:

- I. Instalación de componentes en el acumulador preflash F-603 para mejorar la separación de corriente bifásica, evitando el espumamiento y arrastre de líquidos en los gases que se envían a la torre atmosférica de crudo E-601.
- II. Instalación de componentes en el acumulador de tope F-601 para mejorar la separación de corriente trifásica, particularmente la separación gasolina-agua, evitando el arrastre de agua a la torre atmosférica de crudo E-601 en la corriente de reflujo y las unidades aguas abajo.
- III. Cambio total de las bandejas de la torre de destilación de crudo para evitar problemas de hidráulica en la sección intermedia y superior de la torre debido al tráfico líquido-vapor de la nueva mezcla.
- IV. Cambios internos en la torre de vacío: la nueva mezcla impacta en la menor carga, por lo que se cambiaron el relleno estructurado, los distribuidores, y se instalaron bandejas en el fondo para dar mayor rango operacional y etapas de separación.

Introducción

En respuesta a los desafíos operacionales derivados de una nueva dieta de crudo, en mayo de 2023 el Departamento de Ingeniería de la Refinería Aconcagua de ENAP inició un estudio para adaptar la unidad de Crudo Topping y Vacío 2 (TV2). La nueva mezcla, compuesta por un 50% de crudo liviano (shale), 35% de crudo intermedio y 15% de crudo pesado, generó importantes restricciones en los equipos principales de la unidad, afectando la eficiencia del proceso de separación. Ante este escenario, se estableció una colaboración estratégica con la empresa Sulzer para desarrollar un modelo de simulación que permitiera evaluar técnicamente las modificaciones necesarias. El presente informe detalla el desarrollo del proyecto, desde el diagnóstico inicial hasta la implementación de mejoras durante la detención de mantenimiento mayor en 2024, así como la evaluación de resultados operacionales obtenidos hasta 2025.

Desarrollo

1. Estudio de ingeniería (4 meses aprox)

Por motivos de confidencialidad, parte de la información y el desarrollo del proyecto se mantienen reservados entre las partes involucradas. No obstante, a continuación se presenta el análisis técnico, los problemas identificados, la metodología utilizada (incluyendo la simulación realizada en conjunto con Sulzer) y las soluciones propuestas.

1.1 Diagnóstico inicial

1.2 Identificación de cuellos de botella (colaboración con Sulzer y simulación)

1.3 Resultados del estudio

1.4 Propuestas de mejora (I a IV)

- I. Instalación de componentes en el acumulador preflash F-603 para mejorar la separación de corriente bifásica, evitando el espumamiento y arrastre de líquidos en los gases que se envían a la torre atmosférica de crudo E-601.
- II. Instalación de componentes en el acumulador de tope F-601 para mejorar la separación de corriente trifásica, particularmente la separación gasolina-agua, evitando el arrastre de agua a la torre atmosférica de crudo E-601 en la corriente de reflujo y las unidades aguas abajo.
- III. Cambio total de las bandejas de la torre de destilación de crudo para evitar problemas de hidráulica en la sección intermedia y superior de la torre debido al tráfico líquido-vapor de la nueva mezcla.
- IV. Cambios internos en la torre de vacío: la nueva mezcla impacta en la menor carga, por lo que se cambiaron el relleno estructurado, los distribuidores, y se instalaron bandejas en el fondo para dar mayor rango operacional y etapas de separación.

2. Revisión de propuesta y aprobaciones de compras de equipamiento (2 meses aprox).

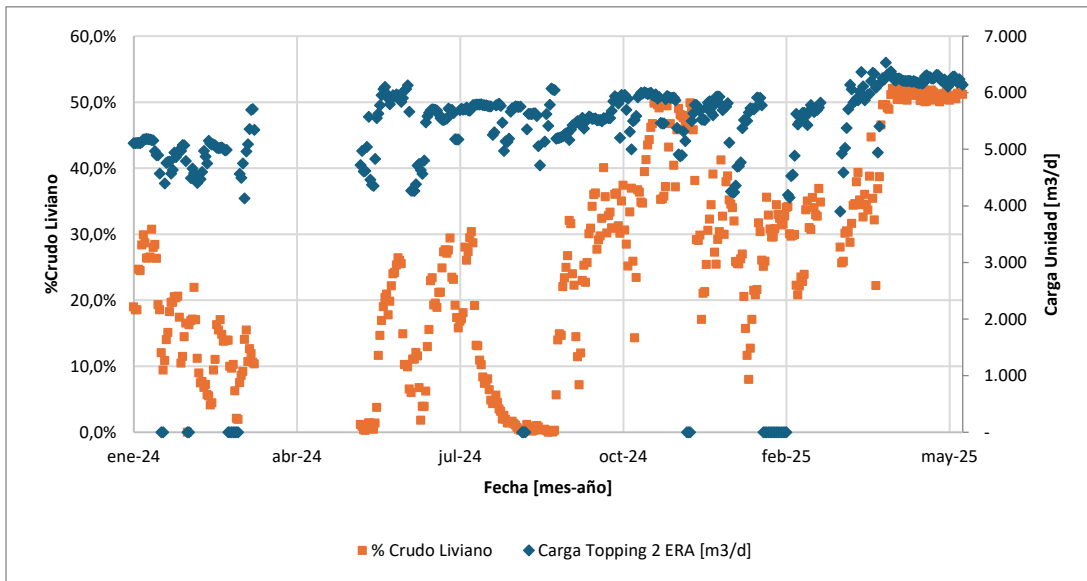
El principal desafío administrativo fue concretar los acuerdos comerciales necesarios para emitir la orden de compra, fabricar y recibir en planta los internos aprobados, todo en un plazo inferior a tres meses.

3. Implementación durante detención de mantenimiento mayor

Para la ejecución de las modificaciones, se contrató a Sulzer (TFS) para realizar la instalación durante la detención de mantenimiento mayor, la cual tuvo una duración inferior a 50 días continuos.

4. Puesta en marcha y evaluación de resultados.

A continuación, se presenta el análisis de desempeño de cada equipo intervenido entre 2024 y 2025. Al cierre del período, se logró mantener un 50% de crudo liviano en la dieta de alimentación, como se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 1: % de crudo liviano y carga a la unidad de TV2.

Evaluación Internos Separador Preflash F-603:

Una de las principales restricciones era el control de flujo y presión en el separador F-603, cuya válvula operaba con una apertura superior al 95%, limitando la carga de crudo liviano a un 30–35% de la dieta.

Se instala el Sulzer GIRZ, es un dispositivo de entrada ciclónico que se utiliza para suprimir y descomponer diversos tipos de espumas de proceso (véase la figura 1 para más detalle). Algunas aplicaciones típicas incluyen knock-out drums con agua libre, tambores flash, separadores 2 y 3 fases. Tras la implementación, se mejoró la eficiencia de separación y se redujo el arrastre de espuma, permitiendo que la válvula opere por debajo del 90% de apertura. Esto incrementó tanto el porcentaje de crudo liviano como la carga total a la planta, superando los 6.000 m³/d, como se muestra en la gráfica 2 a continuación.

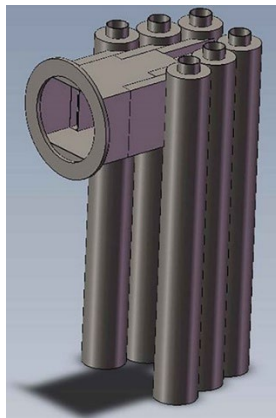
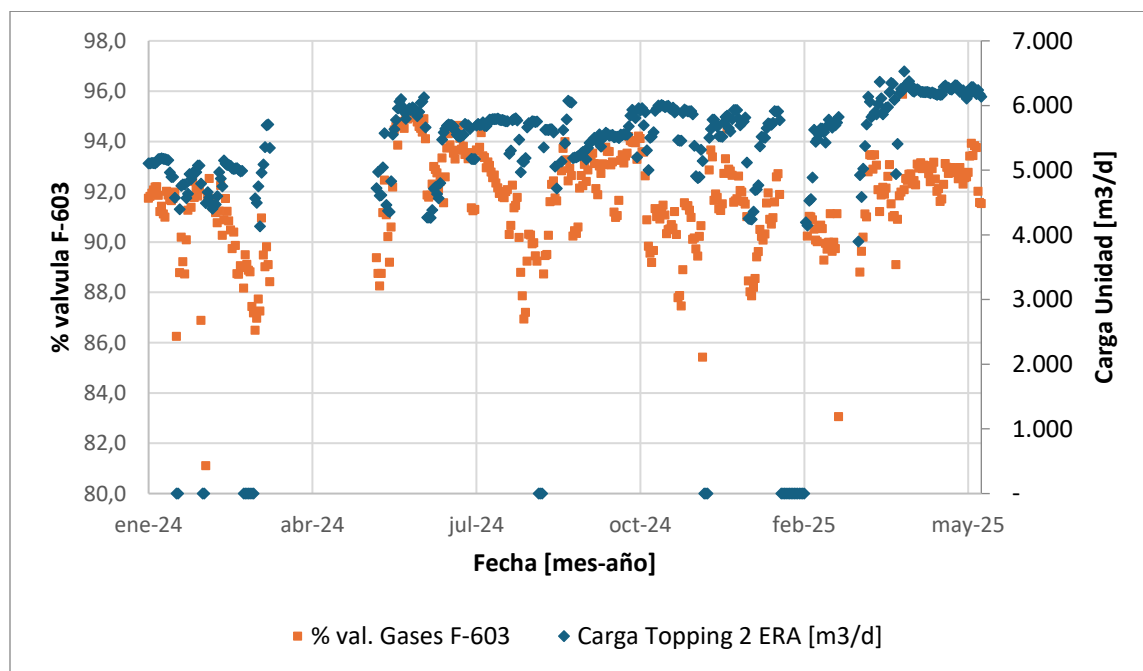


Figura 1: Dispositivo de entrada Ciclónico GIRZ



Grafica 2: % válvula de gases separador F603 y carga a la unidad de TV2

Evaluación Internos Separador Tope F-601:

El arrastre de agua en la corriente de reflujo era una limitación crítica, ya que el tambor separador no contaba con una bota decantadora, alcanzando concentraciones superiores a 1.000 ppm de agua disuelta.

El aumento de crudo liviano incrementó el tráfico en el circuito de tope, reduciendo el tiempo de residencia.

Se instala el coalescedor Mellaplate™ que consta de un conjunto de placas paralelas o láminas metálicas, planas o corrugadas (véase la figura 2 para más detalle). El proceso de separación se optimiza al reducir la distancia de sedimentación de las gotas. Con la mejora implementada, se optimizó la separación hidrocarburo-agua, reduciendo el arrastre a menos de 300 ppm, lo que mejoró el tratamiento y control de corrosión en el sistema.

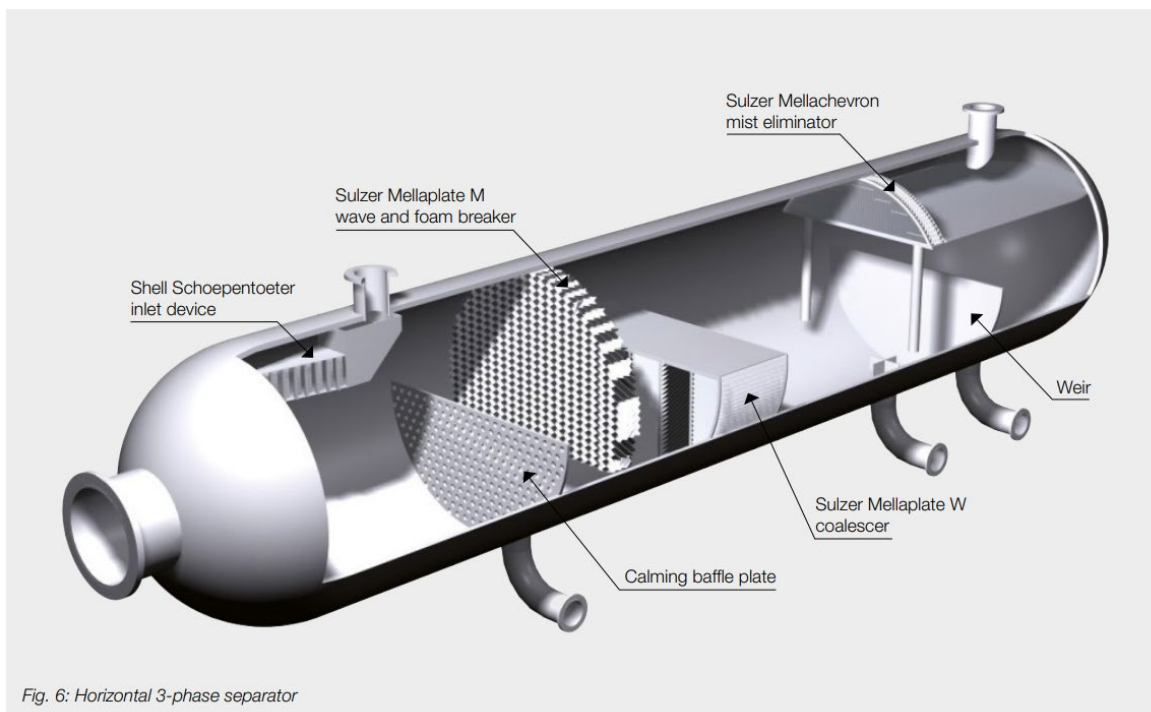


Figura 2: Coalescedor Mellaplate™

Cambio de Bandejas Torre Atmosférica E-601:

Se actualizo la tecnología de bandejas existentes pasando del modelo MVG a UFM™ AF, Bandejas alta capacidad con de válvula antiincrustantes (véase la figura 3 para más detalle).

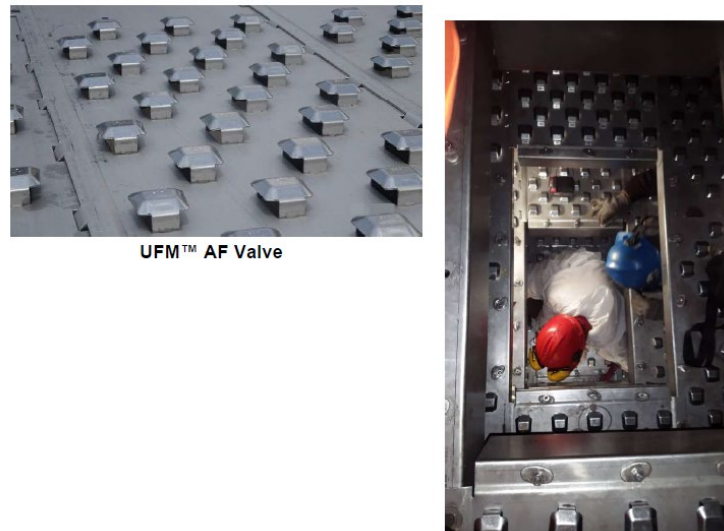
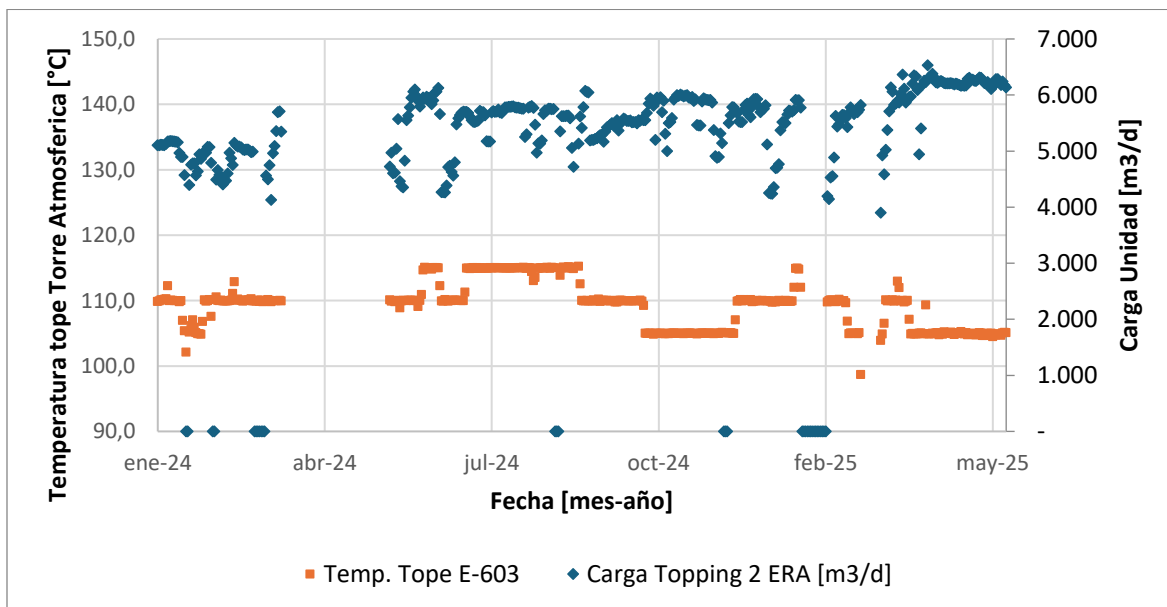


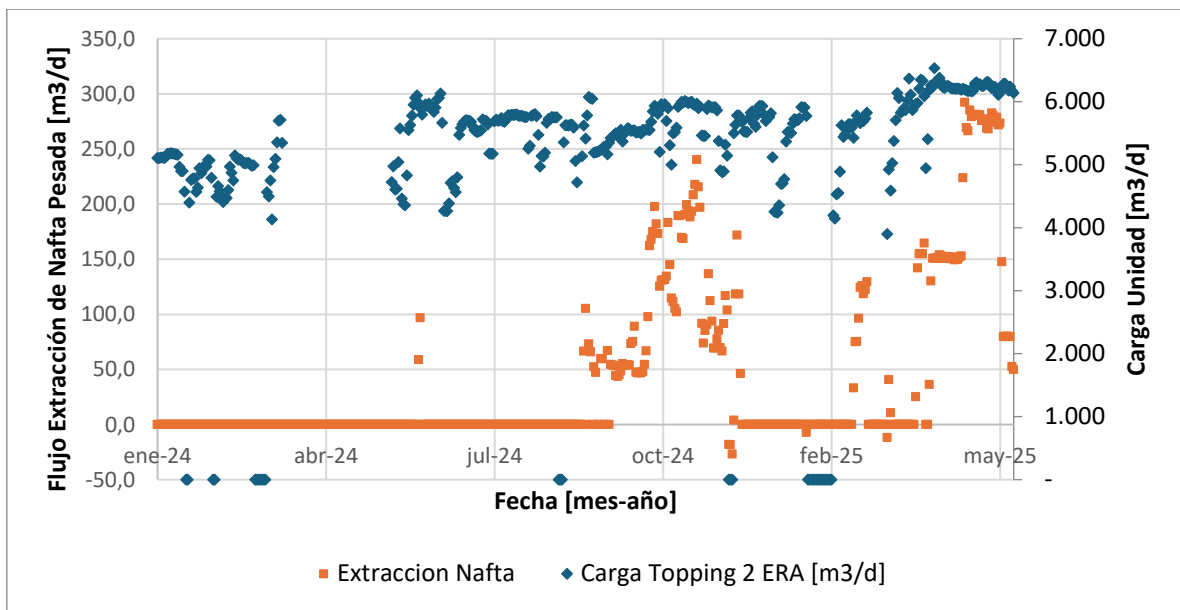
Figura 3: Bandejas UFM™ AF de alta capacidad

El cambio de bandejas sumado a las mejoras anteriores otorgó mayor flexibilidad operacional a la torre, complementadas con la instalación de platos que permiten un alto tráfico interno de líquido y vapor, asegurando productos dentro de especificaciones.

Además, la mejora en el separador de tope permitió reducir la temperatura de tope a 105 °C, facilitando la extracción del corte de nafta, lo cual no era posible antes de la intervención.



Grafica 3: Temperatura Tope Torre Atmosférica y carga a la unidad de TV2



Grafica 4: Extracción Nafta Torre Atmosférica y carga a la unidad de TV2

Cambio Internos Torre Vacío E-603:

Aunque el impacto principal del crudo liviano se manifiesta en la torre atmosférica, también se identificaron oportunidades de mejora en la torre de vacío, orientadas a otorgar mayor flexibilidad operacional y optimizar el rendimiento en la recuperación de Gas Oil Pesado de Vacío (GOP). Se realizaron modificaciones en boquillas y distribuidores, y se ajustaron levemente las alturas de empaque. Sin embargo, el cambio más significativo fue el reemplazo del lecho 5 (fondo de torre) por bandejas UFM™ AF de alta capacidad (véase la figura 4 para más detalle).

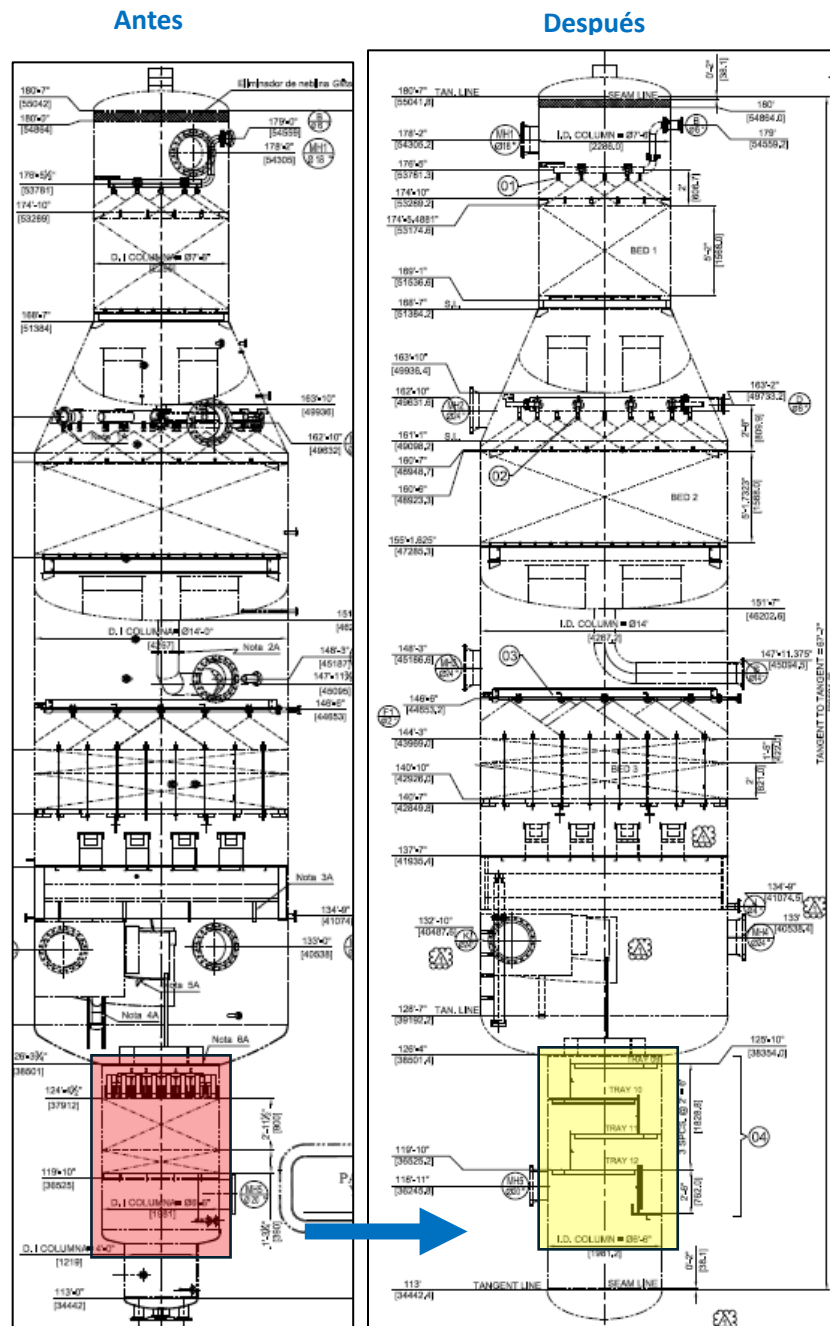


Figura 3: Cambio relleno estructurado por bandeja en fondo Torre de Vacío

Al evaluar el cambio de internos se identificaron mejoras en las variables de operación, a continuación, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2: Resumen de principales cambios en variables y flujos de operación E-603.

Alimentación a horno de Vacío B-651: 2.300 m³/d			
Descripción	Previo al cambio	Posterior al cambio	% de mejora
Presión de vacío (mmHg)	53	24	56%
Gases de vacío (m ³ /h)	331	212	36%
Extracción de GOL (m ³ /d)	74	298	404%
Extracción de GOP (m ³ /d)	803	1.016	126%
Extracción de Pitch (m ³ /d)	1.156	668	42%
Reciclo parafinico (m ³ /d)	25	63	-156%

El cambio tecnológico en los internos de la torre E-603 permitió una mejora significativa en el intercambio de flujos intermedios, reduciendo la extracción de Pitch y aumentando la de GOL y GOP.

Esto se refleja en el incremento de los Puntos de Ebullición Final (PFE) del GOP, como se muestra a continuación:

Tabla 3: Diferencias en PFE para extracción de GOP y overlap GOL-GOP.

Descripción	Previo al cambio	Posterior al cambio
PIE GOP (°C)	308	363
PFE GOP (°C)	537	565
95% GOL (°C)	460	476
5% GOP (°C)	359	410
Diferencia overlap (°C)	-100	-66

Durante la operación de abril de 2025, se alcanzó un PFE máximo de 587 °C.

Finalmente, se logró una mejora de 44 puntos en la eficiencia de separación, evidenciada por la reducción del solape entre el 95% de destilación del GOL y el 5% del GOP.

Desafíos del Proyecto

El principal desafío del proyecto fue el acotado plazo disponible para el desarrollo de la ingeniería y su ejecución, el cual fue inferior a un año. Esta condición puso a prueba la capacidad de respuesta de toda la organización, generando tensiones entre áreas y desafiando los procesos establecidos. Aunque se trataba de una necesidad estratégica para la compañía, no todos los niveles del organigrama ni todas las áreas comprendieron inicialmente el sentido de urgencia requerido.

El proyecto puede dividirse en dos fases principales: **Desarrollo de Ingeniería e Implementación**.

Fase 1: Desarrollo de la Ingeniería

- Desafío Comunicacional: El director del proyecto debió liderar instancias de socialización con las áreas de Operaciones, Ingeniería, Mantenimiento, Medioambiente, Prevención, Aprovisionamiento y Servicios, con el objetivo de facilitar el tratamiento oportuno de los requerimientos técnicos y administrativos.
- Desafíos Técnicos y de Validación: Con el apoyo de especialistas de Sulzer, se implementaron metodologías ágiles para validar la ingeniería, evaluar propuestas de mejora, revisar planos de fabricación y coordinar la fabricación y despacho de internos de equipos desde México, todo en un plazo inferior a seis meses.
- Desafíos Administrativos: En paralelo a las actividades técnicas, fue necesario cumplir con los procesos internos de gestión de proyectos, incluyendo la aprobación de presupuestos y la emisión de órdenes de compra, sin afectar el cronograma general.

Fase 2: Implementación

- Desafío de Tiempo: La ejecución se realizó durante una ventana crítica de mantenimiento mayor, con una disponibilidad de solo 45 días para intervenir los equipos. Esta fase coincidió con múltiples actividades de mantenimiento simultáneas, lo que exigió una coordinación precisa para evitar tiempos muertos. Además, se debió reordenar la secuencia de trabajos debido a retrasos en el transporte de los internos de equipos.

Evaluación económica del Proyecto Revamp TV2:

Por confidencialidad solo se presentan valores generales, de los cuales se puede desprender que se logra financiar la inversión y además generar retornos del orden de 1.3 millones de USD durante el 1° semestre 2025.

Tabla 4: Evaluación de retornos del proyecto.

Beneficios /Costos 1° Semestre 2025	Monto [MUSD]
Inversión	-1.950
Gestión de compra de Crudo	1.313
Aumento de carga Topping 2	909
Aumento recuperación GOP de vacío	1.047
Total Retorno a la fecha	1.319

Conclusión

La adaptación de la unidad de Crudo Topping y Vacío2 a una nueva dieta de crudo representó un desafío técnico y logístico de gran envergadura, que fue superado con éxito gracias a un enfoque colaborativo y multidisciplinario. Las modificaciones realizadas en equipos clave —como los separadores F-603 y F-601, la torre atmosférica E-601 y la torre de vacío E-603— permitieron resolver limitaciones operacionales críticas, mejorando significativamente la eficiencia de separación, incrementando la capacidad de procesamiento y optimizando la calidad de los productos obtenidos.

Los resultados posteriores a la puesta en marcha evidencian mejoras sustanciales en variables operativas clave, tales como la presión de vacío, el arrastre de agua, la temperatura de tope y el rendimiento de cortes. Estas mejoras consolidan la viabilidad técnica de procesar hasta un 50% de crudo liviano en la dieta, posicionando a la unidad para enfrentar con éxito los cambios en el entorno de suministro.

Este proyecto se destaca como un caso exitoso de adaptación tecnológica, que no solo permitió aumentar la productividad, sino también recuperar la inversión y generar retornos económicos por 1,3 MMUSD en el primer semestre de 2025

Bibliografía

Sulzer Chemtech. (2023). Simulation Report for ENAP Crude Unit TV2. Informe técnico interno.

ENAP. (2022). Manual de operación unidad de crudo TV2. Refinería Aconcagua.

API. (2019). API Technical Report 939-D: Evaluation of High Temperature Crude Distillation Unit Equipment

Breve CV de los autores

Osvaldo Heredia Cancinos

Ingeniero Químico, Universidad Técnica Federico Santa María

Ingeniero Senior de Procesos, ENAP Refinería Aconcagua

Juan Pablo San Martín Rodríguez

Ingeniero Químico, Universidad Técnica Federico Santa María

Ingeniero de Procesos, ENAP Refinería Aconcagua