

5. DIAGRAMAS DE FASES



MATERIALES
13/14

ÍNDICE

1. Conceptos generales
2. Sistemas termodinámicos
3. Diagramas de fase de sustancias puras
4. Sistemas binarios

1. Conceptos generales

- Definición:
 - **Sistema:** Parte del universo objeto del estudio
 - **Fase:** cada una de las partes homogéneas diferentes al resto y mecánicamente separables de los demás.
 - Dos líquidos inmiscibles constituyen dos fases
 - Dos líquidos miscibles constituyen una sola fase
 - Un sólido formado por dos tipos de cristales diferentes está constituido por dos fases
 - **Componentes:** Son los diferentes elementos o compuestos químicos que forman parte del sistema. La composición de una fase o del sistema se puede expresar dando el % de cada componente.
 - **Transformación de fase:** Proceso de variación de una o varias fases de un sistema que cambian a nueva fase o mezcla de varias.
- Diferencia Fase componente:
 - Fe y O → Son componentes.
 - FeO → Fase

3

1. Conceptos generales

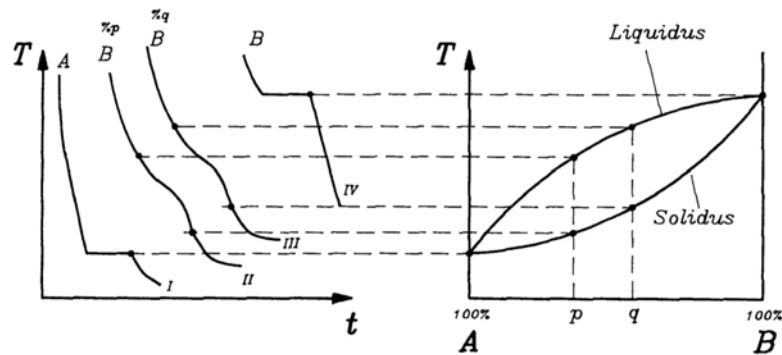
DIAGRAMAS DE FASE

- Los diagramas de fase son representaciones gráficas de las fases que existen en un sistema de materiales a varias temperaturas, composiciones y presiones.
- Son representaciones de la termodinámica de las reacciones en función de sus variables.

4

1. Conceptos generales

- El diagrama de equilibrio se establece a partir de las curvas de enfriamiento

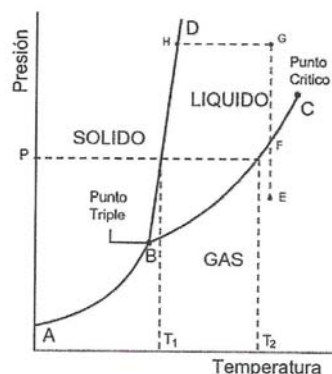


- Para una aleación de composición conocida y a una T^a dada, a partir del Diagrama de Equilibrio se pueden obtener:
 - Fases presentes y su proporción
 - Composición de cada fase

5

2. Sistema termodinámico

- Para describir un sist. Termodinámico debemos conocer las propiedades macroscópicas observables \rightarrow Variables (P , T , V , $\rho..$)
- No todas las variables son independientes, encontramos:
 - Variables intensivas: independientes de la cantidad de materia. P.e: T
 - Variables Extensivas: dependen de la cantidad de materia: P.e: V



6

2. Sistema termodinámico

- De este modo los sistemas pueden ser:



– **Homogéneos:** Las prop. Termodinámicas tienen los mismos valores en todos los puntos del sistema. El sist. está constituido por una sola fase. P.e.= vaso de agua



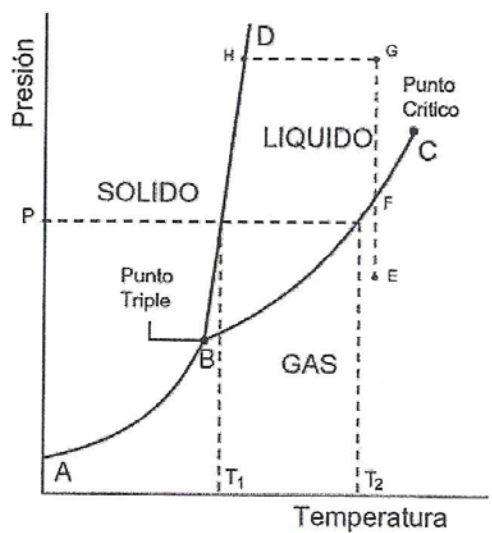
– **Heterogéneos:** las prop. Termodinámicas no son las mismas en todos los puntos del sist. P.e: Vaso de agua y hielo

7

3. Diagrama de fase de sustancias puras

- En una sustancia pura pueden existir varias fases: sólido, líquido o gas.

Ejemplo H₂O -



En el diagrama de la figura las líneas AB, BD y BC corresponden a valores (P,T) en las que coexisten dos fases:

En AB coexisten en equilibrio sólido y gas. La curva AB es la **curva de presión de vapor del sólido**

En BD coexisten en equilibrio sólido y líquido.

En BC coexisten en equilibrio líquido y gas.

El punto B marca los valores de P y T en los que coexisten tres fases, sólido, líquido y gas, y se denomina **Punto Triple**

El punto C indica el valor máximo (PC,TC) en el que pueden coexistir en equilibrio dos fases, y se denomina **Punto Crítico**

8

3. Diagrama de fase de sustancias puras

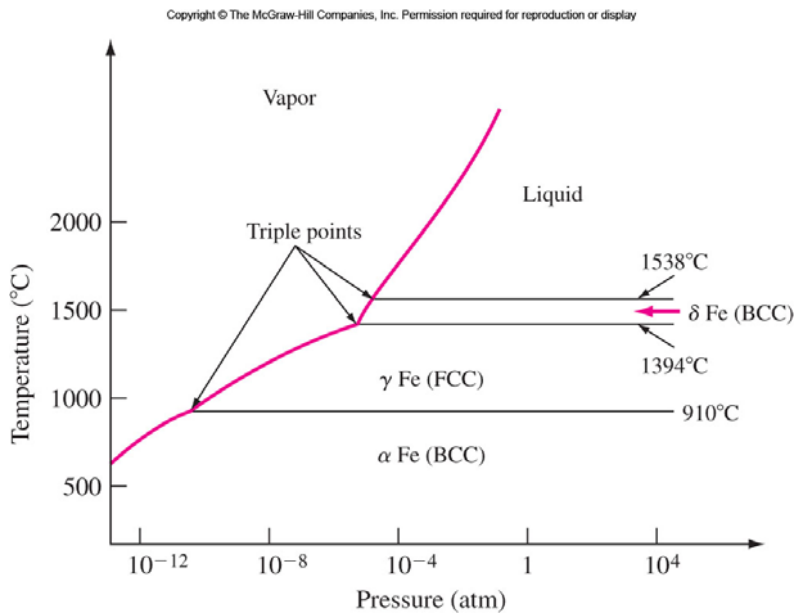


Diagrama P-T del Fe:

3 fases sólidas:

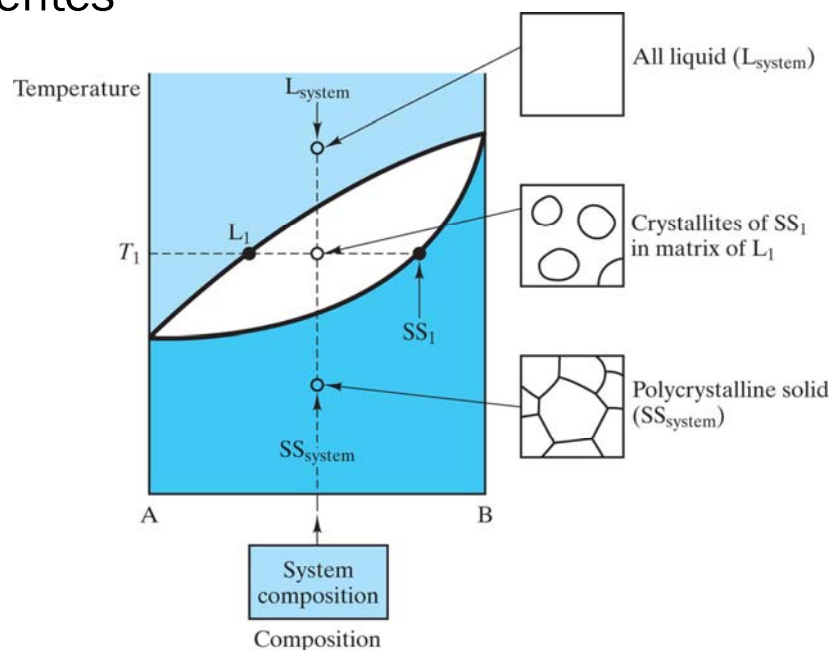
- α y δ → FCC
- γ → BCC

Los límites de fase entre el sólido y el líquido poseen las mismas propiedades.

Bajo condiciones de equilibrio el Fe α y pueden coexistir a temperatura 910°C y 1 atmósfera

4. Sistema binario

- **Sistema Binario** → representación de las fases y compuestos que se producen entre dos componentes

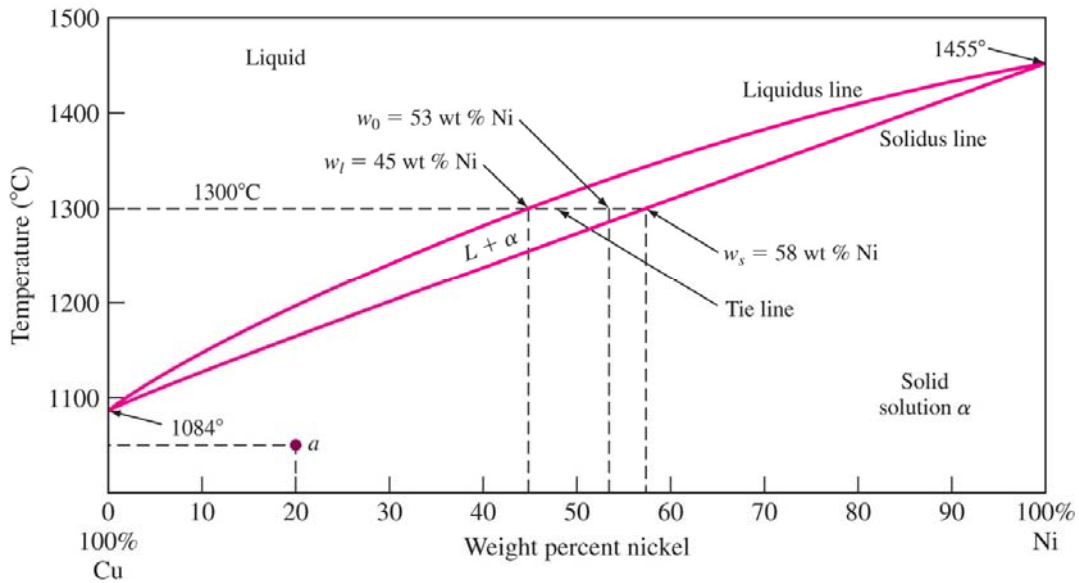


4. Sistema binario

Sabemos que el Cobre funde a 1084°C y tiene una única red cristalina que no varía con la temperatura. Es FCC hasta que se funde.

Por otro lado tenemos el Ni, que también cristaliza en estructura FCC, pero que tiene una temperatura de fusión de 1453°C.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display



4. Sistema binario

REGLA DE LA PALANCA

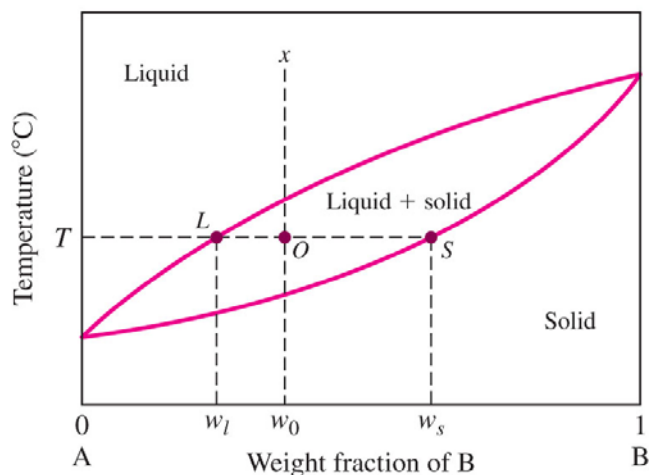
Sirve para calcular la proporción de cada fase, porcentaje en peso, de cada elemento en la aleación

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

$$X_{LIQUIDO} + X_{SOLIDO} = 1$$

$$X_{SOLIDO} = \frac{W_0 - W_{LIQUIDO}}{W_{LIQUIDO} - W_{SOLIDO}} = \frac{OL}{LS}$$

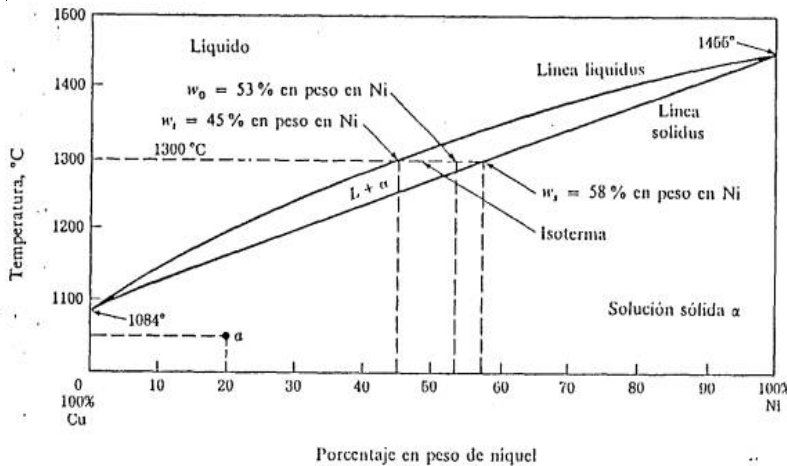
$$X_{LIQUIDO} = \frac{W_{SOLIDO} - W_0}{W_{SOLIDO} - W_{LIQUIDO}} = \frac{OS}{LS}$$



4. Sistema binario

EJEMPLO

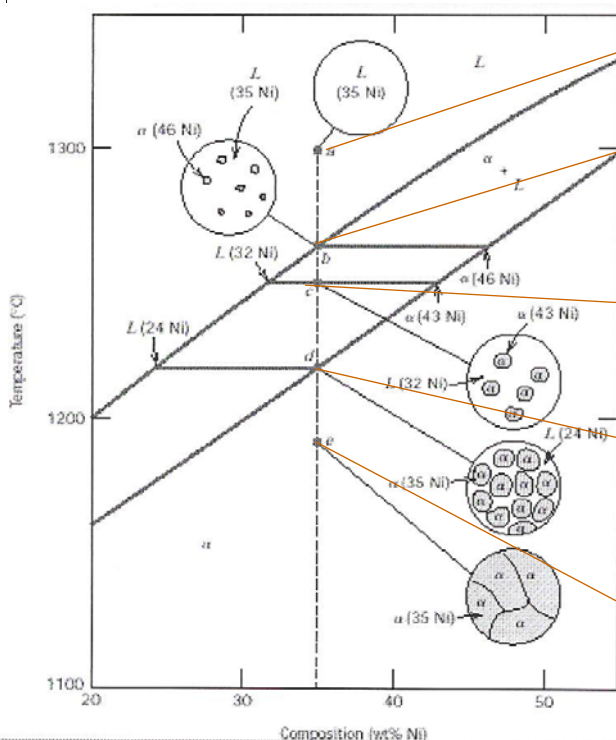
- Una aleación de cobre - níquel contiene 47% en peso de Cu y 53% de Ni y está a 1.300 °C. Utilizando el diagrama de fases:
- (a) ¿Qué porcentaje en peso de la aleación es líquida, y qué porcentaje es sólida?
- (b) ¿Cuál es el porcentaje en peso de cobre en las fases sólida y líquida a esta temperatura?



- a) Es un líquido donde empiezan a formarse unos granos sólidos. $(58-53)/(58-45)=38\%$ de líquido y el resto de sólido
- b) El líquido está formado por un 45% en peso de Ni y el sólido que empieza a solidificar tienen un 58% níquel

4. Sistema binario

• Evolución de una aleación binaria



Punto a (1300°C): 100% Líquido de composición 35%Ni-65%Cu

Punto b (1270°C): Casi 100% Líquido de composición 35%Ni-65%Cu y una mínima cantidad de núcleos sólidos ricos en Ni (fase α, con una composición 49%Ni-51%Cu

Punto c (1250°C) : 39.5% de fase líquida 43% Ni-57%Cu y 61.5% de fase sólida 30%Ni-70%Cu. Ha aumentado la concentración sólida

Punto d (1220°C). Pequeña cantidad de líquido muy rico en Cu (23%Ni-77%Cu) y practicamente un 100% de fase sólida 35%Ni-65%Cu

Punto e: la solidificación se ha completado. 100% sólido con una concentración similar a la del líquido inicial (35%Ni-65%Cu)

4. Sistema binario

Muchos de los sistemas binarios, la gran mayoría poseen solubilidad limitada de los elementos, apareciendo distintas reacciones durante el enfriamiento, llamadas **equilibrios invariantes**.

Equilibrios invariantes

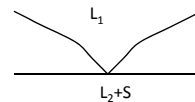
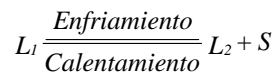
Equilibrios en los que interviene una fase líquida, L, o dos fases líquidas L_1 y L_2 y de una a tres fases sólidas α , β , γ .

Equilibrio	Nomenclatura
$L \leftrightarrow \alpha + \beta$	reacción eutéctica
$\gamma \leftrightarrow \alpha + \beta$	reacción eutectoide
$L_1 \leftrightarrow \alpha + L_2$	reacción monotéctica
$\alpha \leftrightarrow L + \beta$	reacción metatéctica
$L + \alpha \leftrightarrow \beta$	reacción peritéctica
$\alpha + \beta \leftrightarrow \gamma$	reacción peritectoide
$L_1 + L_2 \leftrightarrow \alpha$	reacción sintéctica

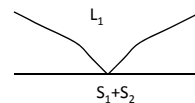
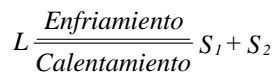
15

4. Sistema binario

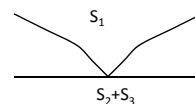
Monotéctica



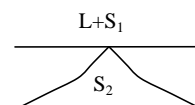
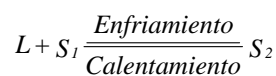
Eutéctica



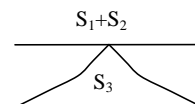
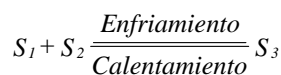
Eutectoide



Peritéctica

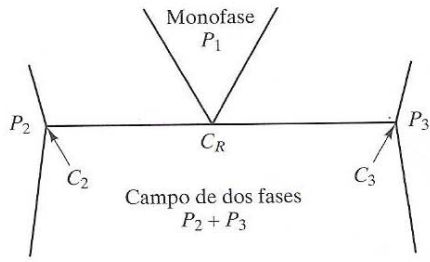


Peritectoide

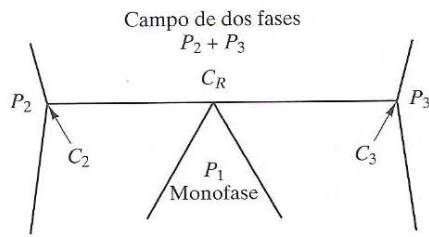


16

4. Sistema binario



(a) Reacción: $P_1 \rightarrow P_2 + P_3$



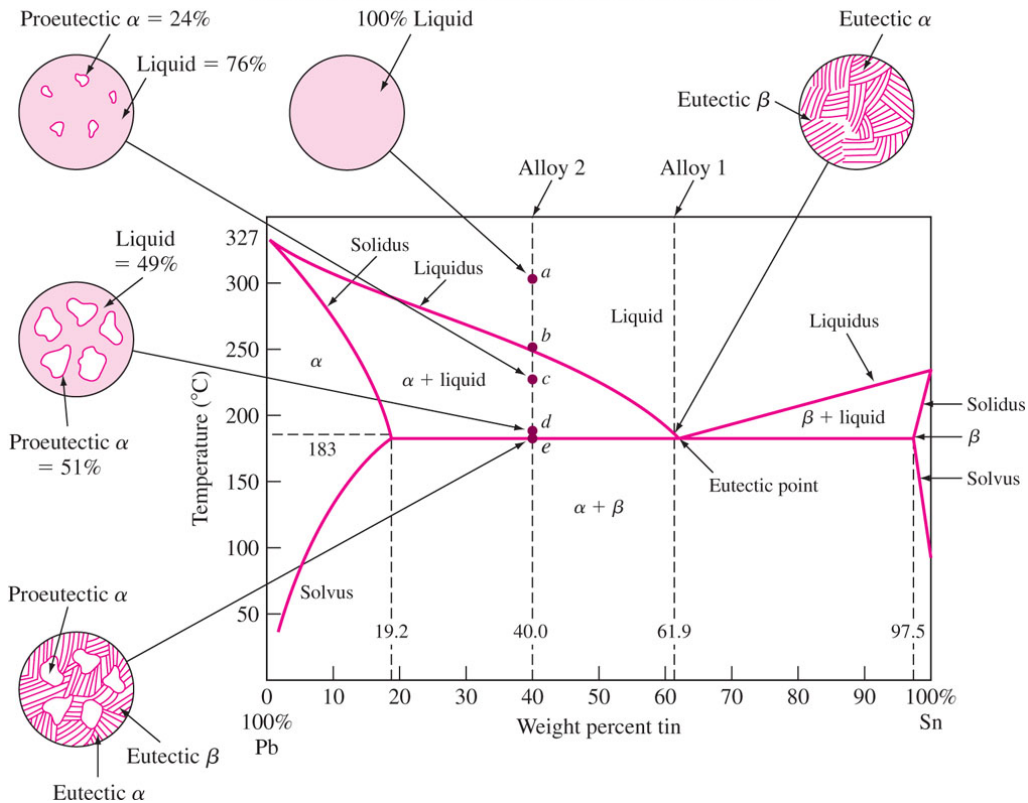
(b) Reacción: $P_2 + P_3 \rightarrow P_1$

Tabla 5-1 Reacciones de tres fases.

Con líquido	Sin líquido (únicamente sólidos)
<p><i>Eutéctica</i></p> <p>$L \rightarrow S_1 + S_2$</p>	<p><i>Eutectoide</i></p> <p>$S_1 \rightarrow S_2 + S_3$</p>
<p><i>Peritéctica</i></p> <p>$L + S_1 \rightarrow S_2$</p>	<p><i>Peritectoide</i></p> <p>$S_1 + S_2 \rightarrow S_3$</p>
<p><i>Monotéctica</i></p> <p>$L_1 \rightarrow S_1 + L_2$</p>	<p><i>Monotectoide</i></p> <p>$S_1 \rightarrow S_2 + S_3$</p>

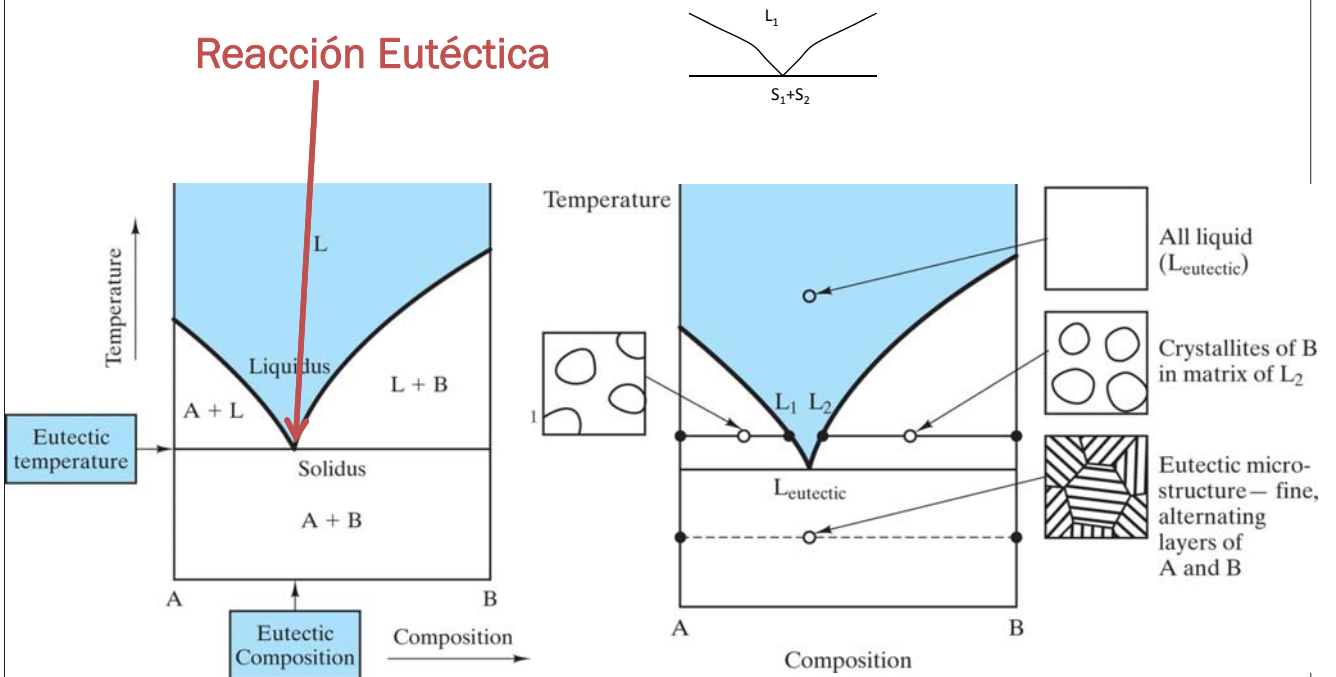
4. Sistema binario

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display



4. Sistema binario

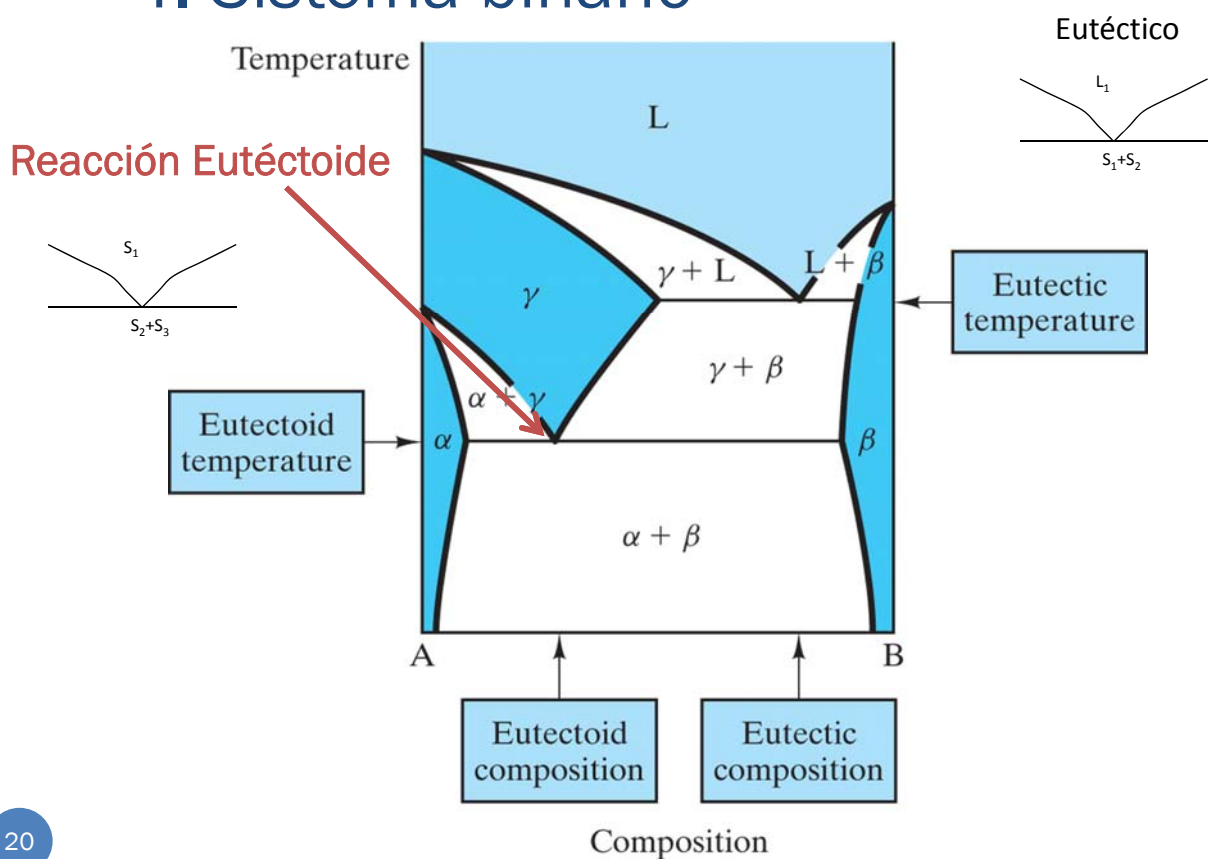
Reacción Eutéctica



19

4. Sistema binario

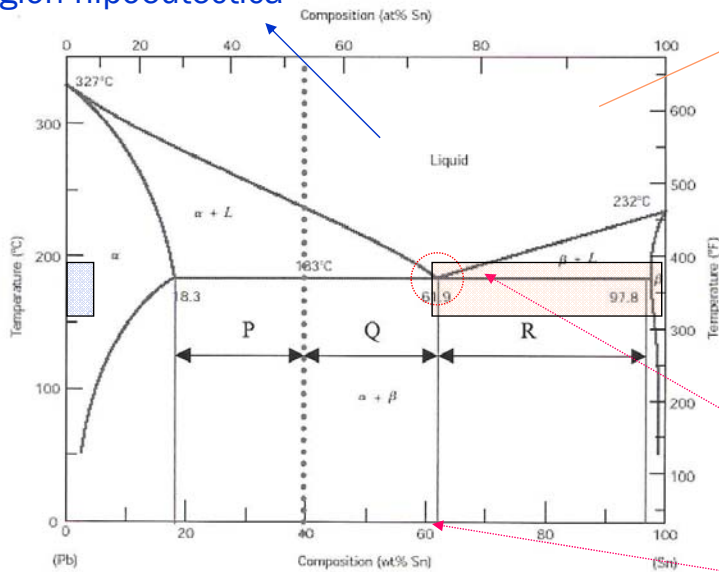
Reacción Eutécticoide



20

4. Sistema binario

Región hipoeutéctica



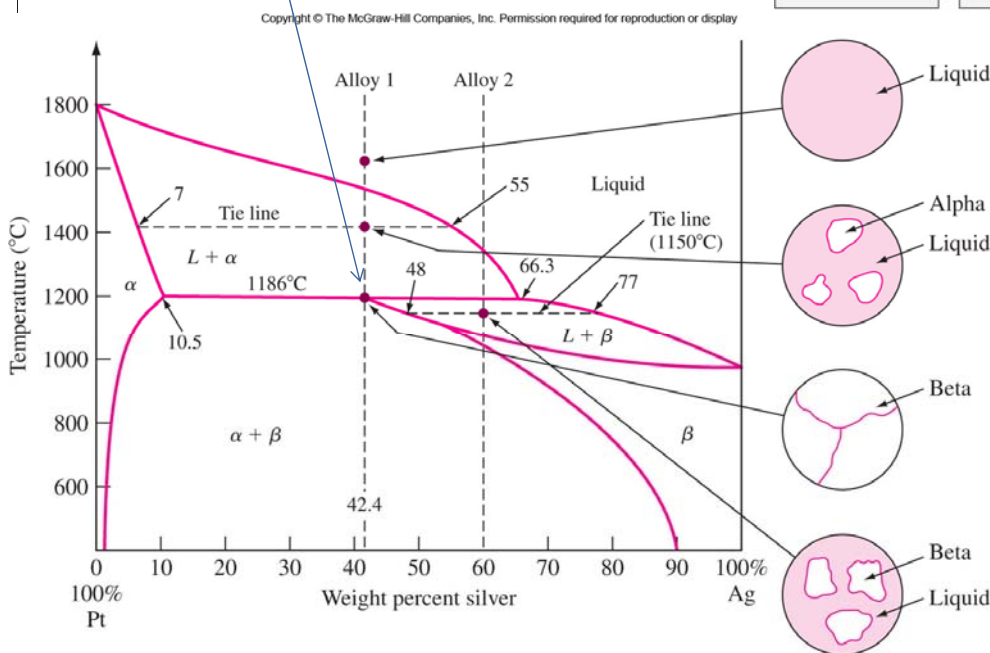
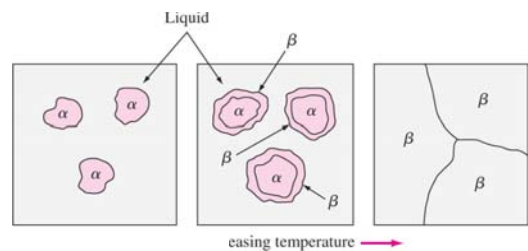
Región hipereutéctica

A veces se habla del eutectoide como si fuera una fase y se calcula el contenido del mismo.

Enfriando la aleación del 40% tenemos P de eutectoide y Q de fase alpha

4. Sistema binario

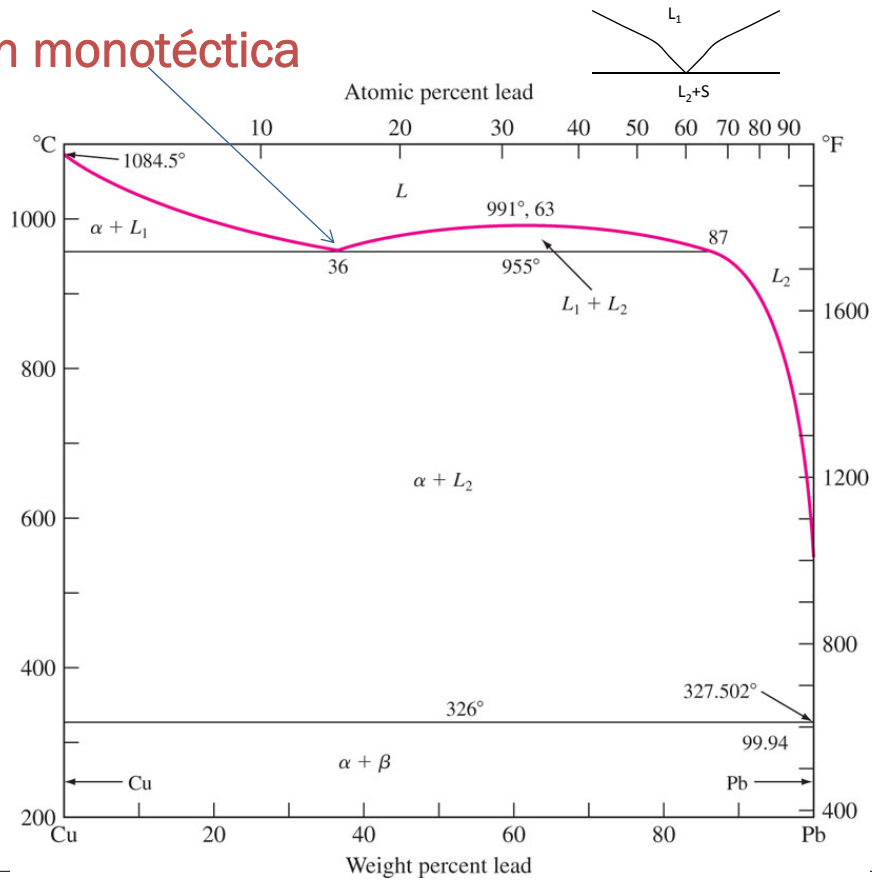
Reacción peritéctica



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

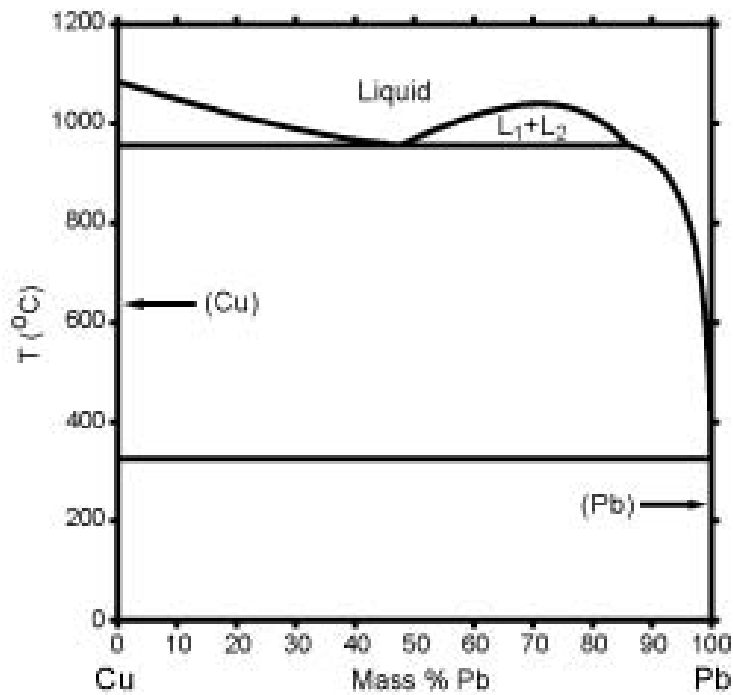
4. Sistema binario

Reacción monotéctica



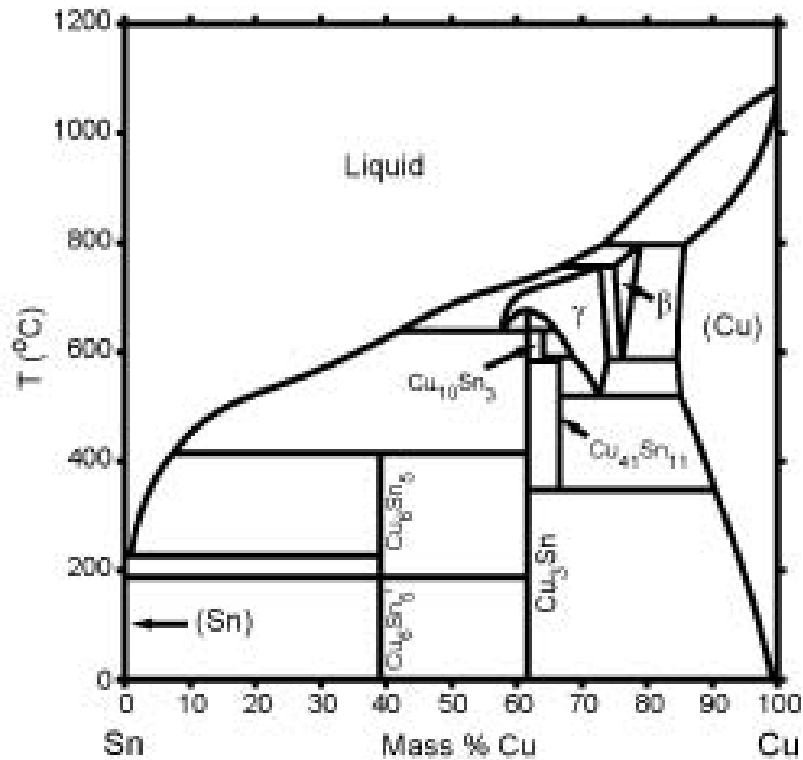
4. Sistema binario

Binario Cu-Pb



4. Sistema binario

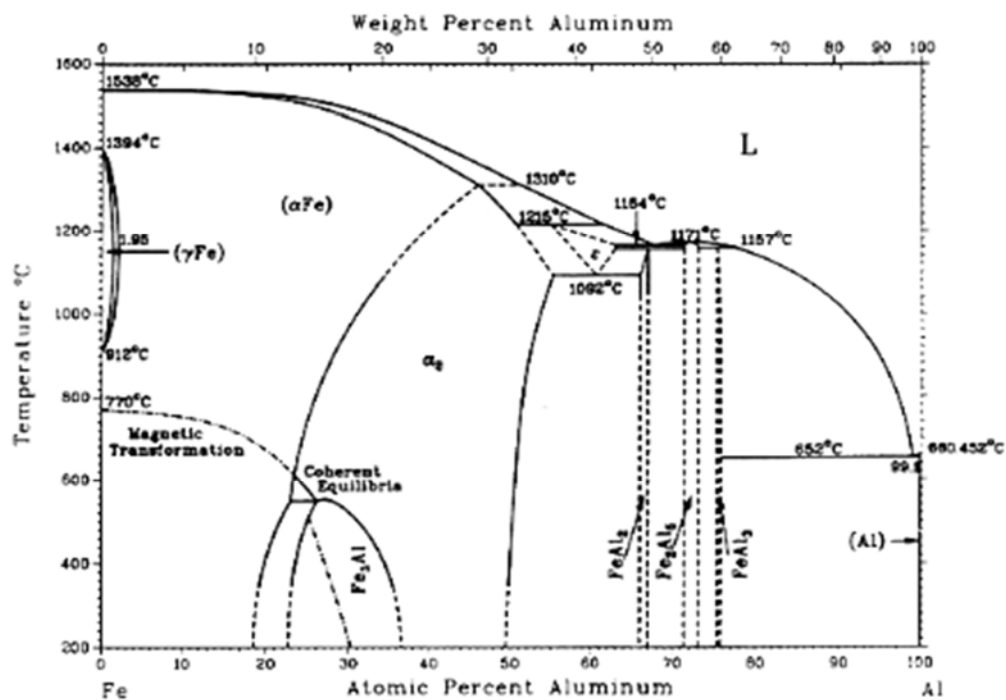
Binario Sn-Cu



25

4. Sistema binario

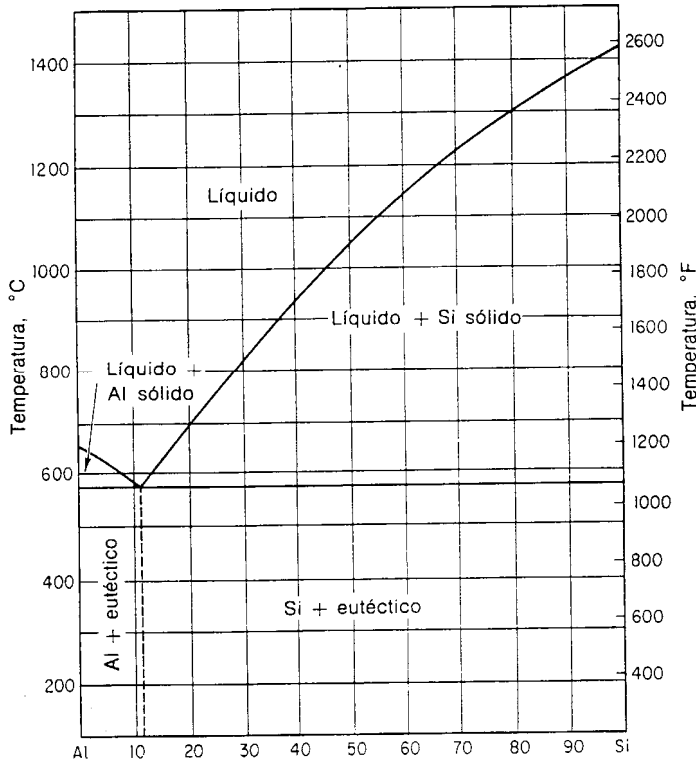
Binario Fe-Al



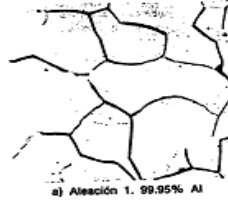
26

4. Sistema binario

Binario Al-Si



Aleación 0.05% Si



Aleación 8% Si



Aleación 12% Si



Aleación 8% Si



Aleación 50% Si



Aleación 100% Si

