

## **Hidrogenación Selectiva de Naftas de Craqueo Catalítico (FCC)**

Autora: Quiroz Cabascango Valeria Esthefanía

E-mail: valeriae1@hotmail.com

Estudiante de 2do. Año de Maestría en Ingeniería Química, especialización en Petroquímica

Universidad de Minas de San Petersburgo, Rusia

### **Resumen**

Las principales tareas en el **Control de Procesos** de la industria del refinado de petróleo en la actualidad son: el aumento del volumen de producción, la obtención de mayor cantidad de combustibles y la mejora de su calidad. Para mejorar esta tarea tenemos como método un proceso químico práctico, innovador y económico como es la Hidrogenación Selectiva.

La Hidrogenación selectiva trabaja secuencialmente en tres reactores usando catalizadores especiales y las condiciones de operación apropiadas. En el primer reactor denominado SHU (selective hydrogenation unit), tenemos como reacciones químicas la conversión de diolefinas a olefinas, transformación de mercaptanes livianos y sulfuros livianos en compuestos más pesados de azufre, una ligera isomerización de olefinas (pequeño incremento del RON) y como reacciones no deseadas tenemos la hidrogenación de olefinas (conversión a parafinas), polimerizaciones térmicas y catalíticas y producción de coke. El segundo y tercer reactores son desulfurantes, mismos que cumplen reacciones de desulfurización, desnitrificación y como reacciones no deseadas la hidrogenación de olefinas y producción de coke. Como producto final obtenemos una gasolina con un alto octanaje igual o mayor 90 y un contenido de azufre menor o igual a 30 ppm. Actualmente, la hidrogenación selectiva gana campo dentro de las refinerías a nivel mundial.

### **Palabras claves**

Catalizadores, catálisis, hidrogenación selectiva, paladio, níquel, molibdeno, desulfuración, reactores.

## **Selective Hydrogenation of Catalytic Cracking Naphtha (FCC)**

Author: Quiroz Cabascango Valeria Esthefanía

E-mail: valeriae1@hotmail.com

Student of 2nd. Year of Master's Degree in Chemical Engineering,

specialization in Petrochemical

St. Petersburg Mining University, Russia

### **Summary**

The main tasks in Process Control of the petroleum refining industry at present are: increasing the volume of production, obtaining more fuel and improving its quality. To improve this task we have as a method a practical, innovative and economical chemical process such as Selective Hydrogenation. Selective Hydrogenation works sequentially in three reactors using special catalysts and the appropriate operating conditions. In the first reactor SHU (selective hydrogenation unit), we have as chemical reactions the conversion of diolefins to olefins, transformation of light mercaptanes and light sulphides into heavier sulfur compounds, a slight isomerization of olefins (small increase of RON) and as Undesired reactions include the hydrogenation of olefins (conversion to paraffins), thermal and catalytic polymerizations and coke production. The second and third reactors are desulfurants, which themselves perform desulfurization, denitrification reactions and as undesired reactions the hydrogenation of olefins and coke production. As final product we obtain a gasoline with a high octane rating of 90 or greater and a sulfur content of less than or equal to 30 ppm. Currently, selective hydrogenation is gaining ground within refineries worldwide.

### **Keywords**

Catalysts, catalysis, selective hydrogenation, palladium, nickel, molybdenum, desulfurization, reactors.

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los objetivos dentro la industria de la refinación de petróleo es la producción de combustibles mismos que en la actualidad deben cumplir una serie de requisitos ambientales durante y después de su producción. Sería difícil obtener productos de buena calidad sin el uso de procesos de hidrogenación. Sin dudar lo la tecnología avanza a pasos agigantados y en vista de dichas necesidades se usa la Hidrogenación Selectiva.

Tenemos en cuenta que como resultado de un proceso de craqueo catalítico obtenemos una nafta de alto octanaje con un RON de 88-91 puntos, misma que contiene menos del 1% de benceno y del 20 al 25% de aromáticos, lo que hace posible su uso para la preparación de gasolina de acuerdo con las últimas normas de la Unión Europea (Euro-4 y Euro-5). El principal inconveniente de la nafta de craqueo catalítico (FCC) es su alto contenido de hidrocarburos insaturados (30%) y azufre (0,1-0,5%) que es de muy mala influencia sobre la estabilidad de almacenamiento del combustible. La gasolina se vuelve amarilla rápidamente debido a la polimerización y oxidación de olefinas y, por lo tanto, no puede usarse sin mezclarse con otras fracciones de gasolina.

Por tal motivo, las refinerías en la actualidad apuntan por la hidrogenación selectiva, en este caso analizaremos la unidad Prime G+ cuyos objetivos son:

- Reducir el contenido de azufre en la gasolina
- Mantener un alto número de octano
- Minimizar el consumo de hidrogeno

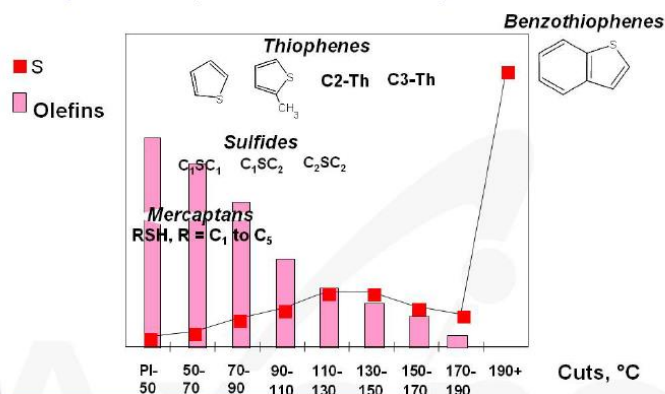


Gráfico N°1: Contenido de olefinas y compuestos de azufre vs TBP

Fuente: Ancap

## MARCO TEÓRICO

### 1) Definición

La hidrogenación selectiva es un proceso el cual permite reducir el contenido de azufre de la nafta de FCC (la materia prima de craqueo es un destilado al vacío no sometido a hidrotratamiento preliminar) de 0,2-0,4% a 0,07-0,10% en peso, sin una reducción notable en su número de octano. La reacción principal en el proceso, junto con la hidrogenólisis de los compuestos de azufre y la hidrogenación de hidrocarburos diolefinicos con poca participación de hidrocarburos monoolefinicos en la conversión.

El proceso de hidrogenación selectiva de nafta de FCC se lleva a cabo bajo presión reducida de hidrógeno a 2,0 – 3,0 MPa (e incluso hasta 1,0 MPa). La temperatura del proceso se selecciona dependiendo del contenido inicial de azufre en la alimentación y el grado requerido de hidrogenación.

Las condiciones más típicas son las siguientes:

Temperatura, °C	250 - 350
Presión, MPa	1,0 – 3,0
Velocidad de alimentación de volumen, h <sup>-1</sup>	3 – 10

En la tabla N°1 se presenta los datos obtenidos durante la implementación de este proceso en una de las instalaciones industriales.

La aprobación del proceso de hidrogenación selectiva de la nafta de FCC en condiciones industriales confirmó la posibilidad de reducir el contenido de azufre en este producto al 0,1% de la masa. En el inicio del proceso hubo un aumento de la temperatura sobre el lecho del catalizador de 250 a 300 ° C, lo que indica la necesidad de un suministro intermedio de hidrógeno frío a la zona de reacción (en 2-3 puntos).

*Tabla N°1*

Calidad de la nafta de craqueo catalítico antes (I) y después (II) de la hidrogenación selectiva

Indicador	I	II
Densidad a 20 °C, kg/m <sup>3</sup>	759	751
Contenido de azufre, % masa	0,28	0,10

Indicador	I	II
Índice de yodo, gramos de yodo que reaccionan con 100 gramos	52	41
Número de octano	81,0	80,5

Una variante racional de la hidrogenación selectiva es el refinamiento de una porción pesada de nafta (fracción de 100 a 140°C), ya que la mayor parte de los compuestos de azufre (hasta 70-80% para una amplia fracción de gasolina) se concentra en este último. Esta tecnología que también ha sido probada en un entorno industrial.

Los resultados sugieren la posibilidad de una desulfuración profunda de craqueo de nafta con una disminución mínima en su número de octano. Con una reducción mínima de número de octano también llevado a cabo un proceso de refinado de dos etapas, lo que permite la primera etapa para eliminar el azufre de mercaptano y los hidrocarburos de diolefina, y en la segunda etapa - la mayor parte de los compuestos de azufre.

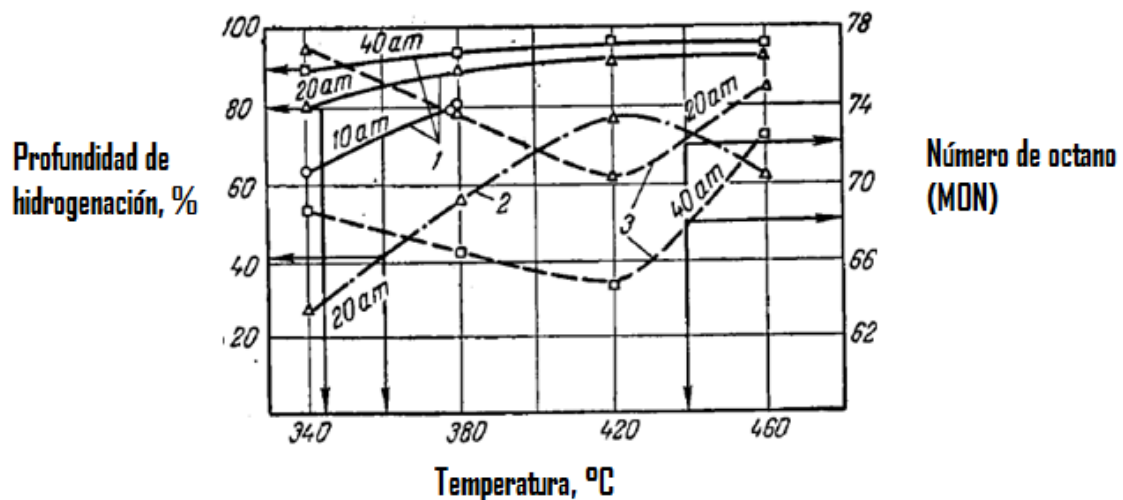


Gráfico N°2: dependencia de la calidad de la nafta de FCC después de su hidrogenación selectiva sobre la temperatura y la presión del proceso  
 1.- compuestos de azufre; 2.- hidrocarburos insaturados; 3.- octanos de gasolina

En el gráfico N°2 vemos que, la tasa de flujo volumétrico específico de la materia prima es de 5-10 h<sup>-1</sup> y la circulación específica del gas es de 300 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

## **2) Unidad Prime G+**

La unidad Prime G+ es un sistema tecnológico que consiste en procesos catalíticos interconectados por flujos tecnológicos:

- a) Hidrogenación selectiva;
- b) Hidrodesulfuración selectiva.

El proceso de hidrogenación selectiva es un proceso catalítico que tiene lugar en un medio que contiene gas hidrógeno alimentado al reactor usando un catalizador especialmente seleccionado. El objetivo del proceso es la hidrogenación de diolefinas para evitar la formación de resinas durante la posterior hidrodesulfuración, así como la conversión de mercaptanos ligeros y otros compuestos ligeros de azufre en compuestos de azufre más pesados.

El proceso de conversión de compuestos de azufre ligero en compuestos de azufre más pesados permite cambiar el punto de ebullición de los hidrocarburos que contienen azufre, limpiando así una porción ligera de la nafta de craqueo catalítico del azufre.

El proceso de hidrodesulfuración selectiva es también un proceso catalítico que ocurre en la circulación en un medio que contiene gas hidrógeno usando un grupo especialmente seleccionado de catalizadores. El propósito principal de este proceso - extracción ultra profunda de azufre de la nafta de craqueo catalítico con saturación mínima de olefinas y características de preservación máxima de gasolina de alto octanaje. Simultáneamente con las reacciones de desulfuración de saturación parcial de olefinas y des nitrificación parcial de compuestos de nitrógeno presentes en pequeñas cantidades en el material de alimentación.

El uso de un sistema catalizador dual es una condición fundamental para obtener un producto con un bajo contenido de azufre y reducir al mínimo las reacciones de saturación de olefinas y el mantenimiento de un número máximo de octano.

### **2.1) Bases de diseño y esquema principal**

Capacidad de diseño 5000 BBLD (24815 Kg/h  $\leftrightarrow$  33,9 m<sup>3</sup>/h)

Sobre diseño 10 % (37 m<sup>3</sup>/h)

Capacidad mínima: SHU 85 % (28 m<sup>3</sup>/h) y HDS 50 % (9,3 m<sup>3</sup>/h)

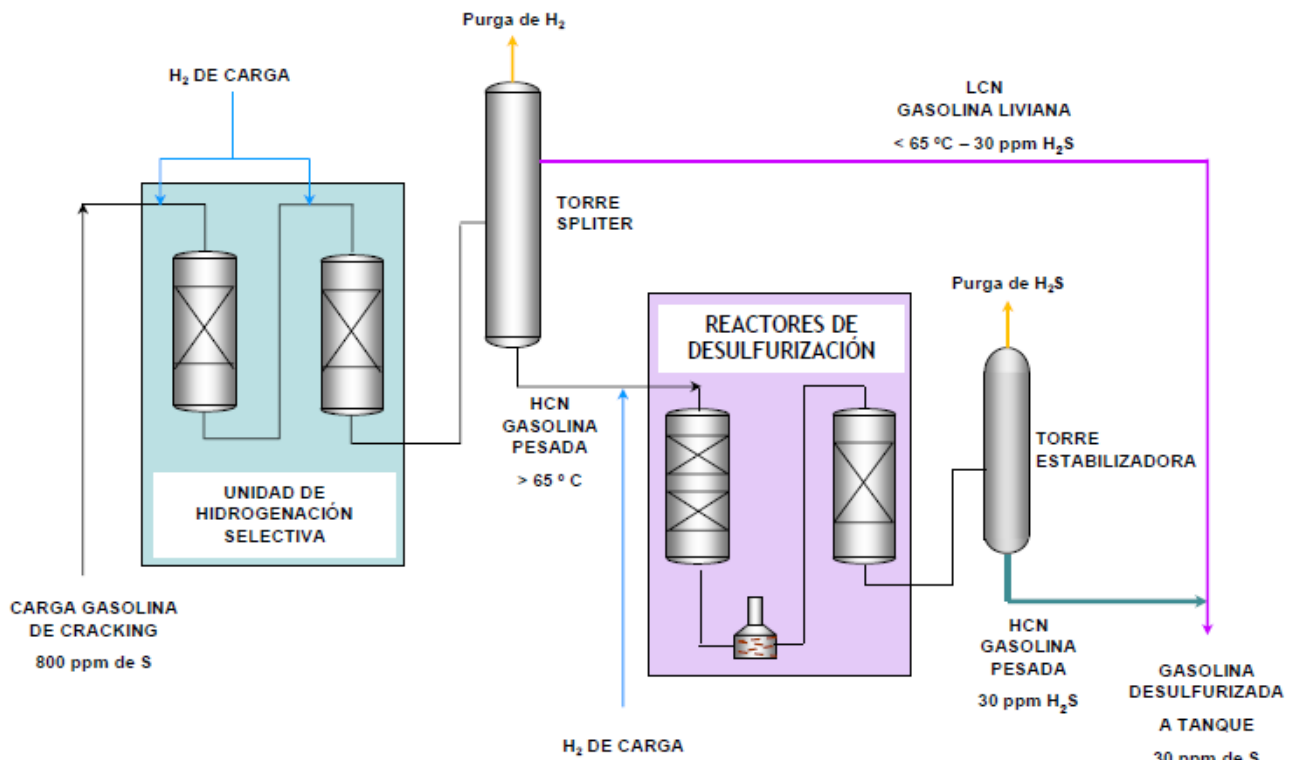


Gráfico N°3: Diagrama básico de la Unidad Prime G+

Fuente: Ancap

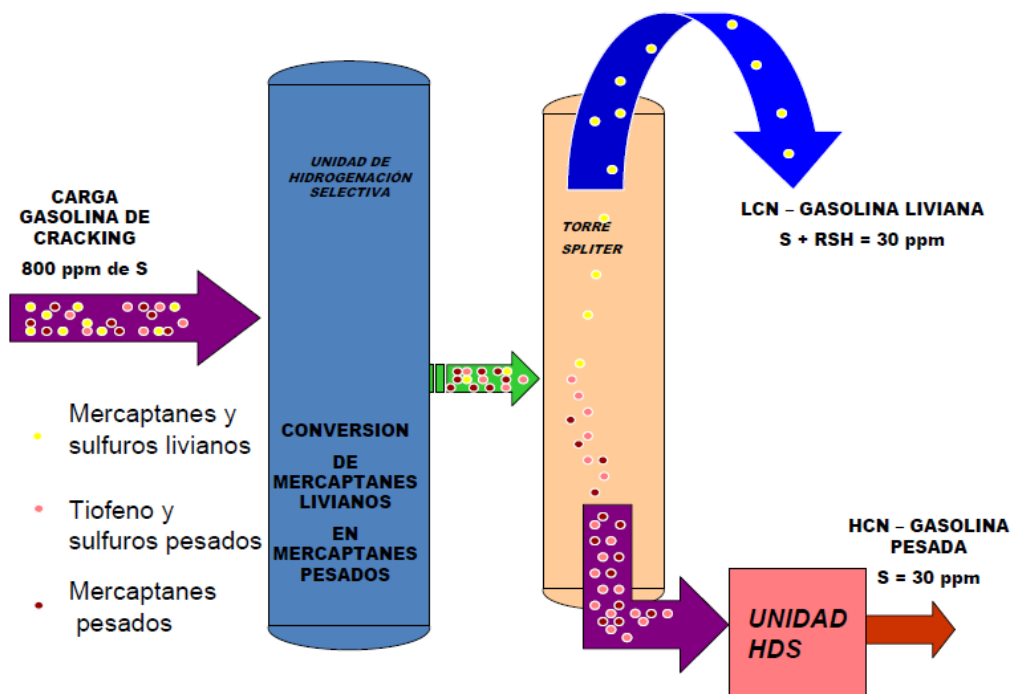


Gráfico N°4: Ruta de compuestos de azufre

Fuente: Ancap

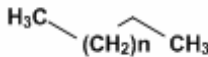
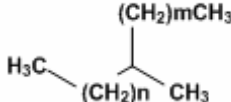
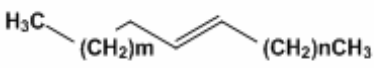
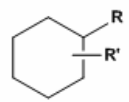
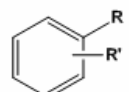
Como hemos observado en los gráficos 3 y 4 la Hidrogenación Selectiva se lleva a cabo mediante dos sub-unidades o bloques la primera de Hidrogenación Selectiva (SHU) como tal y la segunda de Desulfuración (HDS).

## 2.2) Materia prima a la Unidad

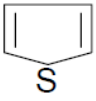
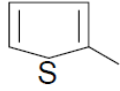

La nafta de FCC la cual presenta las siguientes características:

Densidad a 15 °C,	0,7320 g/cc.
RVP (Reid pressure vapor)	(6.5 —12) psia
RON / MON	93,0 / 81,0

De la misma manera la siguiente composición:

Parafinas	36%		
Olefinas	38%		
Naftenos	8%		
Aromáticos	18%		

Igualmente la distribución de compuestos de azufre en %:

Metil mercaptan 1 %	CH <sub>3</sub> SH
Etilmercaptan 3 %	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> SH
Propilmercaptan 1,5 %	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> SH
Tiofeno 15 %	
N-Butilmercaptan 1,5 %	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> SH
1-Metil Tiofeno 30 %	
Tiocielopentano 6 %	

Especies más pesadas de azufre 42 %

## 2.3) Unidad de Hidrogenación Selectiva (SHU)

### 2.3.1) Mecanismo químico en la Hidrogenación Selectiva

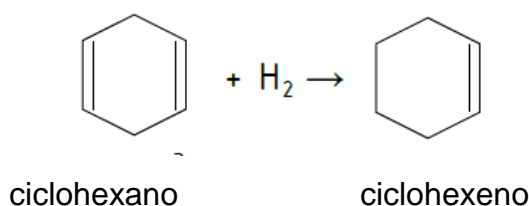
Las reacciones básicas en el proceso de hidrogenación selectiva son:



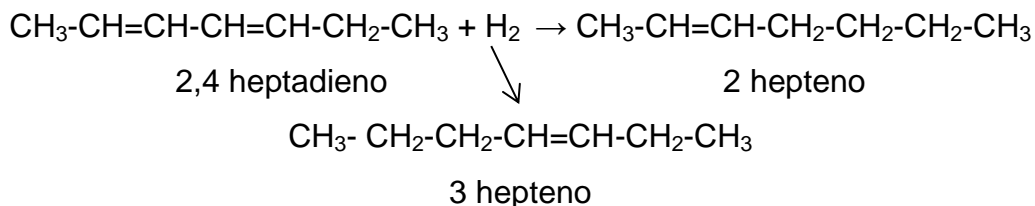
### a) La hidrogenación de diolefinas

Las diolefinas se hidrogenan a las olefinas correspondientes, y algunas olefinas se hidrogenan a las parafinas correspondientes. Diolefinas – son compuestos muy inestables que fácilmente se polimerizan, dando resina. Por lo tanto, la conversión de diolefinas a olefinas mejora la calidad del producto y facilita ciclo de servicio de la unidad de catalizador de hidrodesulfuración. Estas reacciones se caracterizan por una alta exotermicidad. Ejemplo:

#### Diolefinas cíclicas



#### Diolefinas normales



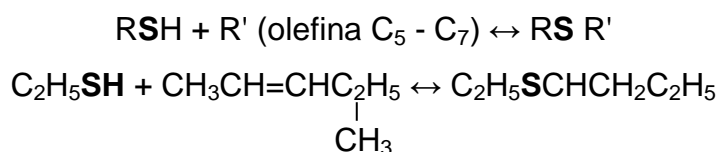
Las diolefinas son compuestos muy inestables y fácilmente se polimerizan formando resinas.

Esta reacción mejora la calidad del producto final y acorta el tiempo de paso a través de los reactores.

### b) La transformación de mercaptanos livianos y sulfuros livianos en compuestos más pesados de azufre

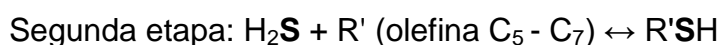
Los compuestos de azufre en la gasolina de craqueo catalítico están representados por mercaptanos, sulfuros, disulfuros, tiofenos. Los compuestos pesados de azufre formados durante el proceso de hidrogenación incluyen principalmente sulfuros pesados y mercaptanos menos pesados. Se llevan a cabo los siguientes tipos de reacciones:

Conversión de mercaptanos ligeros en sulfuros pesados

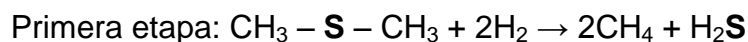


35°C                      37°C                      171°C

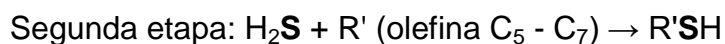
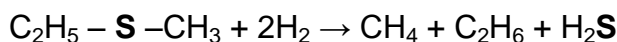
Conversión de mercaptanos ligeros a mercaptanos más pesados



Conversión de sulfuros a mercaptanos más pesados



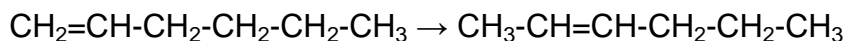
o



Conversión de  $\text{H}_2\text{S}$  en mercaptanos más pesados (100%)



### c) *Isomerización de olefinas*

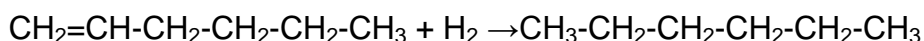


1 hexeno

2 hexeno

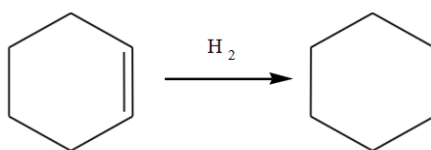
Esta reacción, que se promueve termodinámicamente por bajas temperaturas ( $T < 200^\circ \text{C}$ ), ocurre cuando las diolefinas se eliminan casi por completo. Su ventaja es que da como resultado la formación de olefinas internas que son más resistentes a la hidrogenación en comparación con las olefinas externas. Por lo tanto, la selectividad aumenta. Además, las olefinas internas a menudo tienen un mayor índice de octano.

### d) *hidrogenación de olefinas*



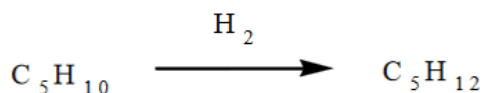
1 hexeno

hexano



ciclo hexeno

ciclo hexano



n-penteno

n-pentano

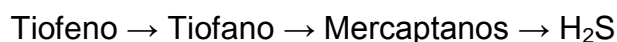
## 2.4) Unidad de Hidrodesulfuración Selectiva (HDS)

### 2.4.1) Mecanismo químico en la Hidrodesulfuración Selectiva en el primer reactor

Las reacciones básicas en el proceso de hidrodesulfuración selectiva son:

### a) Reacciones de desulfuración

Los compuestos de azufre típicos en la nafta de FCC son derivados del tiofeno y benzotiofeno. La desulfuración tiene lugar en varias etapas:



Las reacciones de desulfuración son reacciones exotérmicas, pero debido a la pequeña cantidad de reactivos que participan en ellos, no causan un aumento significativo en la temperatura.

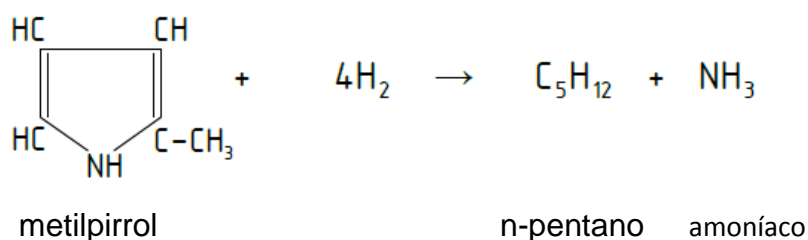
En el primer reactor aproximadamente el 90-95% de las reacciones son de desulfuración. La mayor parte de los benzotiofenos y tiofenos se convierte, y el azufre residual queda generalmente en forma tiofano (o tetrahidrotiofeno) y mercaptanos.

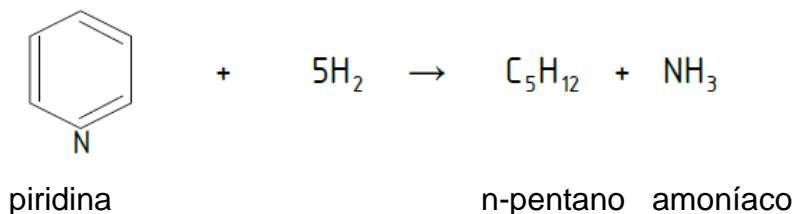
En el segundo reactor, el catalizador tiene una baja actividad en las reacciones de desulfuración de tiofenos y benzotiofenos. Estos componentes sufren conversión en el primer catalizador de hidrodesulfuración, pero tienen una alta actividad hacia compuestos saturados que contienen azufre (mercaptanos o tiofanos) y baja selectividad a la hidrogenación de olefinas, lo que contribuye a la conservación de las características de octano del producto.

### b) Eliminación del Nitrógeno (desnitrogenación)

El nitrógeno se elimina mediante hidrotreamiento catalítico con rotura del enlace C-N y la formación de compuestos alifáticos que no contienen nitrógeno ni amoníaco. La ruptura del enlace C-N es mucho más difícil de lograr que la ruptura del enlace C-S en la reacción de desulfuración. En relación con esto, la desnitrogenación procede en un grado mucho menor que la desulfuración.

Los compuestos de nitrógeno típicos encontrados en la nafta de craqueo catalítico se refieren a derivados de metilpirrol y piridina.





El calor generado debido a las reacciones de desnitrificación es insignificante debido a la pequeña cantidad de compuestos de nitrógeno reactivos.

### c) Hidrogenación de olefinas

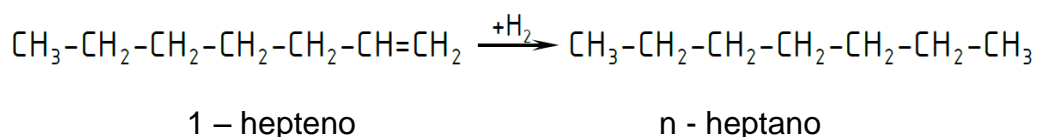
La hidrogenación o saturación de olefinas es la adición de una molécula de hidrógeno a un hidrocarburo insaturado para formar un producto saturado. Los hidrocarburos de tipo olefina están presentes en altas concentraciones en la nafta de craqueo catalítico.

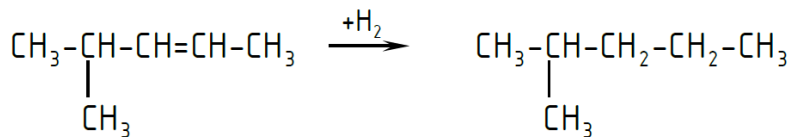
La reacción de saturación de olefinas es fuertemente exotérmica. De acuerdo con su reactividad, las olefinas forman las siguientes series (de más reactivas a menos reactivas):

*olefinas > olefinas internas > bifurcación de olefinas > olefinas cíclicas > bifurcación de olefinas internas*

Con el modo operativo seleccionado, la velocidad de reacción de la hidrogenación de olefinas es inferior a la velocidad de reacción de hidrodesulfuración. Como resultado, se logra una alta selectividad. Para la desulfuración de la nafta de craqueo catalítico con la máxima conservación del índice de octano, es necesario minimizar la reacción de saturación de las olefinas. La selectividad del catalizador se define como la relación de la velocidad de reacción de hidrodesulfuración a la velocidad de reacción de saturación de olefina.

Ejemplos de reacciones de hidrogenación típicas de olefinas:





4-metilpenteno 2

2-metilpentano

(bifurcación de olefinas  
internas)

Las reacciones de este tipo son exotérmicas ( $\Delta H = 30 \text{ kcal/mol}$ ).

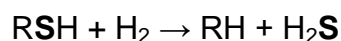
#### 2.4.1) Mecanismo químico en la Hidrodesulfuración Selectiva en el segundo reactor

El segundo reactor está diseñado para completar la hidrodesulfuración profunda con muy poca saturación de olefinas para evitar una reducción en el número de octano. Aquí hay dos procesos principales:

##### a) Hidrodesulfuración

El catalizador HR-841 tiene una baja actividad en las reacciones de desulfuración de tiofenos y benzotiofenos. Estos componentes sufren transformación en el primer reactor de hidrodesulfuración. Los compuestos de azufre están saturados a la salida del primer reactor; se refieren a mercaptanos o tiofanos (los tiofanos están presentes en una cantidad menor).

Los mercaptanos reaccionan con hidrógeno de la siguiente manera:



Esta reacción es exotérmica. En vista del bajo contenido de azufre, el cambio de temperatura causado por la reacción de desulfuración es mínima.

##### b) Hidrogenación de olefinas

La actividad del catalizador con respecto a la hidrogenación de olefinas es menor que la actividad del catalizador en el primer reactor, por lo que esta hidrogenación puede minimizarse. Las mismas reacciones ocurren como en el primer reactor de hidrodesulfuración.

#### 2.5) Catalizadores en la Hidrogenación Selectiva

La hidrogenación selectiva de nafta de FCC se lleva a cabo eliminar azufre, nitrógeno, así como la hidrogenación de dienos y ciertas olefinas (alqueniilbencenos), que reducen la estabilidad de las gasolinas a la oxidación.

La hidrogenación se lleva en presencia de un catalizador de aluminio-cobalto-molibdeno a una temperatura de 340 - 360°C y una presión de 1 - 2 MPa, en presencia de un catalizador de sulfuro de níquel-wolframio más activo a una temperatura de 300°C y una presión de 0,5 MPa. Además de la hidrogenólisis de compuestos de heteroátomos, la hidrogenación de dienos y parte de olefinas, se produce la isomerización de olefinas.

Los catalizadores de hidrogenación selectiva moderna son un sistema complejo compuesto de tres grupos de componentes cuyas funciones son diferentes: los componentes activos, los componentes estructurales y los modificadores. En la práctica, a veces es difícil asignar un determinado componente a un grupo en particular.

Por ejemplo, el óxido de molibdeno es el componente activo y cuando se introduce en la composición de catalizador afecta a la estructura de poros y la estabilidad térmica, es decir, simultáneamente desempeña el papel de un modificador. Los modificadores convencionales de los catalizadores hidrolíticos de zeolita con el aumento de su contenido en la composición del sistema catalítico aumentan drásticamente su actividad de separación, actuando como componentes activos.

Los catalizadores utilizados en procesos de hidrogenación industrial son composiciones complejas, su composición generalmente incluye los siguientes componentes:

- 1) metales del Grupo VIII: níquel, cobalto, platino, paladio, hierro de vez en cuando
- 2) óxidos o sulfuros de Grupo VI: molibdeno, wolframio y a veces de cromo
- 3) portadores resistentes al calor con una superficie específica desarrollada y alta resistencia mecánica, propiedades ácidas inertes
- 4) modificadores

En la actualidad uno de los mejores catalizadores es el desarrollado por la compañía Axens, es el catalizador HR468, óxidos que contienen níquel, cobalto y molibdeno en una proporción de  $\text{CoO/Ni}_2\text{O}_3 = 75/25$  (%). Este catalizador a una presión parcial media o incluso bajo de hidrógeno combina una alta actividad de desulfuración. El catalizador HR468 tiene propiedades básicas mejores catalizadores ATM (actividad alta edulcorante a bajas presiones y medio, bajo consumo de hidrógeno), así como las propiedades de

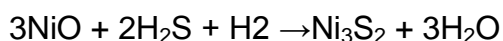
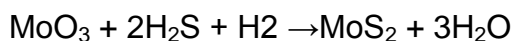
desnitrogenación inherentes a otros catalizadores. La profundidad de desulfuración en estos catalizadores alcanza el 99,96%, el contenido residual de azufre en el hidrogenado es de 4-5 ppm.

El catalizador HR468 tiene una alta resistencia mecánica, lo que permite que se cargue densamente en el reactor. La forma de sulfuro de los catalizadores es más activa que la forma de óxido. Los catalizadores de sulfuro pueden acelerar simultáneamente la hidrosulfuración y la hidrosulfuración de los compuestos de azufre y nitrógeno de las materias primas hidrocarbonadas, la hidrogenación de olefinas y aromáticos, la isomerización de alcanos y cicloalcanos. En combinación con la insensibilidad al efecto de envenenamiento de los compuestos de azufre y nitrógeno, esto es importante, ya que no se requiere una preparación especial de las materias primas. El aumento en el volumen de la aplicación industrial de catalizadores de sulfuro también se explica por la necesidad de profundizar el procesamiento del petróleo y de involucrar en el procesamiento de materias primas residuales y pesadas, así como también destilados de origen secundario. En el proceso de hidrotreatment bajo la influencia del sulfuro de hidrógeno, los óxidos de metal se convierten en sulfuros. Sin embargo, junto con el aumento de la actividad de los catalizadores en las reacciones principales, su actividad aumenta también en las reacciones de compactación.

Los catalizadores en forma de sulfuro son pirofóricos, y su almacenamiento y carga están asociados con el peligro de combustión espontánea, por lo que el catalizador se suministra al consumidor con metales activos en estado oxidado. La transferencia de óxidos de metales hidrogenantes a sulfuros se lleva a cabo directamente en reactores de instalaciones industriales.

El objetivo de la operación de sulfuración es aumentar la actividad, la selectividad y la estabilidad de los catalizadores mediante la formación de sitios activos: sulfuros metálicos de una composición y estructura estrictamente definidas.

Las siguientes reacciones ocurren durante la sulfonación:



Durante la operación del catalizador, la maduración parcial puede ocurrir bajo la influencia del gas que contiene hidrógeno. La transición de sulfuros metálicos superiores a niveles inferiores puede considerarse un fenómeno positivo, ya que los sulfuros inferiores tienen una mayor actividad de hidrogenación. Sin embargo, las capas de catalizador superiores que operan bajo condiciones de deficiencia de sulfuro de hidrógeno son capaces de reducir los componentes de hidrogenación a una forma de metal y perder completamente la actividad (la reducción se produce a una temperatura más baja que la hidrogenólisis). Como resultado, a veces se forman costras densas de depósitos de coque en la superficie superior de la capa de catalizador.

El catalizador pre sulfurado no solo tiene una alta actividad, una menor propensión al coque, sino que también tiene un período dos veces más largo del ciclo de regeneración.

Como ya se indicó, durante la operación, la actividad del catalizador se reduce.

A una disminución en la actividad conduce a:

- aumento de la temperatura, lo que reduce el rendimiento del producto y aumenta la formación de gas y coque;
- cambio en la composición del catalizador, por ejemplo a una temperatura de 760 ° C, el óxido de níquel activo sobre alúmina se convierte en un aluminato de níquel inactivo, sinterización del catalizador, reducción de su superficie activa;
- pérdida del componente activo (a una temperatura de aproximadamente 600 ° C, el óxido de molibdeno se evapora);
- tasa insuficiente de desorción de productos desde la superficie del catalizador con una disminución de la presión parcial de hidrógeno.

Por lo tanto, periódicamente, una vez cada dos años, se lleva a cabo la regeneración del catalizador, como resultado de lo cual se queman el coque y el azufre depositados en el catalizador y se restablece la actividad del catalizador.

Gradualmente, el catalizador "envejece" debido a la adsorción en su superficie de sustancias organometálicas y otras que bloquean los sitios activos, la actividad catalítica disminuye y el catalizador se cambia a uno nuevo.



## CONCLUSIÓN

Los procesos selectivos de hidrogenación en una moderna refinería de petróleo juegan un papel muy importante, ya que ayudan a resolver problemas tanto económicos, ambientales y de producción.

Después de estudiar los procesos que se llevan a cabo en una hidrogenación selectiva, podemos concluir lo siguiente:

1. El uso del esquema tecnológico del proceso de hidrotratamiento permite obtener gasolina con un contenido de azufre de menos de 30 ppm, con un octanaje de 95. Al diseñar la instalación, el equipo puede operar a una presión de 2-4 MPa.
2. Los catalizadores son de vital importancia dentro del proceso por lo que los compuesto por cobalto para la desulfuración son la mejor opción, mientras que para la hidrogenación la mejor opción son los catalizadores compuestos por nitrógeno.
3. La investigación nos ha permitido ampliar nuestros conocimientos en cuanto a inversión en investigación y operación de plantas de hidrogenación encabezando la lista Europa, seguido de Estados Unidos y en tercer lugar América Latina.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Ancap. 2016. Prime G+. Recuperado de: [www.ancap.com.uy](http://www.ancap.com.uy)
- 2) Ancheyta, J. 2015. Procesamiento de petróleo pesado: reactores y modelado de procesos, San Petersburgo
- 3) Akhmetov, C.A. 2002. Tecnología de procesamiento profundo de petróleo y gas, Ufa
- 4) Bannov, P. 2009. Procesos de refinación de petróleo, San Petersburgo
- 5) Kaminsky, E. 2001. Refinación profunda de petróleo: aspectos tecnológicos y ambientales, Moscú
- 6) Solodov N. 2008. Hidrodestrucción de combustibles, Kazán
- 7) Sanfilippo, D., Rylander, P. N., 2012. Hidrogenación y Deshidrogenación, Wiley