



**INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
MÉRIDA VENEZUELA

# SISTEMAS GAS - LIQUIDO

Capítulo III

Curso: Físicoquímica para Ingenieros

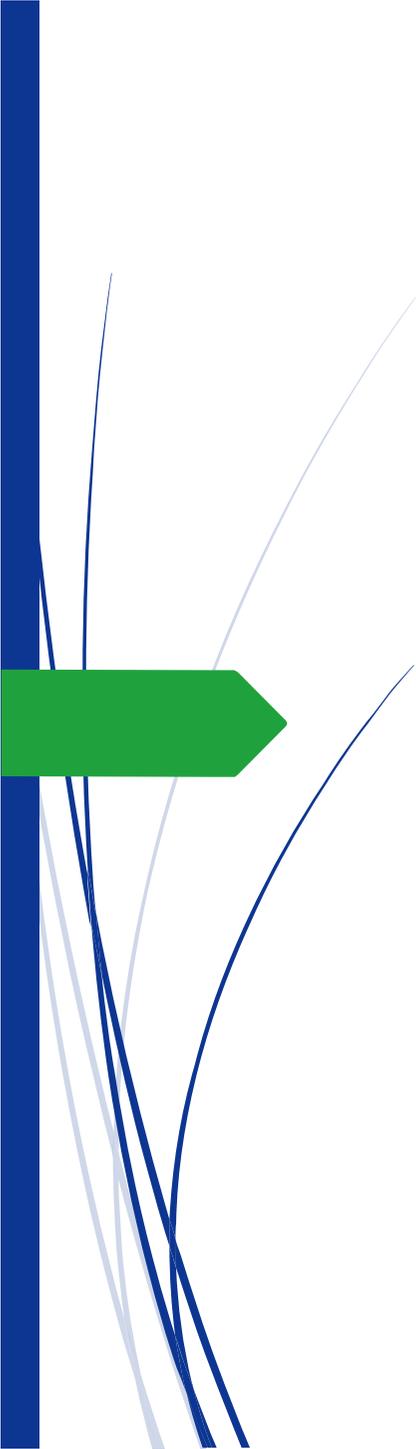
Prof. Silvia Margarita Calderón, PhD

Departamento de Química Industrial y Aplicada



# Contenido

- **BINARIOS IDEALES.** Diagramas  $P$  vs.  $X$ ,  $T$  vs.  $X$  y  $Y$  vs.  $X$ . Destilación simple y fraccionada. Regla de la palanca.
- **BINARIOS REALES Y AZEOTROPOS.** Coeficiente de actividad y su relación con la energía libre de exceso. Valores reales. Determinación, fuentes y usos. Expresiones empíricas de Van Laar y Margules. Diagramas  $P$  vs.  $X$ ,  $T$  vs.  $X$  y  $Y$  vs.  $X$  con azeótropos. El separador azeotrópico. Azeótropos con lagunas de miscibilidad. Recuperación de solventes. Destilación por arrastre con vapor.
- **MULTICOMPONENTES.** Tratamiento general del equilibrio Gas-Líquido en sistemas multicomponentes. Tratamiento Flash usando monogramas de  $K_i$ .



# BINARIOS IDEALES.

Diagramas P vs. X, T vs. X y Y vs. X. Destilación simple y fraccionada. Regla de la palanca.



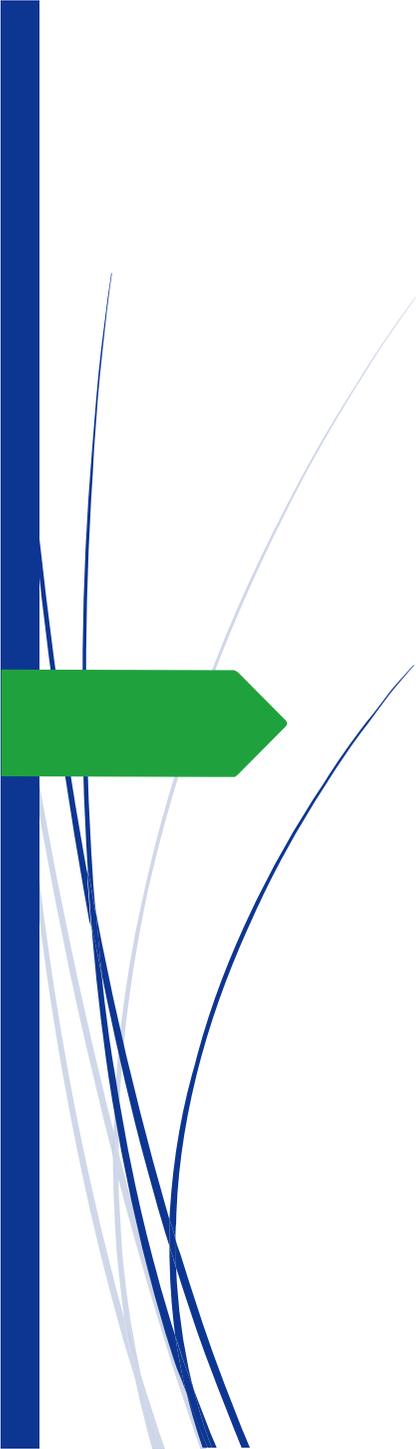
# Objetivos

- Comprender el modelo de Solución Ideal y sus implicaciones termodinámicas
- Comprender los conceptos de punto de burbuja y punto de rocío
- Comprender y construir los diagramas de equilibrio líquido vapor para sistemas binarios ideales a temperatura constante
- Comprender y construir los diagramas de equilibrio líquido vapor para sistemas binarios ideales a presión constante



# Cómo se estudian las soluciones?

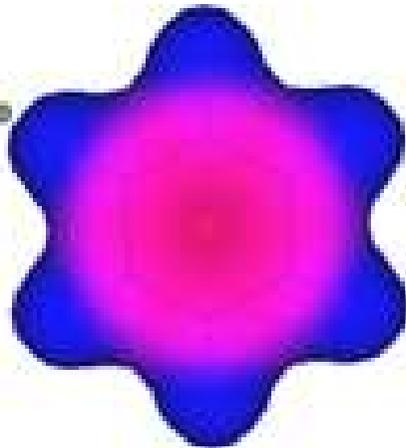
- Una vez que el soluto A se ha solubilizado en B a consecuencia de las fuerzas intermoleculares, se tiene una fase homogénea líquida, la solución
- Para estudiar a la solución escojemos el modelo de referencia: la solución ideal
- Toda solución “real” se compara con la solución ideal, así como se hace con los gases



# Modelo de Solución Ideal

# Solución Ideal

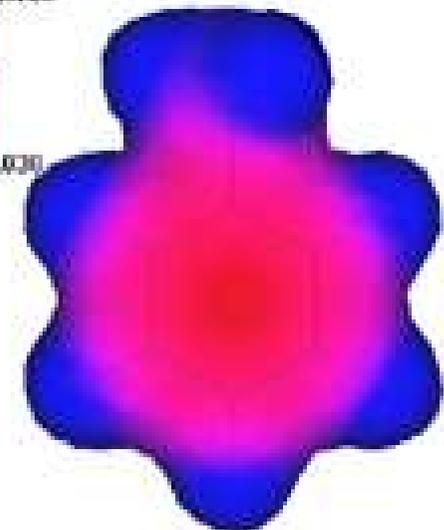
Los compuestos A y B se comportan en solución como lo harían en su estado de pureza



Benceno

$$\left\{ \begin{array}{l} A \leftrightarrow A \\ B \leftrightarrow B \end{array} \right\} \approx \{ A \leftrightarrow B \}$$

Las fuerzas intermoleculares entre A y B son muy semejantes a las correspondientes a A y A ó B y B



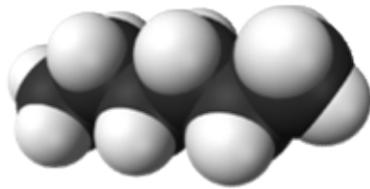
Tolueno

Densidad electrónica: (roja -) (azul +)

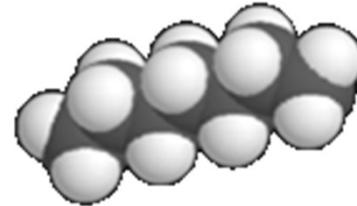
# Solución Ideal

## Quiénes pueden formarlas?

### 1. Miembros adyacente de series homólogas



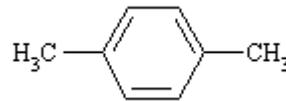
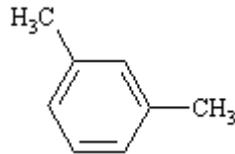
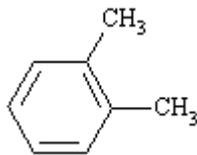
Hexano



Heptano

*Las fuerzas intermoleculares son de dispersión de London en solución y en estado de pureza*

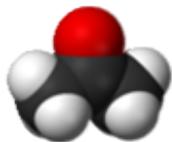
### 2. Isómeros



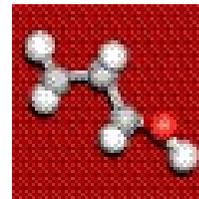
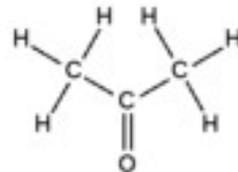
orto, meta y para-xileno

*Las fuerzas intermoleculares son de dispersión de London en solución y en estado de pureza*

### 3. Moléculas con tamaño y naturaleza química similar



Acetona



$\text{CH}_3\text{-C} \equiv \text{N}$

*Las fuerzas intermoleculares predominantes son los puentes de hidrógeno en solución y en estado de pureza*

# La fugacidad en una Solución Ideal

## Regla de Lewis-Randall

- La fugacidad de la especie  $i$  en una solución ideal es proporcional a la fugacidad de la especie pura en el mismo estado físico de la solución y a las mismas  $T$  y  $P$ .

$$\hat{f}_i^{id} = x_i f_i$$

*Como las fuerzas intermoleculares en solución no difieren de las del estado de pureza, la fugacidad sólo depende de la cantidad de la sustancia en la solución*

- El coeficiente de fugacidad de la especie  $i$  en una solución ideal es igual al coeficiente de fugacidad de la especie pura en el mismo estado físico de la solución y a las mismas  $T$  y  $P$ .

$$\hat{\phi}_i^{id} = \phi_i$$

# Propiedades de Mezcla de Soluciones Ideales

M es cualquier propiedad termodinámica

$$\Delta M_{mezcla} = \sum x_i \bar{M}_i - \sum x_i M_i^o$$

$M_i^o$  Propiedad Termodinámica del compuesto puro a la T y P de la solución

$$\Delta V_{mezcla} = 0$$

$$V_{ideal}^{solucion} = \sum x_i V_i^o$$

Volúmenes aditivos

$$\Delta H_{mezcla} = 0$$

$$H_{ideal}^{solucion} = \sum x_i H_i^o$$

No hay contracción ni expansión de volumen, ni calentamiento ni enfriamiento durante el proceso de mezcla

$$\Delta S_{mezcla} = -R \sum x_i \ln(x_i)$$

$$S_{ideal}^{solucion} = \sum x_i S_i^o - R \sum x_i \ln(x_i)$$

$$\Delta G_{mezcla} = RT \sum x_i \ln(x_i)$$

$$G_{ideal}^{solucion} = \sum x_i G_i^o + RT \sum x_i \ln(x_i)$$

Nótese que el cambio entrópico de mezcla es siempre positivo (proceso irreversible), y el cambio de energía libre de Gibbs es siempre negativo (proceso espontáneo)

# Condición de Equilibrio Líquido-Vapor

A la P y T de equilibrio debe cumplirse para cada componente que:

Fase Vapor

$$\hat{f}_i^V = \hat{f}_i^L$$

Fase Líquida: **Solución Ideal**

$$\hat{f}_i^V = \phi_i^V P_i = \phi_i^V y_i P$$

$\phi_i^V$  : coeficiente de fugacidad molar parcial del compuesto i puro a T y P

Cuando  $P \ll P_{c,i}$  entonces podemos suponer que  $\phi_i^V$  es igual a la unidad

$$\hat{f}_i^V \simeq y_i P \quad \text{Ley de Dalton}$$

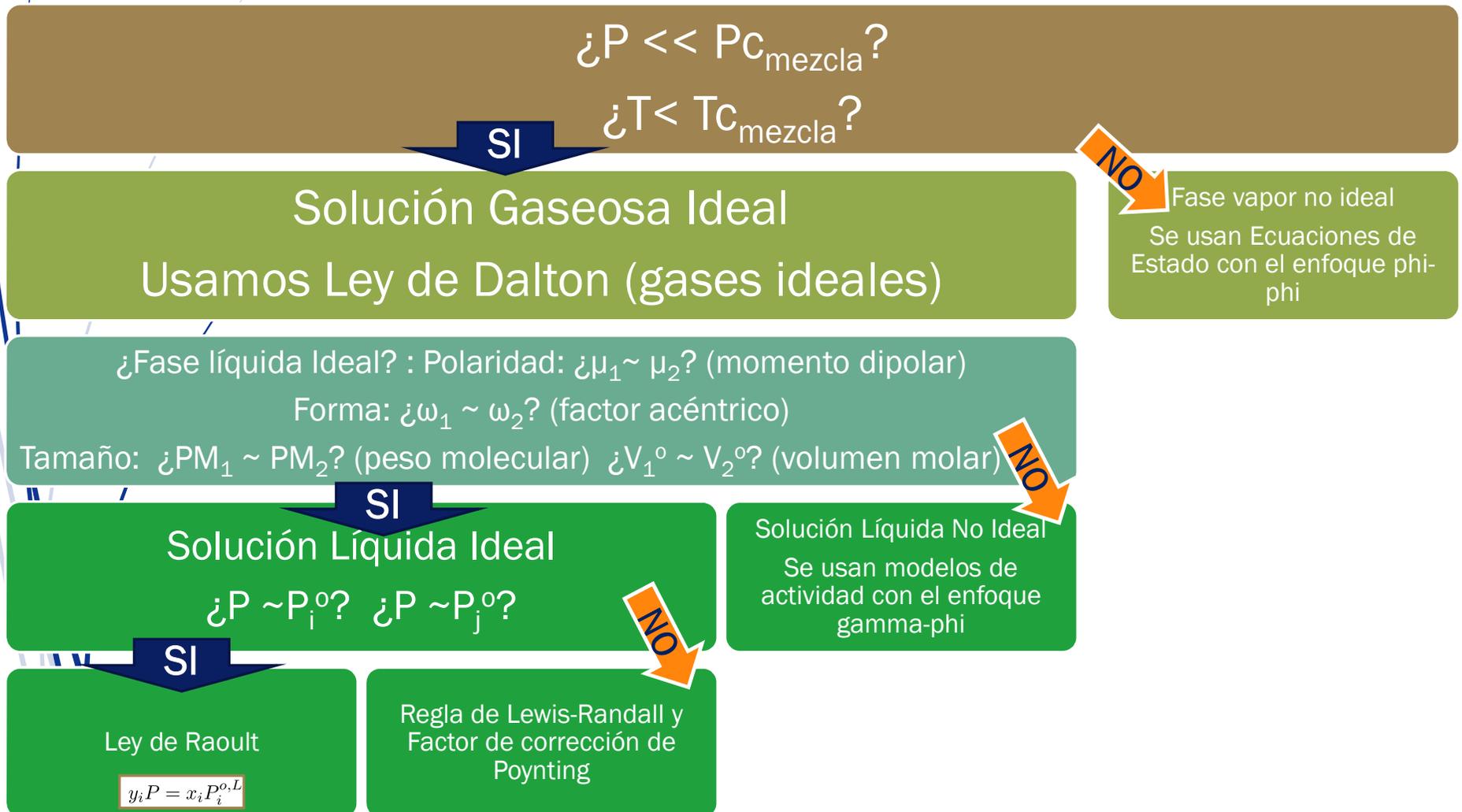
$$\hat{f}_i^L = x_i f_i^{o,L}$$

Cuando  $P \sim P_i^o$  entonces podemos suponer que:  $f_i^{o,L} \simeq P_i^{o,L}$

$$\hat{f}_i^L \simeq x_i P_i^{o,L} \quad \text{Ley de Raoult}$$

$$y_i P = x_i P_i^{o,L}$$

# ¿Cómo sabemos si podemos aplicar la relación $y_i P = x_i P_i^{o,L}$ a nuestro sistema?





# Cambio de fase de una solución a Temperatura constante

- ▶ El equilibrio termodinámico para las fases líquido y vapor de una solución se establece en un rango de presiones conocidas como:
  - ▶ **Presión de burbuja:** cuando por expansión de la solución en fase líquida se produce por **primera vez una burbuja de vapor**. Esta burbuja representa el vapor de mayor composición en el compuesto **más volátil** que puede obtenerse a partir de la solución
  - ▶ **Presión de rocío:** cuando por compresión de la solución en fase vapor, se produce la **primera gota de líquido** (rocío). Esta gota de líquido representa el líquido de mayor composición en el compuesto **más pesado** a obtener a partir de la solución

# Cómo se construye un diagrama ELV para un sistema ideal a Temperatura Constante

- Para toda solución de composición  $x_1$  (fracción molar en el compuesto más volátil) se cumple que:

$$P = P_1 + P_2 = x_1 P_1^o + (1 - x_1) P_2^o$$

Donde:  $P_1^o$  y  $P_2^o$  son las presiones de vapor de los compuestos puros a la temperatura constante

- El vapor en equilibrio con el líquido a la presión  $P$  tiene una composición igual a:

$$y_1 = \frac{P_1^o}{P} x_1$$

- El equilibrio líquido-vapor está definido entonces como un conjunto de dos puntos:  $(x_1, P)$  y  $(y_1, P)$
- Se realiza toda la secuencia de cálculos variando  $x_1$  desde 0 a 1, y se obtiene el diagrama Presión vs.  $x, y$  (composición de fases en equilibrio)

# Diagramas de fases para el equilibrio líquido-vapor de sistemas ideales

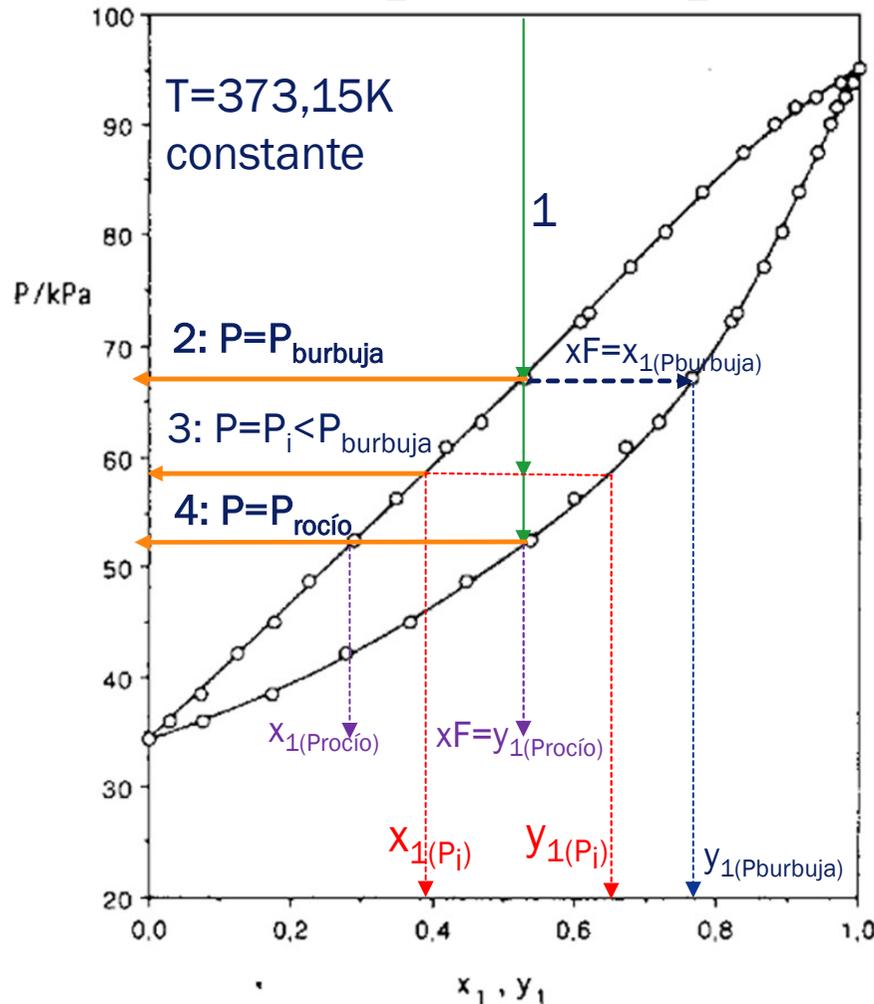


Figure 1. Vapor-liquid equilibrium data for 2-methyl-2-butanol (1) + 2-methyl-1-butanol (2) at 373.15 K.

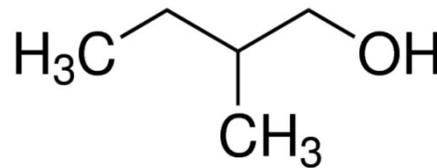
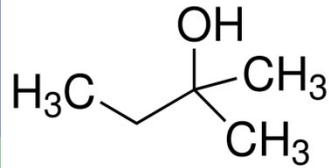
1: Se inicia la expansión isotérmica de la solución de composición  $x_F$

2: Se establece por 1<sup>era</sup> vez el ELV y se alcanza el punto de burbuja, la primera burbuja de composición  $y_{1(P_{\text{burbuja}})}$

3: Se continúa la expansión, crecen la masa de vapor a expensas de la masa del líquido

4: Se continúa la expansión, se establece por última vez, el ELV, se alcanza el punto de rocío, se tiene la última gota de líquido ( $x_{1(P_{\text{rocío}})}$ )

$$P_{\text{burbuja}} > P_{\text{rocío}}$$



# Diagrama P vs. x,y

## Sistema casi Ideal

Table 1. Vapor-Liquid Equilibrium Data for the 2-Methyl-2-butanol (1) + 2-Methyl-1-butanol (2) at 373.15 K

$x_1$	$y_1$	$P/\text{kPa}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$
0.000	0.000	34.35		
0.030	0.075	35.93	0.931	0.979
0.074	0.173	38.36	0.929	0.978
0.126	0.279	42.10	0.951	0.976
0.177	0.369	45.00	0.969	0.981
0.226	0.447	48.77	0.995	0.989
0.291	0.538	52.54	1.000	0.970
0.349	0.599	56.26	0.993	0.980
0.418	0.670	60.87	1.001	0.974
0.467	0.717	63.10	0.993	0.944
0.530	0.765	67.09	0.991	0.943
0.606	0.820	72.15	0.997	0.925
0.618	0.827	72.97	0.997	0.927
0.676	0.865	77.00	1.005	0.898
0.727	0.893	80.35	1.005	0.880
0.778	0.915	83.80	1.002	0.895
0.838	0.942	87.50	0.999	0.872
0.881	0.959	90.00	0.994	0.862
0.911	0.969	91.50	0.987	0.885
0.940	0.980	92.50	0.977	0.856
0.973	0.991	93.85	0.998	0.867
1.000	1.000	95.18		

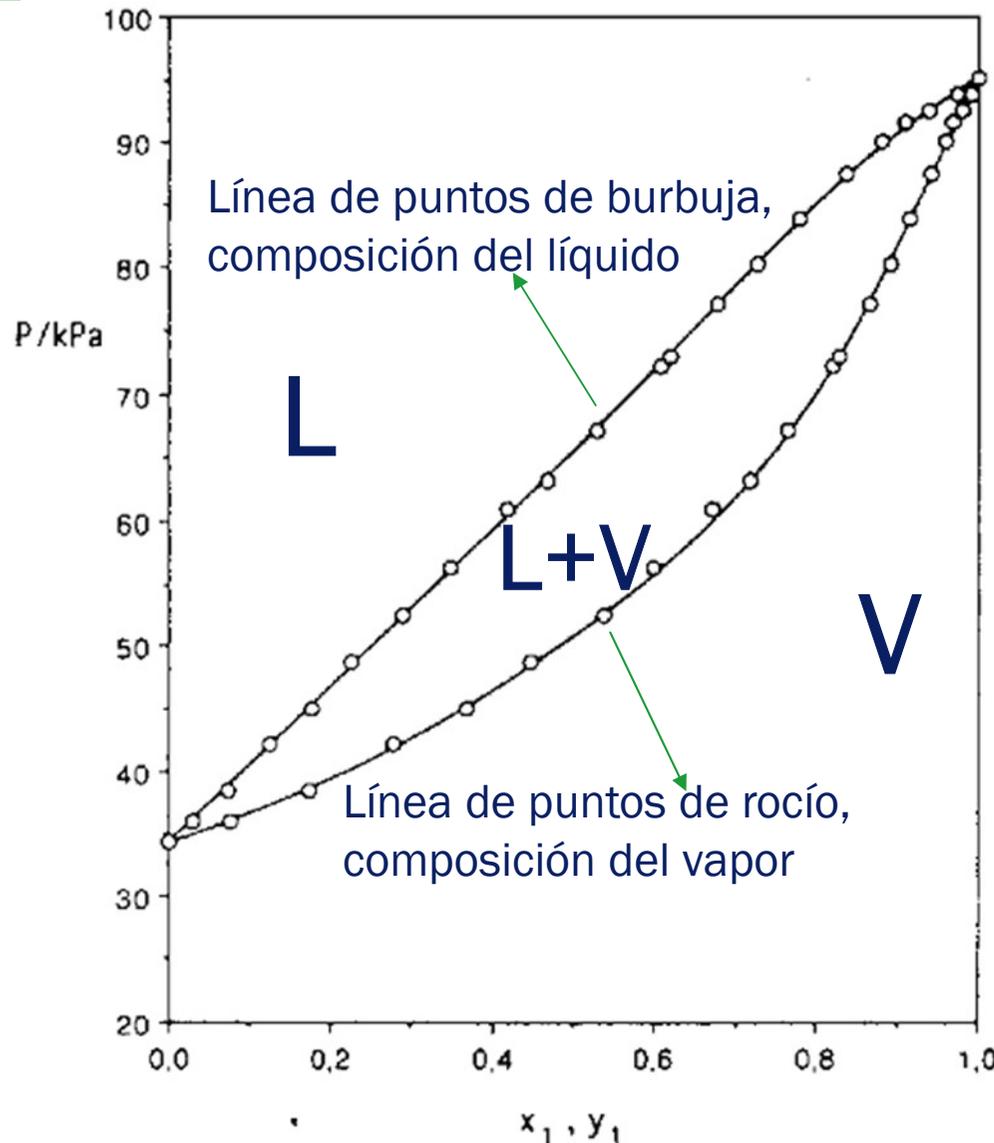


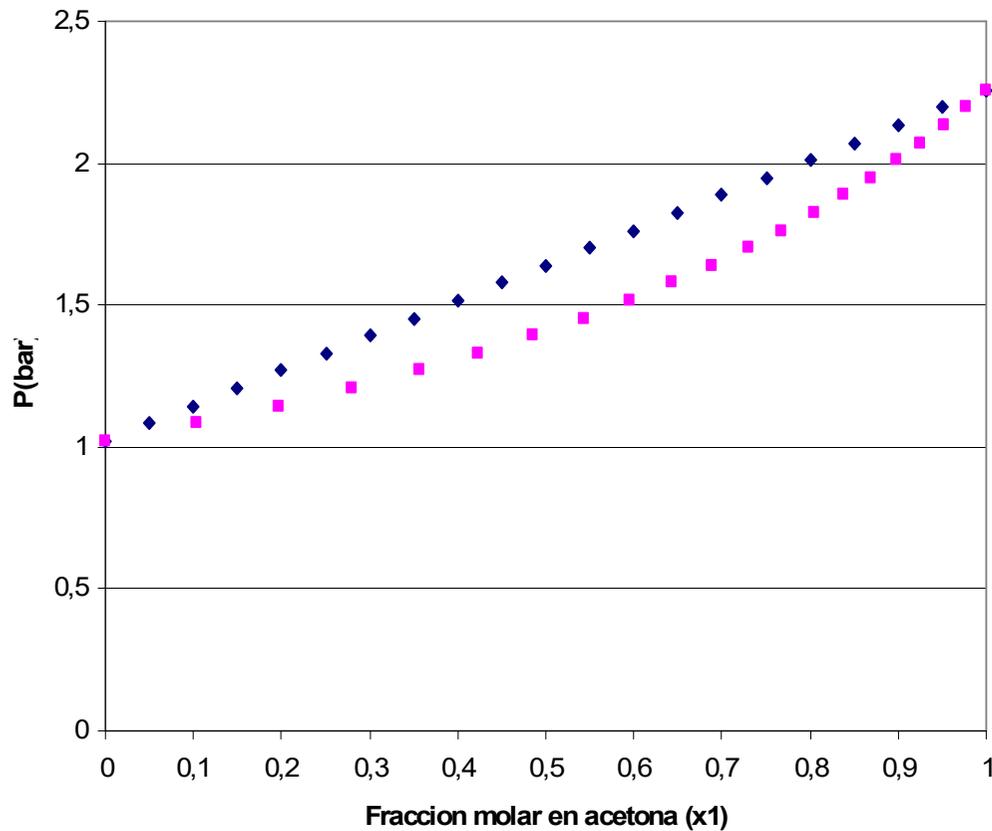
Figure 1. Vapor-liquid equilibrium data for 2-methyl-2-butanol (1) + 2-methyl-1-butanol (2) at 373.15 K.

- Si  $P > P_{\text{burbuja}}$  el sistema contiene una sola fase líquida (no hay ELV)
- Si  $P_{\text{rocío}} \leq P \leq P_{\text{burbuja}}$  el sistema contiene 2 fases (L y V) en equilibrio termodinámico
- Si  $P < P_{\text{rocío}}$  el sistema contiene una sola fase vapor (no hay ELV)

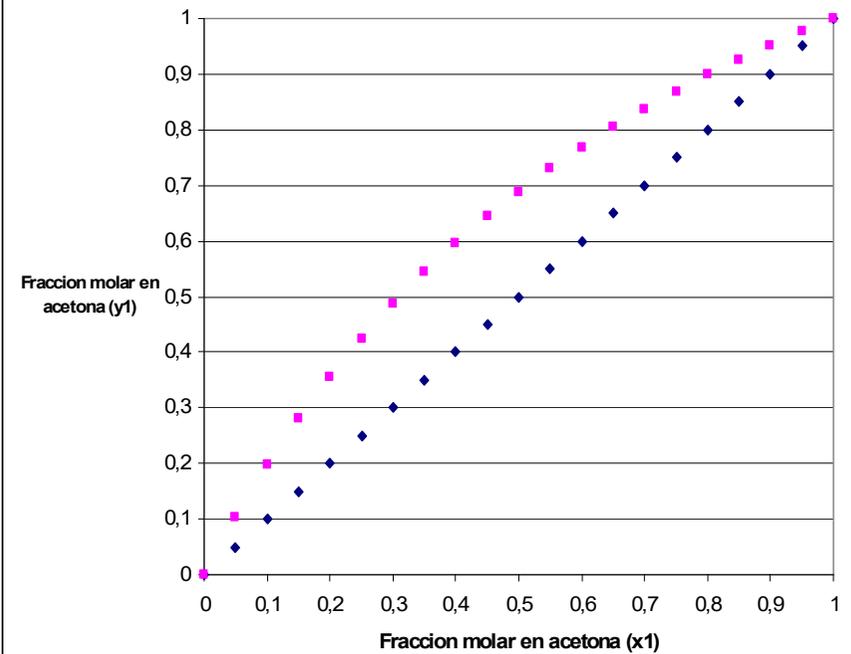
# Sistemas Ideales Binarios en Equilibrio

## Líquido – Vapor

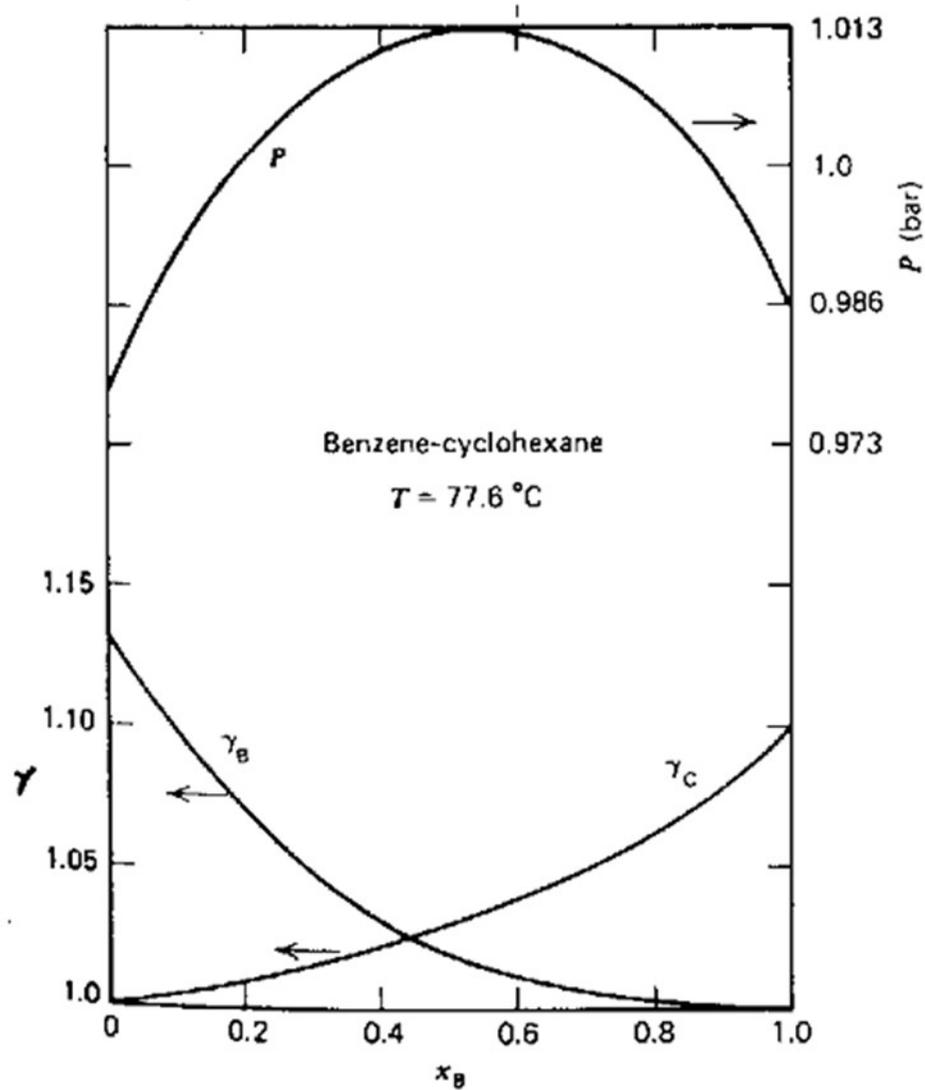
Equilibrio Líquido-Vapor del sistema acetona(1)-acetonitrilo(2)  
a  $T=354,8\text{ K}$



Equilibrio Líquido-Vapor del sistema acetona(1)-acetonitrilo(2) a  
 $T=354,8\text{ K}$



# Sistema casi Ideal



Pero presenta un azeotropo!!!

# Ejercicio

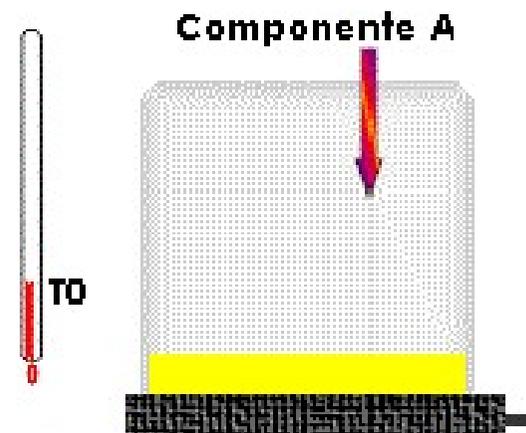
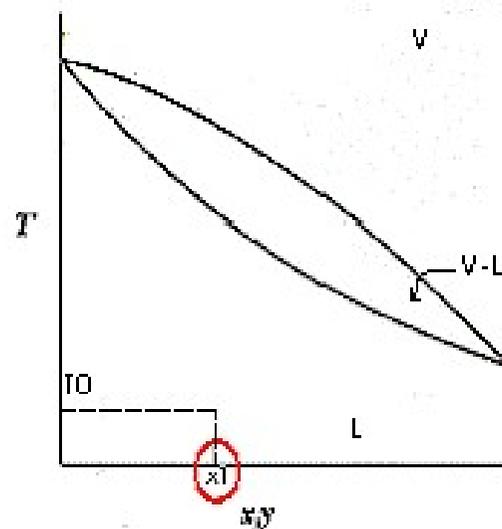
1. El benceno y el tolueno forman soluciones casi ideales. A 300K la presión de vapor del tolueno ( $P^{\circ}_{\text{Tol}}$ ) es igual a 32,06mmHg y la presión de vapor del Benceno ( $P^{\circ}_{\text{Ben}}$ ) 103,01mmHg.
  - a. Una mezcla líquida se compone de 3 gmoles de Tolueno y 2 gmoles de Benceno. Si la presión sobre la mezcla a 300K disminuye ¿a qué presión se forma el vapor?
  - b. ¿Cuál es la composición del primer vestigio de vapor formado?
  - c. Si la presión disminuye aún más ¿a qué presión desaparece el último vestigio de líquido?
  - d. ¿Cuál es la composición del último vestigio de líquido?
  - e. ¿Cuál será la presión, la composición del líquido y del vapor cuando se ha evaporado 1gmol de la mezcla? (Utilícese analíticamente la regla de la Palanca)

R: a.  $P=60,44\text{mmHg}$ .      b.  $y_{\text{Benceno}}=0,6817$       c.  $P=44,5\text{mmHg}$       d.  $x_{\text{Benceno}}=0,1725$   
e.  $P=56,42\text{mmHg}$ ,  $y_{\text{benceno}}=0,6268$ ,  $x_{\text{Benceno}}=0,3433$

Resuelva el problema analíticamente, y además construya el diagrama presión vs. composición y úselo para resolver el problema gráficamente

# Cambio de fase de una solución desde líquido a vapor a Presión constante

- Se realiza en un rango de temperaturas denominadas:
  - Temperatura de burbuja, donde se forma la primera burbuja de vapor
  - Temperatura de rocío, donde se evapora la última gota de líquido, o se forma la primera gota de líquido por condensación
- Para la construcción del diagrama de fases, sólo necesitamos la temperatura de burbuja





# Temperatura de burbuja

- ▶ La presión de vapor de la solución se iguala con la presión externa presentándose el equilibrio termodinámico entre las fases líquido y vapor
- ▶ La presión de vapor de la solución es el resultado de la contribución de todos los componentes volátiles presentes
- ▶ Para una solución de un sistema binario de composición,  $x_1$  fracción molar en el componente más volátil, la presión de vapor de la solución “real” es:

$$P = x_1 P_1^0 + x_2 P_2^0 = \text{constante}$$

Donde:  $P_1^0$  y  $P_2^0$  son las presiones de vapor de los compuestos puros a la temperatura de burbuja



# Temperatura de burbuja

- Si se considera que la presión de vapor de cada compuesto puro sigue el modelo de Antoine:

$$P = x_1 P_1^o + x_2 P_2^o = \text{constante}$$

$$P_1^o = 10^{\left(A_1 - \frac{B_1}{T+C_1}\right)}$$

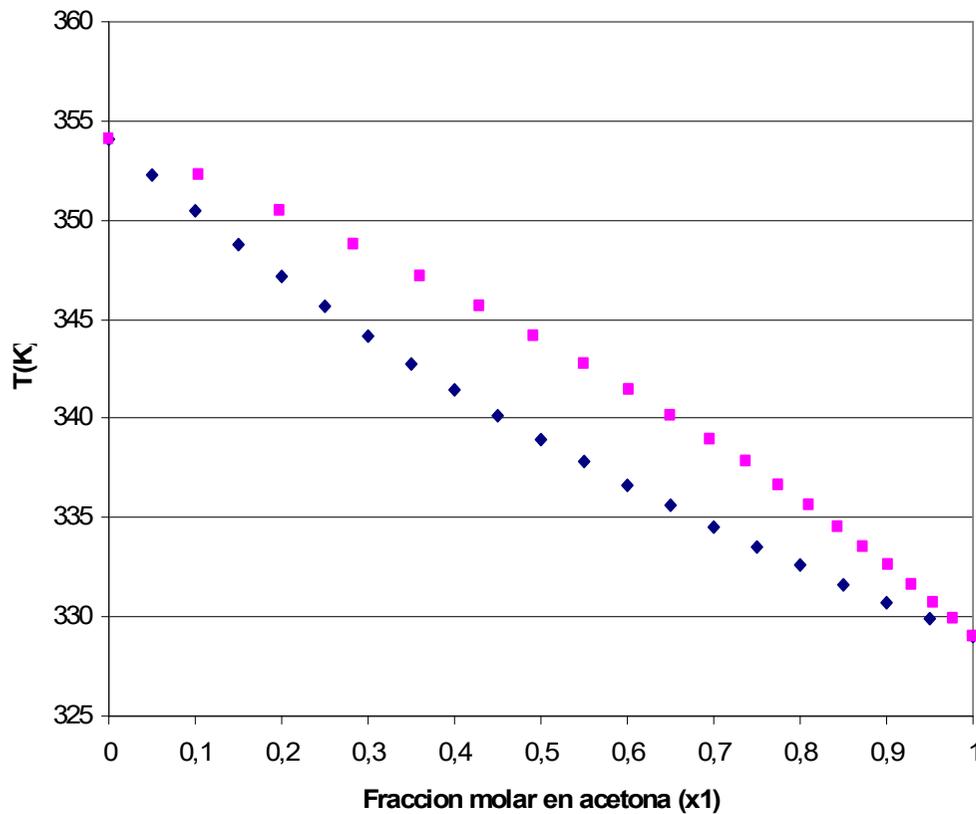
$$P_2^o = 10^{\left(A_2 - \frac{B_2}{T+C_2}\right)}$$

- Para una composición conocida se determina la temperatura a la cuál se igualan la presión de vapor de la solución y la presión exterior. Esta es la temperatura de burbuja,  $T_b$
- La composición del vapor en el punto de burbuja es:

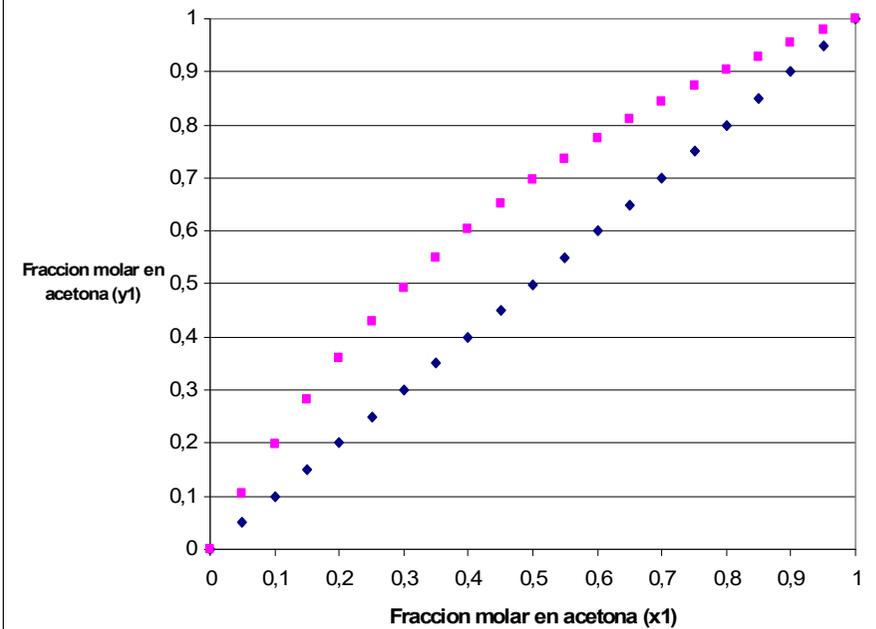
$$y_1 = \frac{x_1 P_1^o(T_b)}{P} \qquad y_2 = \frac{x_2 P_2^o(T_b)}{P}$$

# Sistemas Ideales Binarios en Equilibrio Líquido – Vapor

Equilibrio Líquido-Vapor del sistema acetona(1)-acetonitrilo(2) a P=1 bar



Equilibrio Líquido-Vapor del sistema acetona(1)-acetonitrilo(2) a P=1 bar





# Tarea

- Construir los diagramas del ELV para el sistema acetona(1)-acetonitrilo (2)
  - Presión vs.  $x_1, y_1$  a la temperatura de 354,8K
  - $x_1$  vs.  $y_1$  a la temperatura de 354,8K
  - Temperatura vs.  $x_1, y_1$  a la presión de 1 atm
  - $x_1$  vs.  $y_1$  a la presión de 1 atm
- Comparar el comportamiento del sistema en ambos casos
- Discutir sobre las razones que justifican la idealidad del sistema acetona(1)-acetonitrilo (2)



# Datos

$$\log p = A - \frac{B}{T + C}$$

P, en bar y T en K

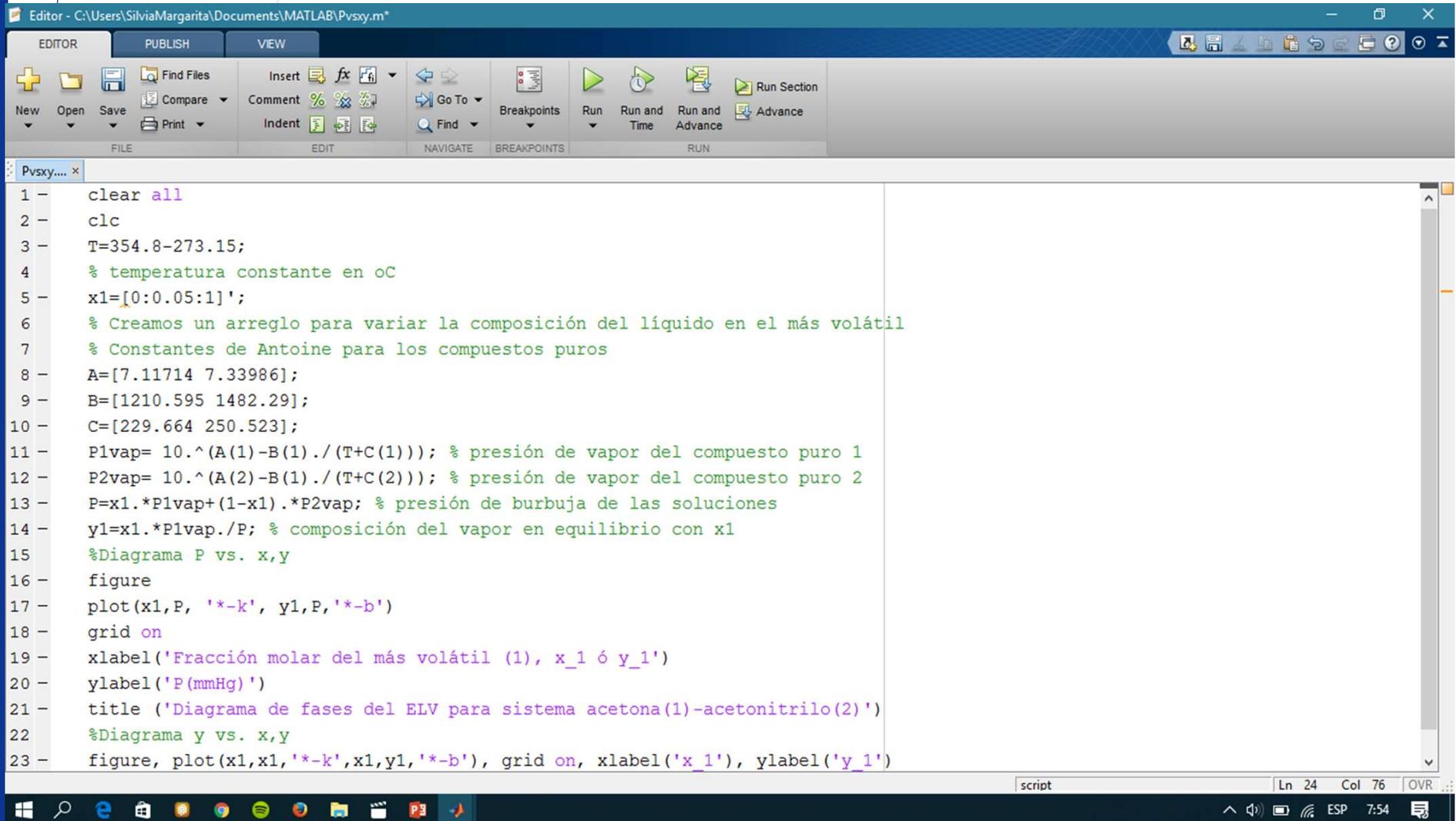
Constante	ACETONA	ACETONITRILO
A	4,42448	4,27873
B	1312,235	1355,374
C	-32,445	-37,853

Se recomienda conocer el sitio web:

<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=acetone&Units=SI&cTP=on>

# Presión de burbuja: MatLab

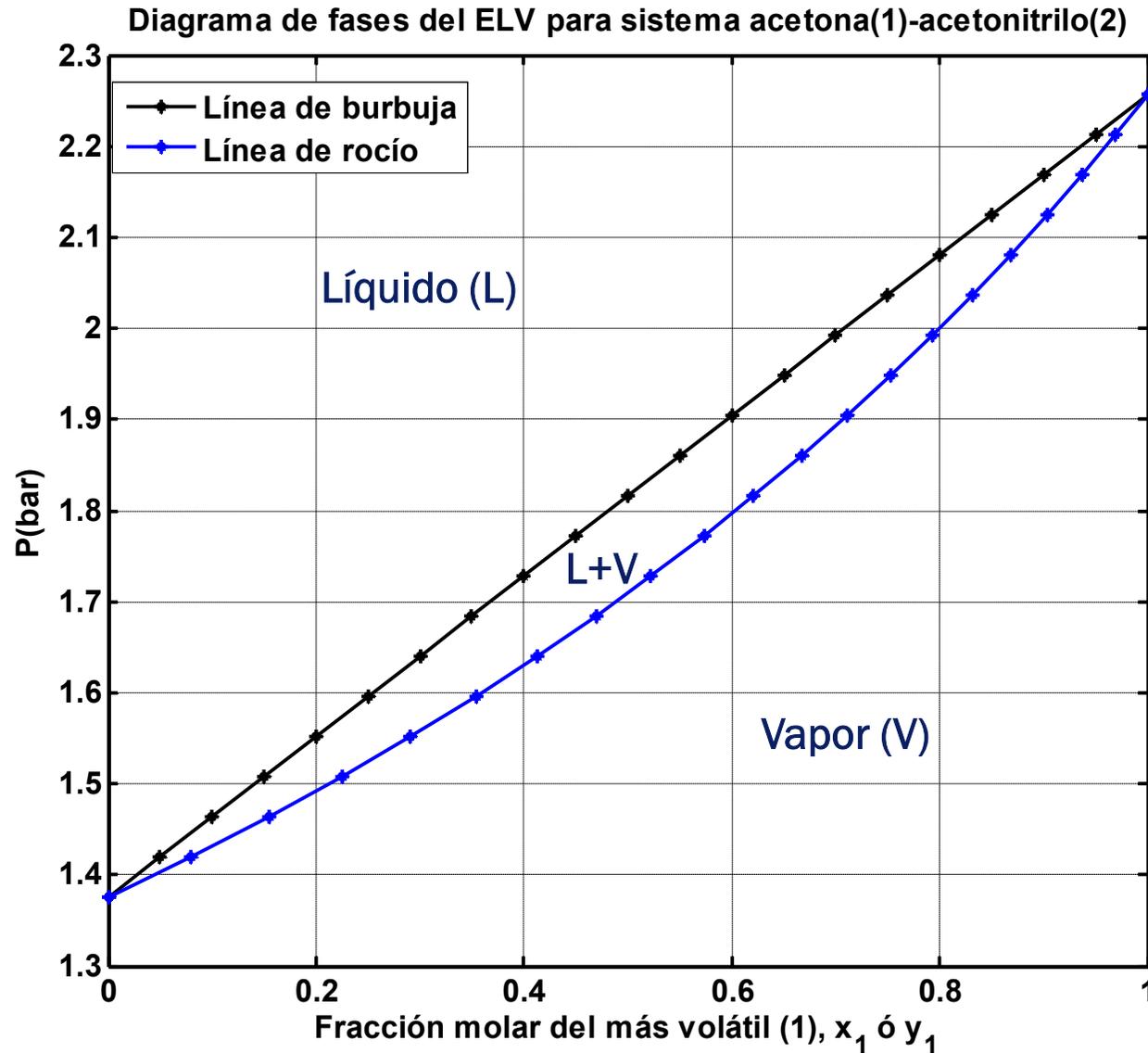
Crea un script ó archivo .m con las siguientes líneas de código



```
Editor - C:\Users\SilviaMargarita\Documents\MATLAB\Pvsxy.m
EDITOR PUBLISH VIEW
New Open Save Find Files Compare Print Insert fx fi Go To Find Breakpoints Run Run and Time Run and Advance
FILE EDIT NAVIGATE BREAKPOINTS RUN
Pvsxy... x
1 - clear all
2 - clc
3 - T=354.8-273.15;
4 - % temperatura constante en oC
5 - x1=[0:0.05:1]';
6 - % Creamos un arreglo para variar la composición del líquido en el más volátil
7 - % Constantes de Antoine para los compuestos puros
8 - A=[7.11714 7.33986];
9 - B=[1210.595 1482.29];
10 - C=[229.664 250.523];
11 - P1vap= 10.^(A(1)-B(1)./(T+C(1))); % presión de vapor del compuesto puro 1
12 - P2vap= 10.^(A(2)-B(2)./(T+C(2))); % presión de vapor del compuesto puro 2
13 - P=x1.*P1vap+(1-x1).*P2vap; % presión de burbuja de las soluciones
14 - y1=x1.*P1vap./P; % composición del vapor en equilibrio con x1
15 - %Diagrama P vs. x,y
16 - figure
17 - plot(x1,P, '*-k', y1,P,'*-b')
18 - grid on
19 - xlabel('Fracción molar del más volátil (1), x_1 ó y_1')
20 - ylabel('P(mmHg)')
21 - title ('Diagrama de fases del ELV para sistema acetona(1)-acetonitrilo(2)')
22 - %Diagrama y vs. x,y
23 - figure, plot(x1,x1,'*-k',x1,y1,'*-b'), grid on, xlabel('x_1'), ylabel('y_1')
```

script Ln 24 Col 76 OVR

Al hacer descender la presión de un sistema a temperatura constante:

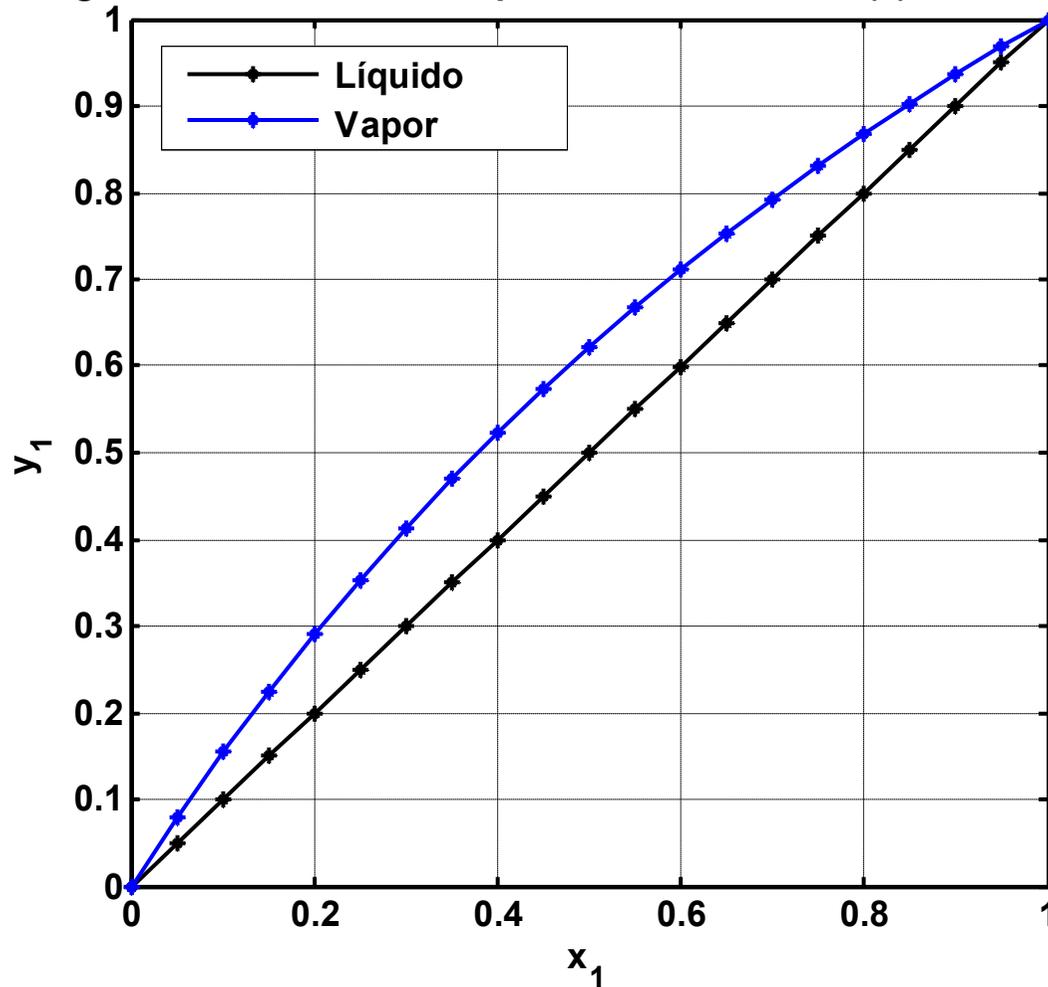


A presiones superiores a la línea de burbuja, todo sistema se encuentra en fase líquida (existe una fase vapor pero no está en equilibrio termodinámico con ésta). A la **presión de burbuja** se establece por 1era vez el ELV, el líquido tiene la composición de la solución original.

A la **presión de rocío** se establece por última vez el ELV. El vapor tiene la misma composición que la solución original.

ELV: Equilibrio termodinámico de fases líquido y vapor

Diagrama de fases del ELV para sistema acetona(1)-acetonitrilo(2)



En este diagrama se representa la relación entre las composiciones del líquido y el vapor en equilibrio termodinámico a una T y P dadas

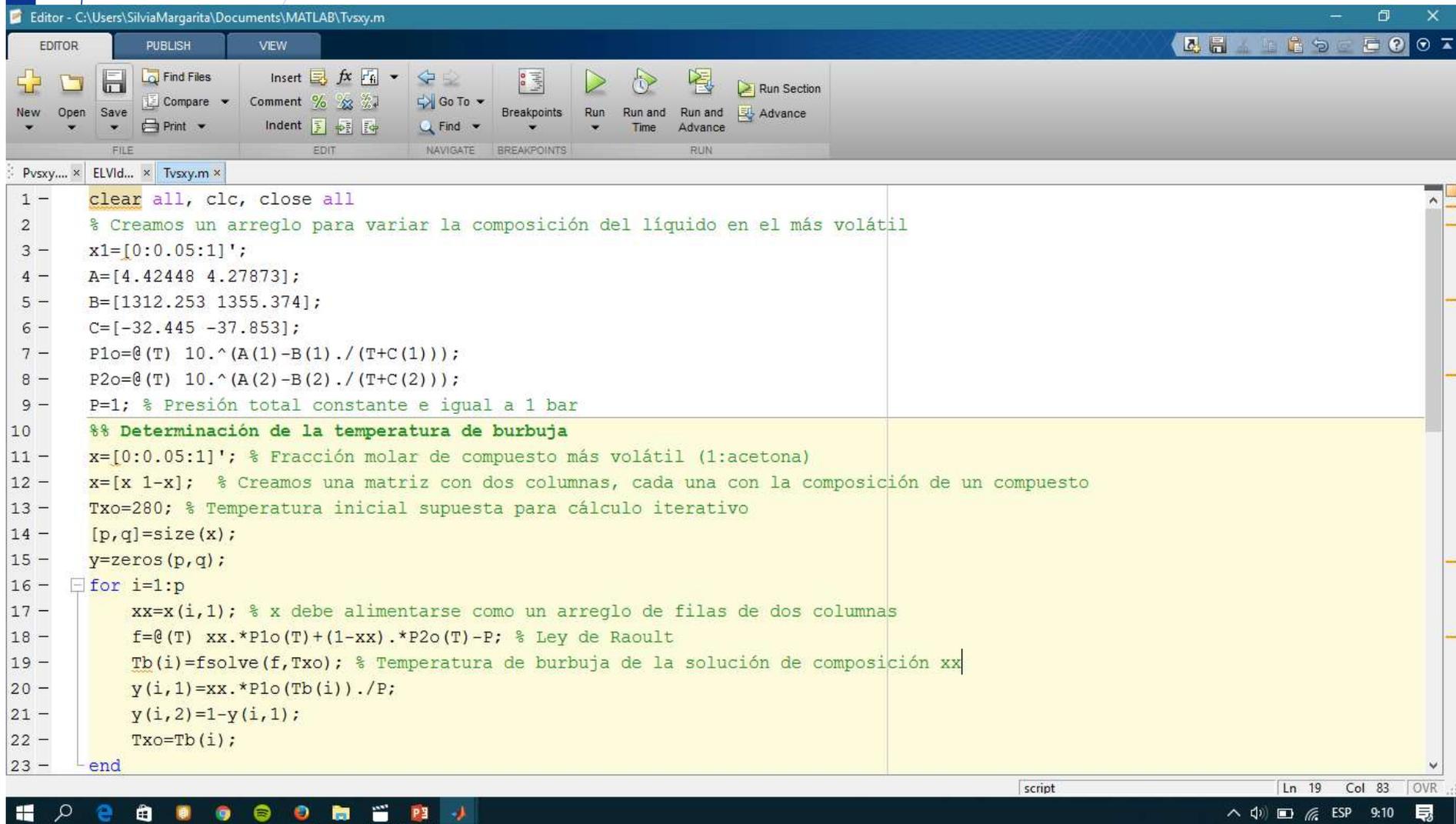
$x_1$  representa la fracción molar del compuesto más volátil en el líquido

$y_1$  representa la fracción molar del compuesto más volátil en el vapor

Es muy útil para el estudio de la destilación simple o en una etapa

# Temperatura de burbuja: MatLab

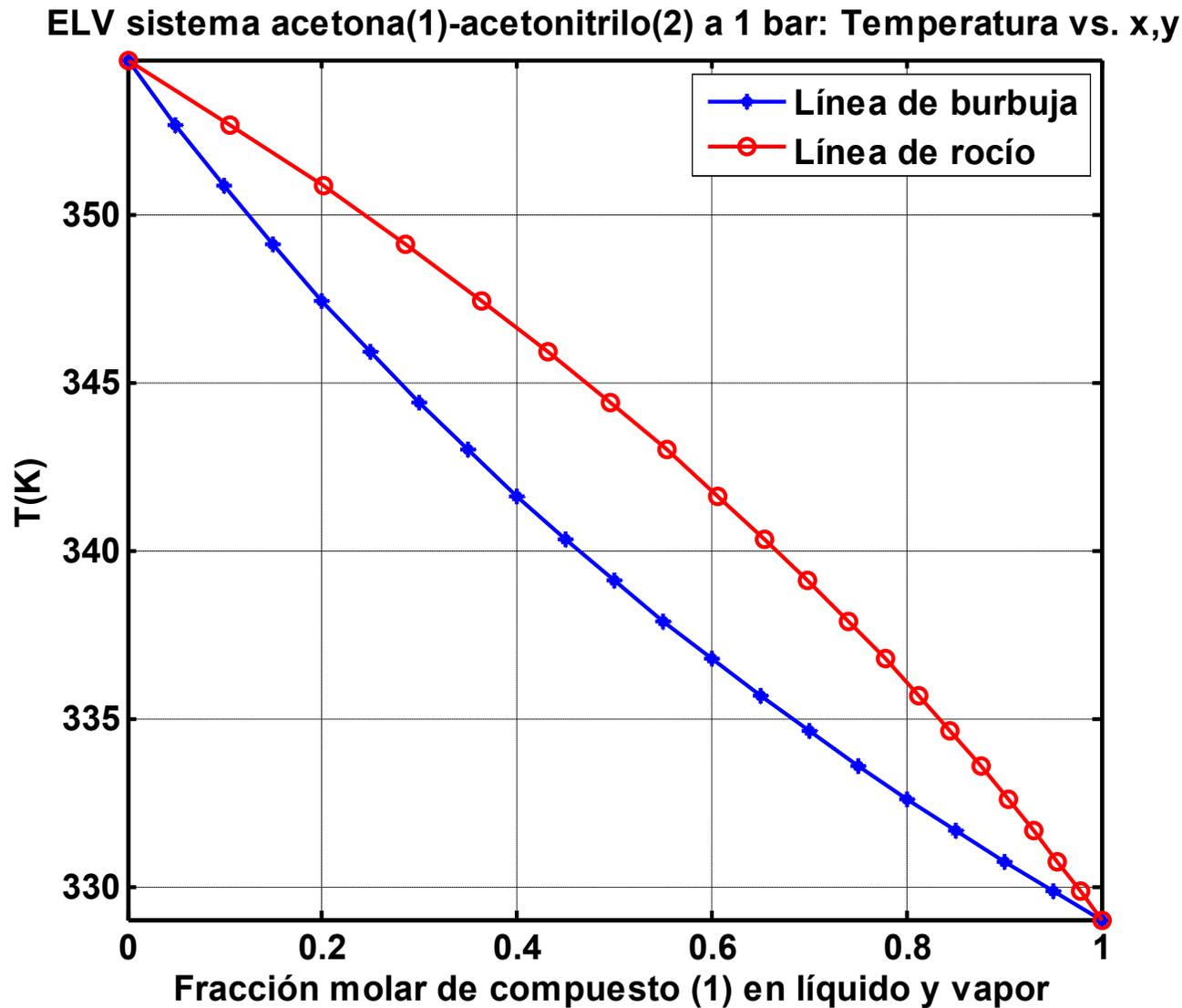
Crea un script ó archivo .m con las siguientes líneas de código



```
Editor - C:\Users\SilviaMargarita\Documents\MATLAB\Tvsxy.m
EDITOR PUBLISH VIEW
New Open Save Find Files Compare Print Insert fx Comment Indent Go To Breakpoints Run Run and Time Run and Advance Run Section Advance
FILE EDIT NAVIGATE BREAKPOINTS RUN
Pvsxy... x ELVld... x Tvsxy.m x
1 - clear all, clc, close all
2 - % Creamos un arreglo para variar la composición del líquido en el más volátil
3 - x1=[0:0.05:1]';
4 - A=[4.42448 4.27873];
5 - B=[1312.253 1355.374];
6 - C=[-32.445 -37.853];
7 - P1o=@(T) 10.^(A(1)-B(1)./(T+C(1)));
8 - P2o=@(T) 10.^(A(2)-B(2)./(T+C(2)));
9 - P=1; % Presión total constante e igual a 1 bar
10 - %% Determinación de la temperatura de burbuja
11 - x=[0:0.05:1]'; % Fracción molar de compuesto más volátil (1:acetona)
12 - x=[x 1-x]; % Creamos una matriz con dos columnas, cada una con la composición de un compuesto
13 - Txo=280; % Temperatura inicial supuesta para cálculo iterativo
14 - [p,q]=size(x);
15 - y=zeros(p,q);
16 - for i=1:p
17 -     xx=x(i,1); % x debe alimentarse como un arreglo de filas de dos columnas
18 -     f=@(T) xx.*P1o(T)+(1-xx).*P2o(T)-P; % Ley de Raoult
19 -     Tb(i)=fsolve(f,Txo); % Temperatura de burbuja de la solución de composición xx
20 -     y(i,1)=xx.*P1o(Tb(i))./P;
21 -     y(i,2)=1-y(i,1);
22 -     Txo=Tb(i);
23 - end
script Ln 19 Col 83 OVR 9:10
```



Al hacer ascender la temperatura de un sistema a presión constante:



A temperaturas inferiores a la línea de burbuja, todo sistema se encuentra en fase líquida (existe una fase vapor pero no está en equilibrio termodinámico con ésta).

A la **temperatura de burbuja** se establece por 1era vez el ELV, el líquido tiene la composición de la solución original.

A la **temperatura de rocío** se establece por última vez el ELV. El vapor tiene la misma composición que la solución original.

Recopilación de problemas del Adamson "Problemas de Química Física", Evaluaciones Parciales de semestres anteriores

1. El benceno y el tolueno forman soluciones casi ideales. A 300K la presión de vapor del tolueno ( $P^{\circ}_{\text{Tol}}$ ) es igual a 32,06mmHg y la presión de vapor del Benceno ( $P^{\circ}_{\text{Ben}}$ ) 103,01mmHg.
- Una mezcla líquida se compone de 3 gmoles de Tolueno y 2 gmoles de Benceno. Si la presión sobre la mezcla a 300K disminuye ¿a qué presión se forma el vapor?
  - ¿Cuál es la composición del primer vestigio de vapor formado?
  - Si la presión disminuye aún más ¿a qué presión desaparece el último vestigio de líquido?
  - ¿Cuál es la composición del último vestigio de líquido?
  - ¿Cuál será la presión, la composición del líquido y del vapor cuando se ha evaporado 1gmol de la mezcla? (Utilícese analíticamente la regla de la Palanca)
- R: a.  $P=60,44\text{mmHg}$ . b.  $y_{\text{Benceno}}=0,6817$  c.  $P=44,5\text{mmHg}$   
d.  $x_{\text{Benceno}}=0,1725$   
e.  $P=56,42\text{mmHg}$ ,  $y_{\text{benceno}}=0,6268$ ,  $x_{\text{Benceno}}=0,3433$

2. Dos líquidos A y B forman una solución ideal. A una temperatura específica, la presión de vapor de A puro es 200mmHg, mientras que la de B puro es 75mmHg. Si el vapor sobre la mezcla consiste en 50% molar de A. ¿cuál es el porcentaje de A en el líquido?
- R:  $x_A=0,2727$

3. A 47°C la presión de vapor del bromuro de etilo es 10mmHg, mientras que la del cloruro de etilo es 40mmHg. Supóngase que la mezcla es ideal. Si sólo está presente un vestigio del líquido y la fracción mol del cloruro de etilo en el vapor es 0,80
- ¿Cuál es la presión total de la fracción mol de cloruro de etilo en el líquido?
  - Si hay 5 gmoles de líquido y 3 gmoles de vapor presentes a la misma presión de a. ¿cuál es la composición global del sistema?
- R: a.  $P=25\text{mmHg}$  b.  $x_{\text{Cloruro de Etilo}}=0,6125$

4. Una mezcla gaseosa de dos sustancias con una presión total de 0,8atm está en equilibrio con una solución líquida ideal. La fracción mol de A en el vapor es 0,5 y 0,2 en el líquido. ¿Cuáles son  $P^{\circ}_A$  y  $P^{\circ}_B$ ?
- R:  $P^{\circ}_A=2\text{ atm}$  ;  $P^{\circ}_B=0,5\text{ atm}$

5. Una solución que contiene 25,3% moles de benceno y 74,7% moles de Tolueno hierve a 100°C y 1atm. El líquido obtenido por condensación del vapor hierve a 94,8°C. Calcular la composición de este líquido y del vapor en equilibrio con él. La presión de vapor del benceno puro es 1357torr a 100°C y 1108torr a 94,8°C. Supóngase comportamiento ideal de las soluciones y del vapor.
- R:  $x_{\text{Benceno}}=0,4517$ ,  $y=0,3415$

13. Los líquidos A y B forman disoluciones ideales. Son isómeros, de modo que sus pesos moleculares son los mismos (y, por lo tanto sus fracciones en peso y molares). Una disolución de composición  $x_A$  tiene una presión de vapor de 650mmHg a 50°C. Se destila después (sin reflujo) hasta que la mitad se ha recogido como condensado. El condensado tiene una composición  $x'_A$  igual a 0,60; y el líquido residual una composición  $x''_A$  de 0,40; y una presión de vapor de 600mmHg a 50°C. Calcular la composición de la solución original y la presión de vapor de A y B como componentes puros.
- R: 0,5  $P^{\circ}_A=900\text{mmHg}$ ;  $P^{\circ}_B=400\text{mmHg}$

14. Los líquidos A y B forman una disolución ideal. A 50°C, la presión de vapor total de una disolución compuesta de 1gmol de A y 2gmol de B es 250mmHg. Al añadir 1 gmol de A más a la disolución, la presión de vapor aumenta a 300mmHg. Calcular  $P^{\circ}_A$ ,  $P^{\circ}_B$
- R:  $P^{\circ}_A=450\text{mmHg}$ ;  $P^{\circ}_B=150\text{mmHg}$

Se recomienda buscar el libro





# Referencias

- Wei S., Y y R.J. Sadus (2000) Equations of state for the calculation of fluid phase equilibria. *AIChE journal*, Vol.46, no.1, 169-196
- Walas, S. M. (1985). *Phase equilibria in chemical engineering*. Boston: Butterworth
- Kyle, B. G. (1984). *Chemical and process thermodynamics*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Sandler, S. I. (1999). *Chemical and engineering thermodynamics*. 3<sup>rd</sup> ed. New York: J. Wiley.



# Referencias

- Belandria, José Iraides (1996) Termodinámica: Historia, Leyes y Reflexiones. Consejo de Publicaciones de la Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela
- Prausnitz, J. M., Lichtenthaler, R. N., & Azevedo, E. G. (2001). Termodinámica molecular de los equilibrios de fases. Madrid: Prentice-Hall.
- Smith, J. M., Ness, H. C., Abbott, M. M., & Urbina, M. E. G. (1997). *Introducción a la termodinámica en ingeniería química*. Mexico: McGraw-Hill.