

PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COMPLEJO PUERTO GRAL. SAN MARTÍN

Autor: Carlos R. Areitio (carlos.areitio@petrobras.com)

PETROBRAS ARGENTINA S.A.

SINOPSIS

En las plantas de Reforma y de Estirénicos del Complejo Puerto Gral. San Martín de Petrobras Argentina se están llevando a cabo proyectos de recuperación energética, que presentan diferentes grados de ejecución.

Estos proyectos de eficiencia energética se pueden dividir en dos grandes grupos: los que recuperan energía en los hornos y los que lo hacen actuando sobre los procesos.

El aumento de eficiencia en los hornos se logra aumentando la capacidad de las zonas convectivas. Ahora bien, dado que los hornos sobre los cuales se aplican los proyectos están en servicio, se presentan limitaciones estructurales, de capacidad de sus diferentes partes, o de ejecución práctica, que obligan a aplicar soluciones diferenciadas para cada caso.

Respecto de los proyectos que se aplican sobre los procesos, en uno de ellos se modifica el circuito de refrigeración de una de las plantas para aprovechar los niveles térmicos disponibles, en otros se aumenta la capacidad de los trenes de intercambio carga-efluente de hornos, y en otro finalmente se plantea la recuperación de energía de una corriente que actualmente la entrega a agua de enfriamiento.

En muchos de los proyectos se obtiene no sólo recuperación de la energía, sino también beneficios en los procesos, como ser aumento de recuperación de compuestos valiosos, aumento de capacidad de la planta o flexibilidad para diferentes alimentaciones.

Todos los proyectos tienen, además del efecto intrínseco de disminución de emisiones de carbono, el beneficio de disminuir el consumo de gas natural en planta, lo cual resulta muy importante desde el punto de vista económico y estratégico, especialmente en invierno. Finalmente, a partir del aumento del costo de la energía que se ha dado en los últimos años, todos los proyectos resultan muy rentables.

INTRODUCCIÓN

El Complejo de Puerto Gral San Martín consta de tres plantas productoras: Reforma, Estirénicos y Caucho, y una planta de servicios o Usina.

La Reforma es del tipo petroquímico, por lo cual a las unidades típicas de Desulfurización y Reforma se agrega la de Recuperación de Aromáticos, que abastece de benceno a la de Estirénicos. Como consecuencia, esta planta produce otros aromáticos: tolueno, xilenos, high-flash. También produce

hexano full grade y propelente para uso cosmético. La capacidad de procesamiento de la planta es de 2000 m³/día de nafta virgen.

La planta de Estirénicos consta de tres unidades: la de Etileno, que lo produce a partir de propano y butanos, la de Etilbenceno que lo produce a partir de etileno y benceno y la de Estireno que lo produce a partir del etilbenceno. Parte del etileno usado proviene de una unidad situada en San Lorenzo. La capacidad de producción de estireno es de 450 Tm/día.

La planta de Caucho produce caucho sintético a partir de estireno y butadieno, y en menor medida acrilonitrilo. Tiene una capacidad de producción de 160 Tm/día promedio.

Las plantas fueron diseñadas a principios de los años '60, en un contexto de bajos costos de energía, por lo cual no había incentivos para invertir en aras de su optimización energética.

El desarrollo de los proyectos de eficiencia energética tuvo su origen en la decisión de la Empresa de implementar proyectos que tuviesen beneficios para el medio ambiente, medibles por reducción de emisiones de carbono. A medida que se fueron desarrollando los proyectos, se evidenció que, adicionalmente a este beneficio, presentaban una muy buena rentabilidad, por el aumento del costo de energía que se fue produciendo en los últimos años.

Por otra parte, nuestro Complejo posee una Usina que lo abastece de energía eléctrica y vapor y es alimentada con gas natural. Se presentan épocas en que hay una gran restricción de este fluido, lo cual obliga a reemplazarlo por combustible líquido, más caro y a menudo con dificultades de abastecimiento. Los proyectos de eficiencia energética producen una importante reducción en su consumo, por lo cual adquieren una importancia estratégica.

DESARROLLO

Estos proyectos de eficiencia energética se pueden dividir en dos grandes grupos: los que recuperan energía en los hornos y los que lo hacen actuando sobre los procesos.

1. Recuperación de energía en hornos

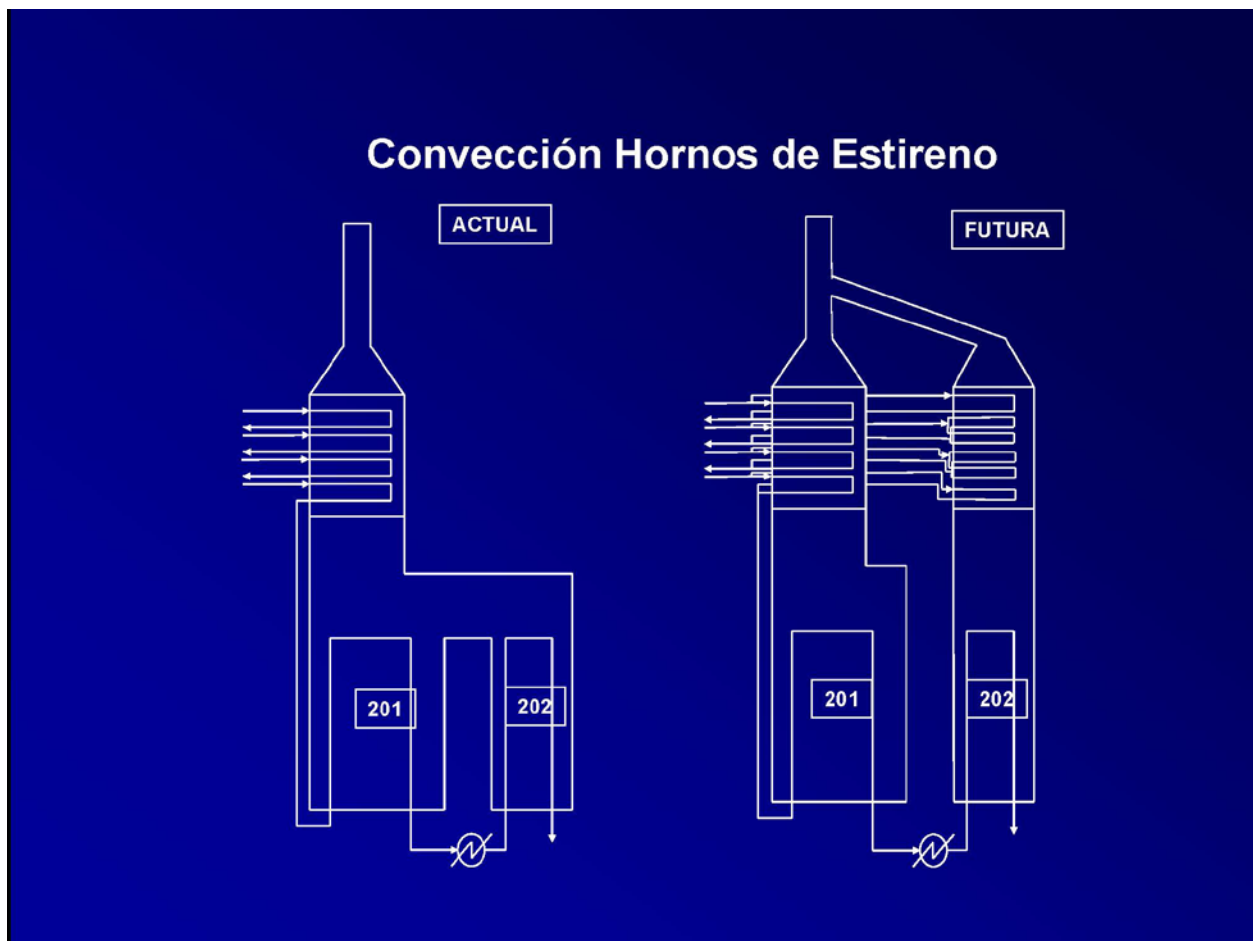
El aumento de eficiencia en los hornos se logra aumentando la capacidad de las zonas convectivas. Ahora bien, dado que los hornos sobre los cuales se aplican los proyectos están en servicio, se presentan limitaciones estructurales, de capacidad de sus diferentes partes, o de ejecución práctica, que obligan a aplicar soluciones diferenciadas para cada caso.

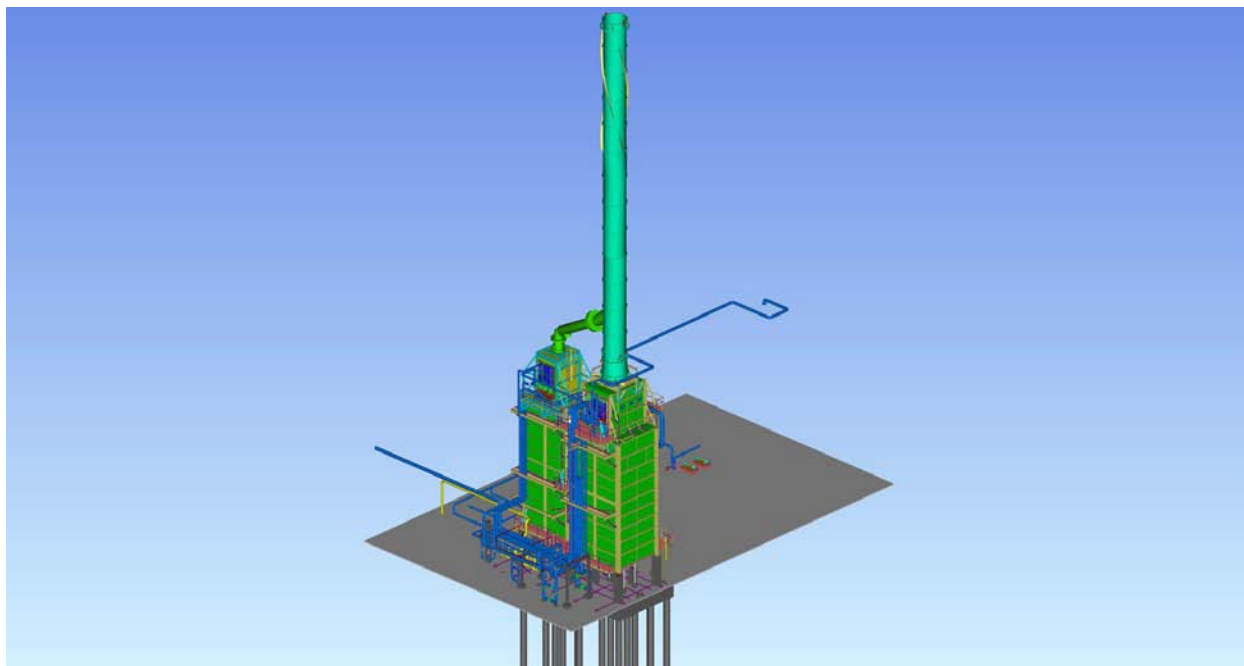
1.1. Remodelación de hornos de Estireno

En el año 2006 se llevó a cabo un proyecto de ampliación de capacidad de la unidad de Estireno de PGSM. Realizado en un escenario de restricción de inversión, una de sus premisas fue la de cubrir la mayor demanda calórica de los hornos manteniendo la zona de convección existente.

El objetivo se logró manteniendo la caja de convección original común a los dos hornos de Estireno (la misma está montada sobre el más grande). Dado que el volumen de gases de combustión generados para el aumento de capacidad deseado se incrementó en un 50%, para disponer de la caída de presión necesaria se debió cambiar la chimenea por una de mayor sección y extraer parte de los tubos de dicha caja de convección. La temperatura en la base de la chimenea pasó de los de 150 °C originales a 377 °C, reduciéndose así considerablemente la recuperación de energía.

El objetivo de este proyecto es de recuperar la eficiencia calórica de diseño previa al revamping. Esto se consigue incrementando el área de intercambio de la zona de convección. Para ello se repondrán los tubos extraídos de la caja de convección situada sobre el horno más grande, y se instalará una zona de convección sobre el horno más pequeño. La chimenea de salida de este horno se unirá a la de salida del horno mayor.





Se obtendrá una producción de aprox. 72 Tm/d de vapor de 600 lb/pulg², equivalente a un ahorro de consumo de gas natural del orden de los 6400 m³/d.

La inversión final será de 1.500.000 U\$S aproximadamente. La TIR será del 39 %, con un pay-out de 2,8 años.

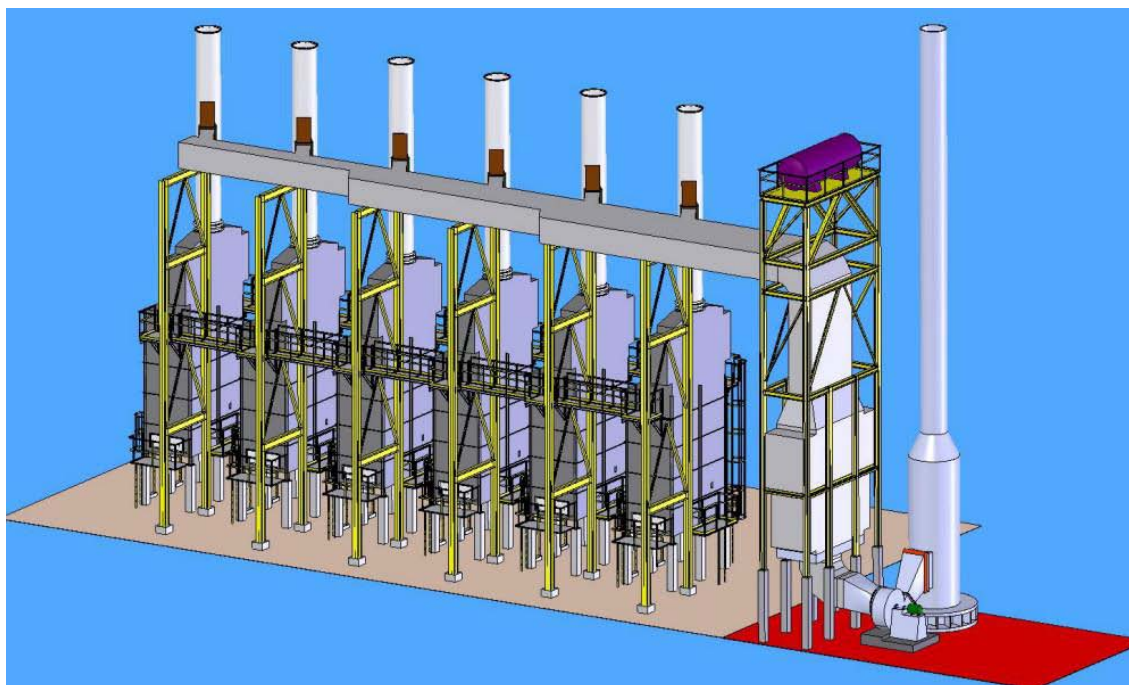
Este proyecto se terminará de ejecutar a fines del presente año.

1.2. Caja de convección en hornos de Etileno

Este proyecto tiene como objetivo la recuperación de energía de los gases de combustión de los hornos de craqueo de la Unidad de Etileno de PGSM. Para ello las descargas a chimenea de los gases de combustión de los diferentes hornos se enviarán, a través de un colector común, a una nueva caja de convección.

Los seis hornos de craqueo de la Unidad de Etileno mantienen el diseño original que data de principios de los años '60. En un contexto de bajo costo de energía, el diseño de las zonas de convección no contemplaba la recuperación de la energía sino solamente lograr el precalentamiento de la carga, descargándose los gases de combustión a una temperatura de 630 °C en base de chimenea.

El proyecto se basa en la recuperación de la energía contenida en los gases de combustión. Para ello estos gases serán conducidos por medio de un colector común hacia una nueva caja de convección, para generar vapor de 600 lb/pulg². Los gases efluentes de la caja de convección abandonarán la misma a una temperatura de 150 °C, aspirados por un ventilador de tiro inducido para su descarga al ambiente. Se instalará también un tambor de vapor (domo), que interactuará con la caja de convección.



Se obtendrá una producción de aprox. 168 Tm/d de vapor de 600 lb/pulg², equivalente a un ahorro de consumo de gas natural del orden de los 15.000 m³/d.

La inversión estimada es de 4.250.000 U\$. La TIR sería del 34 %, con un pay-out de 3,2 años.

La ingeniería básica extendida está concluida. Durante el presente año se realizará la ingeniería de detalle.

1.3. Caja de convección en hornos de Reforma

Las zonas de convección de los tres hornos de la unidad de Reformado y la correspondiente al horno de la unidad de hidrodesulfurización responden al diseño original que data de principios de los años '60, con el propósito de precalentamiento de la alimentación. Los gases de combustión escapan a temperaturas del orden de los 500 °C y la eficiencia resultante se encuentra en el entorno de 70%.

Para recuperar la energía contenida en los gases de combustión el proyecto prevé incorporar una caja de convección que enfríe los gases a una temperatura de 150 °C, con características constructivas similares a las indicadas en el proyecto de Etileno que tiene el mismo objetivo, produciendo vapor de 600 lb/pulg².

Se obtendrá una producción de aprox. 85 Tm/d de vapor de 600 lb/pulg², equivalente a un ahorro de consumo de gas natural del orden de los 7.500 m³/d.

La inversión estimada es de 3.000.000 U\$. La TIR sería del 25 %, con un pay-out de 4,4 años.

La ingeniería básica está en proceso de ejecución. Se debe tener en cuenta que ésta guarda gran similitud con la del proyecto de Etileno, ya completada.

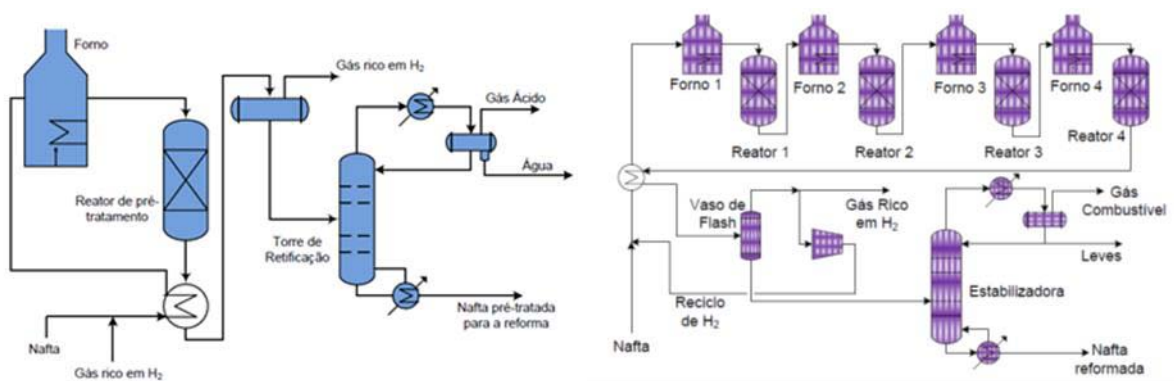
2. Recuperación de energía en procesos

En estos proyectos se obtiene no sólo recuperación de la energía, sino también beneficios en los propios procesos, como ser aumento de recuperación de compuestos valiosos, aumento de capacidad de la planta o flexibilidad para diferentes alimentaciones.

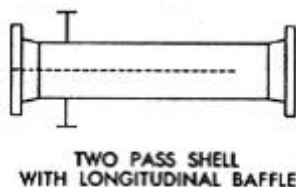
2.1. Trenes de intercambio HDS y Reforma

En la planta de Reforma se encuentran las unidades de Hidrodesulfurización (HDS) y Reforma propiamente dicha, que constan de reactores que trabajan a alta temperatura, del orden de 300 °C en el caso de HDS y de 500 °C en el de Reforma. Para que las cargas puedan alcanzar estas temperaturas se emplean hornos y trenes de intercambio calórico.

Los trenes de intercambio calórico tienen la función de aprovechar el calor contenido en la corriente efluente de los reactores para precalentar la carga a los hornos, con los cuales se obtiene la temperatura final de carga a los reactores.



De la eficiencia de estos trenes depende la carga calórica requerida para los hornos. En nuestra planta los trenes de intercambio están compuestos por intercambiadores tipo AFS, de dos pasos por tubos y por carcasa. Los dos pasos por carcasa se obtiene por medio de un baffle longitudinal.

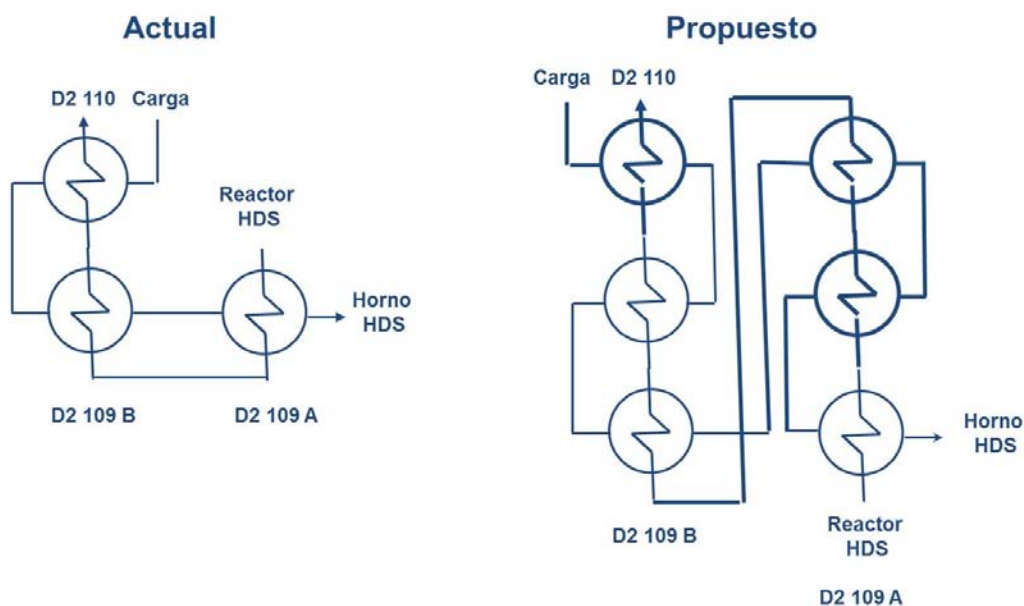


Este baffle debe tener un buen sello contra la carcasa, de lo contrario se produce bypass entre la parte superior e inferior de la carcasa, con la consiguiente pérdida de eficiencia térmica.

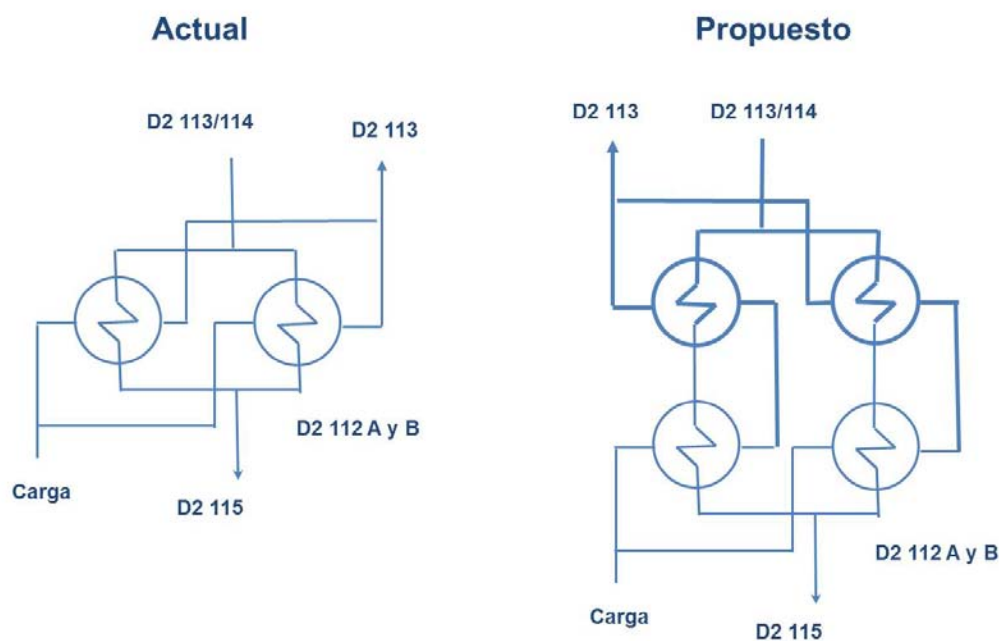
El mazo de tubos se debe extraer para limpieza, y el tipo de sello que se usó históricamente, de tiras finas deformables, se deterioraba, a pesar de reponerlo al recolocar el mazo de tubos. Como consecuencia, estos intercambiadores tenían menor eficiencia que la teórica. Esto llevó a que en un principio se

propusiera un proyecto de adición de intercambiadores a ambos trenes para recuperar la energía perdida por la menor eficiencia de los intercambiadores instalados.

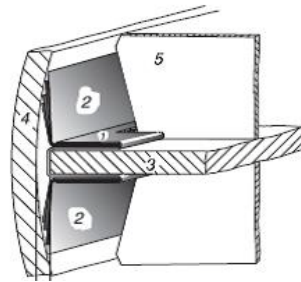
Tren de intercambio HDS



Tren de intercambio Reforma



Por ese entonces se presentó la opción de usar un nuevo tipo de sello, de tiras flexibles.



Se decidió en consecuencia probarlo, y los resultados obtenidos fueron óptimos.

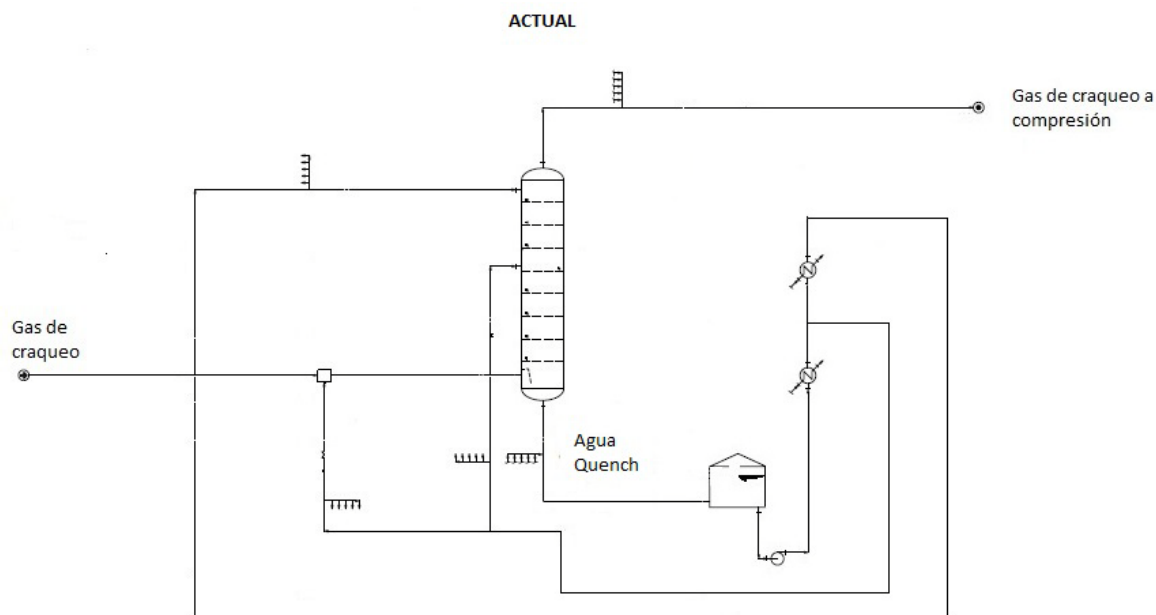
Al conseguir la eficiencia esperada con los nuevos sellos, no sólo se alivió la carga calórica a los hornos, con el consiguiente ahorro en el consumo de gas natural, sino que también se obtuvo un efluente más frío, con lo cual se retuvieron compuestos valiosos en los líquidos, que anteriormente formaban parte de los gases, los cuales son usados como combustible.

El costo de los nuevos sellos fue de 60.000 U\$S, mientras que se obtuvo un ahorro de 8.400 m³/d de gas natural, valuado en 570.000 U\$S/año, y la recuperación de hidrocarburos valiosos, con un beneficio de 2.000.000 U\$S/año.

2.2. Quench de aceite en Etileno

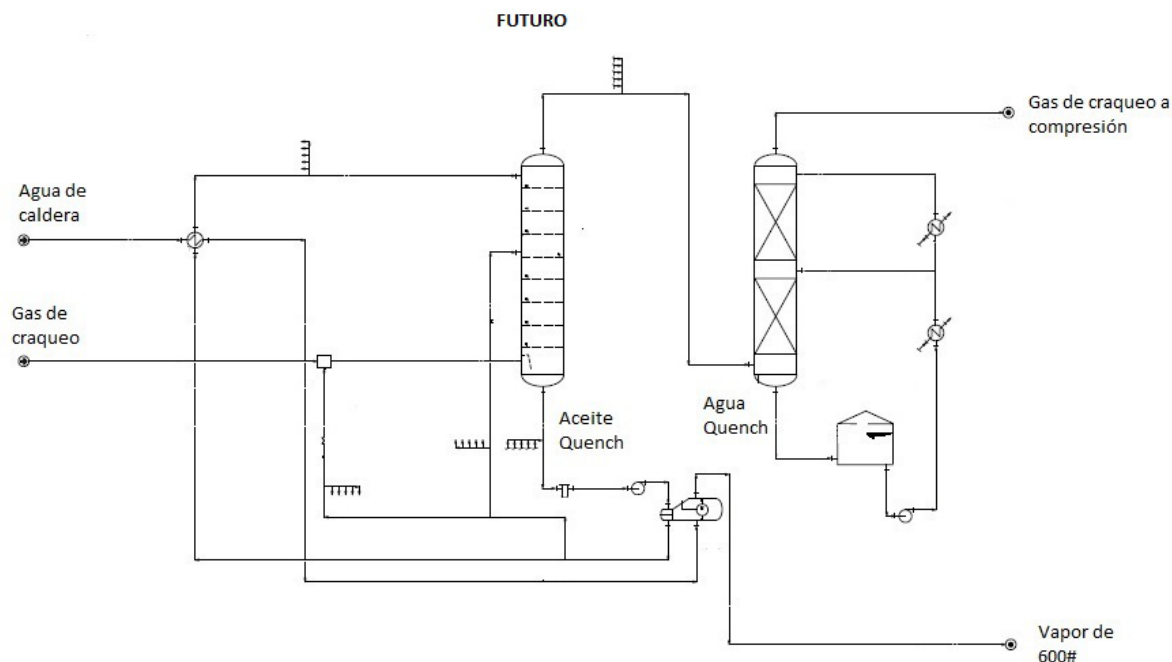
Este proyecto tiene como objetivo la recuperación de energía de los gases de salida de reacción de los hornos de craqueo de la Unidad de Etileno de PGSM.

El área quench de los seis hornos de craqueo de la Unidad de Etileno responde al diseño original de la Unidad de Etileno de PGSM, que data de principios de los años '60. El costo de la energía correspondiente a ese período no justificaba incurrir en la inversión asociada a su recuperación. Tanto es así que en los hornos de craqueo la corriente de salida, con una temperatura de aproximadamente 860 °C, se enfría en una torre quench con agua. El agua quench recircula pasando por intercambiadores con agua de enfriamiento, donde entrega el calor recibido. De este modo, no hay aprovechamiento del calor contenido en la corriente citada.



Con el fin de recuperar la energía contenida en los gases de craqueo el proyecto prevé incorporar un área de quench con aceite. El aceite se pondrá en contacto con los gases de craqueo calientes, utilizándose para tal fin las actuales torres quench de agua. El aceite recirculará, utilizándose nuevas bombas e intercambiadores, en donde entregará el calor absorbido, para la producción de vapor de 600 lb/pulg². El vapor de 600 lb/pulg² que se producirá tendrá una temperatura de 256 °C, levemente superior a la de saturación, y se usará como vapor de calefacción en la planta de Etilbenceno vecina.

Los gases de craqueo de salida de estas quench tendrán aproximadamente 200 °C, y se enfriarán en una nueva única torre quench de agua. La carga calórica en esta torre será muy inferior a la actual, de modo que se utilizarán los intercambiadores y bombas del actual sistema quench de agua.



Dado que la capacidad de intercambio se deteriora a lo largo de la corrida, debido al ensuciamiento progresivo de intercambiadores, para mantener el agua de recirculación lo suficientemente fría se debe incorporar agua de reposición (agua de río clarificada), con el correspondiente drenaje equivalente por parte del agua de recirculación. Este drenaje de agua clarificada caliente que sobrecarga la unidad de tratamiento de efluentes se minimizará.

Por otra parte, con una baja inversión adicional se podrá eliminar la limitación que un sistema tradicional de quench con agua tiene cuando se craquean líquidos, es decir excesiva formación de emulsión por arrastre de hidrocarburos libres.

En consecuencia, el nuevo sistema no sólo recuperará energía de alto valor térmico por generación de vapor de alta presión sino que además disminuirá la carga de agua sobre el sistema de tratamiento de efluentes, y permitirá dar flexibilidad al área de reacción para procesar cargas líquidas tales como fracciones de nafta liviana y/o refinado.

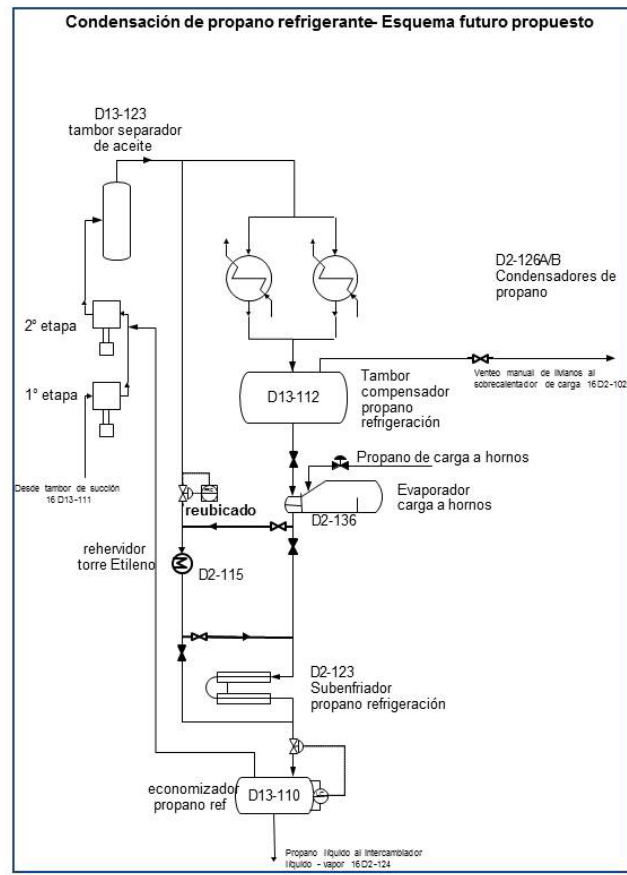
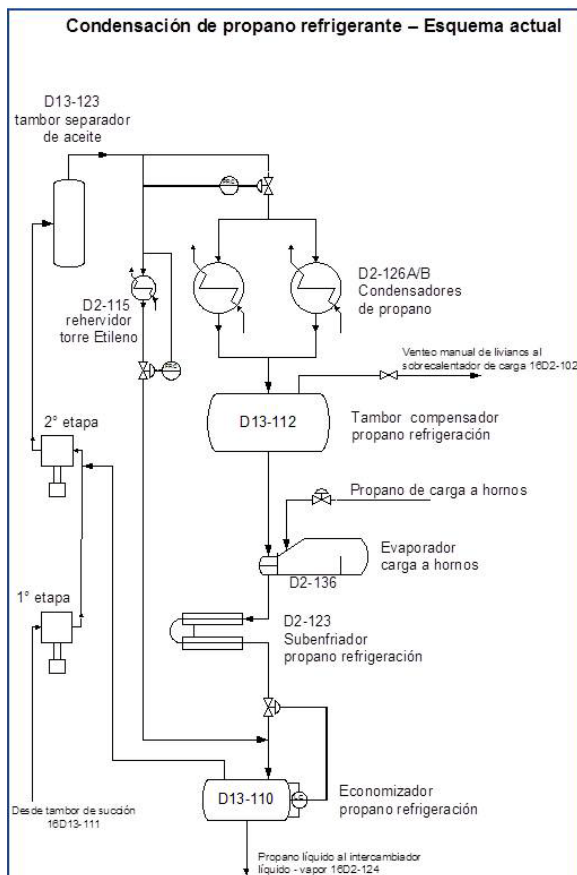
Se obtendrá una producción de aprox. 347 Tm/d de vapor de 600 lb/pulg2 levemente sobrecalentado (256 °C), correspondiente a 309 Tm/d de vapor de 600 lb/pulg2 producidas en el Complejo (370 °C), equivalente a un ahorro de consumo de gas natural del orden de los 27.700 m3/d.

La inversión estimada es de 5.350.000 U\$. La TIR sería del 47 %, con un pay-out de 2,3 años.

La ingeniería básica extendida está concluida. Próximamente se realizará la ingeniería de detalle.

2.3. Refrigeración de Etileno

Se modificó la posición relativa de los condensadores con agua y el rehervidor de la torre de Etileno en el circuito frigorífico, a fin de optimizar el aprovechamiento de los niveles térmicos. El rehervidor de la torre de Etileno se ubicaba paralelamente a los condensadores con agua, actuando todos como condensadores del propano refrigerante. Dado que la temperatura en el fondo de la torre de etileno está entre 0 y 2 °C, se propuso reubicar al rehervidor para que actúe como subenfriador del propano refrigerante líquido.



Como consecuencia de la optimización indicada, se requiere una menor circulación de propano vapor por los compresores de propano de refrigeración, reduciéndose el consumo de energía en éstos.

Una alternativa de aplicación de este proyecto es de mantener la potencia original de los compresores, en cuyo caso se verificará un aumento de capacidad frigorífica del circuito, que se podrá aplicar especialmente en los meses de verano, cuando las condiciones ambientales restringen la capacidad de éste.

Se obtuvo un ahorro de aprox. 30 Tm/d de vapor de 150 lb/pulg², equivalente a un ahorro de consumo de gas natural del orden de los 2.600 m³/d.

La inversión fue de 140.000 U\$\$. La TIR sería fue 133 %, con un pay-out de 0,8 años.

El proyecto ya fue ejecutado con éxito.

CONCLUSIONES

Los proyectos de eficiencia energética que se desarrollan en el Complejo Puerto Gral. San Martín de Petrobras presentan diferentes grados de ejecución, más en todos los casos tienen como característica común la rentabilidad y la importancia estratégica por el ahorro de gas natural, especialmente en épocas de restricción de este fluido.

Proyectos de Eficiencia Energética

Proyectos	Inversión	TIR	Ahorro gas
Remodelación Hornos de Estireno	1,5 MMU\$S	39 %	6400 m3/d
Caja Convección Hornos de Etileno	4,25 MMU\$S	34 %	15000 m3/d
Quench Aceite Etileno	5,35 MMU\$S	47 %	27700 m3/d
Caja Convección Hornos de Reforma	3 MMU\$S	25 %	7500 m3/d
Trenes de Intercambio HDS y Reforma	0,06 MMU\$S		8400 m3/d
Refrigeración Etileno	0,14 MMU\$S	113 %	2600 m3/d

Total de ahorro en gas equivalente: 67.600 m3/d

En muchos de los proyectos se obtiene no sólo recuperación de la energía, sino también beneficios en los procesos, como ser aumento de recuperación de compuestos valiosos, aumento de capacidad de la planta o flexibilidad para diferentes alimentaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Petrobras Argentina S.A. – Informes internos

CV DEL AUTOR

Carlos Areitio

Ingeniero Químico, Universidad Nacional del Litoral

Ingeniero en Petróleo especialización gas, Universidad de Buenos Aires

Cargo actual: Analista Consultor de Tecnología, Gerencia de Optimización y Tecnología, Petrobras Argentina S.A.

Anteriores posiciones:

Petrobras Energía S.A.: Ingeniero de Proyectos Sr.

Pecom Energía S.A.: Ingeniero de Procesos Sr.

Gas del Estado S.E.: 2° Jefe de Operaciones planta Gral. Cerri Bahía Blanca