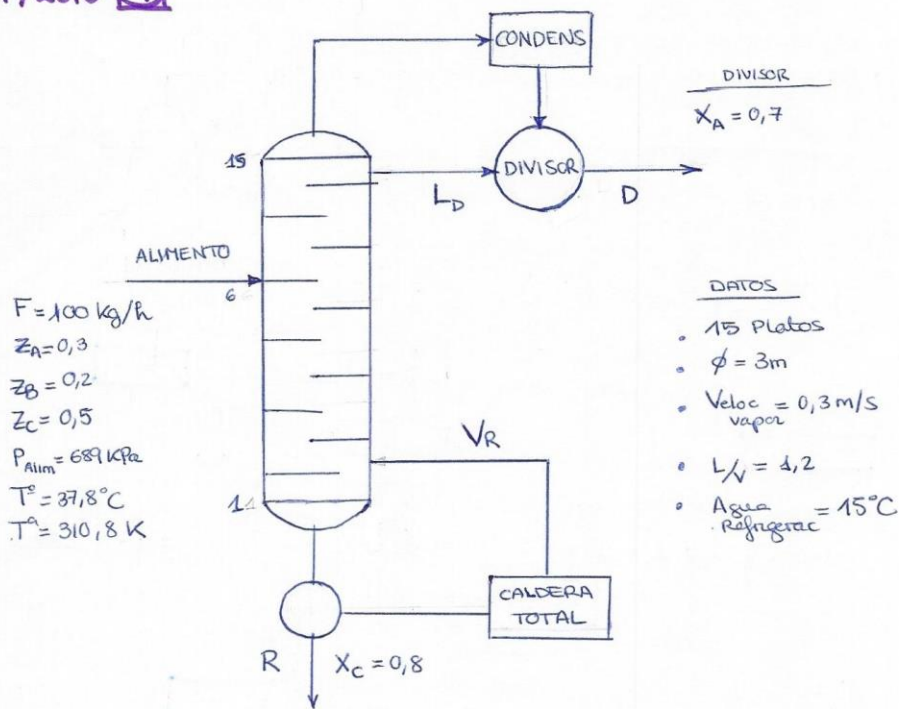
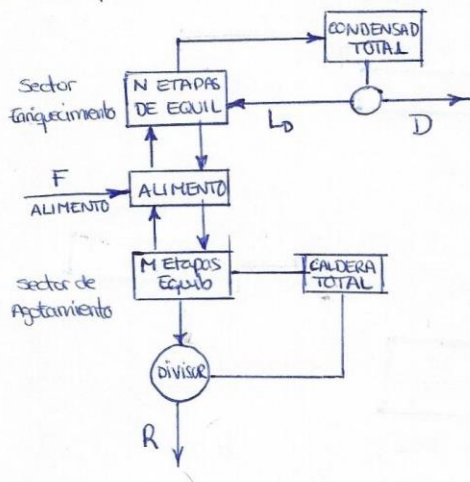


EJERCICIOS : Tema 4: Cascada de etapas ...

2009 / 2010 **(4)**



1. Descomponer la columna en partes



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$(\sum V_D)_{\text{SISTEMA}} = (\sum V_D)_{\text{ELEMENTO}} - C_C (C+2) + V_C$$

- Suponemos que todos los elementos de la columna son adiabáticos excepto el condensador y la caldera.
- También se supone una "P controlante" (la presión del condensador). De esta forma conocemos la "P" del resto de la columna.

CONDENSADOR TOTAL	Nº DE VARIABLES	Nº DE ELEMENTOS
	$N_V = 2(C+2) + 1$ <p style="text-align: center; font-size: small;">Compo PyT = 1 (presión)</p> $N_V = 2C + 5$	$N_E = C - 1 + 1 + 1 \Rightarrow BE = C + 1$ <p style="text-align: center; font-size: small;">BH per componentes BH global</p>

$$(V_D)_{\text{CONDENSADOR}} = (2C + 5) - (C + 1) = C + 4$$

DIVISOR No eq.

$$N_V = 3(C+2) + Q = 3C + 7$$

Igualdad de temperaturas $T_1 = T_2 = T_3$

$$N_E = C - 1 + 1 + 1 + C - 1 + 1 + 1 = 2C + 2$$

Igualdad de P $P_1 = P_2 = P_3$

Relación de igualdad entre composiciones: $x_1 = x_2 = x_3$

$$(V_D)_{\text{DIVISOR}} = 3C + 7 - (2C + 2) = C + 5$$

De aquí quitamos al ser adiabático $Q=0 \rightarrow C+4$
 De aquí quitamos al saber la Presión que se conoce $\rightarrow C+3$

$$(V_D)_{\text{DIVISOR}} = C + 3$$

SECTOR ENRIQUECIMIENTO Eq.

$$N_V = 4(C+2) + Q = 4C + 9$$

$$N_E = (C-1) + 1 + 1 + C + 2 = 2C + 3$$

$$4C + 9 - (2C + 3) = 2C + 6$$

Las corrientes están relacionadas entre sí mediante las etapas de equil.

Para N etapas de eq: $K_i = \frac{y_i}{x_i}$

$$\sum N_V = N(4C + 9) = 4NC + 9N$$

$$\sum N_E = N(2C + 3) = 2NC + 3N$$

$$V_D = \frac{4NC + 9N}{2NC + 3N}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$\begin{aligned}
 (V_D)_{N \text{ etapas}} &= \sum V_D - \underbrace{2(N-1)}_{\substack{\downarrow \text{etapas} \\ \text{2 convertes} \\ \text{Comunes}}} \underbrace{(C+2)}_{\substack{\text{Componentes} \\ \text{que tenemos} \\ \text{que descontar.}}} + \underbrace{4}_{\substack{\uparrow \text{Variable de} \\ \text{construcción}}} = \\
 &= 2NC + 6N - [2(NC + 2N - C - 2)] + 4 \\
 &= 2NC + 6N - 2NC - 4N + 2C + 4 + 4 \\
 &= 2N + 2C + 4 + 4 = \boxed{2N + 2C + 5}
 \end{aligned}$$

- Ahora restamos la variable del $Q=0 \rightarrow N + 2C + 5$ (como no sabemos el n° de etapas será "N")
- Nos quedamos con la "P" en cada piso la conozco, entonces:
 $\rightarrow 2C + 5.$

$$(V_D)_{N \text{ etapas}} = 2C + 5$$

ALIMENTO Eq

$$\begin{aligned}
 N_V &= 5(C+2) + \underbrace{4}_{\substack{\uparrow Q \\ \text{Variable de construcción}}} = 5C + 14 \\
 N_E &= \underbrace{C-1}_{\text{composic}} + \underbrace{4}_{\substack{\downarrow \text{BE} \\ \text{Balance}}} + \underbrace{4}_{\substack{\downarrow \text{BE} \\ \text{Balance}}} + C + \underbrace{2}_{\substack{\downarrow \text{Equilibrio} \\ \text{P y T}}} = 2C + 3
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} N_V \\ N_E \end{aligned}} \right\} \begin{aligned} &5C + 14 - (2C + 3) = \\ &\boxed{3C + 8} \end{aligned}$$

- Quitamos una variable porque es adiabático ($Q=0$) $\rightarrow 3C + 7$
- Quitamos tb otra, la P controlante $\rightarrow 3C + 6$

$$(V_D)_{\text{ALIMENTO}} = 3C + 6$$

SECTOR AGOTAMIENTO \rightarrow QUE EL DE ENRIQUECIMIENTO, ES IGUAL.

Eq

$$(V_D)_{\text{AGOTAMIENTO}} = 2C + 5$$

DIVISOR No-eq

$$(V_D)_{\text{DIVISOR}} = C + 3 \text{ (Igual que el otro)}$$

CALDERA TOTAL No-eq

$$\begin{aligned}
 N_V &= 2(C+2) + 4 = 2C + 5 \\
 N_E &= C + 1 + 1 + 1 = C + 3
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} N_V \\ N_E \end{aligned}} \right\} \begin{aligned} &\boxed{C + 4} \quad V_D \end{aligned}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

$$(V_D)_{\text{caldera}} = (2C+5) + (C+4) - 1 = C+3$$

Ahora hacemos @ global. $\rightarrow dX_q$ SON 10?

$$= (\sum V_D)_{\text{ELEMENTO}} - C_c (C+2) + V_c =$$

$$= (C+3) + (2C+5) + (3C+6) + (2C+5) + (C+3) + (C+3) + (C+4) =$$

$$= 11C + 29$$

$$C_c (C+2) = 10(C+2) = 10C + 20$$

Se cuentan manualmente los comentes que hay entre cada bloque.

$$V_c = 0 \rightarrow dX_q \text{ es } 0?$$

$$V_{D_{\text{TOTAL}}} = 11C + 29 - 10C - 20 = C + 9$$

$$V_{D_{\text{TOTAL}}} = C + 9 = 3 + 9 = 12.$$

Vemos cuantas variables están fijadas

$F, Z_1, Z_2, Z_3, T_F, P_F, P, Q, X_C^R, X_A^D, D, V, L/V, T_{H_2O}, N+M$

\hookrightarrow Hay 15 variables

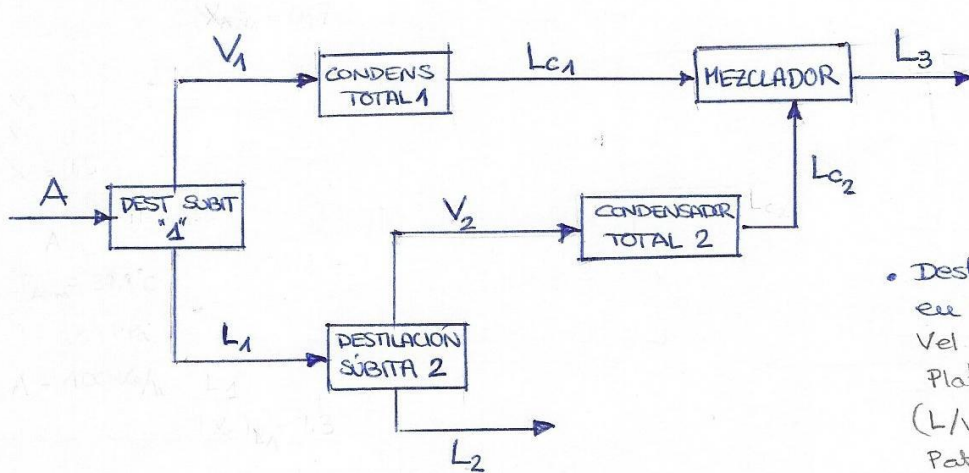
Podemos eliminar 3 platos porque con 12 variables el problema está bien especificado.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

5 2009/2010



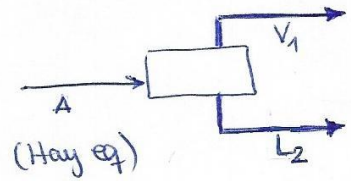
• Destilación súbita en dos etapas.
 Vel vapor = 3m
 Platos = 15
 (L/V) = 4,2
 Patmosferica.
 Refrigerador → Agua a 15°C.

La ecuación general:

$$V_D = \sum_{i=1}^n (V_{Di}) - C_c (C+2) + V_c$$

Alimento

Destilación Súbita (1):

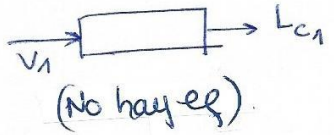


$$\left. \begin{aligned} V &= 3(C+2) + 1 = 3C+7 \\ E &= (C-1) + 1 + 1 + C + 1 + 1 = 2C+3 \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{C+4}{C+3} \checkmark$$

-1 dest. adiab

Condensador TOTAL 1

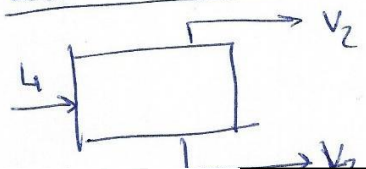


$$\left. \begin{aligned} V &= 2(C+2) + 1 = 2C+5 \\ E &= (C-1) + 1 + 1 = C+1 \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{C+4}{C+4} \checkmark$$

BM C BM Global BE

Destilación Súbita 2



$$\left. \begin{aligned} V &= 3(C+2) + 1 = 3C+7 \\ E &= (C-1) + 1 + 1 + C + 1 + 1 = 2C+3 \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{2C+3}{C+4}$$

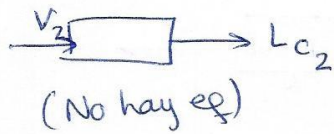
BM BE



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

4) Condensador Total.

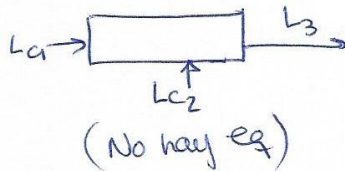


$$V = 2(C+2) + 1 = 2C + 5$$

$$E = (C-1) + 1 + 1 = C + 1$$

$$\boxed{C+4} \checkmark$$

5.) MEZCLADOR



$$V = 3(C+2) + 1 = 3C + 7$$

$$E = (C-1) + 1 + 1 = C + 1$$

$$\frac{2C+6}{-1 \text{ (mezclador adiabático)}}$$

$$\boxed{2C+5} \checkmark$$

$$(V_D)_{\text{sistema}} = (C+3) + (C+4) + (C+3) + (C+4) + (2C+5) = 6C + 19$$

$$E_C = \underbrace{C}_C (C+2) = \underbrace{5(C+2)} = 5C + 10$$

$$V_{D_{\text{TOTAL}}} = (6C + 19) - (5C + 10) = C + 9 \checkmark$$

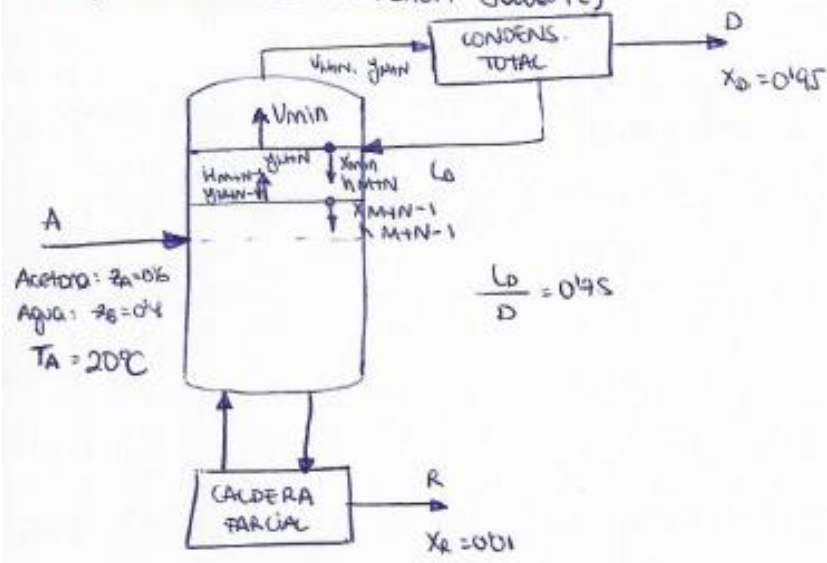
$$\boxed{V_{D_{\text{TOTAL}}} = C + 9}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

7. (Problema de Ponchon-Savarit)



Resión columna

$P_C = 1 \text{ atm.}$

$M+N = 15$

Nº pisos reales

(de campanas de borboteo (no incluye la caldera), por lo q. habría 16 etapas de equilibrio (ya no pisos))

a) D, R? Sabiendo que $A = 100 \text{ kmol}$

Aplicamos el B.M. Global:

$A = D + R$

B.M. Componente volátil (acetona):

$A \cdot x_A = D \cdot x_D + R \cdot x_R$

Caudales obtenidos despejando:

$D = 62.77 \text{ kmol}$

$R = 37.23 \text{ kmol}$

b) (o) platos teóricos siempre son menores que los reales (ya no pisos)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

platos como sectores).

- Eje de coordenadas: En su valor
- " " absisa: Vertical de la composición del destilado.

El polo del sector de enriquecimiento está relacionado con el polo del sector de agotamiento a través del ~~caliente~~. Lo podemos representar directamente en el gráfico.

Análiticamente sería:

$$A \cdot M_A = D \cdot M_D + R \cdot M_R \rightarrow B.E. \text{ en toda la columna}$$

Despejando M_R (pto. del sector de agotamiento)

$$M_R = -2800875 \text{ kcal/kmol}$$

Tiene signo negativo xq. uno es aporte y otro eliminación de calor
 (liberación de calor $\rightarrow M_R$)
 (Aporte " " $\rightarrow M_D$)

Gráficamente lo obtendríamos uniendo M_D con A y donde corte con la vertical de x_2 sería el punto M_R .

Se pueden trazar pisos por abajo o por arriba, lo normal es que sea por arriba.

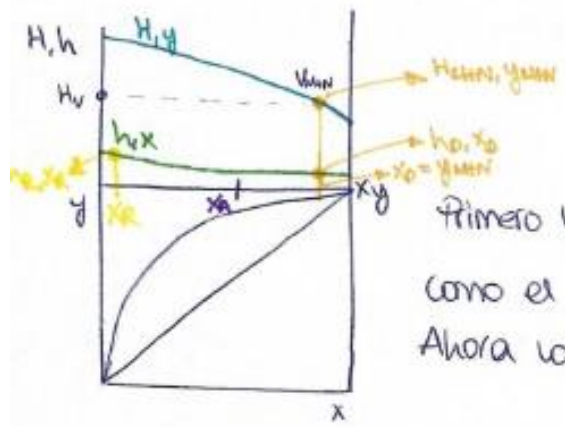
Dada la composición de vapor bajo hasta cortar con la diagonal de eq. y realizamos el piso (corte con la curva de eq.). Subimos en la vertical y la llevamos hasta la curva de eq. del liq. saturado. Unimos los 2 puntos (composición de vapor con la composición del liq. que abandona el piso). Unimos el último punto con el polo M_D donde corte con la curva del vapor saturado tenemos otro punto (punto de vapor del piso 2). Trazamos una vertical hasta la ~~curva de eq.~~ diagonal de equilibrio y realizamos el piso (horizontal hasta la curva de eq.). Hacemos esto sucesivamente hasta que ~~se~~ una de las etapas ~~se~~ cruce a la recta que une los 2 polos. Eso significa que hemos cambiado de vector.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$H \rightarrow$ Entalpia vapor saturado
 $h \rightarrow$.. liquido



Primero lo realizamos todos los puntos que conociamos.
 Como el condensador es total, $x_D = y_M$
 Ahora localizamos el alimento (x_A)

entalpia vapor
 $H_{M,N} = 4035 \text{ Kcal/Kmol}$
 $h_D = 1760 \text{ Kcal/Kmol}$
 $h_F = 1756 \text{ Kcal/Kmol}$
 entalpia liquido

$z_A = 0.6 \rightarrow T_A(20^\circ\text{C}) < T_{eb}(60^\circ\text{C})$ (se trata de un liq. subenfriado)

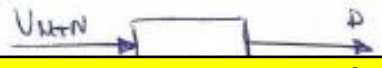
Tenemos que calcular su entalpia:

$h_A = C_p(T - T_{ref}) = 26.5 \text{ Kcal/Kmol} \cdot \text{K} (20 - 0) = 530 \text{ Kcal/Kmol}$

Ahora podemos localizar el punto de la alimentación en el diagrama.

Las poleas se obtienen a partir del B.E. en la columna teniendo en cuenta el calor aportado o eliminado del condensador y de la caldera:

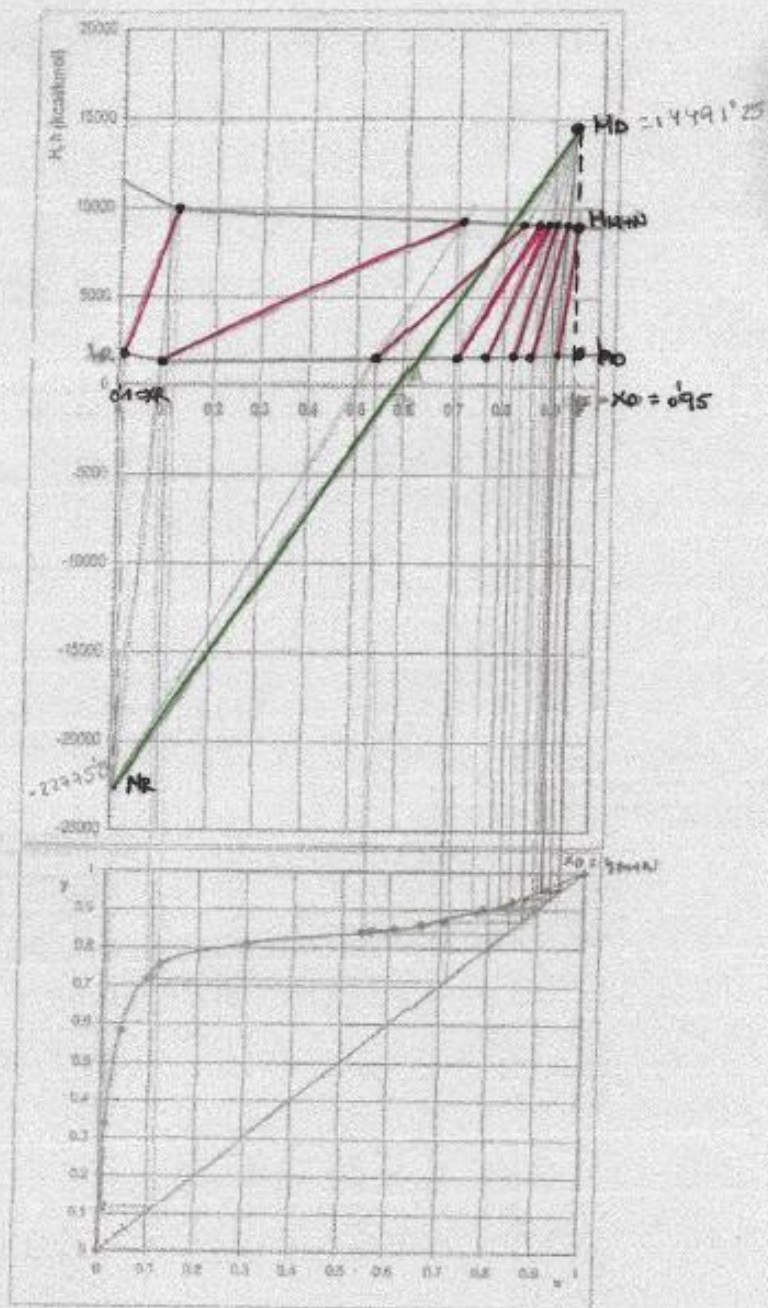
$\frac{Q_D}{D} = \frac{M_D \cdot H_{M,N} - H_D}{H_{M,N} - h_D} \rightarrow$ se obtiene haciendo un B.E. en el condensador.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

7



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70