

# PROCESAMIENTO DE HIDROCARBUROS



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

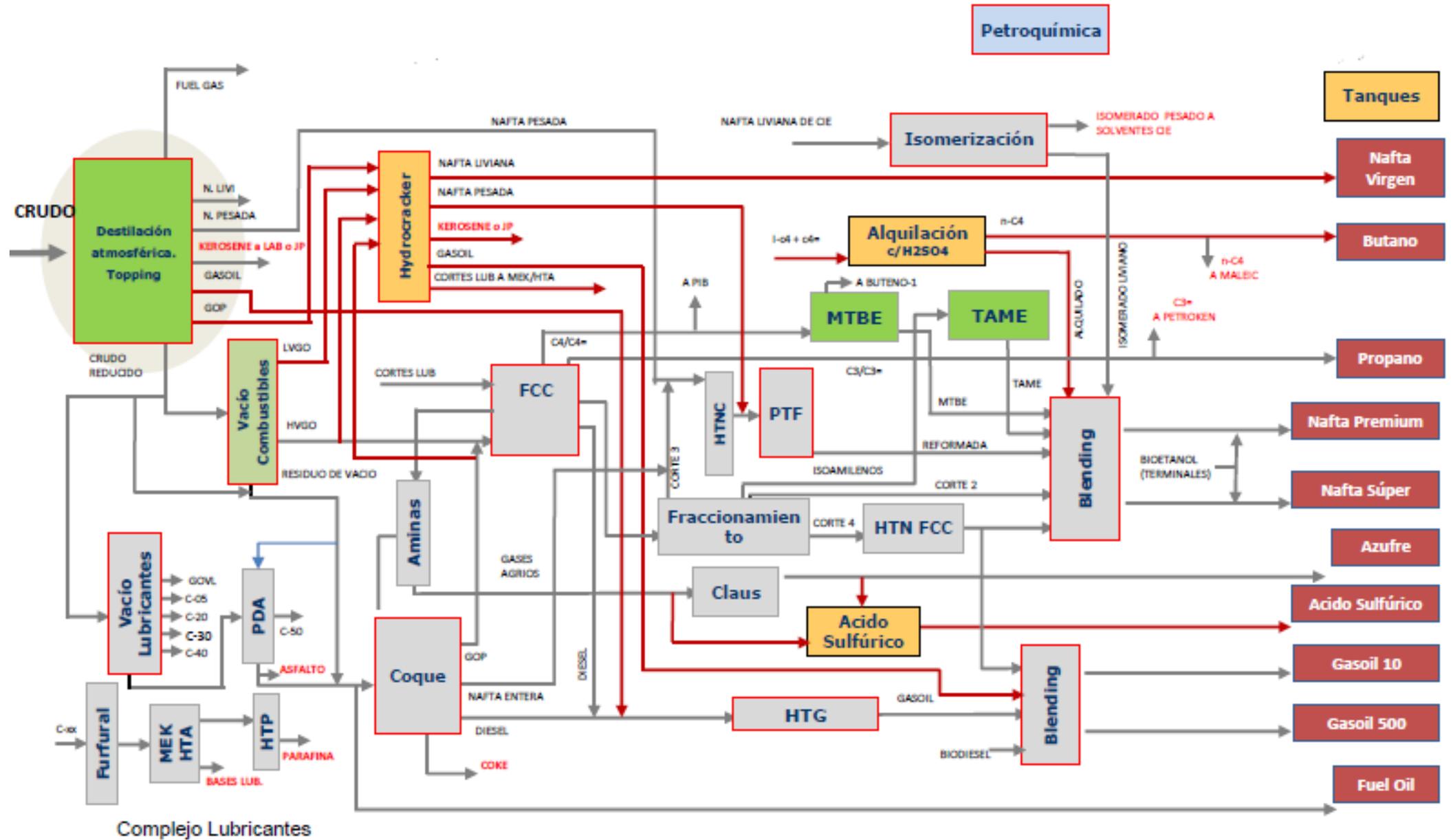
**CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEOS**

**Clase 4 – Destilación de Crudo**

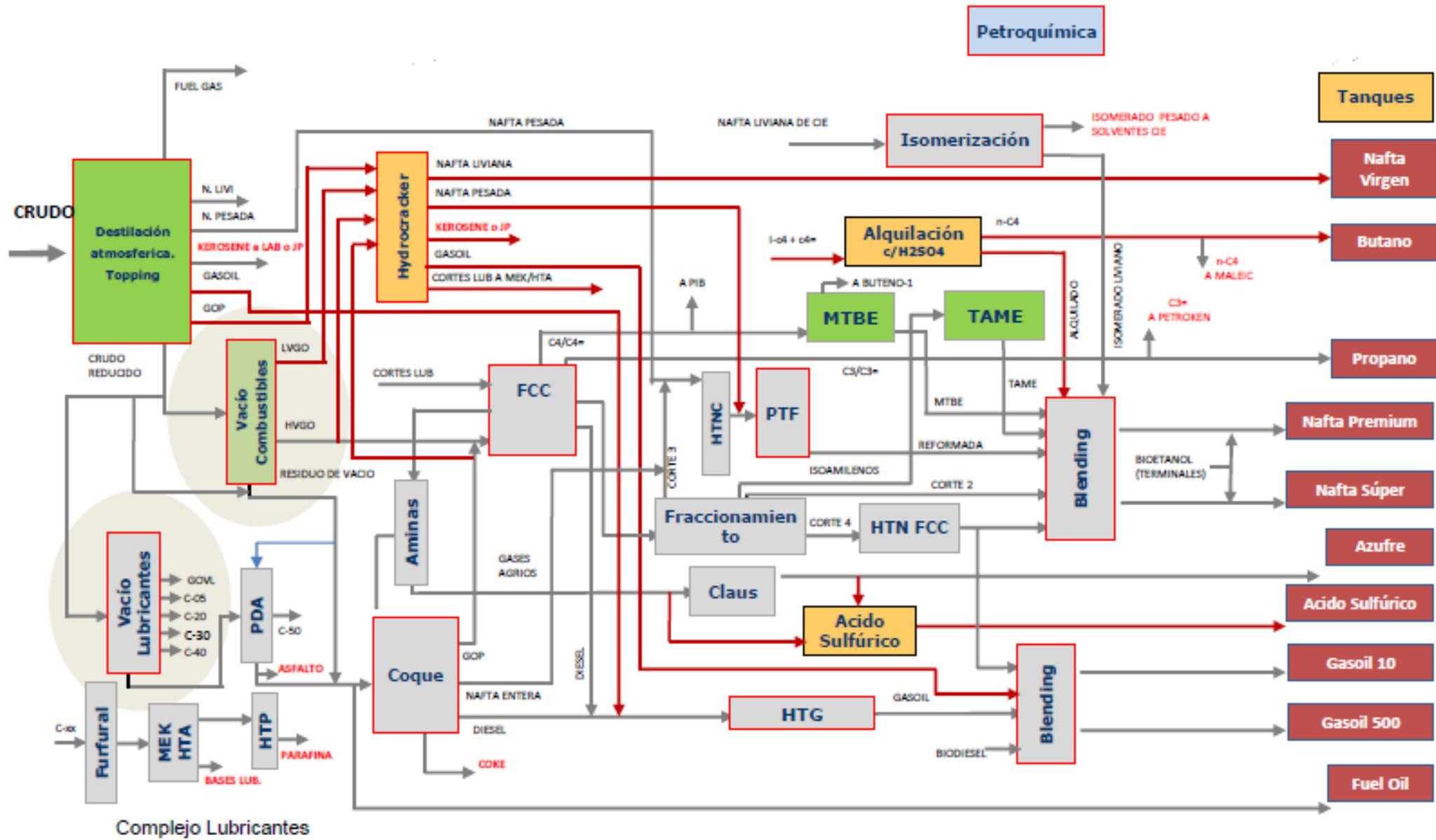
# CLASE N° 4: DESTILACIÓN DE CRUDO

- Introducción
- Principios y fundamentos de la destilación
- Pretratamientos
- Destilación atmosférica
- Destilación al vacío
- Ejercitación

# Destilación Atmosférica - Topping



# Destilación al Vacío – Vacuum Tower



# Procesos de transferencia-CONSIDERACIONES

- La destilación es una Operación Unitaria que involucra transferencia de energía entre una fase líquida y una fase gaseosa.
- La energía que es transferida se realiza mediante la transferencia de movimiento de fluidos, calor y masa de componentes
- Los procesos de transferencia simultánea de calor y masa son realizados en la interfase gas-líquido
- El calor puesto en juego es sensible y latente
- No hay transformación de especies químicas ni variación de masa en el proceso, es decir, no se producen reacciones químicas.

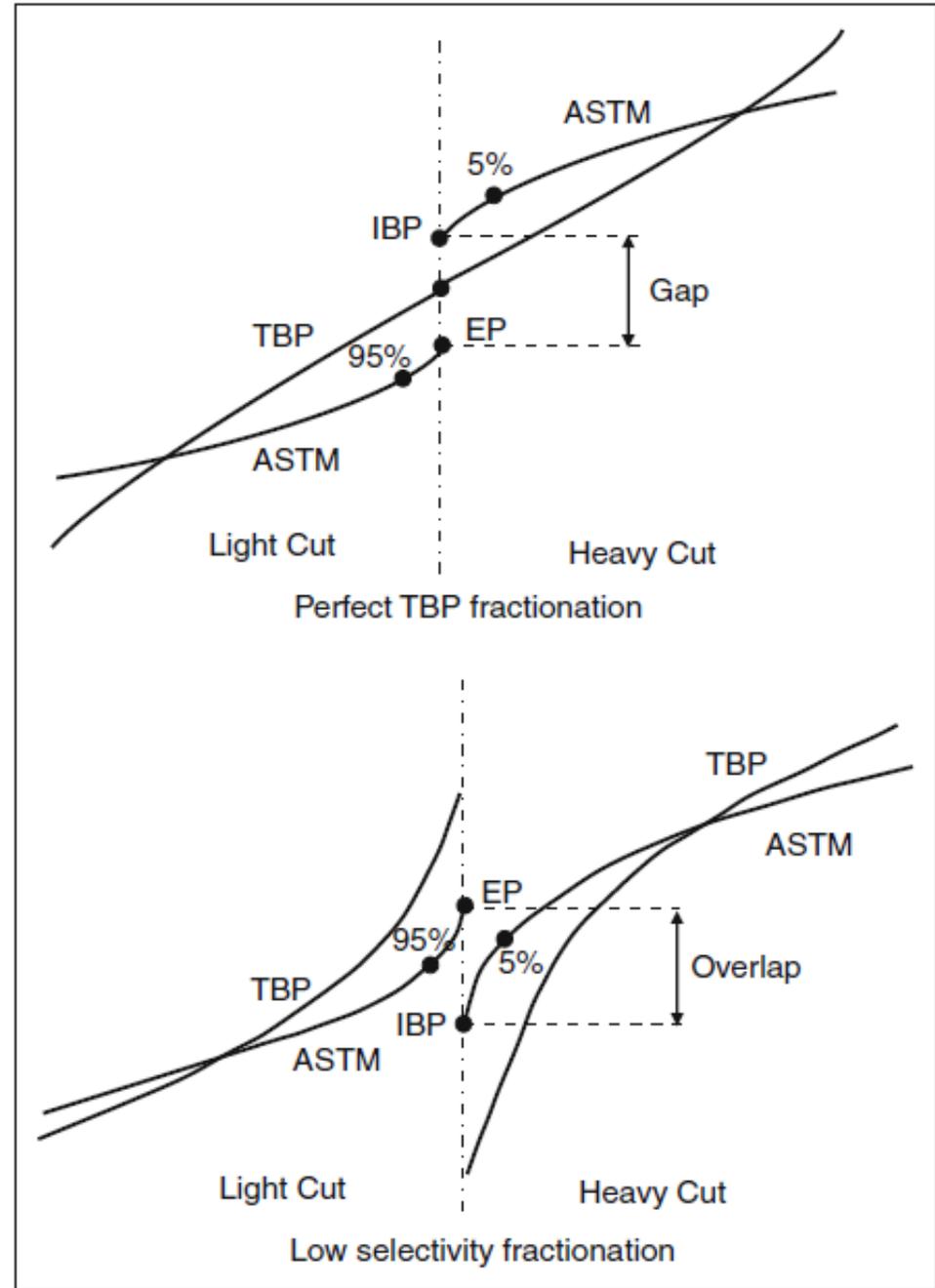
# Procesos de transferencia

- La destilación de mezclas multicomponentes de hidrocarburos, considera la existencia de pseudocomponentes, su análisis de comportamiento, los que han sido definidos a través de propiedades termofísicas obtenidas por métodos de correlación matemática, (modelado) que interpretan el comportamiento de los productos involucrados, mediante la obtención de los parámetros de:
  - Gravedad Específica
  - BPC (boiling point curve) – AST o TBP distillation
  - Viscosidad Cinemática
  - Índice de Refracción (n)
  - Peso molecular (M)

# FRACCIONAMIENTO

- El grado de fraccionamiento se determina por la diferencia de  $T_b$  de dos productos de salida adyacentes. Gap o Overlap
- Por ej: Keroseno y LGO, en caso ideal no presentan solapamiento, porque el EBP del kero es el IBP del LGO. En el caso real, el EP del Kero es mayor el IB del LGO, dando overlap.
- El Gap de fraccionamiento se calcula como la diferencia entre el 5%ASTM (vol. destilado) del producto más pesado, menos el EP del 95% ASTM del más liviano.
- $GAP > 0$  buen fraccionamiento
- $GAP < 0$  Overlap

GAP>0 buen fraccionamiento



GAP<0 Overlap o solapamiento

# PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS

El comportamiento de fases de una mezcla está fuertemente determinado por las interacciones moleculares entre los componentes que la constituyen.

Una expresión que relacione la presión, temperatura y composición de una mezcla con su estado físico debemos comenzar con la ley de los gases ideales:

$$PV = nRT$$

- Válida a presiones bajas. En esta teoría, las únicas interacciones entre las moléculas son debidas a colisiones elásticas perfectas.
- fuertes desviaciones de la ley de los gases perfectos se observa en gases reales a presiones moderadas y altas, aun tratándose de gases nobles.
- La estructura molecular y las fuerzas de enlace entre los átomos determinan la forma en la cual las moléculas acumulan energía (calor específico) y sus propiedades químicas.

# PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS

El comportamiento de las mezclas multicomponentes, se rige por las interacciones que entre moléculas se manifiestan,

- Interacciones dispersivas: Dipolos instantáneos debido a las oscilaciones de las nubes de electrones que generan dipolos entre moléculas, débiles de corto alcance.
- Fuerzas Polares permanentes o inducidas: Presentan un momento dipolar o inducen dipolos en moléculas vecinas, del orden de las dispersivas.
- Fuerzas de Asociación (puentes de Hidrógeno) Están vinculadas a la transferencia de cargas entre moléculas debido a efectos de asociación, mayores a las anteriores, en doble orden de magnitud
- Fuerzas electrostáticas: se describen con el potencial Culómbico que depende de las cargas de las especies en cuestión y es inversamente proporcional a la distancia que las separa, lo que hace que sean de largo alcance, a diferencia de las anteriores, son de atracción y repulsión

Tabla I. Clasificación de Moléculas

<i>Tipo</i>	<i>Clase</i>	<i>Subclase</i>	<i>Interacción</i>	<i>Ejemplos</i>
I	Simple	Esféricas Normales	Dispersiva	CH <sub>4</sub> , Ar, N <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , CO
II	Complejas (no polares)	Globular Lineal	Dispersiva	CCl <sub>4</sub> , i-C <sub>4</sub> n-C <sub>7</sub> , i-C <sub>5</sub>
III	Polar	Apróticas	Momento Dipolar	SO <sub>2</sub> , acetona, esteres
IV	Donor/aceptor de electrones	H activo y donador de electrones  H activo (aceptor de e-)  Donador de electrones	Asociación	-etanol -agua -ácidos carboxílicos  -cloroformo  -butadieno -acetona
V	Electrolitos		Fuerzas electrostáticas	-acetato de sodio -líquidos iónicos -sales inorgánicas

# PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS

- MEZCLAS IDEALES

*$x_i$  = composición del componente  $i$ , en fase líquida*  
 *$y_i$  = composición del componente  $i$ , en fase gaseosa*

Mezclas multicomponentes

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1$$

# PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS

- Ley de Raoult-Presión parcial de las soluciones-Francois Raoult 1887

$$P_i = x_i * P_i^\circ$$

La presión individual de vapor del componente disuelto,  $i$ , equivale a la fracción molar del componente en solución ( $x_i$ ), por la Presión de Vapor del componente puro ( $P_i^\circ$ )

- Ley de Dalton de las presiones parciales (John Dalton, 1801)

$$P_i = y_i * P_{Total}$$

En una mezcla gaseosa, cada gas ejerce una presión parcial igual a la que tendría si ocupase el mismo volumen a la misma temperatura, y la presión total de la mezcla es igual a la suma de las presiones parciales de todos los gases que la componen

# PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS

$$K_i = \frac{y_i}{x_i}$$

$K_i$ : coeficiente de distribución

$$K_i = \frac{P_i}{\frac{PT}{P_i^o}}$$

Reemplazando

$$K_i = \frac{P_i^o}{PT}$$

# PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS

- Volatilidad relativa  $\alpha_{ij}$

Criterio de importancia para que la separación sea factible.

$$\alpha_{ij} = \frac{K_i}{K_j}$$

Para mezclas ideales

$$\alpha_{ij} = \frac{P_i^\circ}{P_j^\circ}$$

La volatilidad relativa es el cociente de presiones parciales de cada componente en estado puro.

# PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS

- Para mezclas reales

$$A_i(vap) = A_i(liq)$$

$$f_i y_i P_t = \gamma_i x_i P_i^\circ$$

$$K_i = \frac{y_i}{x_i}$$

$$K_i = \frac{\gamma_i P_i^\circ}{f_i P_t}$$

$\gamma_i$  = coeficiente de actividad (se obtiene con ecuac. de Van Laar)  
 $f_i$  = coeficiente de fugacidad ( se obtiene con ecuación de Chao Sieder)

$$\alpha_{ji} = \left(\frac{\gamma_i}{\gamma_j}\right) (f_j/f_i) (P_i^\circ/P_j^\circ)$$

Cuando la  $P^\circ$  (presión de vapor) del componente es alta, los líquidos son más volátiles y tienen menor temperatura de ebullición

# PRETRATAMIENTOS

## PRECALENTADO

- **Temperatura de desalador y de recuperación**

El crudo proveniente de tanque de almacenaje, es tratado inicialmente en un equipo para eliminar las sales y otras impurezas que afectan los equipos de intercambio y al horno (por depósitos). Esta separación se realiza regularmente a temperaturas de 120-140 °C y es muy importante para romper las emulsiones agua-HC, que se hayan formado en el proceso de flujo y bombeo. Luego del desalador, se continua calentando con corrientes de productos calientes para recuperar de estas la máxima cantidad de calor posible, y lograr la máxima temperatura de entrada al horno, minimizando así el consumo de combustible.

# PRETRATAMIENTOS

## DESALADO

Proceso electrostático para remover contaminantes del crudo tales como sales, sólidos y agua. Comprende tres fases:

1. Lavado con Agua
  2. Coalescencia de gotas de agua
  3. Decantación del agua cargada de sales
- Para llevar a cabo la primera fase se inyecta agua de 5 a 8 % del volumen de crudo procesado en dos puntos del tren de precalentamiento de carga previo al desalador:
    - Entre los equipos de intercambio se incorpora al crudo el 30 % del agua requerida
    - En la entrada al desalador a nivel de la válvula mezcladora se inyecta el 70 % restante.

La pérdida de carga de la válvula mezcladora rige la granulometría de las gotas de agua de la emulsión agua-crudo y condiciona la eficacia del contacto entre ambos fluidos.

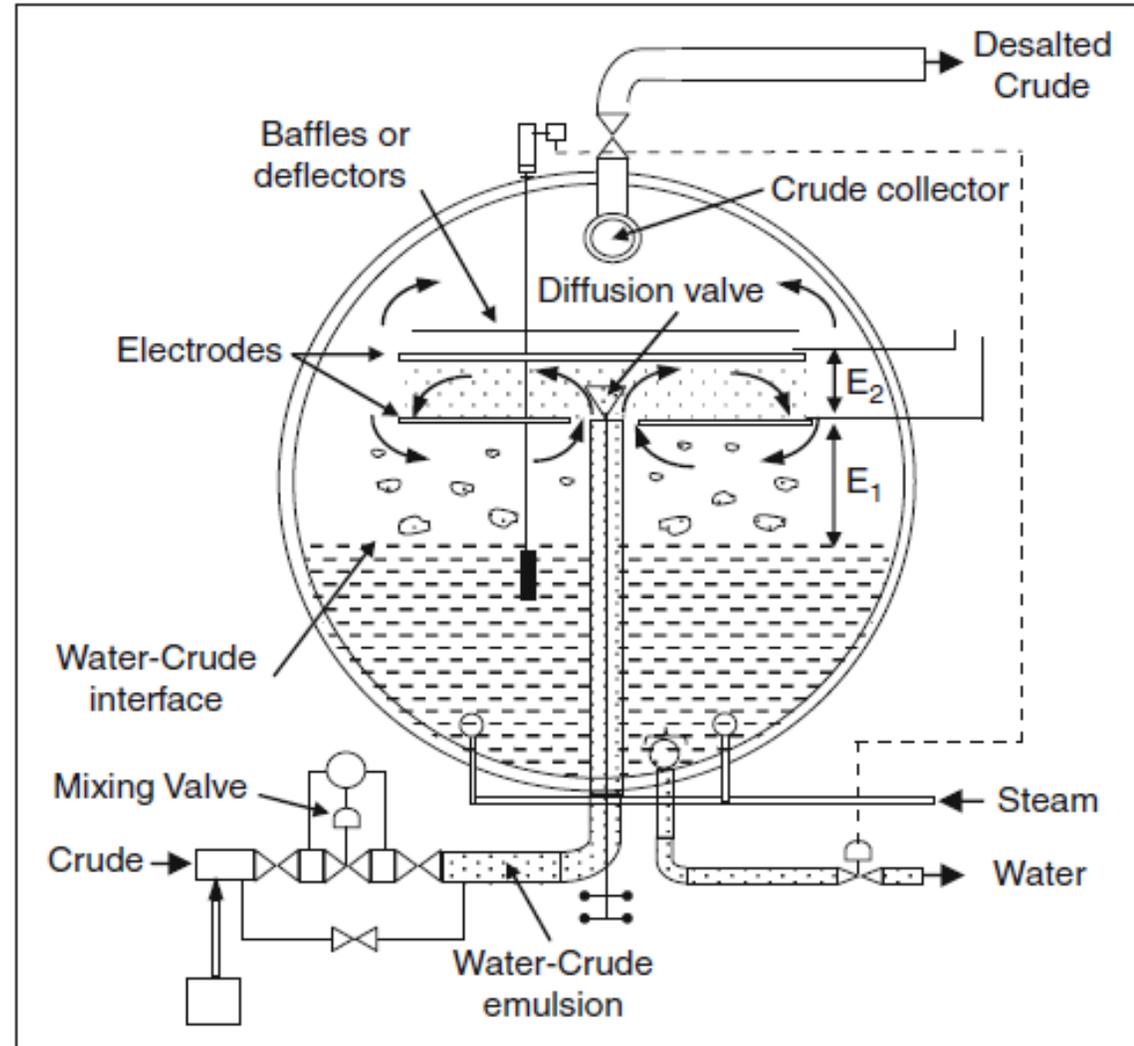
# PRETRATAMIENTOS

- La mayoría de las sales, salvo el ClNa, que se encuentran presentes en el crudo, se descomponen a las temperaturas de operación, dando como producto ClH, muy corrosivo



# PRETRATAMIENTOS

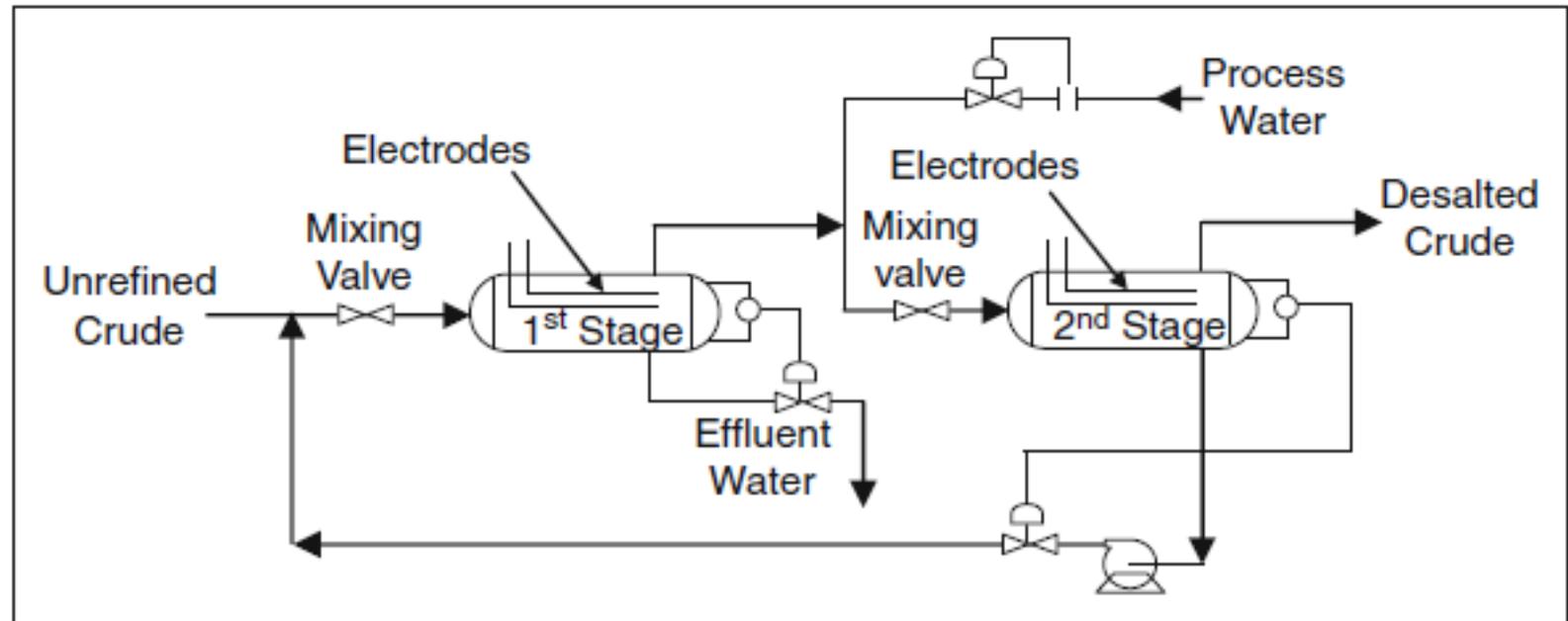
- Se aplica un gran voltaje entre electrodos, alrededor de 1000 V/cm, llamado campo secundario
- Se llama campo primario al campo creado entre la interfase bifásica y un electrodo, en este se aplican 600 V/cm
- La ionización del agua, produce coalescencia y las gotas de agua se agrupan, desplazando al crudo hacia arriba.



# PRETRATAMIENTOS

## DESALADO EN DOS ETAPAS

La operación debe ser realizada con crudo en estado líquido, por lo que suele operarse a 12 bar.



# PRETRATAMIENTOS

## REFINADO DE SALES

- Tratamiento con Soda

La baja concentración de Ca o Mg que puede haber quedado, se trata con agregado de OHNa, para producir ClNa y bases de Ca o Mg solubles en agua.



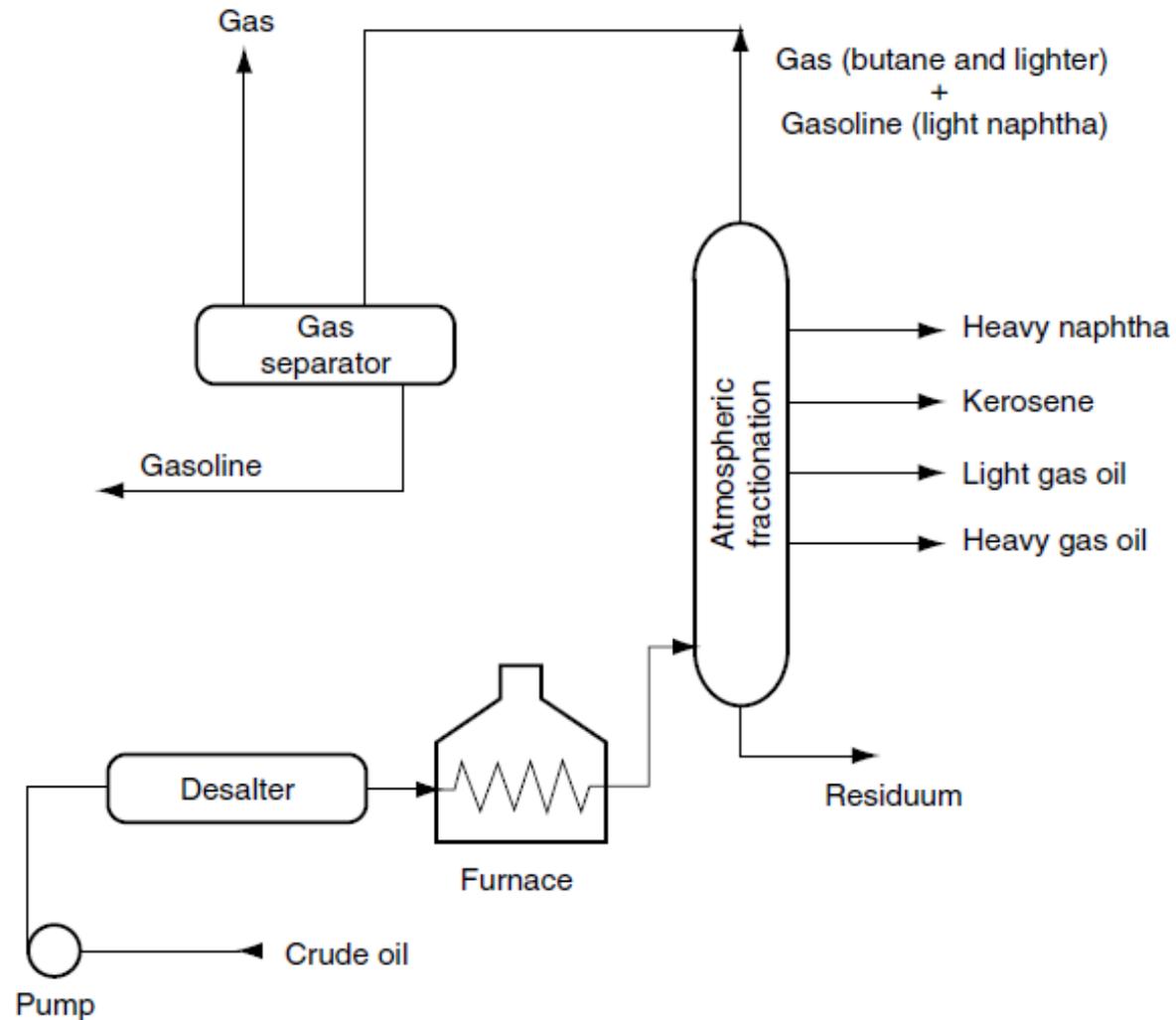
- Tratamiento con Aminas

Se dosifican una solución de mezclas de aminas cuaternarias que tienen como objeto neutralizar la posible producción de ClH o SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> y proteger a los metales de la corrosión

- Dosificación de aditivos desemulsionantes

Se inyectan en la línea de ingreso de agua, son solubles en petróleo y tiene como finalidad, disminuir la tensión superficial entre la fase acuosa y la oleosa y permitir que se agrupen las gotas de agua

# DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA



# DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Es un proceso físico que en base a diferencia de volatilidades y temperaturas de ebullición de los componentes logra la separación de diferentes cortes del crudo, sin ruptura molecular, a presiones cercanas a la atmosférica.

Para que se produzca la separación o fraccionamiento de los cortes, se debe alcanzar el equilibrio entre las fases líquido – vapor, de esta forma los componentes más livianos o de menor peso molecular se concentran en la fase vapor, y los de mayor peso molecular predominan en la fase líquida.

En sucesivas etapas los componentes livianos se concentran en la parte superior de la columna y los componentes pesados se concentran en la parte inferior de la misma.

# DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El petróleo crudo se calienta en hornos alrededor de 360-375 °C y luego ingresa parcialmente vaporizado a una columna de destilación o fraccionadora. Esta temperatura depende del tipo de crudo, lo mismo que el % vaporizado a la salida del horno.

Por la parte superior o cabeza sale una mezcla de vapores de hidrocarburos (gas, propano, butano y nafta liviana).

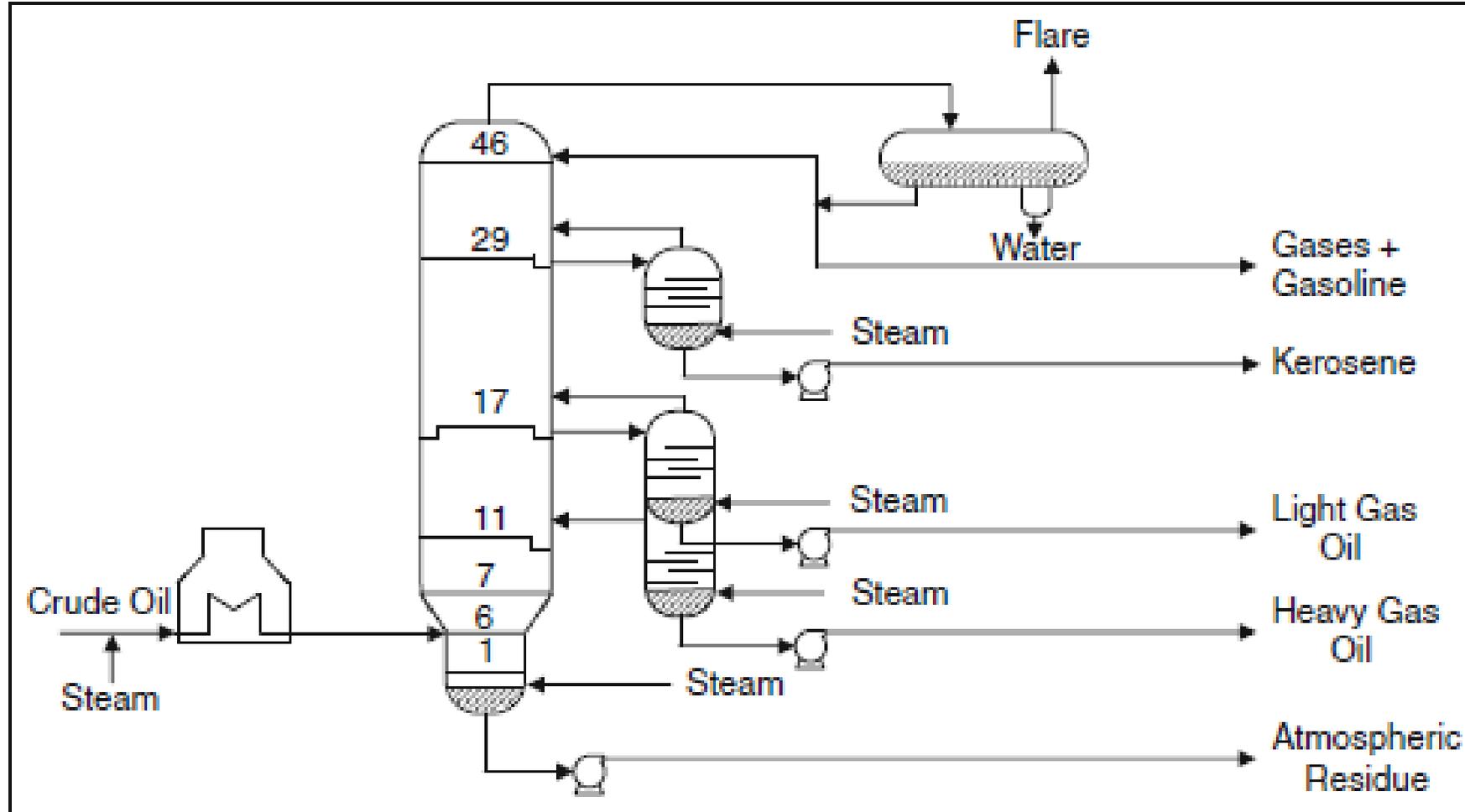
En sucesivas extracciones laterales y en orden descendente (punto final creciente) se separan: nafta pesada, kerosene, gas oil livano y gas oil pesado.

Por el fondo de la columna se extrae el residuo de la destilación llamado crudo reducido, formado por una mezcla de hidrocarburos pesados que constituyen la carga a la unidad de destilación al vacío.

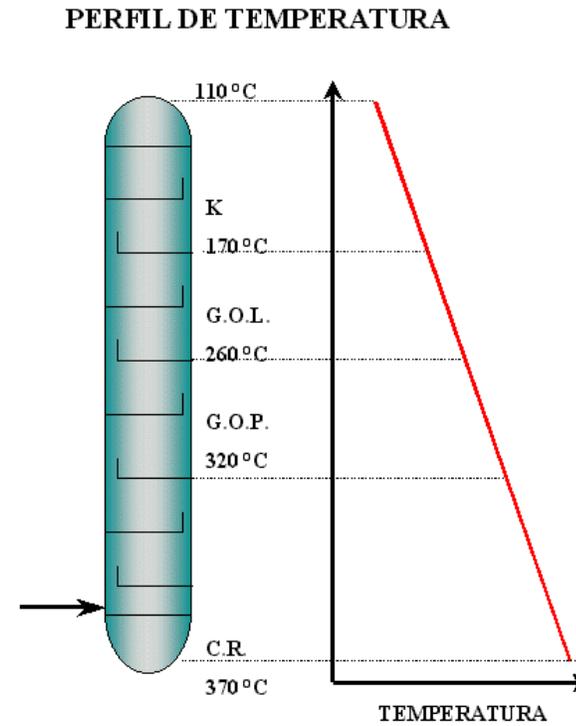
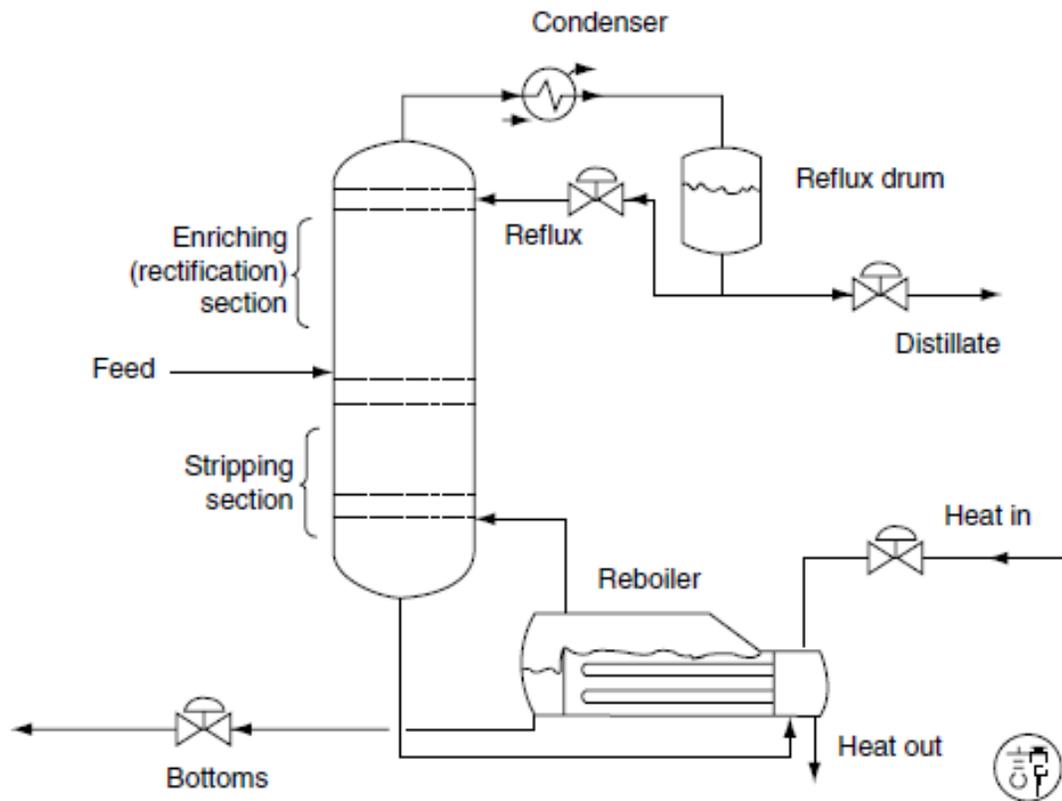
# ANIMACIÓN DE COLUMNA RECTIFICADORA

- Columna [rectificadora](#)

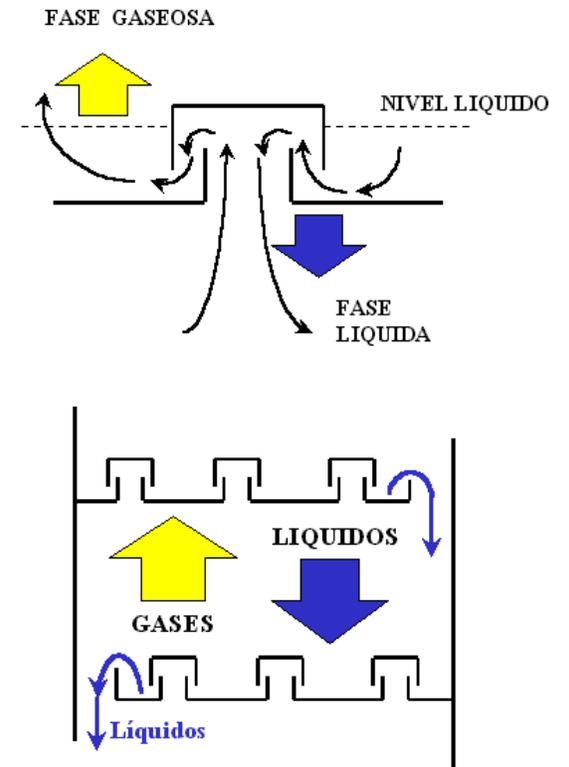
# DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA



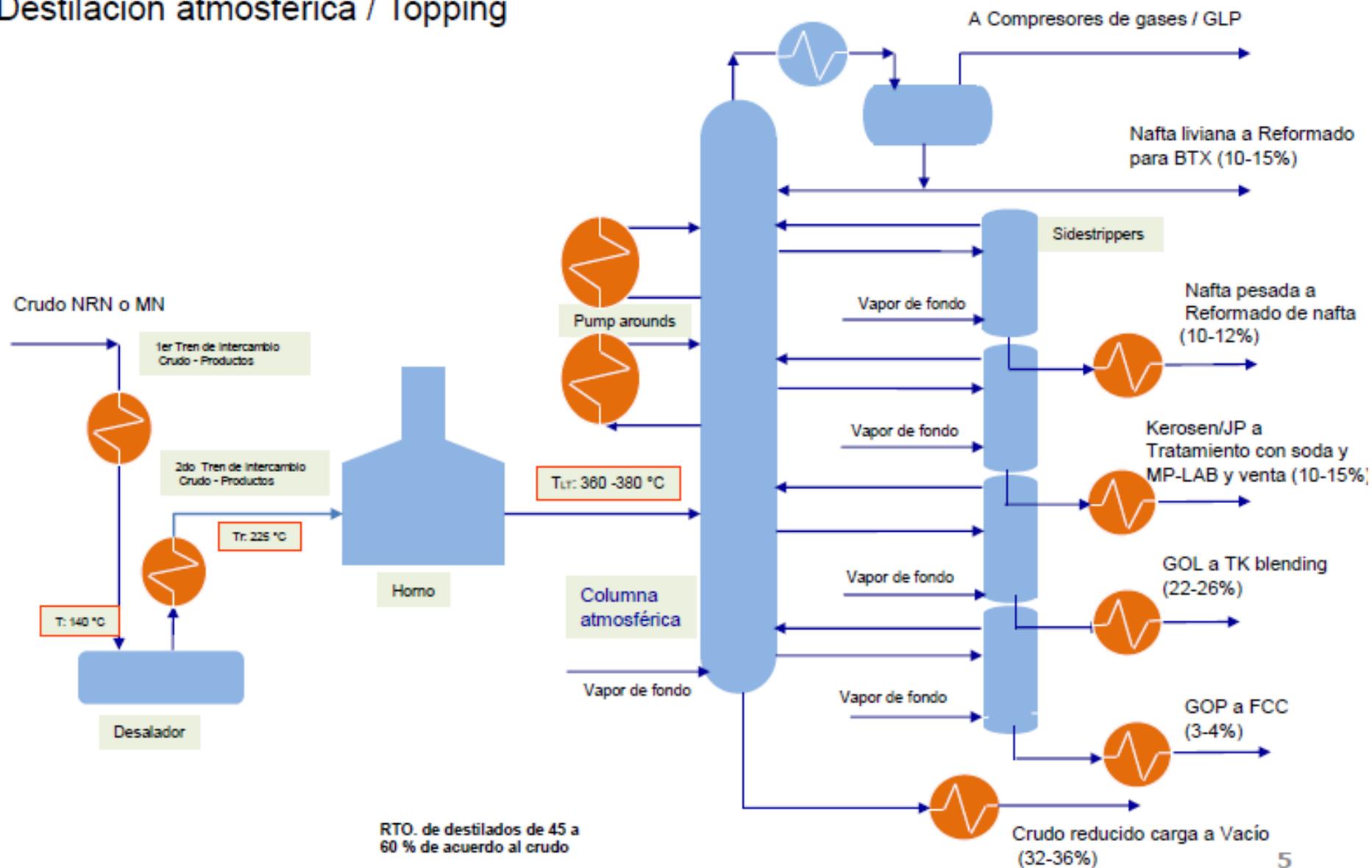
# SECCIONES DE COLUMNA ATMOSFÉRICA



## CONTACTO LIQUIDO / VAPOR



# Destilación atmosférica / Topping

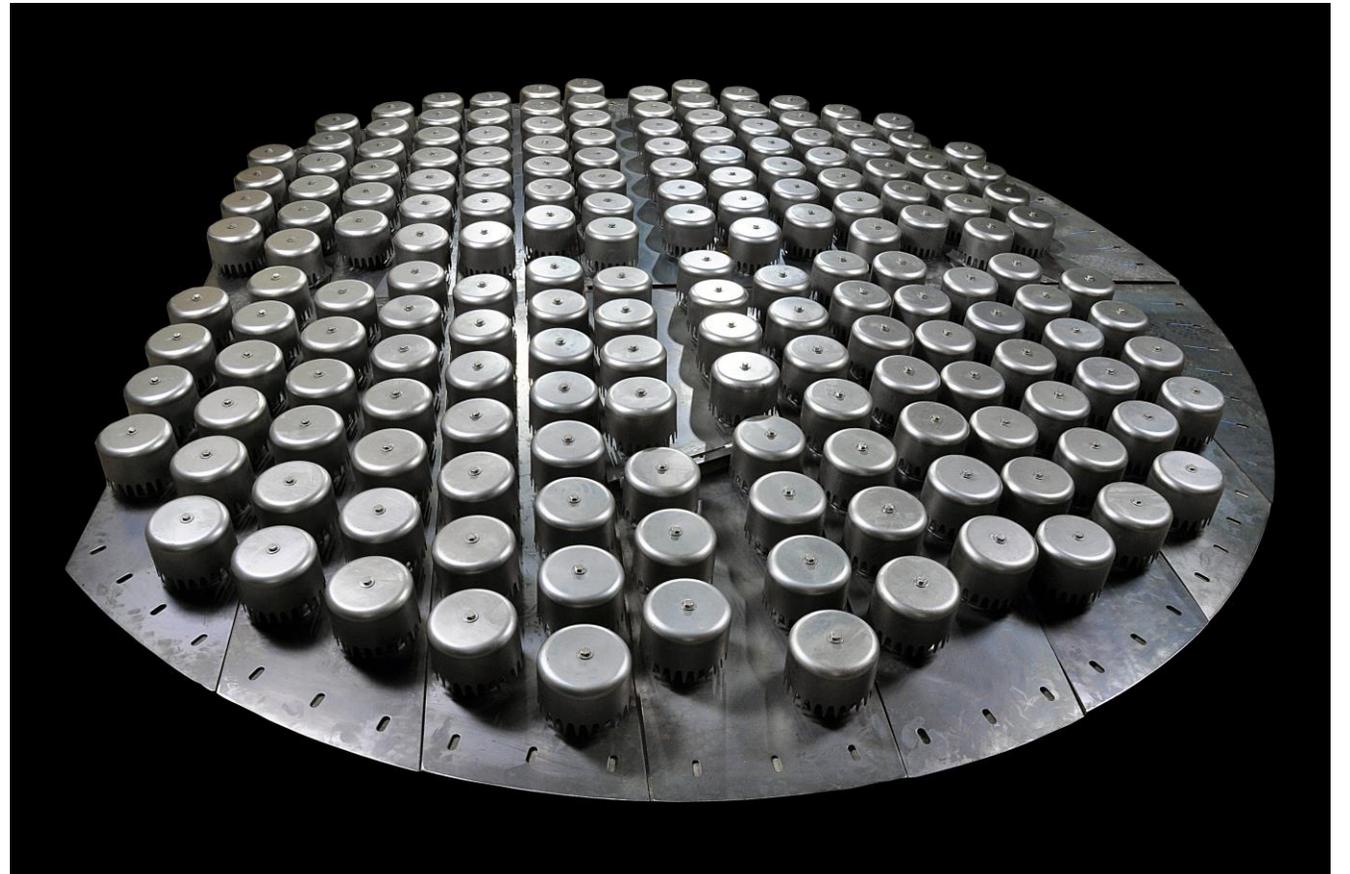


# PLATOS DE BURBUJEO

con válvulas

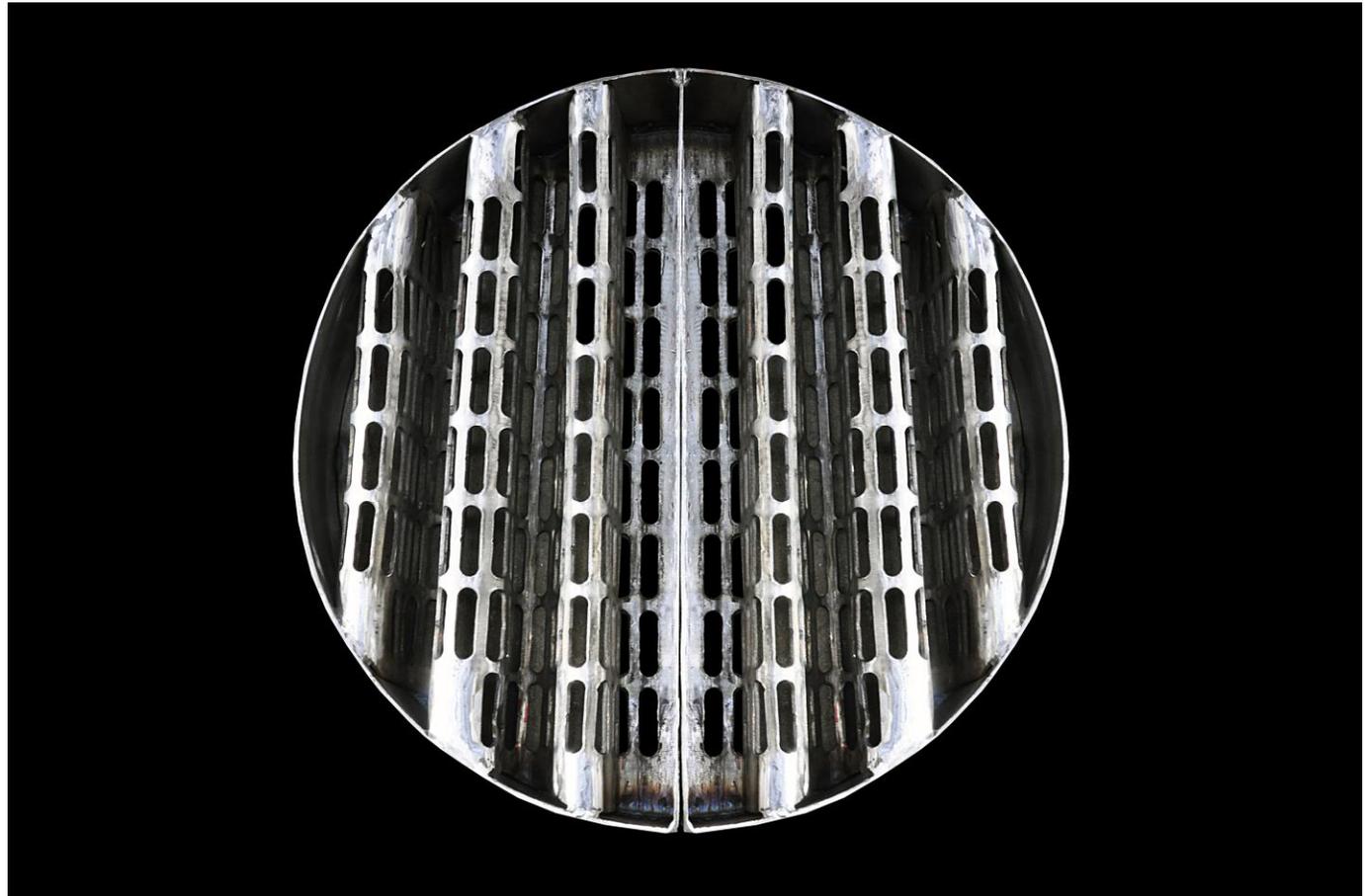


con capuchas o calotas



# Platos, bandejas o Trays

Platos acanalados  
AISI 420



Columna de Destilación  
atmosféricas y Streeper  
Refinería YPF SA  
Plaza Huincul



HORNOS DE  
CALENTAMIENTO  
Refinería YPF SA  
Plaza Huincul

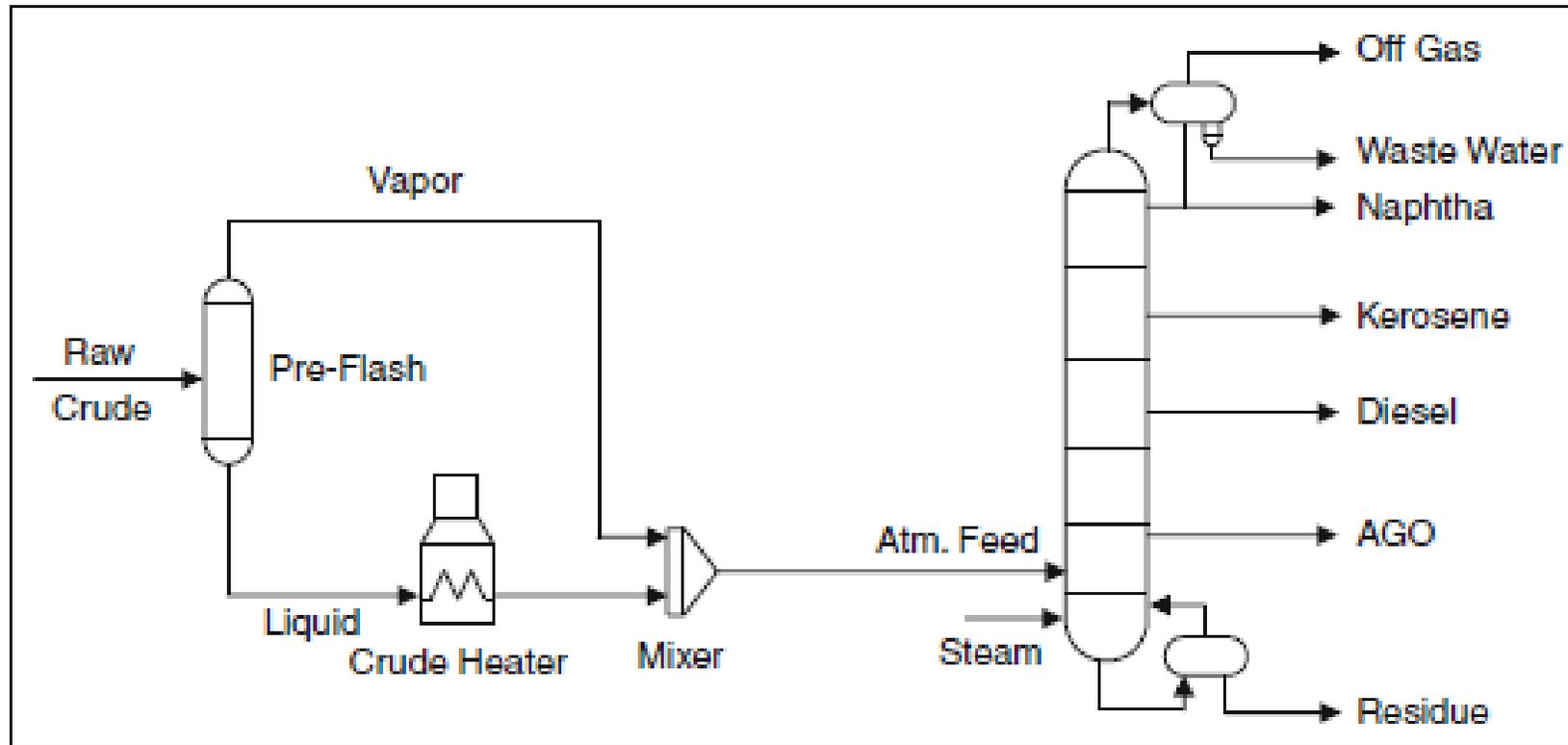


Columnas de Destilación  
atmosféricas  
Refinería YPF SA  
Plaza Huincul



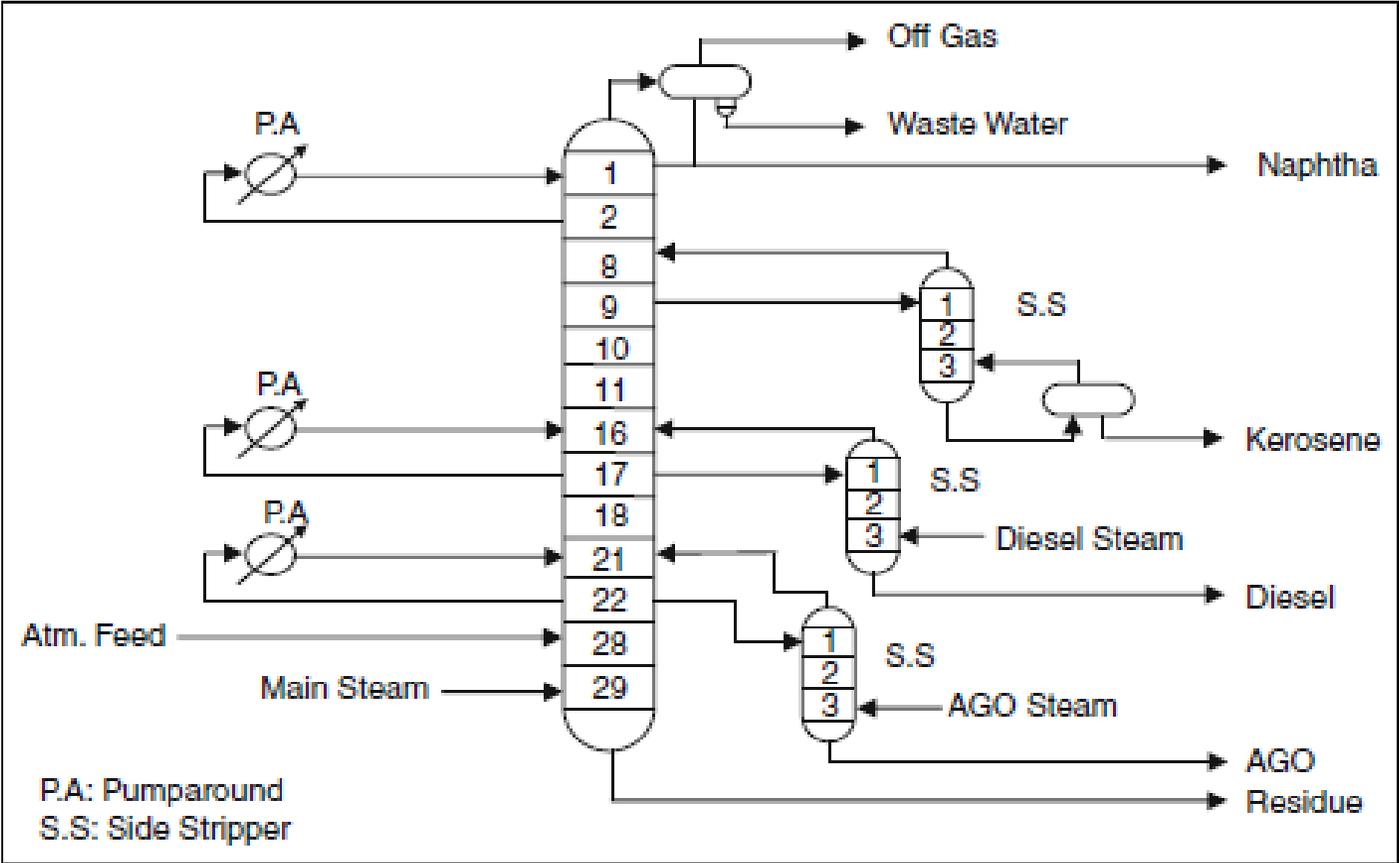
# DESTILACION ATMOSFERICA-EQUIPOS ACCESORIOS

## COLUMNA PRE FLASH



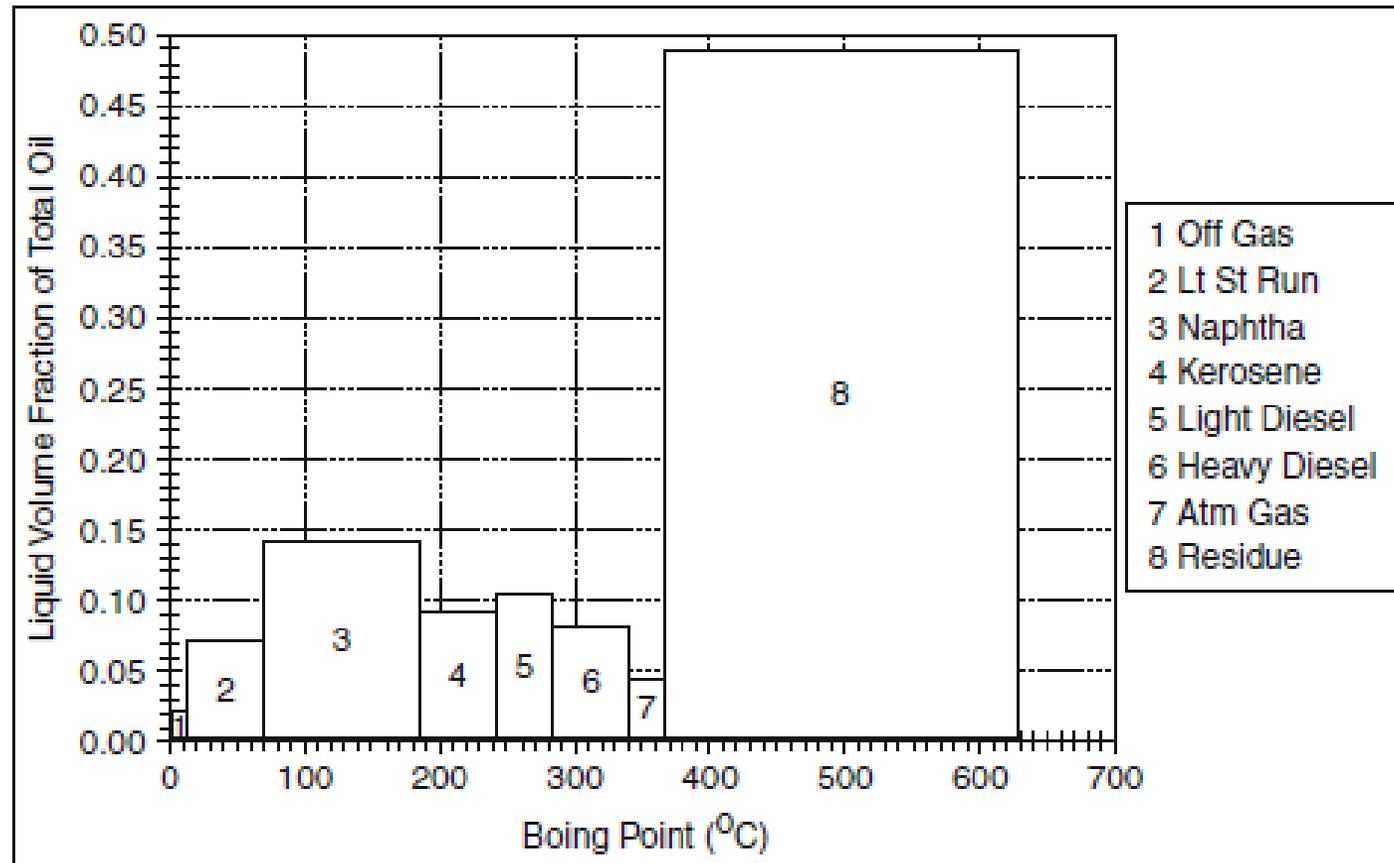
# DESTILACION ATMOSFERICA-EQUIPOS ACCESORIOS

## PUMP AROUND



# DESTILACION ATMOSFERICA

## FRACCIONAMIENTO TÍPICO DE COLUMNA TOPPING



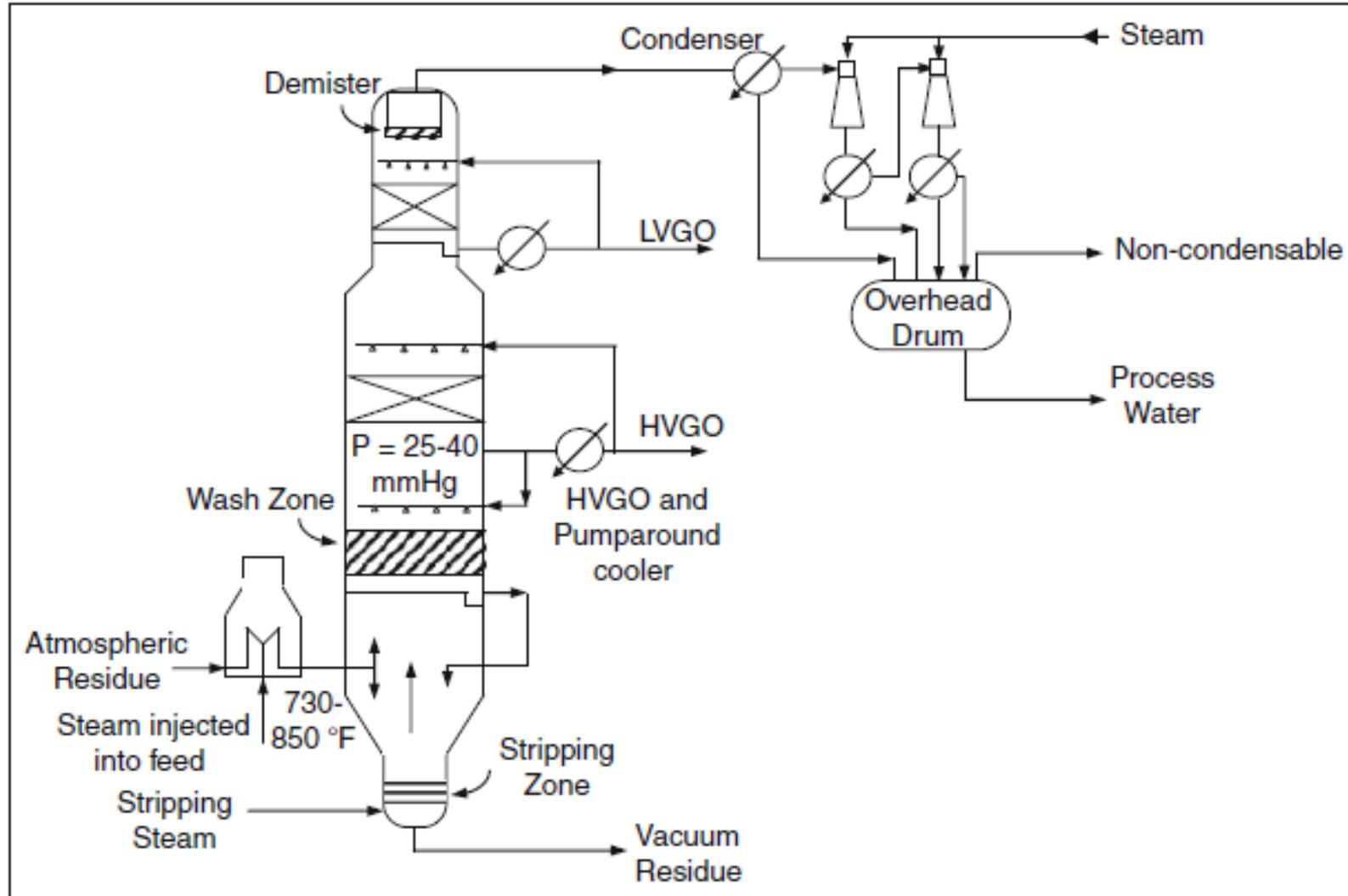
# DESTILACION AL VACÍO

- Reducción de la Presión del sistema, por lo tanto hay una reducción de temperatura de ebullición.
- Aporte de calor: Aplicada en trenes de intercambio y finalmente hornos, buscando siempre operar a las menores presiones posibles.
- La alimentación parcialmente vaporizada ingresa a la columna en la zona de vaporización produciendo gran caudal ascendente de vapores con la consiguiente contracorriente descendente de líquidos.
- EL principio de este proceso es la condensación de líquidos

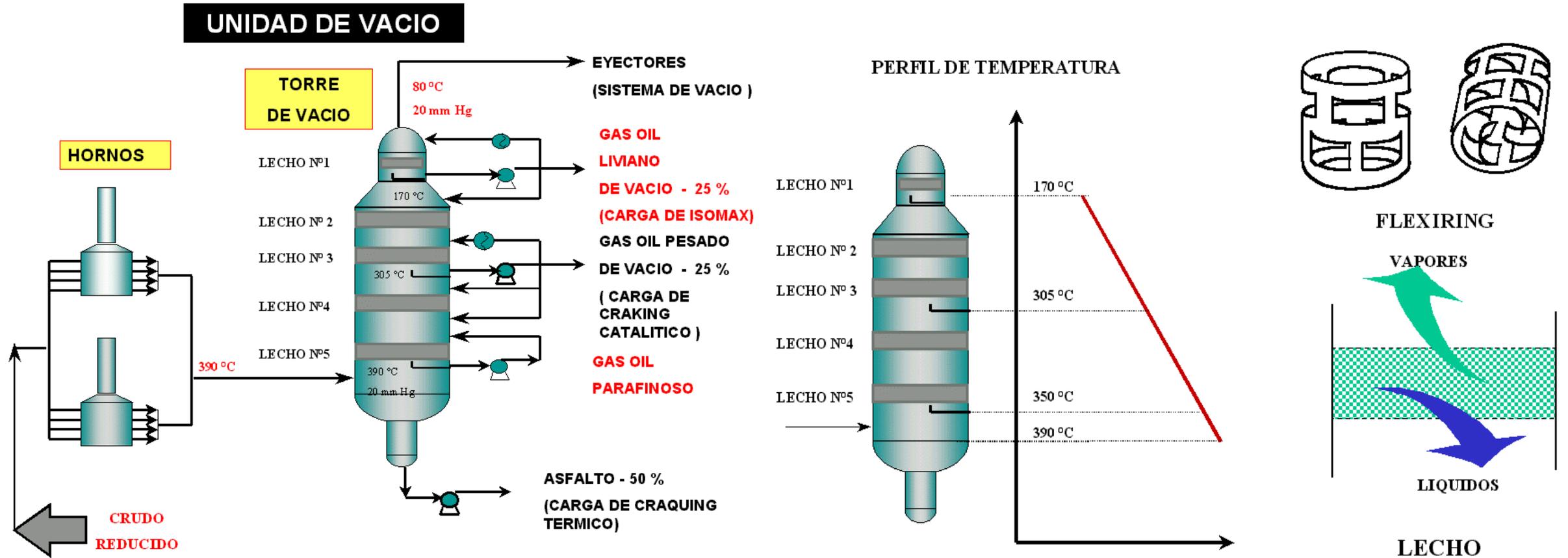
# DESTILACION AL VACÍO

- Zona de Cabeza: Construida generalmente en menor diámetro debido al bajo caudal de gases producidos en zona de tope.
- Zona de condensación o fraccionamiento: Es realizada en mayor diámetro, ya que debe mantenerse uniforme el vacío dentro de la torre, disminuyendo la pérdida de carga, sumados a la gran actividad de esta sección.
- Zona de fondo: Presenta el menor diámetro y es debido a la necesidad de evacuar rápidamente el residuo base asfáltica evitando la descomposición térmica y formación de carbón de coke dentro de la columna.

# DESTILACION AL VACÍO



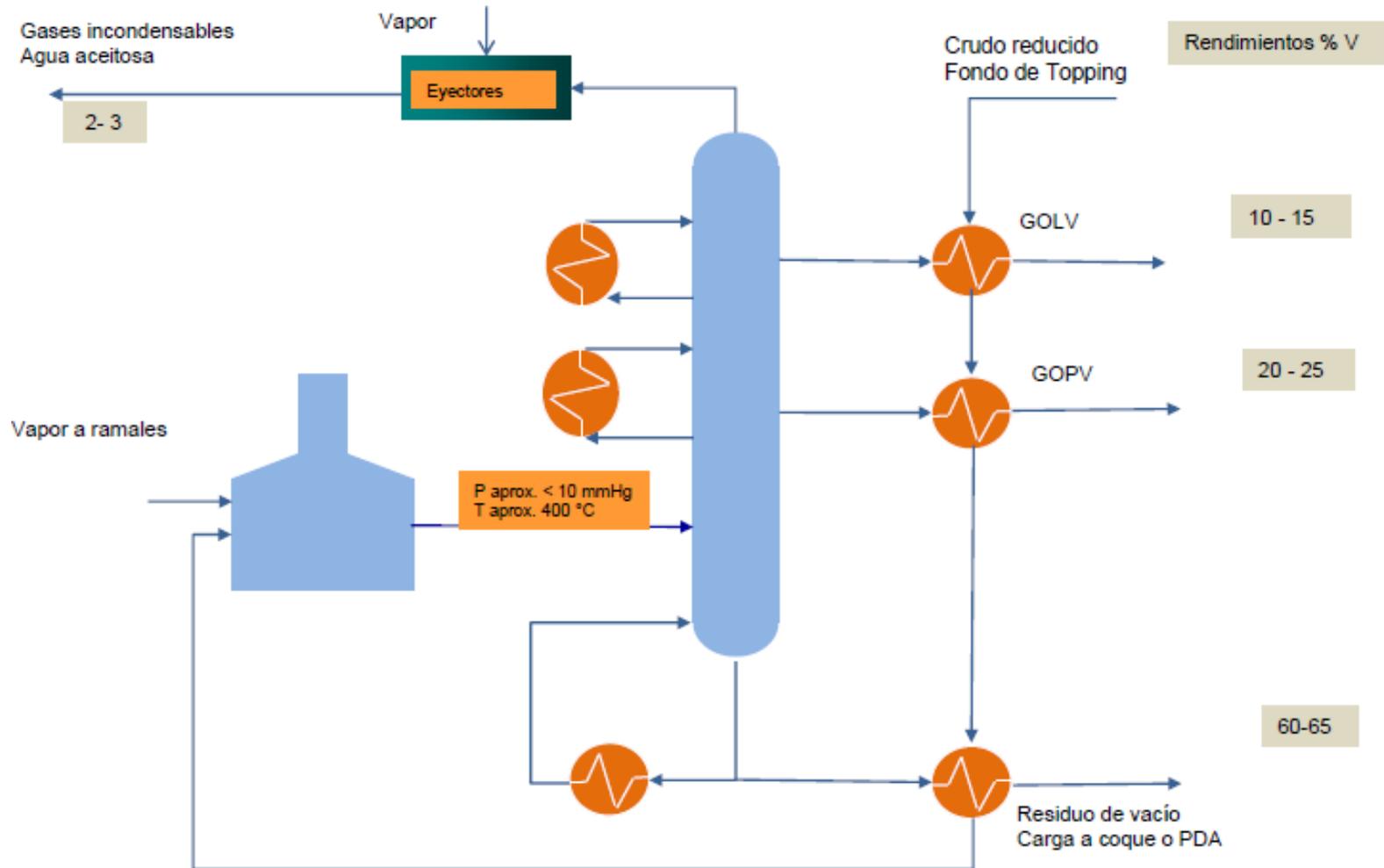
# SECCIONES DE COLUMNA DE VACÍO



# ANIMACIÓN DE COLUMNA DE VACÍO

- DESTILACIÓN AL VACÍO

# DESTILACION AL VACÍO – RENDIMIENTOS

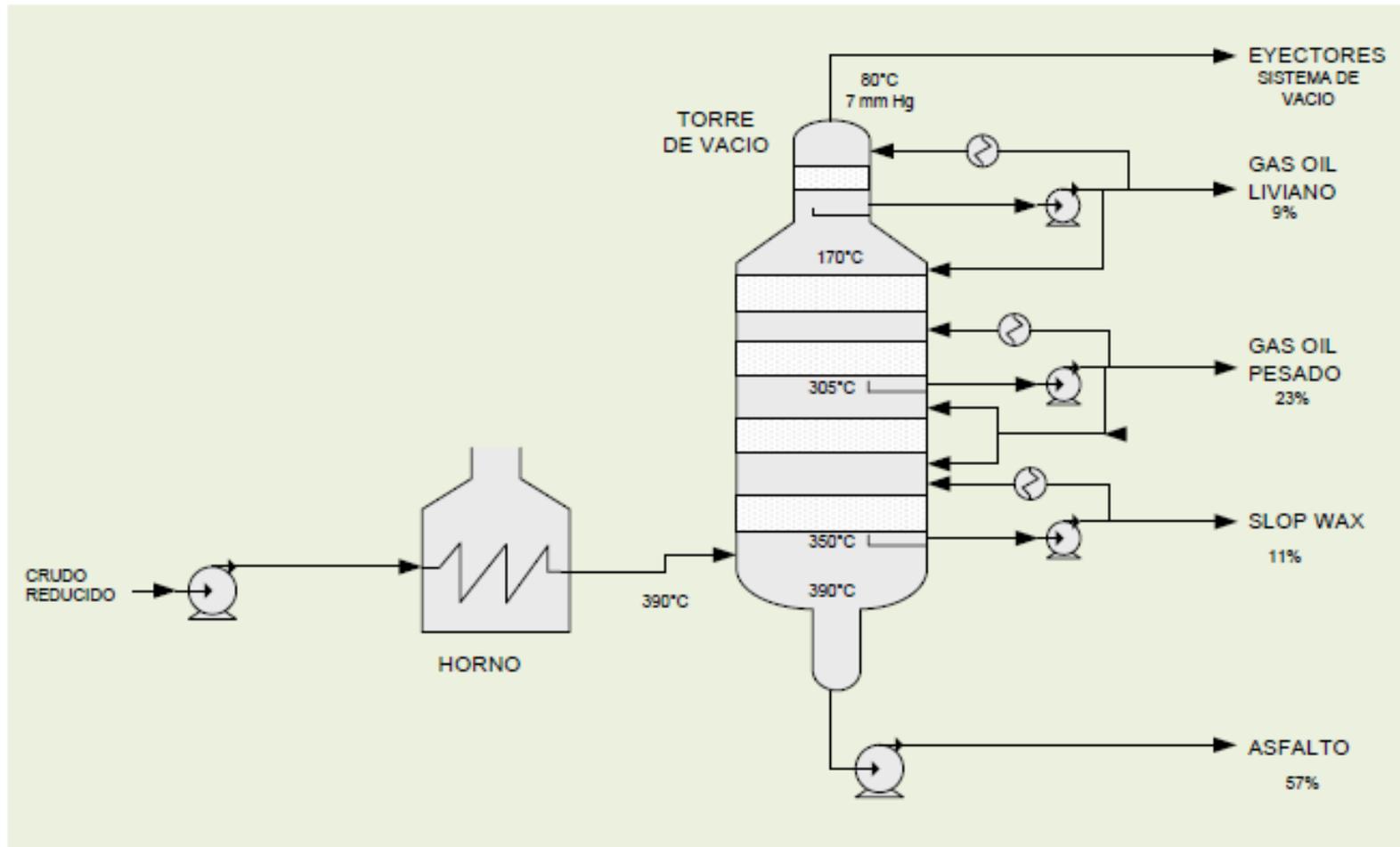


# DESTILACION AL VACÍO



# DESTILACION AL VACÍO –variables de operación

La temperatura y la presión de la zona de vaporización, "flash", son las dos principales variables que controlan la operación de la Torre de vacío.



# DESTILACION AL VACÍO –variables de operación

Si la temperatura de la zona de vaporización, "flash", es muy alta, el residuo atmosférico puede empezar a craquear y producir gases que sobrecargaran los eyectores y disminuiría el vacío. Cuando esto ocurre es necesario disminuir la temperatura, y si se requiere un producto de fondos más pesado, se debe hacer un esfuerzo para obtener un vacío mejor en el equipo.

Ya que el grado de craqueo depende de la temperatura y del tiempo que el fluido se expone a esta temperatura, el nivel del residuo de vacío en el fondo de la torre se debe mantener a un mínimo, su temperatura se debe reducir recirculando algo de residuo ya frío al fondo de la torre. Cuando se eleve el nivel del residuo, la torre de vacío se descontrola por el craqueo debido al aumento del tiempo de residencia.