

Downstream

Las tecnologías en la refinación

La refinación es uno de los sectores más dinámicos de la industria del petróleo y, por lo tanto, la incorporación de tecnologías se produce con una cierta velocidad. En este sentido, ¿cuáles son las tecnologías más revolucionarias que se han incorporado en los últimos años y qué efecto han tenido en los costos de producción?

La redacción de Petrotecnia se propuso hacer una "puesta al día" de este tema y elaboró un cuestionario que fue enviado a un grupo de empresas internacionales. Respondieron: José Lluch Urpí, consultor senior de I+D Refino de Repsol YPF; Irani Carlos Varella, superintendente del Centro de Investigación y Desarrollo (CENPES) de Petrobras. Además, se incluye en esta nota un recuadro con "Los retos tecnológicos del refino en Europa".

Repsol YPF

José Lluch Urpí,
Consultor Senior de I+D Refino

1) Los procesos de refino se caracterizan porque representan a un estado "maduro" de las tecnologías involucradas, por otro lado en el sistema de refino existente en cada refinería conviven procesos diseñados hace muchos años con otros más modernos y con aportaciones al margen de refino cuya magnitud no necesariamente se corresponde con su innovación tecnológica.

En los procesos de conversión catalíticos, las nuevas generaciones de catalizadores tanto en lecho fluido (FCC) como en lecho fijo (*Hydrocracking*) han permitido optimizar rendimientos y calidades de productos. La incorporación de catalizadores bifuncionales en el proceso de reformado catalítico permite mejorar



de presión moderada.

Quizá las tecnologías más revolucionarias implantadas en estos últimos años correspondan, más que a los procesos, a la operación, así los sistemas de control avanzado junto con la aplicación del NIR al análisis en línea de las corrientes de proceso marcan una línea clara y definitoria para la optimización de las unidades,

su rendimiento en naftas y en hidrógeno. Por último, la exigencia de calidad de los gasóleos en cuanto a contenido en azufre ha propiciado la aparición en el mercado de catalizadores que permiten desulfurar por debajo de las 150ppm incluso con cargas de conversión y en condiciones

2) Más que a nivel de costos, es importante considerar el incremento en el margen de operación, y el cálculo de esta magnitud depende de la refinería, su sistema de refino y el entorno de su mercado. Para Repsol YPF las situaciones de mercado son distintas en la Argentina y en Europa, a nivel de este último entorno, con una demanda creciente en destilados medios (kerosenos y gasóleos) y estable, o incluso decreciente, en gasolinas, podemos decir que la incorporación de nuevos catalizadores en FCC y en *Hydrocracking* ha permitido incrementar los rendimientos sobre crudo en destilados desde el 39% en 1996 hasta el 45% en 1999. A nivel de FCC el incremento en destilados medios ha pasado a ser, en algunas de nuestras unidades, del 31% en 1996 al 41% en 1999.

1) ¿Cuáles son las tecnologías más revolucionarias que Uds. ha incorporado en la refinación en los últimos años?

2) ¿Qué efecto han tenido en sus costos la incorporación de estas tecnologías?

3) ¿Cuáles son los desarrollos tecnológicos que estima se incorporarán en el futuro?

3) Como consecuencia de las mayores restricciones en calidad, tanto en gasolinas como en gasóleos, la incorporación de procesos de Hidrodesaromatización con catalizadores más biorresistentes o incluso de procesos de *ring opening* para mejora sustancial de cetano junto con el desarrollo de catalizadores más selectivos a la calidad del diesel en los procesos de *Mild Hydrocracking* e *Hydrocracking* son los retos tecnológicos en el área de los gasóleos. En gasolinas, la limitación en su contenido en aromáticos forzaría a los procesos alternativos de producción de hidrocarburos de alto octanaje a partir de gases olefinicos vía alquilación, al desarrollo de catalizadores sólidos superácidos que sustituyan a las tecnologías basadas en fluorhídrico o sulfúrico. La eliminación de azufre en la nafta de FCC, vía catalítica y sin merma de octano o bien vía adsorción son dos vías de desarrollo futuro.

Los procesos de Hidroprocesamiento de residuos, capaces de suministrar una alimentación adecuada a los procesos de conversión catalítica deberán imponerse de forma paulatina en los esquemas de refino.

La tecnología de conversión GTL, basada en catalizadores Fischer Tropsch, capaz de rentabilizar los yacimientos de gas en localizaciones remotas aportará, en el futuro, componentes de combustibles de extraordinaria calidad o bases para la formulación de lubricantes de alto valor añadido.

Por último, una incógnita: la Bio-desulfuración podría tener a largo

plazo un lugar en los esquemas de refino si las técnicas actuales de modificación genética permiten la síntesis de organismos adecuados que confieran la selectividad deseada para este tipo de procesos.

Petrobras

Irani Carlos Varela,
Superintendente del Centro de Investigación y Desarrollo (CENPES)

1) Varias innovaciones desarrolladas a través del Programa de Tecnologías Estratégicas de Refinación -PROTER- han sido incorporadas al parque industrial de Petrobras en los últimos años. La tecnología de Craqueo Catalítico fue la que recibió una atención especial, con muchos desarrollos que componen el nuevo diseño para el procesamiento de cargas residuales.

Un novedoso sistema de separación rápida -PASS-, patentado por la empresa, para promover una separación rápida entre los productos de reacción y el catalizador gastado, logró ganancias significativas, con menor producción de coque y gas, y mayor rendimiento en nafta. Este sistema fue desarrollado por modelos piloto a frío y después probado en la Unidad Prototipo de FCC de 40 bpd, ubicada en las instalaciones de la Superintendencia del Esquisto (SIX).

Otro desarrollo importante fue el sistema de dispersión de carga -UL-



TRAMIST-, un inyector con diseño propietario, que favorece un mejor contacto entre la carga y el catalizador, lo que evita la desintegración térmica y conduce a la re-

ducción de coque y gas, y proporciona incrementos de GLP y nafta.

Además de eso, el diseño de ciclón fue optimizado para ambas aplicaciones, reactor y regenerador, resultando en mejores desempeños y reducción de opacidad. Hay una Unidad Piloto de Ciclones hecha en acrílico, que soporta estos estudios. Petrobras ya ha modernizado o reemplazado 180 ciclones en nuestras once unidades existentes de FCC.

El desarrollo del catalizador se hace en estrecha colaboración con la Fábrica Carioca de Catalizadores y Akzo Nobel. Los informes por parte de las refinerías han sido muy útiles a la retroalimentación y optimización del sistema.

Estos desarrollos están todos comercialmente probados, culminando con la puesta en marcha, muy exitosa, de la Unidad de Craqueo de Residuales en la Refinería de Capuava. Hay otros dos RFCC en implantación, en la Refinería Landulpho Alves y en la Refinería Alberto Pasqualini.

Otro desarrollo importante, para seguir hablando de tecnologías de conversión de residuales, fue en la Coquización Retardada. El Centro de Investigación y Desarrollo de Petrobras (CENPES) ha incorporado continuamente mejoras en este proceso, por intermedio de estudios en planta pilo-



Avanza volando



Hangar TAPSA / Plataforma Industrial N° 2
Aeropuerto Internacional de Ezeiza

Tel.: [011] 4480-0011 - Fax: [011] 4480-9050 - Fax Administración: [011] 4480-0552
Fax Operaciones: [011] 4480-0946 - Fax Mantenimiento: [011] 4480-9713
Casilla de Correo N° 22 - [1802] Provincia de Buenos Aires.

Bases: Mendoza, Malargüe, Salta, Tartagal, Neuquén, Cutral-Có, Cro. Rivadavia



to. Se desarrolló una configuración que espera obtener el máximo rendimiento en destilados, disminuyendo, al mismo tiempo, la formación del coque en alrededor de un 10%. El proyecto de ingeniería básica del nuevo proceso fue realizado y está en implantación en la Refinería Alberto Pasqualini, PROTER también ha hecho un desarrollo en conjunto con GKSS, un centro de investigación alemán, para la recuperación del hidrógeno de los gases de refinería, por medio de membranas. Éste es un proceso híbrido que usa membranas y cambios de presión de adsorción. El diseño de la membrana y las condiciones de procesamiento son dirigidas para obtener alta recuperación de hidrógeno, hasta un 99%, aunque la co-

rriente tenga un bajo contenido de este compuesto. Se construyó una planta piloto que opera con buen desempeño en la Refinería de Duque de Caxias.

2) El ejemplo que acabo de mencionar, para una capacidad de 100 mil Nm³/d, tiene un costo de producción de alrededor de u\$s 1.200/t de hidrógeno (99% en base molar) en comparación con u\$s 2.000/t de hidrógeno producido por reformación a vapor.

Los inyectores ULTRAMIST que proporcionan incrementos en la producción de gasolina y gas licuado representan ganancias adicionales de u\$s 0,15 por barril procesado en una unidad de FCC. Me olvidé de hablar sobre el *software* de simulación -SIMCRAQ-, que permite la optimización de las unidades de FCC.

Su aplicación amplia en nuestro parque industrial resultará en ganancias de 27 millones de dólares por año. Las tres nuevas unidades de RFCC aumentarán en el doble la capacidad de procesamiento de residuos con gan-

cias de 28 millones por año.

Una unidad de Coquización Retardada de 5.000m³/d que emplee la tecnología para maximizar el rendimiento de los destilados proporciona la ganancia de 5 millones de dólares por año.

Invertimos, desde su creación en 1994, 38 millones en el PROTER, incluyendo el costo de personal, infraestructura de laboratorios y plantas piloto, proyectos multientes y servicios generales. Por otra parte, el programa ha generado conocimiento y tecnología, que puede ahorrar tanto como un billón de dólares hasta 2002, gracias al incremento en conversión de residuales, reducción de costos de operación y el reemplazo de petróleo liviano importado por crudos brasileños.

3) La demanda por combustibles cada vez más limpios y eficientes es el gran reto para la industria refinadora. Niveles muy bajos de azufre nos llevan a buscar tecnologías alternativas como biorrefinación de corrientes intermedias y crudos; además del de-



**Coque fluidificado
para protección catódica.
(Dispersores profundos recuperables).**



**Mojones de señalización.
Cajas de control
para protección catódica.**

Representante exclusivo en Sudamérica:

**INGENIERIA
PETROCOR
EN CORROSION**

PETROCOR S.A.

Aldecoa 764 (1870) Avellaneda, Buenos Aires - Argentina.

Tel.: (54-11) 4222-5596/5074/2913 4201-8900 Fax.: (54-11) 4201-9593 e-mail: petrocor@impsat1.com.ar

Los retos tecnológicos del refino en Europa

Por José Lluch Urpí, consultor senior de I+D Refino de Repsol YPF



La situación futura del refino en Europa viene marcada por un fuerte incremento de la demanda de gasóleo automoción frente a un mantenimiento o incluso descenso a corto plazo de la de gasolina y una mayor exigencia en la calidad de los combustibles como consecuencia de los objetivos de calidad medioambiental marcados por la Unión Europea.

El actual programa Auto Oil II está estudiando, además de las especificaciones ya definidas para el año 2005, 50ppm de azufre en gasolinas y gasóleos y 35% de aromáticos en gasolinas, aquellas otras que deberán imponerse dentro de un análisis costo-beneficio que minimice el impacto económico en la industria de refino y automoción para el máximo beneficio medioambiental requerido. Con las tecnologías disponibles, el costo evaluado por CONCAWE únicamente por el cambio de las actuales especificaciones (año 2000) a las fijadas hasta ahora para el 2005 fue evaluada en 1999 en torno a los 14,5 GEUR en términos de NPV.

Una reducción en las gasolinas del contenido en aromáticos y olefinas (actualmente del 18% máximo) junto con alguna decisión en gasóleos en cuanto a número de cetano (51 actual) y contenido en hidrocarburos poliaromáticos (11% actual) parecen ser las especificaciones que podrían tener modificación.

La introducción en el mercado de una forma más acelerada de combustibles con un límite máximo de 10ppm de azufre, está en estos momentos en pleno debate debido a la necesidad de una bonificación fiscal que la pueda hacer atrayente al consumidor.

Como consecuencia de esta mayor exigencia de calidad, procesos de conversión térmica como Coquización, o catalítica como FCC, se ven severamente penalizados frente a procesos como *Hydrocracking*. La utilización de sistemas combinados *Mild Hydrocracking* / FCC es una opción válida a considerar por los refina-dores europeos.

El contenido en azufre y olefinas en la nafta de FCC y el contenido en azufre, poliaromáticos y el bajo cetano en el LCO pueden mejorarse mediante el pretratamiento de la alimentación o su postratamiento. El desarrollo de catalizadores zeolíticos para *Mild Hydrocracking* que trabajando a conversiones razonablemente altas y con un grado de hidrogenación que permita obtener niveles de azufre muy bajos y cetanos adecuados en los destilados, junto con la utilización de catalizadores en FCC que mejoren la accesibilidad de las grandes moléculas a los centros activos, al mismo tiempo que permitan la difusión rápida al exterior de los productos de *cracking* primario, evitando reacciones no deseadas de formación de coque y gas y por lo tanto más selectivos a LCO, debe permitir seguir operando las unidades de conversión a su máximo aprovechamiento.

Desde el punto de vista del postratamiento de productos, el proceso de Hidrodesulfuración, a pesar de las notables mejoras obtenidas en los catalizadores, si bien permite la obtención de niveles de azufre en productos en el orden de las 150ppm no mejora suficientemente el nivel de poliaromáticos ni el cetano adecuado. Será necesario el empleo de los procesos de Hidrodesaromatización con catalizadores más biorresistentes que los actuales, e incluso los procesos de *ring opening* que reducen, no solamente

el contenido de aromáticos polinucleares sino también los monoaromáticos por ruptura del anillo nafténico resultante de su hidrogenación lo que permite una doble ventaja: reducción de aromáticos e incremento de cetano. El desarrollo actual de este tipo de procesos se basa en la búsqueda de catalizadores estables y que minimicen el *cracking* que acompaña a este tipo de reacciones.

La mejora de calidad de los destilados medios pasa siempre por una aportación de hidrógeno a la molécula, eliminando azufre, hidrogenando olefinas y aromáticos o rompiendo anillos nafténicos, desgraciadamente todas estas reacciones llevan aparejadas en mayor o menor cuantía reacciones de *cracking*, consumidoras a su vez de hidrógeno. De esta forma, el hidrógeno se convierte en el bien preciado, escaso y caro de producir que hace de la mejora de los procesos de producción y purificación uno de los más importantes retos tecnológicos.

Tecnologías como GTL que aportarán componentes de gran calidad en cuanto a su nulo contenido en azufre, aromáticos y número de cetano elevado al *blending* de gasóleo están en estos momentos en fase de desarrollo, pero que en cualquier caso su finalidad es la del aprovechamiento de los yacimientos de gas natural en localizaciones remotas y no la obtención de los componentes en sí mismos. La economía de este proceso no la hace, hoy en día, atrayente.

En la formulación de gasolinas, la limitación de aromáticos fuerza a un menor uso de la nafta reformada o bien a su dilución con isomero con una merma en octano que deberá ser compensada por oxigenados (MTBE o TAME) o bien con alquilato. Para la obtención de estos componentes se utilizan los butenos y los C₅ olefinicos producidos en la unidad de FCC, cuyo balance actual puede verse desequilibrado como consecuencia del hidrotratamiento de la carga. Si bien los procesos de obtención de oxigenados son perfectamente conocidos y evaluados técnica y económicamente, en el de alquilación y por sus problemas medioambientales, se esperan desarrollos tecnológicos que permitan la aceptación definitiva de procesos basados en catalizadores sólidos en los que los problemas derivados de la desactivación hayan sido solucionados mejorando la estabilidad del catalizador y los sistemas de regeneración en continuo o en *batch*.

El aporte de azufre en gasolina se debe prácticamente a un único componente, la nafta de FCC. Para niveles de azufre en el producto final del orden de las 50ppm el pretratamiento de la carga a FCC, puede ser suficiente, pero para obtener niveles de 10ppm va a ser necesaria la desulfuración posterior de la nafta, lo que obliga al desarrollo de nuevos sistemas de eliminación de azufre sin merma de octano que se produce como consecuencia de la hidrogenación simultánea de las olefinas. La utilización de catalizadores con una función hidrogenante junto con una actividad isomerizante son desarrollos tecnológicos que se están realizando en estos momentos junto con el desarrollo de procesos de adsorción.

Solamente el desarrollo de las tecnologías adecuadas permitirá soportar o reducir el elevado costo para el refino europeo de las nuevas exigencias de calidad de los combustibles.

desarrollo de nuevos sistemas catalíticos para la desulfuración ultraprofunda.

La búsqueda de un mejor margen estimula la producción de petroquímicos y otros productos de mayor valor añadido. Eso incita el desarrollo de catalizadores y aditivos, y proce-

sos como, por ejemplo, el DCC. Tecnologías de producción de lubricantes con larga duración, y químicos que se puedan reprocesar van a cambiar el perfil tradicional de refinación.

Los crudos más pesados y la reducción del consumo de aceite com-

combustible incitan la conversión de residuos y la producción de energía eléctrica. Por supuesto que los avances en automatización, modelado matemático, control vía láser y sensores infrarrojo-cercano van a ser cada vez más aplicados en nuestra industria. ●