

TEMA VIII

Materiales Metálicos

LECCIÓN 10

Diagramas de Fase

10.1 INTRODUCCIÓN

En un material, en términos de microestructura, una **Fase** es una región macroscópicamente homogénea que difiere en estructura y/o composición de otra región.

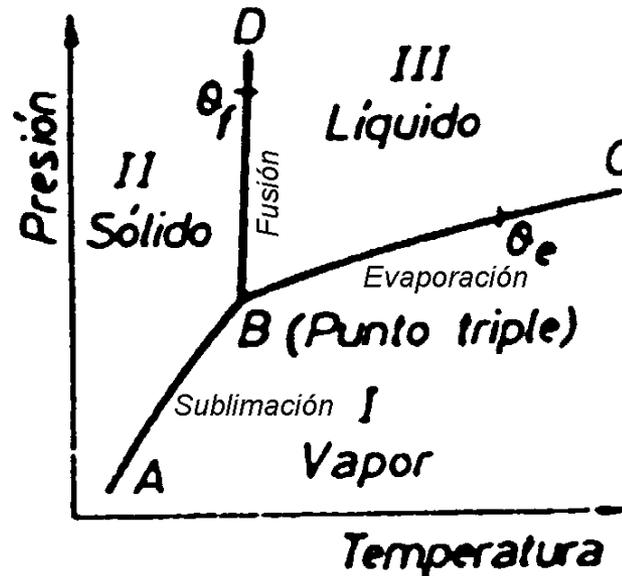
Los **Diagramas de Fases** (o Diagramas de Equilibrio) son representaciones gráficas de las fases presentes en un sistema material a varias temperaturas, presiones y composiciones.

La información importante que podemos obtener a partir de los diagramas de fases es:

1. Las fases presentes en el sistema a diferentes composiciones y temperaturas bajo condiciones de enfriamiento lento (equilibrio).
2. La temperatura a la cual las diferentes fases comienzan a fundirse.
3. La presencia de fenómenos de alotropía o polimorfismo en estado sólido.

10.2 DIAGRAMAS DE FASES DE UN COMPONENTE

Una sustancia pura como el agua puede existir en las fases sólida, líquida y gaseosa, dependiendo de las condiciones de temperatura y presión.



10.3 LA REGLA DE LAS FASES

La **regla de las fases** o **regla de Gibbs** permite obtener los grados de libertad (**F**) posibles para mantener una situación de equilibrio en un sistema material, en base al número de sus componentes (**C**) y fases presentes (**P**), teniendo en cuenta la existencia de dos variables termodinámicas independientes, usualmente presión y temperatura.

La regla se expresa por la relación:

$$F + P = C + 2$$

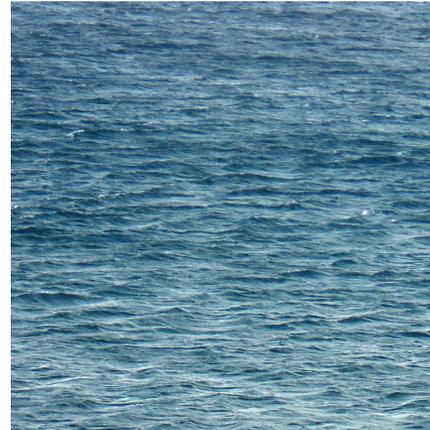
A presión constante (1 atmósfera): **F + P = C + 1** (regla de fases condensada)



$$\left. \begin{array}{l} C = 1 \\ P = 1 \end{array} \right\} F = 2 (P, T)$$



$$\left. \begin{array}{l} C = 1 \\ P = 2 \end{array} \right\} F = 1 ; P = P (T)$$



$$\left. \begin{array}{l} C = 2 \\ P = 1 \end{array} \right\} F = 3 (P, T, C)$$



$$\left. \begin{array}{l} C = 2 \\ P = 2 \end{array} \right\} F = 2 (P, T)$$

10.4 SOLUCIONES SÓLIDAS

Solución: mezcla macroscópicamente homogénea de una sustancia (solute) dispersa en otra (solvente).

Solución sólida: solución en que ambas sustancias son sólidas (ofrece la posibilidad de orden).

Al mezclarse dos o más sustancias en estado líquido puede suceder que sean:

completamente solubles



agua
y
alcohol

parcialmente solubles



agua
y
sal

sal

totalmente insolubles



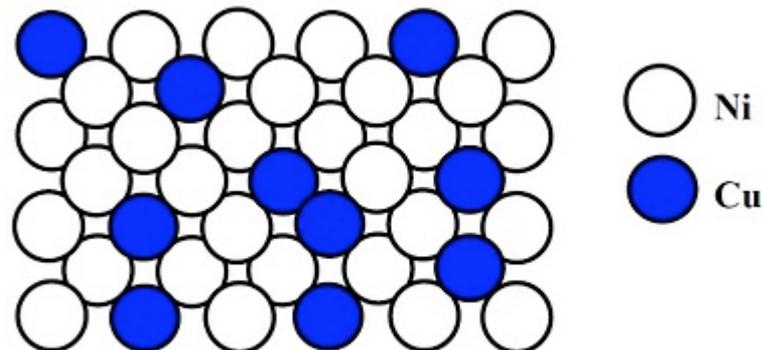
aceite

agua

Al solidificar puede ocurrir:

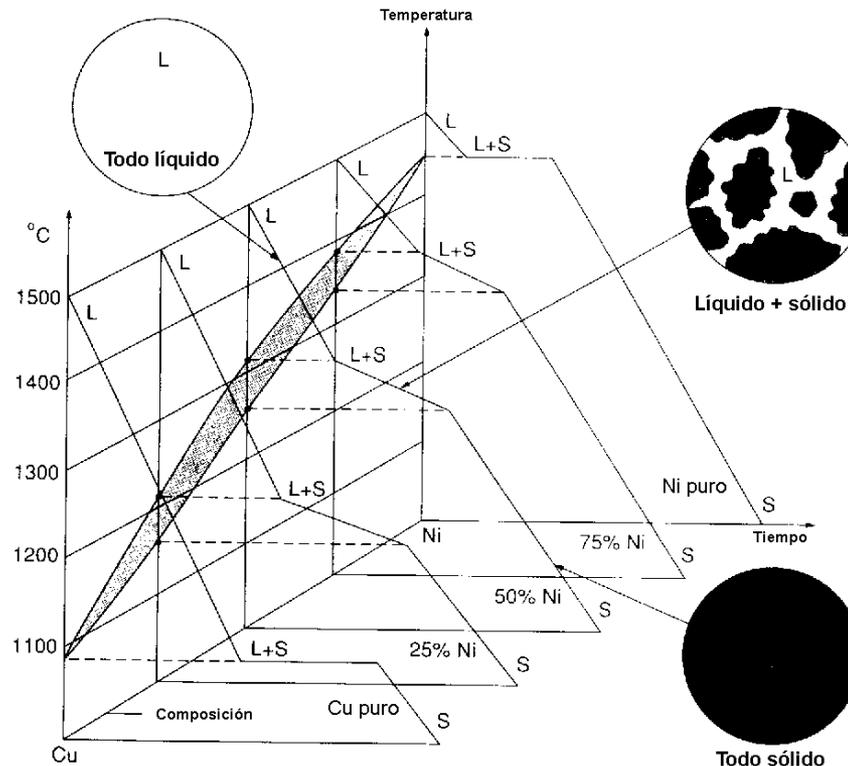
- que la solubilidad sea total
- que la solubilidad sea parcial
- que la solubilidad sea nula
- que se formen nuevos compuestos químicos

Todas estas posibilidades quedan reflejadas en los diagramas de fases

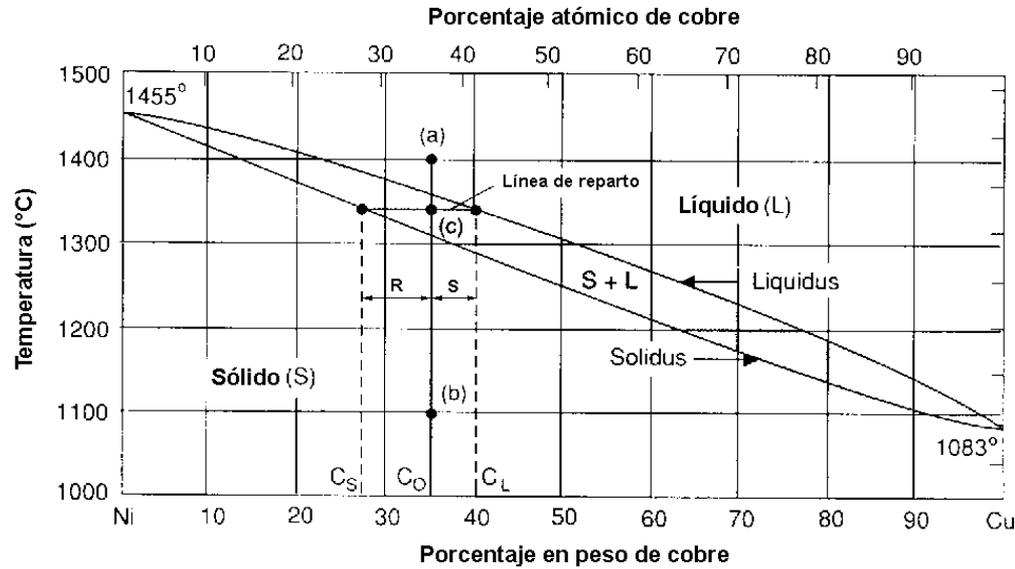


10.5 DIAGRAMAS DE FASES BINARIOS

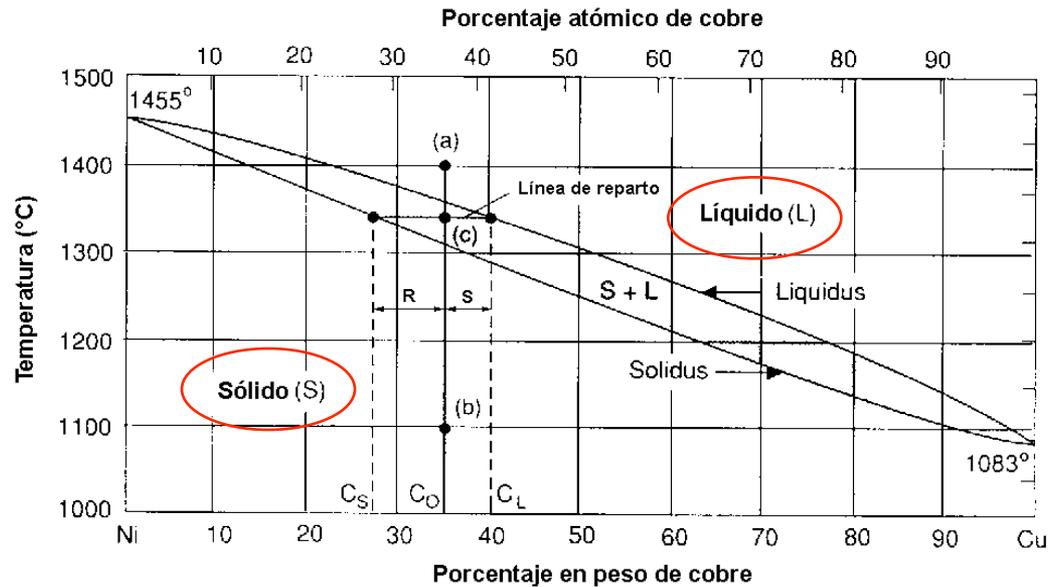
- Los diagramas de fases son mapas **temperatura – composición** de sistemas (a $P = \text{cte.}$) que se obtienen a partir de series de curvas de enfriamiento.
- Muestran las **fases** presentes y sus **composiciones** para cualquier temperatura y composición de la aleación, permitiendo predecir las transformaciones entre fases y la **microestructura** resultante.



10.6 INTERPRETACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE FASES BINARIOS

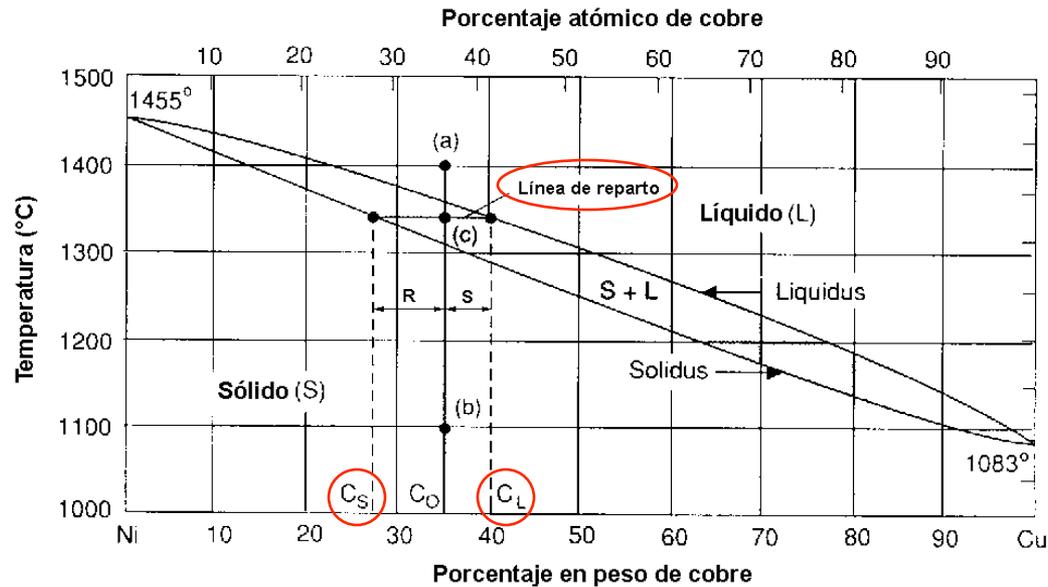


- La constitución de una aleación queda descrita por:
 - La **composición global** de la aleación
 - El número de **fases** presentes
 - La **composición** de cada fase
 - La fracción, **porcentaje o proporción** en peso de cada fase



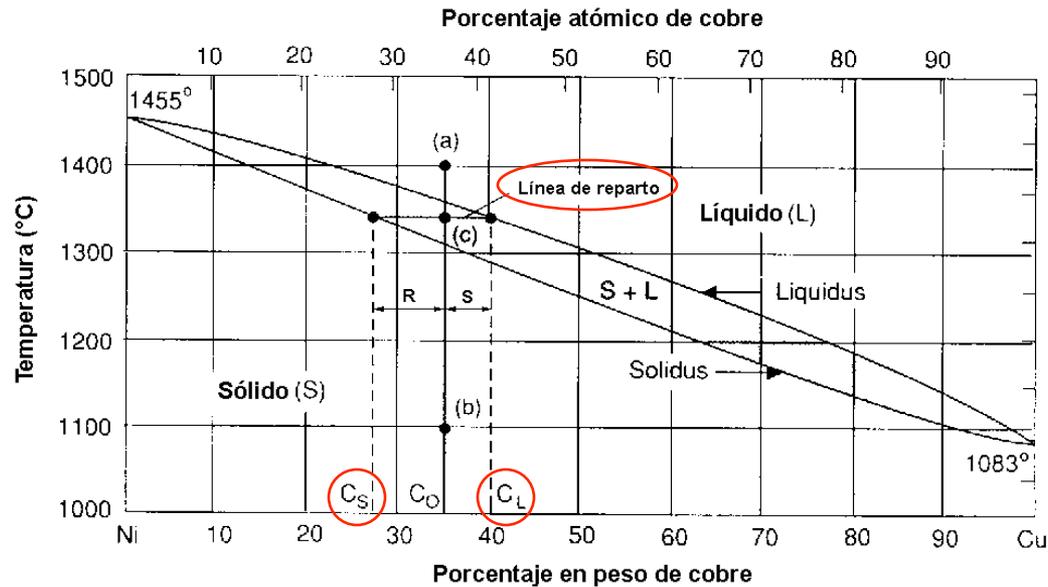
• Regiones monofásicas

1. La composición química de la fase coincide con la composición total de la aleación original.
2. Físicamente la aleación estará constituida por 100% de fase líquida homogénea o bien 100% de fase sólida homogénea.



• **Regiones bifásicas**

1. A la temperatura de interés para la aleación considerada se construye la **línea de reparto** (isoterma), que conecta dos fases (L y S, en este caso) a través de la región bifásica.
2. La composición química de las dos fases (C_L y C_S) viene dada por las intersecciones de dicha línea con las de los límites de fase en cada extremo, trasladadas verticalmente hacia abajo y leídas directamente sobre el eje horizontal de las composiciones.
3. La proporción o porcentaje de cada fase se calcula en base a la **Regla de la Palanca**



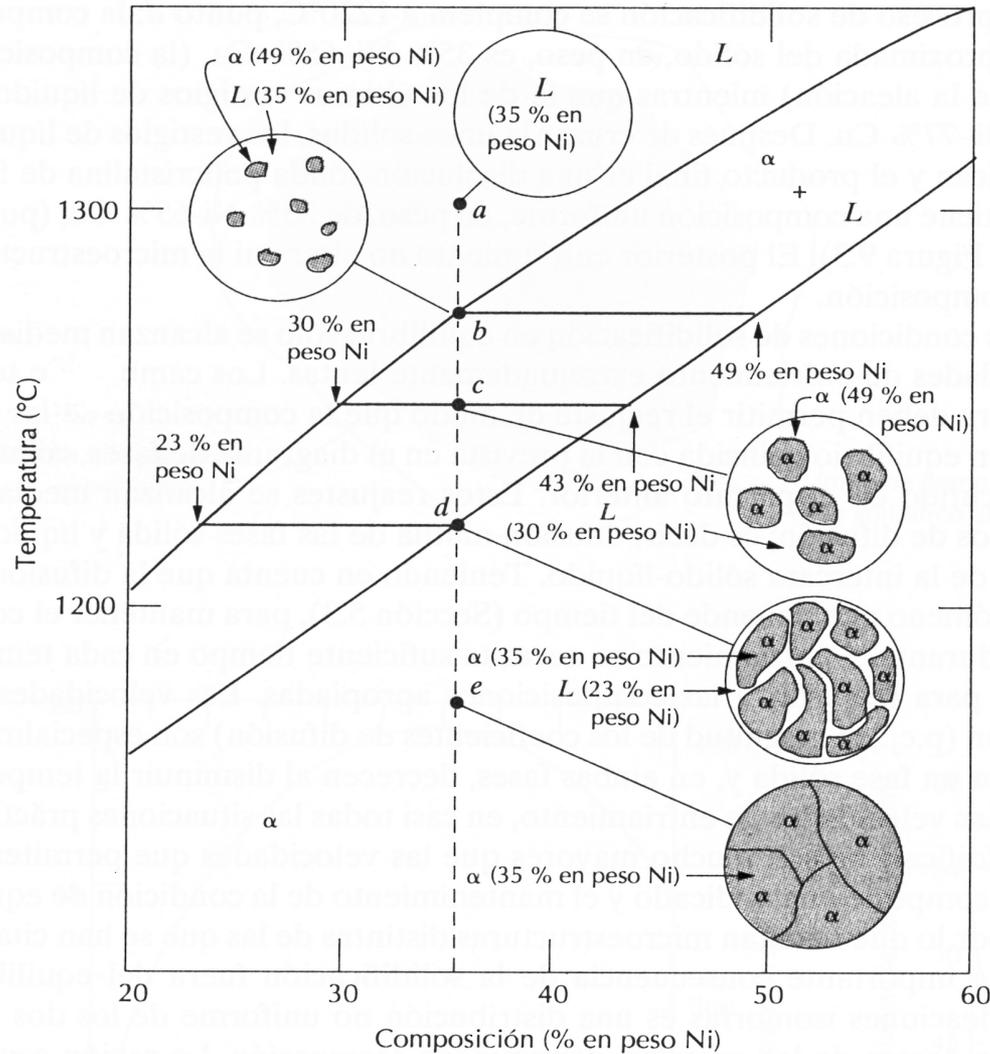
Porcentaje de fase líquida de composición C_L :
$$W_L = \frac{R}{R+S} = \frac{C_0 - C_S}{C_L - C_S}$$

Porcentaje de fase sólida de composición C_S :
$$W_S = \frac{S}{R+S} = \frac{C_L - C_0}{C_L - C_S}$$

Como únicamente hay dos fases implicadas se verifica que:

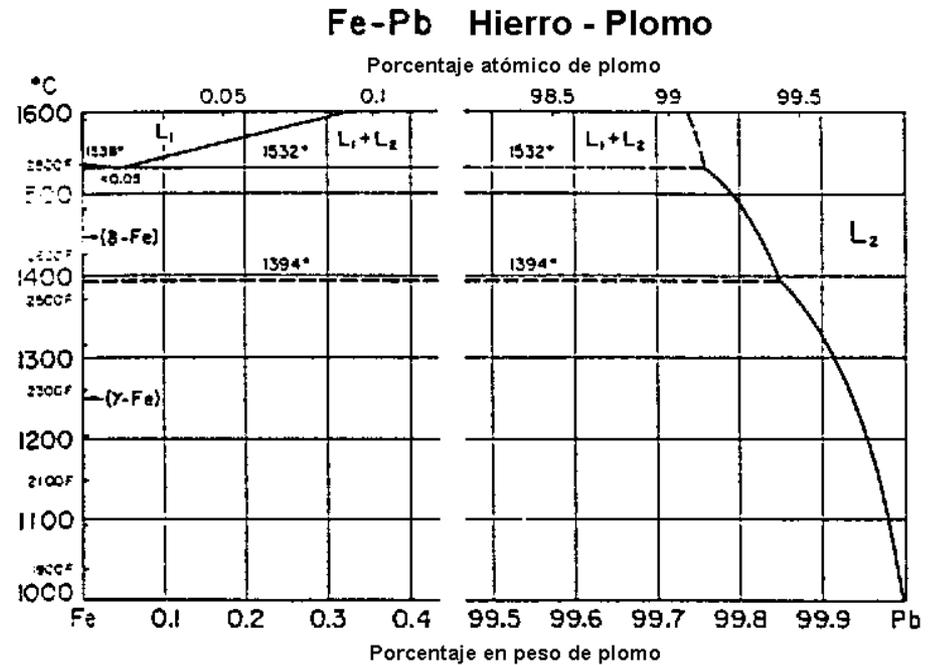
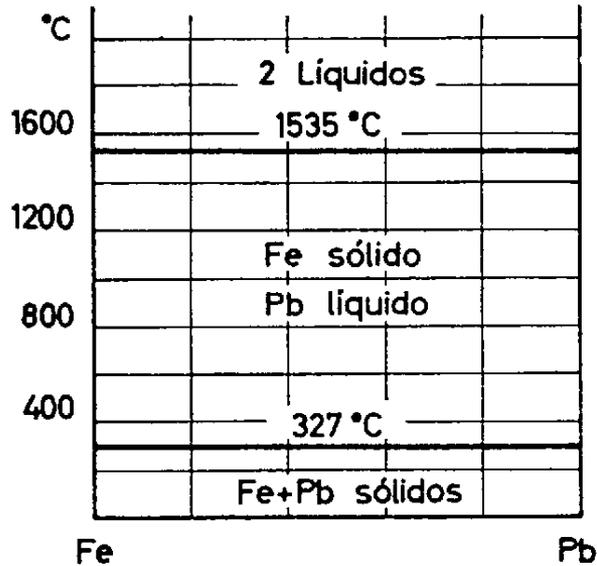
$$W_L + W_S = 1 \quad ; \quad W_L(\%) + W_S(\%) = 100$$

• Desarrollo de microestructuras



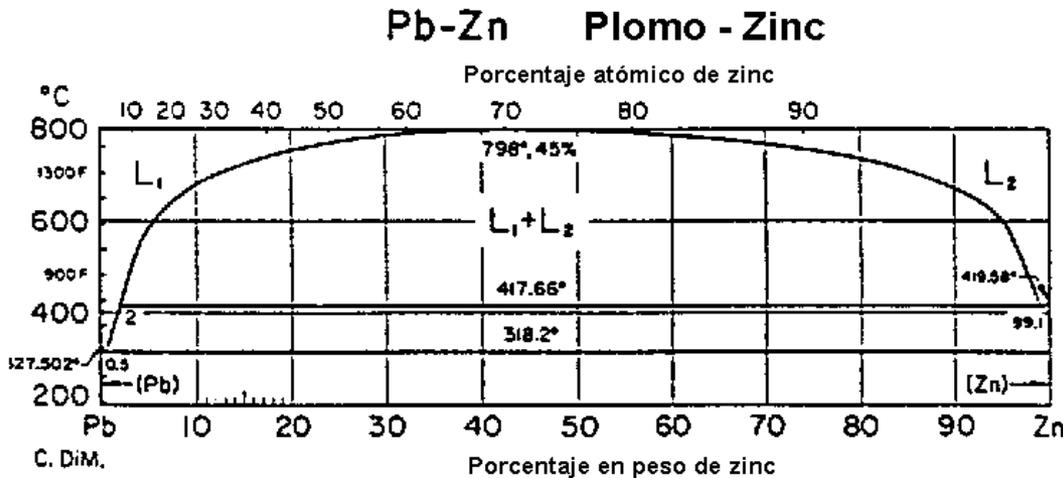
10.7 TIPOLOGÍA DE LOS DIAGRAMAS DE FASES

- **Inmiscibilidad total** en estado líquido

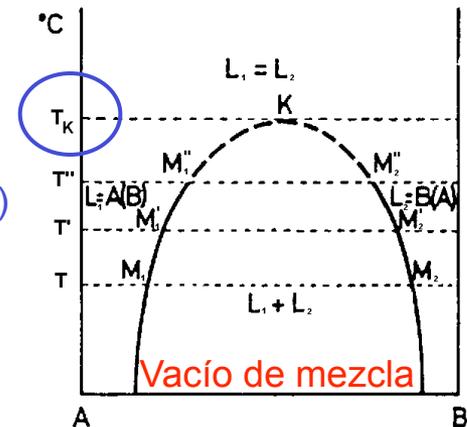
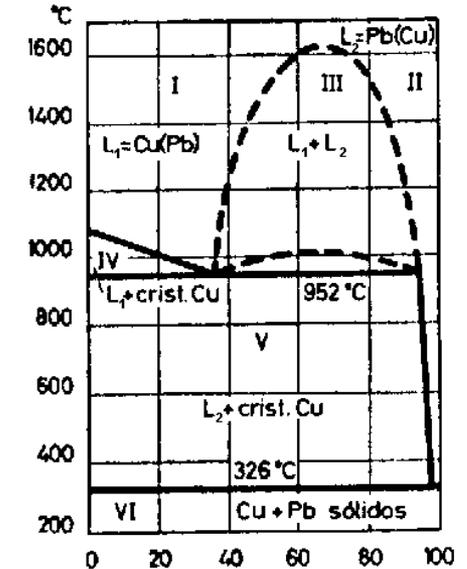


- Miscibilidad parcial en estado líquido. Diagramas con MONOTÉCTICO

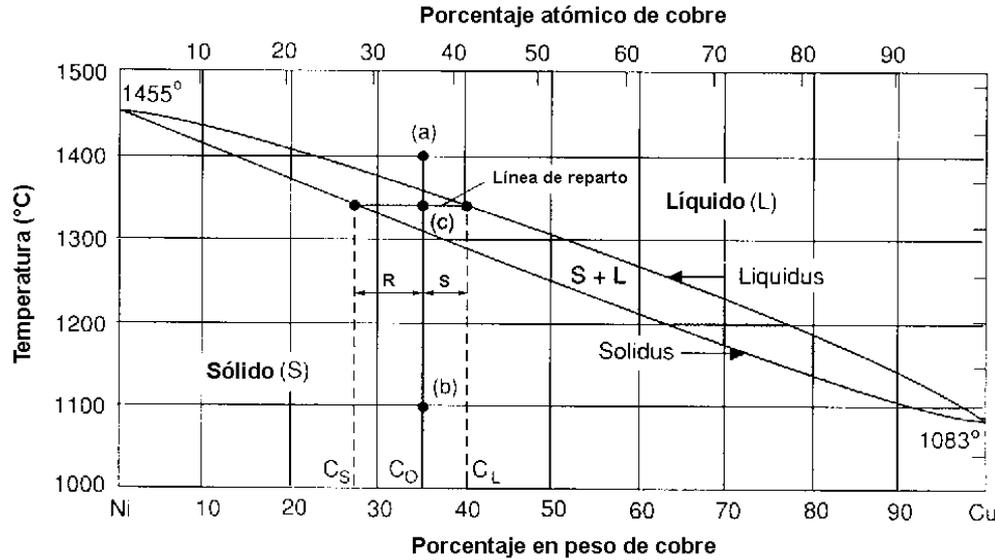
Monotéctico: punto invariante ($f = 0$) en el que un líquido (L_1) se transforma en otro líquido (L_2) y un sólido α .



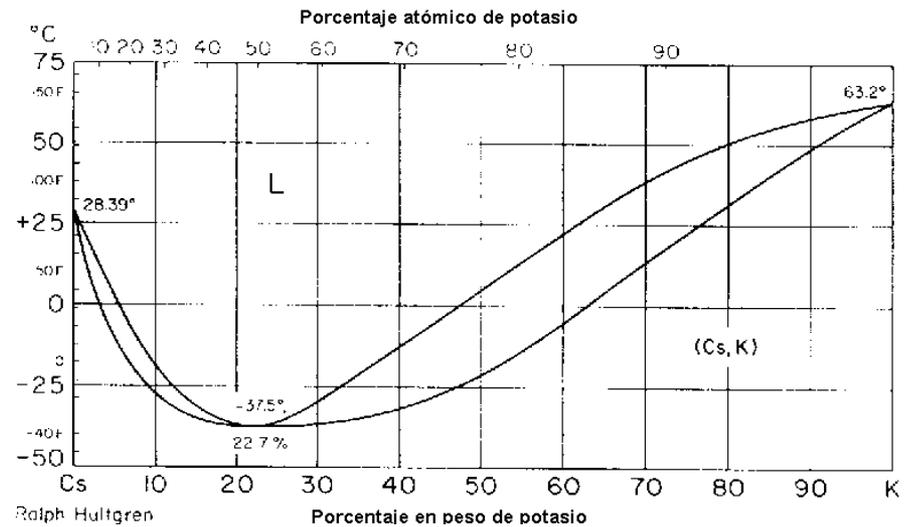
Temperatura crítica de solubilidad (T_K)



- **Solubilidad total** en estado sólido y líquido. Sistemas isomorfos



Cs-K Cesio - Potasio



- **Solubilidad total** en estado líquido y **nula** en sólido. Diagrama EUTÉCTICO

Eutéctico: punto invariante ($f = 0$) en el que un líquido (L) se transforma en otros dos sólidos diferentes (α y β).

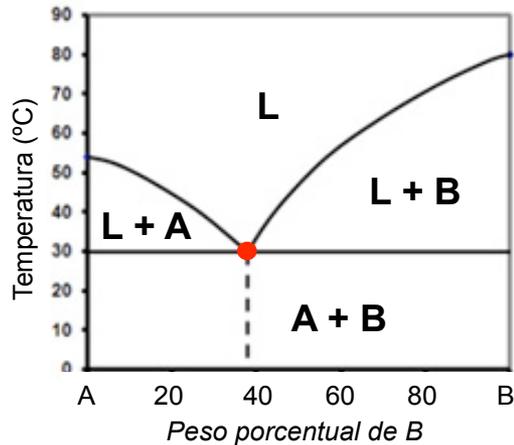
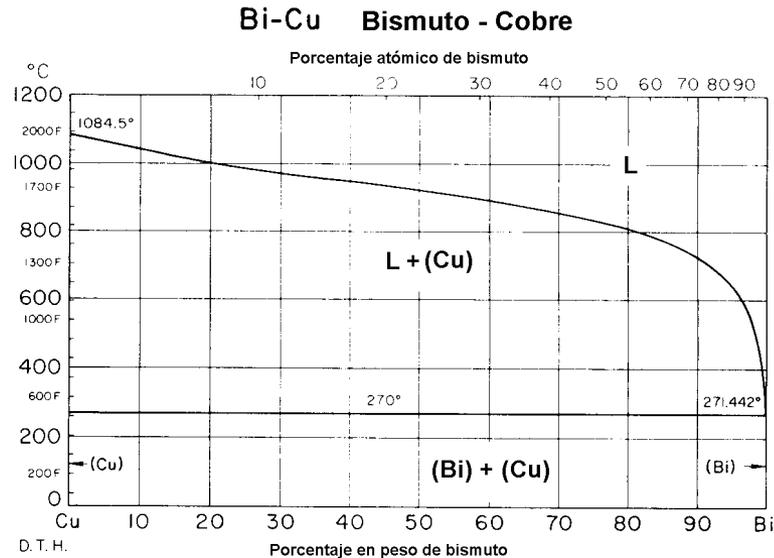
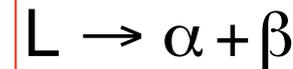
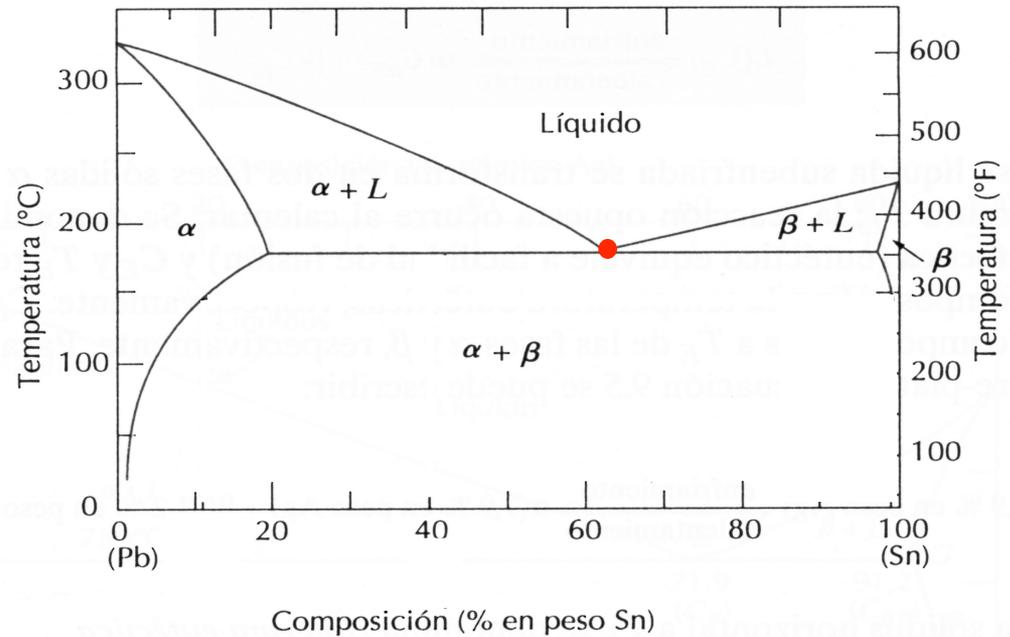
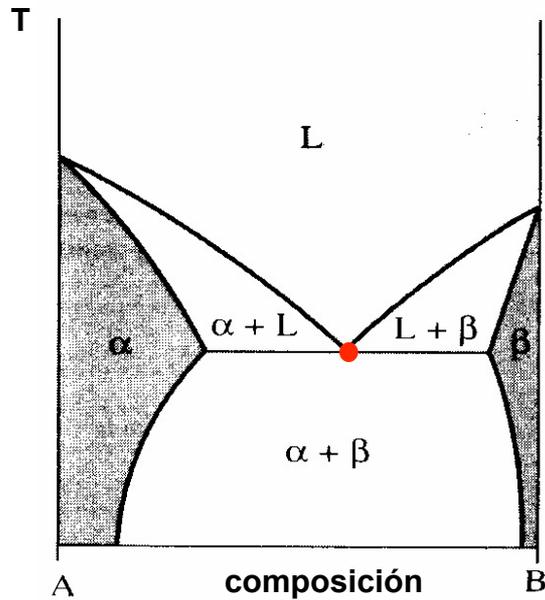


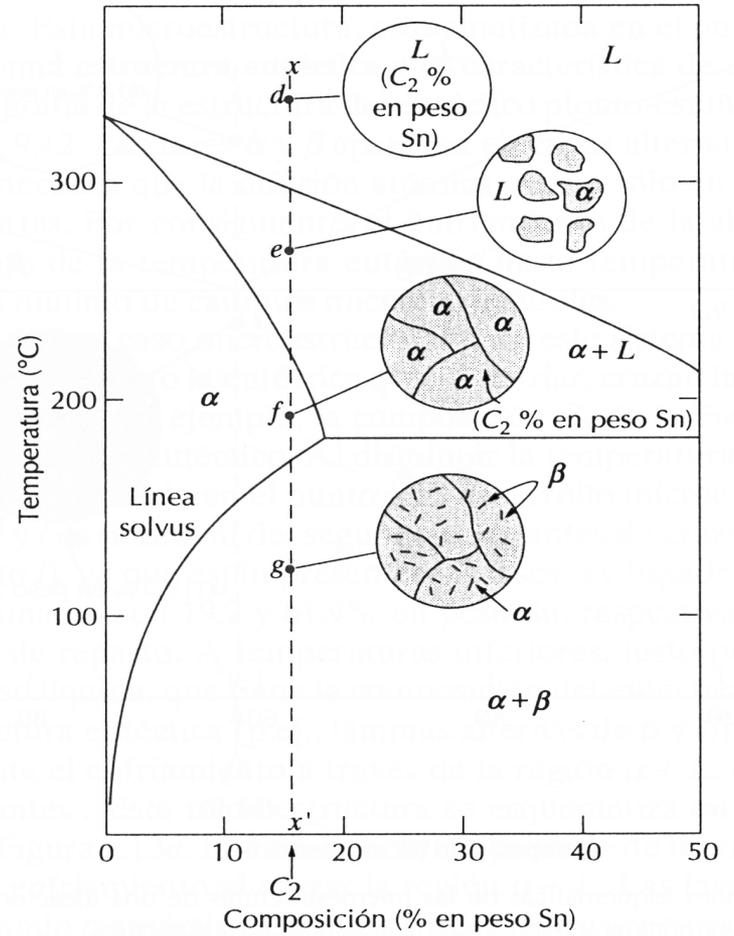
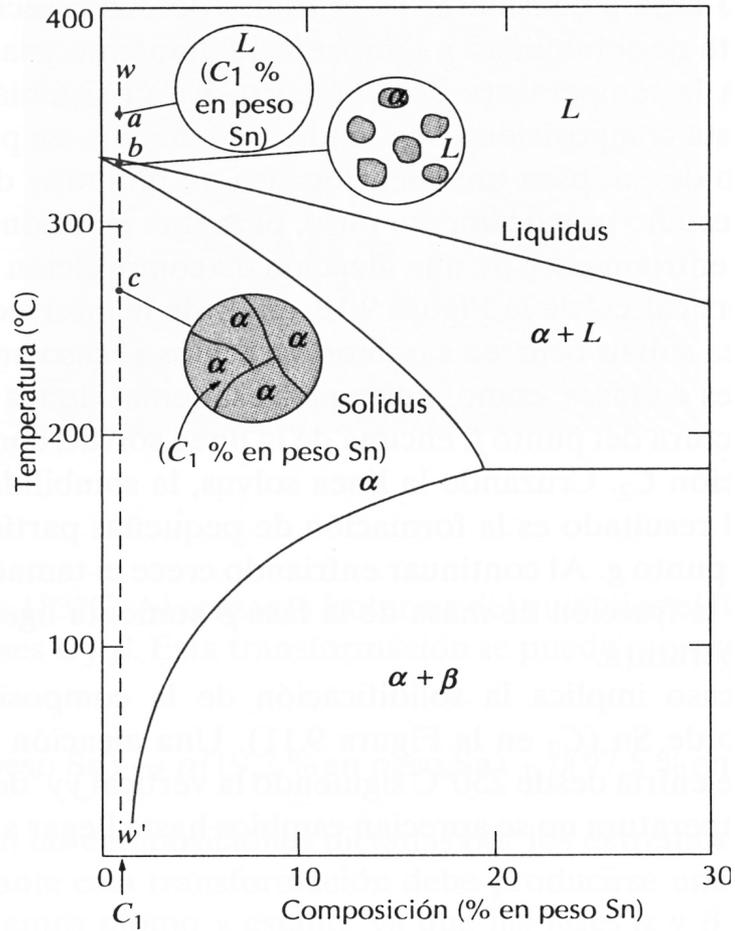
Diagrama “sin eutéctico”

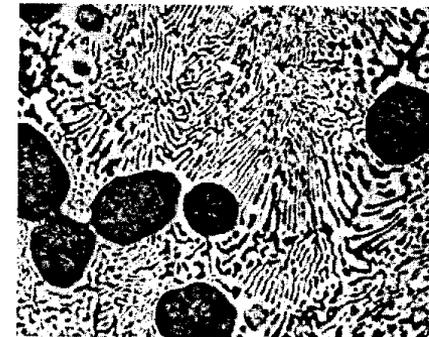
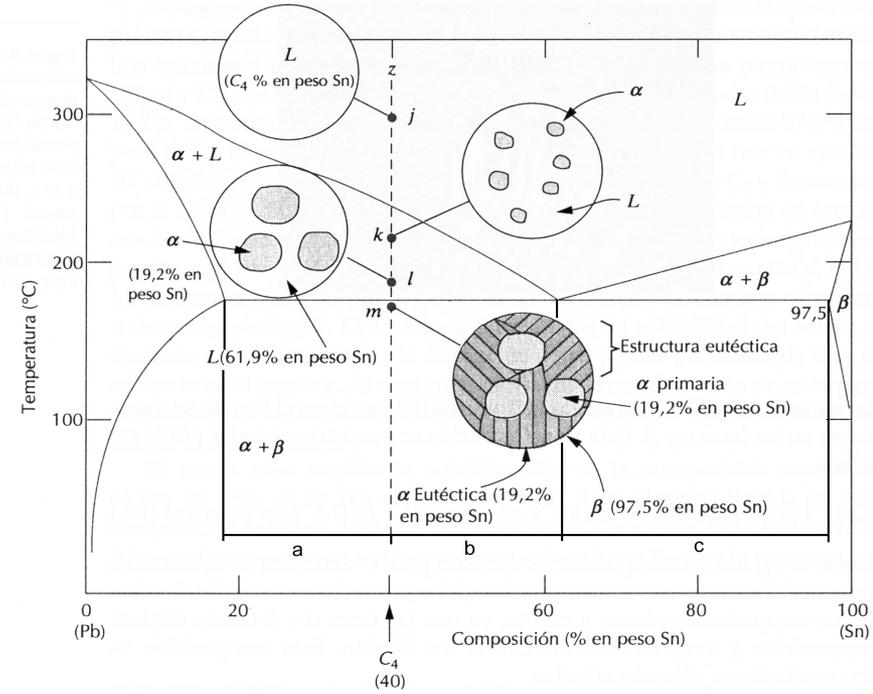
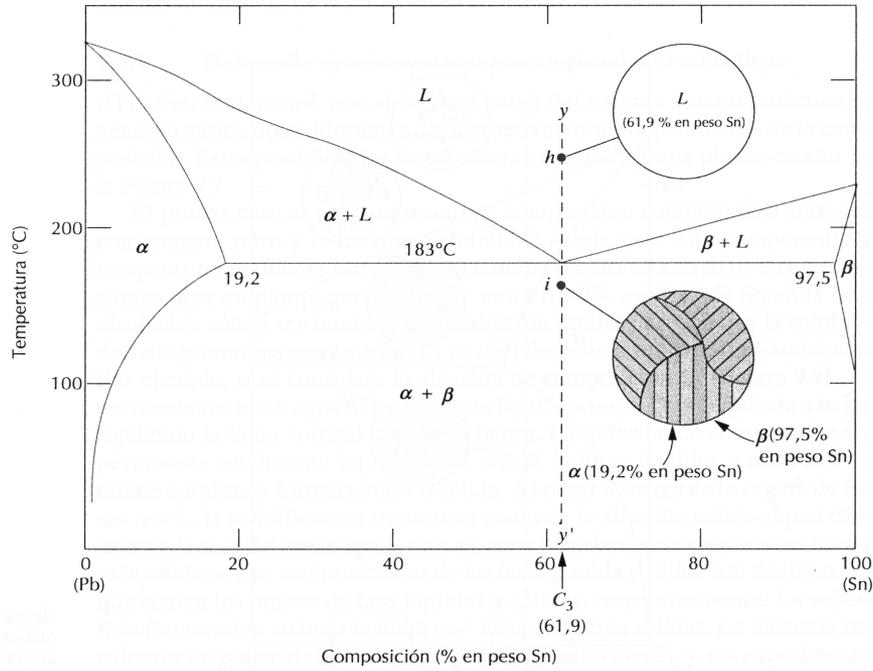
Reacción eutéctica



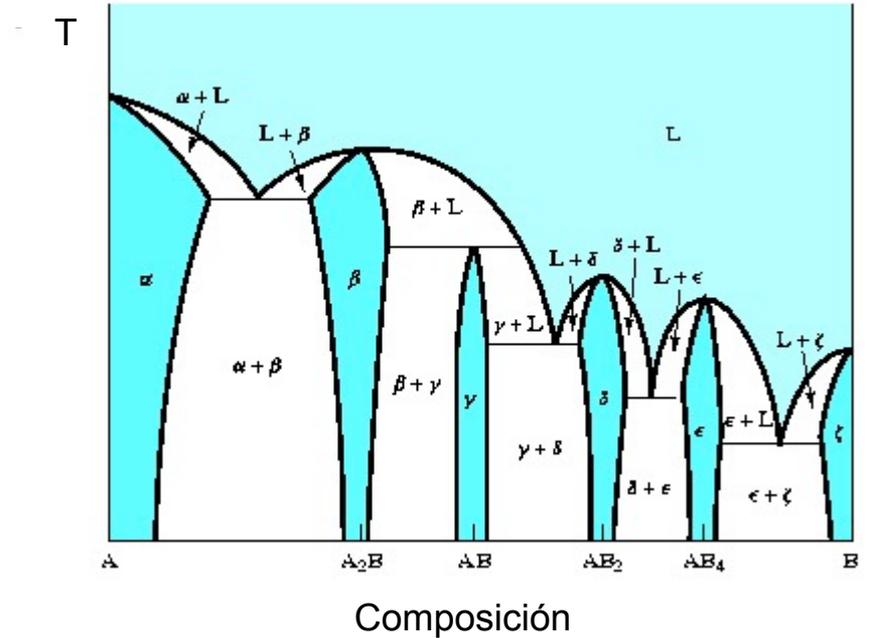
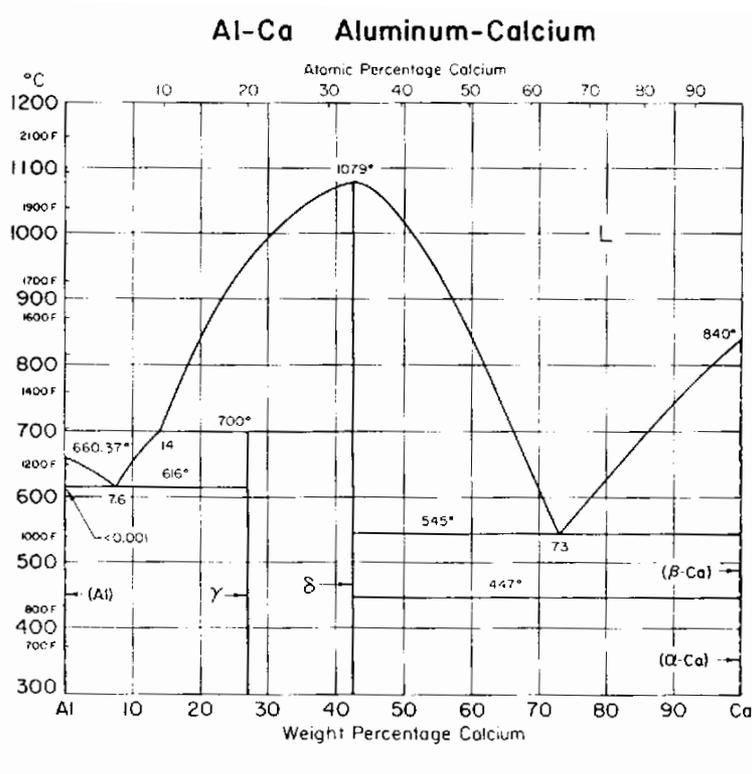
- **Solubilidad total** en estado líquido y **parcial** en sólido. Diagramas con EUTÉCTICO







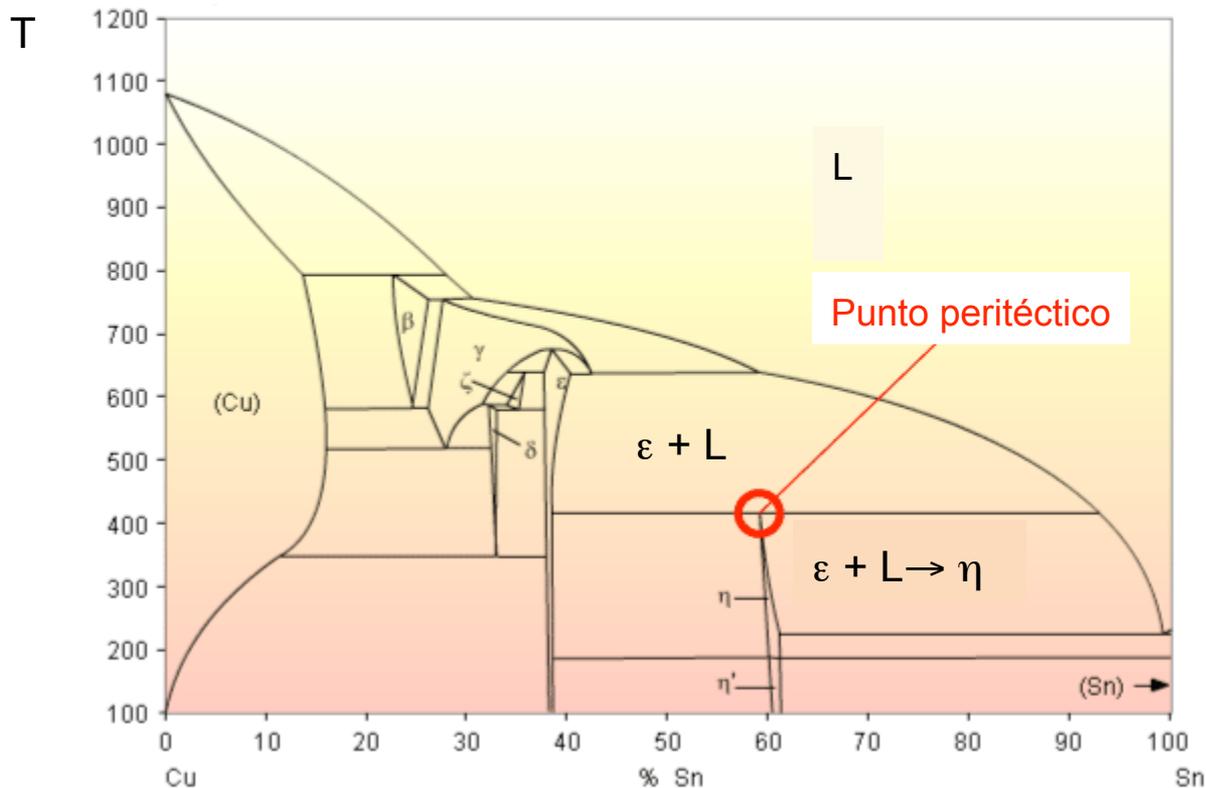
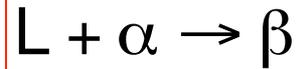
- Diagramas de equilibrio con **fases y/o compuestos intermedios**



• Diagramas con PERITÉCTICO

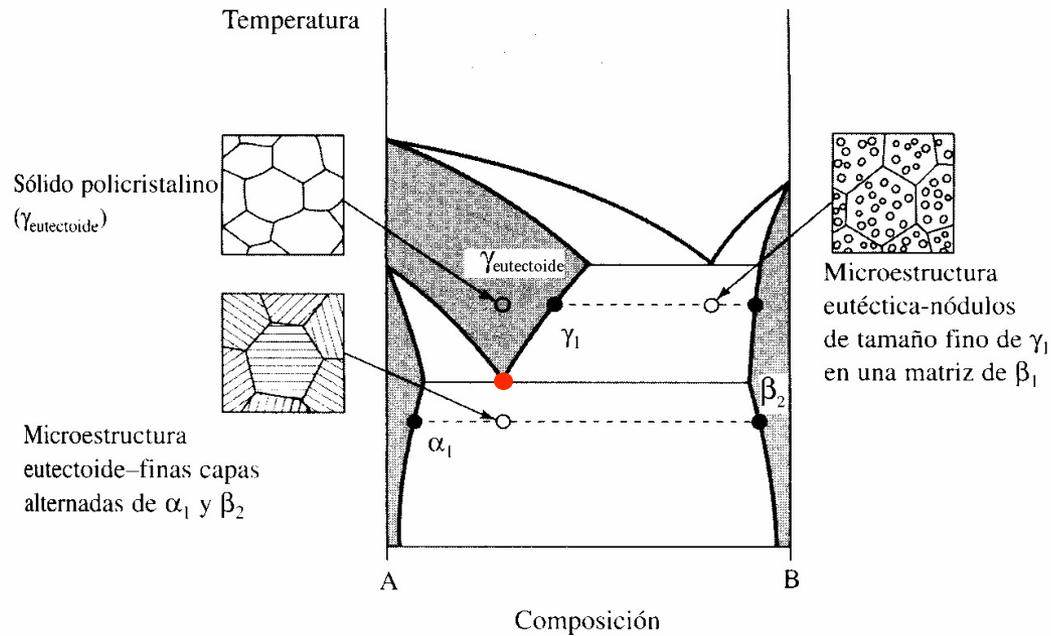
Peritético: punto invariante ($f = 0$) en el que un líquido (L) y una fase sólida (α) se transforman en otra sólida distinta (β).

Reacción peritética:



• Diagramas de equilibrio con EUTECTOIDE

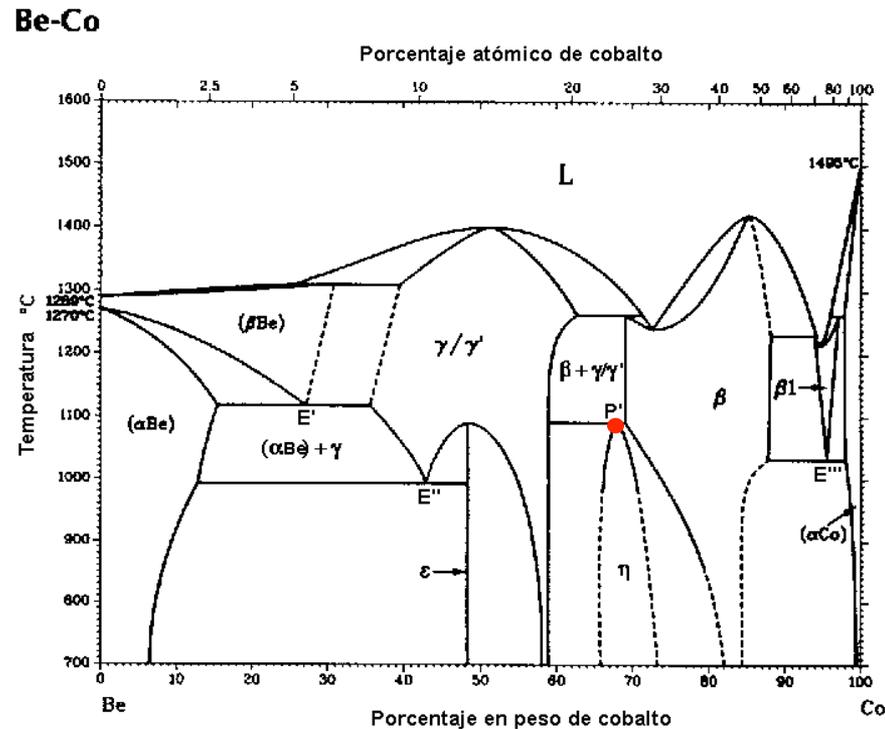
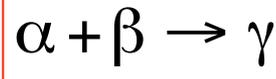
Eutectoide: punto invariante ($f = 0$) en el que un sólido (γ) se transforma en otros dos sólidos diferentes (α y β).



- Diagramas de equilibrio con PERITECTOIDE

Peritectoide: punto invariante ($f = 0$) en el que dos sólidos (α y β) se transforman en otro sólido diferente (γ).

Reacción peritectoide



• Diagramas binarios generales

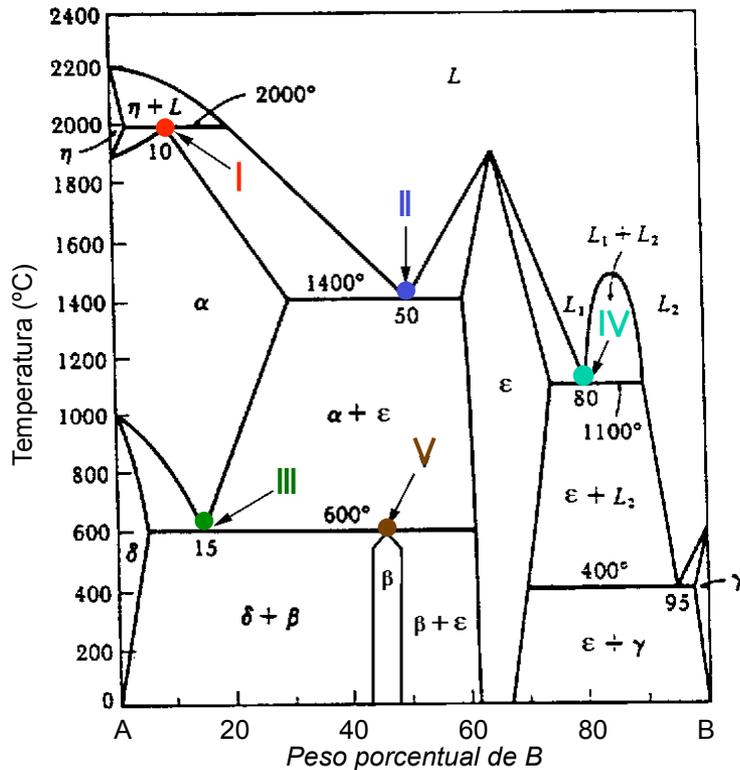
I. Peritético

II. Eutético

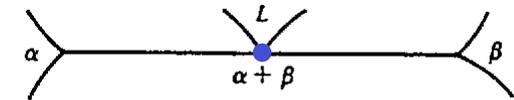
III. Eutectoide

IV. Monotético

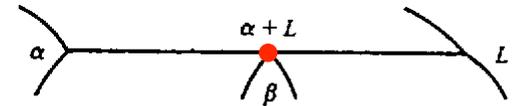
V. Peritectoide



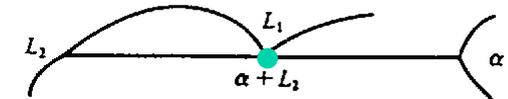
Eutética $L \rightarrow \alpha + \beta$



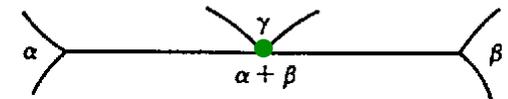
Peritética $\gamma \rightarrow \alpha + L$



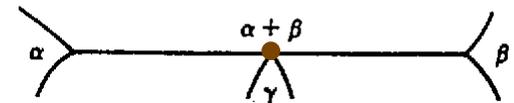
Monotética $L_1 \rightarrow L_2 + \beta$



Eutectoide $\gamma \rightarrow \alpha + \beta$



Peritectoide $\alpha + \beta \rightarrow \gamma$



10.8 ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO