



Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química
Dpto. de Operaciones Unitarias y Proyectos



EXTRACCIÓN LÍQUIDO- LÍQUIDO

Prof. Yoana Castillo

yoanacastillo@ula.ve

Web: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/yoanacastillo/>

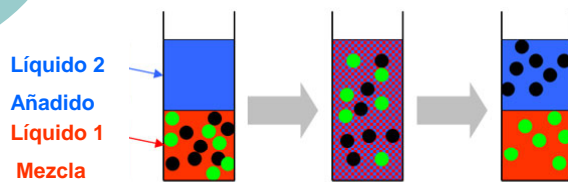
CONTENIDO

- Definiciones.
- Aplicaciones industriales.
- Nomenclatura.
- Equilibrio líquido- líquido.
- Diagramas de equilibrio.
- Tipos de sistemas.
- Trazado de curvas de reparto.
- Método de cálculo.
- Extracción en una sola etapa.
- Criterio para elegir el solvente.
- Equipos industriales.

EXTRACCIÓN LÍQUIDO LÍQUIDO.[1,2]

Proceso en el que se eliminan uno ó más solutos de un líquido transfiriéndolo(s) a una segunda fase líquida (añadida).

Las dos fases líquidas deben ser: parcialmente solubles ó totalmente inmiscibles.



La separación se basa en las distintas solubilidades del soluto en las 2 fases.

Se necesita:

- Contacto de las 2 fases líquidas.
- Separación de las 2 fases finales.
- Recuperación del líquido añadido (Solvente o disolvente.)

EXTRACCIÓN LÍQUIDO LÍQUIDO.

Se usa:

Cuando fallan los métodos directos o proporcione un proceso total menos costoso:

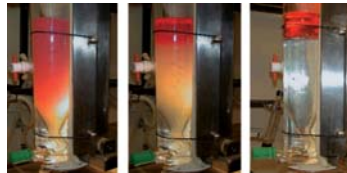
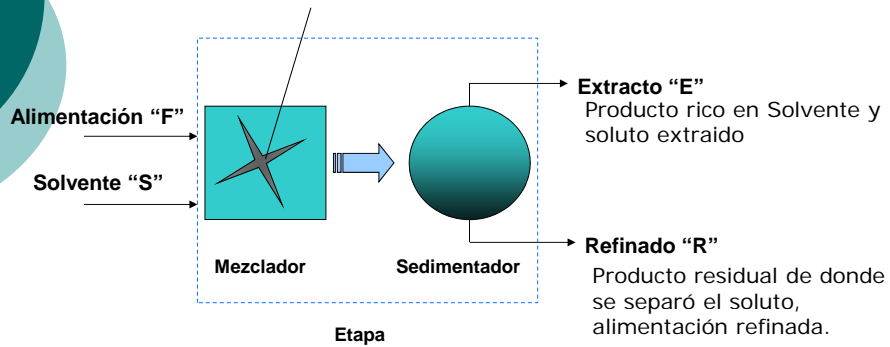
- Separación de líquidos con puntos de ebullición próximos, volatilidades relativas cercanas a la unidad. Isómeros.
- Separación de mezclas que forman azeótropos.
- Separación de sustancias sensibles al calor.
- En sustitución de destilaciones en alto vacío, evaporaciones, cristalizaciones costosas. [3-4]

Aplicaciones industriales [1-4]:

- Extracción de compuestos aromáticos y naftenicos 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,...) de efluentes acuosos con ácidos ó aminas.
- Recuperación de Uranio.
- Extracción de Penicilina y Proteínas.



NOMENCLATURA



EQUILIBRIO LÍQUIDO LÍQUIDO.

Componentes: 1,2,3

Fases: α, β

$$\bar{f}_1^\alpha = \bar{f}_1^\beta \quad \text{Ec. 1}$$

$$x_1^\alpha \gamma_1^\alpha = x_1^\beta \gamma_1^\beta \quad \text{Ec. 2}$$

Factor de separación

$$\alpha_{12}^s = \frac{\frac{X_{1,f\alpha}}{X_{2,f\alpha}}}{\frac{X_{1,f\beta}}{X_{2,f\beta}}} = \frac{X_{1,f\alpha} * X_{2,f\beta}}{X_{2,f\alpha} * X_{1,f\beta}} \quad \text{Ec. 3}$$

$$\alpha_{12}^s = \frac{\gamma_{1,f\beta} * \gamma_{2,f\alpha}}{\gamma_{1,f\alpha} * \gamma_{2,f\beta}} \quad \text{Ec. 4}$$

Soluciones Reales $\gamma \neq 1$

EQUILIBRIOS DE EXTRACCIÓN. [2]

Llamaremos Coeficiente de Distribución o Coeficiente de Reparto " K_i " entre las 2 fases separadas R y E, a la relación entre las concentraciones que alcanza ese componente en ambas fases en EQUILIBRIO.

$$K_i = \frac{\text{Conc comp. "i" en E}}{\text{Conc comp. "i" en R}} \quad \text{Ec. 5}$$

K_i depende de:

- Disolvente empleado.
- Composición de la mezcla.
- Temperatura.



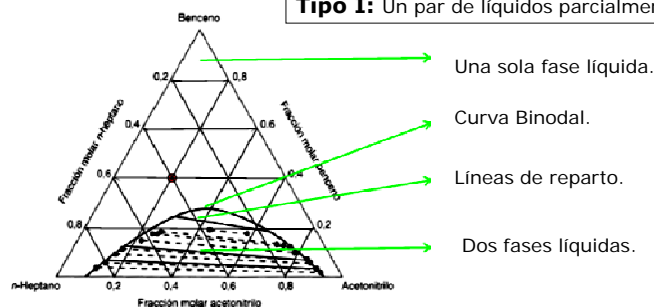
Se debe tener conocimiento de los datos de equilibrio de los 3 componentes que constituyen el Sistema Ternario.

DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO [2-4]

- Triángulo equilátero.
- Triángulo rectángulo.
- Concentración libre de solvente, coordenadas Janecke.
- Diagrama de distribución de equilibrio.
- Diagrama Líquidos Inmiscibles

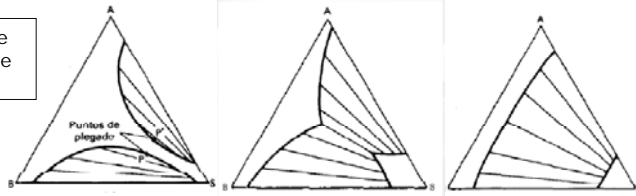
Triángulo equilátero.

Tipo I: Un par de líquidos parcialmente miscibles



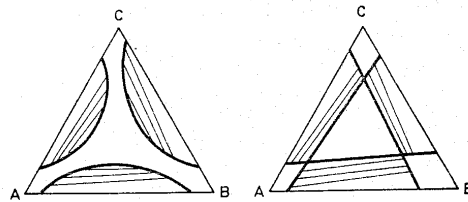
Tipos de Sistemas representados en Triángulos equiláteros.

Tipo II: 2 pares de líquidos parcialmente miscibles

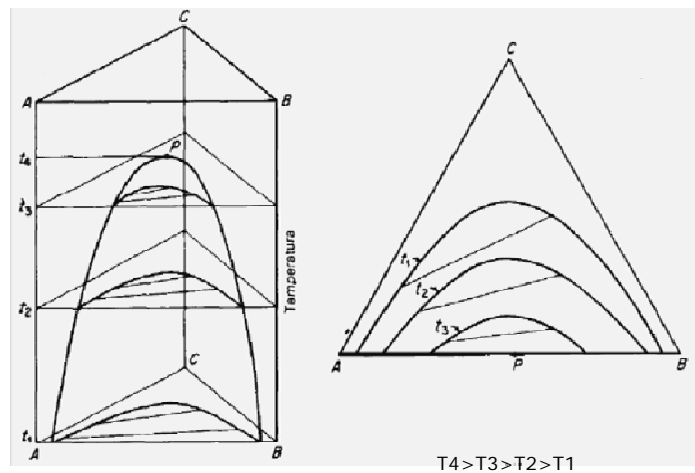


Si se disminuye T el sistema puede tener una banda que atraviesa el triángulo

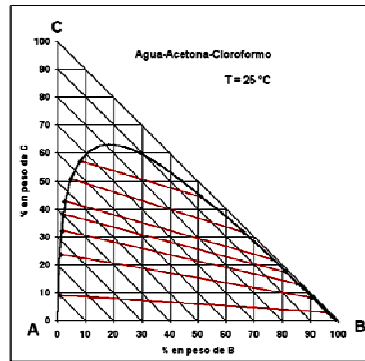
Tipo III: 3 pares de líquidos parcialmente miscibles.



Efecto de la Temperatura sobre el equilibrio.[3-4]



Triángulo rectángulo.



Evita la acumulación de datos, permite expandir escalas.

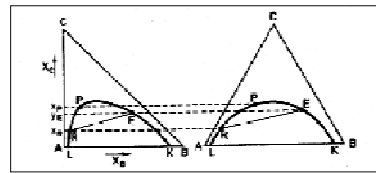
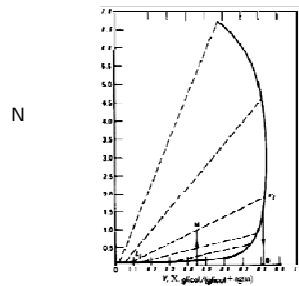


Diagrama de Concentración Libre de Solvente. JANECKE

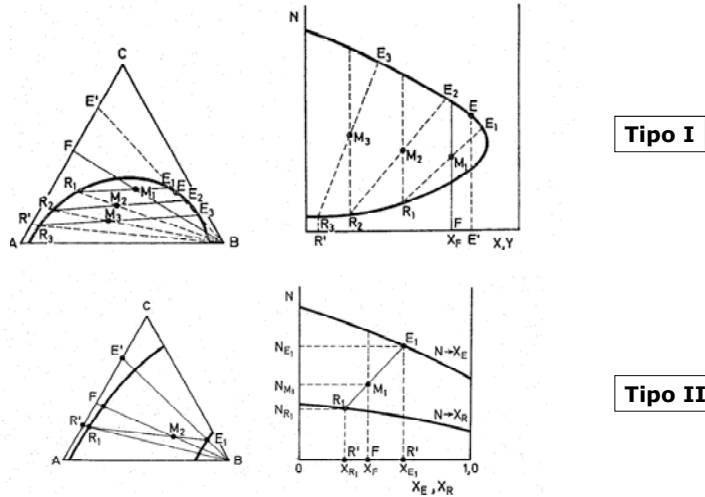


$$N = \frac{B}{C + A}$$

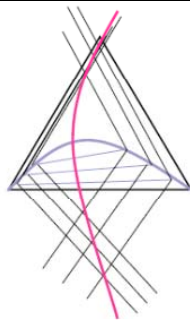
$$X = \left(\frac{C}{C + A} \right)_{\text{Refinado}}$$

$$Y = \left(\frac{C}{C + A} \right)_{\text{Extracto}}$$

Comparación entre diagrama equilátero y libre de solvente



TRAZADO DE LINEAS DE REPARTO [2]



- Método de Alders:

Por los extremos de las líneas de reparto experimentales se trazan paralelas a los lados del triángulo, la intersección genera la Línea Conjugada.

- Método de Sherwood. Variante del método anterior.
- Método de Tarasenkow y Paulsen. Ubicación del foco.

MÉTODOS DE CÁLCULO.

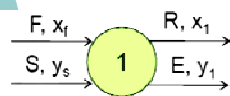
Depende del METODO DE CONTACTO [2].

- Contacto Sencillo: Extracción en una sola etapa.
- Contacto Múltiple en Corriente Directa .
- Contacto Múltiple en Contracorriente.
- Contacto Múltiple en contracorriente con reflujo en continuo.



Todas se desarrollarán en este curso.

Contacto Sencillo: Extracción en una sola etapa.

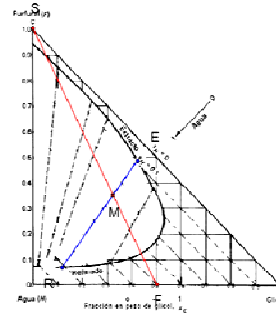
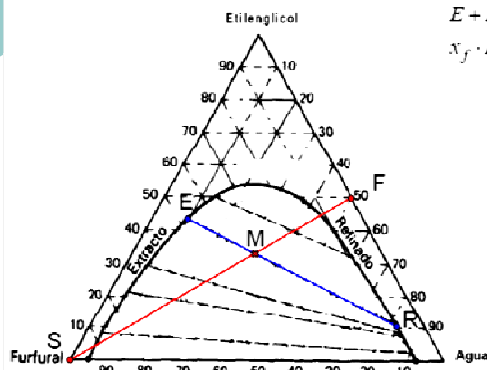


$$F + S = M$$

$$x_f \cdot F + y_s \cdot S = x_M \cdot M$$

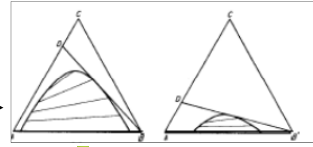
$$E + R = M$$

$$x_f \cdot F + y_s \cdot S = y_1 E + x_1 R$$



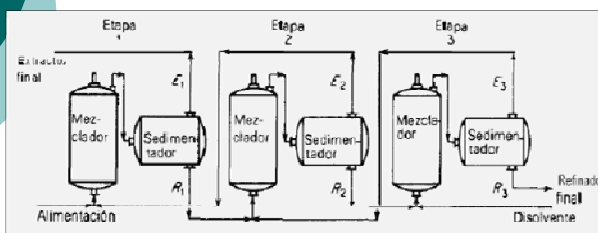
CRITERIO PARA ELEGIR EL SOLVENTE [1-4]

- Selectividad.
- Altos Coeficientes de Distribución, K_i .
- Insolubilidad del solvente.
- Recuperabilidad.
- Alta densidad y tensión interfacial.
- Reactividad química: Estable e inerte frente a los materiales de construcción.
- Baja viscosidad, presión de vapor, punto de congelamiento.
- No tóxico, no inflamable.
- Bajo costo.



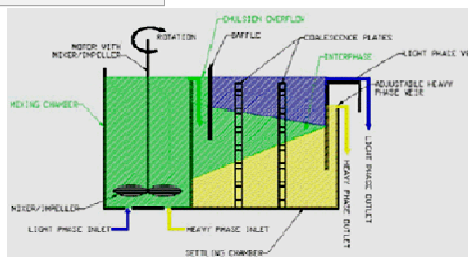
EQUIPOS EXTRACCION LL. [1-5]

1. Extracción por etapas: MEZCLADOR SEDIMENTADOR

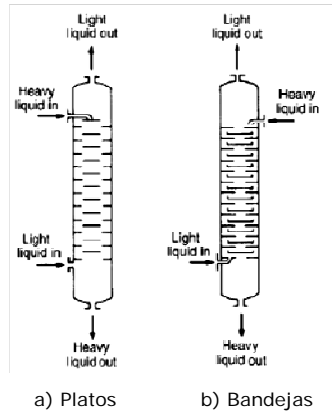


Sedimentación por gravedad.

Arreglo en un mismo equipo.
Evita tramos de tuberías intermedias



1. Extracción por etapas: COLUMNAS

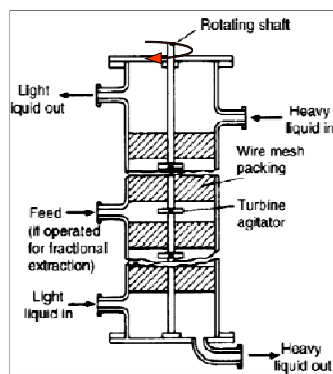


Redispersión pobre entre etapas.
Bajas eficiencias.

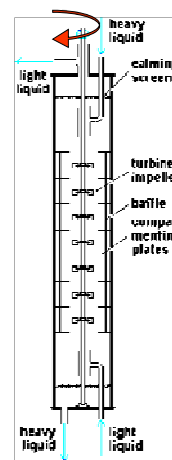


1. Extracción por etapas: COLUMNAS CON AGITACIÓN

Incorporación de agitadores radiales

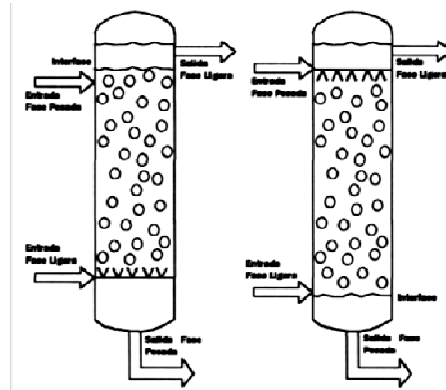


Columna de York-Scheibel



Columna de Oldshue-Rushton

2. Extracción por contacto diferencial: COLUMNAS SPRAY

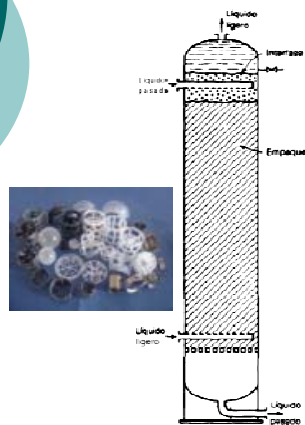


Fase ligera dispersada

Fase pesada dispersada

El tamaño de gota es un factor crítico.

2. Extracción por contacto diferencial: COLUMNAS EMPACADAS, PULSANTES

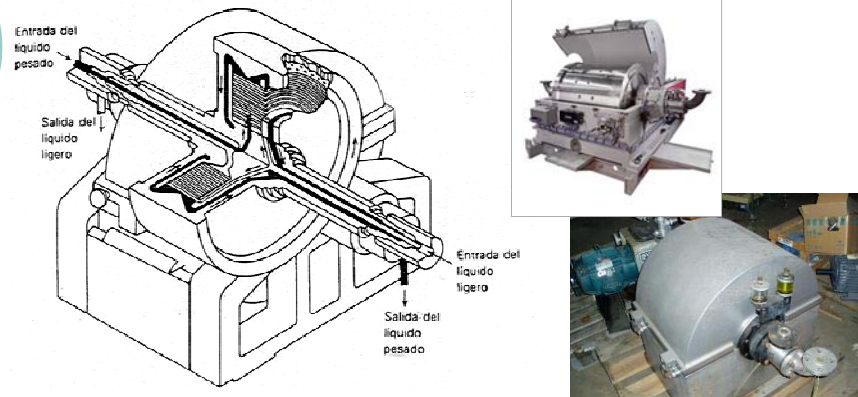


Columna Empacada



Columnas Pulsantes

2. Extracción por contacto diferencial: EXTRACTOR CENTRIFUGO



Extractor Podbielniak.

Líquidos con poca diferencia de densidades.

REFERENCIAS

- [1] WANKAT, P. "Ingeniería de procesos de separación". 2da edición. (2008). Pearson Educación. Capítulo 13.
- [2] OCON; TOJO. "Problemas de Ingeniería Química". Editorial Aguilar. (1974) Capítulo 11.
- [3] TREYBAL, R. "Extracción en fase líquida". Primera edición. UTEA. Capítulos 1-10,13.
- [4] TREYBAL, R. "Operaciones de Transferencia de Masa". Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. Capítulo 10.
- [5] COULSON J., RICHARDSON J. "Chemical Engineering. Volume 2: Particles Technology and separation processes" 5ta edición. (2002). Pág 723 y ss.