

ESTRATEGIAS NO TRADICIONALES PARA REVAMPS DE TOPPINGS DE CRUDO

Lamborizio María Bárbara, Hytech Ingeniería SA, mlamborizio@hytech.com.ar

Chiappe Claudia, Hytech Ingeniería SA, cchiappe@hytech.com.ar

Baikauskas Luis, Hytech Ingeniería SA, lbaikauskas@hytech.com.ar

1. SINOPSIS

Cuando se consideran los objetivos de expansión específicos de cada refinería surge siempre el interrogante sobre las posibilidades reales de maximizar la utilización de las instalaciones existentes y aparece a menudo la disyuntiva entre una unidad nueva y un revamp de una unidad existente. En la evaluación de un revamp, si se analizan adecuadamente las instalaciones disponibles pueden aparecer oportunidades únicas de incrementos de capacidad. A raíz de la cambiante calidad de los crudos disponibles, esto es marcadamente notorio para unidades de topping y vacío que fueron diseñadas para procesar determinada carga. La idea se aplica por igual para refinerías que se ven forzadas a procesar crudos más livianos como consecuencia de la aparición en escena del shale oil, como para refinerías que pueden seguir disponiendo de crudos más pesados a menores costos.

Sin embargo, si se opta por evaluar superficialmente paquetes predeterminados ó ideas clásicas ya aplicadas exitosamente a otras instalaciones, puede cerrarse erróneamente la puerta a una potencialmente valiosa solución del planteo inicial.

Se presenta un caso de experiencia concreta de Hytech en el desarrollo de una ingeniería conceptual y una posterior ingeniería básica extendida, solicitada a medida del cliente final, donde se amplía un 50% la capacidad instalada en una unidad de topping de crudo y su unidad de vacío asociada.

A modo de ejemplo de lo que un debottlenecking dedicado puede lograr en unidades altamente integradas, se describe la utilización de una nueva columna preflash de vacío más un nuevo horno de servicio múltiple, junto a un cambio en el esquema de obtención de productos destilados, para maximizar simultáneamente la capacidad del topping y del vacío, pasando de una capacidad de procesamiento de crudo de 85 kbd a 130kbd.

2. INTRODUCCION

La creciente demanda energética a nivel local y a nivel mundial, junto con la cambiante calidad de los crudos disponibles, constituyen dos de los elementos básicos característicos del escenario actual que debemos tener en cuenta al referirnos a revamps de instalaciones de refinación.

Cada refinería es particular y desde el punto de vista de las instalaciones, cada una tiene sus propias necesidades de expansión, siempre con el objetivo de lograr el máximo aprovechamiento de las mismas. Y es bajo este objetivo que surge la posibilidad de realizar revamps, para adaptarse satisfactoriamente a las nuevas demandas.

En este contexto, surge la necesidad de proponer estrategias no tradicionales que permitan lograr la adaptación de las instalaciones para alcanzar la capacidad y versatilidad requeridas en cada caso, especialmente en las unidades de topping y vacío que se ven particularmente impactadas por la calidad de los crudos.

Desde el punto de vista del desarrollo de la ingeniería, el desafío inicial en la realización de un revamp es poder detectar esas oportunidades únicas y propias de cada instalación, para brindar soluciones específicas. Esto sólo puede lograrse mediante un amplio conocimiento técnico, el análisis de las características de las instalaciones y el estudio en profundidad de las problemáticas y cuellos de botella existentes. Esto además requiere de una clara definición por parte del cliente de los objetivos buscados en base a sus proyecciones en el mercado. Luego, a partir de la identificación de las soluciones primarias, surgen nuevos desafíos asociados con el desarrollo en forma detallada de dichas soluciones, por ejemplo temas de layout, eficiencia energética, flexibilidad operativa, etc.

Solamente bajo estas condiciones, es posible llevar adelante primero la ingeniería conceptual y luego la ingeniería básica extendida de revamp de una unidad de topping y su unidad de vacío asociada para aumentar en más de un 50% la capacidad de procesamiento. Dicha ingeniería constituye un ejemplo de lo que aquí llamamos "estrategias no tradicionales", en cuanto a que no se trata de aplicar técnicas estándar de revamp, sino por el contrario de hallar la mejor solución para cada problema específico, siempre con una mentalidad abierta hacia posibles modificaciones del proceso original.

Así, se describen tres soluciones integradas desarrolladas a la medida de las necesidades que se plantearon en ese caso: instalación de una nueva columna preflash de vacío, instalación de un nuevo horno de servicio múltiple y modificación del esquema de obtención de productos destilados.

3. DESARROLLO

La identificación de las soluciones de revamp para las unidades de topping y vacío de una refinería en particular comienza con el conocimiento de las características de la instalación existente desde el punto de vista del proceso. Para el caso que aquí se presenta, se parte de un esquema tradicional de unidades de topping y vacío tal como se muestra en la siguiente figura:

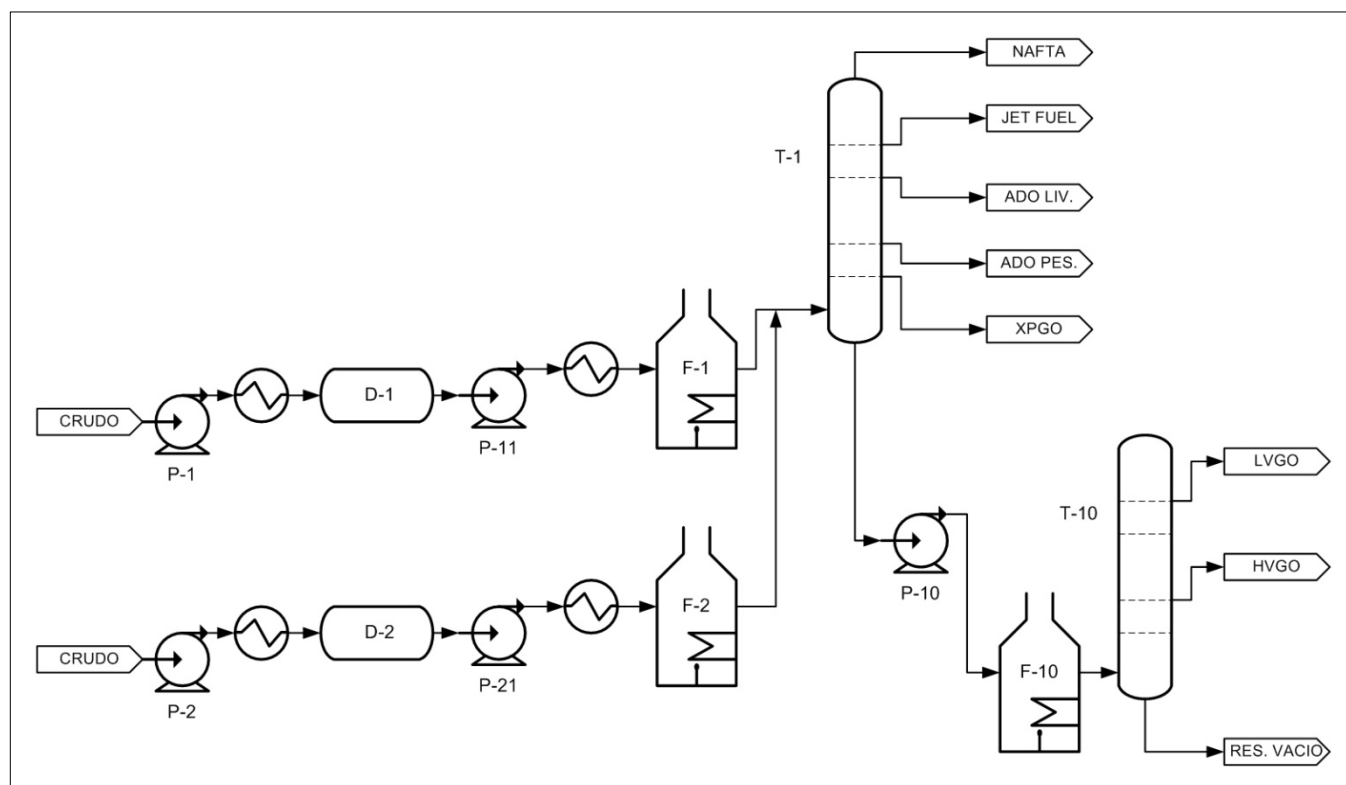


Figura 1: Configuración Actual

Como puede observarse en la **Figura 1**, para la capacidad actual de la planta se cuenta con una configuración de dos trenes de precalentamiento y desalado de crudo. Esta etapa de precalentamiento del crudo permite recuperar, hacia el crudo, el calor de las corrientes laterales de la columna atmosférica y de la columna de vacío, siendo esta una de las integraciones energéticas más importantes entre estas unidades de la refinería en cuestión. Además, se utilizan dos hornos independientes en paralelo para el calentamiento de crudo antes del ingreso a la columna de destilación atmosférica. La destilación atmosférica constituye la primera etapa de fraccionamiento del crudo en la refinería y a partir de la misma, se obtienen los siguientes cortes típicos de crudo: nafta, jet fuel, ADO Liviano (atmospheric diesel oil liviano), ADO Pesado (atmospheric diesel oil pesado), XPGO (gasoil extra pesado) y crudo reducido.

El crudo reducido que se obtiene del fondo de la columna de destilación atmosférica se envía directamente a la unidad de vacío, donde se calienta en un tercer horno antes de alimentarse a la columna de vacío, la cual permite obtener LVGO (light vacuum gasoil), HVGO (heavy vacuum gasoil) y residuo de vacío.

Una vez analizado este esquema de proceso, es necesario conocer cuáles son los requisitos básicos a considerar para el desarrollo de la ingeniería de revamp, en base a las características particulares de las

instalaciones. Se listan a continuación tales lineamientos:

- Modificaciones mínimas en las instalaciones existentes
- Espacio físico disponible limitado (layout)
- Operación de equipos existentes próximos a su capacidad operativa máxima
- Análisis de tiempo de vida útil remanente para equipos específicos
- Aprovechamiento energético, según esquema utilizado actualmente y nuevas alternativas posibles.
- Modificación del esquema operativo, en caso de ser necesario
- Capacidad de procesamiento de 130 kbpd de dos crudos diferentes (crudo pesado y crudo liviano)

A partir de la simulación rigurosa de las unidades de topping/vacío y de la verificación de cada uno de los equipos existentes en las mismas, se identificaron las siguientes limitaciones principales para alcanzar la capacidad de revamp requerida:

- ✓ Limitación, por pérdida de carga, en la capacidad del horno del tren de crudo 1 (F-1)
- ✓ Fin de vida útil del horno del tren de crudo 2 (F-2)
- ✓ Limitación, por capacidad de los internos, en la columna atmosférica (T-1)
- ✓ Limitación, por pérdida de carga y carga térmica, en el horno de vacío (F-10)
- ✓ Limitación, por capacidad de los internos, en la columna de vacío (T-10)

En la **Figura 2** que se presenta a continuación se muestran las limitaciones de los equipos mayores:

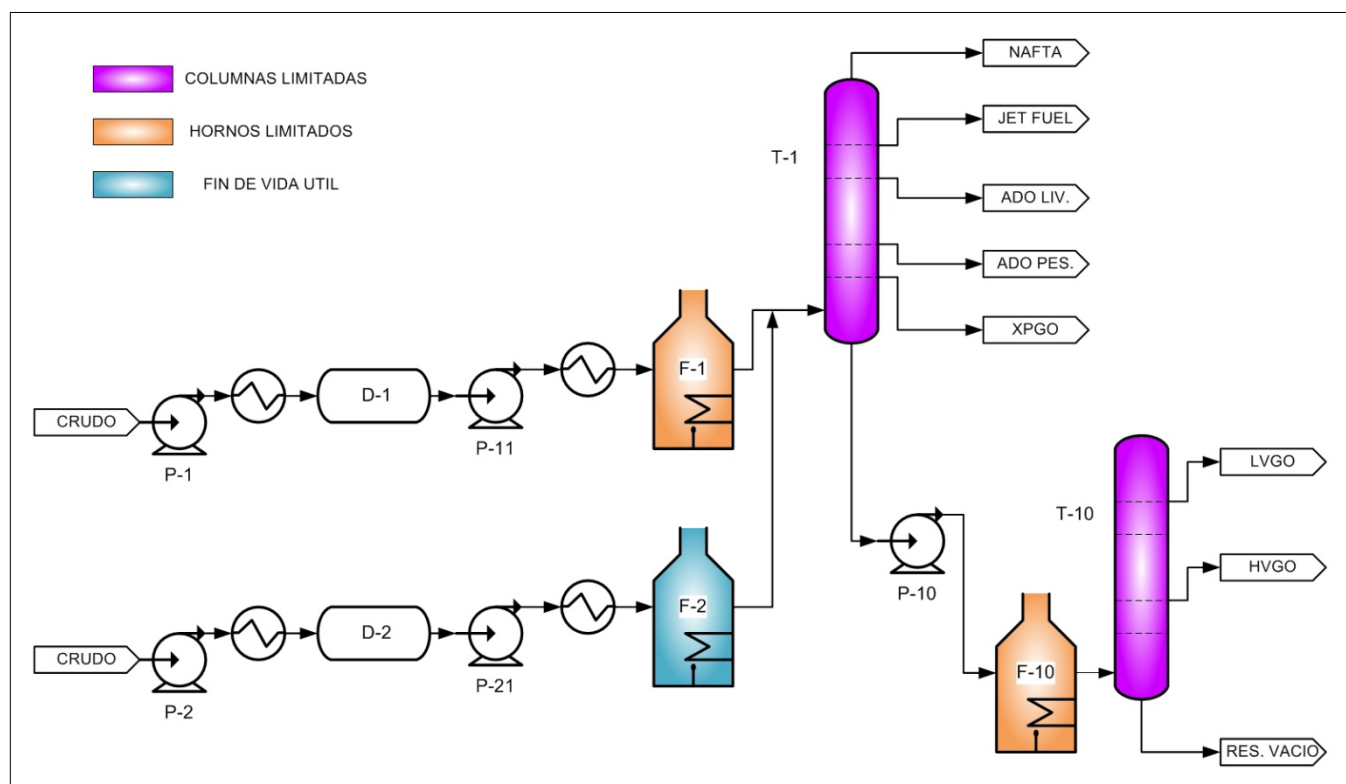


Figura 2: Limitaciones Principales

Frente a este escenario, típicamente se analizarían las siguientes alternativas clásicas como posibles intentos para alcanzar la capacidad requerida:

- Nueva columna de topping de mayor capacidad y nuevo horno de topping, reemplazando ó en paralelo con lo existente.
- Nuevas unidades de topping y vacío completas a operar en paralelo con las existentes.
- Nueva columna/separador preflash de la columna de topping y nueva columna preflash de vacío de la columna de vacío, más dos nuevos hornos.

Sin embargo, en base a las características de las instalaciones y del revamp requerido, se decide implementar una solución integral, estratégica y adaptada para este caso particular.

Las modificaciones y soluciones que se presentan a continuación forman parte de una ingeniería básica extendida ya completada y aprobada por el cliente. A los fines de este trabajo se presenta solamente el esquema central de las modificaciones introducidas en el proceso a modo de extracto representativo del desarrollo ya realizado para esa ingeniería.

La solución adoptada consiste en la modificación del esquema operativo de obtención de los distintos cortes de la unidad atmosférica mediante la instalación de una nueva columna preflash de vacío y un nuevo horno de crudo, tal como se muestra en la **Figura 3**.

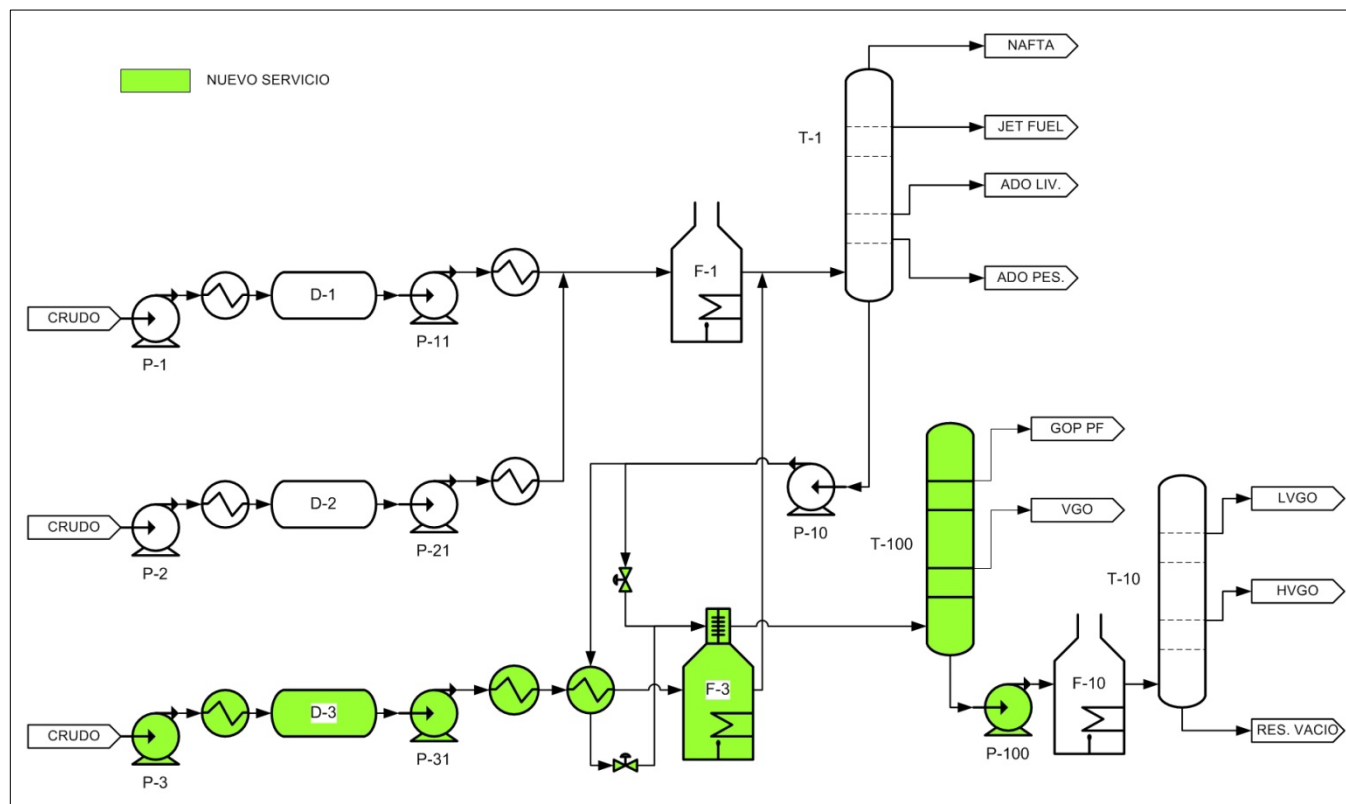


Figura 3: Configuración de Revamp

La estrategia adoptada se puede resumir básicamente en dos conceptos:

1. Operación de la zona flash de la columna de topping atmosférico a menor temperatura. La reducción

de la temperatura de fondo de la columna atmosférica genera a lo largo de la misma un nuevo perfil de temperaturas y por lo tanto un nuevo esquema de destilación, que permite la obtención de nafta y la recuperación parcial de ADO liviano y parte del ADO pesado en la columna actual, aprovechando al máximo la capacidad de la columna para recuperar los cortes más livianos y dejando bajar hacia el fondo aquellos que no puede manejar. De esta manera, para lograr el máximo rendimiento del crudo alimentado, el fondo de la columna atmosférica con alto contenido de ADO y XPGO se alimenta a una nueva columna.

2. Instalación de una nueva columna preflash de vacío. La instalación de una columna de estas características aguas abajo de la columna atmosférica, permite completar la recuperación del gasoil más valioso como GOP PF (gas oil pesado de preflash) y recuperar la cantidad que se requiere de VGO PF (vacuum gasoil de preflash) de manera que los hidrocarburos remanentes no comprometan la capacidad de la unidad de vacío existente aguas abajo, ya que esta última no será modificada en este caso. Para ello se debe calentar el crudo reducido de la primera columna hasta su vaporización parcial, utilizando un nuevo serpentín de recuperación de calor ubicado en la zona convectiva del nuevo horno de calentamiento de crudo del nuevo tren de alimentación a la unidad de topping atmosférico.

En la **Figura 4** que se muestra a continuación, se observa la modificación del esquema operativo de obtención de los distintos cortes de la unidad atmosférica:

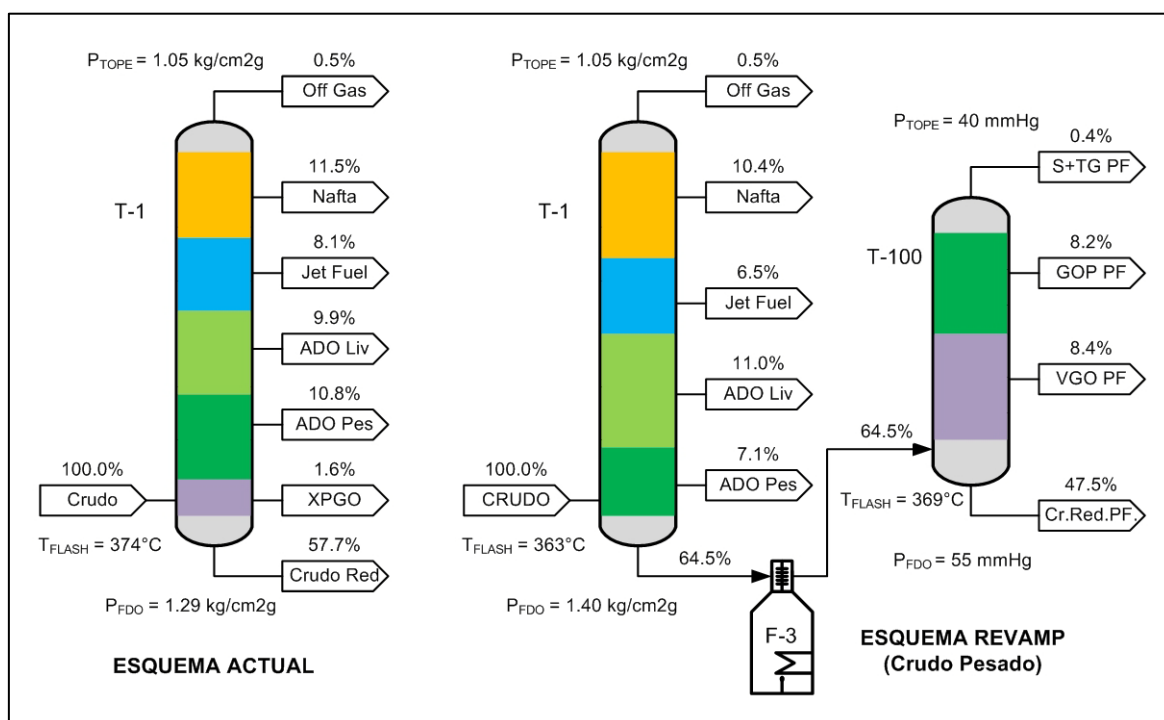


Figura 4: Nuevo esquema de obtención de cortes de crudo en la unidad atmosférica

Asimismo, esto genera una modificación del esquema operativo de obtención de los distintos cortes en la columna de vacío, y genera un impacto en la capacidad operativa del horno de vacío existente actualmente, logrando que su capacidad deje de ser una limitación a partir de la nueva corriente más pesada que se

alimentará al mismo.

En la **Figura 5** que se muestra a continuación, se observa la modificación del esquema operativo de obtención de los distintos cortes de la unidad de vacío:

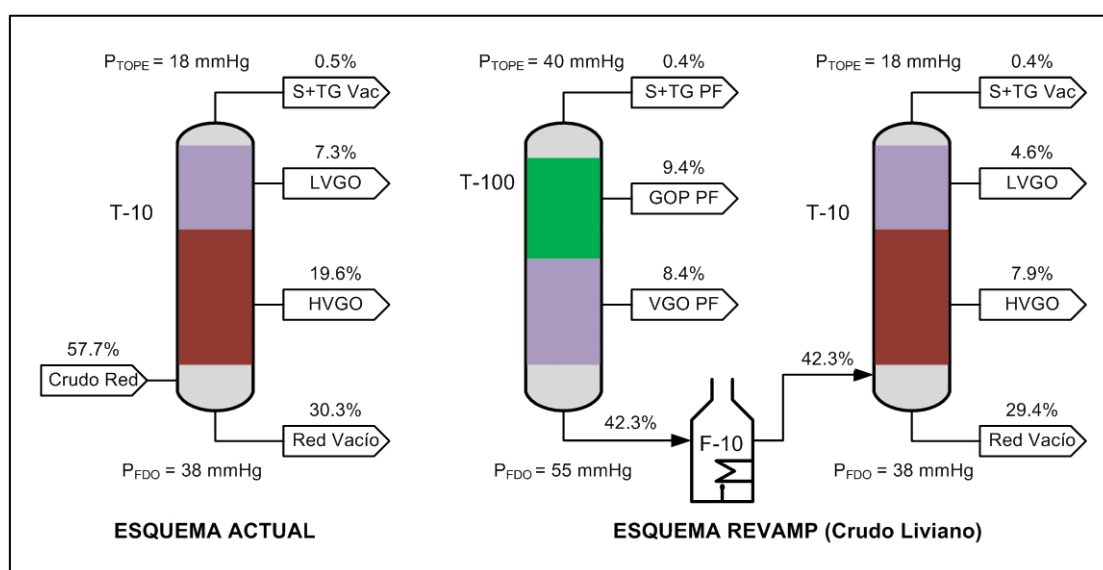


Figura 5: Nuevo esquema de obtención de cortes de crudo en la unidad de vacío

Mediante las modificaciones señaladas, se logran condiciones operativas viables y acorde a las capacidades de diseño, para todos los equipos indicados con limitaciones en la **Figura 2** anteriormente presentada.

Como parte de esta solución estratégica presentada, se requieren modificaciones complementarias para alcanzar el objetivo propuesto:

1. Nuevo tren de precalentamiento y desalado de crudo (tren 3). Se decide instalar un tren de precalentamiento de crudo independiente de los dos trenes existentes, para la capacidad adicional requerida. Para dicho precalentamiento se utilizarán las corrientes laterales y de productos de la nueva columna preflash de vacío presentada anteriormente, siguiendo con el esquema de aprovechamiento energético integrador existente en esta refinería. Adicionalmente, los trenes 1 y 2 se operarán a menor carga, logrando de esta manera las condiciones operativas requeridas para la condición de revamp.

La instalación de un tercer tren genera a su vez mínima intervención de las instalaciones actuales, y minimiza los tiempos de parada, que solo serán requeridos para interconexión.

2. Nuevo horno de calentamiento de crudo y crudo reducido (F-3). La instalación del nuevo horno para calentar el crudo que se alimenta por el nuevo tren de precalentamiento (tren 3), permite de alcanzar la condición operativa requerida para ingreso a la columna atmosférica. Adicionalmente, un serpentín de recuperación de calor en la zona convectiva del nuevo horno (horno de servicio múltiple), permite el precalentamiento de la corriente de fondo de la columna atmosférica que se alimenta a la nueva columna preflash tal como se observa en la **Figura 3**.
3. Modificación del servicio del horno F-1. El calor necesario para que el crudo del tren 2 alcance la

condición operativa de ingreso a la columna atmosférica será entregado por el horno existente en el tren 1. Es importante destacar que la modificación de la condición operativa de alimentación a la columna atmosférica y la disminución de la carga en los trenes 1 y 2, permite utilizar toda la capacidad del horno del tren 1 para cumplir con este servicio.

Mediante la estrategia de revamp adoptada se minimiza el reemplazo de equipos, logrando el objetivo propuesto solamente con una nueva columna preflash y un nuevo horno como soluciones principales.

El conjunto de modificaciones presentadas hasta el momento, contempla la posibilidad de variación en las características del crudo alimentado a estas unidades. Tal como se mencionó anteriormente, las unidades de topping y vacío son las más impactadas por la utilización alternativa de crudos livianos o pesados según disponibilidad en el mercado. Esto representa un desafío adicional que indudablemente debe tenerse en cuenta en la búsqueda de estrategias de revamp como la que se presenta en este trabajo, de manera de garantizar la flexibilidad operativa necesaria.

La utilización de una columna preflash de vacío permite justamente esa flexibilidad operativa buscada, en cuanto permite operar con crudos con mayor contenido de ADO maximizando el aprovechamiento de la columna atmosférica para recuperación de Nafta, Jet fuel y ADO liviano enviando la carga adicional de ADO a la columna preflash de vacío. Permite además operar con crudos más pesados a partir del máximo aprovechamiento de la columna atmosférica para recuperación de livianos y recuperación parcial de pesados, enviando menor carga a la columna preflash de vacío.

Para maximizar el beneficio obtenido en este revamp, se decidió diseñar una columna preflash de vacío con una zona de fraccionamiento de gasoil de producción, dedicada exclusivamente a tal fin. De esta manera se obtiene mayor recuperación y un mejor corte de producto según especificación, que no podría lograrse bajo el esquema de columna atmosférica/vacío actual.

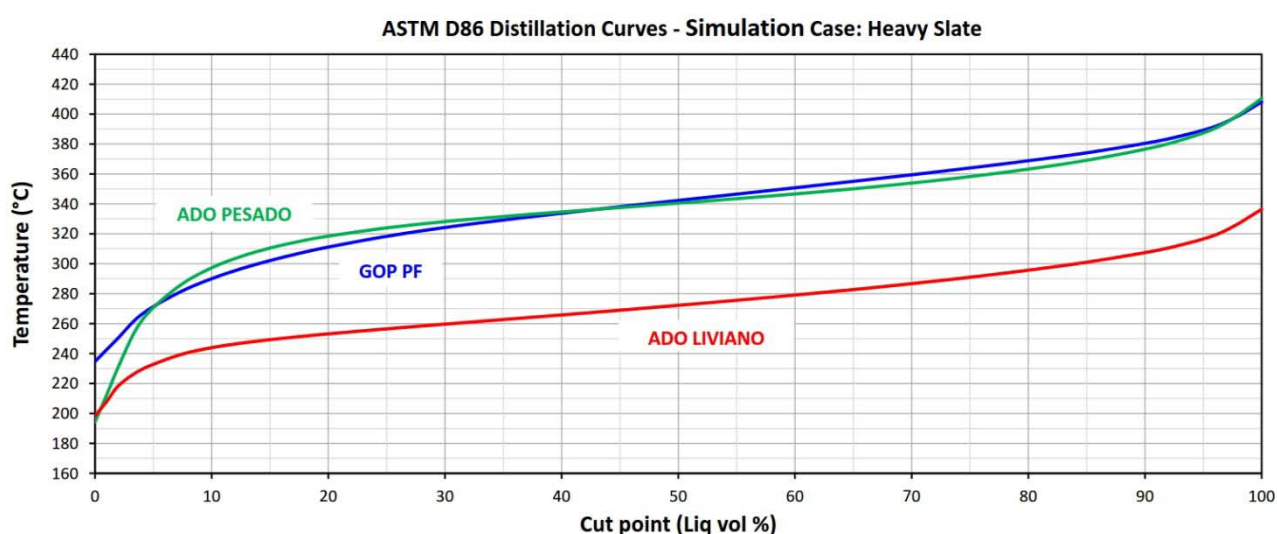


Gráfico 1: Calidad de Producto Gasoil

En el **Gráfico 1** puede verse que el gasoil recuperado en la parte superior de la columna preflash de vacío (GOP PF) tiene prácticamente la misma curva de destilación que el gasoil pesado de la columna de topping

(ADO Pesado) y está mejor fraccionado, lo que se evidencia por la pendiente de la curva en el primer 10% del ensayo de destilación.

Considerando que el ADO Liviano, el ADO Pesado y el GOP PF son productos finales de valor comercial directo (se destinan todos al pool de gasoil de venta) mientras que el LVGO y HVGO se alimentan a una unidad de conversión aguas abajo, el valor agregado por la columna preflash de vacío es evidente.

Los valores de caudales, rendimientos y calidad de los productos que se muestran a continuación se obtuvieron de las simulaciones rigurosas desarrolladas como parte de la ingeniería básica extendida para los escenarios caso actual y casos de revamp.

En la **Tabla 1** se muestra, en forma comparativa, la manera en que se modifican los rendimientos de obtención de los distintos cortes/productos.

Area	Caso Calidad	Original Crudo Actual		Revamp Crudo Pesado		Revamp Crudo Liviano	
	Productos / Cortes	Caudal (Sm3/h) (% vol)		Caudal (Sm3/h) (% vol)		Caudal (Sm3/h) (% vol)	
Topping	Crudo	550.1	100.0%	865.0	100.0%	865.0	100.0%
	Off Gas Atm	2.6	0.5%	4.4	0.5%	4.2	0.5%
	Nafta	63.1	11.5%	90.3	10.4%	123.3	14.3%
	Jet Fuel	44.6	8.1%	56.0	6.5%	63.0	7.3%
	ADO Liv	54.3	9.9%	95.0	11.0%	96.0	11.1%
	ADO Pes	59.3	10.8%	61.0	7.1%	56.0	6.5%
	XPGO	8.8	1.6%	-	-	-	-
	Crudo Reducido	317.3	57.7%	558.2	64.5%	522.5	60.4%
Preflash Vacío (PF)	Slop + Tail Gas PF	-	-	3.1	0.4%	3.0	0.4%
	GOP PF	-	-	71.2	8.2%	81.1	9.4%
	VGO PF	-	-	72.9	8.4%	72.8	8.4%
	Crudo Reducido PF	-	-	411.0	47.5%	365.6	42.3%
Vacío	Slop + Tail Gas Vacío	2.7	0.5%	4.1	0.5%	3.7	0.4%
	LVGO	40.2	7.3%	44.4	5.1%	39.6	4.6%
	HVGO	107.8	19.6%	67.6	7.8%	68.0	7.9%
	Residuo de Vacío	166.6	30.3%	294.9	34.1%	254.4	29.4%

Tabla 1: Rendimiento de Productos

En la **Tabla 2** puede observarse el impacto que generan las modificaciones en el rendimiento de gasoil tanto para un crudo liviano como para un crudo pesado, respecto de la situación actual.

Caso Calidad	Original Crudo Actual		Revamp Crudo Pesado		Revamp Crudo Liviano	
Productos / Cortes	Caudal (Sm3/h) (% vol)		Caudal (Sm3/h) (% vol)		Caudal (Sm3/h) (% vol)	
Crudo	550.1	100.0%	865.0	100.0%	865.0	100.0%
Pool Producto Gas Oil	113.6	20.7%	227.3	26.3%	233.1	26.9%
Gas Oil Alim U.Conv.	156.8	28.5%	184.9	21.4%	180.4	20.9%

Tabla 2: Producto Gasoil vs. Alimentación a Unidad Conversión

Como puede observarse, las modificaciones propuestas permiten un aumento del rendimiento de gasoil de magnitud considerable tanto para crudo liviano como para crudo pesado, disminuyendo en consecuencia el porcentaje de XPGO+VGO que se deberá procesar en la unidad de conversión.

Por otro lado, cuando se plantea la posibilidad de un revamp del 50% de incremento de capacidad, indudablemente surgen escenarios operativos que deben contemplar la operación de estas unidades a menores cargas de alimentación. Y es en este sentido que la estrategia de revamp propuesta también permite garantizar la adecuada operación de estas unidades. De acuerdo con la ingeniería básica extendida desarrollada, se puede operar, por ejemplo al 45% de carga con la columna preflash, el nuevo horno y el tren 3 de alimentación de crudo fuera de servicio. También está previsto operar al 70% de carga con el tren 2, el horno de vacío y la columna de vacío fuera de servicio. En este sentido es importante destacar que el aprovechamiento energético del tren 3 está asociado a corrientes laterales y recirculaciones de la nueva columna preflash.

Otro de los desafíos a considerar en el desarrollo de una ingeniería de esta magnitud y con estas características, está asociado a la definición del nuevo layout. En este sentido, la elección de una estrategia de revamp debe estar en concordancia con las posibilidades reales de llevar adelante las modificaciones propuestas. Para ello es necesario cumplir con los lineamientos de distancias mínimas y distancias de seguridad para la instalación de nuevos equipos, aprovechando los espacios disponibles y reubicando equipos en aquellos casos en los que sea estrictamente necesario.

Por último, cuando se evalúa este tipo de revamps es importante tener en cuenta no sólo el hecho de minimizar el reemplazo o agregado de equipos, tal como describimos para este caso mediante soluciones estratégicas, sino también el hecho de desarrollar una ingeniería que genere tiempos de parada mínimos para adaptación de las instalaciones existentes a la nueva configuración de revamp. Esto se logra a partir del estudio detallado de las unidades y del layout actual, de los diversos ruteos actualmente existentes y de la identificación de puntos óptimos de interconexión. Sólo de esta manera pueden minimizarse también los tiempos de parada de planta y el costo asociado, de manera de equiparar el costo de inversión de una estrategia de revamp de estas características con todas las ventajas asociadas mencionadas, con alguna de las soluciones tradicionales no consideradas en este caso en base a los requerimientos específicos.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de estrategias no tradicionales de revamp de unidades de topping y vacío constituye un desafío que requiere un estudio detallado de las instalaciones existentes y de las necesidades del cliente. Este tipo de soluciones, diseñadas a la medida de las necesidades de cada refinería, pueden permitir la adaptación satisfactoria a un nuevo escenario de alta demanda de capacidad y flexibilidad.

Las soluciones presentadas constituyen sólo una parte representativa de las modificaciones propuestas en una ingeniería básica extendida de revamp completamente desarrollada bajo los lineamientos mencionados. La instalación de una columna preflash de vacío y un nuevo horno para el revamp de las unidades de topping y vacío tomadas como modelo, permiten no sólo el aumento de capacidad de procesamiento de crudo sino también la mejora en la calidad de los productos y un mejor rendimiento de los mismos, tal como se observó en base a los datos presentados de la simulación del balance de masa y energía para la refinería considerada. Esto es particularmente importante en el caso del gasoil en cuanto se incorpora una nueva zona de fraccionamiento que permite una mayor recuperación de este producto comercialmente valioso. Estas soluciones permiten cumplir con los lineamientos fijados y garantizan la flexibilidad operativa y versatilidad requeridas en lo que respecta al impacto generado por la alimentación de distintos crudos a estas unidades primarias.

Desde el desarrollo de la ingeniería, la modificación del esquema operativo de obtención de los distintos cortes de las unidades de topping y vacío, representa una solución específica y estratégica para el escenario planteado. Si bien las modificaciones requeridas para un revamp de la magnitud propuesta son integrales, el estudio detallado de las instalaciones permite minimizar la intervención de las unidades existentes.

Este trabajo pretende mostrar algunas de las ventajas que pueden lograrse mediante la realización de este tipo de análisis con la intención de no perder una potencial oportunidad en el momento de requerirse un aumento de capacidad.

5. BREVE CV DE LOS AUTORES

María Bárbara Lamborizio es Ingeniera Química recibida de la Facultad de Ingeniería de la UBA. Anteriormente trabajó en YPF. Desde 2010 se desempeña en Hytech Ingeniería, siendo actualmente Ingeniera Sr. de Procesos.

Claudia Chiappe es Ingeniera Química recibida de la Facultad de Ingeniería de la UBA. Anteriormente trabajó en Shell. Desde 2005 se desempeña en Hytech Ingeniería, siendo actualmente Ingeniera Consultor de Procesos.

Luis Baikauskas es Ingeniero Químico recibido de la Facultad de Ingeniería de la UBA. Desde 1995 se desempeña en Hytech Ingeniería, siendo actualmente Ingeniero Consultor de Procesos.