

GUÍA 5 y 6 - Destilación Binaria y Multicomponentes Problema 4

1° Cuatrimestre - 2025

Enunciado

Se trata una mezcla de benceno-tolueno conteniendo el 40% del primero y flujo molar de 100 kmol/h en una columna de destilación continua, con reboiler y condensador totales, con el objeto de separarla en productos de tope y fondo conteniendo 97% de benceno y 98% de tolueno respectivamente

Existen tres propuestas respecto de la condición de alimentación:

Opción 1: Líquido saturado

Opción 2: Vapor saturado

Opción 3: Líquido subenfriado a $T_f=295$ K, $C_p=1,84$ kJ/(kg.K)

Elija cuál de ellas propuestas resulta más adecuada en cuanto a:

- El reflujo mínimo
- El número de etapas ideales necesarias en la zona de rectificación y en la zona de agotamiento (manteniendo el reflujo externo constante e igual a 3,5)
- El consumo energético total (manteniendo el reflujo externo constante e igual a 3,5), considerando el calor de precalentamiento en el caso de la opción 2 y el calor de subenfriamiento en el caso de la opción 3.
- Realizar una evaluación global

Ejemplos

Tratamiento de gas ácido
(con contenido de azufre)

Torre de destilación



Condensador

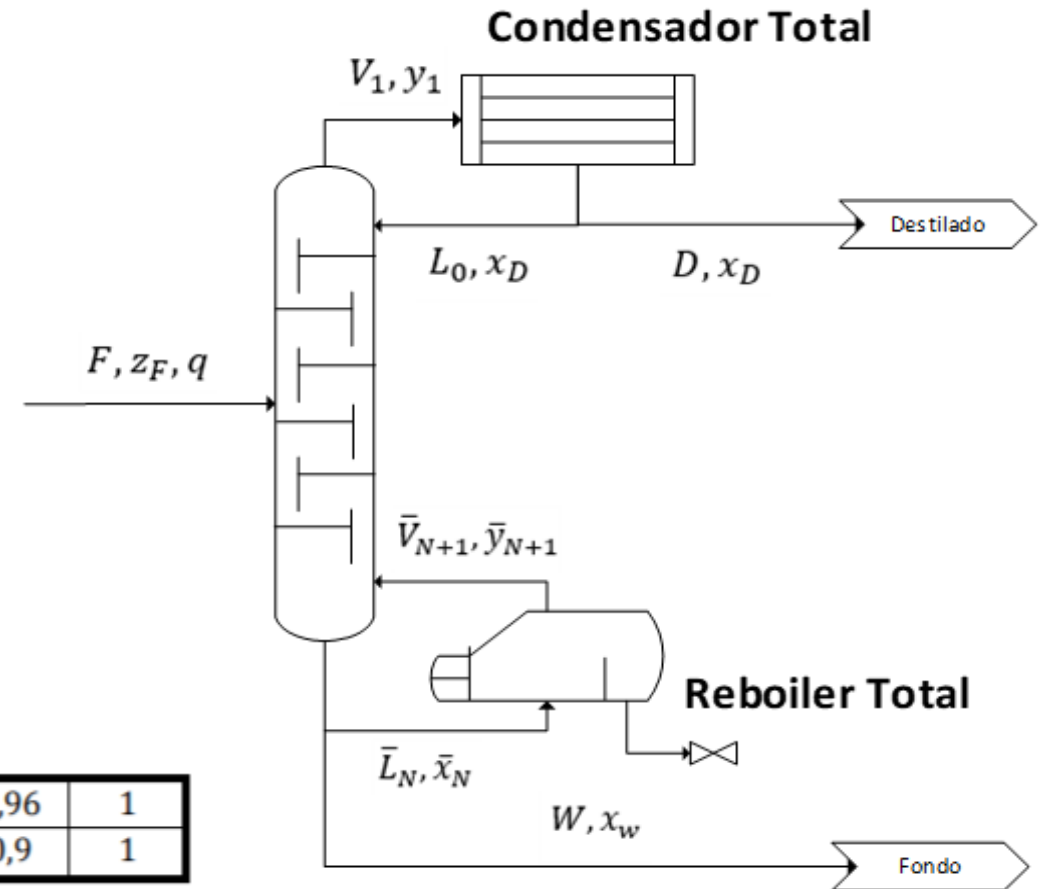
Reboilers

Datos

- $F = 100 \text{ kmol/h}$
- $z_F = 0,4$
- $x_D = 0,97$
- $x_W = 0,02$
- $\lambda = 30 \frac{\text{MJ}}{\text{kmol}}$
- $T_{eb} = 340 \text{ K}$
- $Mr_{\text{Tolueno}} = 78$
- $Mr_{\text{Benceno}} = 92$

- Equilibrio:

y^*	0	0,22	0,38	0,51	0,63	0,7	0,78	0,85	0,91	0,96	1
x	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1



Resolución

Para empezar, planteamos el BMG y BMP para obtener los caudales de D y W:

$$\begin{cases} F = D + W \\ z_F \cdot F = x_D \cdot D + x_W \cdot W \end{cases}$$

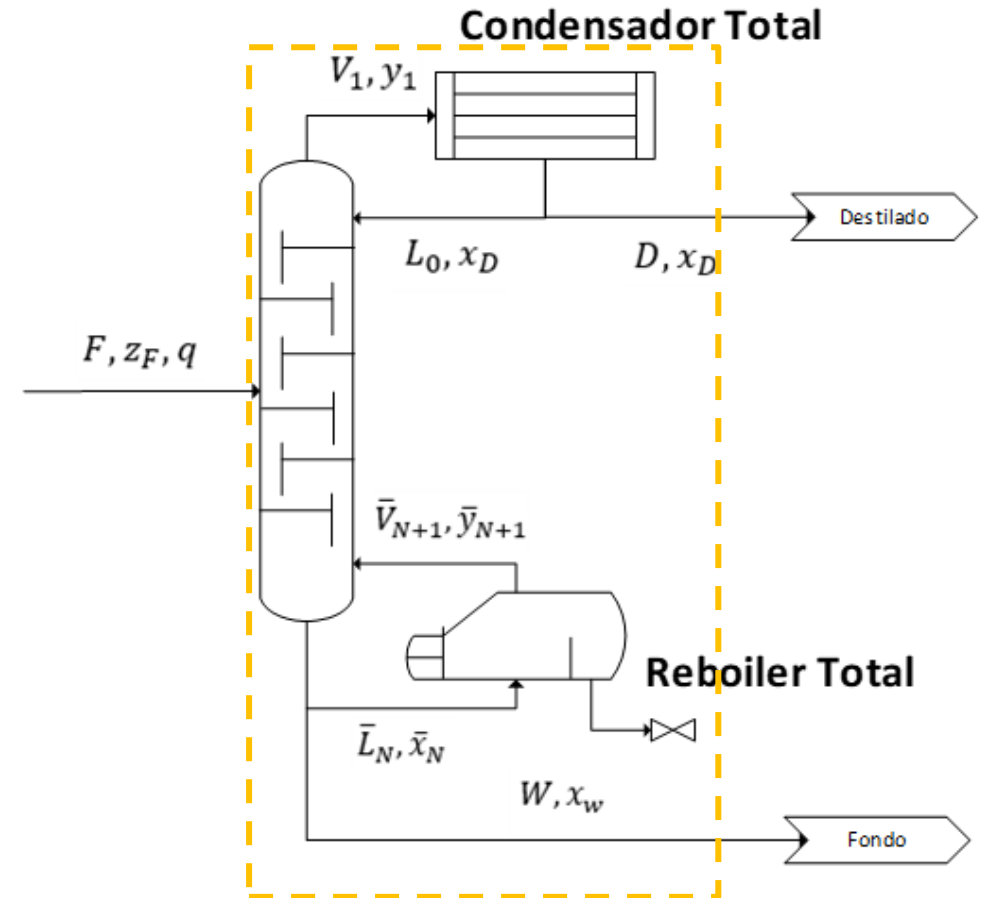
Los caudales que cierran el balance son:

$$\begin{cases} D = 40 \text{ kmol/h} \\ W = 60 \text{ kmol/h} \end{cases}$$

La alimentación podría ser:

$$\begin{cases} \text{Opc. 1: Líquido saturado} \longrightarrow q = 1 \\ \text{Opc. 2: Vapor saturado} \longrightarrow q = 0 \\ \text{Opc. 3: Líquido subenfriado a } T = 295\text{K} \longrightarrow q = 1,238 \end{cases}$$

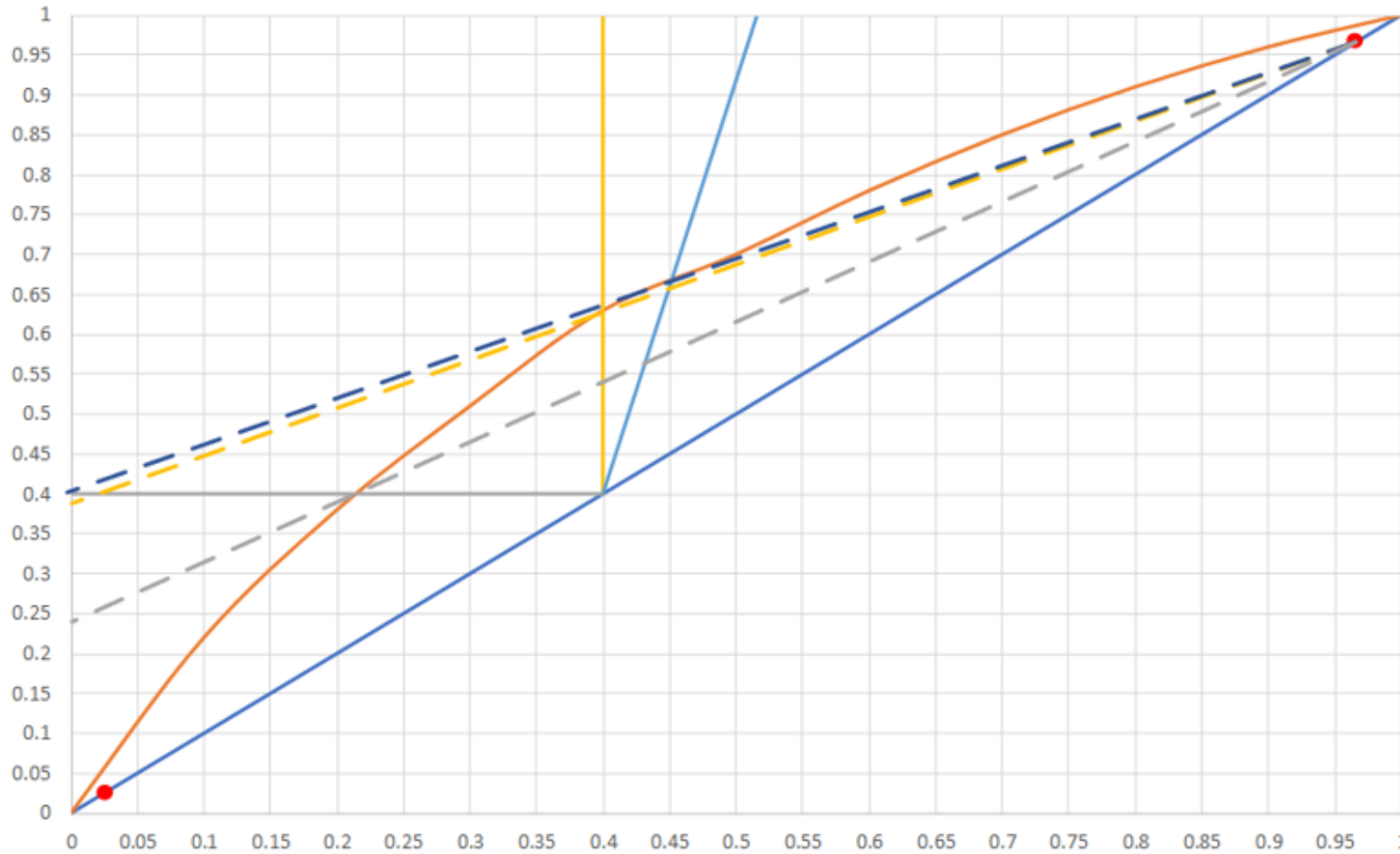
$$q = \frac{H_V - H_F}{H_V - H_L} = \frac{\lambda \cdot F + F_M \cdot C_p \cdot (T_{sat} - T_F)}{\lambda \cdot F}$$



Resolución

- **Reflujo mínimo**

Graficando el equilibrio, extremos de la torre y cada recta de alimentación:

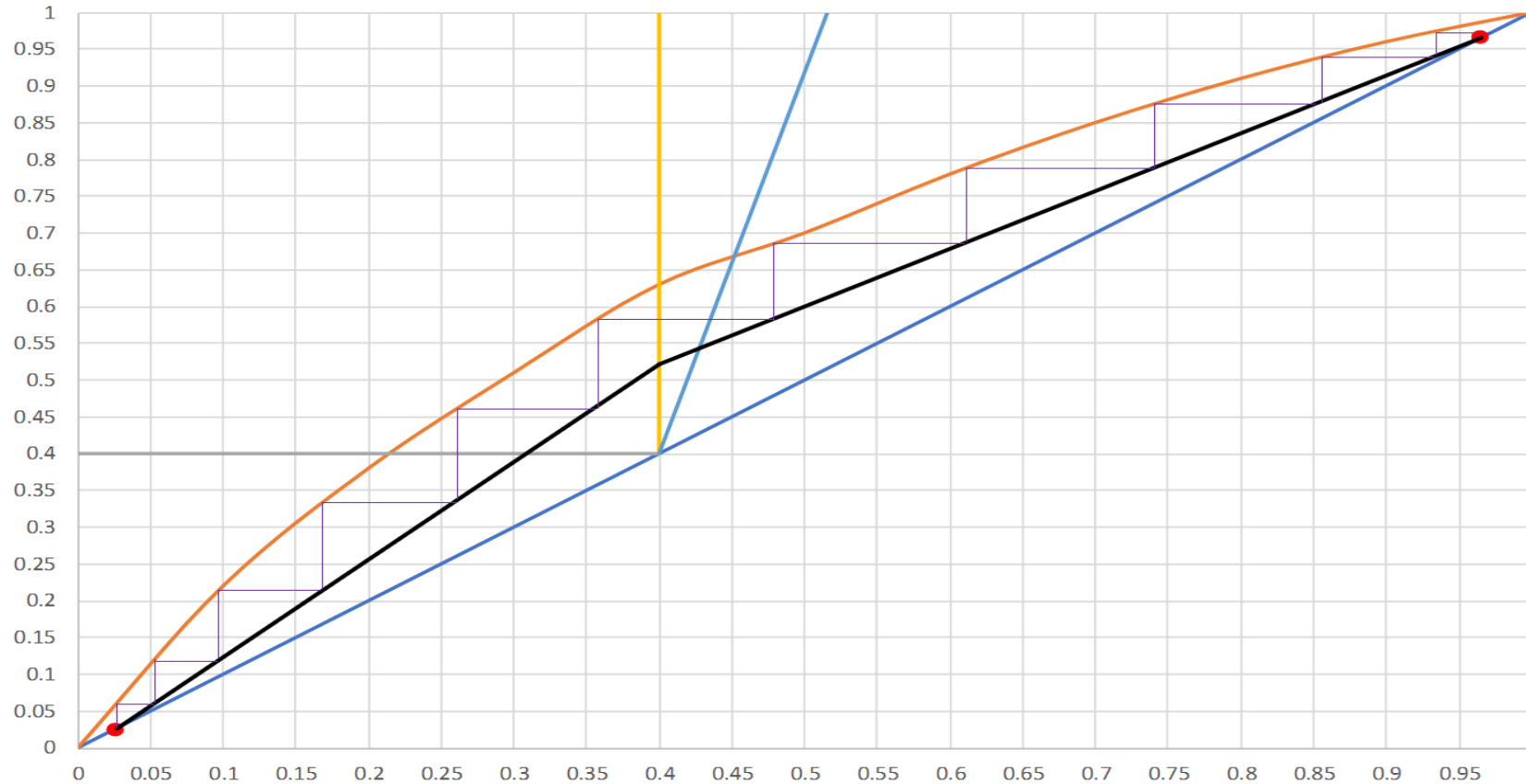


Opción		R_{\min}
1	Liq. Sat.	1,55
2	Vap. Sat.	3,04
3	Liq. Subenf.	1,43

Resolución

- **N° etapas (con $R = 3,5$) – Líquido Saturado**

La ordenada será igual en cada caso, pero dependiendo de la alimentación, se modificará la extensión de la ROS y la ROI:

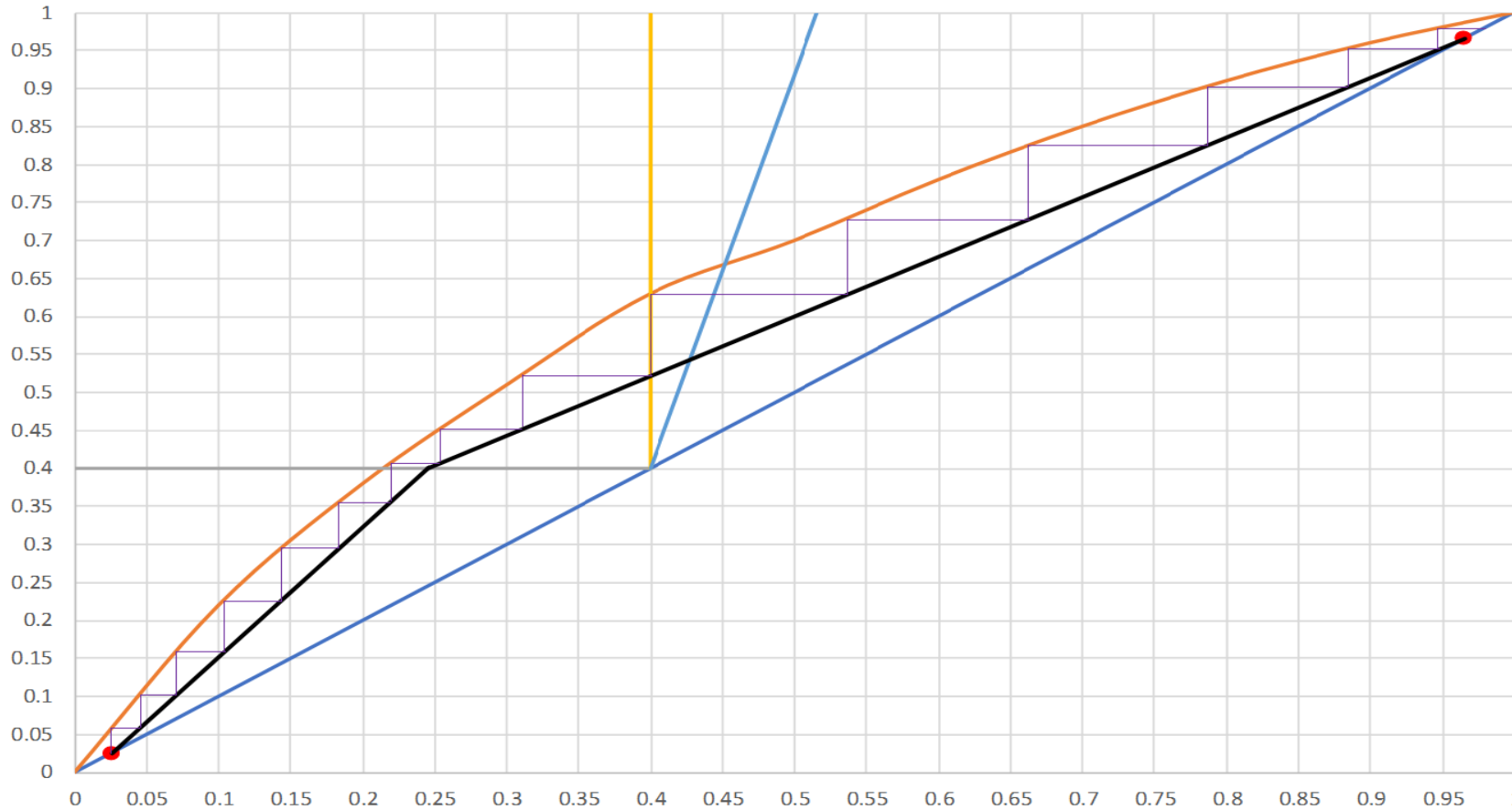


Opción	N	N _{Rect}	Agot	
1	Liq.Sat	11	5	6

Resolución

- N° etapas (con $R = 3,5$) – Vapor Saturado

La ordenada será igual en cada caso, pero dependiendo de la alimentación, se modificará la extensión de la ROS y la ROI:

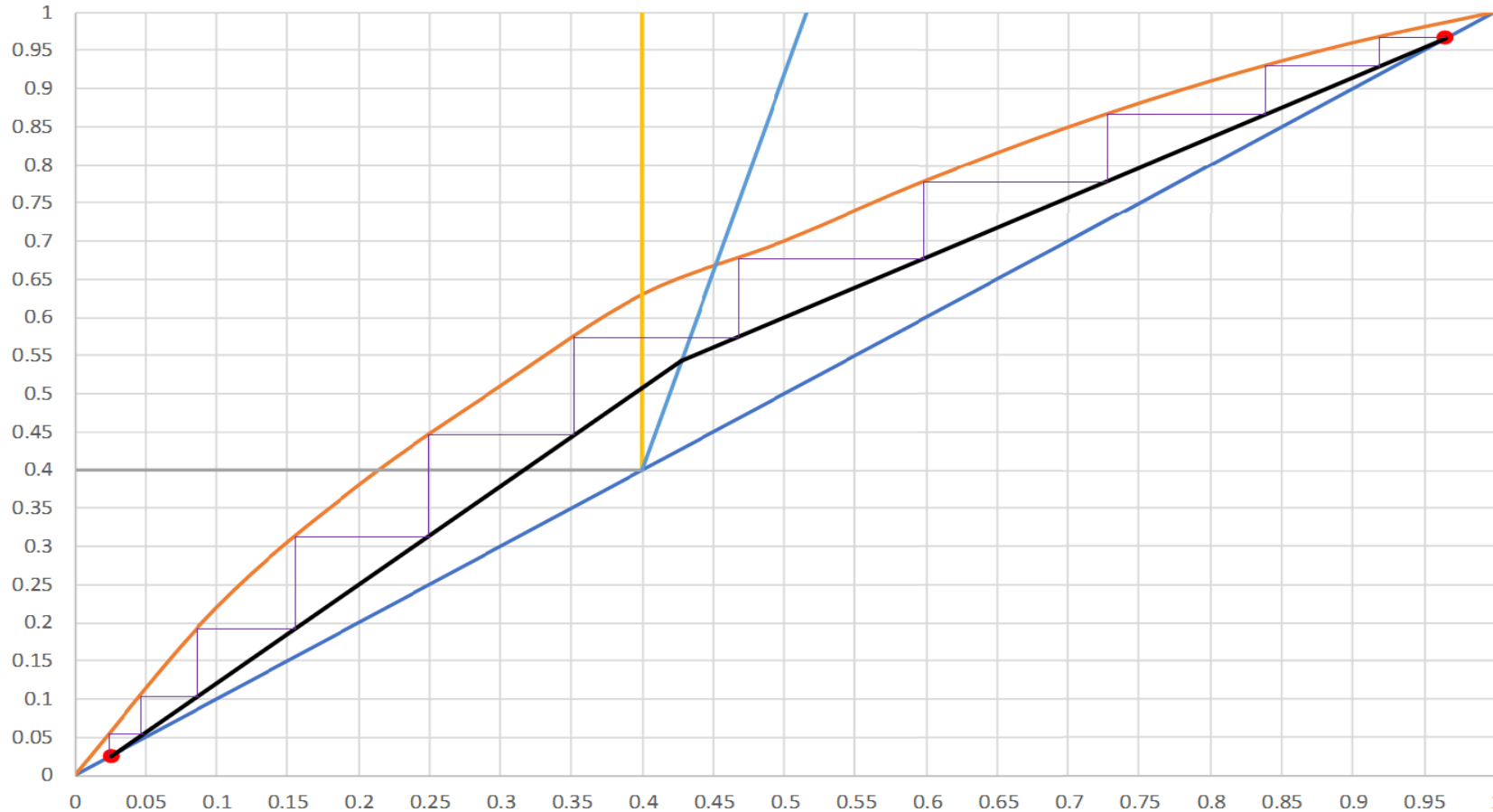


Opción	N	N_{Rec} _t	Ago	t
1	Liq. Sat	11	5	6
2	Vap. Sat	15	8	7

Resolución

- **N° etapas (con $R = 3,5$) – Líquido Subenfriado**

La ordenada será igual en cada caso, pero dependiendo de la alimentación, se modificará la extensión de la ROS y la ROI:



	Opción	N	N _{Rect}	Agot
1	Liq. Sat	11	5	6
2	Vap. Sat	15	8	7
3	Liq. Subenf	11	5	6

Resolución

- **Consumo Energético en reboiler, condensador y acondicionador de entrada**

Como el Reflujo es único para las tres opciones:

$$R_{OP} = 3,5 = \frac{L_0}{D} \longrightarrow L_0 = 140 \text{ kmol/h} \longrightarrow Q_{cond} = \lambda \cdot (L_0 + D) = 5400 \text{ MJ/h}$$

Para la carga del reboiler, debemos calcular el caudal de líquido o de vapor circulando por la parte inferior de la columna:

	Opción	V'	Q _{reb}
1	Liq. Saturado	180	5400
2	Vap. Saturado	80	2400
3	Liq. Subenfriado	204	6115

$$V' = V - (1 - q) \cdot F = (L_0 + D) - (1 - q) \cdot F$$

Además, para las opciones 2 y 3 debemos acondicionar la alimentación (se asume que se parte de líquido saturado):

$$Q_{Acond2} = \lambda \cdot F = 3000 \text{ MJ/h} \longrightarrow \text{Vaporización de toda la alimentación}$$

$$Q_{Acond3} = F \cdot c_p \cdot \Delta T = 715,4 \text{ MJ} \longrightarrow \text{Subenfriamiento desde líquido saturado (340 K) hasta 295 K}$$

Resolución

- Consumo Energético en reboiler, condensador y precalentador

	Opción	Q_{Cond}	Q_{Reb}	Q_{Acond}	BALANCE
1	Liq. Saturado	5400	5400	-	0
2	Vap. Saturado	5400	2400	+3000	0
3	Liq. Subenfriado	5400	6115	-715	0

Evaluación Global

	Opción	R_{\min}	N	Q_{Cond}	Q_{Reb}	Q_{Acond}
1	Liq. Saturado	1,55	11	5400	5400	-
2	Vap. Saturado	3,04	15	5400	2400	+3000
3	Liq. Subenfriado	1,43	11	5400	6115	-715

¿QUÉ ALIMENTACIÓN ELIGIRÍAN?



¿PREGUNTAS?