

# Resolución Primer Parcial

1° Cuatrimestre - 2025

# Problema 1

Se desea **desorber** un soluto de una corriente que contiene 7% hasta una concentración del 1%. Para ello se dispone de 2 solventes de extracción posibles de usar:

- Gas A: disponibilidad en planta de 4000 kgmol/h @ 20 bar.
- Gas B: disponibilidad en planta de 4000 kgmol/h @ 17 bar.

La corriente líquida se encuentra a 25°C y la presión de vapor asociada al soluto es de 30 bar. Por restricciones del proceso aguas abajo, la fracción molar de soluto en el gas de salida no puede exceder el valor de 0,08.

Se sabe que para el sistema mencionado es válida la Ley de Raoult, las consideraciones de gas ideal y el sistema se comporta isotérmicamente.

## Se pide:

- a) Realice un esquema del equipo indicando claramente los datos e incógnitas. Incluya todas las suposiciones e hipótesis que utilizará para el cálculo
- b) Indique el caudal de líquido que está procesando el equipo.
- c) Indique cuál de las dos corrientes gaseosas utilizaría para tratar el líquido a los efectos de minimizar la inversión inicial en el diseño de la torre desorbedora (CAPEX). Justifique gráficamente.

### Datos:

- El costo de cada plato de la torre: U\$S 1.500.-
- Eficiencia global: 0,5.

# Problema 1 - ítem a) Esquema

Se desea **desorber** un soluto de una corriente que contiene 7% hasta una concentración del 1%. Para ello se dispone de 2 solventes de extracción posibles de usar:

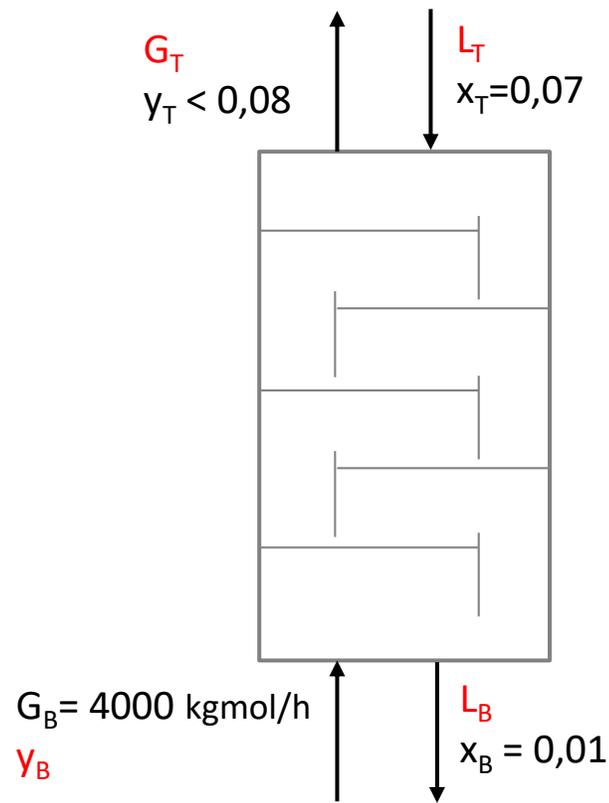
- Gas A: 4000 kgmol/h @ 20 bar.
- Gas B: 4000 kgmol/h @ 17 bar.

Por restricciones del proceso aguas abajo, la fracción molar de soluto en el gas de salida no puede exceder el valor de 0,08.

Se sabe que para el sistema mencionado es válida **la Ley de Raoult**, las consideraciones de **gas ideal** y el sistema se comporta **isotérmicamente**.

## Datos:

- El costo de cada **plato** de la torre: U\$S 1.500.-
- Eficiencia global: 0,5.
- $T = 25^{\circ}\text{C}$
- $P_{\text{vap}}(25^{\circ}\text{C}) = 30 \text{ bar}$



## Suposiciones:

- Solo se transfiere un componente
- El gas entra puro:  $y_B = 0$
- Soluciones diluidas (y luego se verifica)

- Distinción de torre de platos

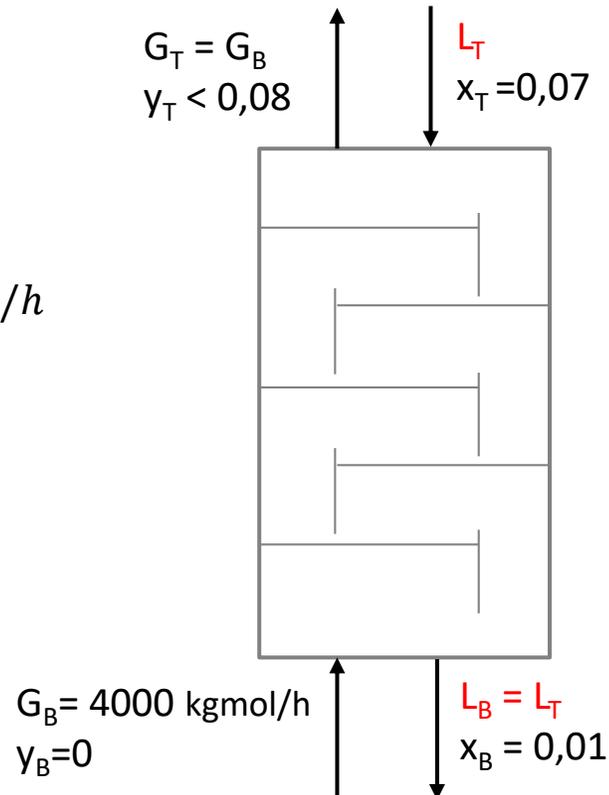
# Problema 1 - ítem b) Caudal de líquido

Realizamos BMG:

$$L \cdot x_T + G \cdot y_B = L \cdot x_B + G \cdot y_T$$

$$L = G \cdot \frac{y_T - y_B}{x_T - x_B} = 4000 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \cdot \frac{0,08 - 0}{0,07 - 0,01} = 5333 \text{ kmol/h}$$

Se valida suposición de  
soluciones diluidas



## Datos y suposiciones:

- El costo de cada plato de la torre: U\$S 1.500.-
- Eficiencia global: 0,5.
- $T = 25^\circ\text{C}$  (isotérmico)
- $P_{\text{vap}} (25^\circ\text{C}) = 30 \text{ bar}$
- Se transfiere un solo componente (el soluto) entre las fases
- Soluciones diluidas
- El gas entra puro
- Válido Ley de Rault y g.i.

# Problema 1 - ítem c) Gas de servicio

¿Qué gas conviene usar?

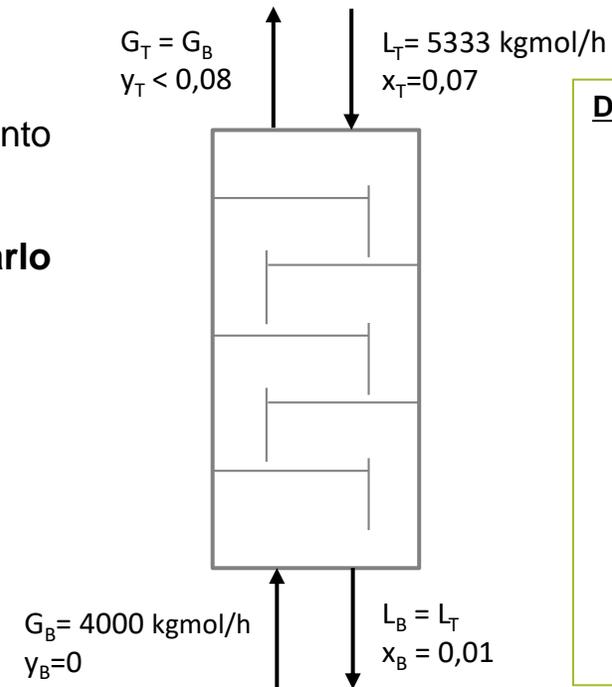
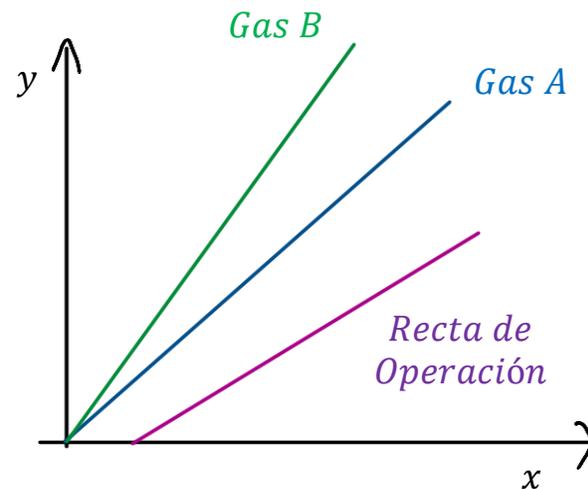
- Es una DESORCIÓN → Se ve favorecida a BAJAS PRESIONES
- A menor presión de trabajo, menor la cantidad de platos necesarios y por lo tanto más barata será la torre (menor CAPEX)
- Podemos calcular las pendientes de ambas curvas de equilibrio para **justificarlo gráficamente** (como pedía el enunciado!)

$$y \cdot P = P^{SAT}(T) \cdot x$$

$$y^* = \frac{P^{SAT}(T)}{P} \cdot x$$

$$y_{gas A}^* = \frac{30}{20} \cdot x = 1,5 \cdot x$$

$$y_{gas B}^* = \frac{30}{17} \cdot x = 1,76 \cdot x$$



### Datos y suposiciones:

- El costo de cada plato de la torre: U\$S 1.500.-
- Eficiencia global: 0,5.
- T = 25°C (isotérmico)
- P<sub>vap</sub> (25°C) = 30 bar
- Se transfiere un solo componente
- Soluciones diluidas
- El gas entra puro
- Válido Ley de Rault y g.i.

# Problema 1 - ítem d) Problema operativo

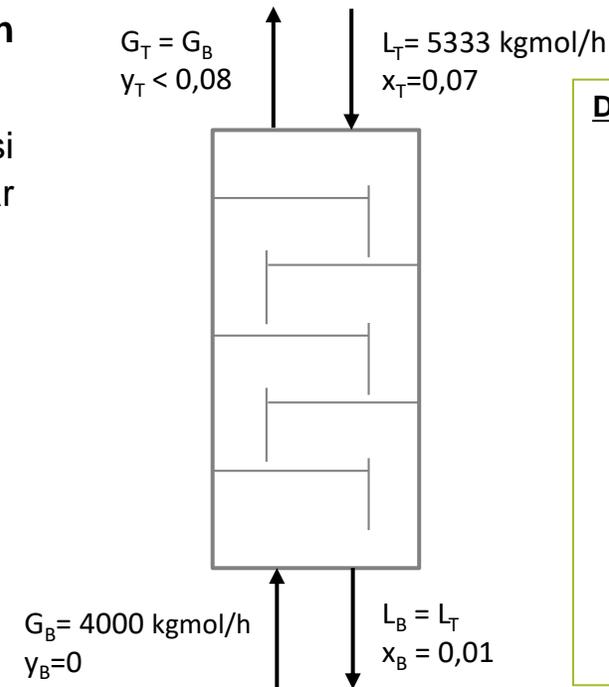
El sector de Operaciones de la refinería le informa que lamentablemente pueden entregar el gas que usted ha seleccionado, pero a una **presión de operación un 25% por debajo de lo planteado originalmente**.

d) Indique si esta nueva condición mejoraría o empeoraría la operación, y, si aplica, mencione qué modificaciones y verificaciones debería realizar para garantizar la operación adecuada. Justifique.

- Es una DESORCIÓN → menor presión, mejor LA TRANSFERENCIA (pero **la torre ya está construida**) → en principio, separo más
- A menor presión de trabajo, mayor caudal volumétrico de gas → puedo tener problemas hidráulicos (**la torre ya está construida**) → ¿qué tengo que verificar?

## Modificaciones:

- Si no hago nada, separo más, obtengo un líquido más puro de lo que necesitaba y no cumplo con la especificación en el gas → Puedo bajar el caudal de gas **de servicio**, bajando la transferencia hasta lo que necesito (y además disminuyo los riesgos de inundación por el aumento del caudal volumétrico de gas)



## Datos y suposiciones:

- El costo de cada plato de la torre: U\$S 1.500.-
- Eficiencia global: 0,5.
- $T = 25^\circ\text{C}$  (isotérmico)
- $P_{\text{vap}}(25^\circ\text{C}) = 30 \text{ bar}$
- Se transfiere un solo componente
- Soluciones diluidas
- El gas entra puro
- Válido Ley de Rault y g.i.

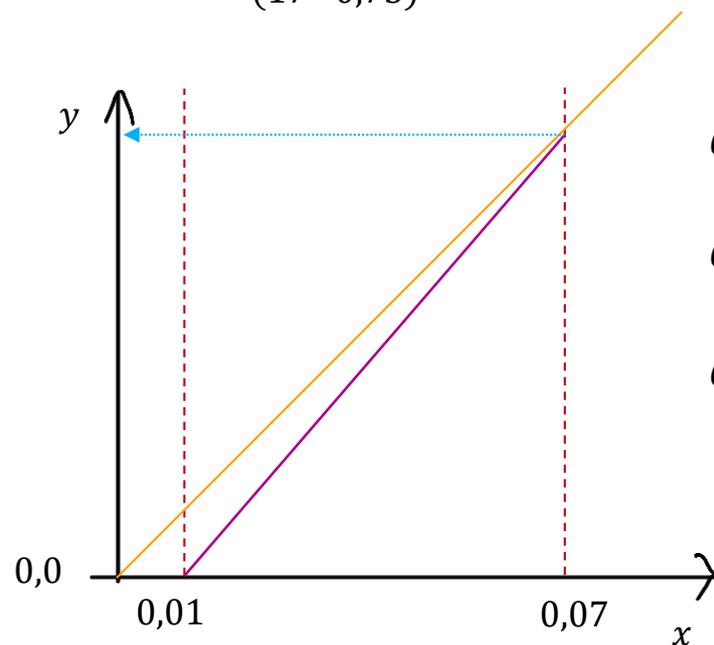
# Problema 1 - ítem e) Verificación $G_{min}$

Ya resolvió los problemas de Operaciones (y también Comercial). Está por entregar la memoria de cálculo y observa que en las Bases de Diseño se solicitaba **operar siempre con un caudal de gas mayor o igual a 1,3 veces el caudal mínimo**.

e) ¿Puede garantizar el cumplimiento del requerimiento? Justifique

Calculamos el caudal mínimo de gas tal que SE CUMPLA LA ESPECIFICACIÓN EN EL LÍQUIDO:

$$y^* = \frac{30}{(17 \cdot 0,75)} \cdot x = 2,35 \cdot x$$



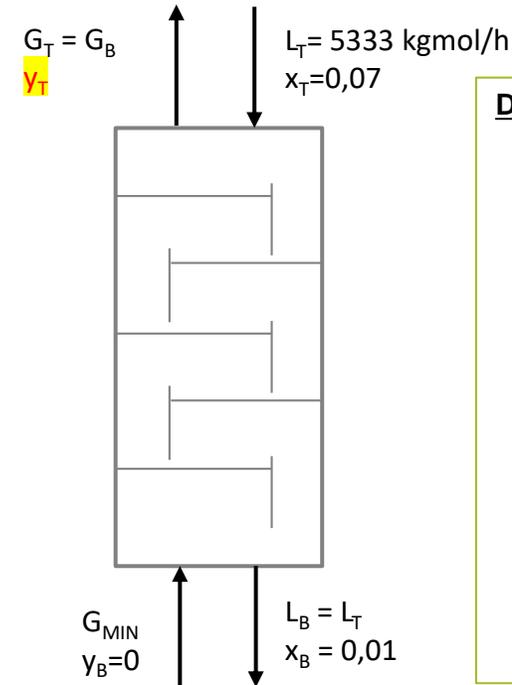
$$P = 12,75 \text{ bar}$$

$$G_{MIN} = L \cdot \frac{x_T - x_B}{y_T - y_B}$$

$$G_{MIN} = 5333 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \cdot \frac{0,07 - 0,01}{2,35 \cdot 0,07 - 0}$$

$$G_{MIN} = 1943 \text{ kmol/h}$$

$$1,3 \cdot G_{MIN} = 2525,7 \text{ kmol/h} < 4000 \text{ kmol/h} (G_{OP})$$



### Datos y suposiciones:

- El costo de cada plato de la torre: U\$S 1.500.-
- Eficiencia global: 0,5.
- $T = 25^\circ\text{C}$  (isotérmico)
- $P_{\text{vap}} (25^\circ\text{C}) = 30 \text{ bar}$
- Se transfiere un solo componente
- Soluciones diluidas
- El gas entra puro
- Válido Ley de Raoult y g.i.

**CUMPLE**

# Problema 2

Se desean agotar 100 kmol/h de un aceite al 50% en una torre de Stripping hasta lograr una concentración del 5% del componente más volátil. La alimentación se efectuará a la temperatura del punto de burbuja y no se considerará una etapa para el reboiler.

## Se pide:

- Dibujar el esquema del equipo con datos e incógnitas
- En condiciones ideales, ¿Cuál será la menor cantidad de calor que requerirá el reboiler para lograr la separación deseada?

Si la torre presenta una eficiencia de Murphree del lado líquido constante e igual a 0,5,

- ¿Cuántos platos reales se necesitarán si se entregan 16750 kJ/h en el reboiler?

## Datos:

- Volatilidad relativa  $\alpha=4$  (y el equilibrio dibujado)
- Calor latente de vaporización  $\lambda= 209,3$  kJ/kmol

Una vez en operación se presenta un problema en el servicio caliente y la carga térmica en el reboiler se reduce al 80%. Se pide evaluar:

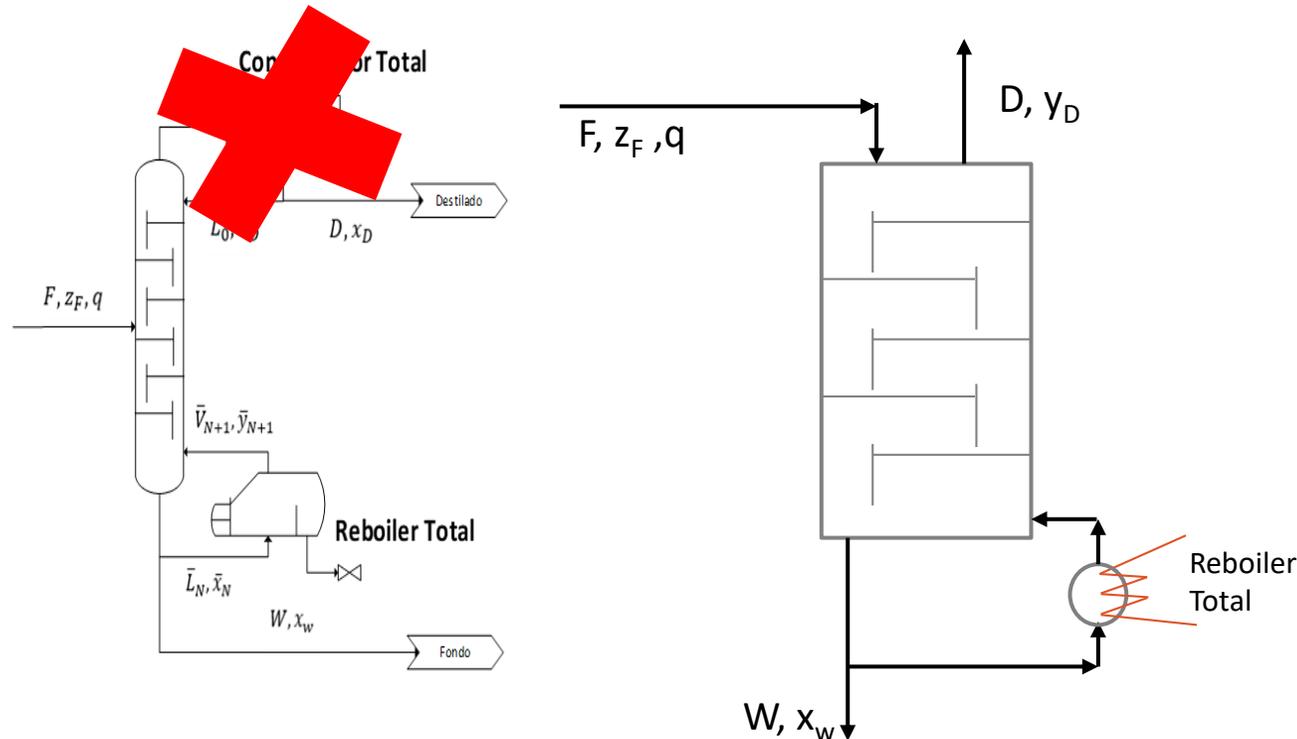
- ¿Cómo se ve afectada la calidad del producto? De una respuesta cualitativa y no cuantitativa definiendo claramente las variables que se mantienen constantes y las que cambian (y en qué sentido!).

Para la torre del ítem c, el equipo de coordinación del proyecto le solicita estudiar la alternativa de reemplazar el reboiler por una alimentación de vapor vivo. Para su modelado, el mismo puede considerarse como un fluido puro en el componente menos volátil de la mezcla.

- Calcule el caudal de vapor vivo requerido y estime nuevamente la cantidad de platos teóricos necesarios.

# Problema 2 – ítem a) Esquema

Se desean agotar 100 kmol/h de un aceite al 50% en una torre de Stripping hasta lograr una concentración del 5% del componente más volátil. La alimentación se efectuará a la temperatura del punto de burbuja y **no se considerará una etapa para el reboiler**.



## Datos:

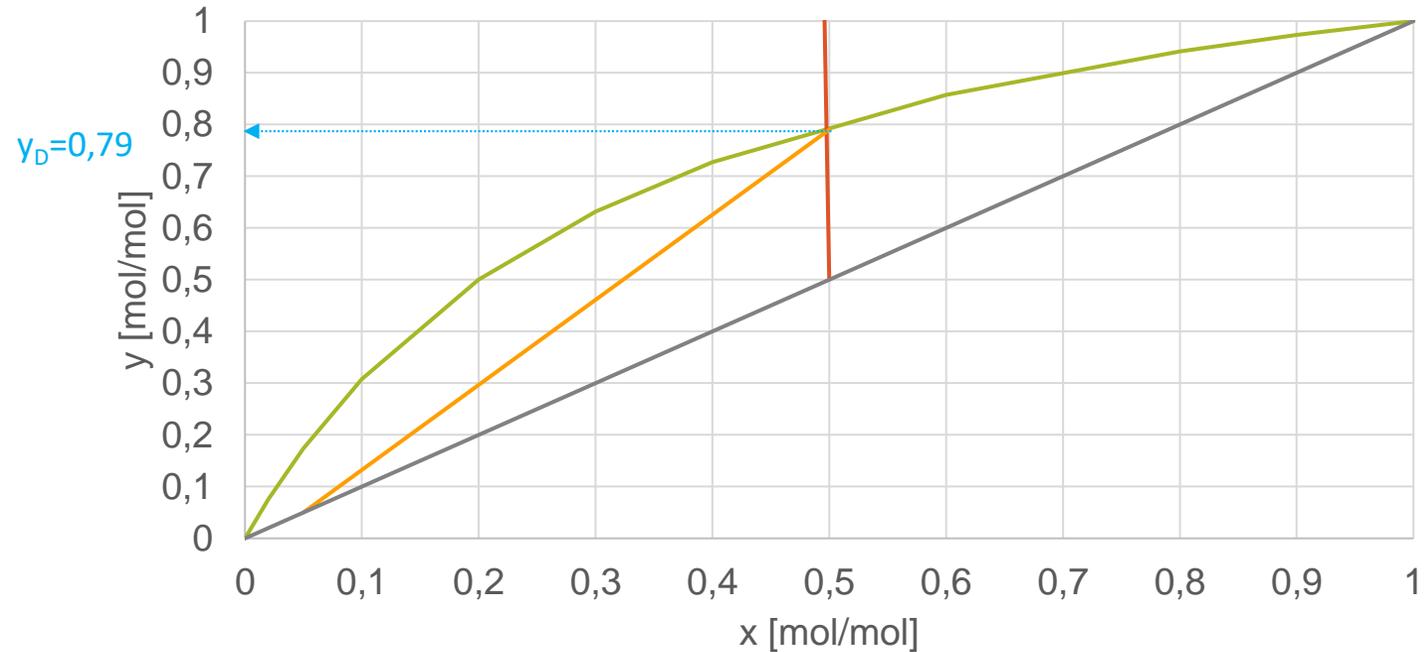
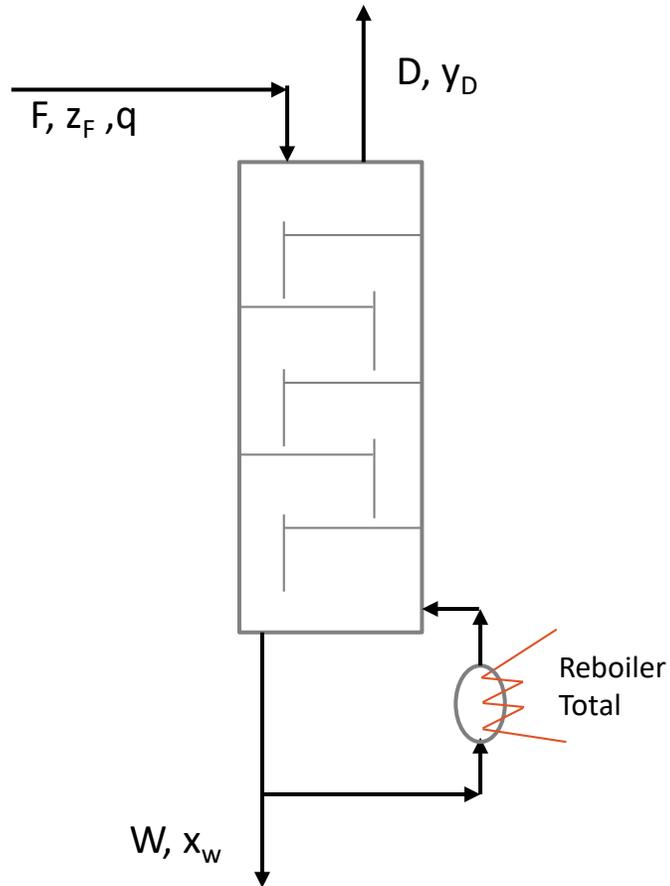
- Volatilidad relativa  $\alpha=4$  (y el equilibrio dibujado)
- Calor latente de vaporización  $\lambda= 209,3$  kJ/kmol
- $F=100$  kmol/h
- $z_F=0,5$
- $x_W=0,05$
- $q_F=1$  (entra a  $T_{\text{burbuja}}$ )
- Reboiler Total

## Suposiciones:

- Transferencia Equimolar  $\rightarrow$  Caudales internos constantes a lo largo de la torre

# Problema 2 – ítem b) $Q_{reb}$ mínimo

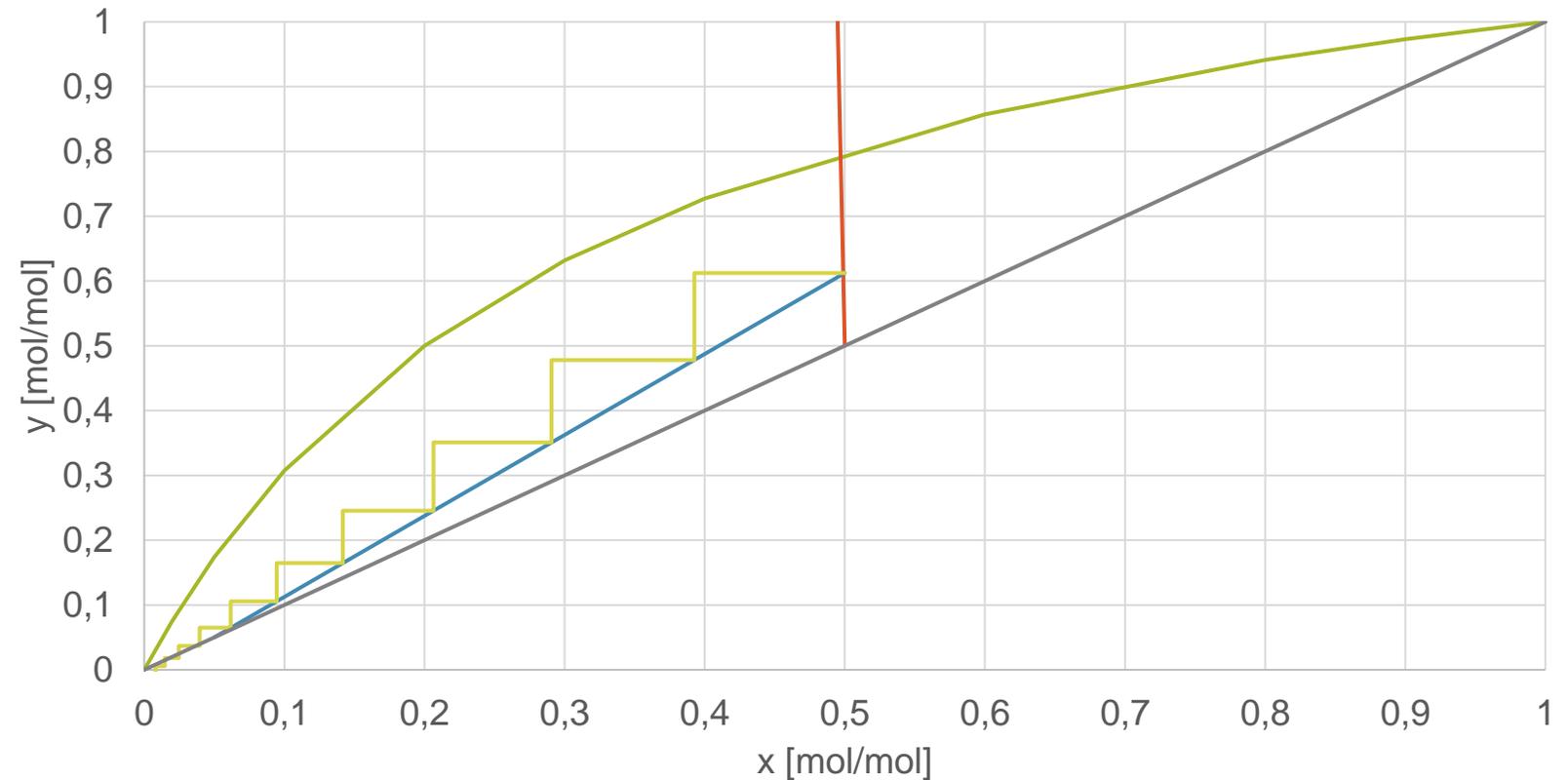
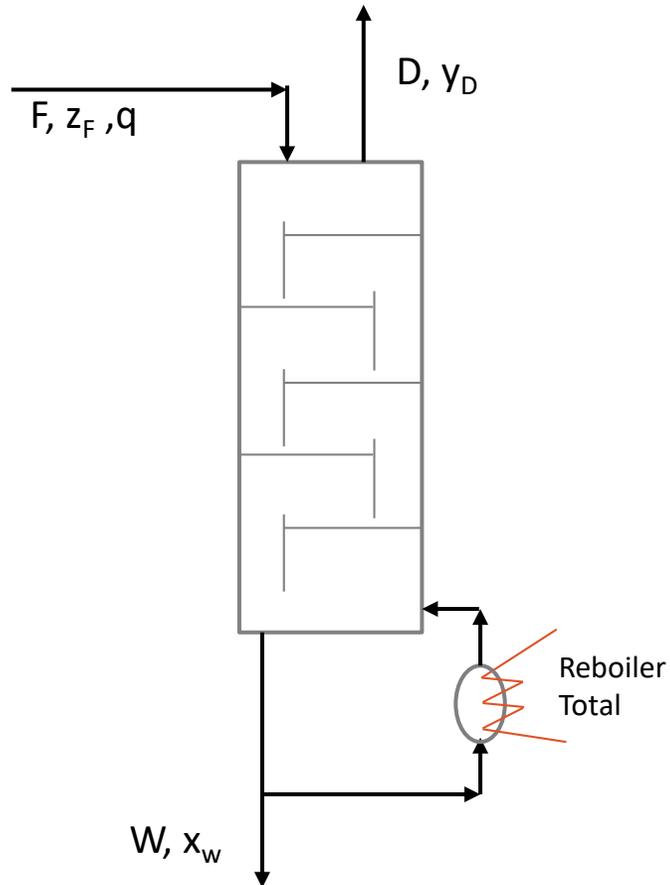
Con los datos que tenemos, podemos graficar *recta q* y los límites de concentración de  $z_F$  y  $x_W$



- Del gráfico obtenemos la pendiente de la ROI ( $L/V$ ), que para una torre de stripping coincide con  $F/V$   $\Rightarrow \frac{L}{V} = 1,64 \Rightarrow V = \frac{F}{1,64}$
- Con  $V$  y el  $\lambda$  informado  $\rightarrow$  Calor del reboiler mínimo

# Problema 2 – ítem c) $NP_{real}$

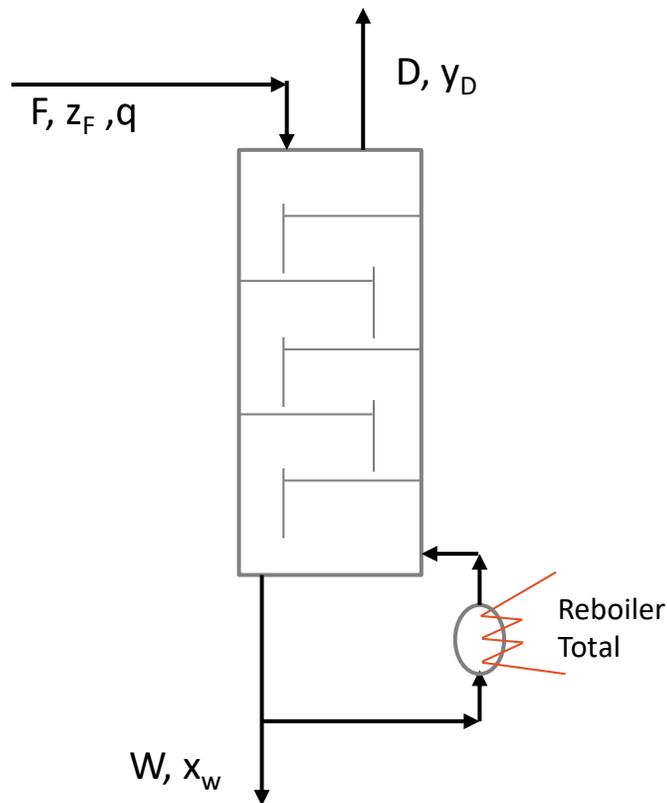
Ahora nos dicen el calor operativo del reboiler  $\rightarrow$  Obtenemos  $V \rightarrow$  Cerramos el BM y graficamos considerando la Eficiencia de Murphree lado líquido



# Problema 2 – ítem d) Problema Operativo

Una vez en operación se presenta un problema en el servicio caliente y la carga térmica en el reboiler se reduce al 80%. Se pide evaluar:

d) ¿Cómo se ve afectada la calidad del producto? De una respuesta cualitativa y no cuantitativa definiendo claramente las variables que se mantienen constantes y las que cambian (y en qué sentido!).

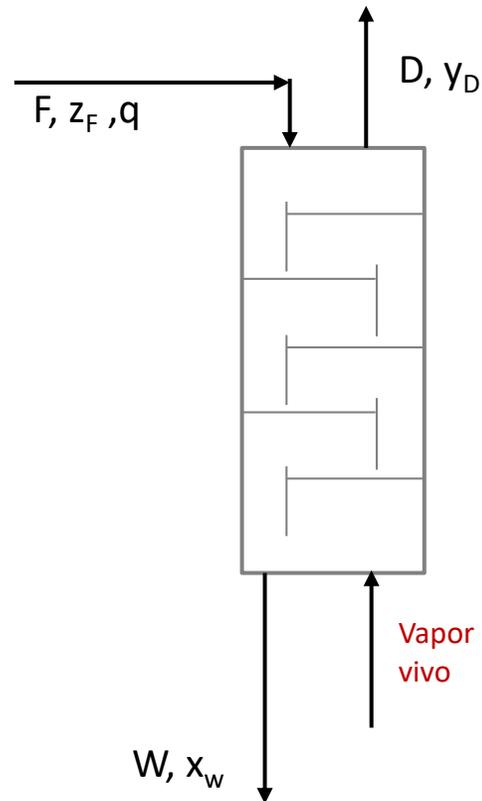


- Reducción del calor del reboiler  $\rightarrow$  reducción vapor en la torre  $\rightarrow$   $L/V$  aumenta  $\rightarrow$  me acerco al equilibrio  $\rightarrow$  empeora la transferencia (se pueden hacer esquemas cualitativos mostrando estas modificaciones sobre la Recta de operación)
- En particular, el reducir  $V$  tiene impacto directo en reducción de  $D$  (y aumenta  $W$ ), pero las composiciones tienen que mostrar una peor separación

# Problema 2 – ítem e) Vapor vivo

Para la torre del ítem c, el equipo de coordinación del proyecto le solicita estudiar la alternativa de reemplazar el reboiler por una alimentación de vapor vivo. Para su modelado, el mismo puede considerarse como un fluido puro en el componente menos volátil de la mezcla.

e) Calcule el caudal de vapor vivo requerido y estime nuevamente la cantidad de platos teóricos necesarios.

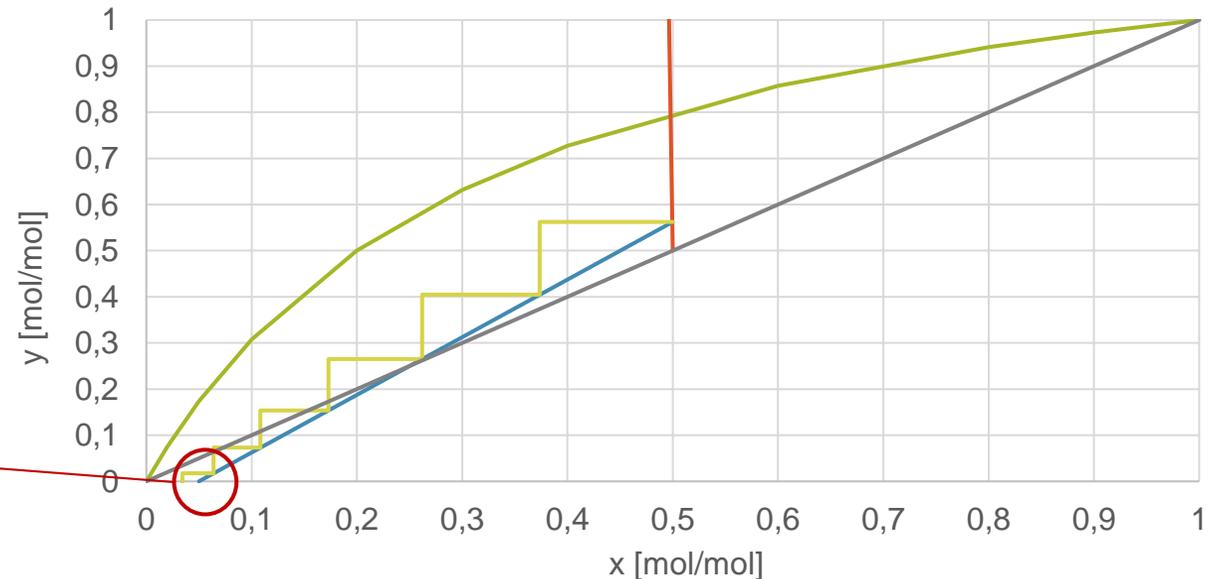


1°) Definir qué variable de la condición original mantener

2°) BMT:  $F + V_V = W + D$

3°) BMP:  $F \cdot z_F + V_V \cdot y_{VV} = W \cdot x_W + D \cdot y_D$

4°) Grafico



**OJO!!!**  
**( $x_W, y_{VV}$ )**



**¿PREGUNTAS?**