

Procesos de separación II

2526-1

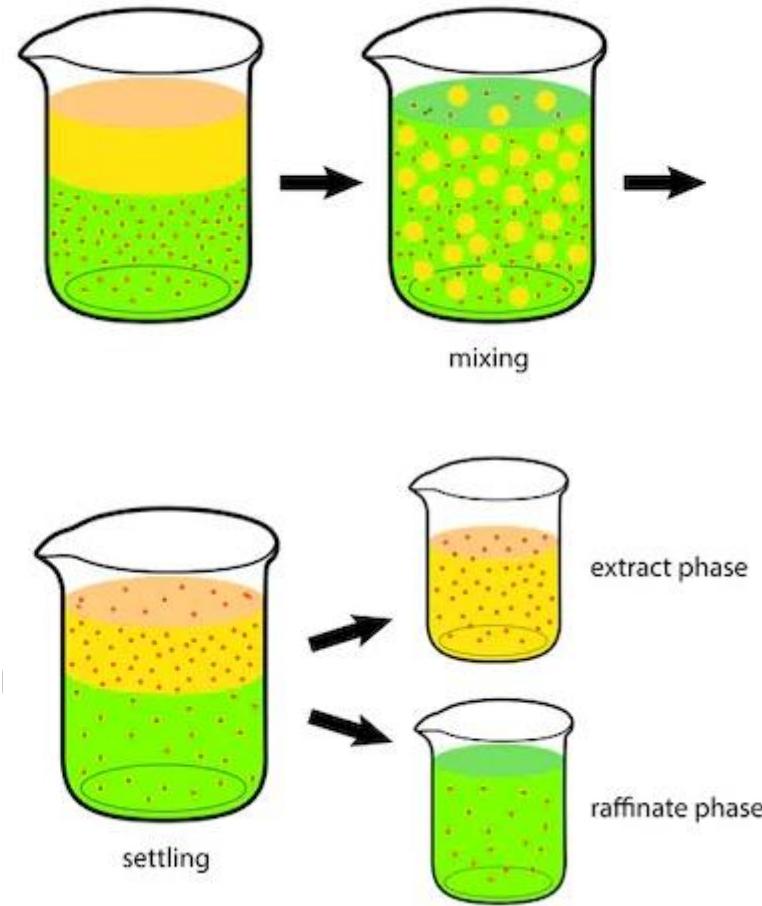


TEMA I

EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

1.1. Fundamentos teóricos de la extracción líquido-líquido. Soluto, solvente, diluyente, extracto y refinado. Aplicaciones.

1.2. Tipos de equilibrio: uno o dos pares de componentes parcialmente miscibles. Coeficiente de distribución. Representación gráfica de sistemas ternarios: triángulo equilátero, triángulo rectángulo, diagrama de distribución de equilibrio, diagramas de disolvente o diagrama de coordenadas Janecke. Curvas de distribución. Efecto de la temperatura.



Bibliografía

- **Henley & Seader.** “Operaciones de separación por etapas de equilibrio en Ingeniería Química”. **Cap 3 y Cap 11**
- **Treybal Robert.** “Operaciones de Transferencia de masa”.
Cap 10
- **McCabe-Smith-Harriot.** “Operaciones Unitarias en Ingeniería Química”. **Cap 19**
- **Guía USB.** Extracción líquido-líquido.

OBJETIVO

Entender los principios y conceptos asociados al proceso de extracción líquido-líquido, para el diseño, operación y optimización de los equipos asociados: en una etapa y en múltiples etapas.

A photograph of industrial extraction equipment, showing a tall, vertical column with various pipes, valves, and structural supports against a clear blue sky.

Extracción líquido-líquido

Es la separación de uno o varios de los componentes de una solución líquida por contacto con otro *Líquido insoluble*; donde las sustancias que componen la solución original se *distribuyen* de manera distinta entre las dos fases líquidas, lográndose cierto grado de separación. Esta separación puede llevarse a cabo en lotes o en forma continua. (Treybal)



Extracción líquido-líquido

Soluto: componente (**C**) presente en la alimentación, el cual se desea separar.

Solvente: Agente de separación, componente (**B**) que se agrega para realizar la separación.

Diluyente: componente (**A**) en donde está disuelto el soluto (**C**) presente en la alimentación.

Extracto: es la corriente rica en solvente (**B**) la cual contiene el soluto deseado (**C**). Esta corriente puede ser tratada en una columna de destilación para separar el soluto del solvente con el fin de reutilizarlo.

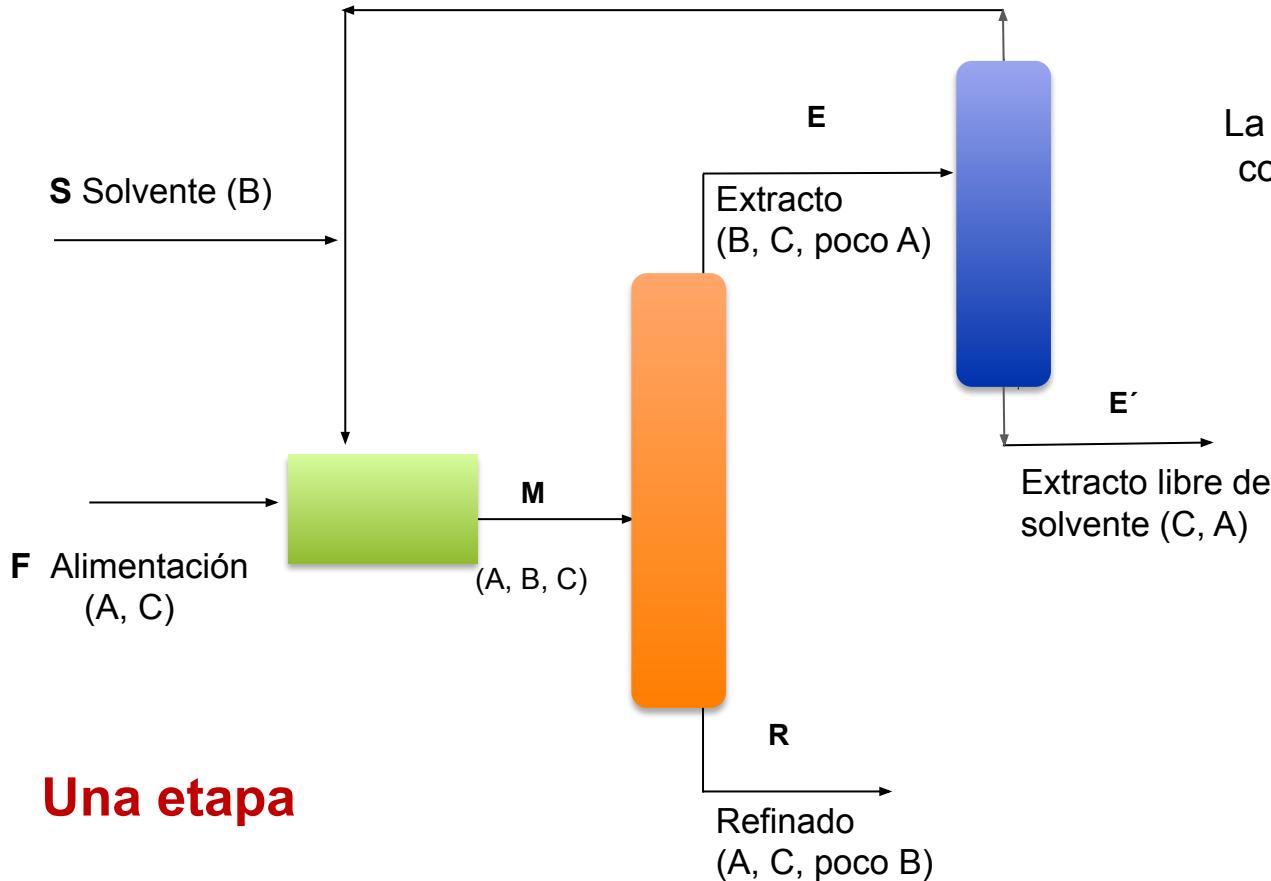
Refinado: es una corriente rica en el componente (**A**).

Extracción líquido-líquido

Solubilidad

Se favorece a condiciones de Temperatura y Presión bajas o moderadas.

Diagrama del proceso de extracción líquido-líquido

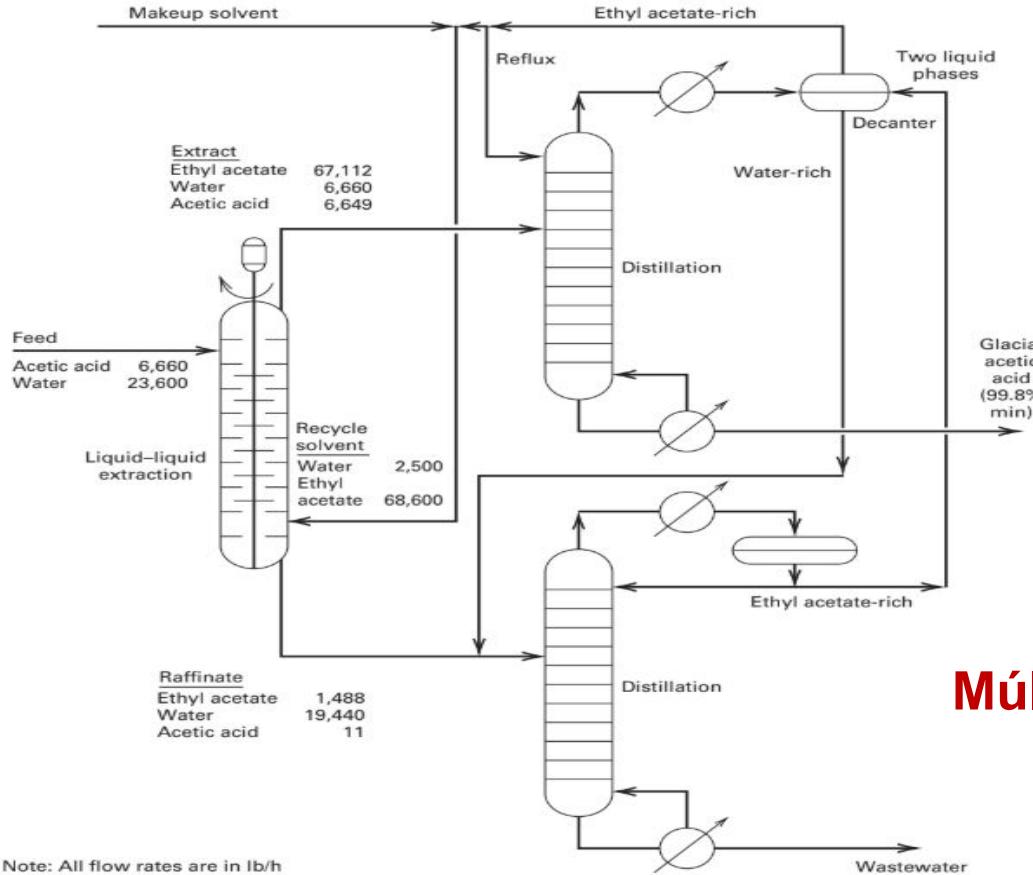


Una etapa

La extracción líquido-líquido, consta de tres pasos (etapa de extracción ideal):

- Contacto de la alimentación con el solvente.
- Separación de las fases líquidas formadas en equilibrio (extracto y refinado).
- Recuperación de solvente.

Extracción líquido-líquido



Liquid-liquid extraction process for recovering acetic acid.

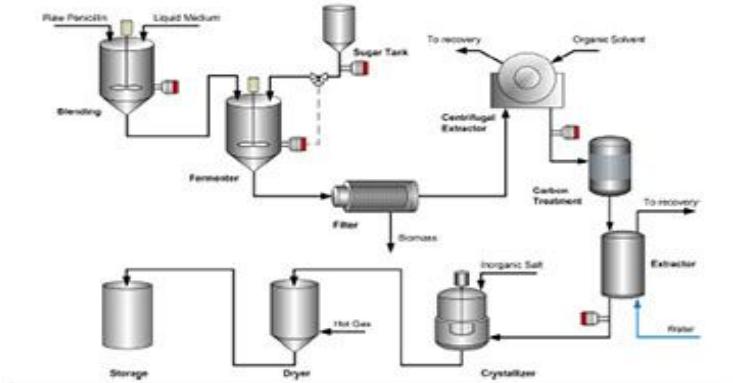
Múltiples etapas



Extracción líquido-líquido

¿Cuándo emplear la extracción líquido-líquido?

- ✓ Cuando la destilación es ineficaz o muy difícil.
 - a) mezclas con temperaturas de ebullición próximas (m-xileno, p-xileno).
 - b) sustancias que no pueden soportar la temperatura de destilación (aceites esenciales).
 - c) mezclas azeotrópicas (benceno-etanol).
- ✓ Para separar impurezas o componentes en pequeñas concentraciones (color de una grasa).



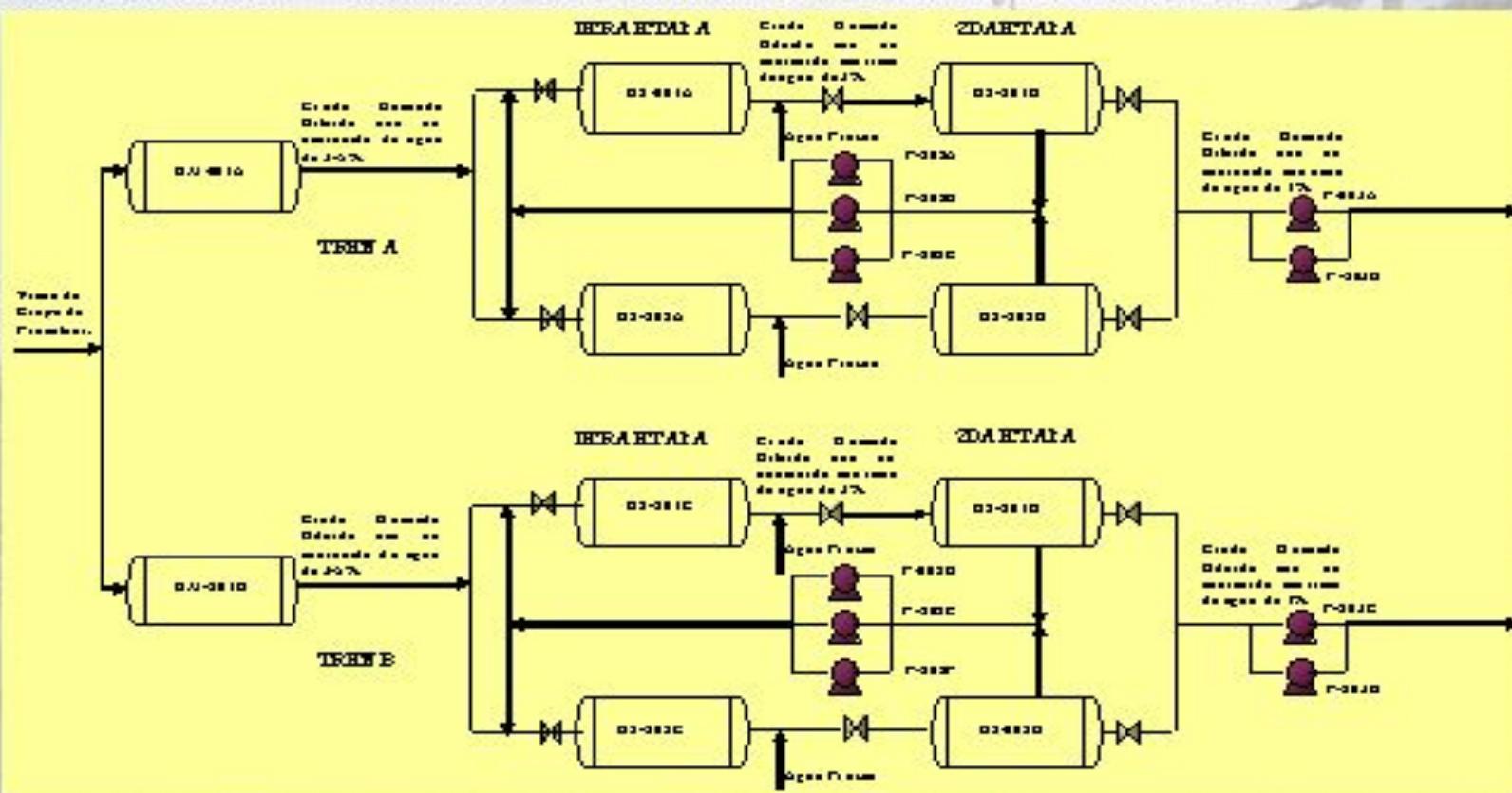
PENICILLIN IN WATER, PENICILLIN IN SOLVENT

Extracción líquido-líquido

APLICACIONES

- Desalado de crudo.
- Extracción de compuestos aromáticos y nafténicos para la producción de aceites lubricantes.
- Separación de aromáticos (benceno, tolueno, xilenos) de las parafinas con tetrametileno sulfona.
- Separación de metales pesados (Ni, Cu, Zn, entre otros) de efluentes acuosos con ácidos ó aminas.
 - Recuperación de Uranio.
- Extracción de Penicilina y Proteínas.

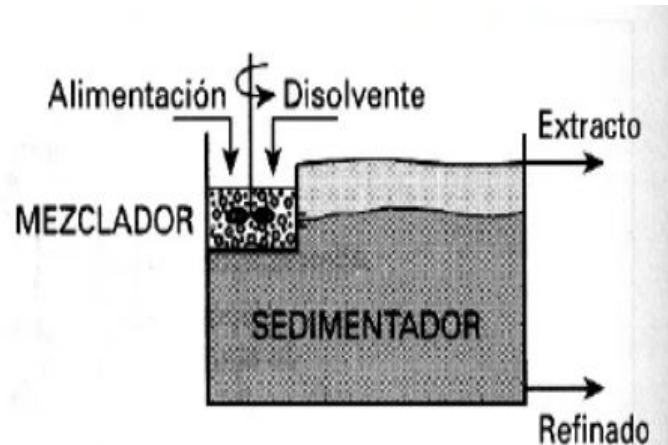
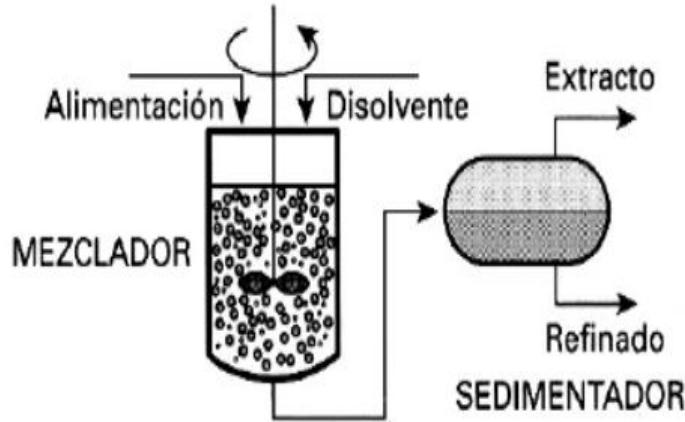
Proceso de deshidratación y desalación de crudo



Extracción líquido-líquido

Equipos empleados

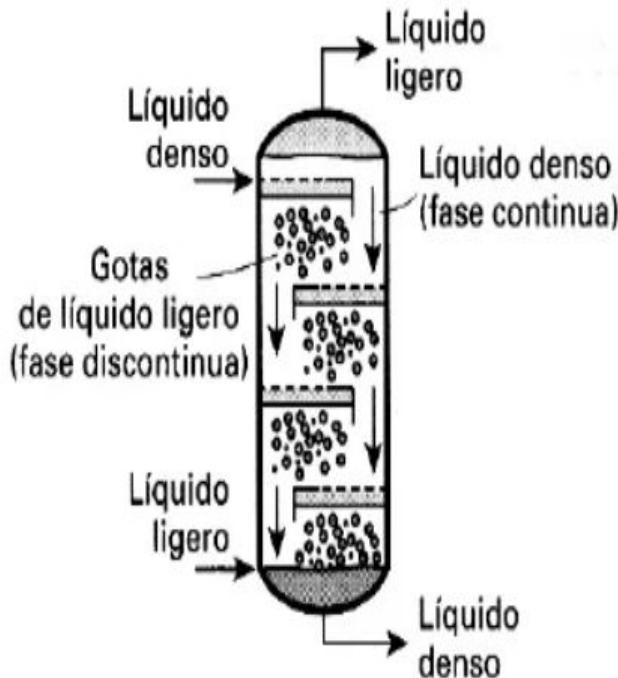
Los métodos de extracción, difieren en la forma de efectuar la mezcla con el solvente y la separación de las fases formadas en cada etapa.



Una etapa

Equipos empleados

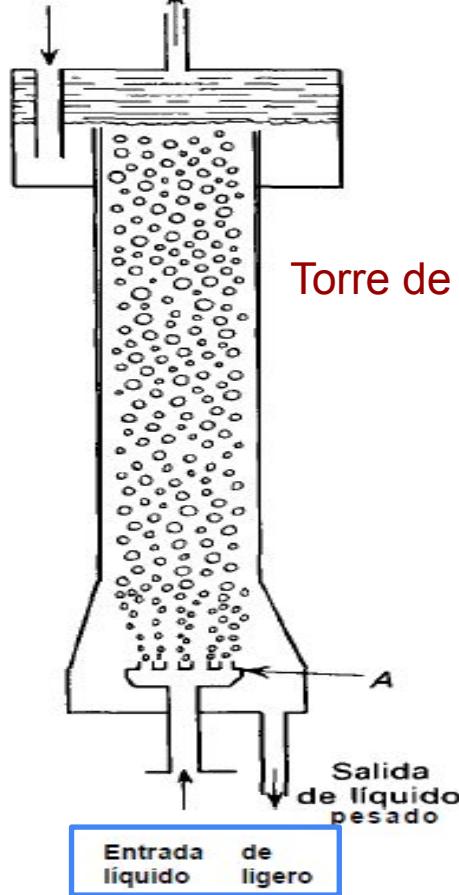
Columnas



Múltiples etapas

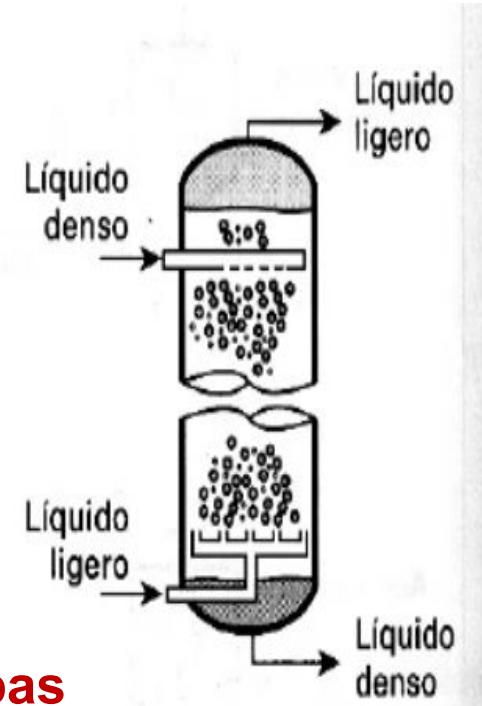
Equipos empleados

Entrada de líquido pesado Salida de líquido ligero



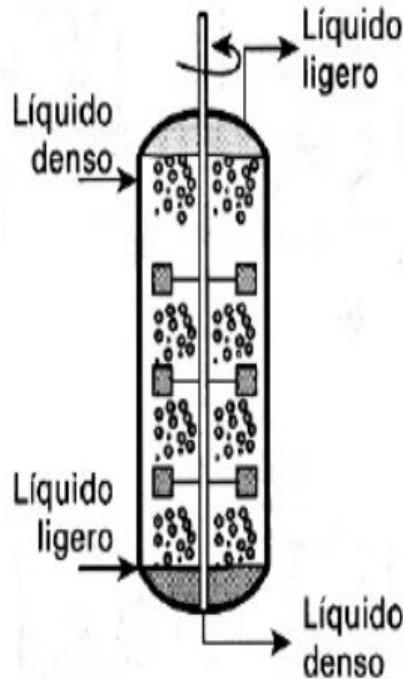
Torre de pulverización

Columnas

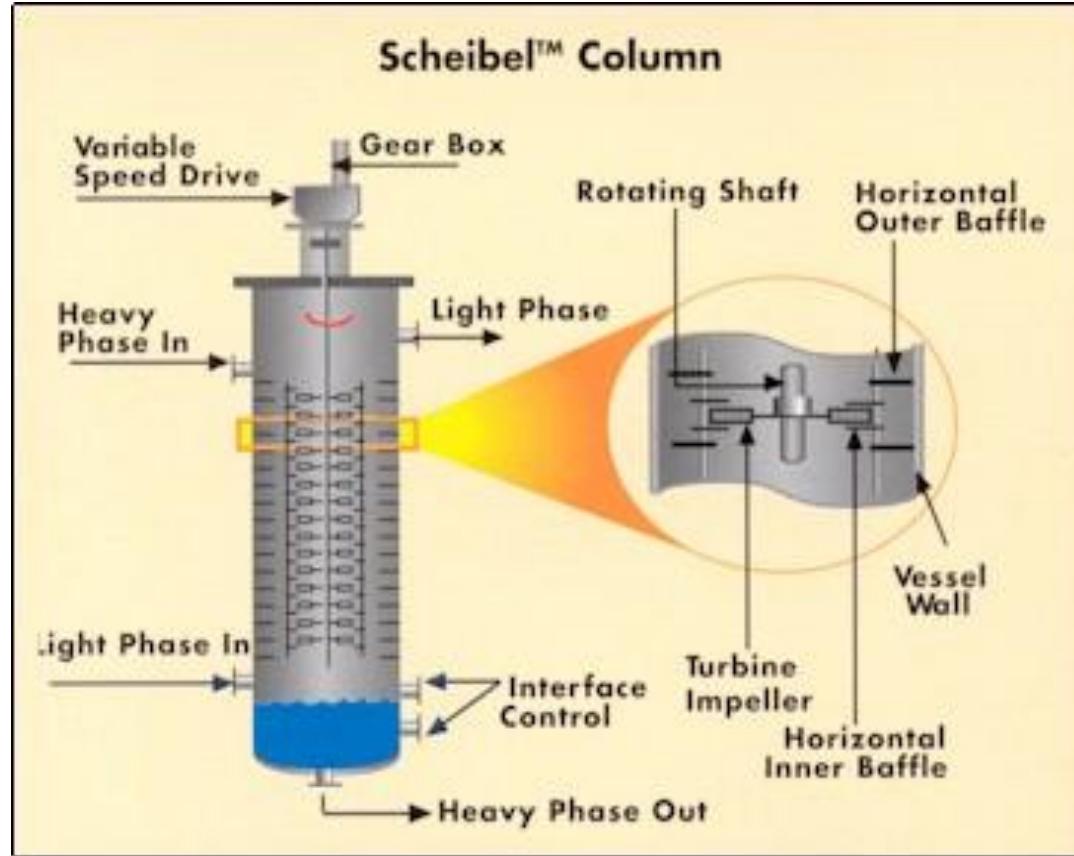


Múltiples etapas

Equipos empleados



Múltiples etapas



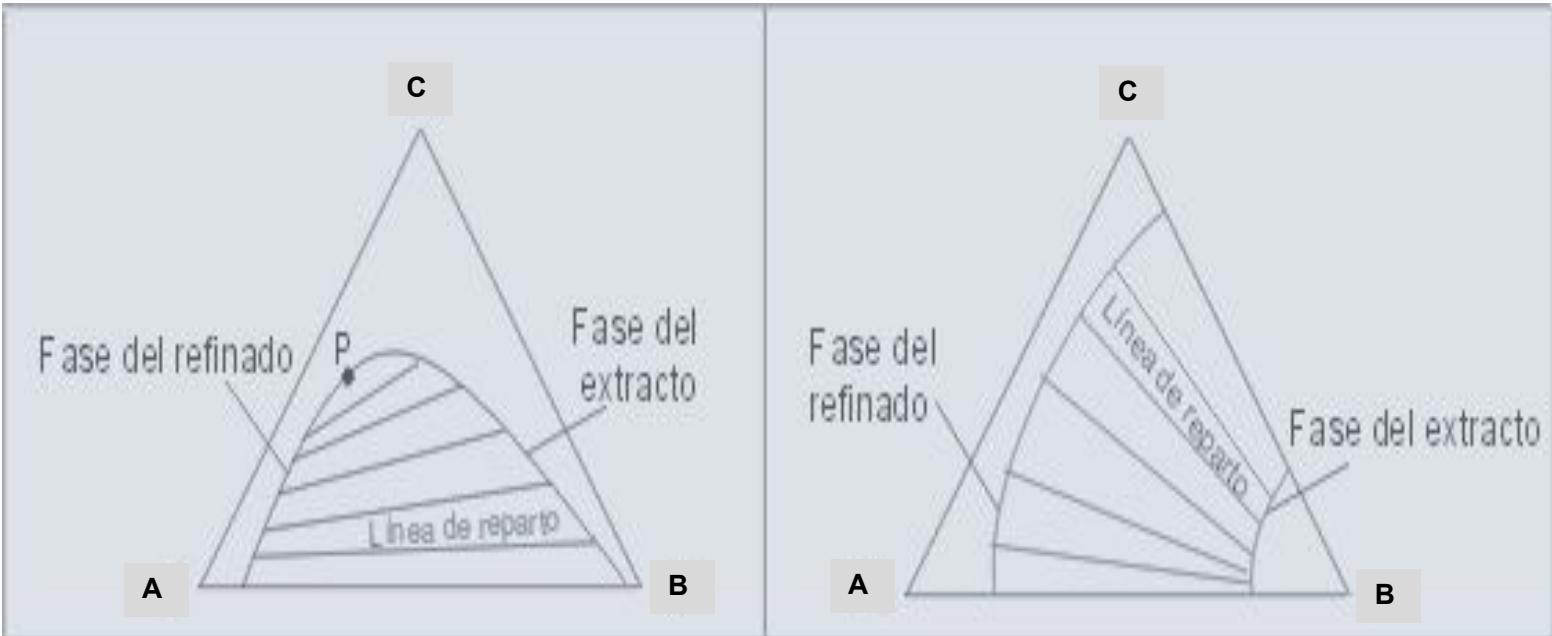
Extracción líquido-líquido

Tipo I

1 par parcialmente miscible

Tipo II

2 pares parcialmente miscibles



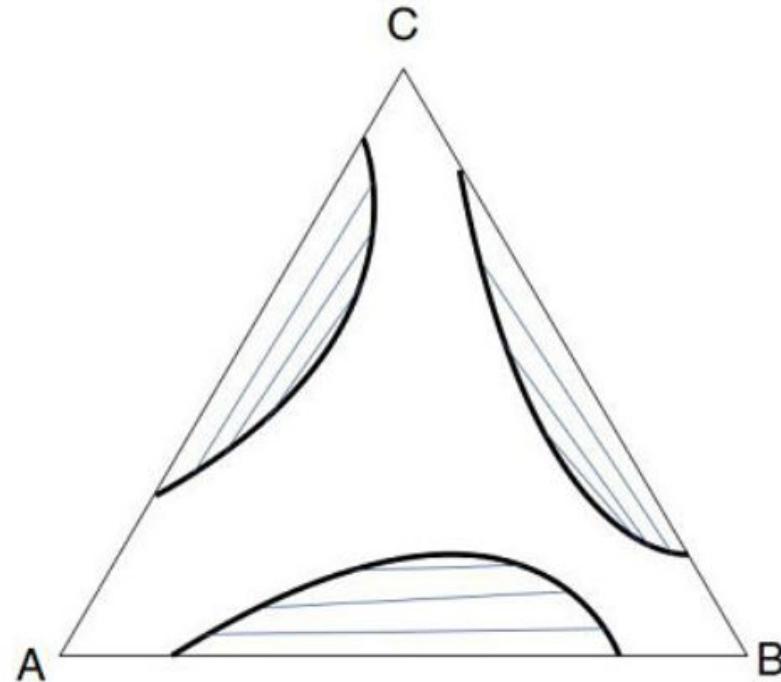
Tipos de equilibrio

Extracción líquido-líquido

Tipo III

3 pares parcialmente miscible

Tipos de equilibrio

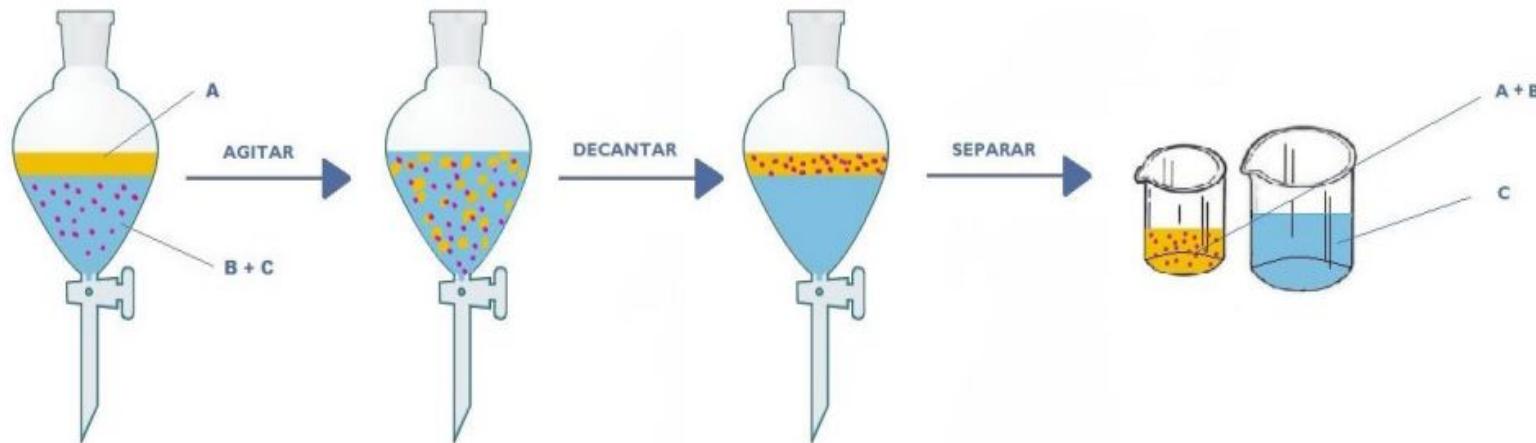


Extracción líquido-líquido

- **Coeficiente de distribución**

$$K_E = x_C^E / x_C^R$$

Deseable que $K_E > 1$



Depende del solvente empleado, del pH del medio, de la composición de la mezcla y de la temperatura de operación.

Extracción líquido-líquido

Wankat

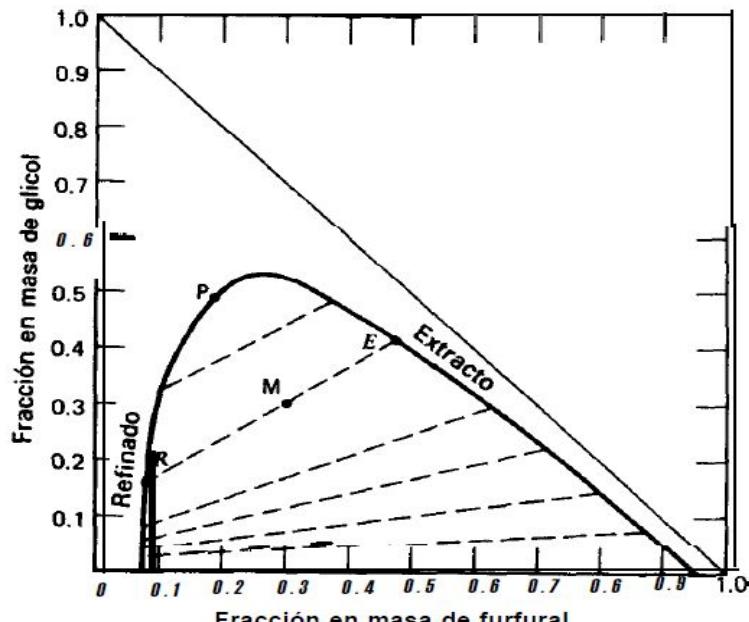
Coeficientes de distribución

Solute (<i>A</i>)	Solvent	Diluent	<i>T, °C</i>	$K_d = y_A/x_A$
<i>Equilibrium in Weight Fraction Units (Perry and Green, 1984)</i>				
Acetic acid	Benzene	Water	25	0.0328
Acetic acid	Benzene	Water	30	0.0984
Acetic acid	Benzene	Water	40	0.1022
Acetic acid	Benzene	Water	50	0.0588
Acetic acid	Benzene	Water	60	0.0637
Acetic acid	1-Butanol	Water	26.7	1.613
Furfural	Methylisobutyl ketone	Water	25	7.10
Ethyl benzene	β, β' -Thiodipropionitrile	n-Hexane	25	0.100
m-Xylene	β, β' -Thiodipropionitrile	n-Hexane	25	0.050
o-Xylene	β, β' -Thiodipropionitrile	n-Hexane	25	0.150
p-Xylene	β, β' -Thiodipropionitrile	n-Hexane	25	0.080
<i>Equilibrium in Mass Ratio Units (Brian, 1972)</i>				
Linoleic acid ($C_{17}H_{31}COOH$)	Heptane	Methylcellosolve + 10 vol % water	2.17	
Abietic acid ($C_{19}H_{29}COOH$)	Heptane	Methylcellosolve + 10 vol % water	1.57	
Oleic acid	Heptane	Methylcellosolve + 10 vol % water	4.14	

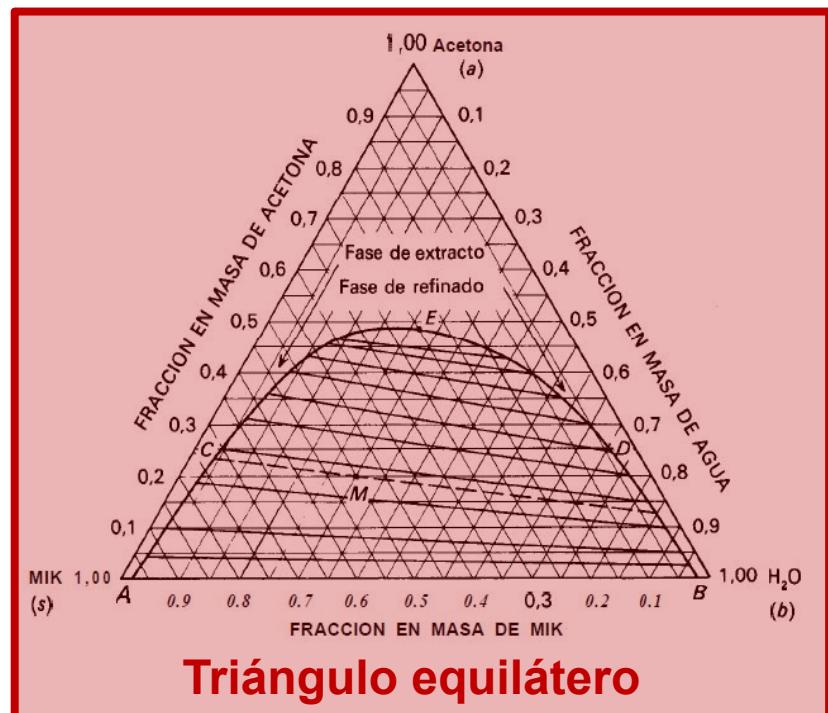
Extracción líquido-líquido

Representación gráfica del sistema ternario

Los datos de equilibrio han de determinarse experimentalmente y deben representarse en gráficas adecuadas



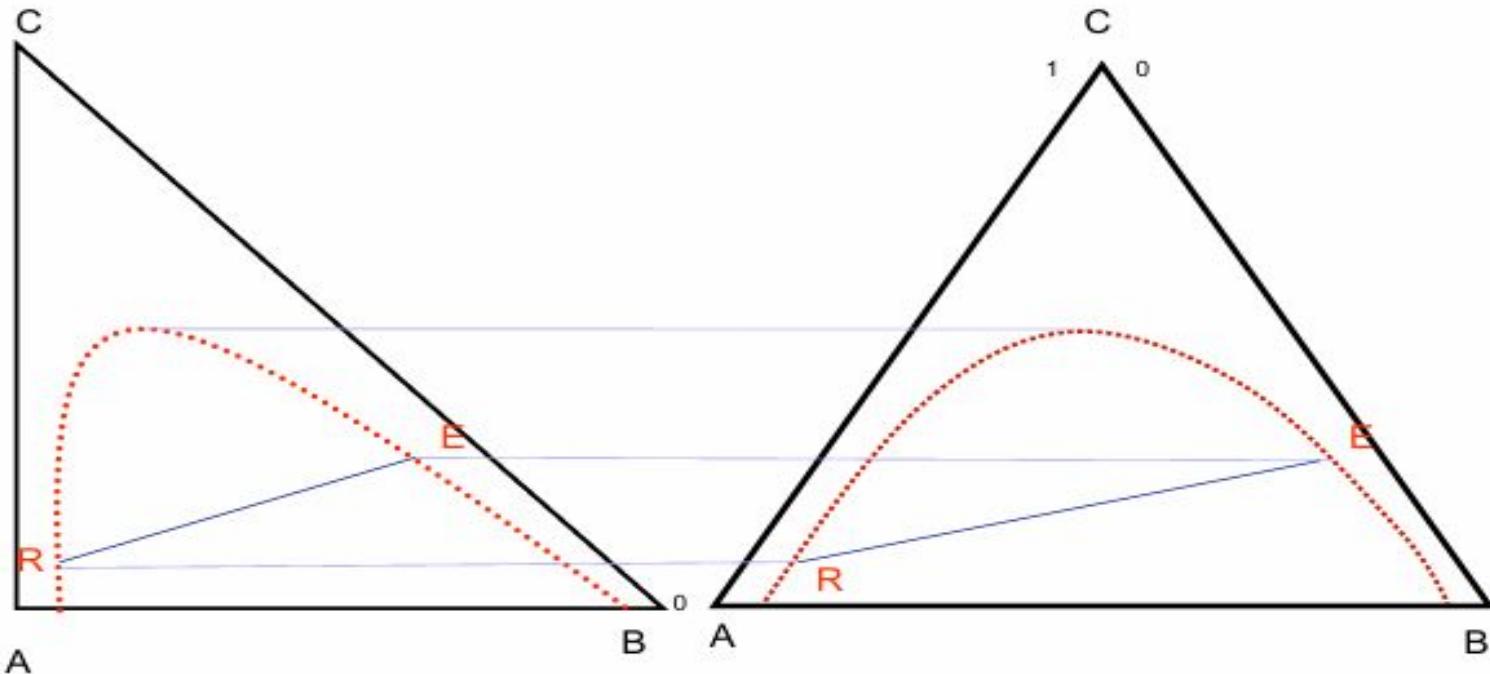
Triángulo rectángulo



Triángulo equilátero

Extracción líquido-líquido

Representación gráfica del sistema ternario



Extracción líquido-líquido

Representación gráfica del sistema ternario

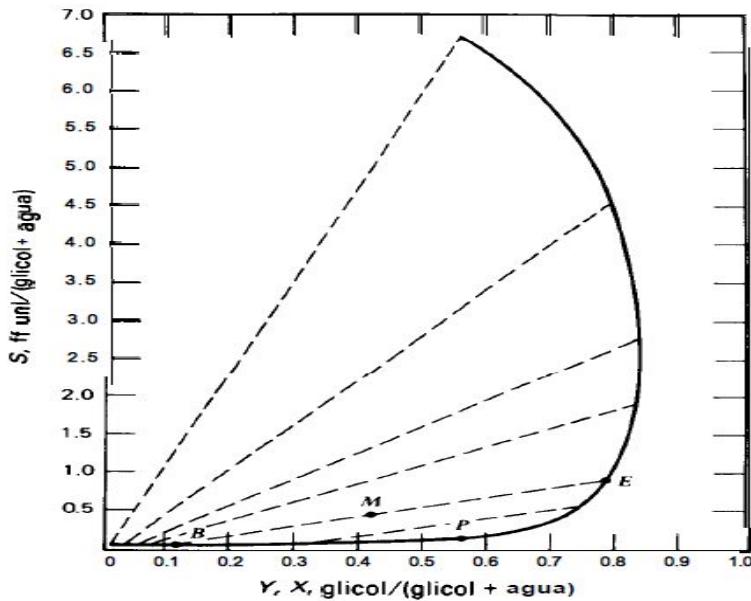


Diagrama de disolvente (Janecke)

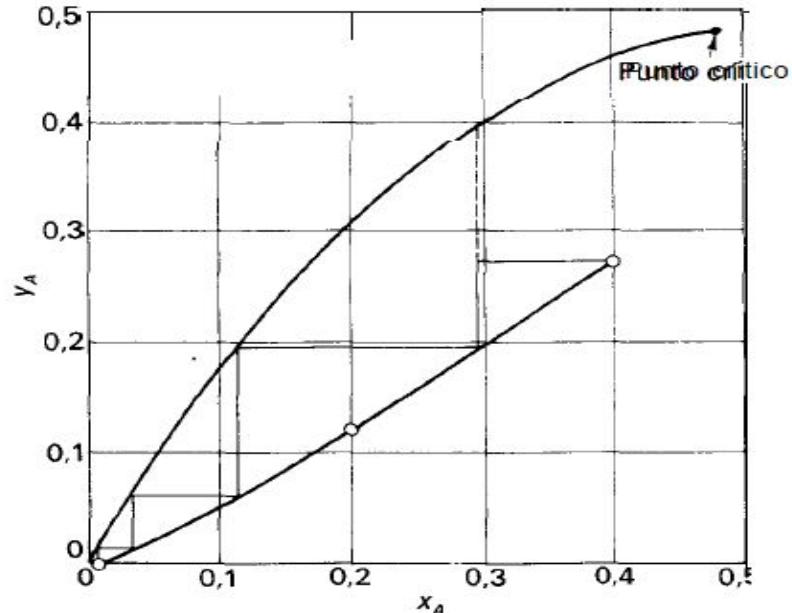
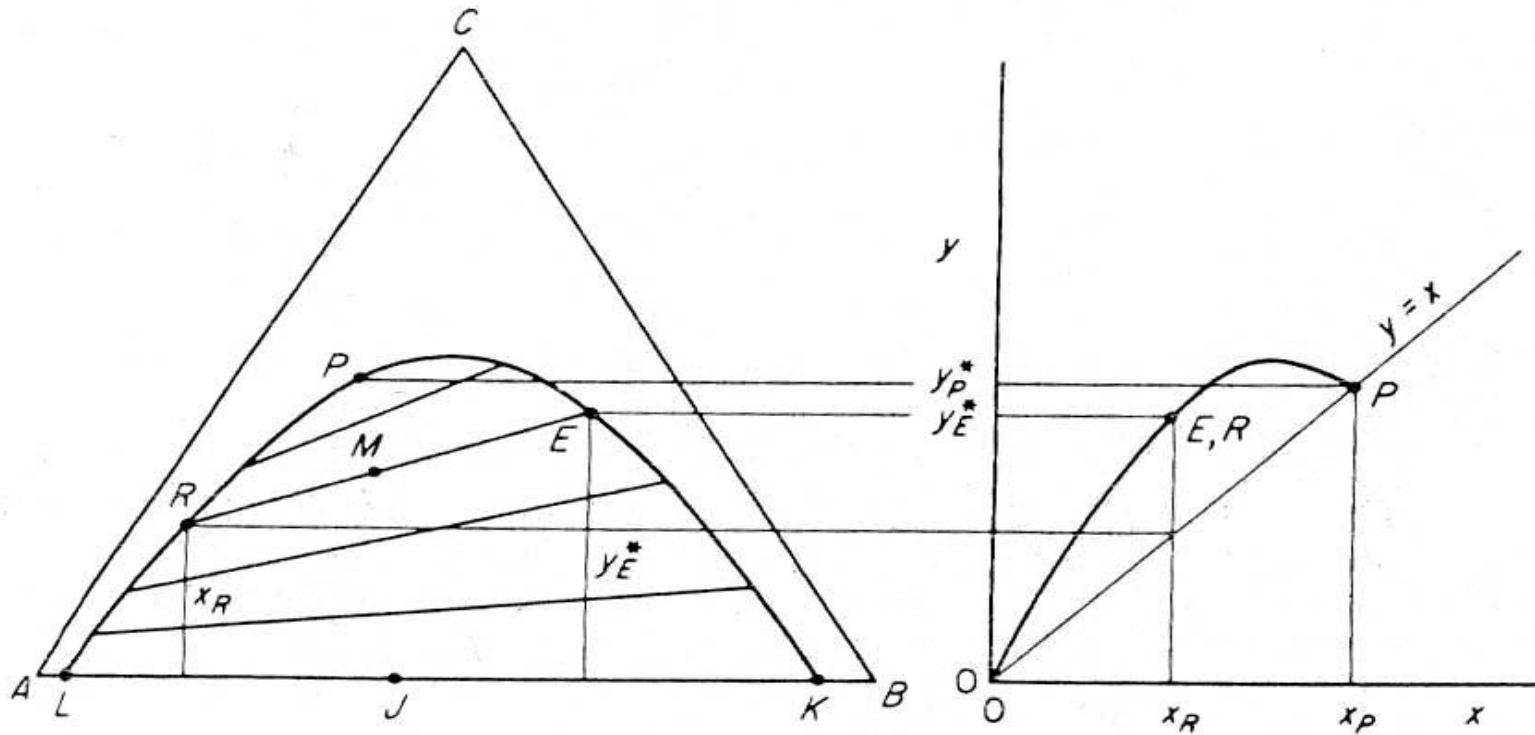


Diagrama de distribución de equilibrio

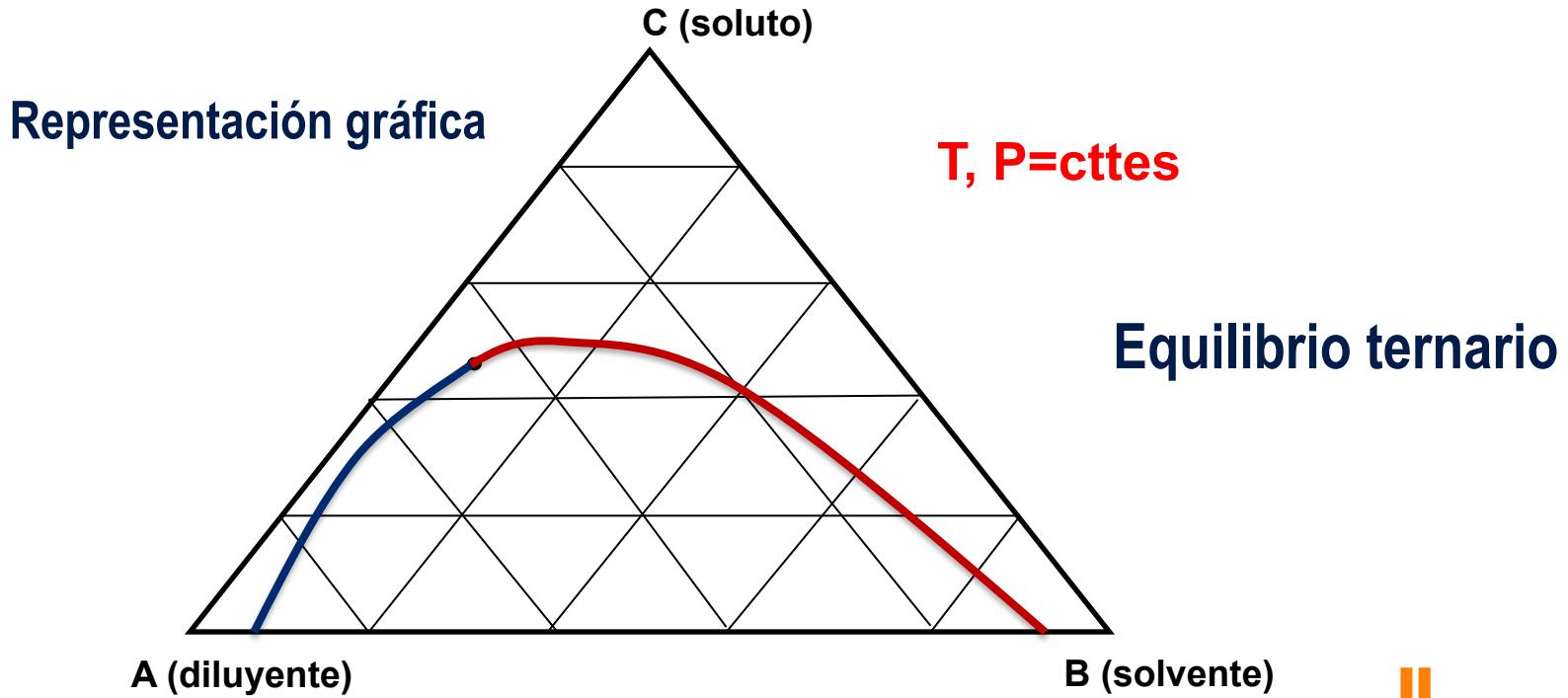
Extracción líquido-líquido

Representación gráfica del sistema ternario



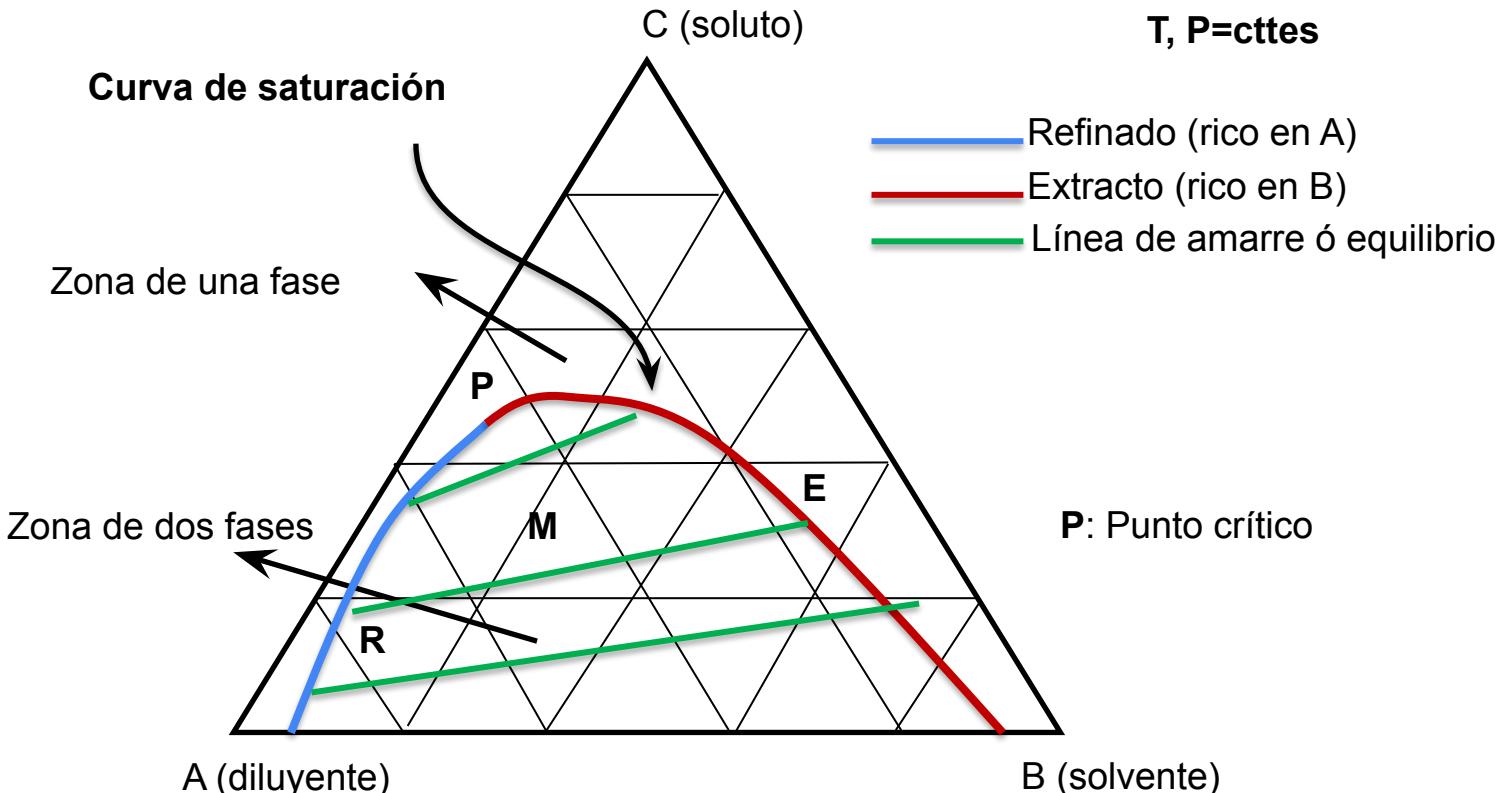
Extracción líquido-líquido

La extracción supone el uso de sistemas compuestos por tres sustancias



Extracción líquido-líquido

Curva de saturación y líneas de amarre



Extracción líquido-líquido

- **Curva de saturación**

Es la línea representada en el gráfico, que indica el equilibrio entre las dos fases originadas.

- **Zona de una fase**

Es la zona del gráfico donde independientemente de la mezcla de los tres componentes A, B y C, sólo se obtiene una mezcla en fase homogénea. Se encuentra ubicada por encima de la curva de saturación.

- **Zona de dos fases**

Es la zona del gráfico donde independientemente de la mezcla de los tres componentes A, B y C, se obtienen dos fases (mezcla heterogénea). Se encuentra ubicada por debajo de la curva de saturación. En esta área se presentan los equilibrios entre las dos fases generadas (extracto y refinado).

- **Punto de pliegue**

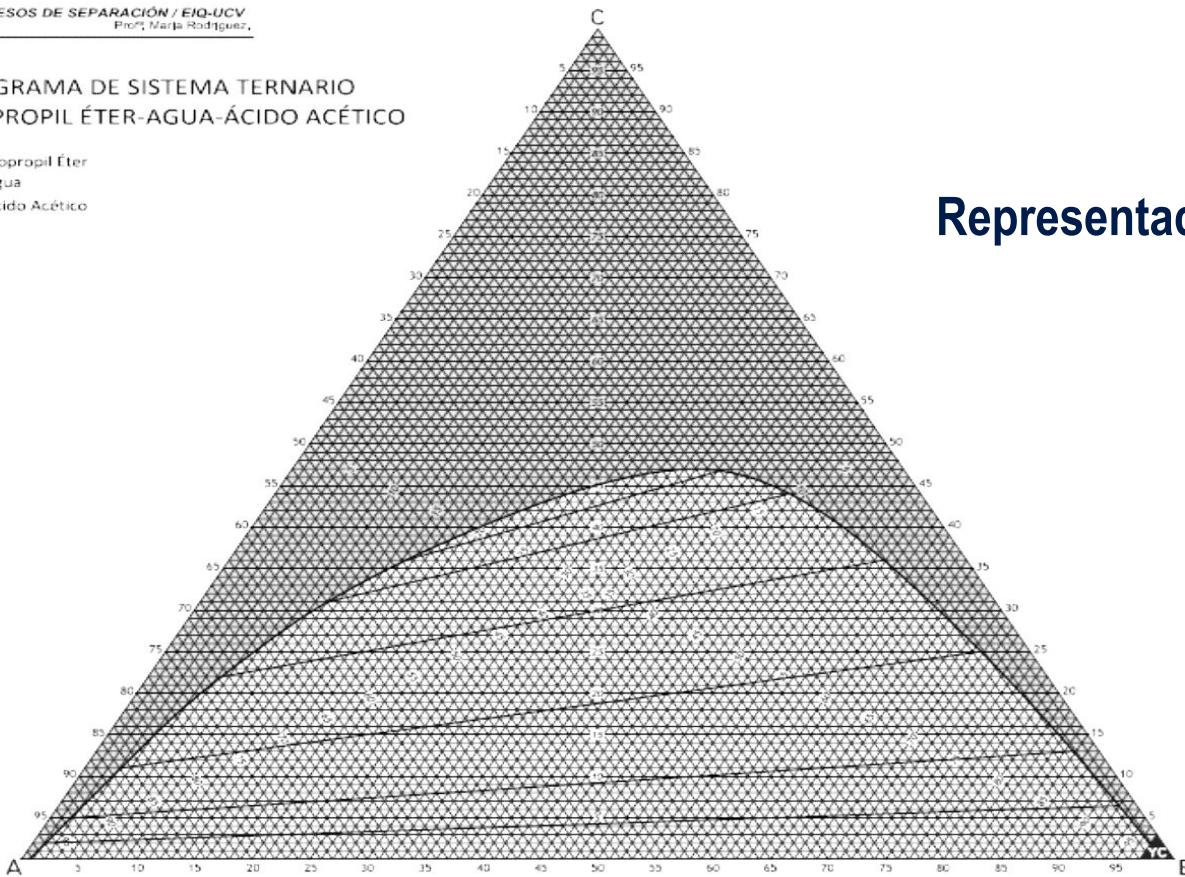
Punto donde coinciden el extracto y el refinado.

Extracción líquido-líquido

PROCESOS DE SEPARACIÓN / EJO-UCV
Prof. María Rodríguez.

DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO
ISOPROPIL ÉTER-AGUA-ÁCIDO ACÉTICO

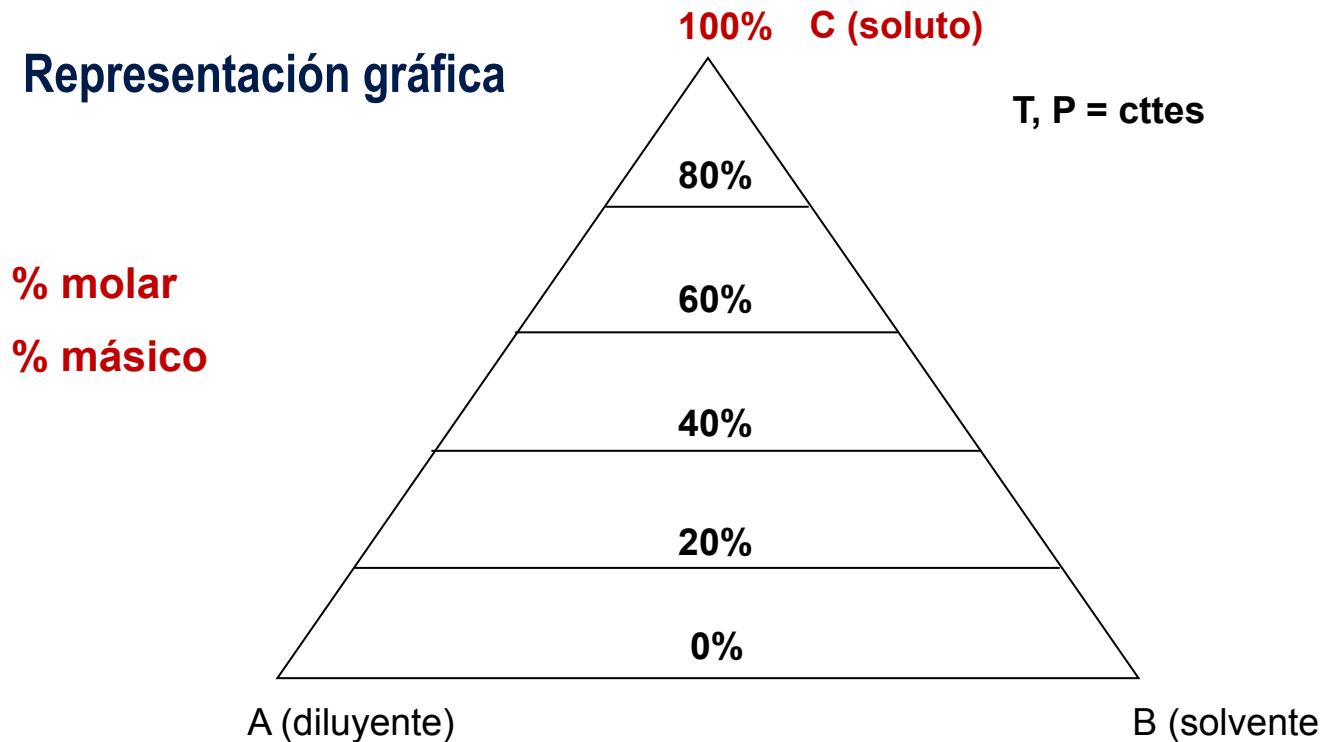
- A = Isopropil Éter
- B = Agua
- C = Ácido Acético



Representación gráfica

Extracción líquido-líquido

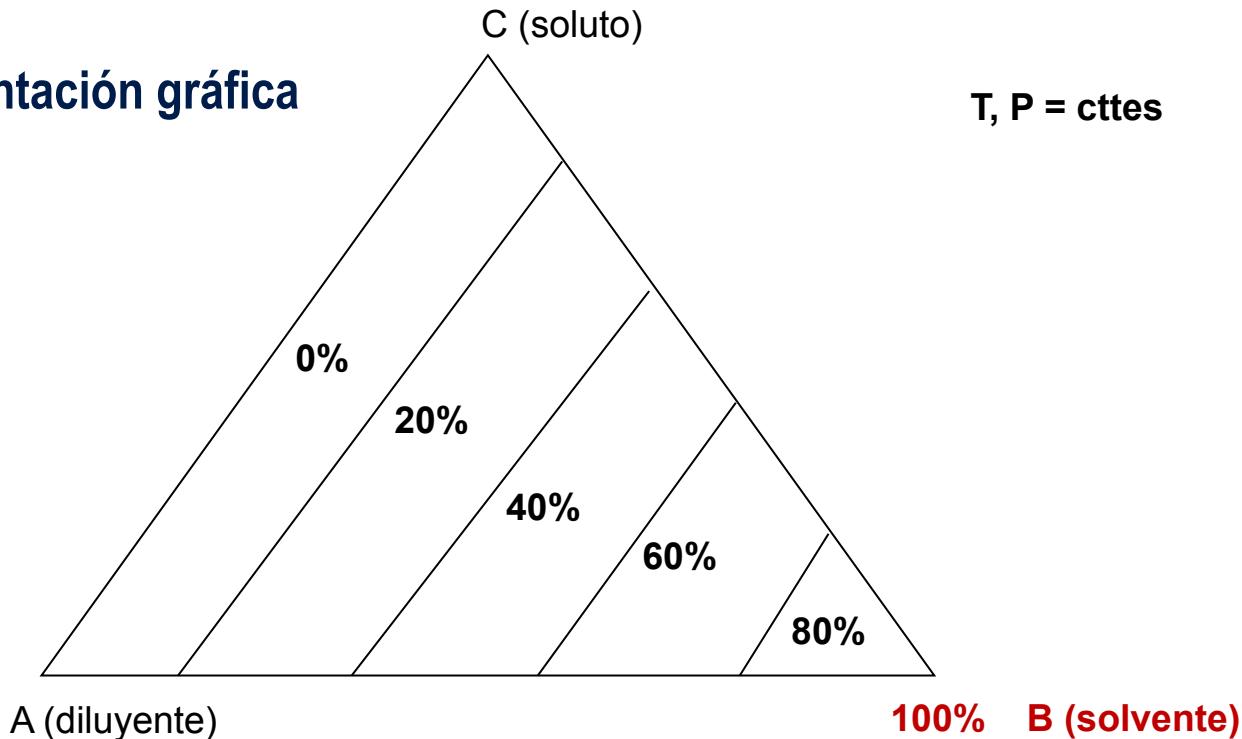
Representación gráfica



Extracción líquido-líquido

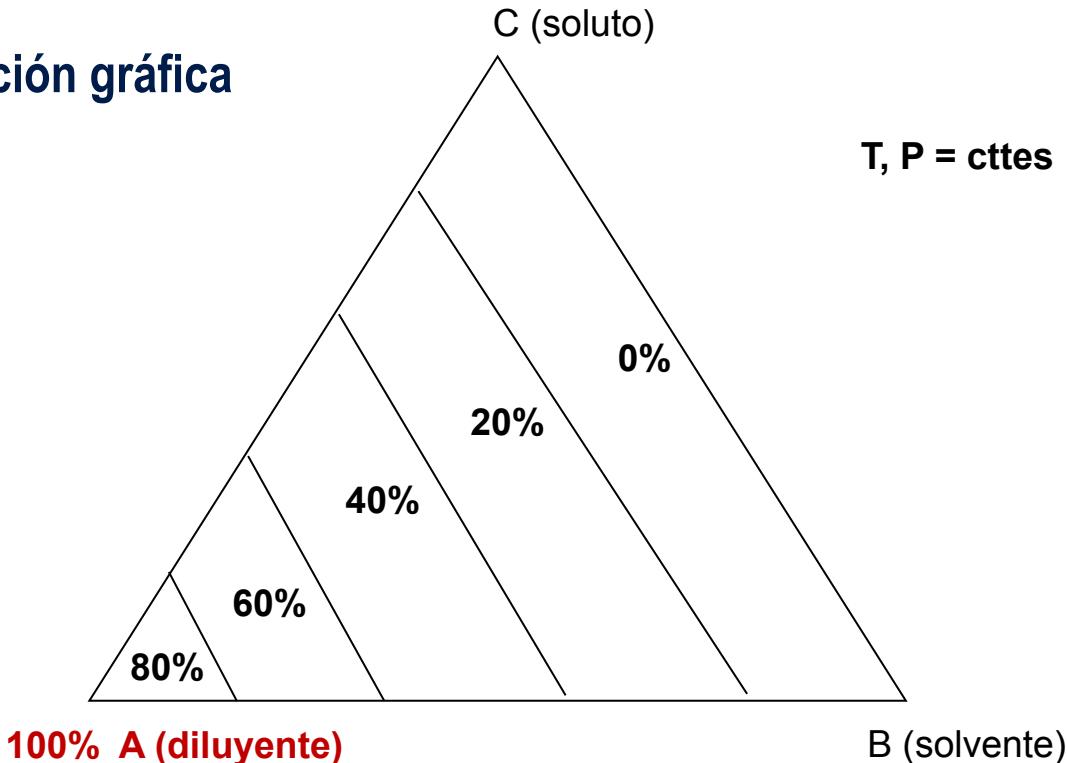
Representación gráfica

T, P = cttes



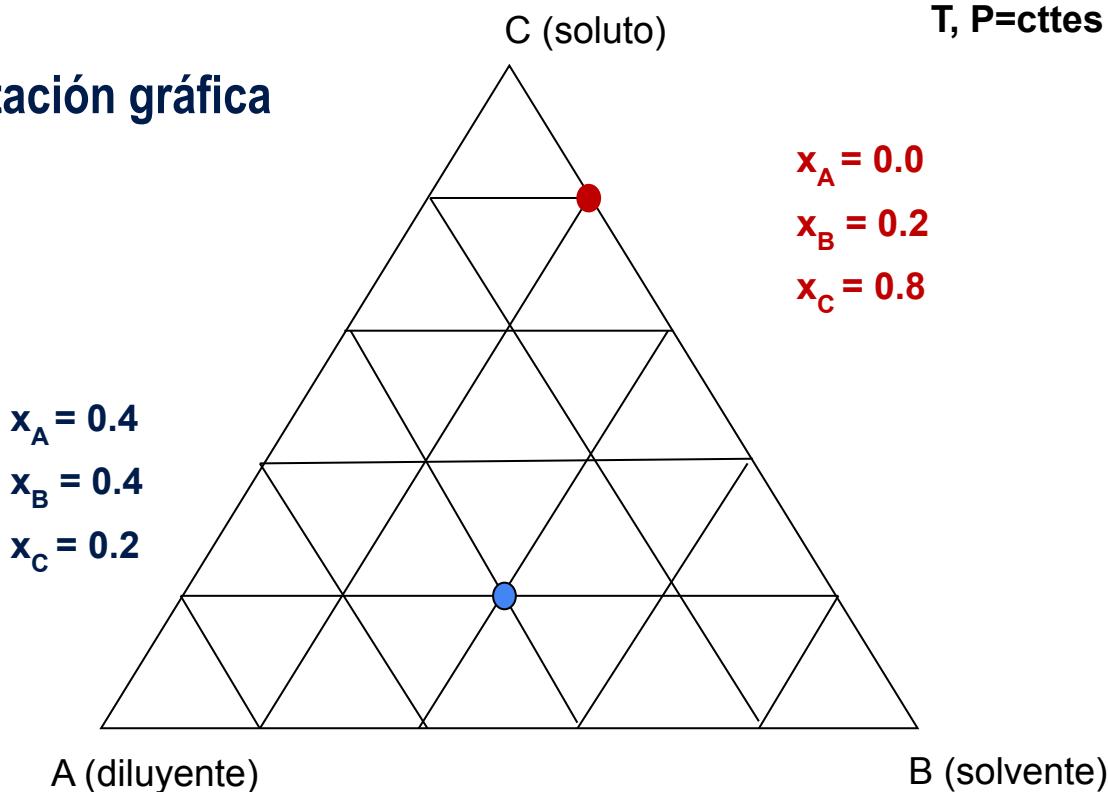
Extracción líquido-líquido

Representación gráfica



Extracción líquido-líquido

Representación gráfica



Extracción líquido-líquido

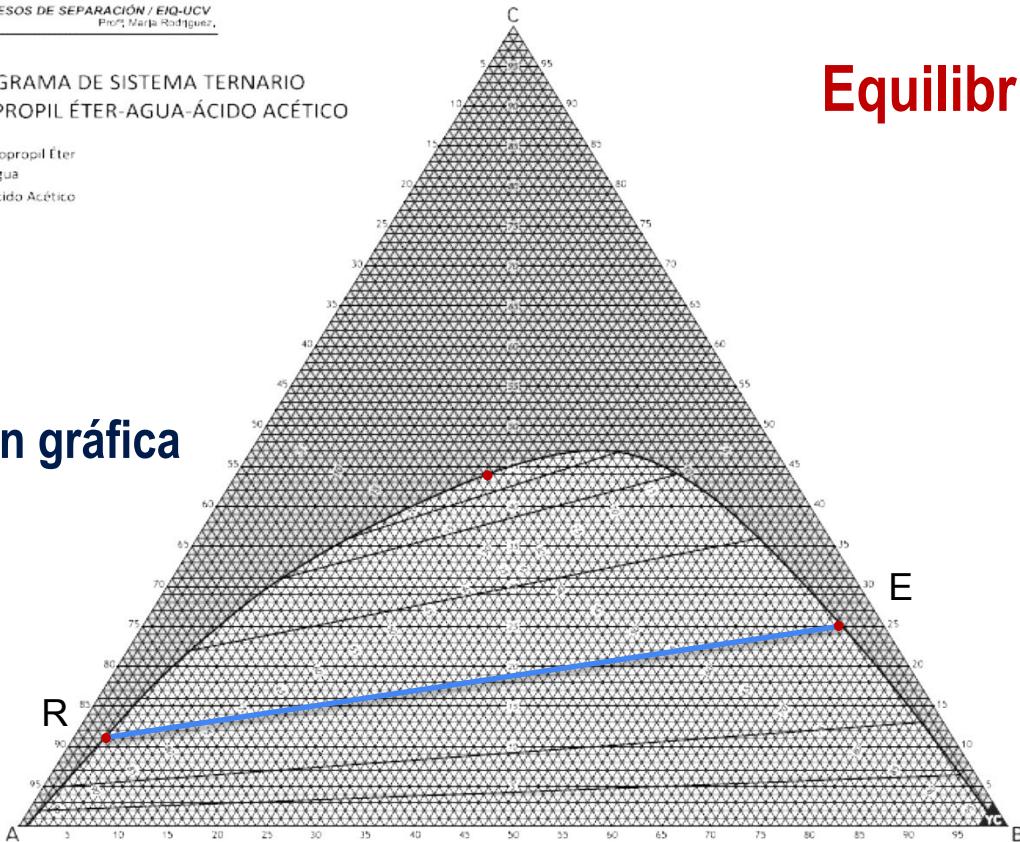
PROCESOS DE SEPARACIÓN / EIQ-UCV
Profe. María Rodríguez.

DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO
ISOPROPIL ÉTER-AGUA-ÁCIDO ACÉTICO

A = Isopropil Éter
B = Agua
C = Ácido Acético

Equilibrio ternario

Representación gráfica



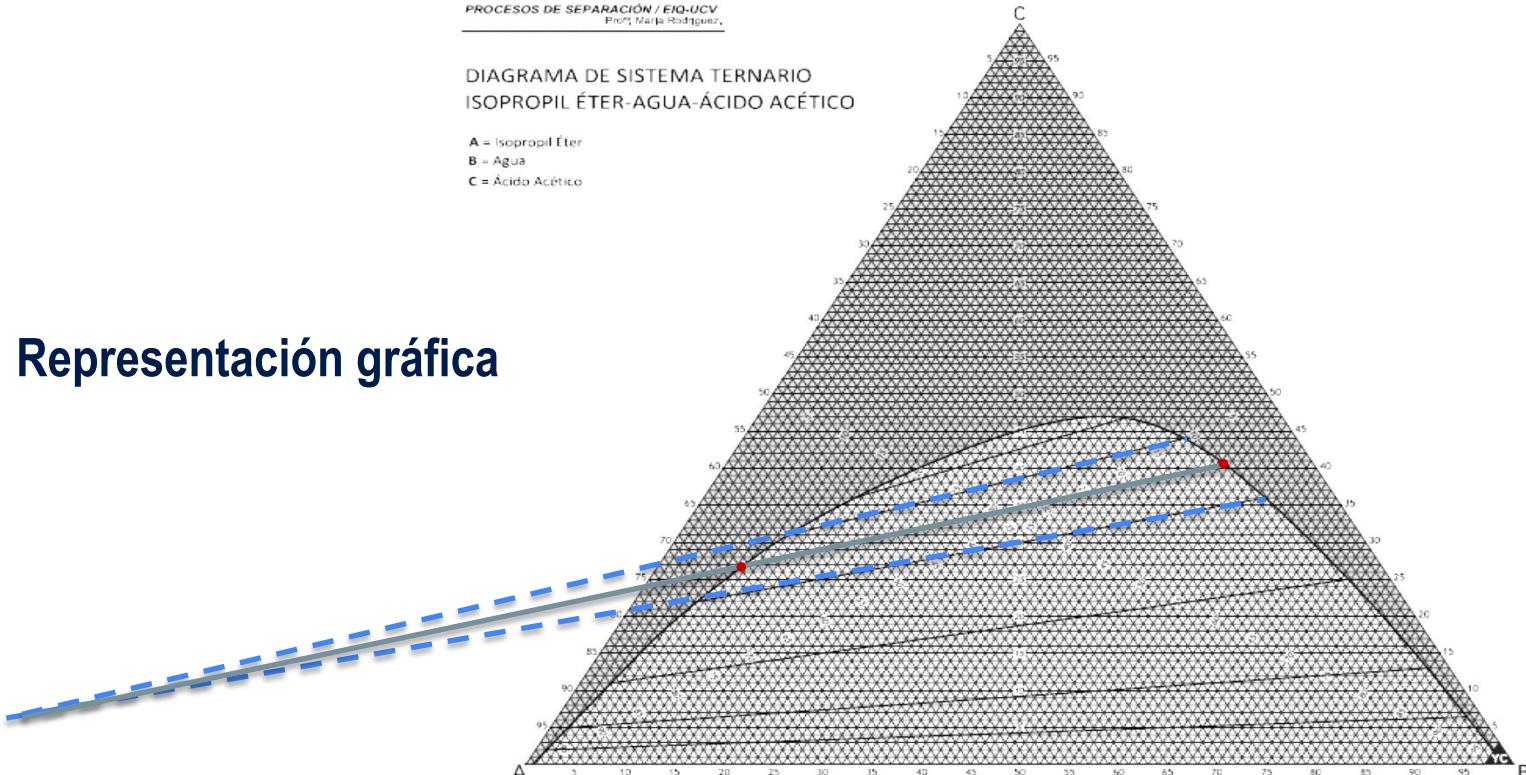
Extracción líquido-líquido

PROCESOS DE SEPARACIÓN / EIQ-UCV
Prof. María Rodríguez.

DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO
ISOPROPIL ÉTER-AGUA-ÁCIDO ACÉTICO

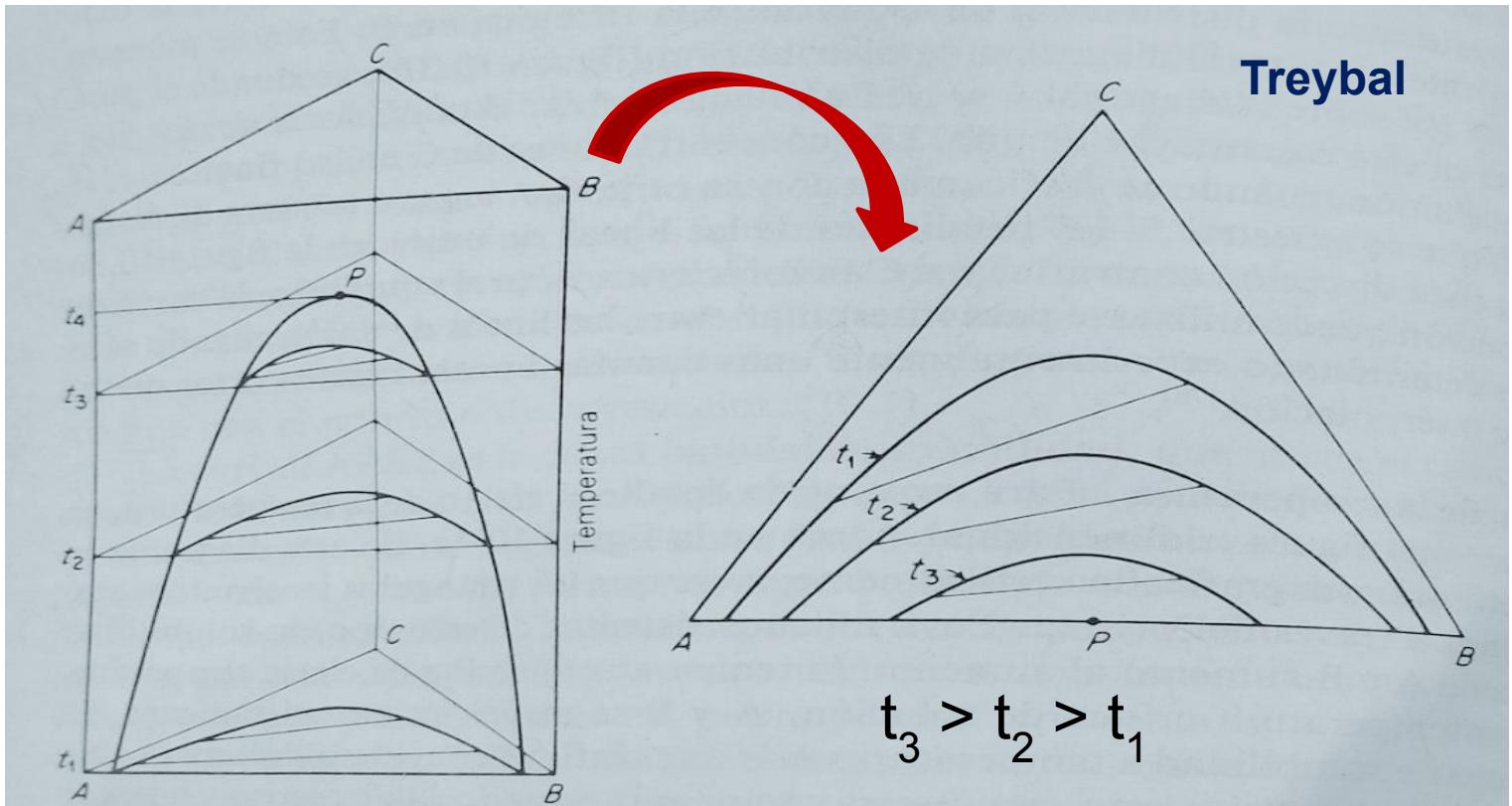
- A = Isopropil Éter
- B = Agua
- C = Ácido Acético

Representación gráfica



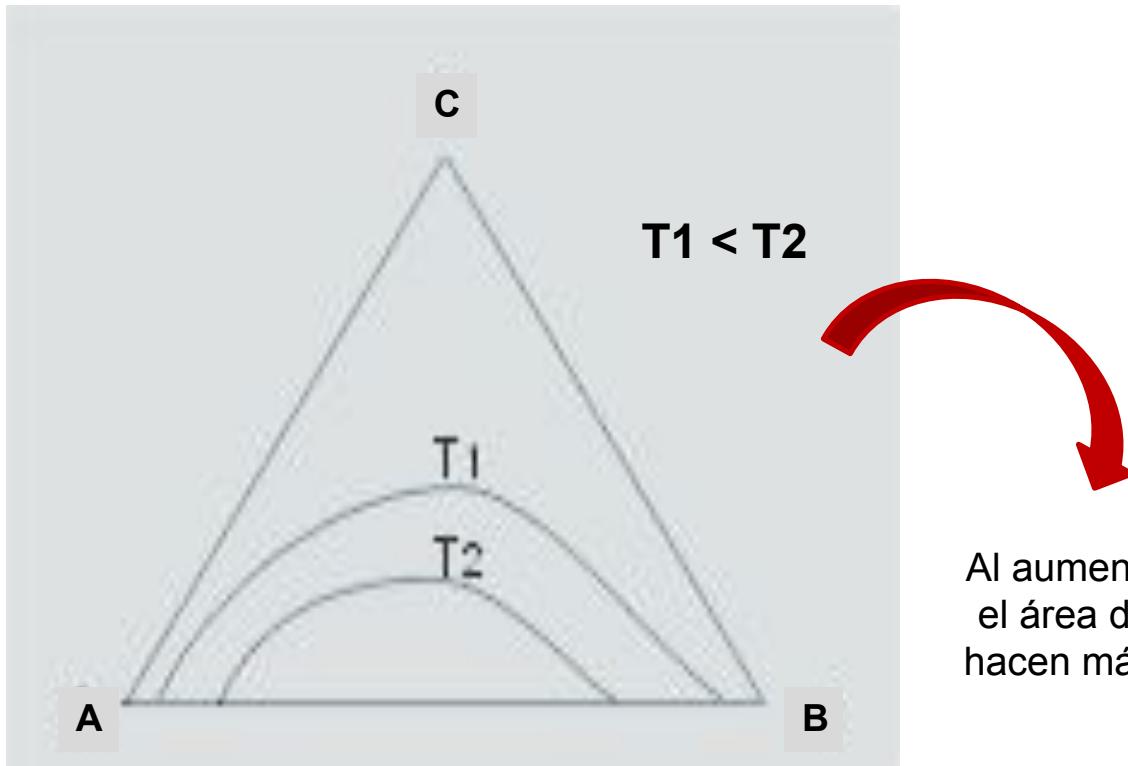
Extracción líquido-líquido

Efecto de la temperatura



Extracción líquido-líquido

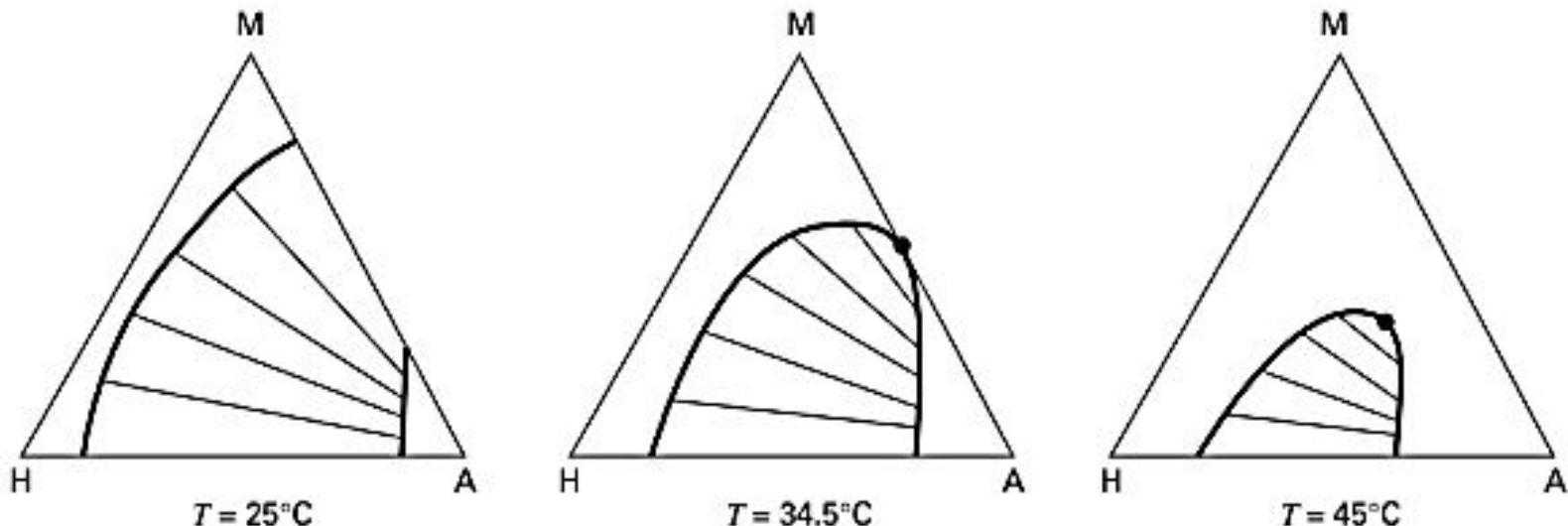
Efecto de la temperatura



Al aumentar la temperatura decrece el área de dos fases, por lo que se hacen más miscibles las fases A y B

Extracción líquido-líquido

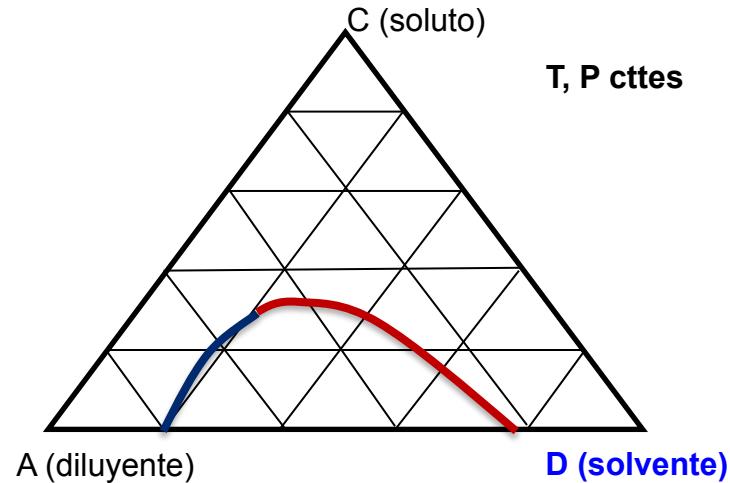
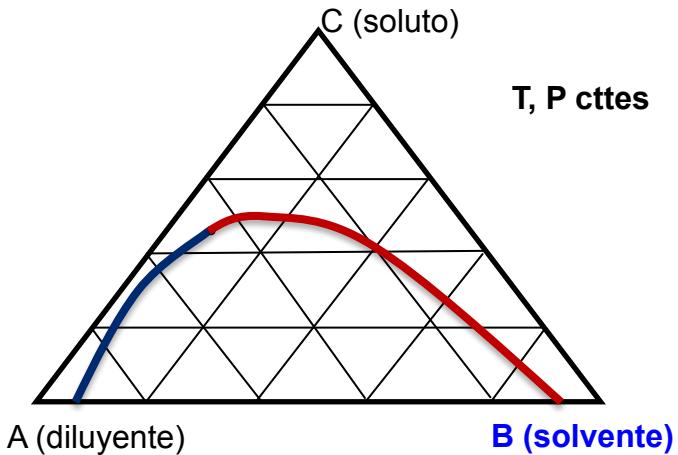
Efecto de la temperatura



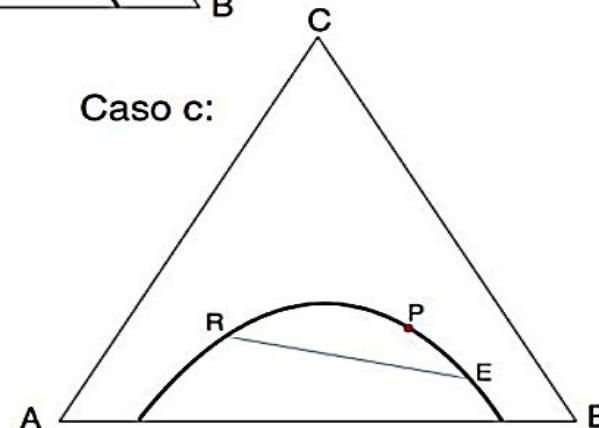
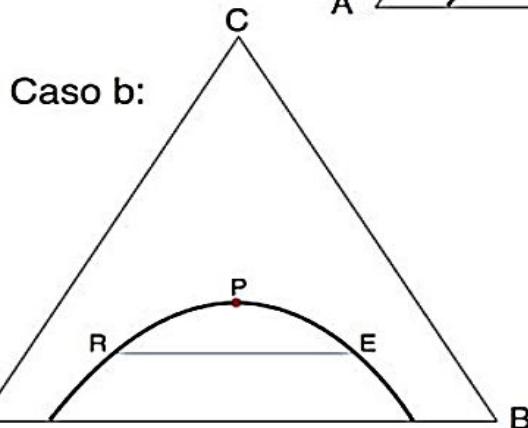
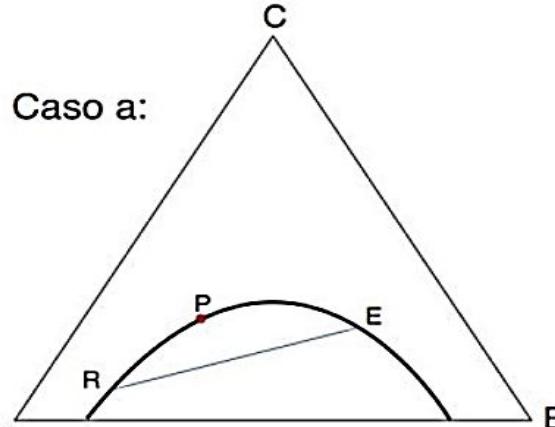
Efecto de la temperatura en la solubilidad del sistema n-hexano (H)-metilciclopentano (M)-anilina (A)

Extracción líquido-líquido

Efecto del cambio de solvente



Extracción líquido-líquido



Diferentes casos de curva binodal

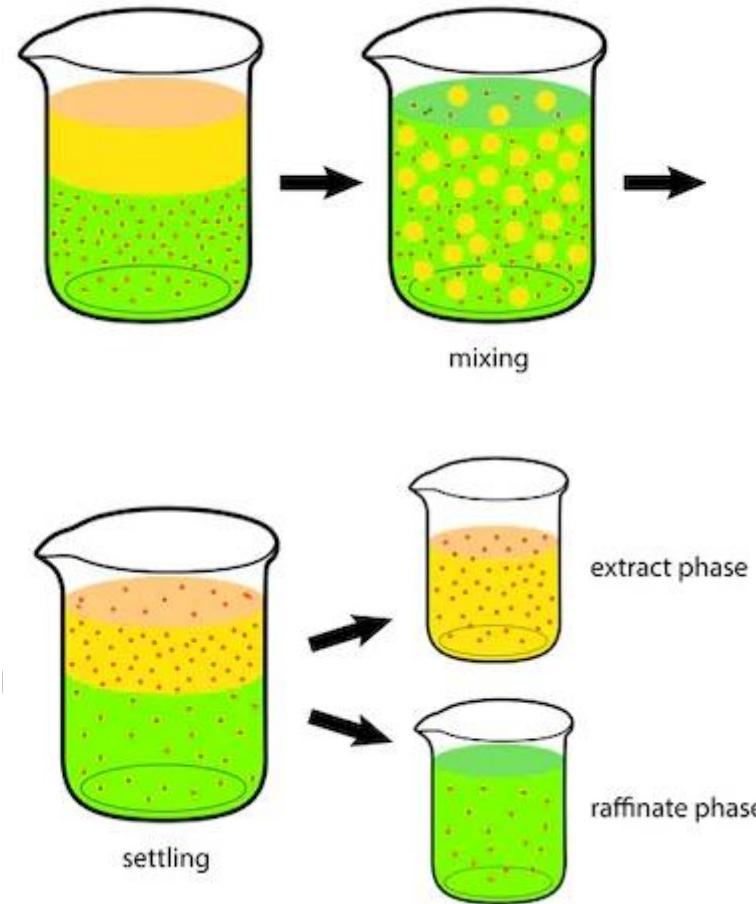
TEMA I

EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

1.3. Criterios de selección del solvente.

Diagrama de selectividad.

1.4. Extracción por contacto discontinuo:
extracción en una sola etapa y extracción
en múltiples etapas en serie en corriente
directa. Representación gráfica, elección
de la relación solvente/carga, solvente
máximo y mínimo.



Selección del solvente

1. *No tóxico*
2. *Económico*
3. *Fácilmente recuperable*
4. *Relativamente inmiscible con los componentes de la alimentación diferentes del soluto*
5. *Poseer diferente densidad, facilidad de separación*
6. *Gran afinidad hacia el soluto, (solubilidad del soluto en el solvente)*
7. *Poseer un coeficiente de distribución del soluto entre las fases mayor a uno*
8. *Alta estabilidad, no inflamable, no reactivo (inerte químicamente)*



La clave de un proceso eficaz reside en la posibilidad de disponer de un solvente adecuado.

Selección del solvente



- **Selectividad β**

Efectividad del solvente B para separar los componentes de una solución (A-C).

$$\beta = \frac{\begin{pmatrix} x_C^E \\ x_A^E \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} x_C^R \\ x_A^R \end{pmatrix}} = \begin{pmatrix} x_C^E \\ x_C^R \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x_A^R \\ x_A^E \end{pmatrix}$$

$\beta > 1$

- **Coeficiente de distribución**

$$K_E = x_C^E / x_C^R$$

Es deseable que $K_E > 1$

- **Insolubilidad del solvente**

El solvente debe ser insoluble en el diluyente (inmiscible).



- **Tensión superficial.**

Alta, facilidad de separación de las dos fases.

- **Viscosidad y presión de vapor.**

Deben ser bajas. Facilidad de manejo y almacenamiento. Evitar pérdidas.

La extracción puede utilizarse para separar más de dos componentes, por lo que en algunas aplicaciones se requiere una mezcla de solventes.

Extracción líquido-líquido

Parámetro de solubilidad

$$\delta = \left(\frac{\Delta E}{V} \right)^{1/2} = \left(\frac{\Delta H - RT}{M/\rho} \right)^{1/2}$$

↑ Energía latente de vaporización
↓ Volumen molar

Método para seleccionar el solvente con alta selectividad.

Permite estimar rápidamente la miscibilidad entre dos compuestos líquidos.

Si los valores son cercanos, los compuestos son miscibles.

Es una propiedad de los componentes puros.

Se puede calcular o ubicar en tablas.



Parámetros de solubilidad		
Sustancias	δ	δ (SI)
n-Pentano	7,0	14,4
n-hexano	7,24	14,9
n-pentano	7,4	
Dietil Éter	7,62	15,4
Acetato de etilo	9,1	18,2
Cloroformo	9,21	18,7
Diclorometano	9,93	20,2
Acetona	9,77	19,7
2-propanol	11,6	23,8
Etanol	12,9	26,2
Metanol	14,5	
Benceno	9,15	26,2
PTFE	6,2	
Polietileno	7,9	
Polipropileno	8,2	16,6
Poliestireno	9,13	
Poli(óxido de fenileno)	9,15	
PVC	9,5	19,5
PET	10,1	20,5
Nailon 6,6	13,7	28
Poliacrilonitrilo	15,4	
Polimetilmetacrilato	9,3	19,0
Hidroxietilmetacrilato	25-26*	
poli(HEMA)	26,9*	
Etilenglicol	29,9	

Extracción líquido-líquido

Parámetro de solubilidad

agua: 23,4

etanol: 12,9

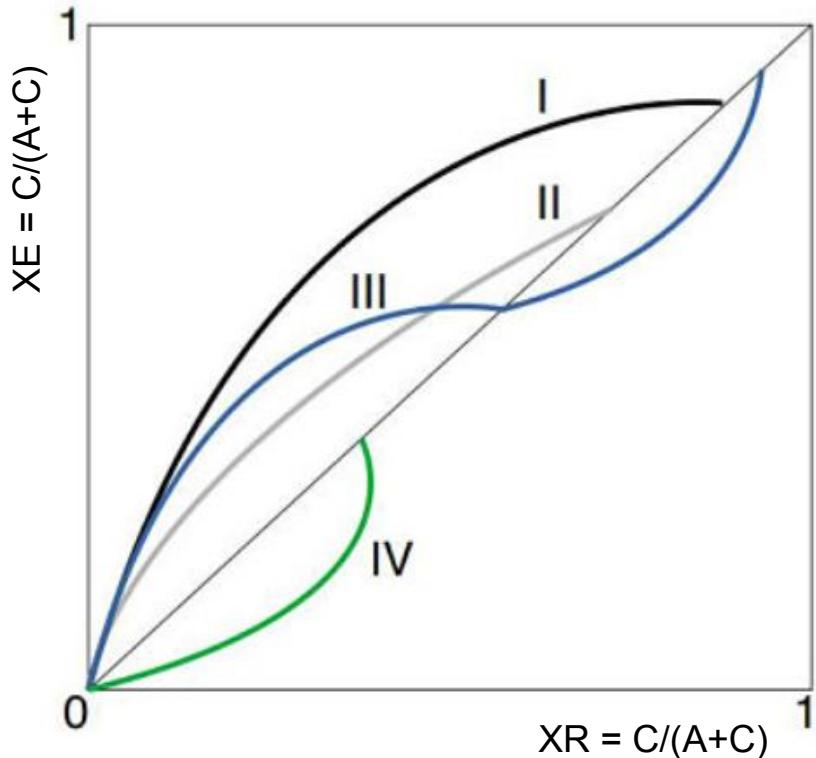
benceno: 9,2



Mezcla miscible: agua-etanol, etanol benceno

Mezcla inmiscible: agua-benceno

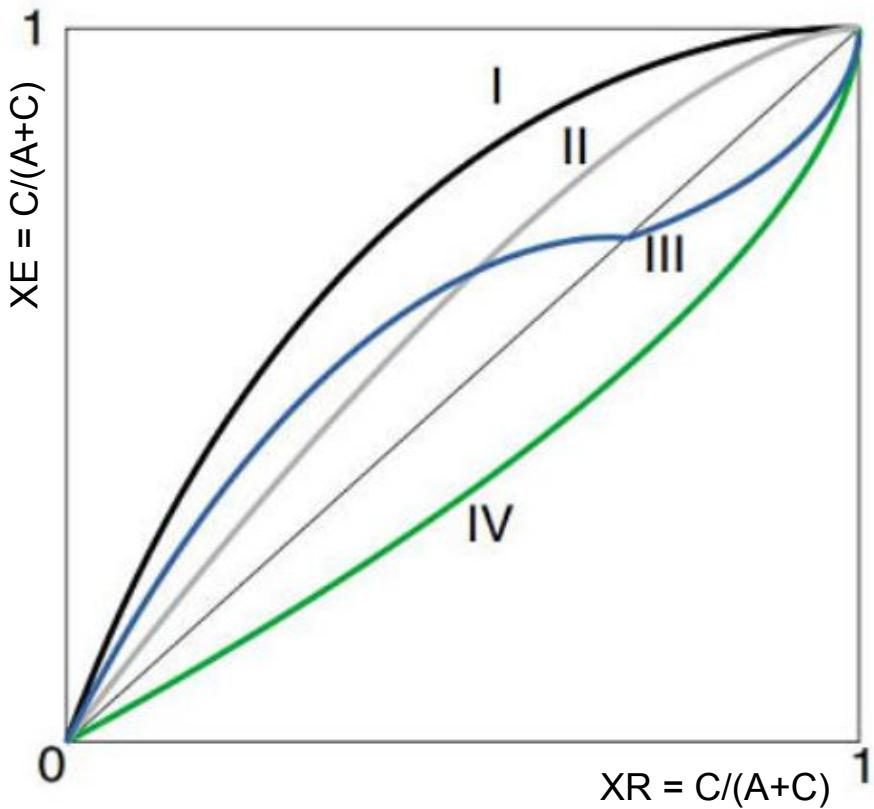
Diagrama de selectividad



La selectividad es el factor más importante a considerar en la elección del disolvente.

Variar con la concentración y la temperatura.

Diagrama de selectividad



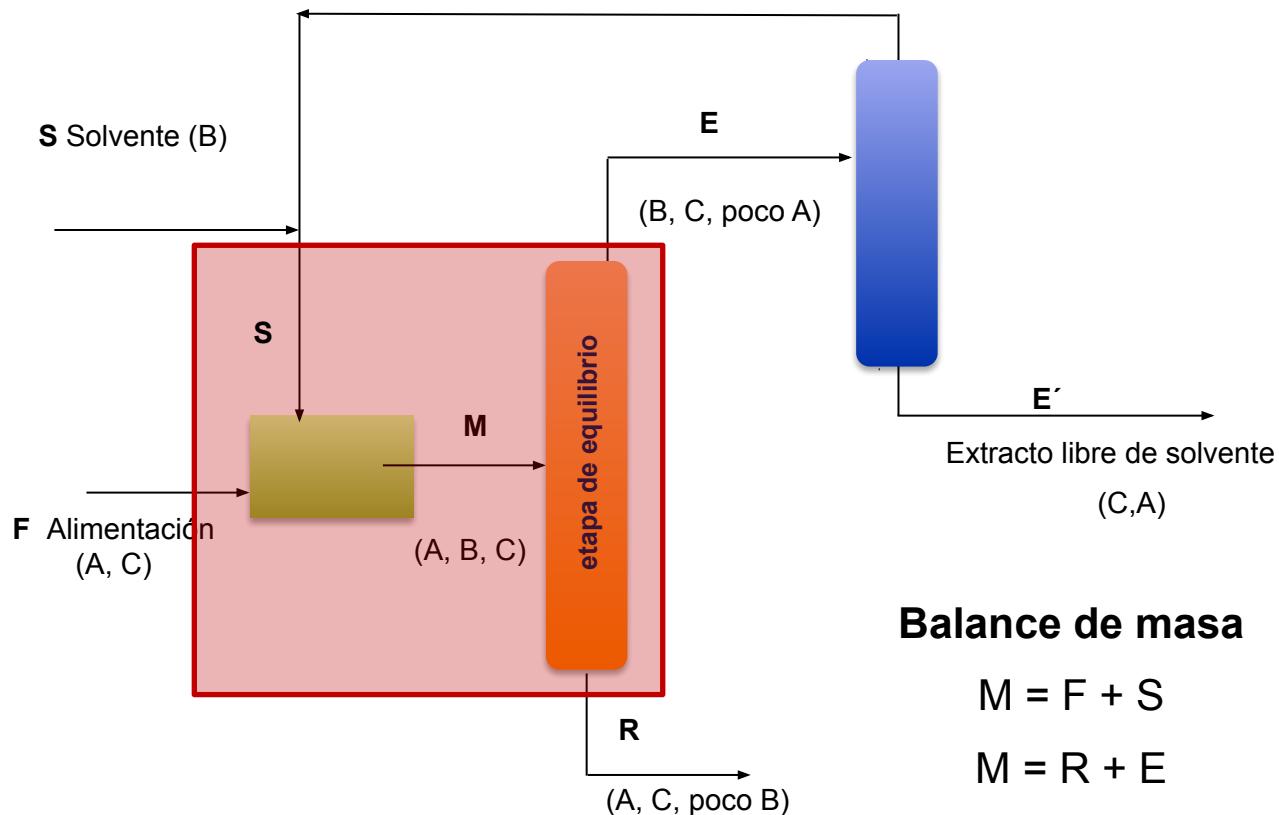
I: corresponde a la distribución del soluto en el solvente selectivo.

II: corresponde a la distribución del soluto en el solvente menos selectivo.

III: corresponde a la aparición de un azeótropo.

IV: corresponde a un caso en donde la selectividad de A por C es mayor a la de B por C.

Diagrama general del proceso en una etapa



Regla de la palanca

Balance de masa

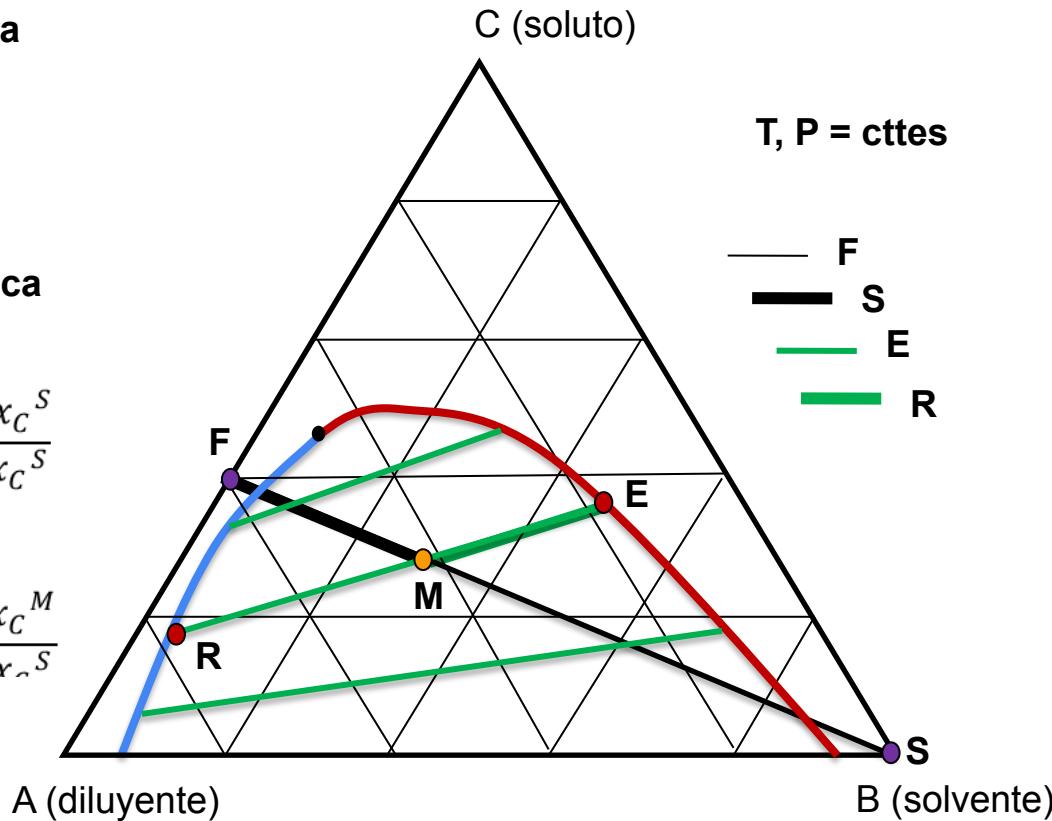
$$M = F + S$$

$$M = R + E$$

Regla de la palanca

$$\frac{F}{M} = \frac{\overline{MS}}{FS} = \frac{x_C^M - x_C^S}{x_C^F - x_C^S}$$

$$\frac{S}{M} = \frac{\overline{FM}}{FS} = \frac{x_C^F - x_C^M}{x_C^F - x_C^S}$$



Regla de la palanca

Balance de masa

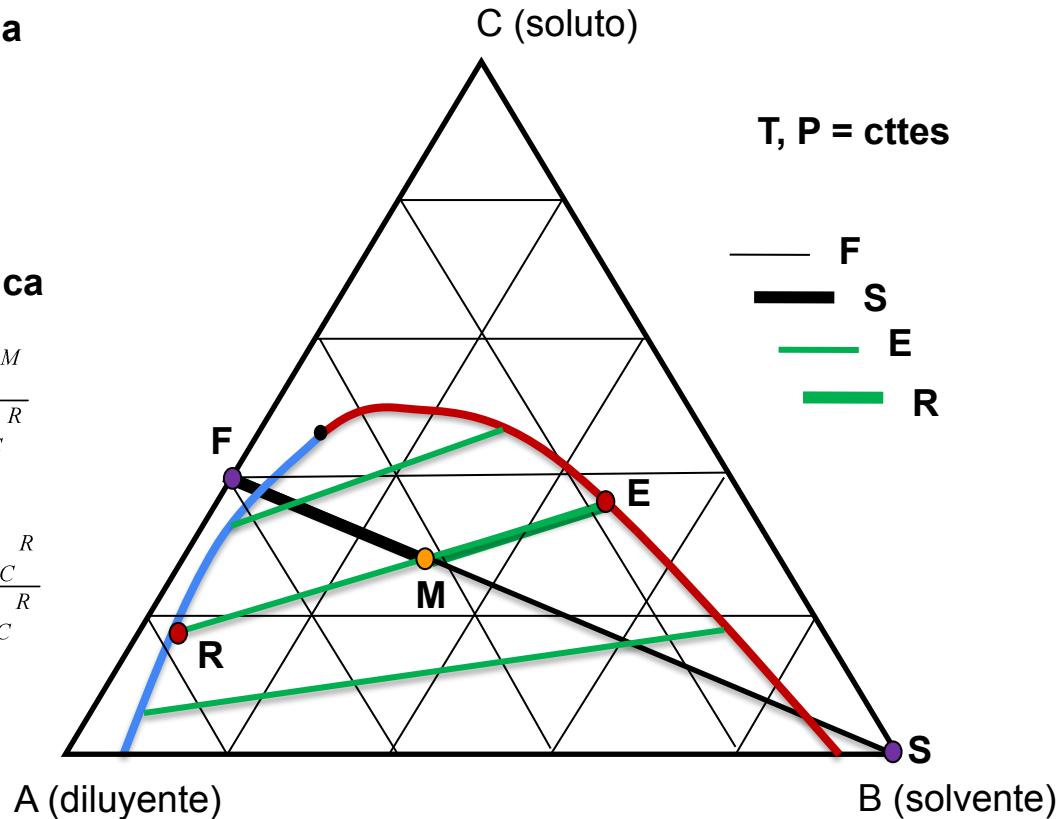
$$M = F + S$$

$$M = R + E$$

Regla de la palanca

$$\frac{R}{E} = \frac{\overline{ME}}{\overline{RM}} = \frac{x_C^E - x_C^M}{x_C^M - x_C^R}$$

$$\frac{E}{M} = \frac{\overline{RM}}{\overline{RE}} = \frac{x_C^M - x_C^R}{x_C^E - x_C^R}$$



Extracción líquido-líquido

Un equipo de extracción es operado a 25 °C y 1 atm para procesar 1000 kmol/hr de una alimentación que contiene 50% molar de etanol, 45% molar de benceno y el resto de agua. Se desea obtener un producto pobre en etanol y para efectuar la operación se dispone de 200 kmol/hr de agua que contiene 1% molar de etanol y 2% molar de benceno.

- Determine la composición y el flujo de los productos de la extracción.
- Cuál es el porcentaje de extracción en este proceso?
- Es efectiva la separación? Por qué?

DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO AGUA-BENCENO-ETANOL

A = Agua

B = Benceno

C = Etanol

T = 35°C

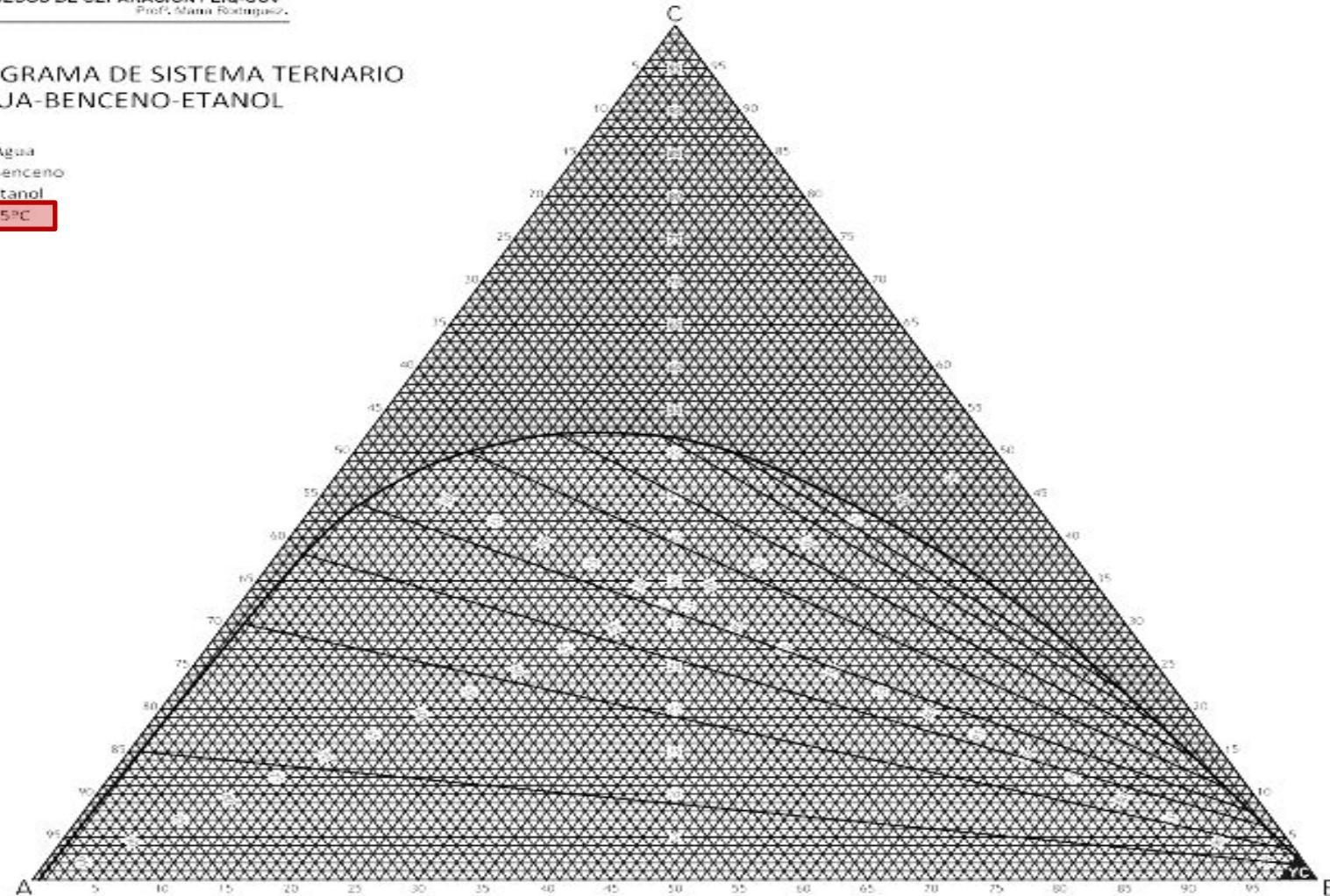


DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO AGUA-BENCENO-ETANOL

A = Agua
B = Benceno
C = Etanol
T = 35°C

Balance de masa

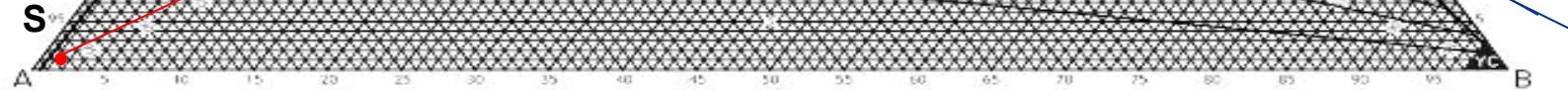
$$M = F + S = (1000+200)\text{kmol/h}$$

$$M = R + E$$

$$\frac{F}{S} = \frac{x_C^M - x_C^S}{x_C^F - x_C^M}$$

$$\frac{F}{S} = \frac{1000\text{ kmol/h}}{200\text{ kmol/h}}$$

$$\frac{F}{S} = 5$$



Datos

$$F = 1000 \text{ kmol/h}$$

$$50\% \text{ etanol (C)}$$

$$45\% \text{ benceno (B)}$$

$$5\% \text{ agua (A)}$$

$$S = 200 \text{ kmol/h}$$

Solvente es agua

$$1\% \text{ C}$$

$$2\% \text{ B}$$

DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO
AGUA-BENCENO-ETANOL

A = Agua
B = Benceno
C = Etanol
T = 35°C

Balance de masa

$$M = 1200 \text{ kmol/h}$$

$$M = R + E$$

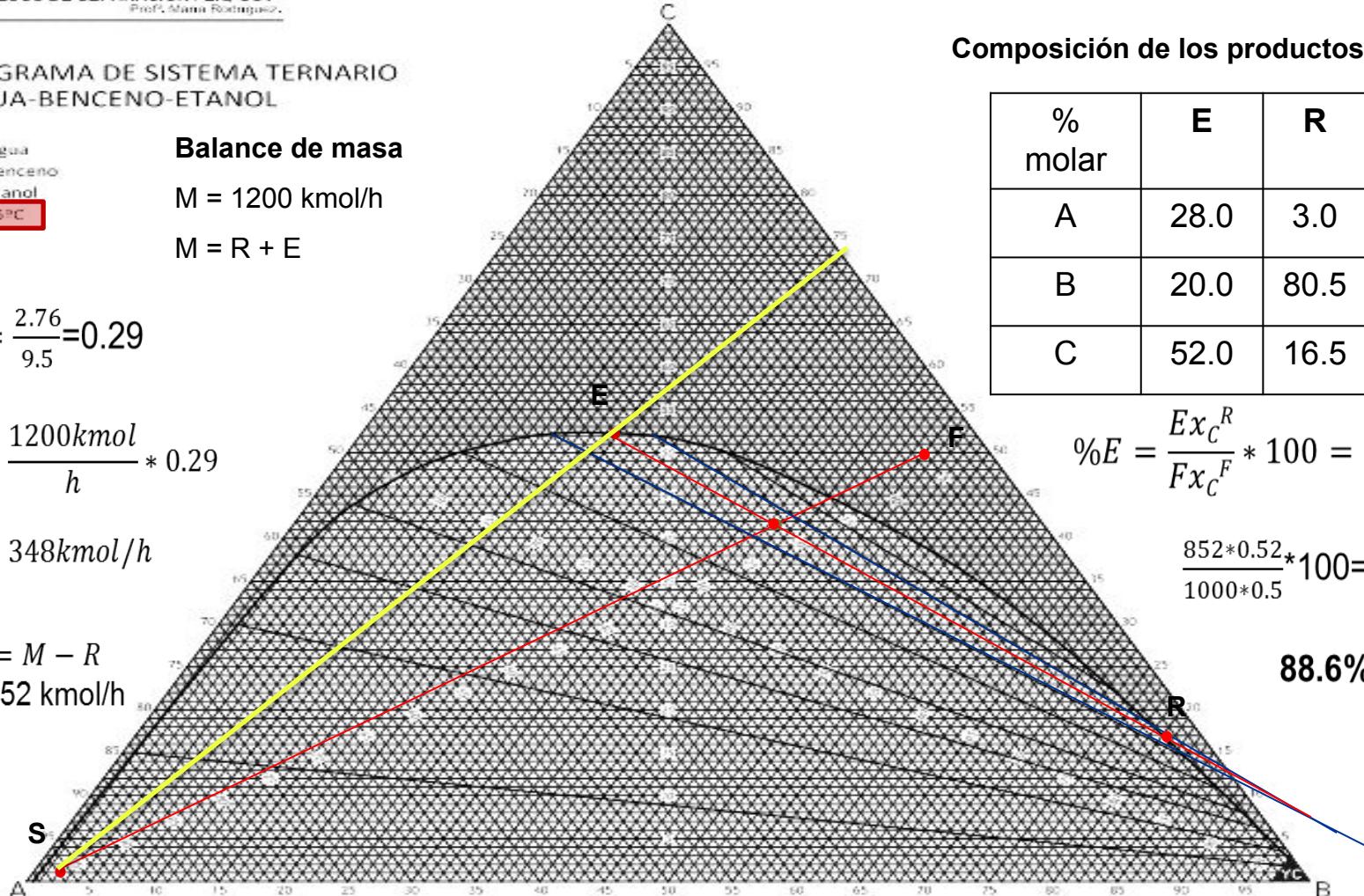
$$\frac{R}{M} = \frac{2.76}{9.5} = 0.29$$

$$R = \frac{1200 \text{ kmol}}{\text{h}} * 0.29$$

$$R = 348 \text{ kmol/h}$$

$$E = M - R$$

$$E = 852 \text{ kmol/h}$$



Composición de los productos

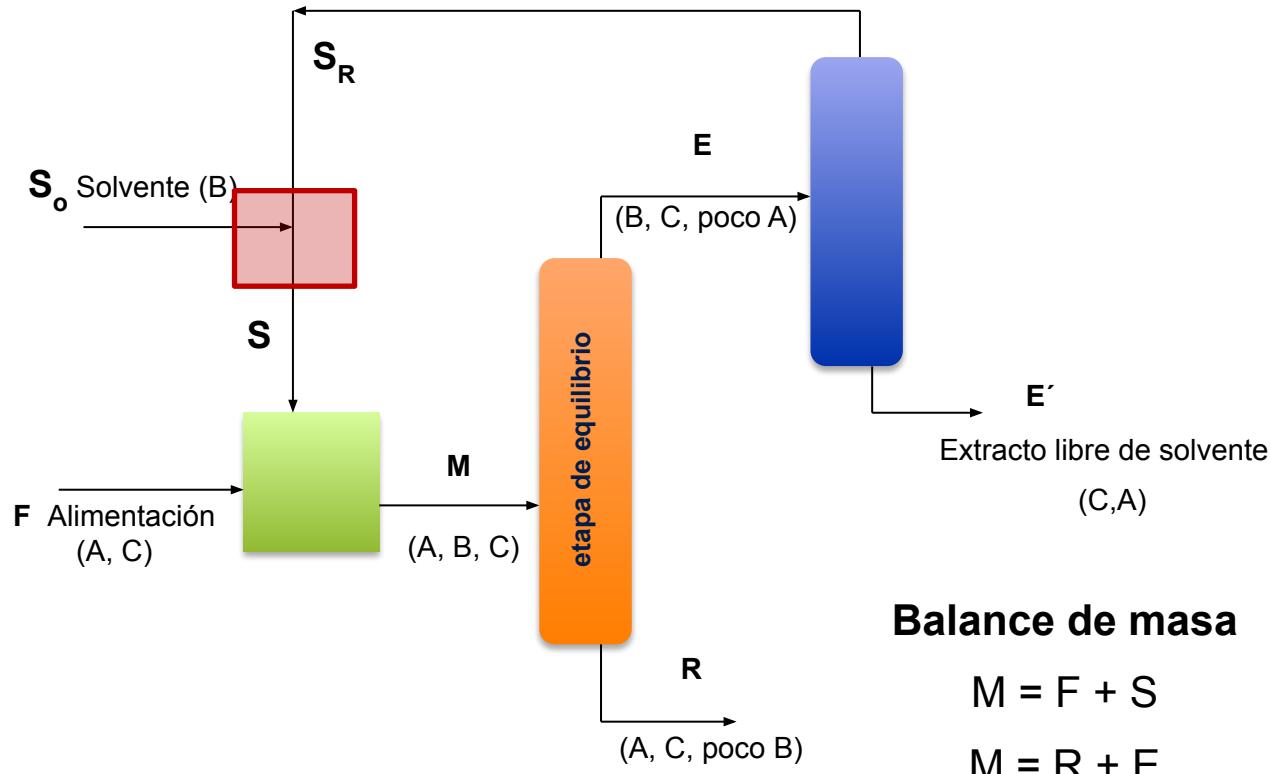
% molar	E	R
A	28.0	3.0
B	20.0	80.5
C	52.0	16.5

$$\%E = \frac{Ex_C^R}{Fx_C^F} * 100 =$$

$$\frac{852 * 0.52}{1000 * 0.5} * 100 =$$

88.6%

Diagrama general del proceso en una etapa



Solvente recuperado

S_R El solvente empleado en el proceso puede ser puro, pero generalmente luego de ser empleado en la extracción se recupera para retornarlo al proceso. Por lo cual, su composición suele encontrarse en el área denotada con el circulo.

$$S_o + S_R = S$$

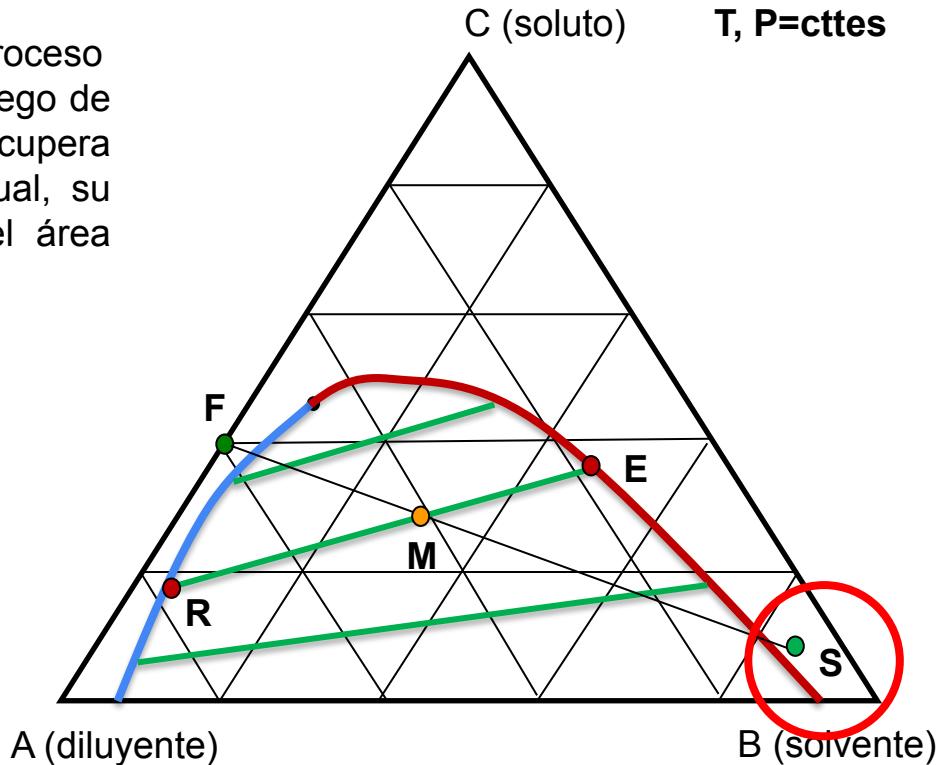
$$F + S = M$$

$$R + E = M$$

S_o Solvente de reposición

S_R Solvente recuperado

S Solvente de operación



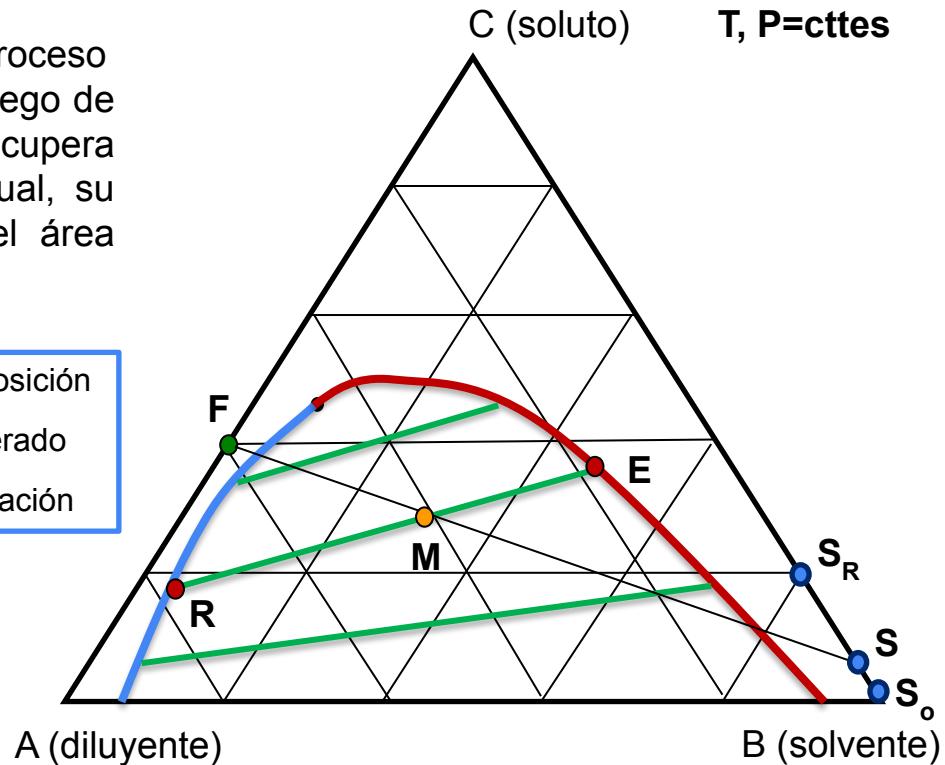
Solvente recuperado

S_R El solvente empleado en el proceso puede ser puro, pero generalmente luego de ser empleado en la extracción se recupera para retornarlo al proceso. Por lo cual, su composición suele encontrarse en el área denotada con el circulo.

$$S_o + S_R = S \quad \Rightarrow$$

S_o Solvente de reposición
 S_R Solvente recuperado
 S Solvente de operación

$$F + S = M$$



Productos acabados

Extracto acabado E'

Es el producto que se obtiene cuando se retira todo el solvente en la corriente extracto. (extracto libre de solvente B).

$$\begin{aligned}x_C^{E'} &= x_C^E / (1 - x_B^E) = (\text{moles C extracto}) / ((\text{moles de (A + C)} \text{ extracto}) \\&= (\text{moles C} / (\text{moles total} - \text{moles B})) \text{ extracto}\end{aligned}$$

Refinado acabado R',

Es el producto que se obtiene cuando se le retira todo el solvente en la corriente refinado. (refinado libre de solvente B).

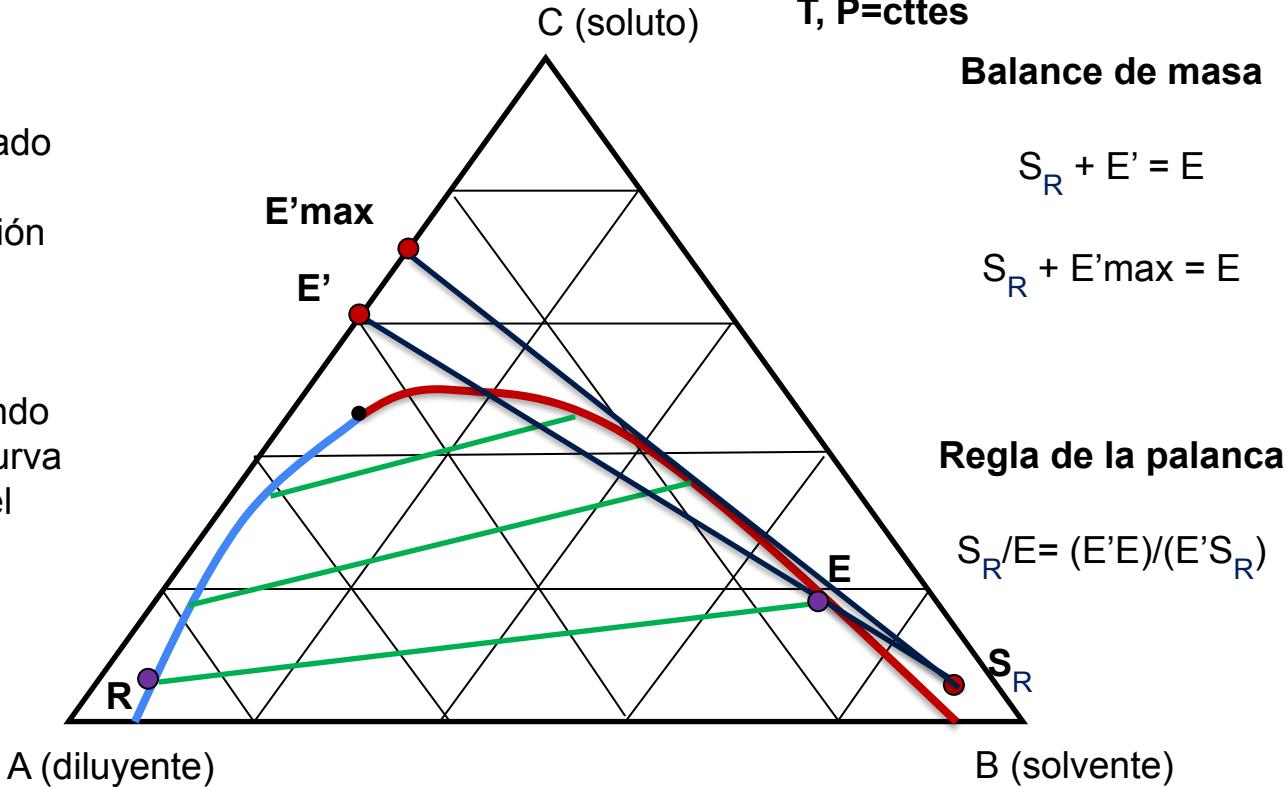
$$\begin{aligned}x_C^{R'} &= x_C^R / (1 - x_B^R) = (\text{moles C refinado}) / (\text{moles de (A + C)} \text{ refinado}) \\&= (\text{moles C} / (\text{moles total} - \text{moles B})) \text{ refinado}\end{aligned}$$

Extracto acabado

Extracto máximo acabado

Es el extracto acabado que contienen la máxima concentración del soluto C que se puede obtener.

Se determina trazando una tangente a la curva a partir del punto del solvente.



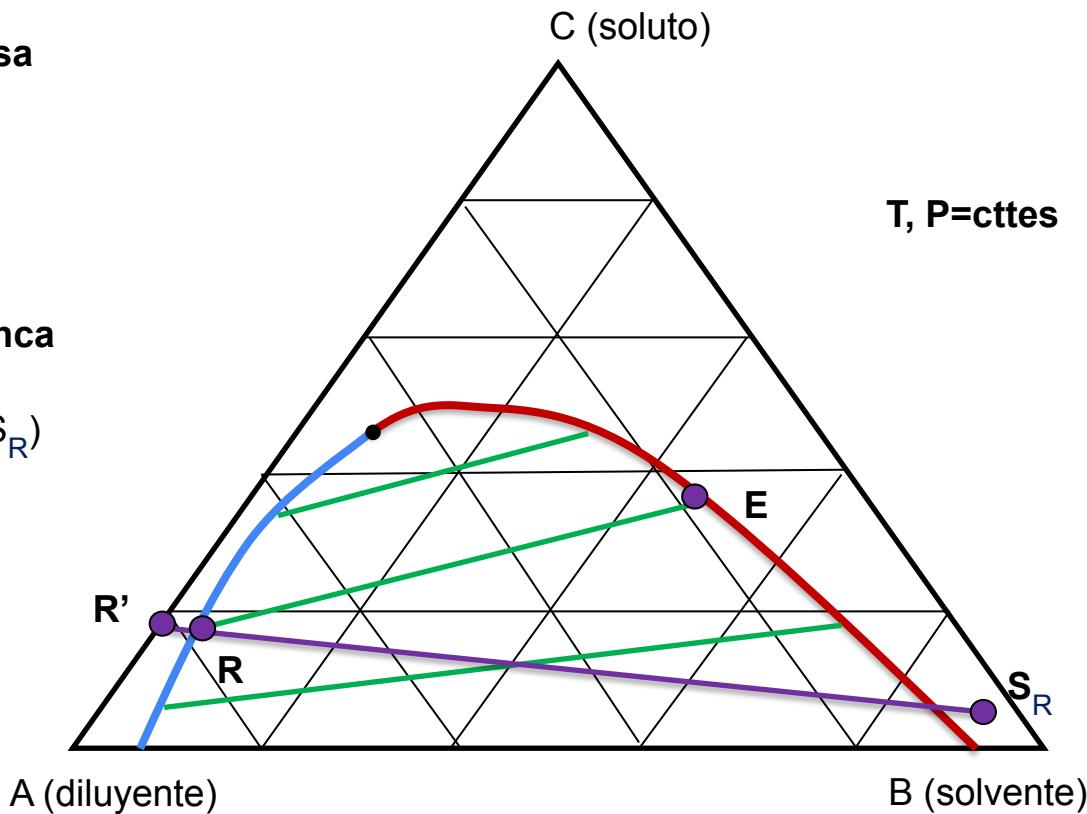
Refinado acabado

Balance de masa

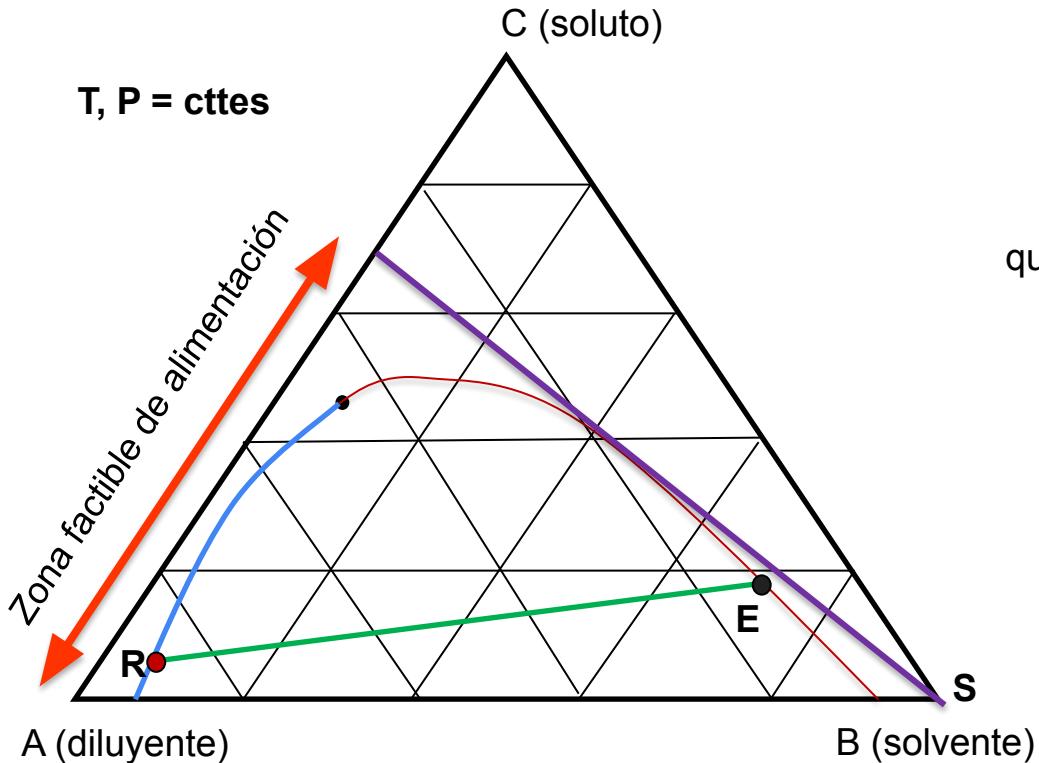
$$S_R + R' = R$$

Regla de la palanca

$$S_R / R = (R' R) / (R' S_R)$$



Zona factible de alimentación



Zona factible de alimentación, es la zona que delimita las composiciones que puede tener la alimentación para que el proceso de extracción sea posible.

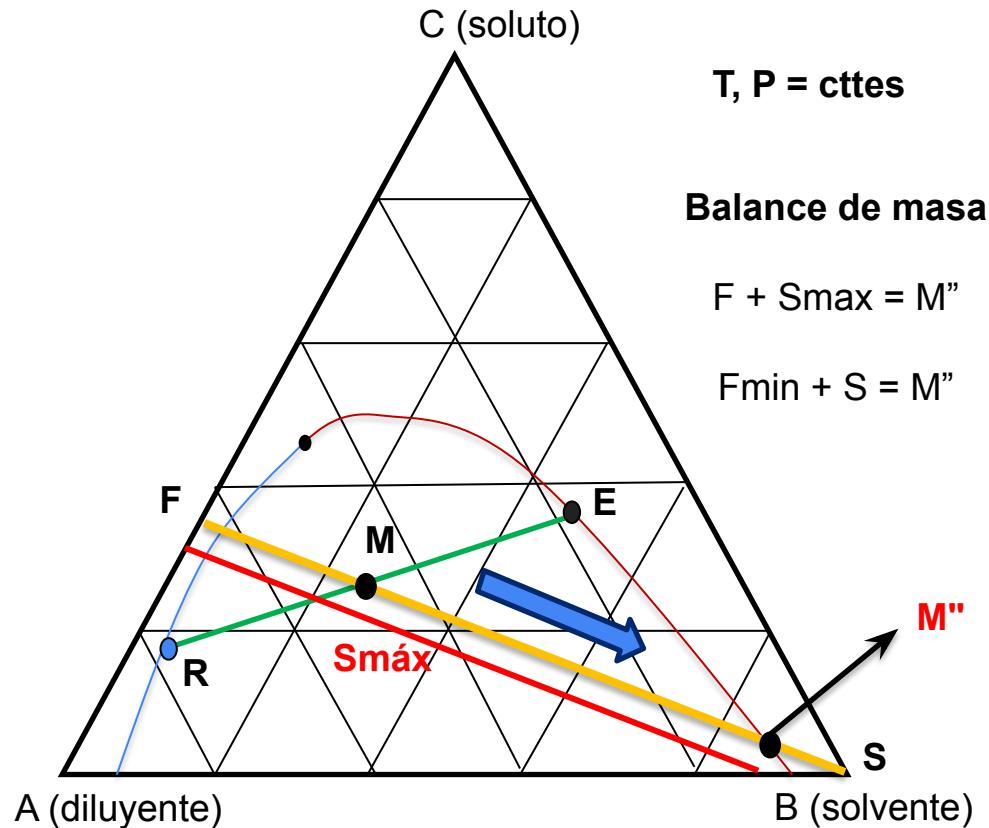
Fuera de esta zona no es posible generar las dos fases que requiere el proceso.

Se determina trazando una tangente a la curva partiendo del punto del solvente.

Solvente máximo

Si en el diagrama presentado, se desplaza el punto M hacia la derecha sobre la recta FS, se está incrementando la cantidad de solvente para la misma cantidad de alimentación, y se llega como límite a la curva de saturación en el **punto M''**.

En este punto la cantidad de solvente es la máxima cantidad que se puede emplear en el proceso. Este punto también indica la mínima cantidad de alimentación que se puede procesar para una cantidad de solvente dada.



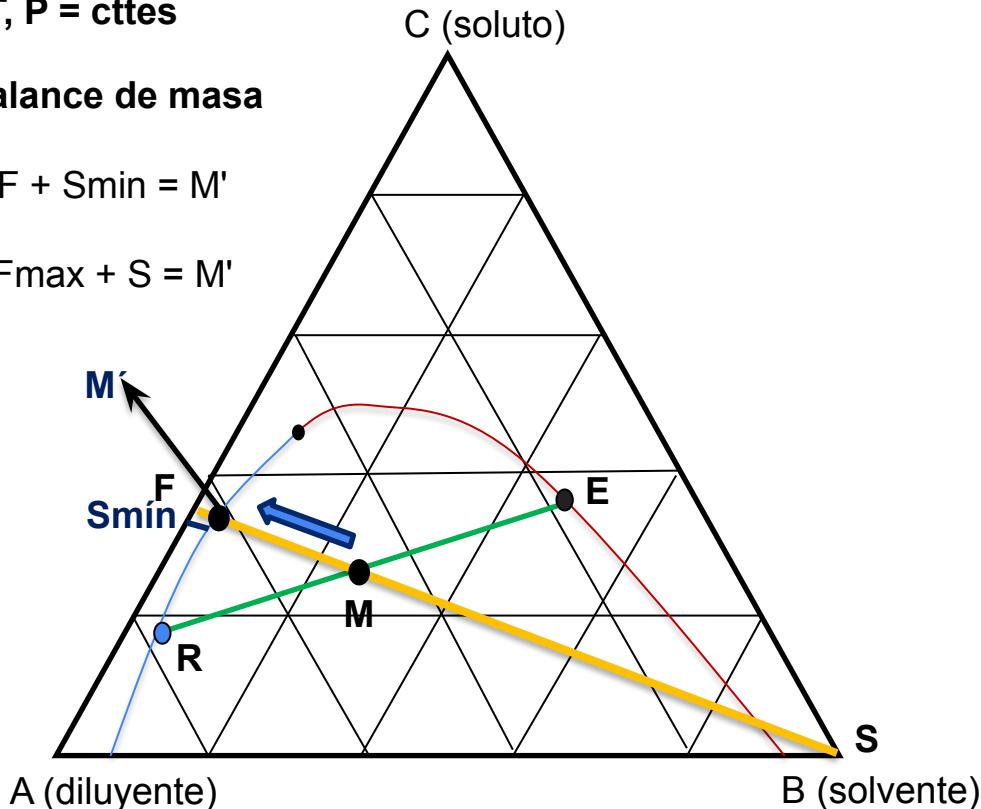
Solvente mínimo

T, P = cttes

Balance de masa

$$F + S_{\min} = M'$$

$$F_{\max} + S = M'$$



Si se desplaza el punto M hacia la izquierda sobre la recta FS, se está disminuyendo la cantidad de solvente, y se llega como límite a la curva de saturación en el punto M'.

En este punto la cantidad de solvente es la mínima cantidad que se puede emplear en el proceso. Este punto también indica la máxima cantidad de alimentación que se puede procesar para una cantidad de solvente dada.

Extracción líquido-líquido

A presión atmosférica y a 25 °C, se desea procesar por extracción líquido-líquido 120 kmol/hr de una alimentación binaria de acetona-agua cuya composición molar en acetona es de 40%. El fin de proceso es extraer la acetona contenida en la mezcla; para ello se emplea como solvente 100 kmol/hr de metil-isobutil-cetona puro (MIBK). De este sistema determine:

- Flujo y composición de los productos de la extracción.
- Cuál es el porcentaje de extracción de la acetona bajo estas condiciones?
- Gráficamente cual es el mínimo y máximo flujo de solvente (kmol/hr) que se puede emplear para la alimentación especificada?
- Para la cantidad de solvente dado, cuál es el flujo máximo y mínimo de alimentación en kmol/hr que se puede procesar.
- Composición y flujo del extracto acabado.

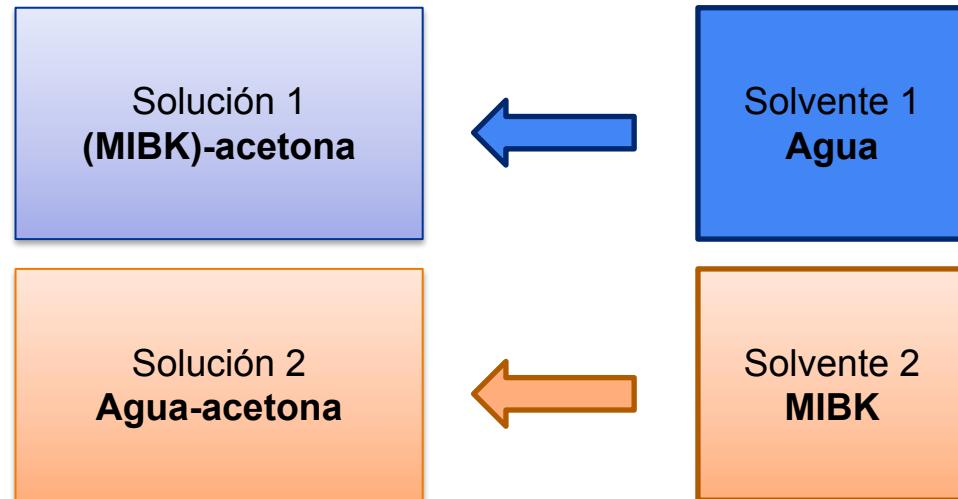
Extracción líquido-líquido

Se dispone de dos soluciones para ser tratadas con dos solventes distintos a una temperatura de 27°C y presión atmosférica.

MIBK Metilisobutilcetona

Según el diagrama ternario presentado, ¿cuál de los dos sistemas es el adecuado para llevar a cabo el proceso de extracción?

¿Por qué?



Extracción líquido-líquido

En función al sistema escogido, se plantea la siguiente situación:

Para purificar el diluyente presente en dos mezclas (A1 y A2) de (diluyente-soluto) se emplea un solvente puro. En una primera etapa se trata la primera mezcla A1 (50% en diluyente) con 5,43 veces la cantidad de solvente mínima.

Posteriormente la segunda mezcla A2 (80% en diluyente) se trata con el extracto proveniente de la primera etapa, para lo cual se le añade una cantidad de solvente a este extracto a fin de duplicar el flujo del solvente a ser empleado en esta etapa.

Los refinados de cada etapa se combinan para constituir el refinado final, el cual contiene 82% de diluyente.

Compare la recuperación obtenida por este esquema con la obtenida para los siguientes casos:

- Cada alimentación es tratada en forma independiente con el agua enviada a cada etapa.
- Combinando ambas alimentaciones y tratando la mezcla con el total de solvente en una sola etapa.

Extracción líquido-líquido

Una etapa



Múltiples etapas



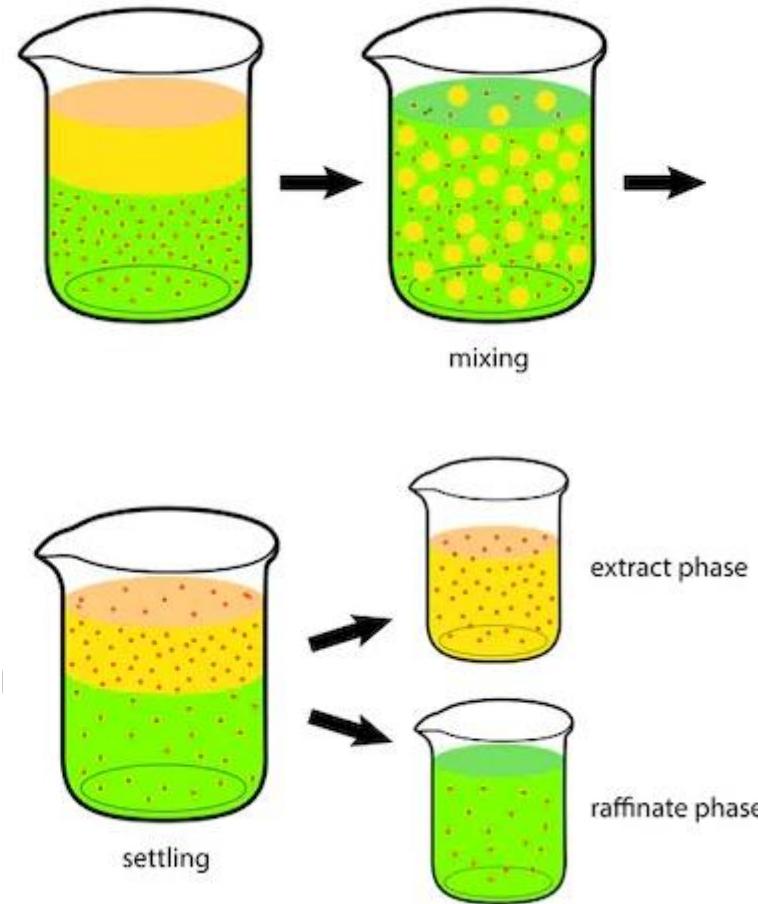
Múltiples etapas con reflujo



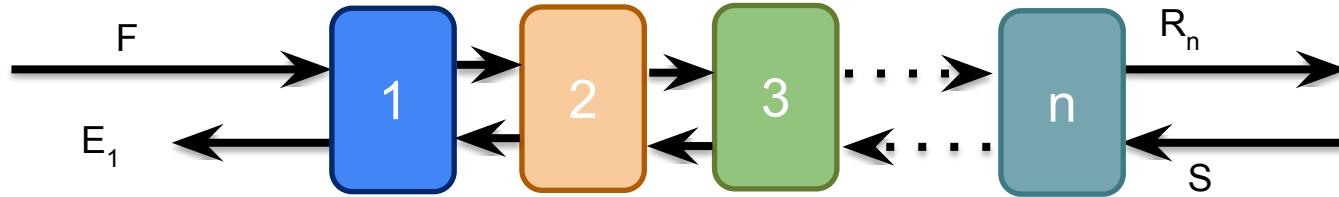
TEMA I

EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

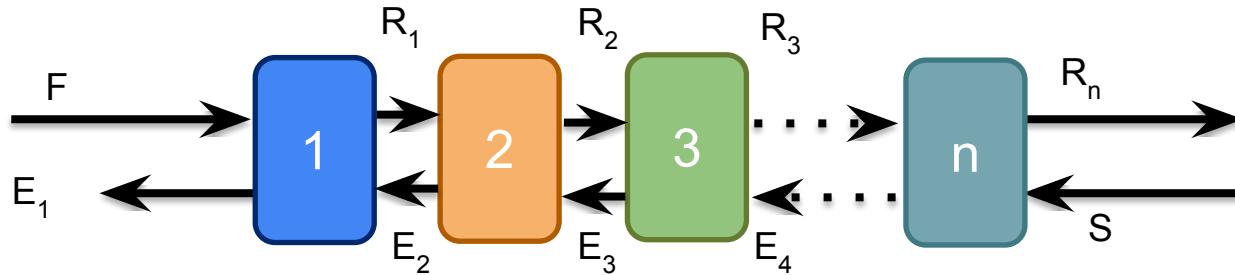
1.5. Extracción por contacto continuo:
extracción en contracorriente y
extracción con reflujo. Representación
gráfica, elección de la relación
solvente/alimentación, relación de
solvente máxima, relación de solvente
mínima, reflujo mínimo, determinación
gráfica de número de etapas mínimo y
teóricas, sección de enriquecimiento del
extracto y sección de agotamiento del
refinado. Zona factible de alimentación.



Extracción líquido-líquido



Extracción líquido-líquido



ΔP

$$\Delta P = F - E_1 = R_1 - E_2 = R_2 - E_3 = R_3 - E_4 = \dots = R_n - S$$

Extracción líquido-líquido

Se considera el proceso de extracción líquido-líquido para el sistema isopropil éter (ISPE)-agua(A)-ácido acético(AA). En este sistema el ácido acético es el soluto a retirar.

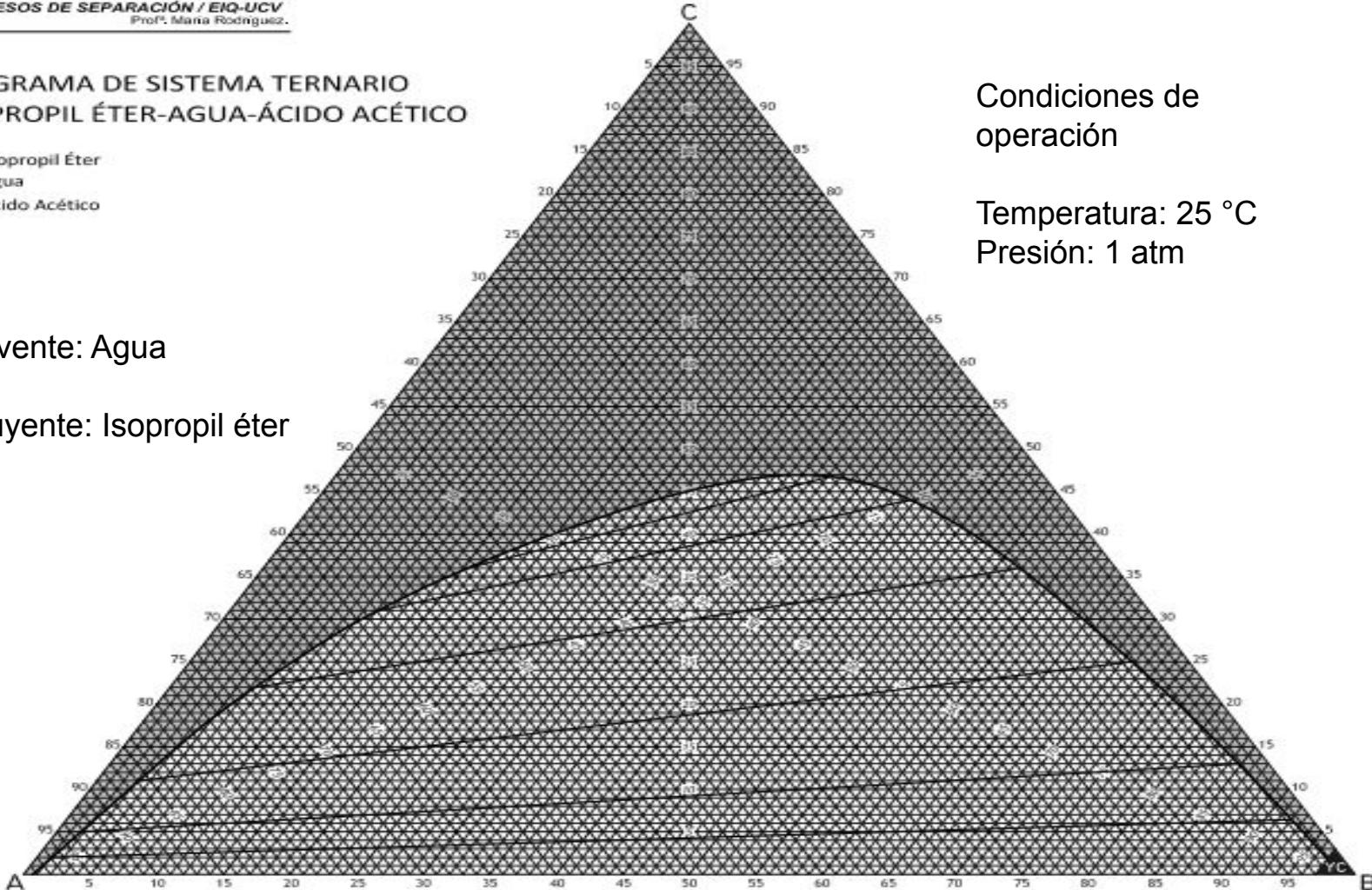
- Siendo así, ¿cuál debería ser el solvente y cuál el diluyente?
- Cuáles serían las condiciones de temperatura y presión para llevar a cabo el proceso.

DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO ISOPROPIL ÉTER-AGUA-ÁCIDO ACÉTICO

A = Isopropil Éter
B = Agua
C = Ácido Acético

Solvente: Agua

Diluyente: Isopropil éter



Condiciones de
operación

Temperatura: 25 °C

Presión: 1 atm

Extracción líquido-líquido

Se dispone de una alimentación formada por 5% molar de A, 30% molar de AA y el resto de ISPE, la cual se pone en contacto con una solución acuosa que contiene 5% molar de AA.

Se conoce que, del proceso llevado a cabo en **una etapa**, se obtiene como producto un extracto con una composición de 25% molar en AA. En función a ello, determine:

1. La relación F/S empleada
2. Flujo de los productos y composición del refinado, para 100 kmol/h de solvente.
3. Para la cantidad de solvente, ¿cuál es la cantidad mínima de alimentación a procesar?

DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO ISOPROPIL ÉTER-AGUA-ÁCIDO ACÉTICO

A = Isopropil Éter
B = Agua
C = Ácido Acético

F: 5% A, 30% AA, 65%

ISPE

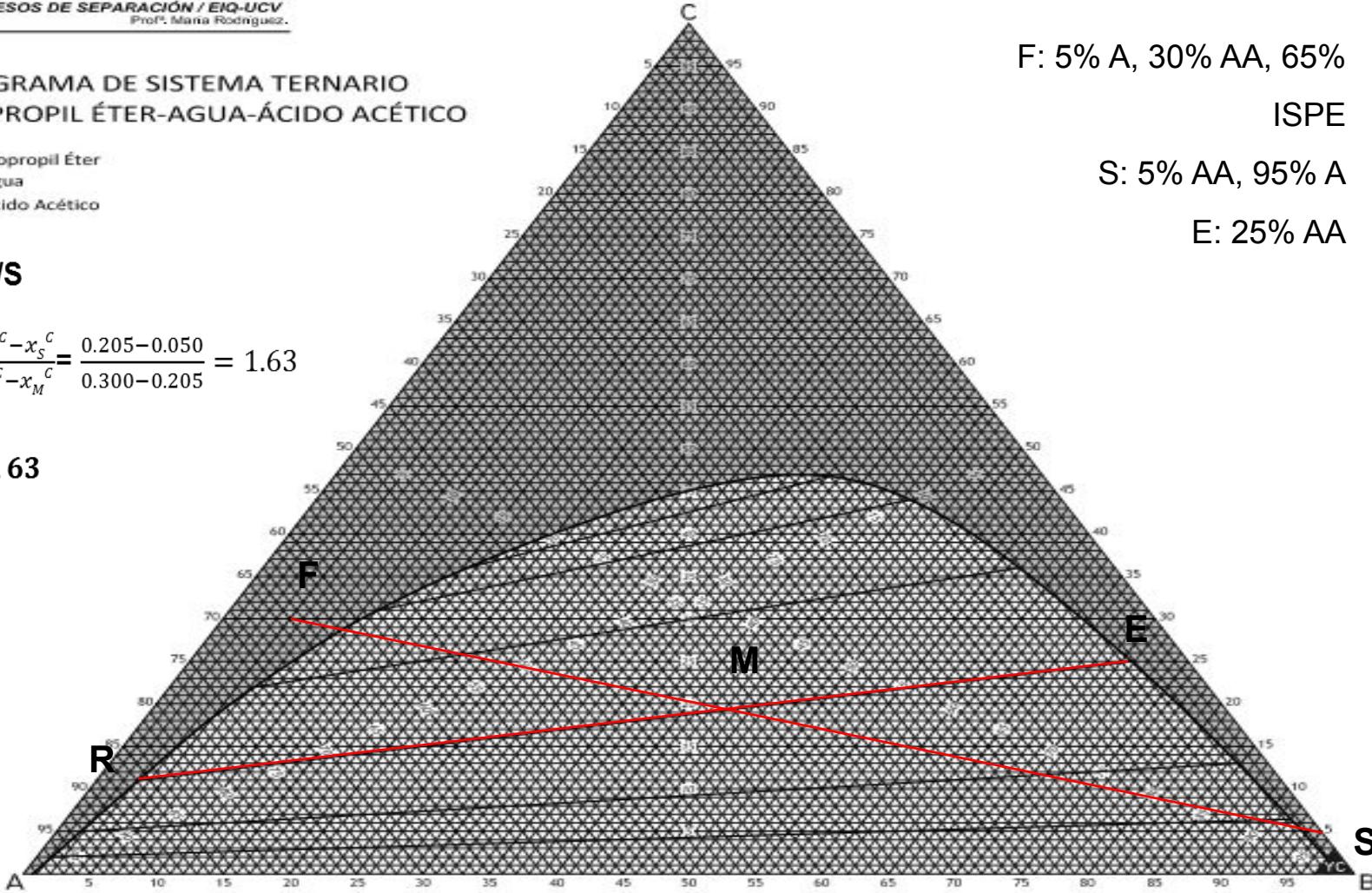
S: 5% AA, 95% A

E: 25% AA

1. F/S

$$\frac{F}{S} = \frac{x_M^C - x_S^C}{x_F^C - x_M^C} = \frac{0.205 - 0.050}{0.300 - 0.205} = 1.63$$

$$\frac{F}{S} = 1.63$$



Extracción líquido-líquido

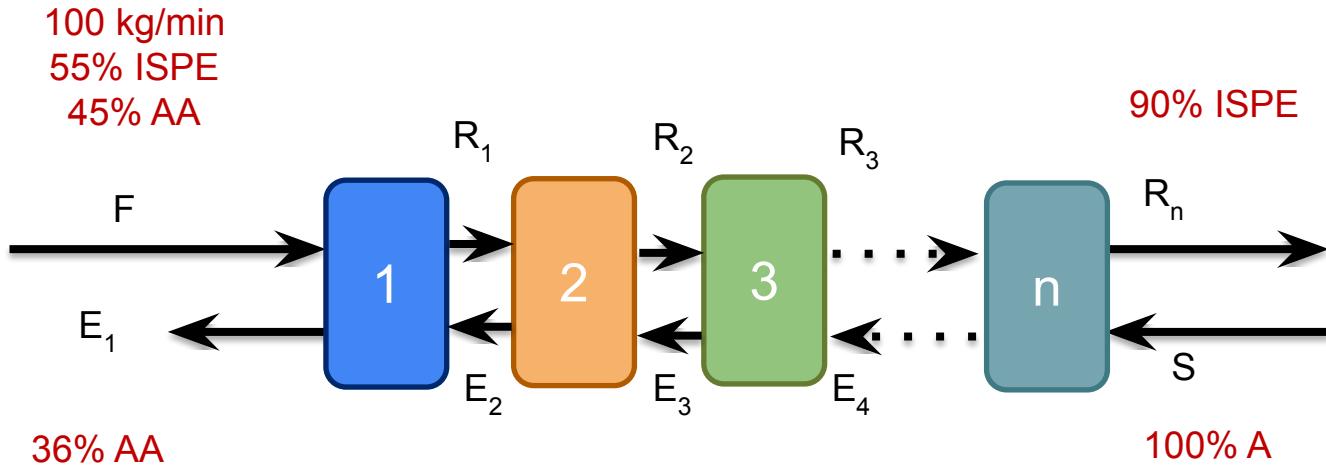


DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO ISOPROPIL ÉTER-AGUA-ÁCIDO ACÉTICO

A = Isopropil Éter
B = Agua
C = Ácido Acético

2. Flujo de productos

$$M = F + S = (100 + 66.7) \text{ kg/min}$$

$$M = 166.7 \text{ kg/min}$$

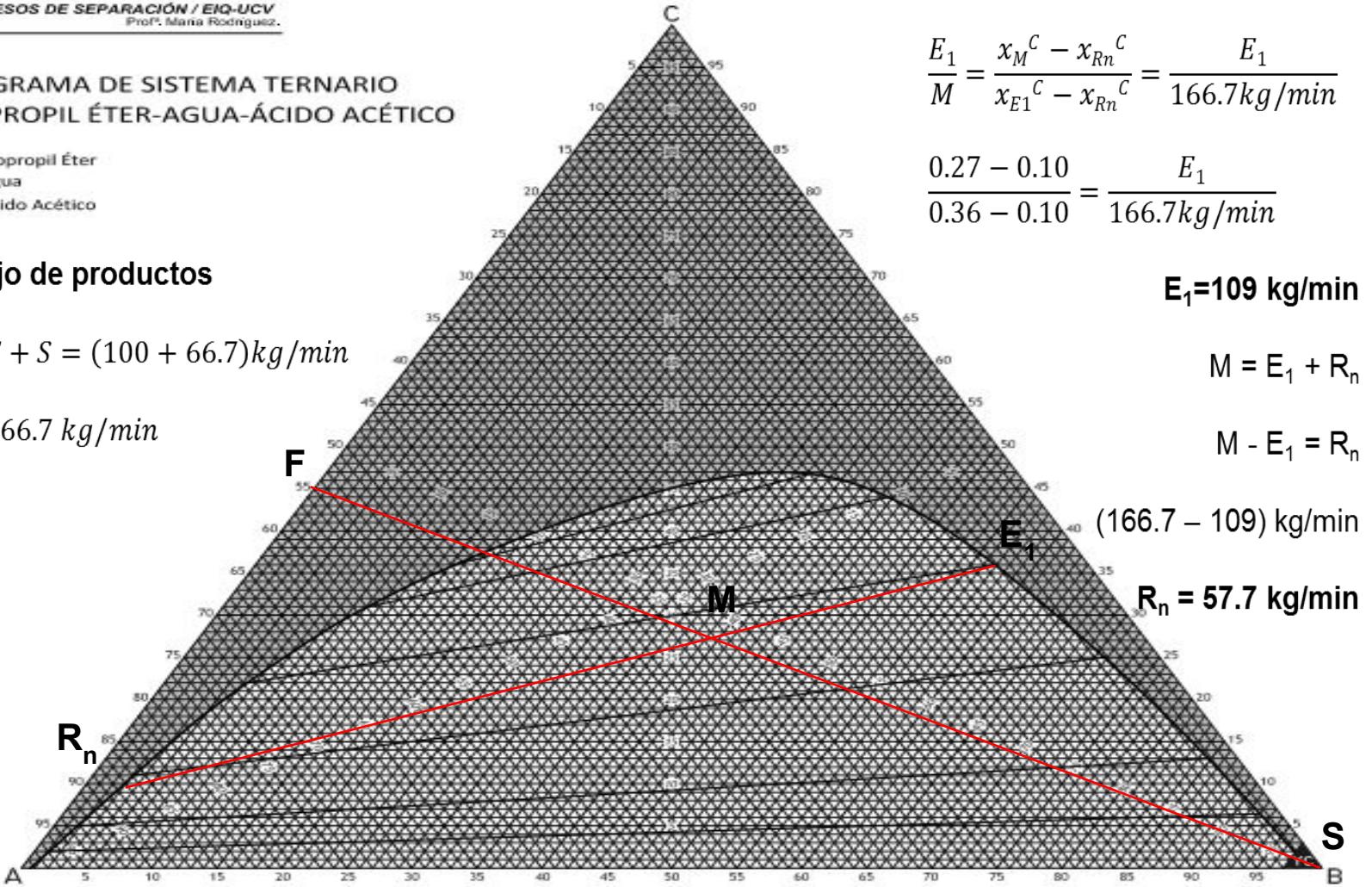
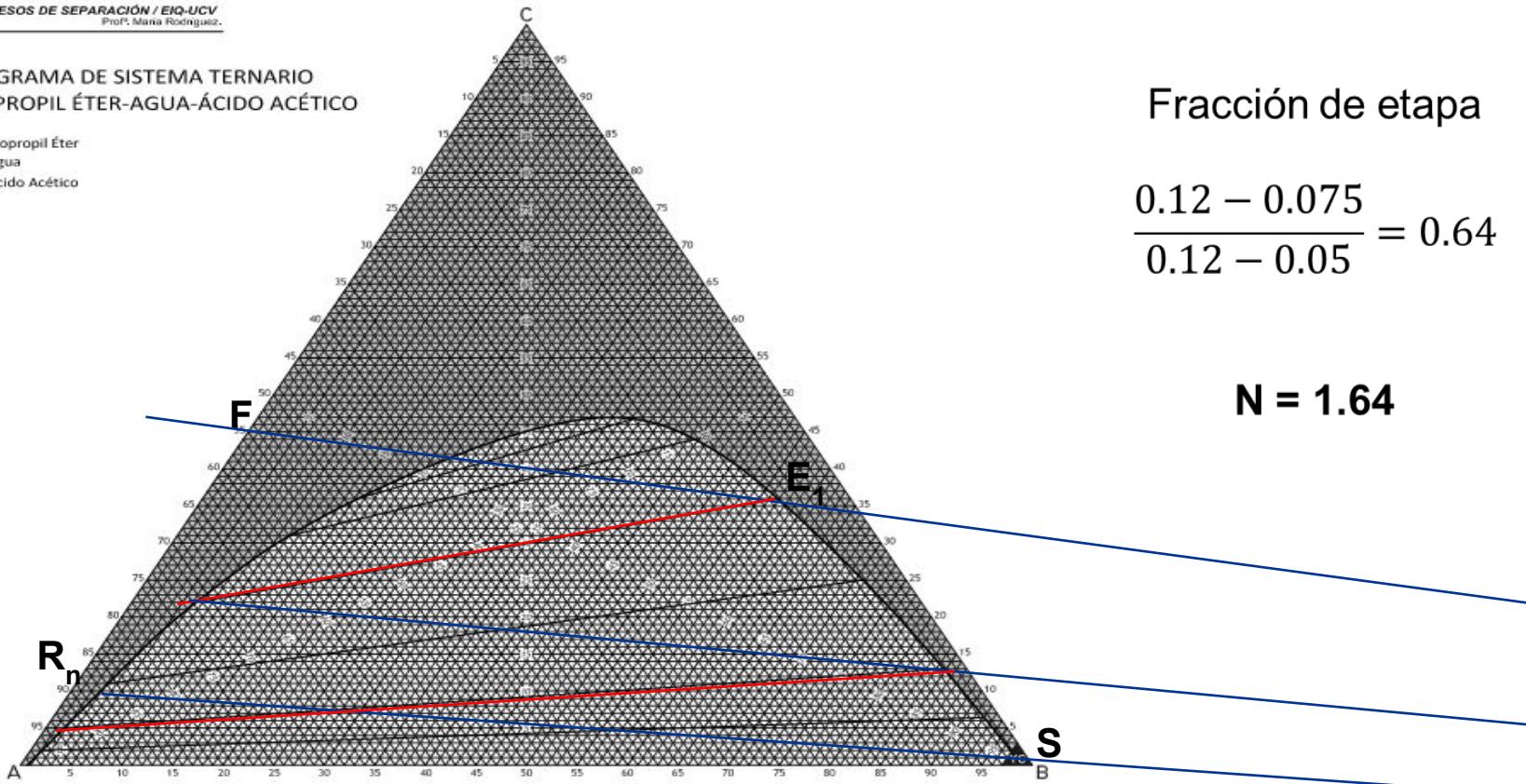


DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO
ISOPROPIL ÉTER-AGUA-ÁCIDO ACÉTICO

- A = Isopropil Éter
B = Agua
C = Ácido Acético

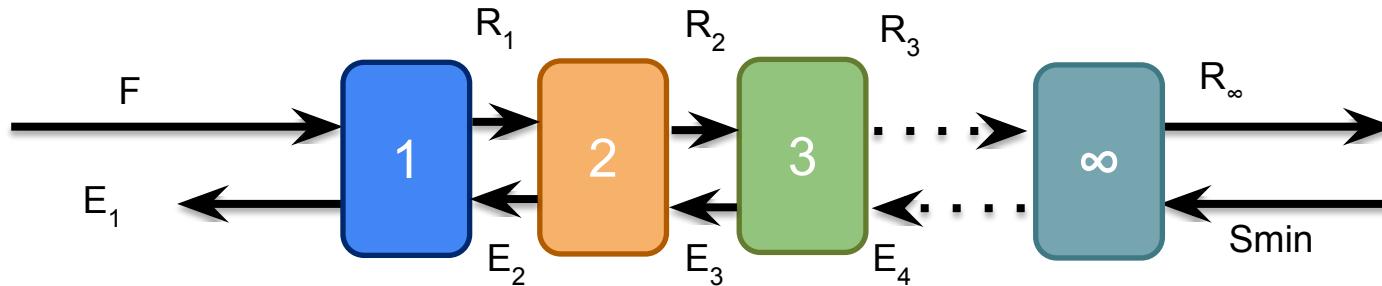


Fracción de etapa

$$\frac{0.12 - 0.075}{0.12 - 0.05} = 0.64$$

$$N = 1.64$$

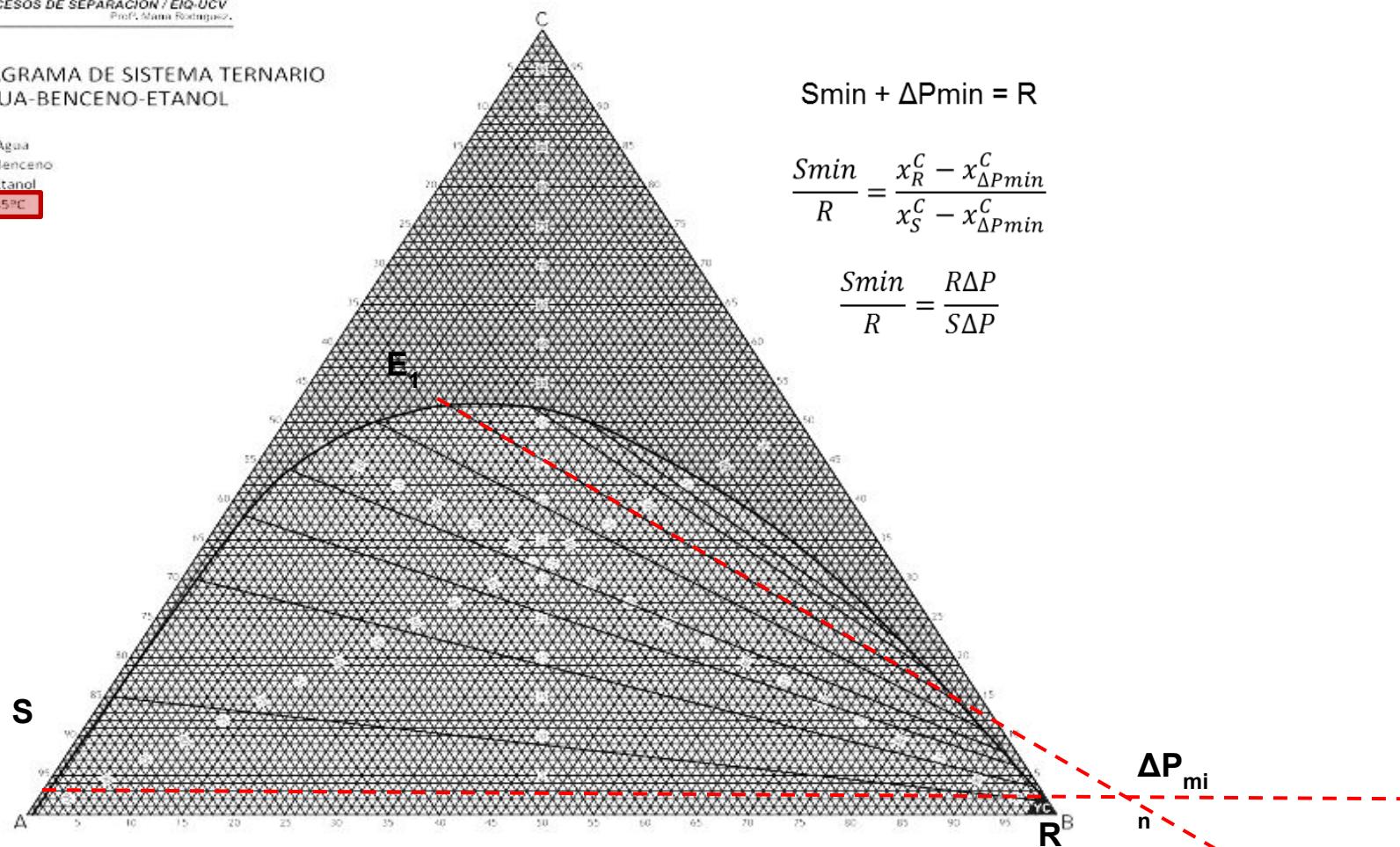
Solvente mínimo



Coincide la recta de operación con el equilibrio

DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO
AGUA-BENCENO-ETANOL

A = Agua
B = Benceno
C = Etanol
T = 35°C

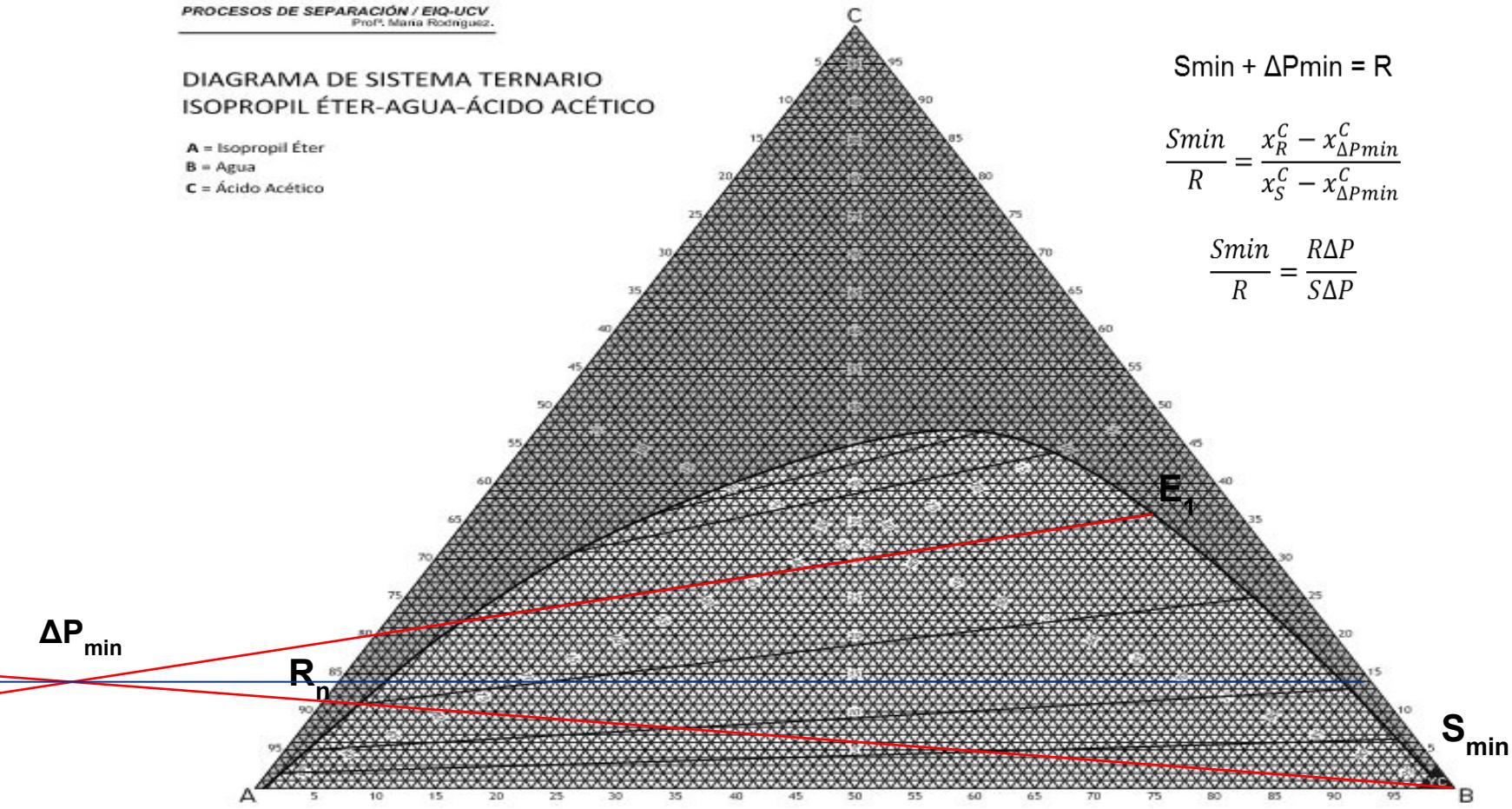


**DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO
 ISOPROPIL ÉTER-AGUA-ÁCIDO ACÉTICO**

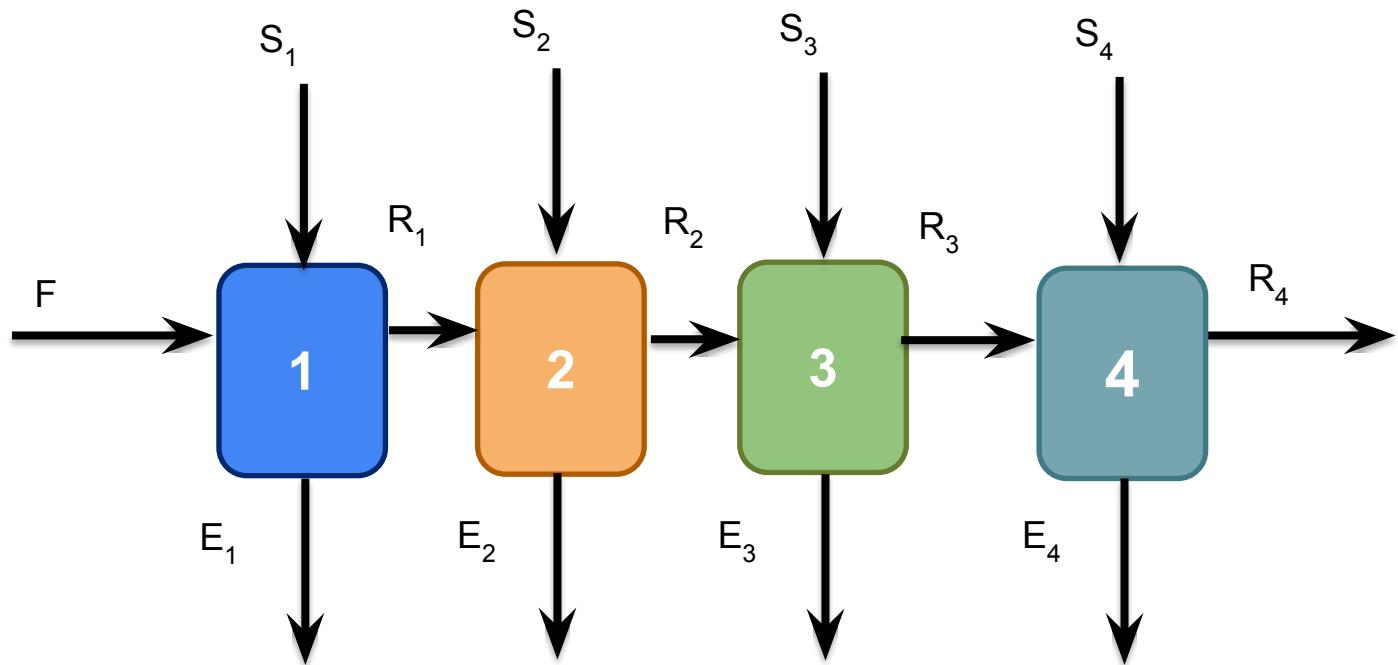
A = Isopropil Éter

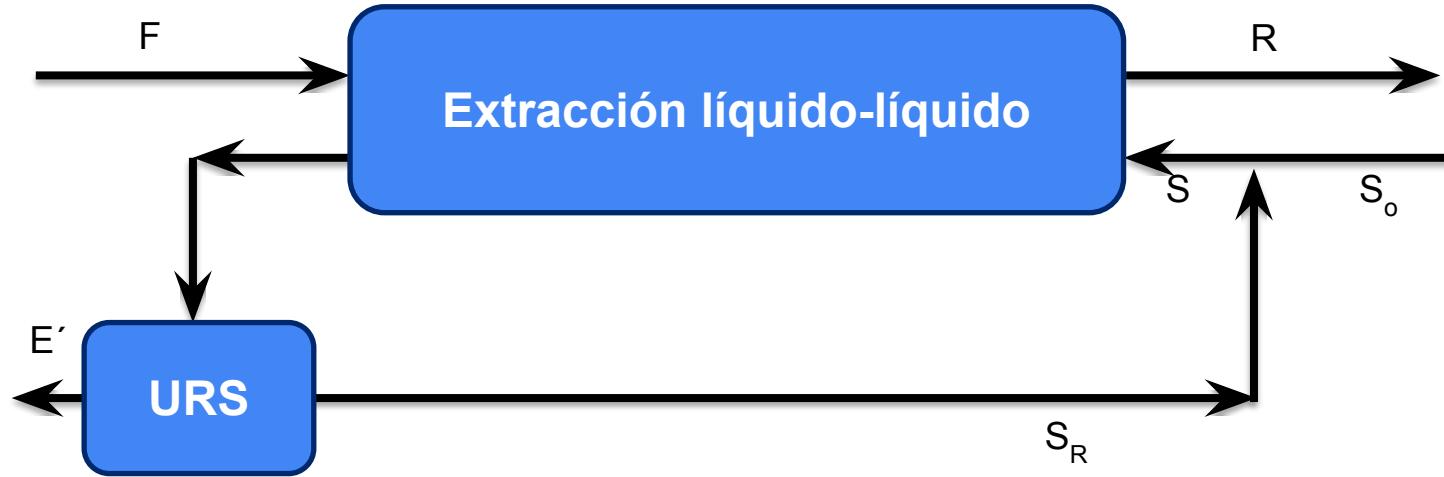
B = Agua

C = Ácido Acético

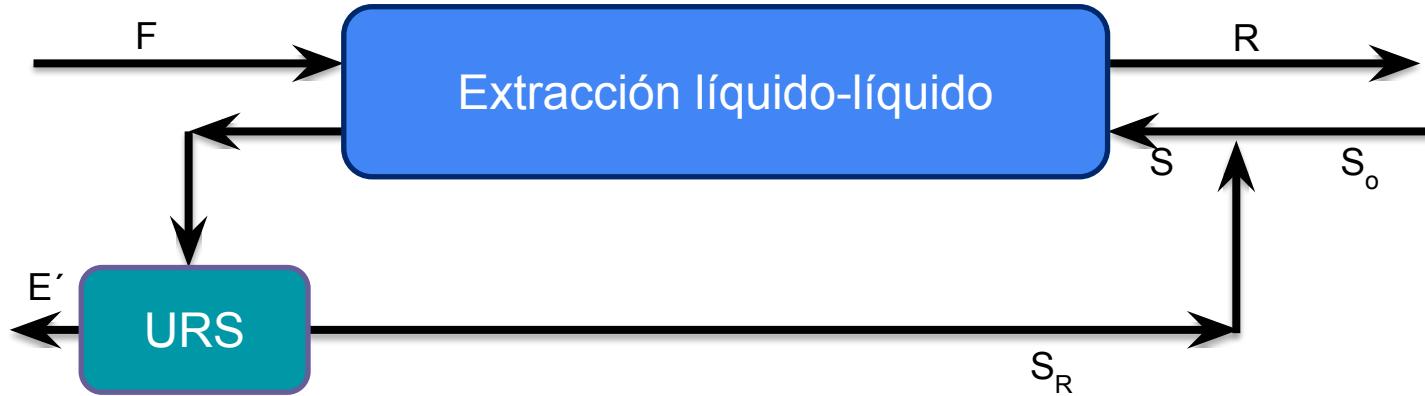


Flujo cruzado





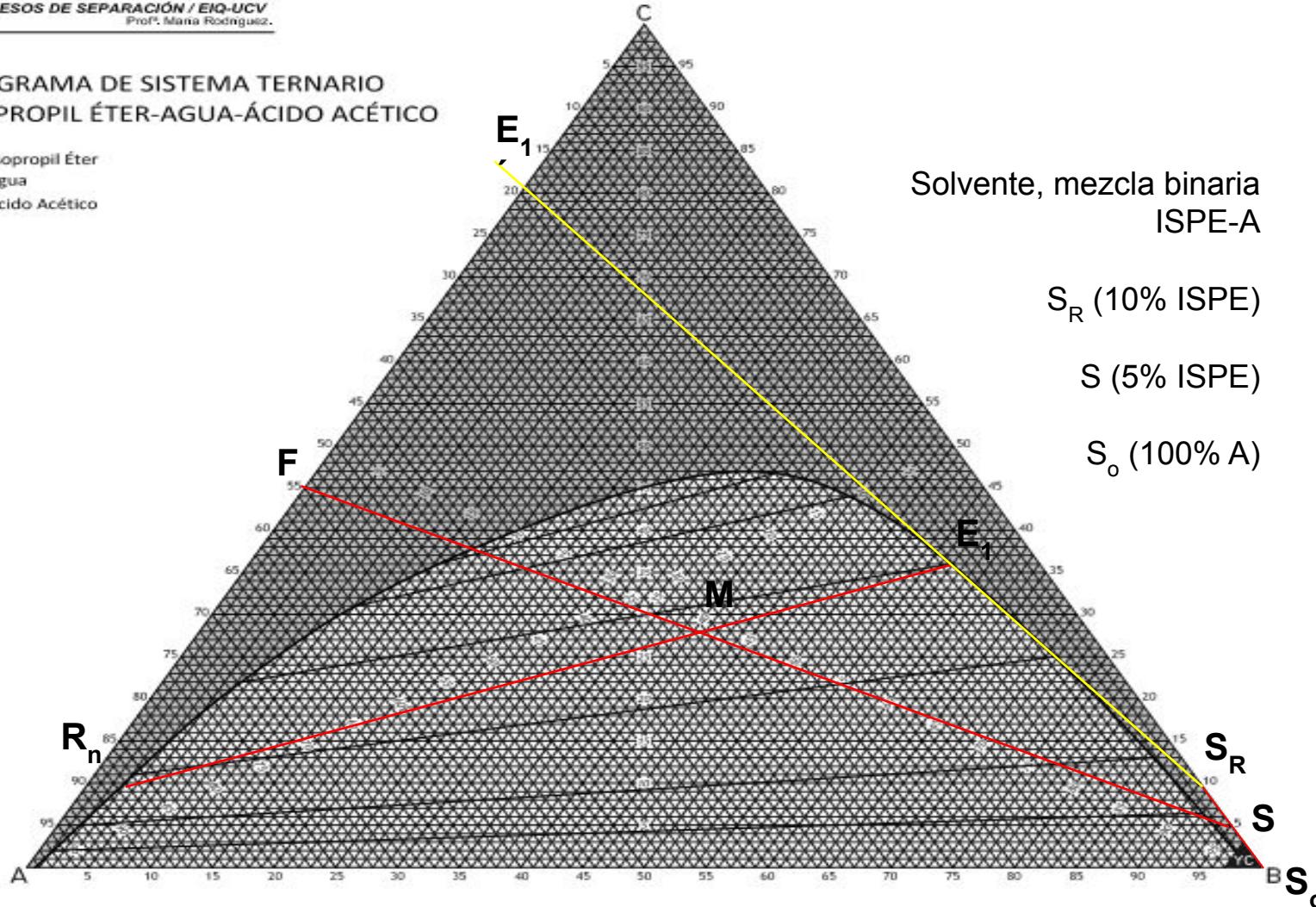
- Extracción en múltiples etapas.
- Representación gráfica.
- Elección de la relación solvente/carga.
- Extracción a contracorriente con reflujo.



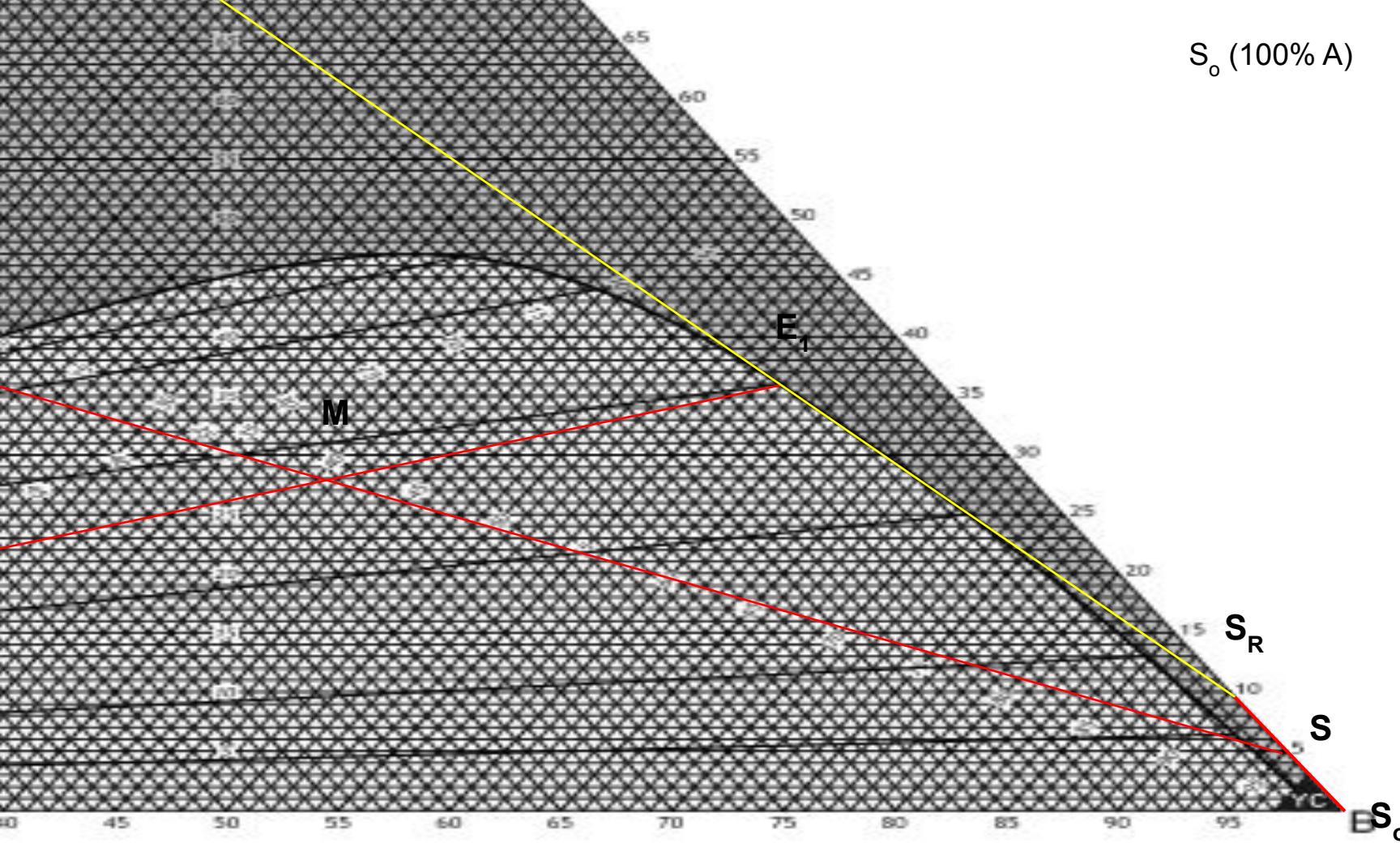
Considerar la unidad de recuperación de solvente y el reciclo del solvente recuperado, involucra dos balances adicionales en el diagrama.

DIAGRAMA DE SISTEMA TERNARIO
ISOPROPIL ÉTER-AGUA-ÁCIDO ACÉTICO

A = Isopropil Éter
B = Agua
C = Ácido Acético



S_o (100% A)

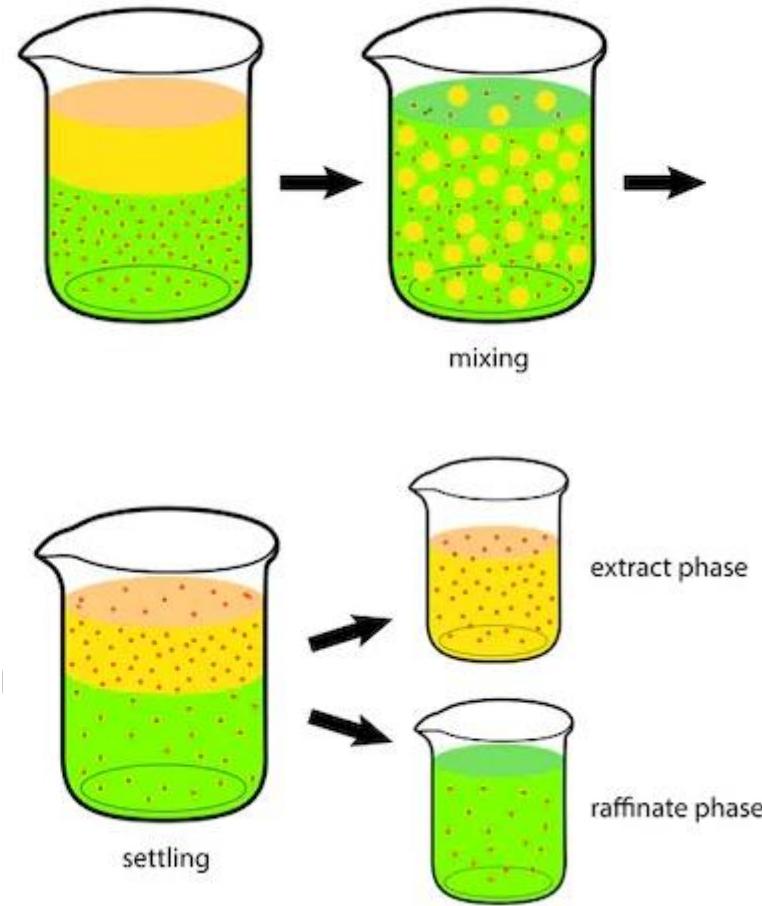


TEMA I

EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

1.1. Fundamentos teóricos de la extracción líquido-líquido. Soluto, solvente, diluyente, extracto y refinado. Aplicaciones.

1.2. Tipos de equilibrio: uno o dos pares de componentes parcialmente miscibles. Coeficiente de distribución. Representación gráfica de sistemas ternarios: triángulo equilátero, triángulo rectángulo, diagrama de distribución de equilibrio, diagramas de disolvente o diagrama de coordenadas Janecke. Curvas de distribución. Efecto de la temperatura.



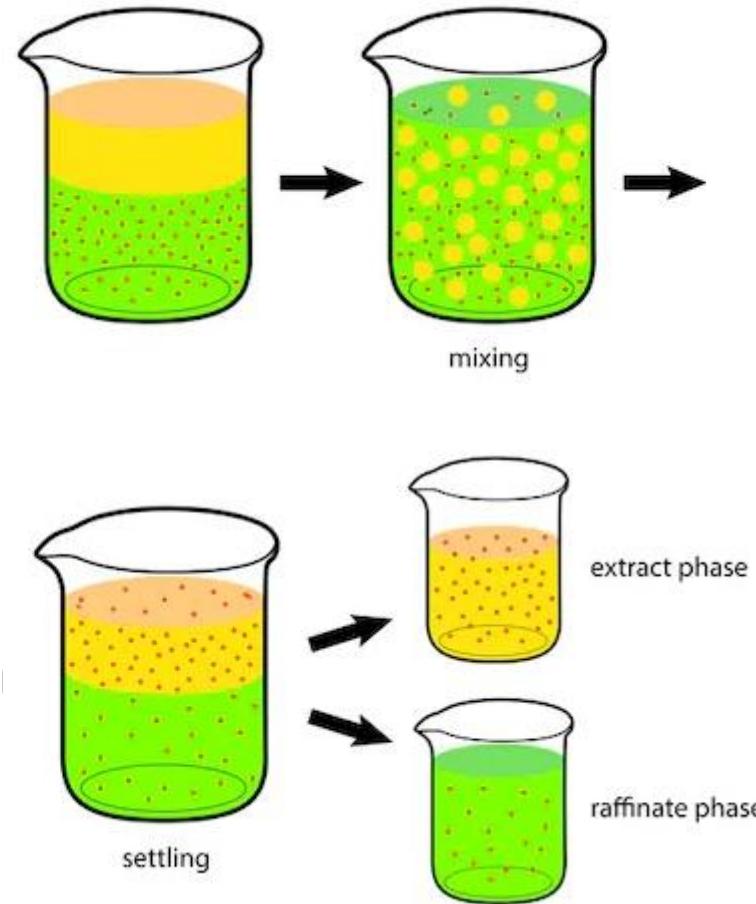
TEMA I

EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

1.3. Criterios de selección del solvente.

Diagrama de selectividad.

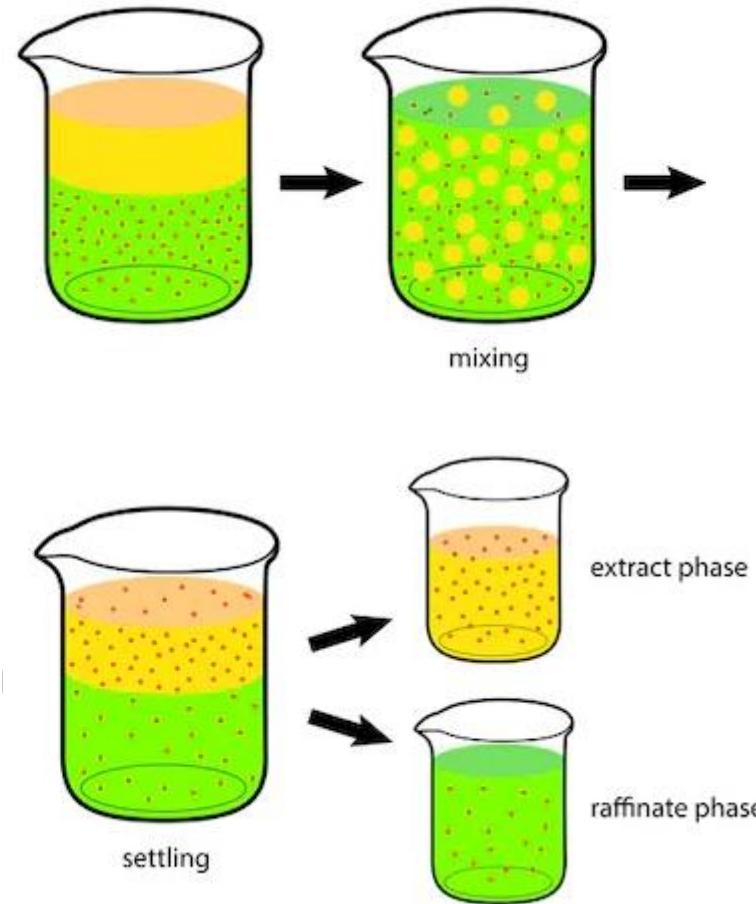
1.4. Extracción por contacto discontinuo:
extracción en una sola etapa y extracción
en múltiples etapas en serie en corriente
directa. Representación gráfica, elección
de la relación solvente/carga, solvente
máximo y mínimo.



TEMA I

EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

1.5. Extracción por contacto continuo:
extracción en contracorriente y
extracción con reflujo. Representación
gráfica, elección de la relación
solvente/alimentación, relación de
solvente máxima, relación de solvente
mínima, reflujo mínimo, determinación
gráfica de número de etapas mínimo y
teóricas, sección de enriquecimiento del
extracto y sección de agotamiento del
refinado. Zona factible de alimentación.





TEMA II

EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO

- 2.1.** Fundamentos teóricos de la extracción sólido-líquido. Analogía de extracción sólido-líquido con extracción líquido-líquido.
- 2.2.** Tipos de equilibrio de los componentes. Representación gráfica: triángulo rectángulo y diagrama rectangular.
- 2.3.** Contacto sencillo y contacto múltiple en corriente directa.
- 2.4.** Extracción por contacto continuo: extracción en contracorriente.