

PROCESAMIENTO DE  
HIDROCARBUROS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE CUYO

PROFESOR

Jorge Nozica

Ingeniero Químico U.N.S.J. Mat-A 8596

PM Diplomado FING-UNCUYO

Contactos a:

[jorgenozica@hotmail.com](mailto:jorgenozica@hotmail.com)

[jorge.nozica@ingenieria.uncuyo.edu.ar](mailto:jorge.nozica@ingenieria.uncuyo.edu.ar)

# OBJETIVOS DEL CURSO PROCESAMIENTO DE HIDROCARBUROS

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Involucrar al alumno, en el conocimiento de tecnologías de transformación, mejoramiento y aprovechamiento del Crudo y del Gas Natural disponibles en él, optimizando su eficiencia, maximizando los rendimientos y la interacción entre las unidades refinadoras, petroquímicas y de elaboraciones especiales.
- Orientar al alumno, en el manejo y comprensión de las tecnologías de la industria del downstream,
- Detallar las características tecnológicas de los procesos que normalmente se aplican para la transformación del petróleo crudo y gas, en derivados de mayor demanda comercial o materias primas de distintas áreas industriales

## MIÉRCOLES 2° SEMESTRE DE 2021

- DESARROLLO TEORICO DE CONOCIMIENTOS (14:00-15:00 hs)
- INTERMEDIO: (15:00 – 15:15 hs)
- CONTINUACIÓN DE DESARROLLO (15:15 – 16:00 hs)
- INTERMEDIO: (16:00 – 16:15 hs)
- APLICACIÓN PRACTICA (16:15 – 17:00 hs)

# UNIDAD1

## PROCESOS DE INDUSTRIALIZACIÓN DE HIDROCARBUROS

# Contendidos

- **PROCESAMIENTO DE HIDROCARBUROS**
  - Introducción al procesamiento
  - Productos de mayor demanda
  - Procesos principales intervinientes
    - **Procesos de Separación física**
    - **Procesos de Conversión térmica**
    - **Procesos de Conversión catalítica**
  - Plantas de procesamiento,

# INTRODUCCIÓN

- Consideraciones necesarias para desarrollo de los Procesos: **RECURSOS**
  - Materiales
  - Energéticos
  - Humanos
  - Instalaciones
  - Equipamientos
  - Infraestructura

# FACTORES DE RENDIMIENTO

- Especificaciones comerciales de Mercado
- Volumen de participación en el Mercado
- Tecnologías de producción
- Calidad del Crudo procesado.

# INTRODUCCIÓN

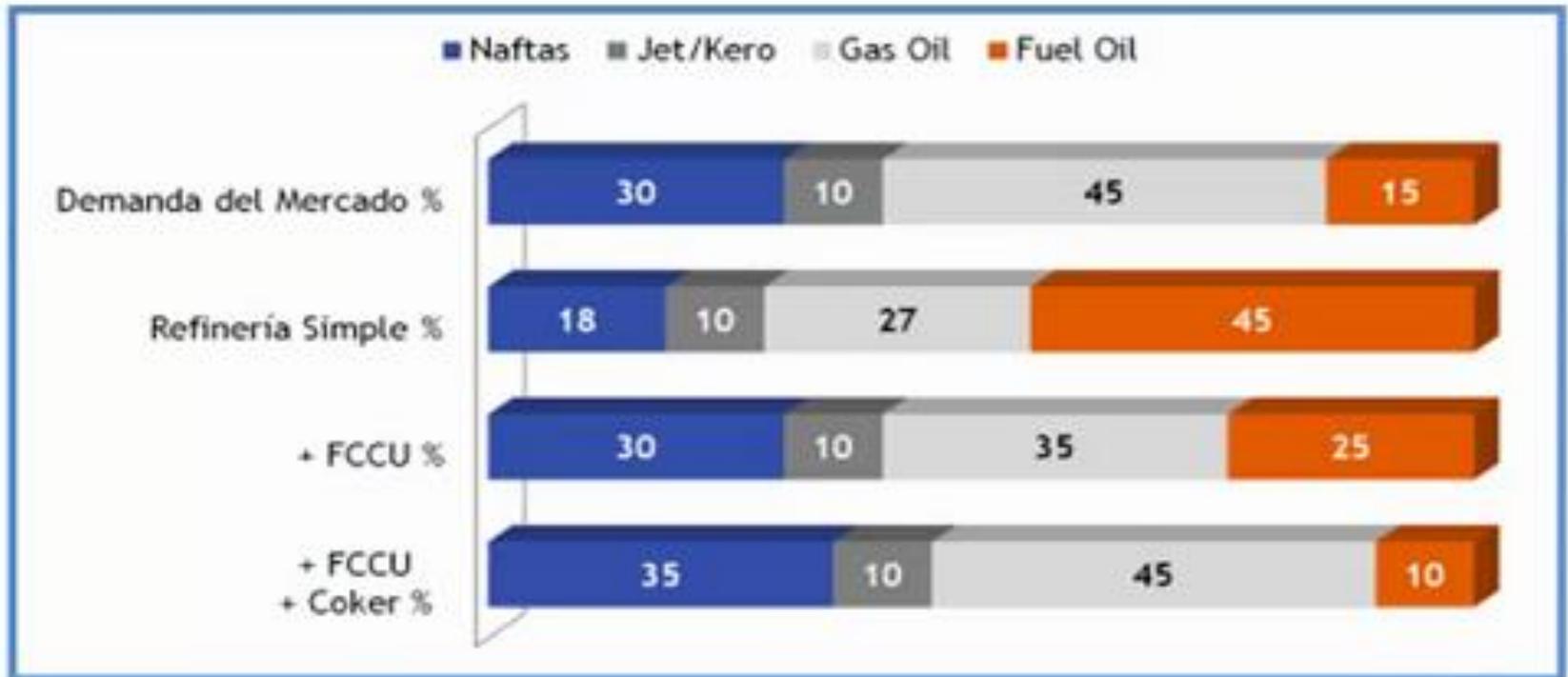
## IMPORTANCIA DEL PROCESAMIENTO

- El Oil&GAS incorpora valor mediante la producción de energéticos de alta densidad energética.
- Los combustibles de origen renovable, no son capaces de suplir la totalidad de la demanda energética existente.
- Los planes a largo plazo, de utilización en gran escala de energías renovables, son compatibles con el procesamiento actual de HC, ya que necesitan sus productos.

# PRODUCTOS DEMANDADOS

- GASES
- NAPHTHA
- KERO
- GASOIL
- FUEL OIL
- LUBRICANTES
- ASFALTOS

# DEMANDAS & PROCESOS



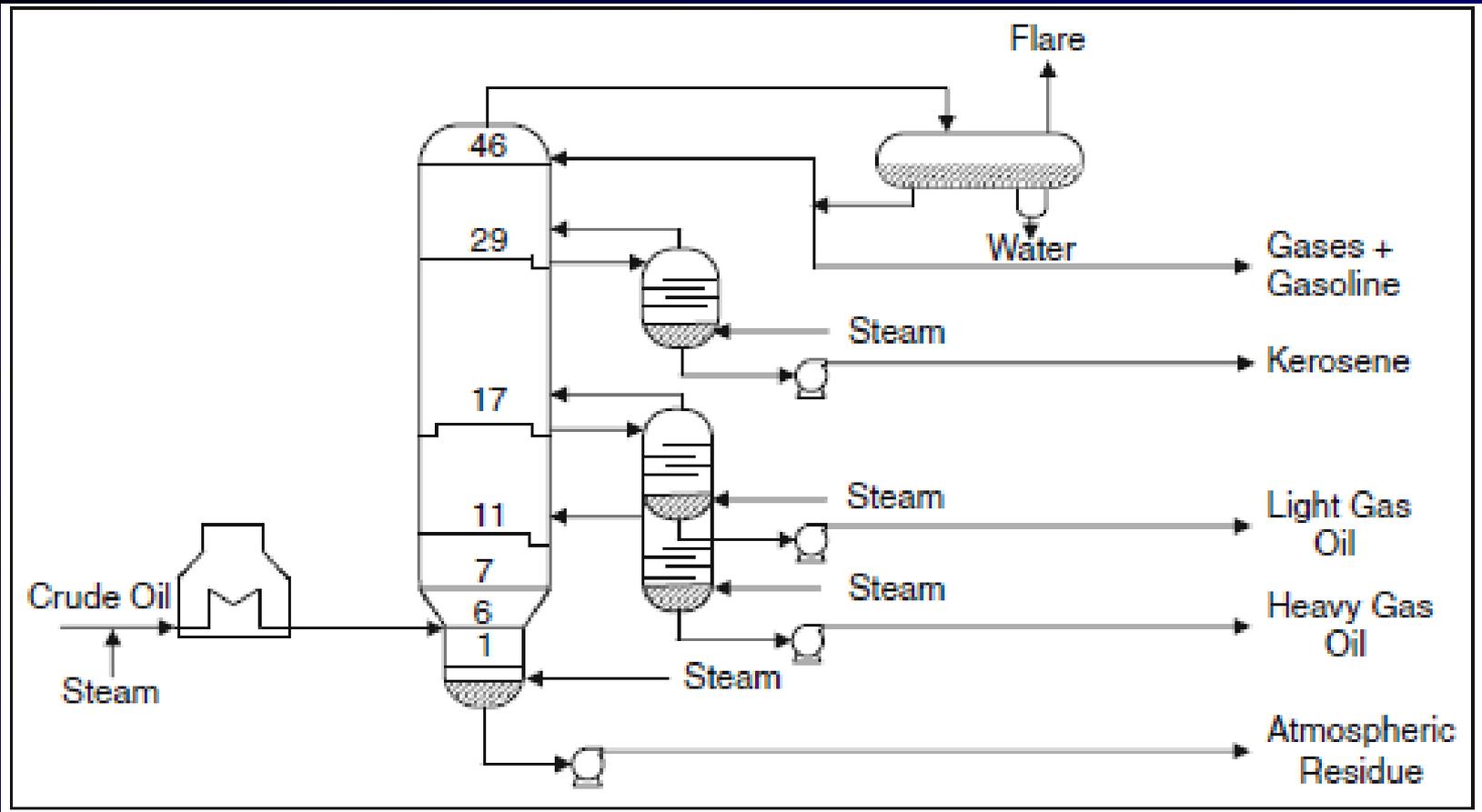
# PROCESOS FÍSICOS DE SEPARACION

- DESTILACION
- DESASFALTADO DE ACEITES
- EXTRACCIÓN POR SOLVENTE
- DESPARAFINADO

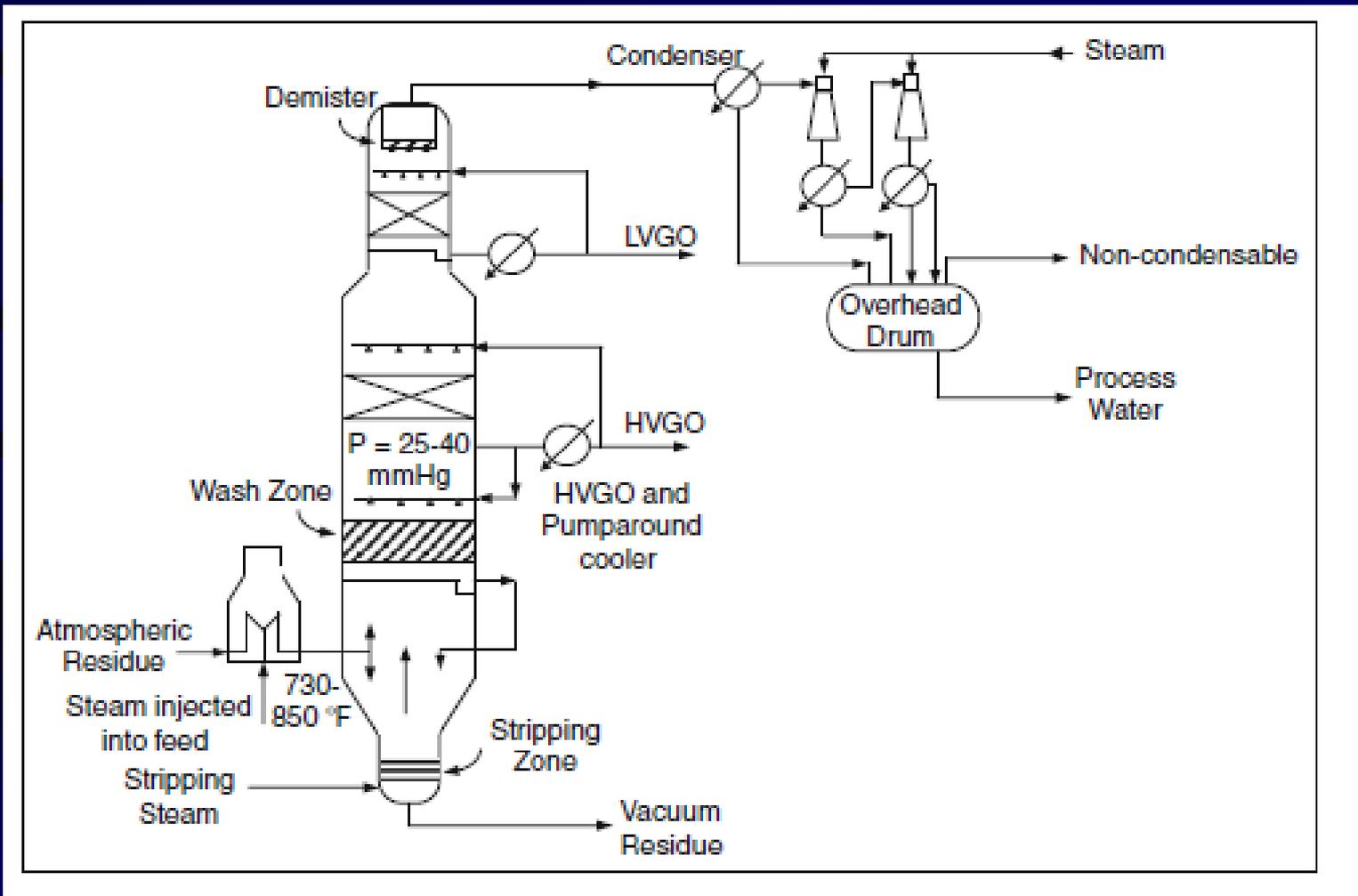
# Procesos Físicos de Separación

- Operaciones unitarias que involucran transferencia de cantidad de movimiento, energía térmica y masa
- No hay presencia de reacciones químicas
- Destilación: es posible separar mezclas multicomponentes de distintos puntos de ebullición por la naturaleza de sus componentes

# DESTILACION ATMOSFERICA



# DESTILACION AL VACÍO



# PRODUCCIÓN DE DAO

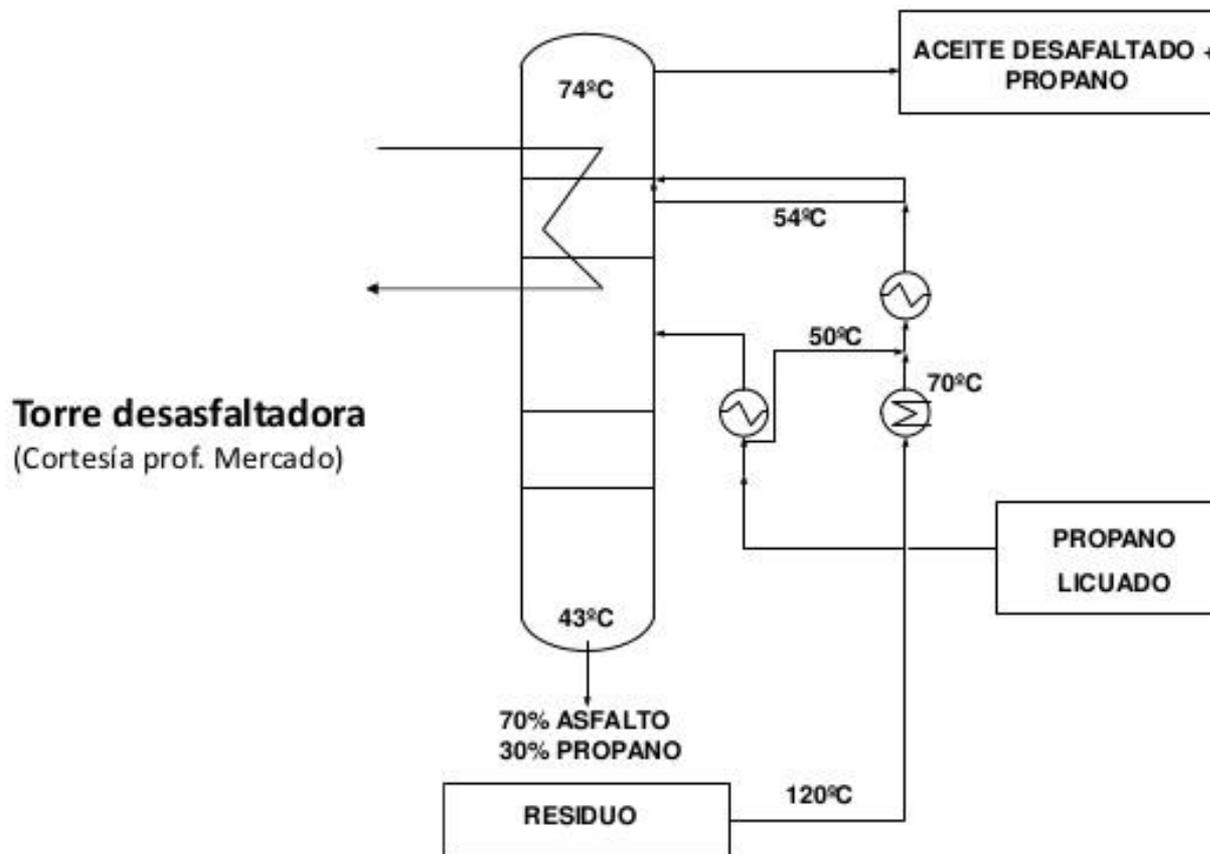
## DESASFALTADO DE ACEITES

- Extracción de los aceites, con solventes Parafínicos lineales (C3-C5) a una T entre 100 y 170 °C
- Los asfaltenos precipitan y salen por el fondo de la columna de extracción mientras que el aceite desasfaltado, (DAO) o Bright Stock, sale por el tope
- La presión está comprendida entre 300-600 psig para mantener líquido el solvente empleado.

El DAO puede ser enviado a Cracking para incrementar la producción de aceite liviano

# PRODUCCIÓN DE DAO

## DESASFALTADO



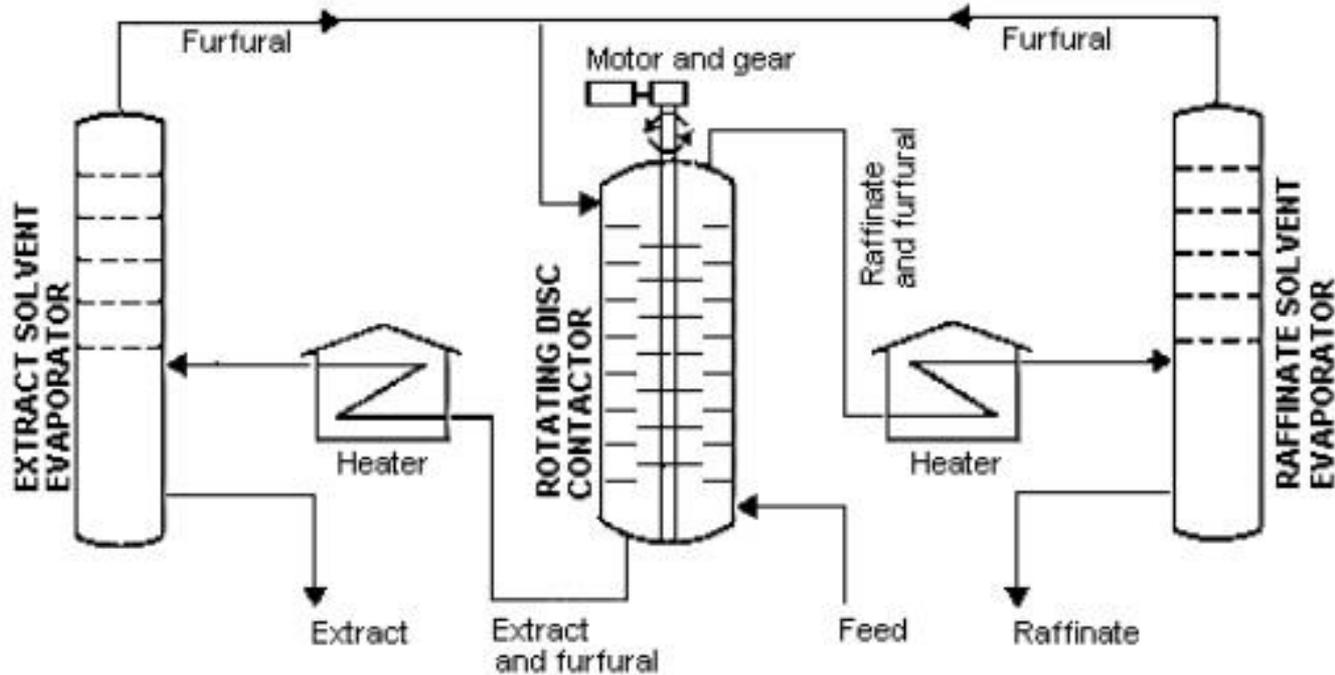
# EXTRACCIÓN POR SOLVENTE

## REMOCIÓN DE AROMÁTICOS Y NAFTENOS

- El DAO es tratado con solvente furfural, fenol y en menor medida N-metilpirrolidona (NMP) que disuelve aromáticos y naftenos en la fase extracto. De aquí se recupera solvente
- El refinado es el aceite “desaromatizado”, que luego es desparafinado

# EXTRACCIÓN POR SOLVENTE

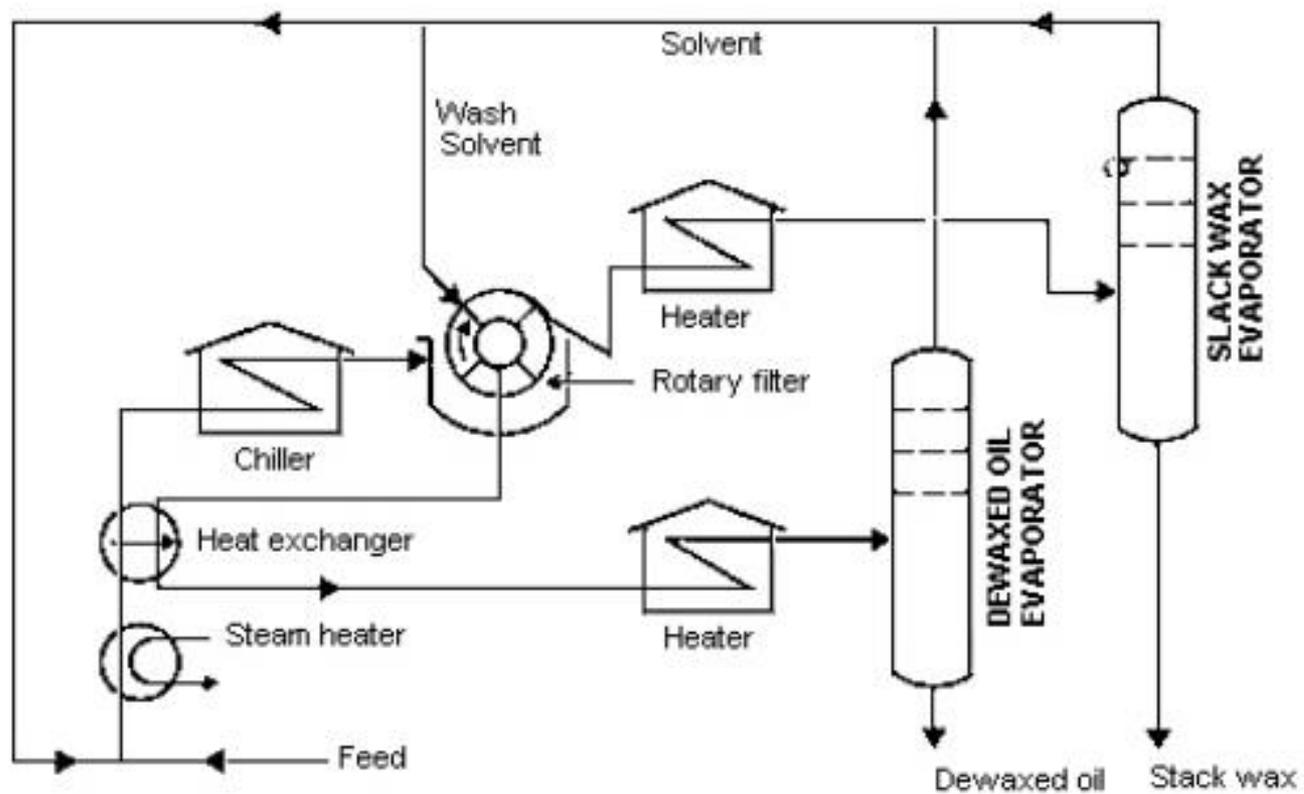
## EXTRACCIÓN DE AROMÁTICOS



# DESPARAFINADO

- El Refinado es disuelto en una solución de MEK y tolueno,
- gradualmente enfriada, mientras que las parafinas de alto peso molecular (cera) es cristalizada.
- La solución sobre nadante, extracto, es filtrada, despojada del solvente y se denomina LUBE o Base Lubricante
- El sólido es enviado a petroquímica a purificación de parafinas.

# DESPARAFINADO



Unidad de desparafinado con MEK/tolueno

# PROCESOS DE CONVERSIÓN QUÍMICA TÉRMICA

- Diseñados para obtener productos mejorados de residuos de vacío
- Capaces de producir destilados (naftas y gases) que puedan ser procesados en unidades catalíticas
- Procesar residuos pesados que no pueden ser empleados en procesos catalíticos.

El objetivo NO es producir coque de petróleo

# PROCESOS DE CONVERSIÓN TERMICA

- VISBRAKING
- DELAYED COKING
- FLUID COKING
- FLEXI COKING

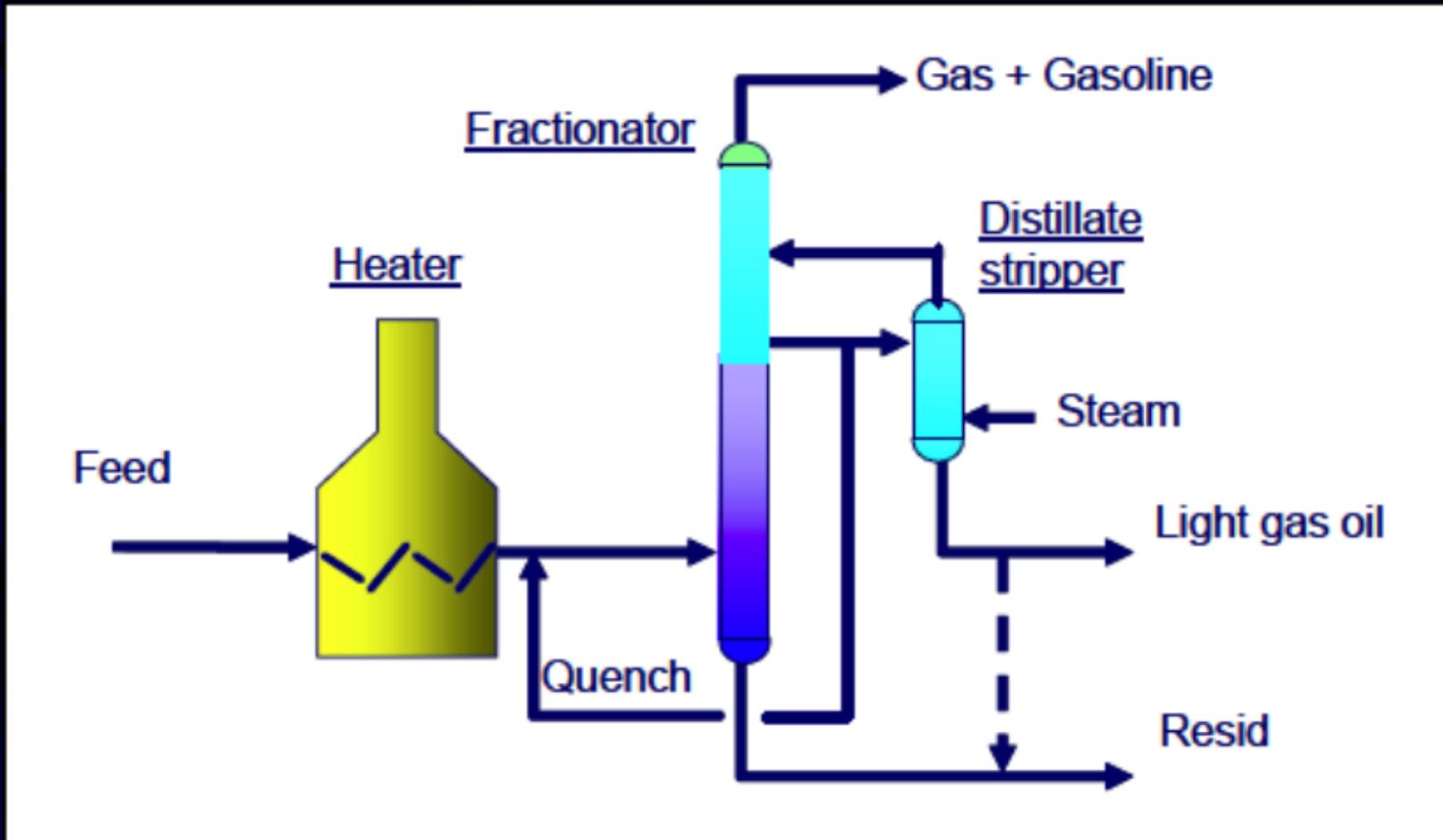
# PROCESOS DE CONVERSION TERMICA

## VISBREAKING

- Reacción de craqueo de término medio, alimentada con fondos de topping o vacío.
- 480°C @ 50-200 psi
- Obtiene 75-85% de producto craqueado de menor viscosidad, que puede ser usado como fuel oil intermedio.
- Productos obtenidos: gas, gasolina, gasoil y producto sin convertir – NO COKE

# VISBRAKING

## PROCESOS DE CONVERSION TÉRMICA



La reacción inicia en los anillos de calentamiento del **horno**

# VISBRAKING



8/24/2022

Ing Jorge Nozica

26

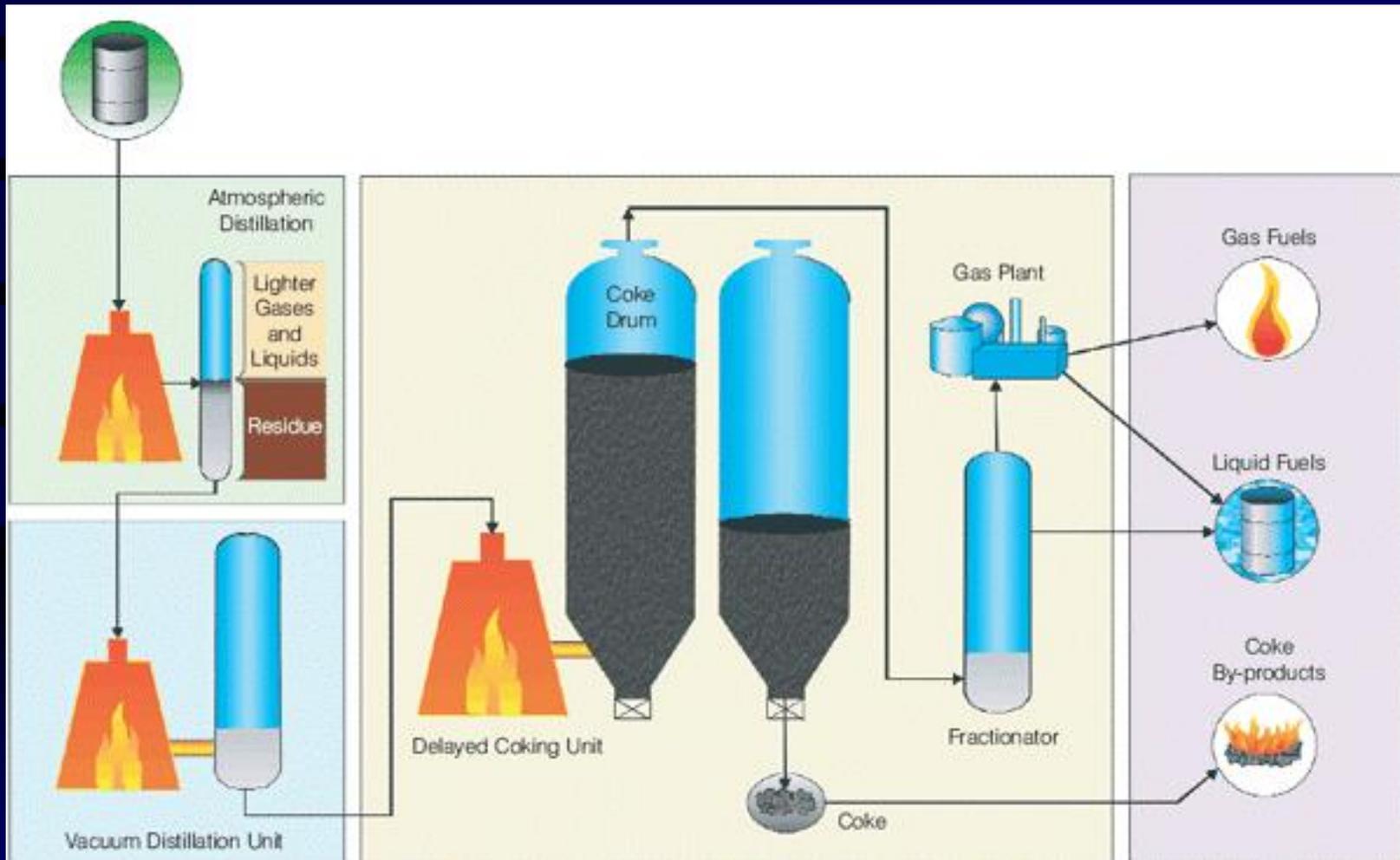
# PROCESOS DE CONVERSION TÉRMICA

## DELAYED COKING

- Alimentación de fondos de vacío, rica en asfaltenos, resinas, aromáticos, sulfuros y metales
- Productos obtenidos gases insaturados (olefinas) y líquidos altamente aromáticos
- El coke retiene la mayor parte de asfaltenos, sulfuros y metales de la alimentación

# DELAYED COKING

## PROCESOS DE CONVERSION TERMICA



# DELAYED COKING

## PROCESOS DE CONVERSION TERMICA

- Horno de calentamiento (500 C) @ 90 psi
- Cámaras de Coqueo (2, 4, 6+)
- Tiempo de residencia 24 hs aprox, reacción química, separación primaria, fraccionamiento de productos
- Operación cíclica: Retiro del carbón acumulado en las cámaras luego de llenarse. En paralelo, otra cámara se habilita para continuar el proceso de conversión.
- Rendimientos típicos: Gases 10-20%, Nafta 15-25%, Diesel 35-50% Coque 30-35%

# DELAYED COKING

## PROCESOS DE CONVERSION TERMICA



Unidad de Delayed Coking – El Segundo, California. EEUU

8/24/2022

Ing Jorge Nozica

30

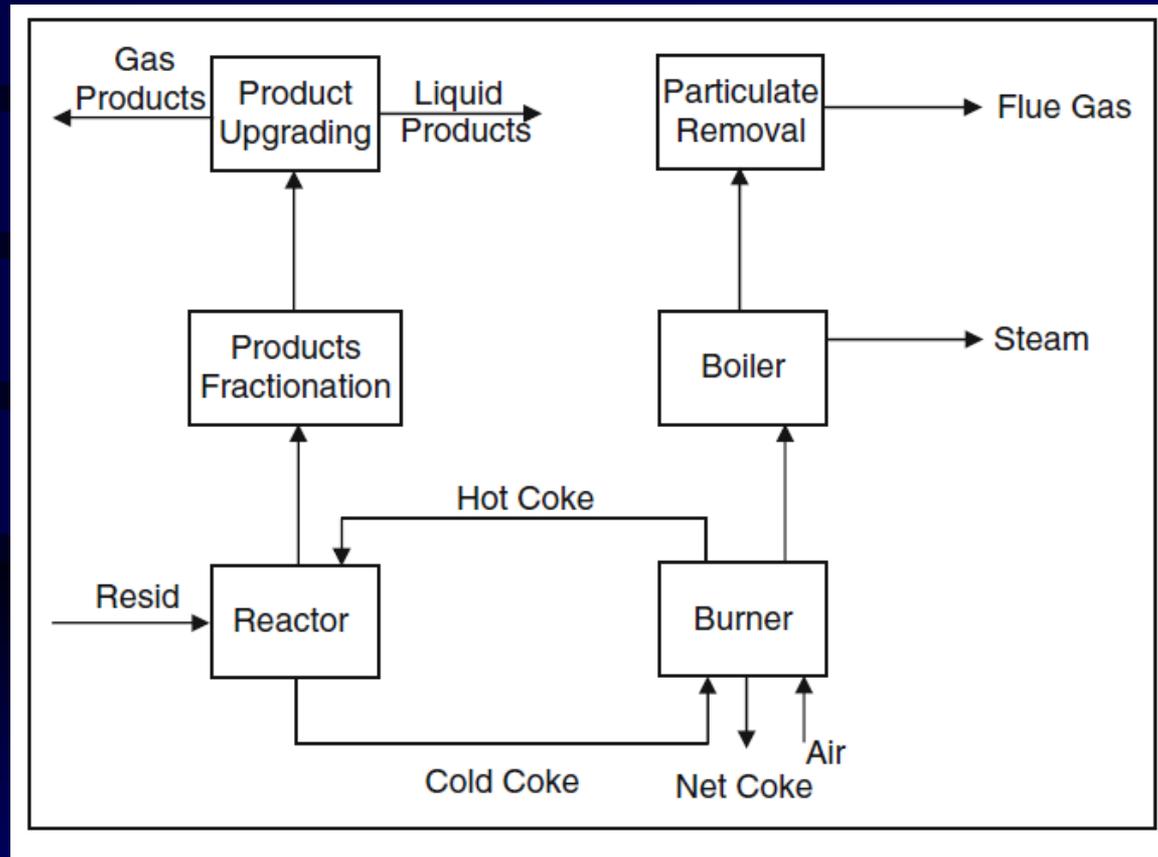
# PROCESOS DE CONVERSION TERMICA

## COKEO FLUIDIZADO O FLUID COKING

- Proceso de termo craqueado en reactor y hornos, de lecho fluidizados.
- Temperatura reactor 550°C, fluidizado con ayuda de vapor
- Temperatura del Horno 630°C

# COKING FLUIDIZADO

## PROCESOS DE CONVERSION TERMICA



# COKING FLUIDIZADO

## PROCESOS DE CONVERSION TERMICA

### Reactor y Cámara de Combustión

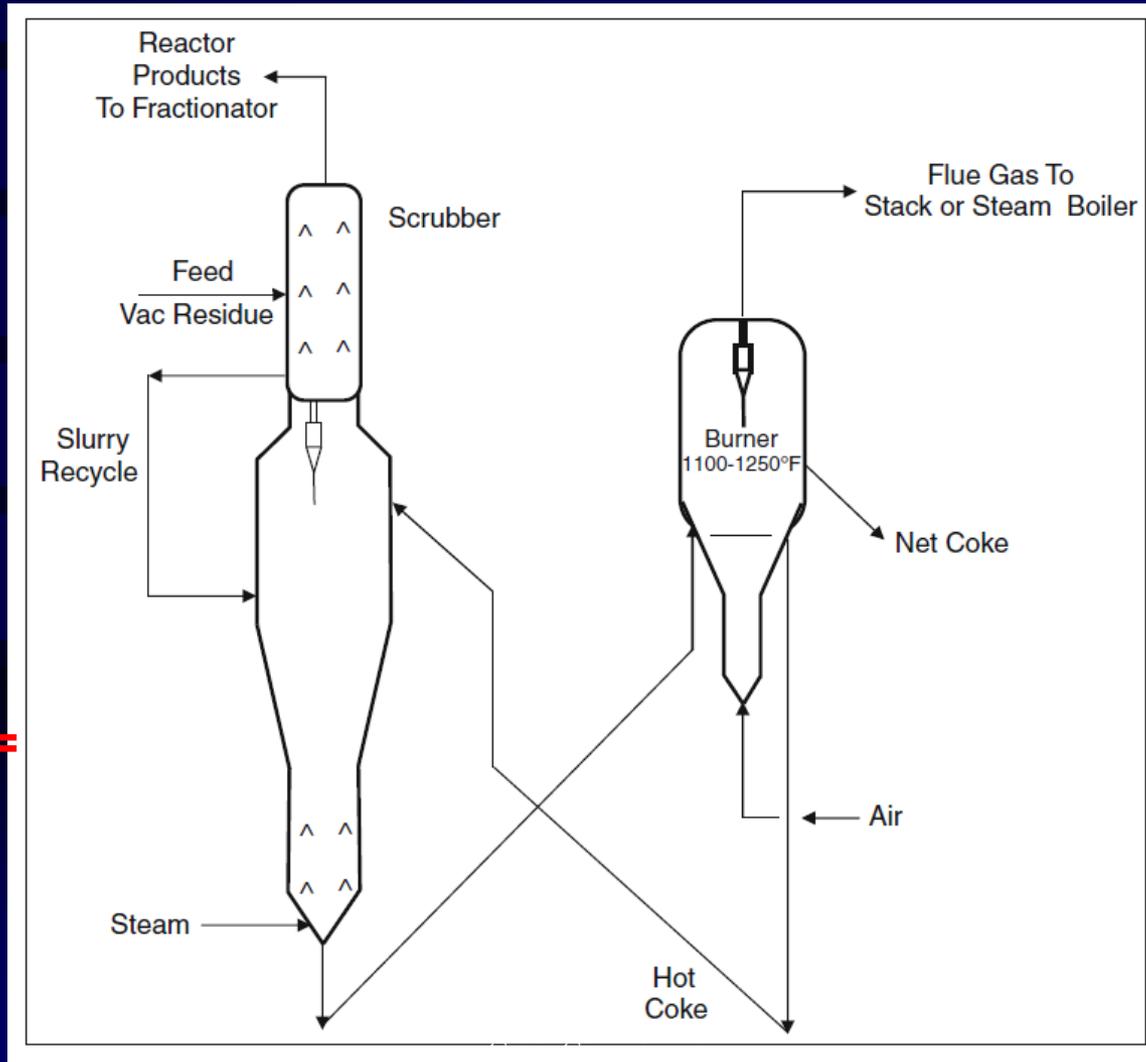
- ❑ Partículas de coque calientes fluidizadas circulan entre sí mejorando el contacto.
- ❑ Craqueo en el reactor
- ❑ Combustión parcial del coque, aumentando conversión y generando energía

### Rendimientos vs. Delayed Coker

- ❑ Mayor producción de Destilados/Diesel (+ 5 puntos %)
- ❑ Menor producción de Coque (- 10 puntos %)

# COKING FLUIDIZADO

## PROCESOS DE CONVERSION TERMICA



Slurry =  
lodo

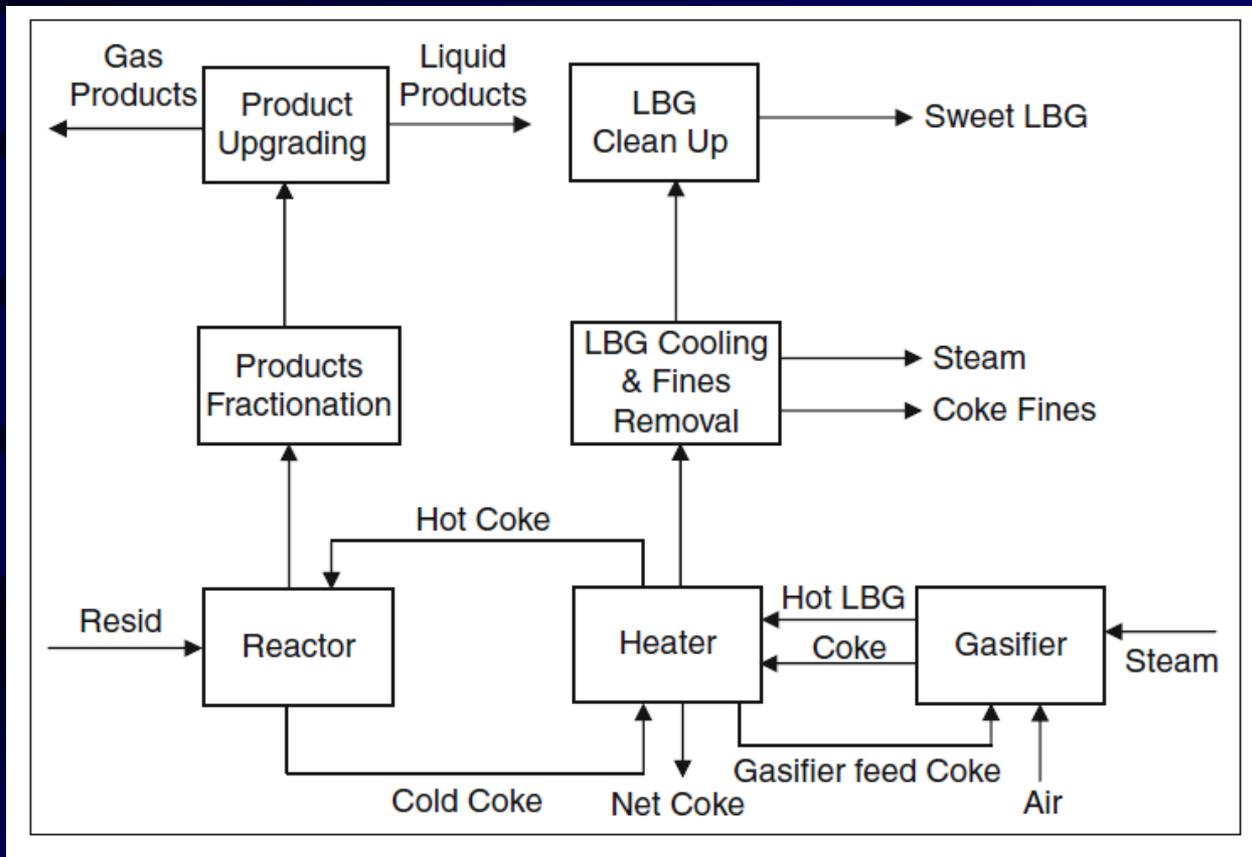
# PROCESOS DE CONVERSION TERMICA

## FLEXICOKING

- variante del coqueo fluidizado con la incorporación de un gasificador que quema el coke, produciendo LBG (gas de bajo poder calorífico)
- T°900C del gasificador y 600°C el reactor

# FLEXICOKING

## PROCESOS DE CONVERSION TERMICA



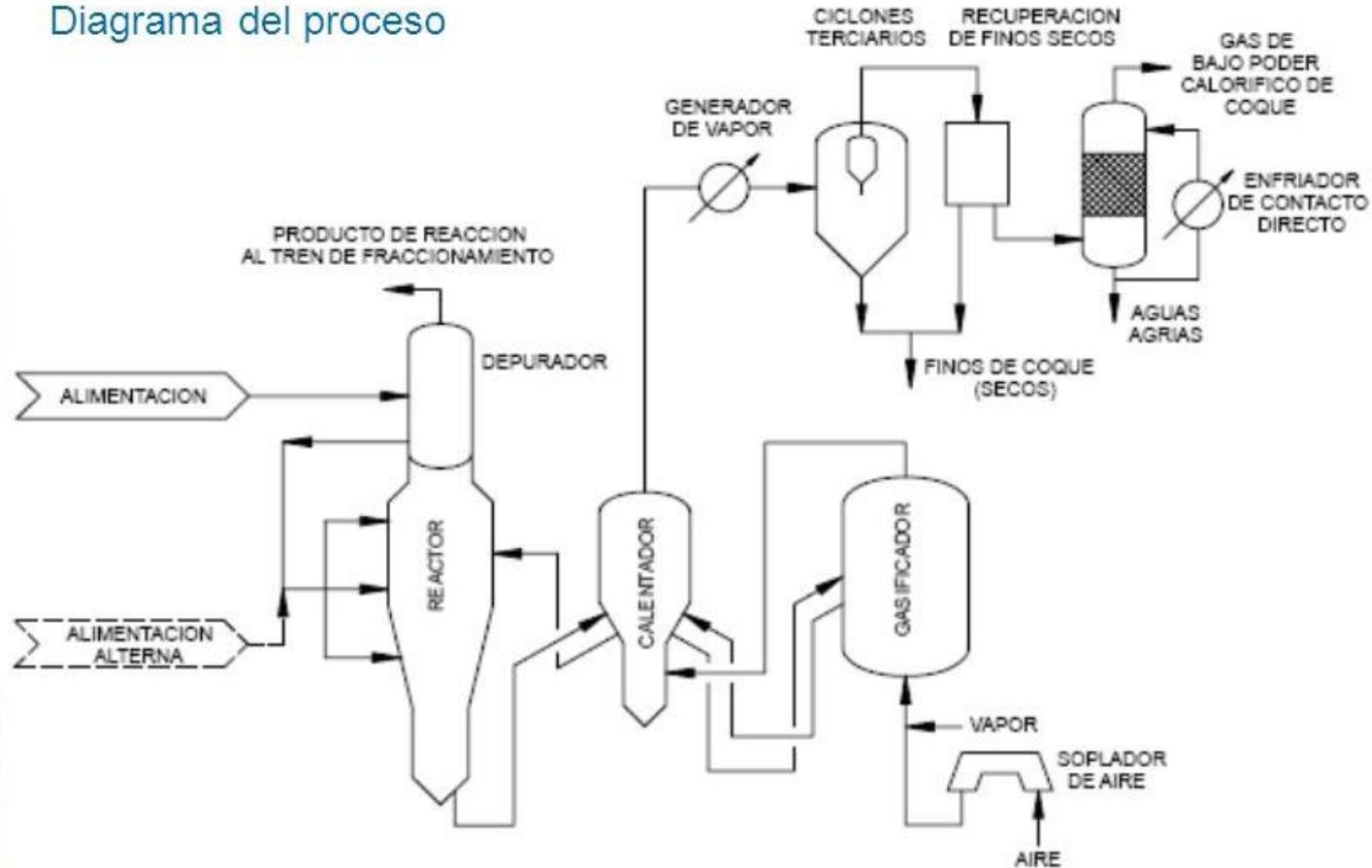
LBG – Low BTU Gas

# FLEXICOKING

- Se aplica para conversión de residuos en refinerías con baja producción de coque, adecuado para la conversión de alimentaciones pesadas y para la producción de un combustible sustituto donde el gas natural tiene alto valor.
- Contempla una etapa adicional en la que se realiza la gasificación del coque que se va acumulando en el proceso, solo el 2% w/w
- Capaz de procesar cualquier tipo de hidrocarburo pesado, que pueda fluir.

# FLEXICOKING

Diagrama del proceso



# PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

- REFORMADO
- HIDROTRATAMIENTO
- HIDROCRACKING
- CRAKING FLUDIZADO
- ISOMERIZACION
- ALQUILACIÓN

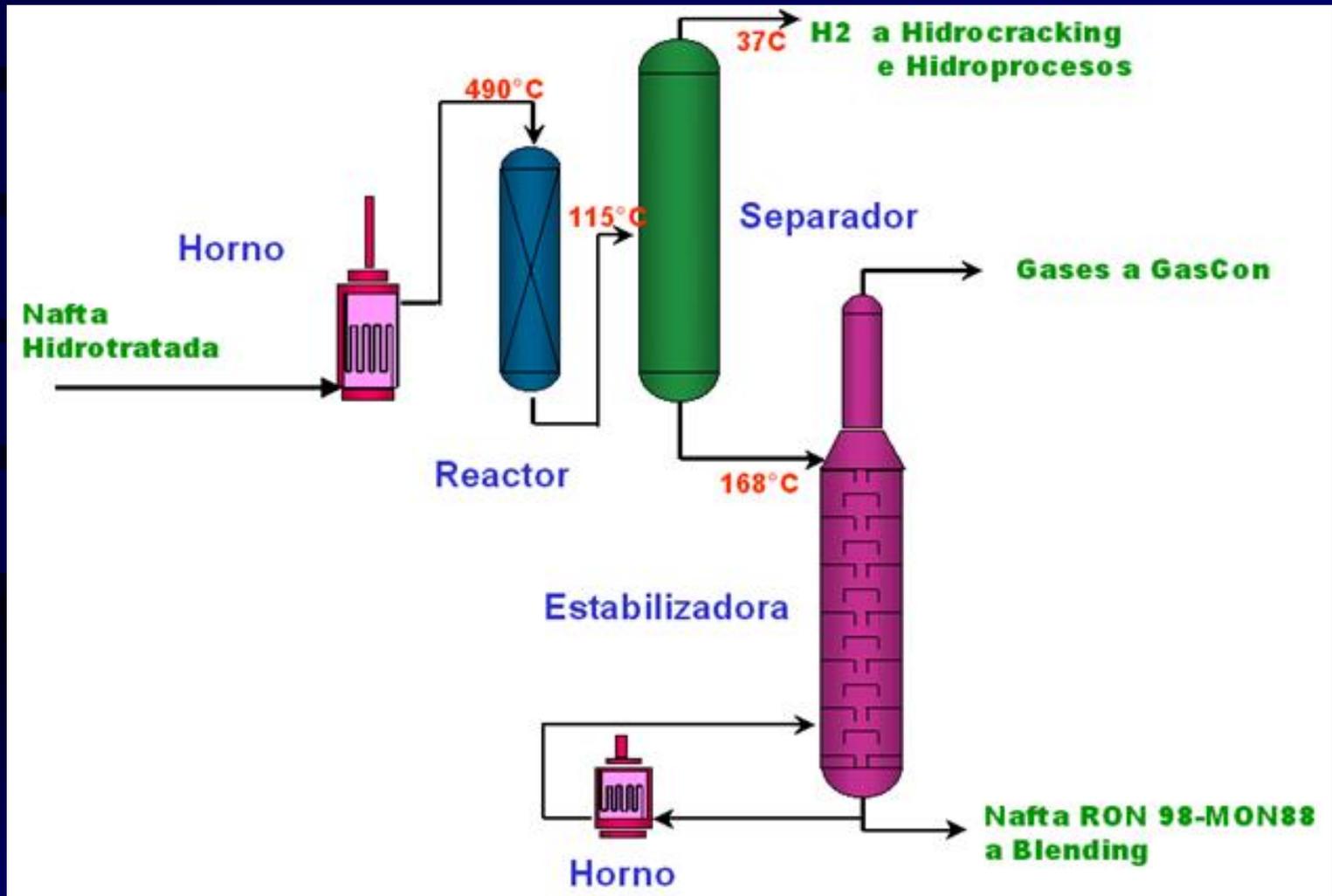
## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

### REFORMADO O REFORMING

- Reacción de reestructuración de fracciones de nafta (C6-C10) en aromáticos e iso alcanos (iso parafinas) + **H<sub>2</sub>**
- Incrementa en gran medida en n° de octano
- Usado para mezcla de gasolina y como materia prima de producción de aromáticos

# REFORMADO

## PROCESOS CATALÍTICOS



## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

- Horno de calentamiento (500 C)
- Reactores: Catalizador, metales preciosos (Pt, Pd)
- Sistema de fraccionamiento de productos
- según el proceso de regeneración de catalizador
- Semi regenerativo (lecho fijo)
- Cíclico (lecho fijo)
- Regeneración continua (CCR)
- Rendimientos típicos:

Nafta 70-80% RON 95-100 + LPG, Hidrógeno

# PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

## HIDROTRATAMIENTO

- Proceso más difundido para tratamiento de impurezas como S,N, Oxi compuestos, Cl compuestos, aromáticos, ceras y metales por hidrogenación.
- Catalizador determinado para la impureza
- Co-Mo sobre sobre matriz de alúmina es el más utilizado.

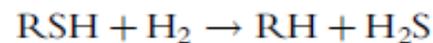
# HIDROTRATAMIENTO

## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

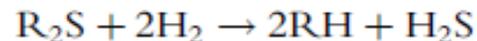
- Temperatura de operación oscila entre 260 y 380°C según el tipo de HT

### 1. Desulphurization

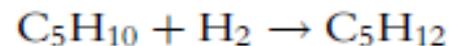
#### a. Mercaptanes:



#### b. Sulphides:

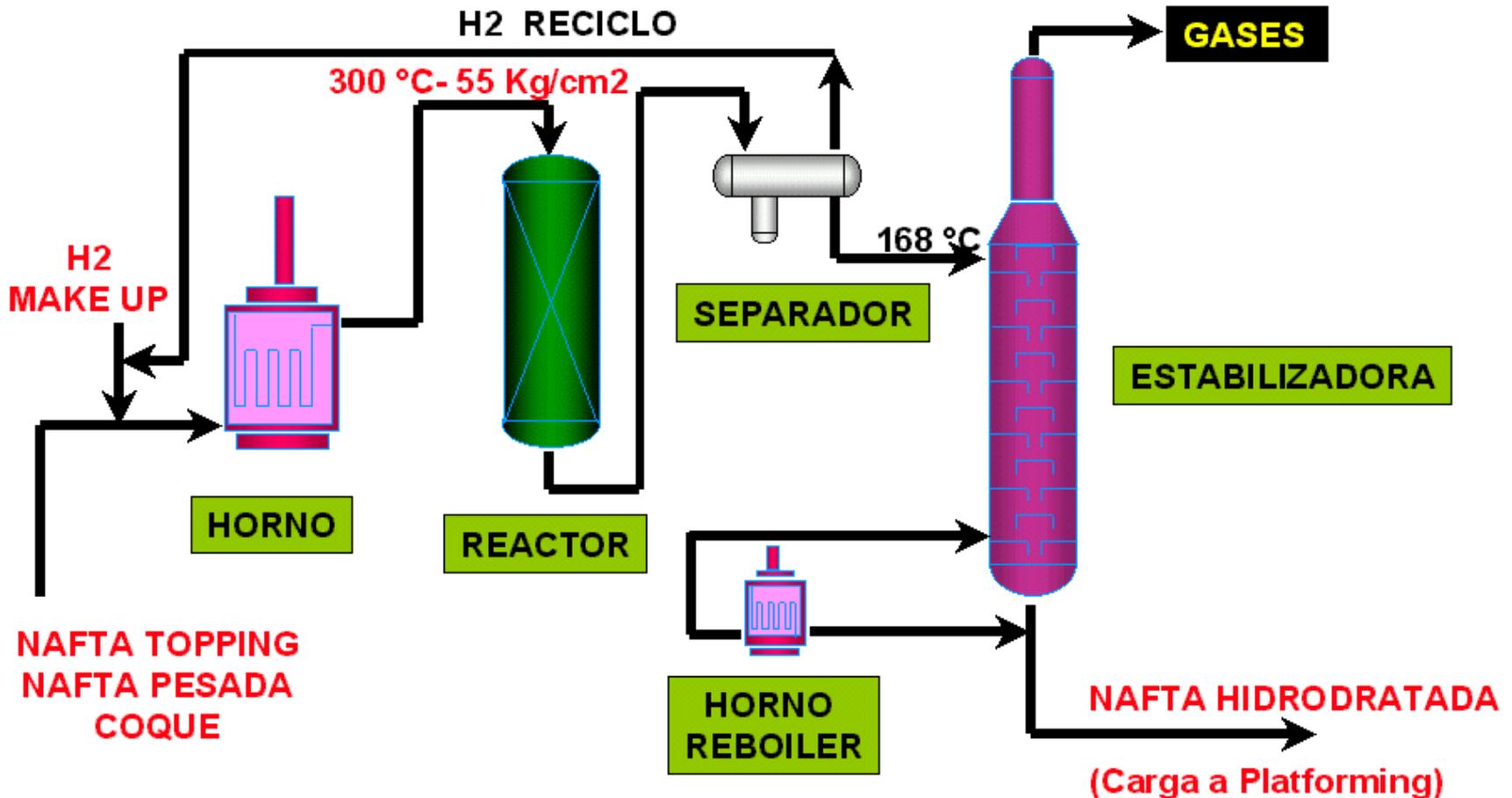


### Hydrogenation of olefins



# HIDROTRATAMIENTO

## HIDROTRATAMIENTO DE NAFTAS

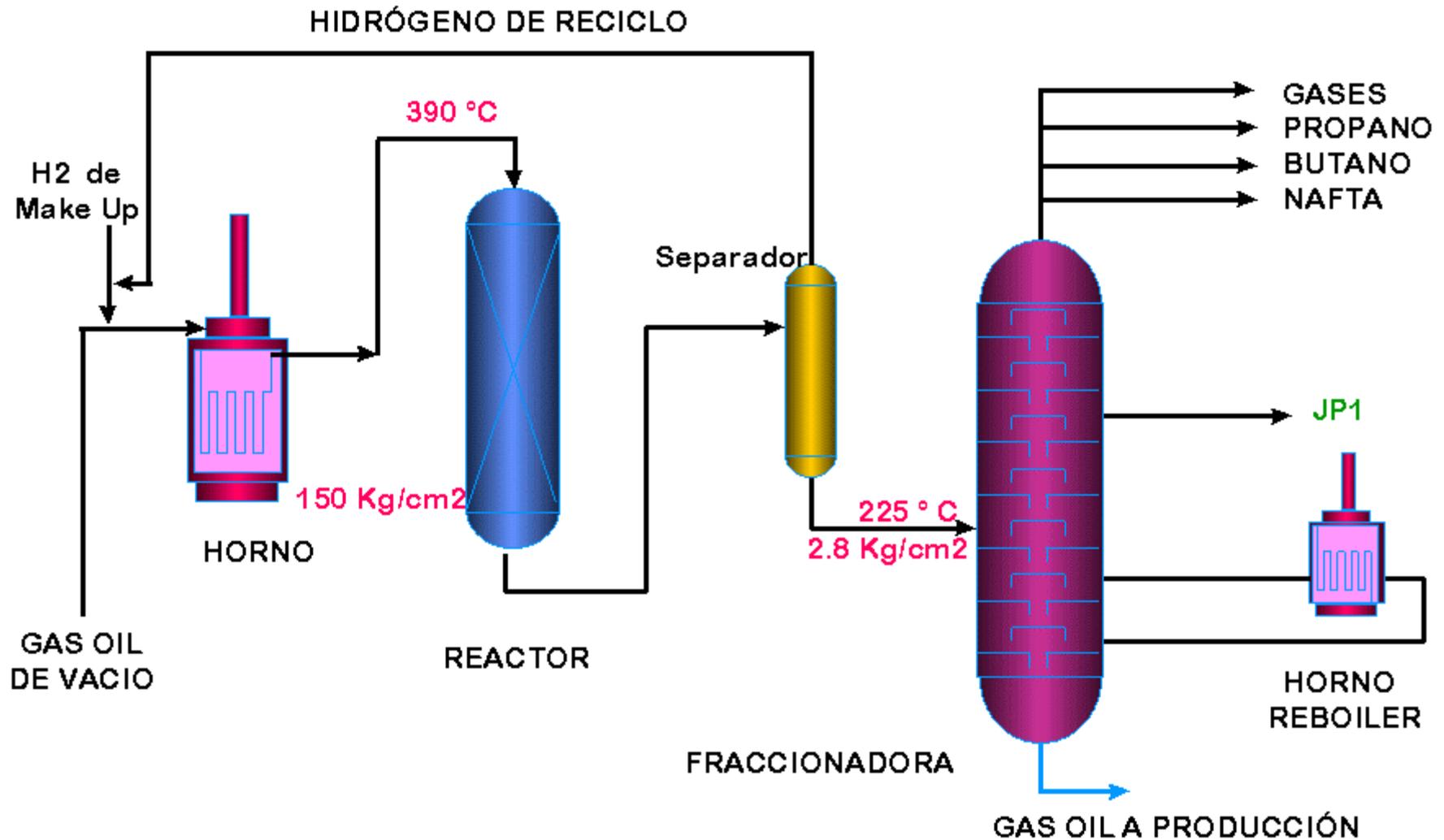


# PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

## HIDROCRACKING

- Craqueo catalítico en presencia de hidrogeno,
- Catalizador doble función (cerio, itrio, neodimio)
- Amplia flexibilidad de carga: gas oil pesado y/o productos de otras plantas de conversión
- Reactores (2 o 3 en serie, lecho fijo, 350-400 C, 150 atm)

# HIDROCRACKING



# HIDROCRACKING

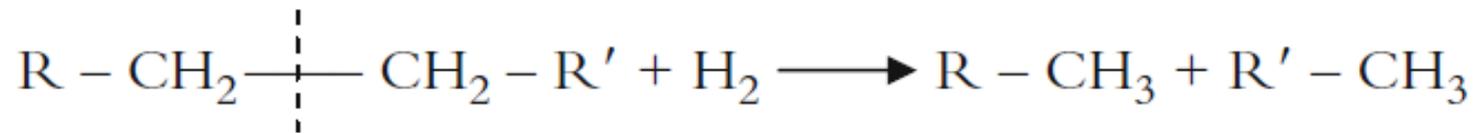
## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

- Alimentación de residuos atmosféricos y de vacío, producen en presencia de  $H_2$ , productos livianos.
- Se utilizan catalizadores de función dual, zeolita (función ácida) promueve la reacción de craking y tierras raras soportados en alúmina favorecen la reacción de hidrogenación
- Productos: kero, jp, diésel y fuel oil

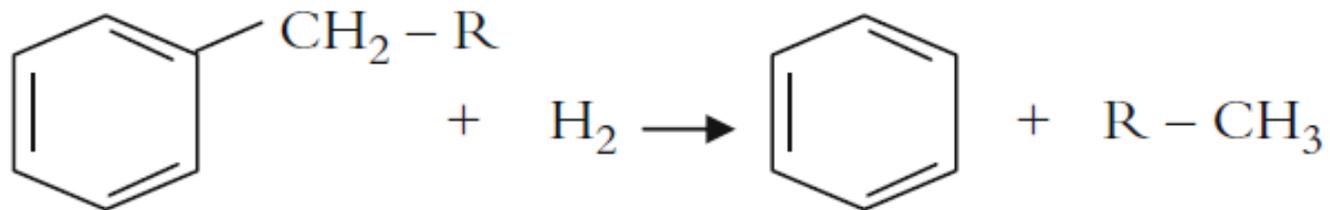
# HIDROCRACKING

## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

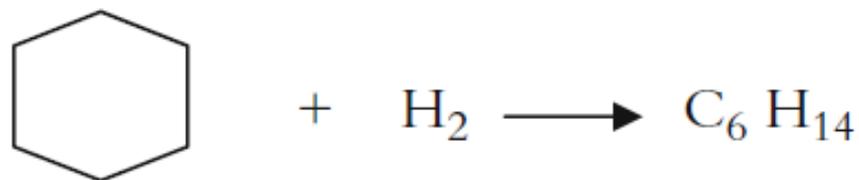
### 1. Alkane hydrocracking



### 2. Hydrodealkylation



### 3. Ring opening



# PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

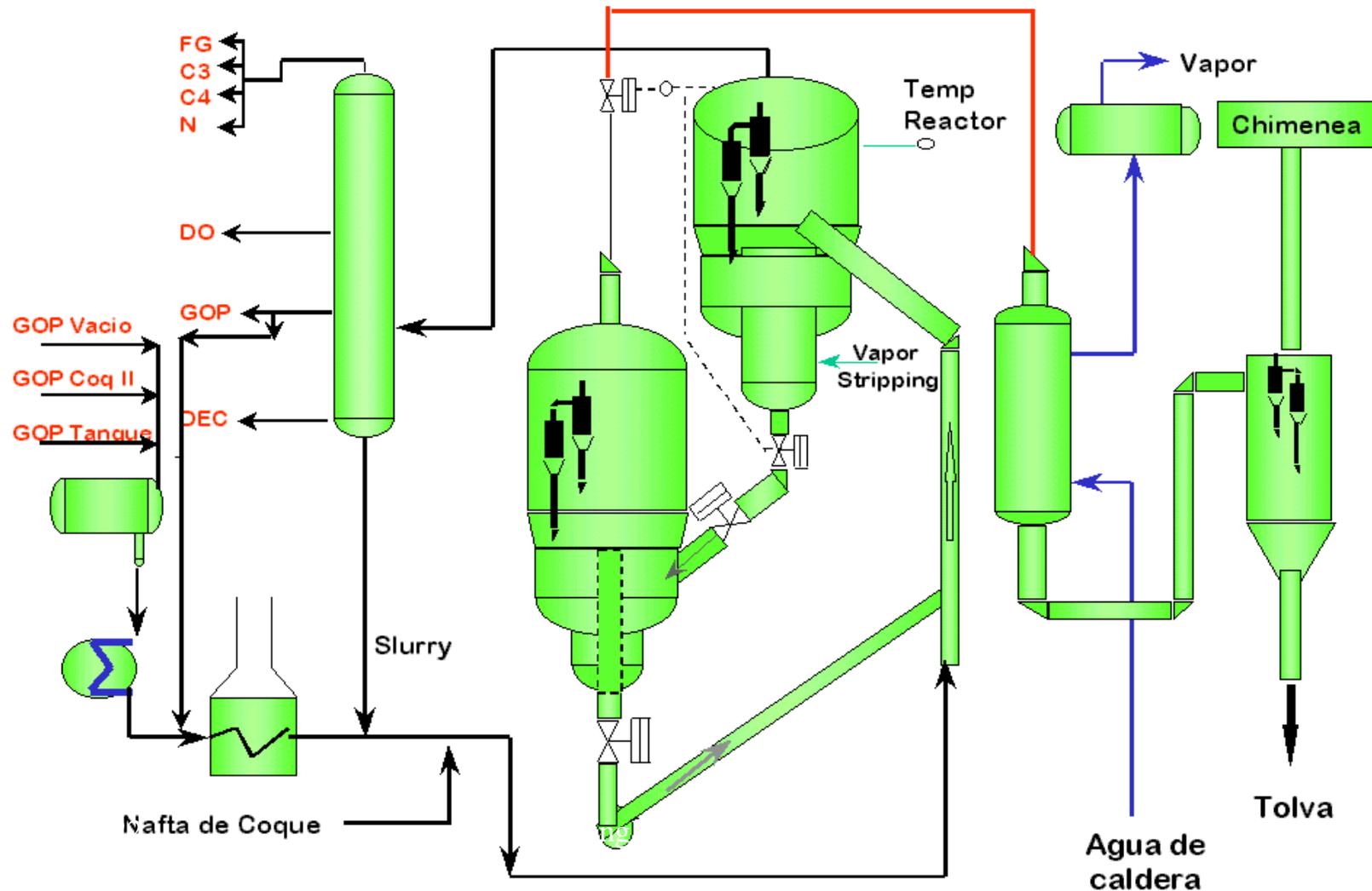
## **CRACKING FLUIDIZADO**

- Proceso principal para la producción de gasolina
- La alimentación principal es VGO, produce fundamentalmente nafta, también gasoil y gases

# FCC

## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

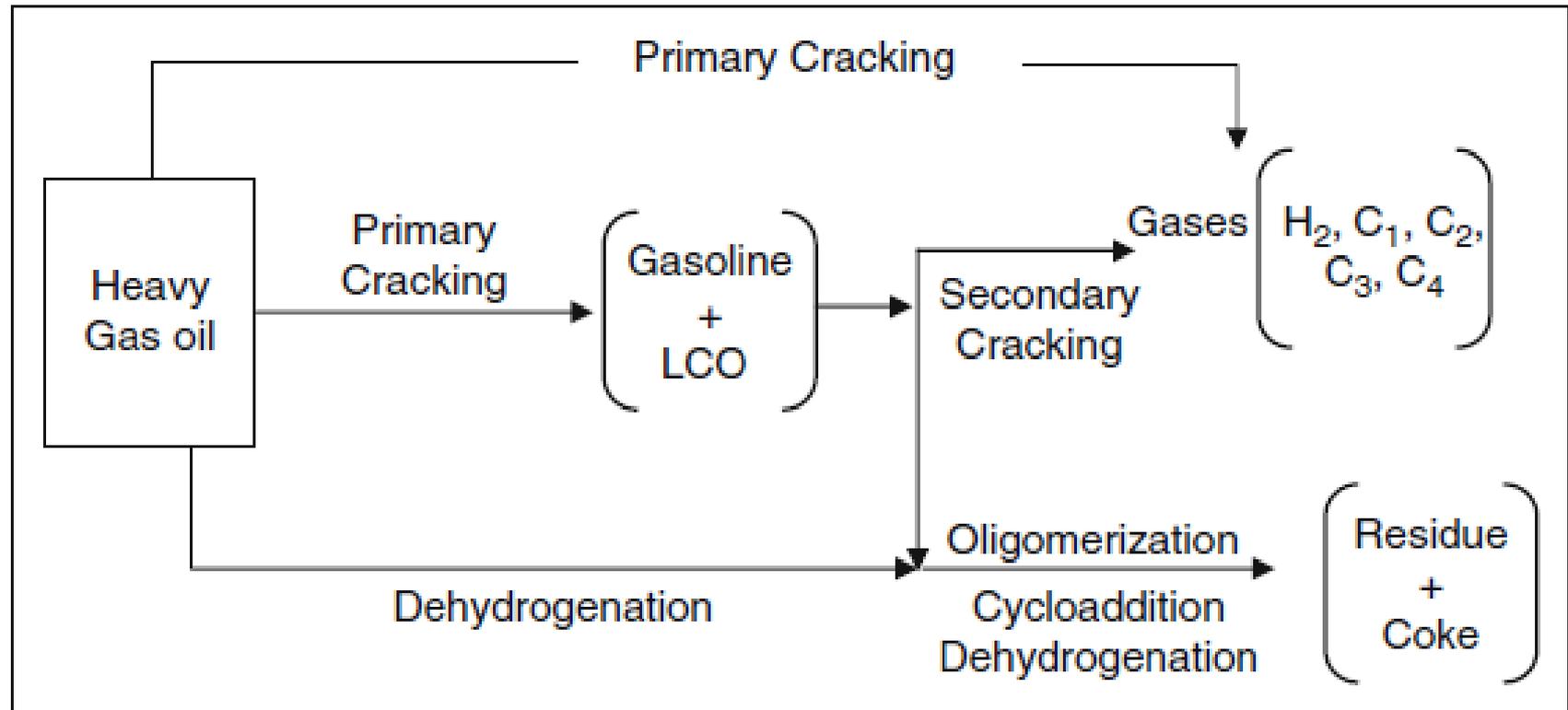
### Sistema de reacción y Fraccionamiento FCC II



## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

- Sistema de alimentación y reacción (500 °C): Mezcla de cargas precalentadas, catalizador y vapor de agua
- Catalizadores sintéticos porosos (zeolitas, polvo muy fino, función craking)
- Regenerador (700 °C): Quemado de carbón depositado sobre el catalizador. Catalizador fluidizado circula de forma continua

## ESQUEMA DE REACCIONES INVOLUCRADAS



**LCO = Light Cycle Oil**

# FCC

## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA



Fraccionamiento de  
productos  
Rendimientos típicos  
Gases 10-25%  
Nafta 40-60%  
Diesel 20-40%

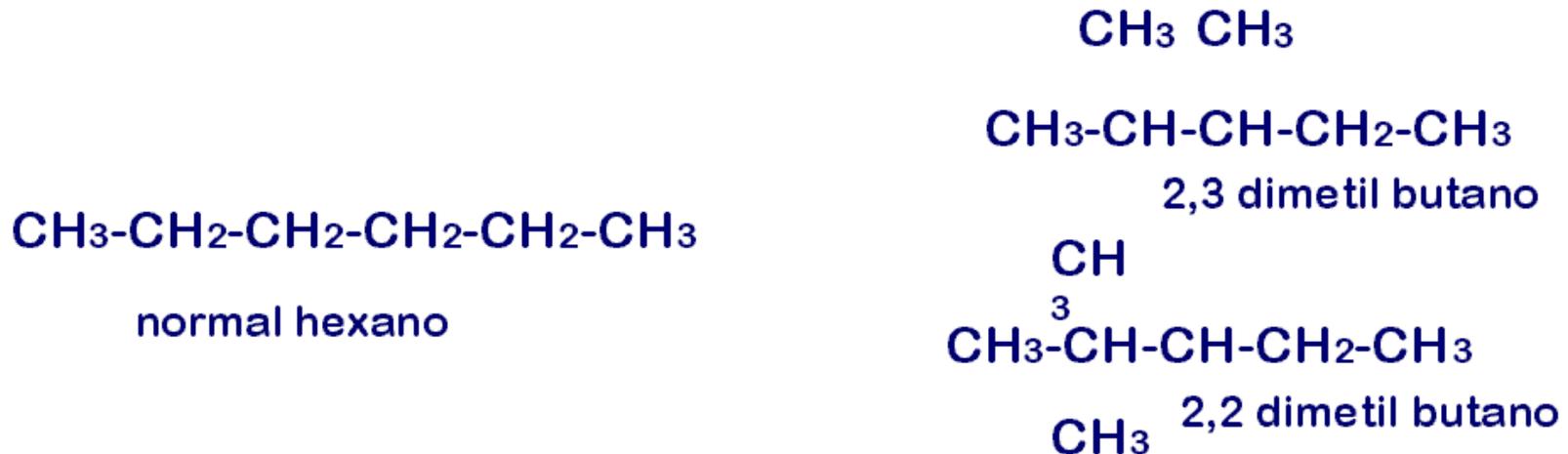
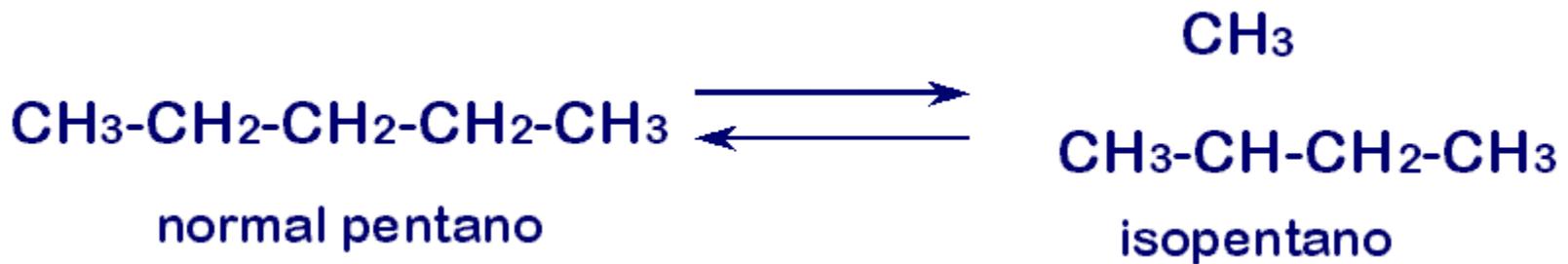
# PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

## ISOMERIZACION

- Hidrocarburos de nafta liviana (C4,C5,C6) son transformados en su isómero con igual número de carbonos
- Catalizador principal utilizado es Pt zeolita @ 250 °C – 15 a 30 bar
- Proceso Penex utiliza Pt sobre alúmina clorada

# ISOMERIZACION

## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

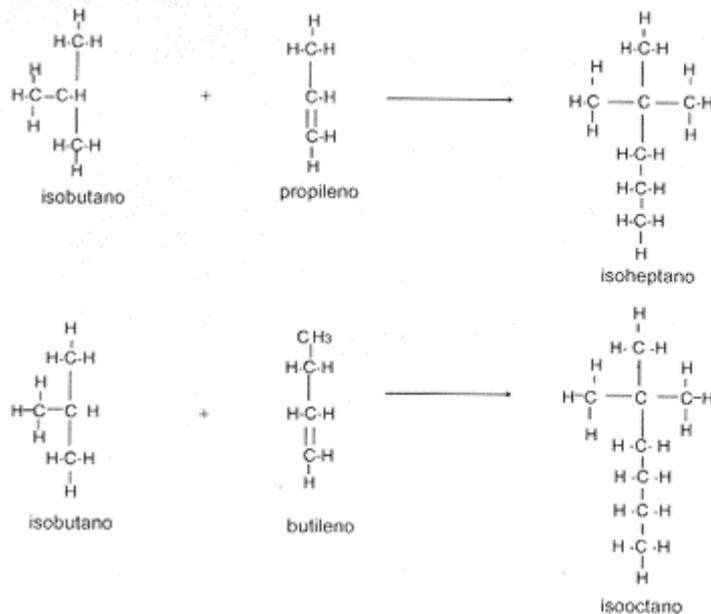
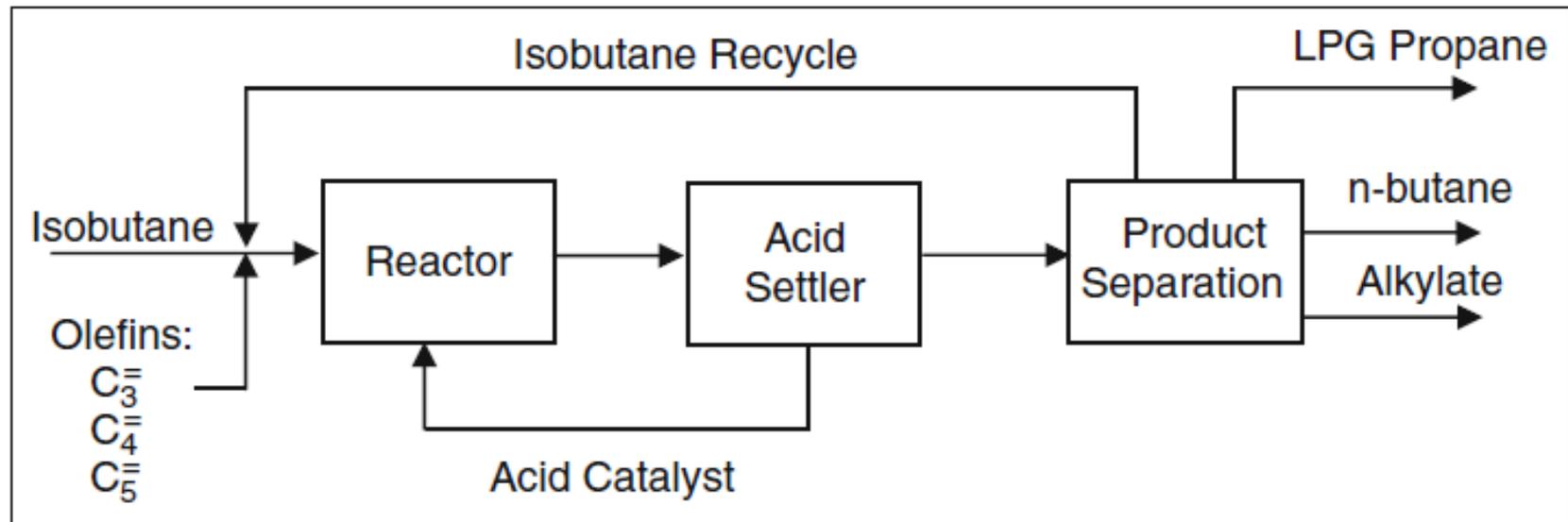


# PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

## ALQUILACIÓN

- Proceso de reacción de iso parafinas, ej iso butano, reacciona con una olefina, butileno, para producir gasolina rango alquilato
- La reacción se desarrolla en medio líquido y el catalizador es  $\text{SO}_4\text{H}_2$  o HF
- La alimentación proviene de FCC y Delayed coker

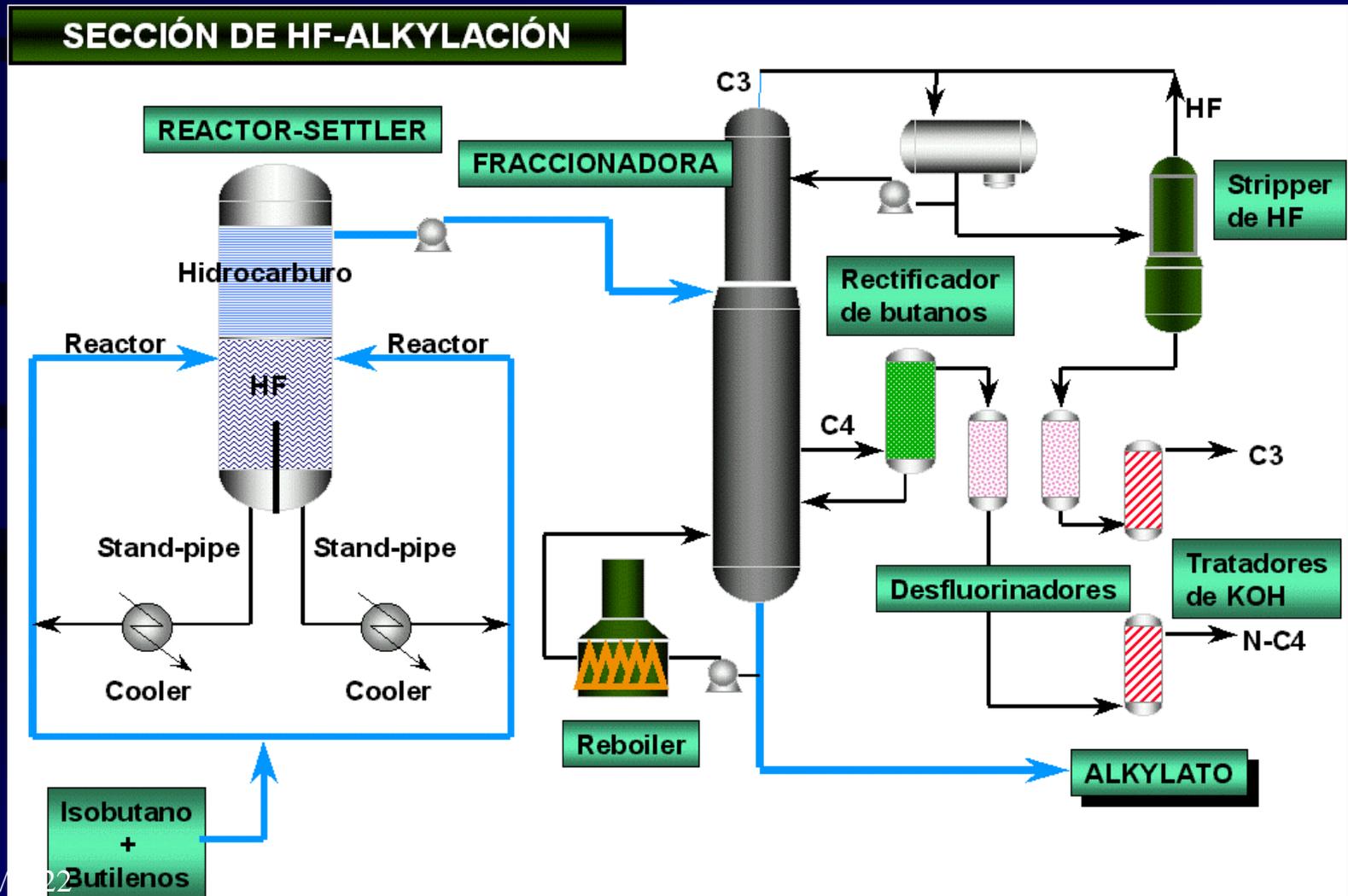
# ALQUILACION



LA ALQUILACION  
COMBINA OLEFINAS E  
ISOBUTANO PARA  
PRODUCIR  
ISOPARAFINAS

# ALQUILACION

## PROCESOS DE CONVERSION CATALÍTICA

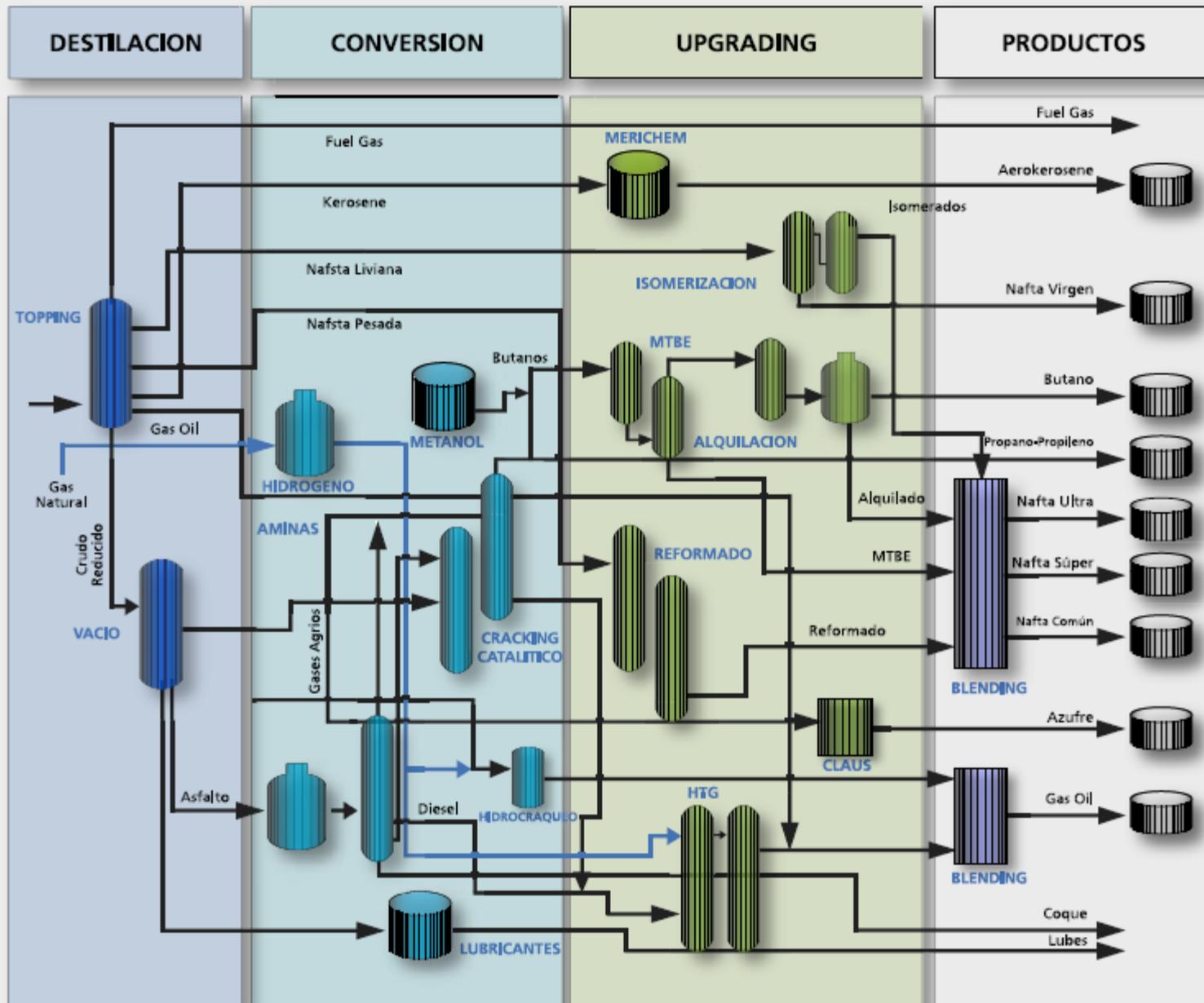


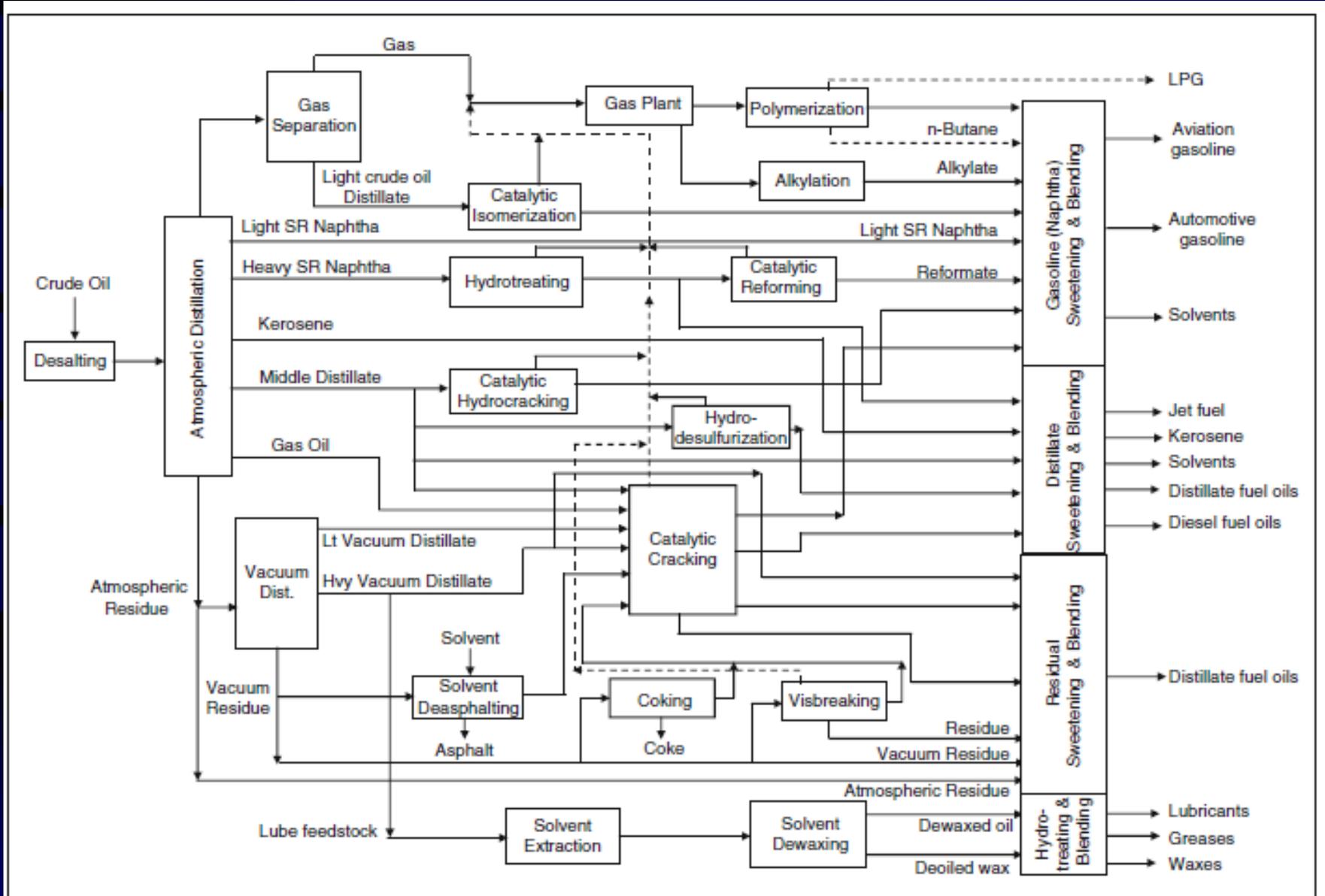
# PROCESOS ESPECIALES

- Merox: Conversión de mercaptanos contaminantes en gases, LPG, naftas y destilados en disulfuros
- Tratamiento de efluentes líquidos: Stripping de aguas agrias (remoción de H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub>), Biox, Flotación (remoción de hidrocarburos)
- Tratamiento de efluentes gaseosos: Tratamiento con Aminas (remoción de H<sub>2</sub>S ), Claus (conversión de H<sub>2</sub>S en azufre)
- Producción y purificación de hidrogeno: Steam Reforming, PSA, Separación por membranas

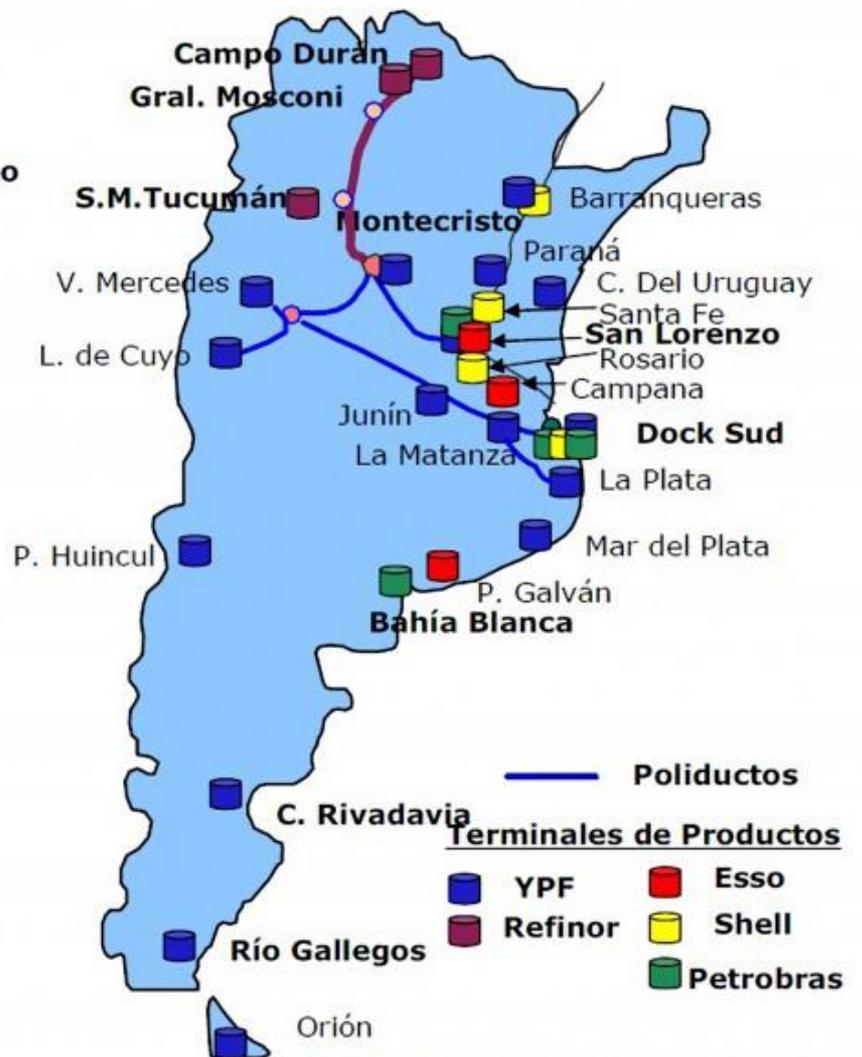
# PLANTAS DE PROCESAMIENTO

Refinery Category	Characteristic Processes	Product Yield Profile (vol%)		Comments
		Gasoline	Diesel & Jet	
<b>Topping</b>	Crude distillation	31	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Product sulfur levels same as crude fraction sulfur levels</li> <li>◆ Product yields and quality determined solely by crude properties</li> <li>◆ Gasoline has low octane</li> </ul>
<b>Hydroskimming</b>	Crude distillation Reforming Hydrotreating	28	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Product sulfur levels controllable by hydrotreating</li> <li>◆ Some capability to improve product yields and quality</li> <li>◆ Gasoline octane improved by reforming</li> </ul>
<b>Conversion</b>	Crude distillation FCC and/or hydrotreating Reforming Alkylation & other upgrading Hydrotreating	44	32	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Product sulfur levels controllable by hydrotreating</li> <li>◆ Substantial capability for yield and quality improvement</li> </ul>
<b>Deep Conversion</b>	Crude distillation Coking FCC and/or hydrotreating Reforming Alkylation & other upgrading Hydrotreating	47	42	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Product sulfur levels controllable by hydrotreating</li> <li>◆ Maximum yields of high-value refined products</li> <li>◆ Maximum capability for quality improvement</li> <li>◆ Essentially all residual oil "destroyed"</li> </ul>





# Principales Activos Downstream



Oleoductos y Refinerías

Poliductos y Terminales

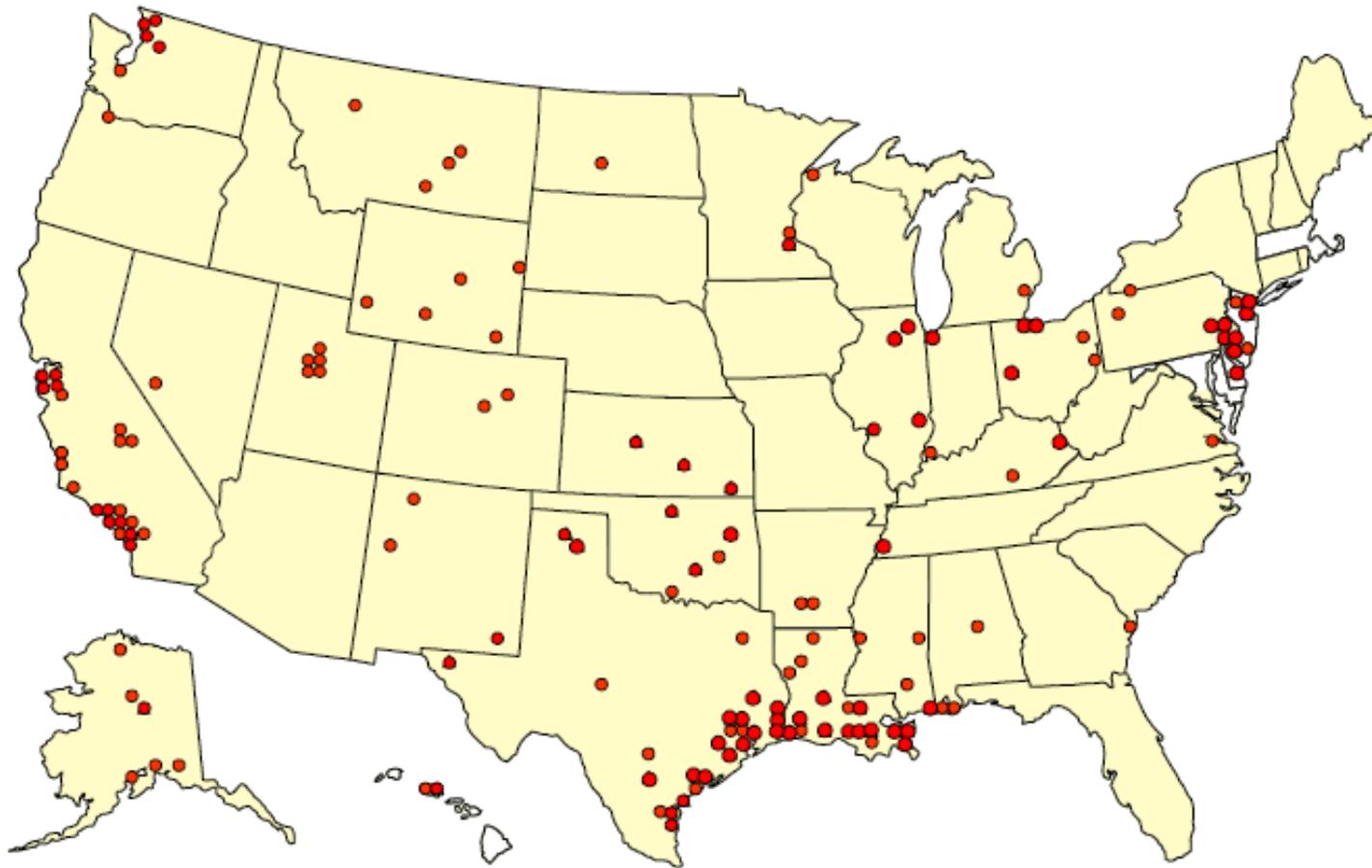


Figure 2. Geographic Distribution of Petroleum Refineries [DOE 2004]

# BIBLIOGRAFIA

Título	Autor(es)	Editorial	Año de edición	En Biblioteca
The Chemistry and Technology of Petroleum	James Speigth, Heinz Heinemann	Taylor and Francis Group	4° Edición 2006	0
Fundamentals of Petroleum Refining	Mohamed a. Fah im, taher a. Alsahhaf, and Amal elkilani	elsevier	1° Edición 2010	0
Chemistry of Petrochemical Processes	Sami Matar, Lewis Hatch	Gulf publishing Company	2° Edición 2000	0
Operaciones unitarias en ingeniería química	McCabe, Warren L. Smith, Julian C. Harriott, Peter.	McGraw-Hill,	2002. Edición: 6	2
Operaciones unitarias en ingeniería química	McCabe, Warren L. Smith, Julian C. Harriott, Peter.	McGraw-Hill,	2007. Edición: 7	2
Manual del ingeniero químico - VI	Perry, Robert H. Green, Don W. ;Maloney, James O.	McGraw-Hill	1992 Edición: 6a. ed.	3