

7. Aleaciones Metálicas

Soluciones sólidas – Fases – Diagramas de Fases en Equilibrio

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Aleaciones Metálicas

- En general los metales no se usan en estado puro sino que se hacen **aleaciones** con el objeto de mejorar o variar sus propiedades.
- **Aleación:** Mezcla de 2 o más metales o de metales con no metales de manera que la mezcla presenta característica metálicas.
- La mayor parte de las aleaciones metálicas se forman en estado líquido.
 - **Totalmente solubles en estado líquido**
- Sin embargo en estado sólido pueden darse distintos casos:
 - Totalmente solubles en estado sólido (**Solubilidad total en estado sólido**)
 - Totalmente insolubles en estado sólido (**Insolubilidad total en estado sólido**)
 - Parcialmente solubles en estado sólido (**Solubilidad parcial en estado sólido**)
 - Combinables formando un **compuesto intermetálico**.



FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

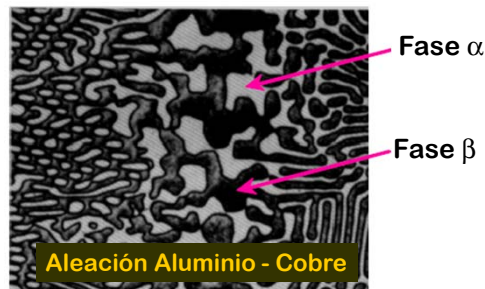
Definiciones y conceptos básicos

- **Fase:** porción de la aleación que presenta una «microestructura» homogénea desde un punto de vista químico y estructural; es una región de composición química, propiedades físicas y estructura cristalina uniforme.
No confundir fase y grano: un material de una sola fase puede contener muchos granos.
- **Componente:** cada una de las sustancias químicas de las que está compuesta una fase. Un compuesto puede ser un componente.
Una aleación **binaria** tiene **2 componentes**, ternaria tiene 3,.....
- **Sistema:** una serie de posibles aleaciones, compuestos o mezclas resultantes de los mismos componentes (el sistema hierro carbono, el sistema agua y azúcar, etc.)
- **Solvente:** componente de mayor proporción en la solución.
- **Soluto:** componente de menor proporción.

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Definiciones y conceptos básicos

- **Límite de Solubilidad** de un componente en una fase es la máxima cantidad de ese componente que puede disolverse en esa fase
–Agua y alcohol, solubilidad ilimitada. Agua y azúcar, solubilidad limitada, agua y aceite son insolubles.
- **Equilibrio:** Configuración estable de un sistema cuando ha transcurrido un lapso de tiempo suficientemente largo.
–El equilibrio puede alcanzarse muy rápidamente (segundos) o tomar largos períodos de tiempo (eras geológicas)
–Se tratan sistemas en equilibrio: no se modifican a medida que transcurre el tiempo
- **Microestructura:** Las propiedades de una aleación no dependen sólo de las proporciones de las fases sino además de cómo están acomodadas a nivel microscópico. Ello constituye la **MICROESTRUCTURA** de la aleación. La microestructura queda definida por (1) el número de fases, (2) sus proporciones y (3) su arreglo en el espacio.



FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Relación propiedades - microestructura

- En general las propiedades de una aleación dependen de su microestructura.
 - El desarrollo de la microestructura depende de:
 - (1) el número de fases
 - (2) sus proporciones
 - (3) su arreglo en el espacio.
- ¿ Cómo predecir la microestructura y consecuentemente sus propiedades en sistemas de dos componentes?

Los **diagramas de fases** o **diagramas de equilibrio** pueden ayudar a entender y predecir la microestructura de la aleación.

Los diagramas de fases deben entenderse como mapas.

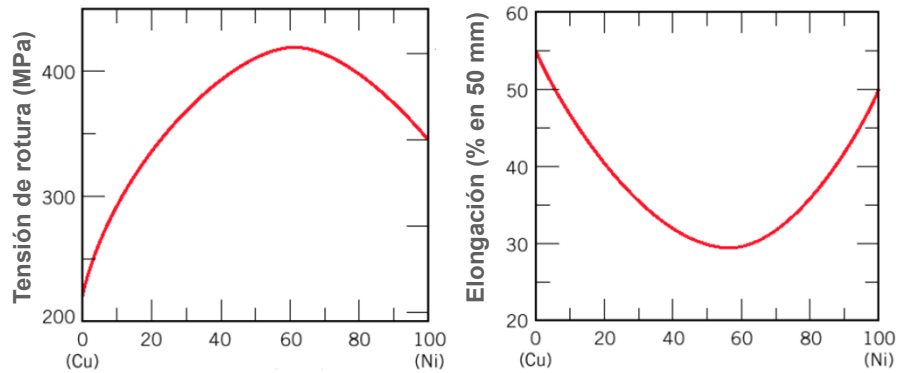
FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Algunas aleaciones comunes

- | | |
|-------------------------------------|--|
| • Monel: | Cobre y Níquel |
| • Bronce: | Cobre y Estaño (3 a 20 %) |
| • Latón: | Cobre y Zinc (15 a 35 %) |
| • Hidrobronce: | Cobre, Estaño y Zinc |
| • Zamak: | Zinc y Aluminio (4%) y Cobre (1%) |
| • Duraluminio: | Aluminio y Cobre (0,45 a 1,5 %) |
| • Invar: | Hierro y Níquel (36 %) |
| • Aceros y Fundiciones: | Hierro y Carbono |
| • Estaño de soldaduras | Estaño (63 %) y plomo (37 %) (electrónica) |
| • Fundición tipográfica | Plomo, Antimonio y estaño |
| • Oro joyería
átomos = quilates) | Oro y cobre (Número de átomos de oro por cada 24 |

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Variación de propiedades en aleaciones



FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Diagramas de fases binario

¿Qué es un diagrama de fases binario en equilibrio ?

Binario: 2 componentes

Equilibrio: estable respecto al tiempo

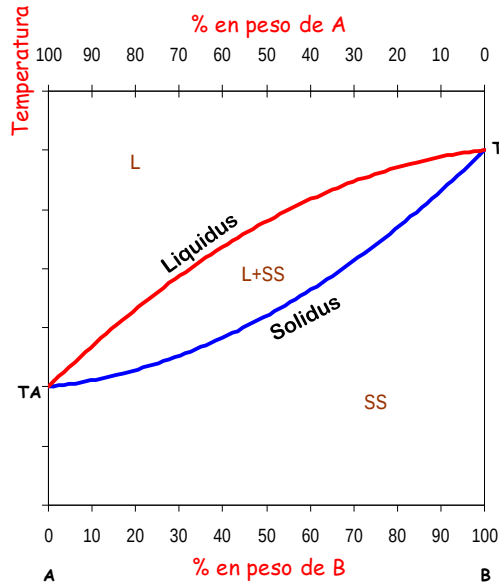
Fase: una región química y estructuralmente homogénea

Diagrama: un mapa o representación mostrando un esquema general

Para uso ingenieril, en general se trabaja con diagramas de fases binarios y uno de particular interés es el de **hierro – carbono** que se tratará más adelante.

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Solubilidad total en estado sólido



En **sistemas de un componente**, la solidificación (fusión) ocurre a **una temperatura bien definida**.

En **sistemas de más de un componente**, la solidificación (fusión) ocurre en un **rango de temperaturas** entre la línea de *liquidus* y la línea de *solidus*.

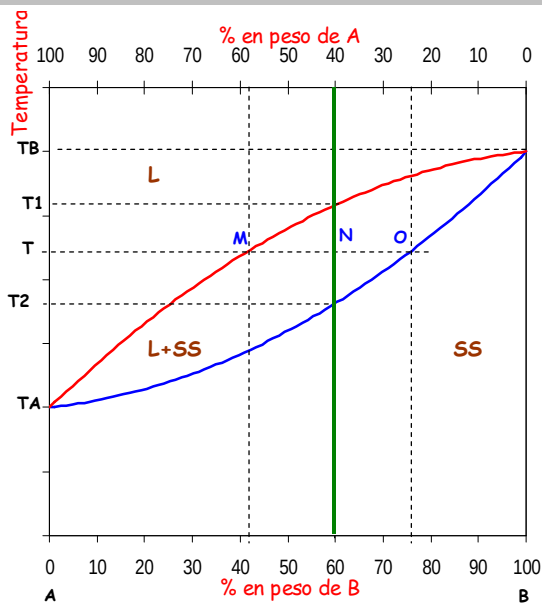
Interpretación:

Para una dada temperatura y composición:

1. Las fases que están presentes
2. La composición de cada fase
3. Las fracciones relativas de cada fase

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Solubilidad total en estado sólido



Supongamos la aleación de dos componentes ideales formada por 40% de A y 60% de B

TA: temperatura de fusión de A
TB temperatura de fusión de B

T1: el sistema comienza a solidificar
T: coexisten la fases Líquida L y solución sólida SS

T2: Todo el líquido solidificó y se tiene una sola fase solución sólida SS

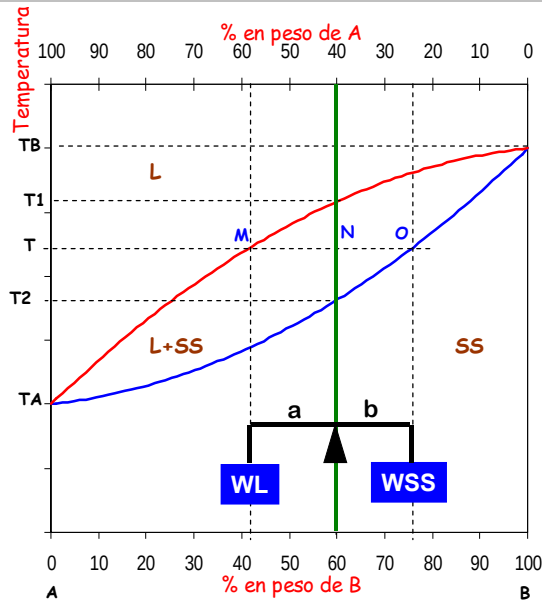
En T se tiene un líquido compuesto por 58% de A y 42% de B y una SS compuesta de 24% de A y 76% de B.

A medida que la temperatura baja, las proporciones cambian.

T2 se tiene una SS de 40% de A y 60% de B.

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Regla de la palanca



Permite determinar a una temperatura dada, la cantidad de cada fase:

En T, el sistema está compuesto de un líquido con el 58% de A y el 42% de B (M) y una SS en equilibrio con 24% de A y 76% de B (O).

¿Cuánto hay de L y SS?

$$WL + WSS = 1$$

$$WL = 1 - WSS$$

$$WL \cdot a = WSS \cdot b$$

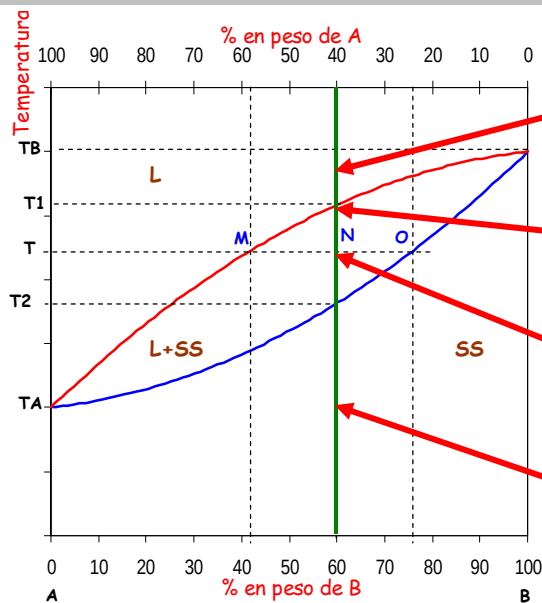
$$(1 - WSS) \cdot a = WSS \cdot b$$

$$WSS = \frac{a}{(a+b)}$$

$$WL = \frac{b}{(a+b)}$$

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Microestructura



Líquido

Líquido y algunos cristales de SS que empiezan a formarse

Líquido y cristales de SS que continúan formándose

Solución sólida SS policristalina

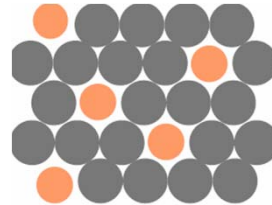
FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Soluciones sólidas (solubilidad)

- **Soluciones sólidas sustitucionales:** Los átomos de soluto (el de menor proporción) **sustituyen** a átomos de disolvente (el de mayor proporción).

Hay reglas que deben cumplirse para que se produzca:

- Diferencia entre diámetros de átomos $< 15\%$
- Igual estructura cristalina
- Similares electronegatividades
- Igual número de electrones en la capa de valencia

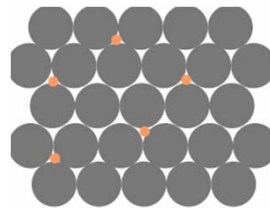


FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Soluciones sólidas (solubilidad)

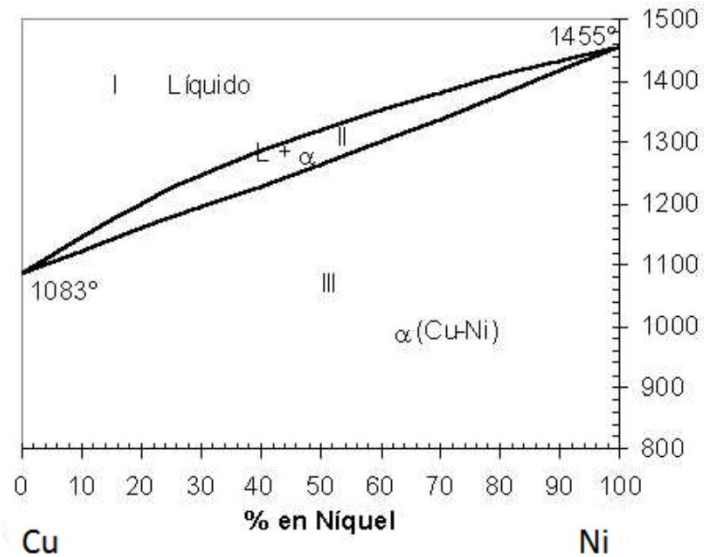
- **Soluciones sólidas intersticiales:** Los átomos de soluto (el de menor proporción) **encajan** entre los átomos de disolvente (el de mayor proporción).

Los átomos que pueden formar este tipo de solución sólida son los de pequeño tamaño: Hidrógeno, **carbono**, nitrógeno y oxígeno



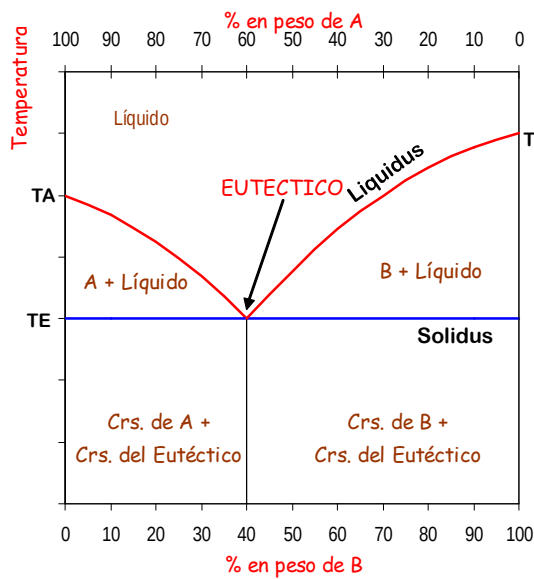
FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Solubilidad Total Cu - Ni



FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Insolubilidad total en estado sólido



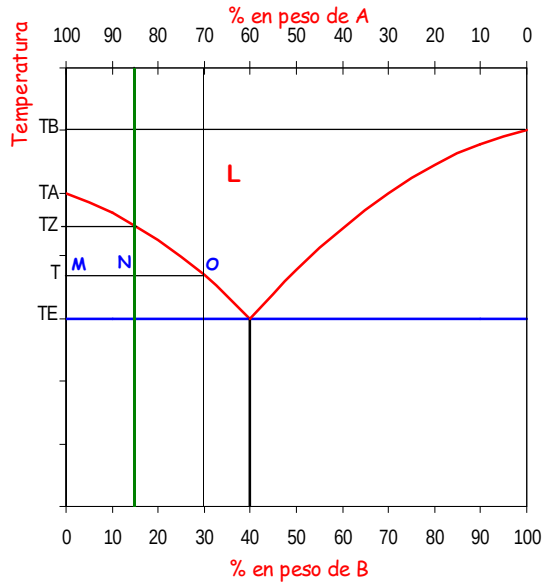
Existe una composición EUTECTICA en donde el sistema pasa del Líquido al Sólido a una temperatura bien definida.

EUTECTICA : “que funde bien” o “que funde fácil” en griego

TA y TB: Temperaturas de fusión de A y B respectivamente.

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Insolubilidad total en estado sólido



Para la aleación de composición 85% de A y 15% de B

Por encima de TZ existe una única fase líquida L de composición 85% de A y 15% de B.

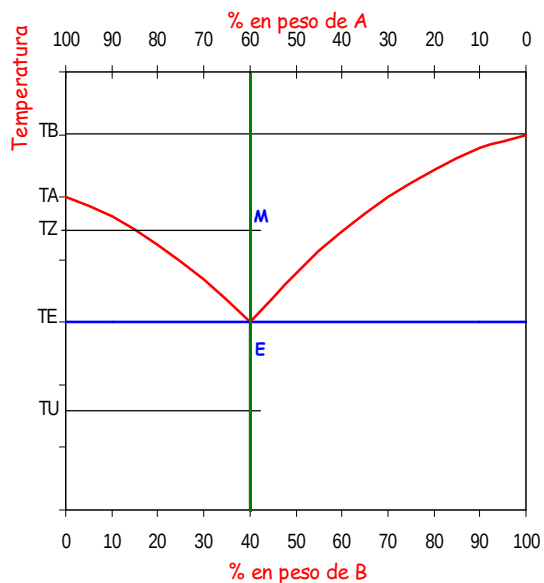
Al llegar a TZ, se empiezan a formar los primeros cristales de A en equilibrio con L de composición 85% de A y 15% de B.

Al llegar a T existen cristales de A en equilibrio con un líquido de composición 70% de A y 30% de B

Al llegar a TE la aleación pasa al estado sólido con una composición de 85% de A y 15% de B que se mantiene a temperaturas inferiores a TE.

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Insolubilidad total en estado sólido

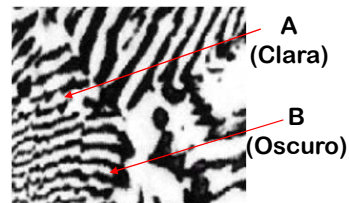


Para la composición eutéctica, 60% de A y 40% de B

Para TZ existe una única fase líquida L de composición eutéctica.

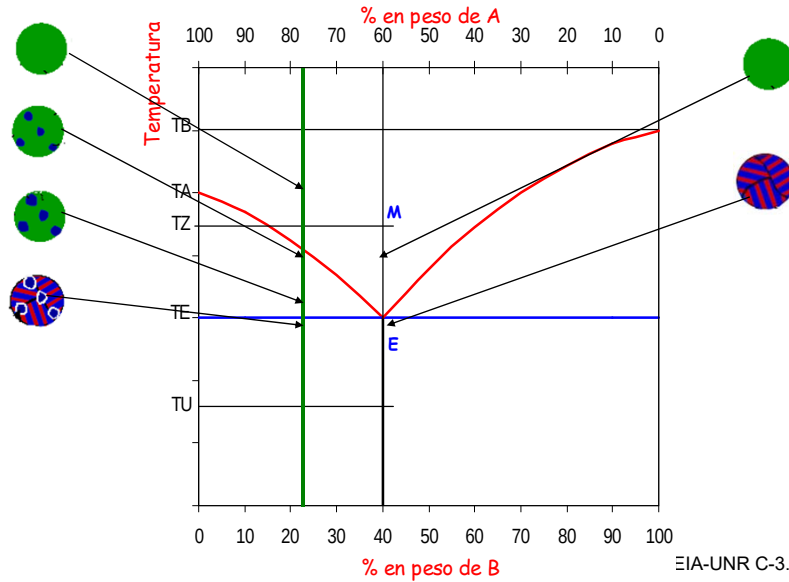
Al llegar a TE, el líquido solidifica y mantiene la composición eutéctica existiendo cristales de A y B conformando una estructura eutéctica de finas capas alternadas de A y B

Para TU, la estructura se conserva.

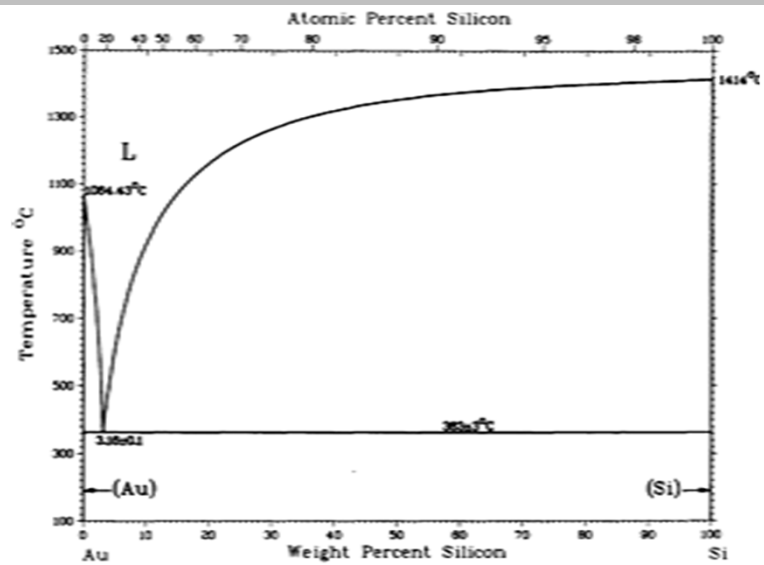


FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

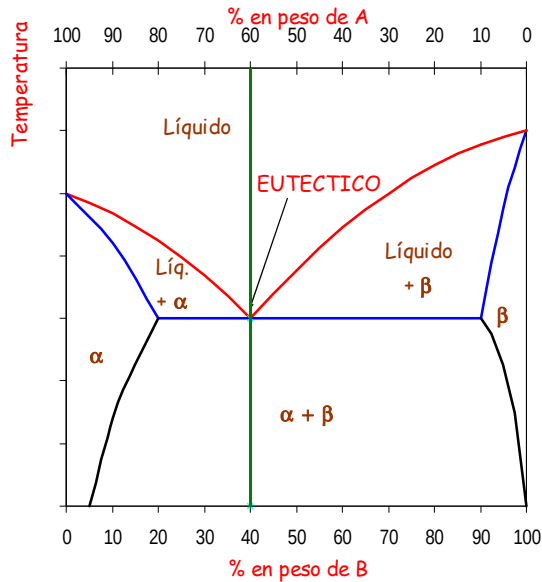
Microestructuras



Insolubilidad Total Au-Si



Solubilidad parcial en estado sólido



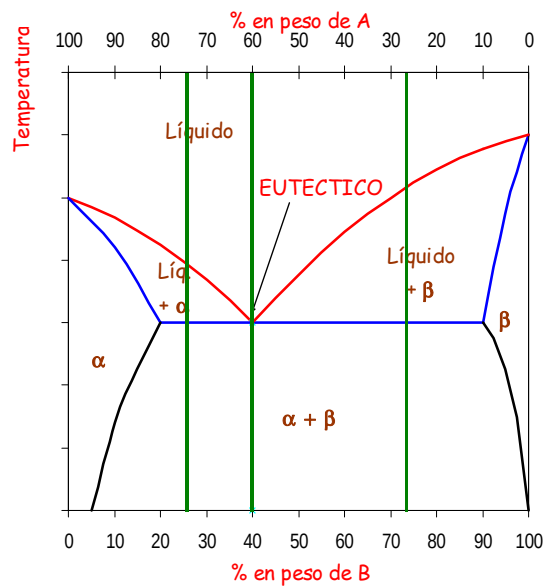
Para pequeñas proporciones de uno de los componentes respecto al otro, hay solubilidad total. Se forman soluciones sólidas α y β .

Para mayores combinaciones, no hay posibilidades de formar una solución sólida y el caso es similar al de insolubilidad total.

Existe un punto Eutéctico.

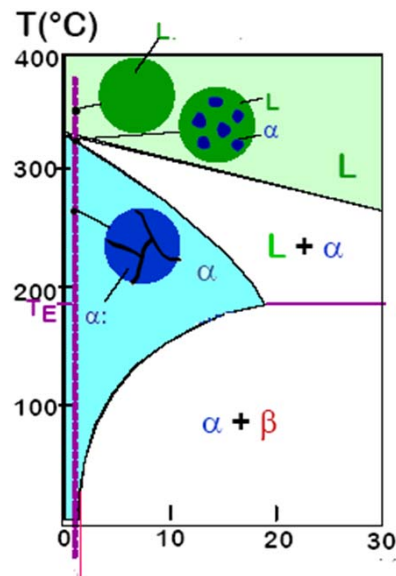
FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Solubilidad parcial en estado sólido



UNR C-3.20.1 Materiales

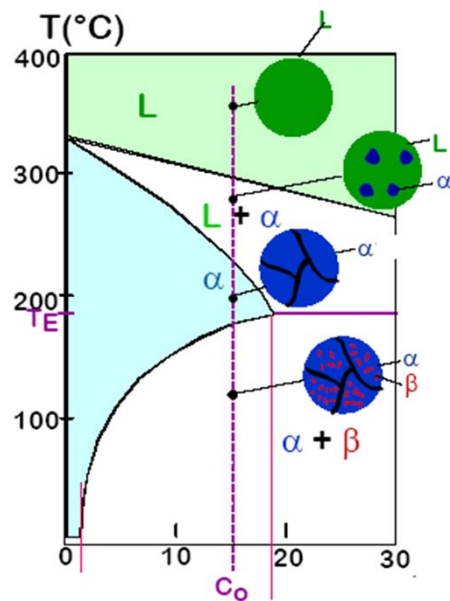
Solubilidad parcial en estado sólido



Microestructuras 1

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

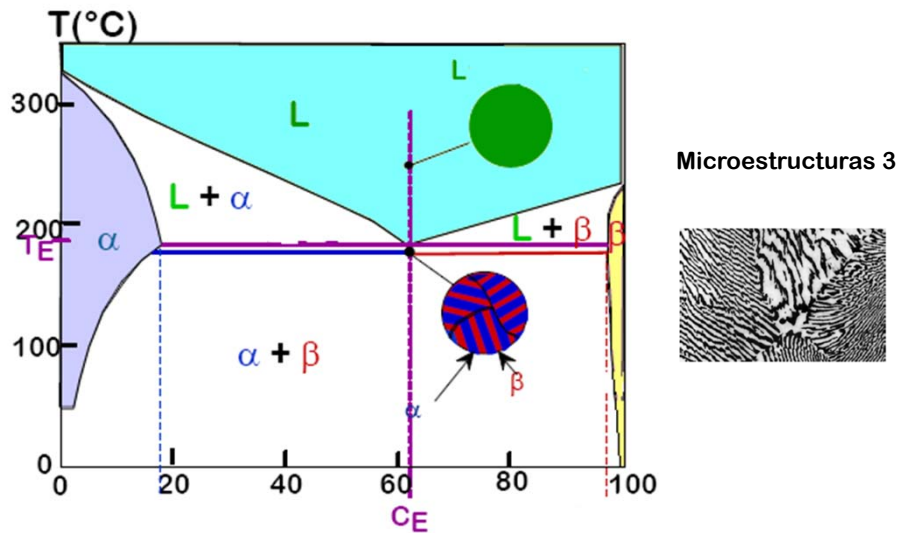
Solubilidad parcial en estado sólido



Microestructuras 2

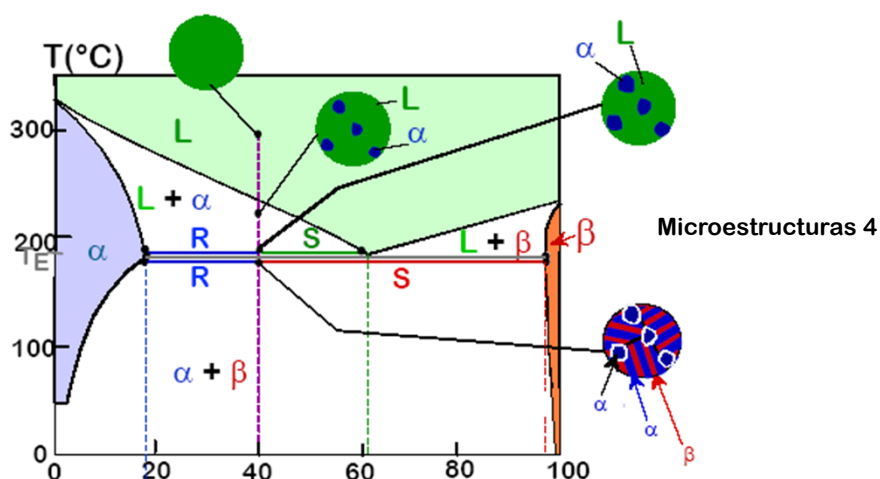
FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Solubilidad parcial en estado sólido



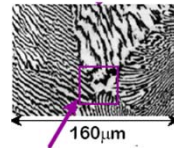
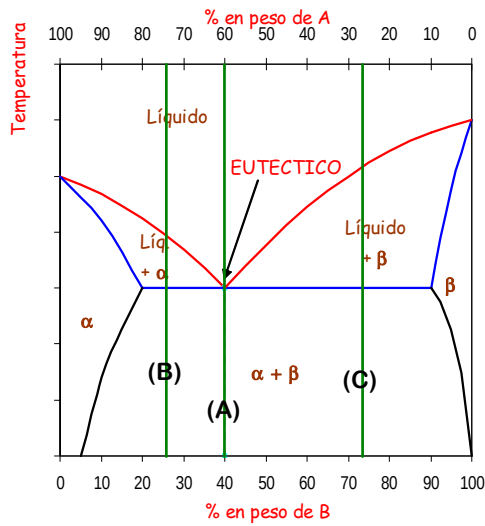
FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Solubilidad parcial en estado sólido

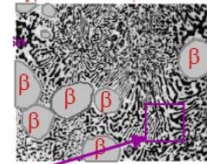


FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

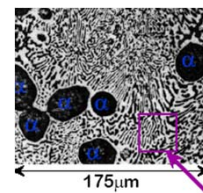
Solubilidad parcial en estado sólido



Eutético (A)



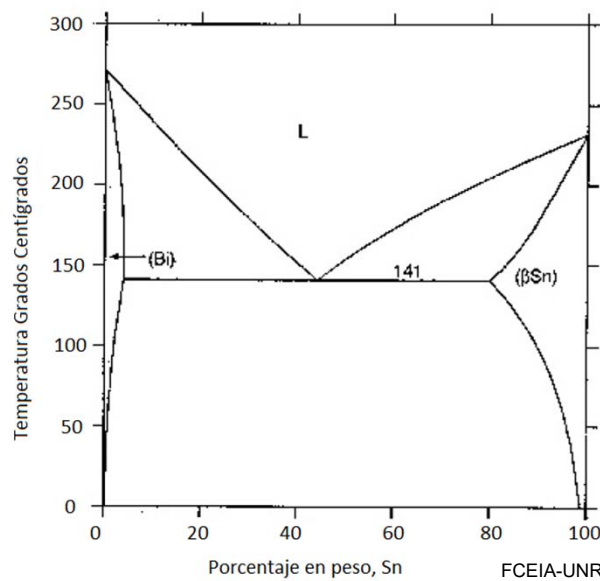
Hipereutéctico (C)



Hipoeutéctico (B)

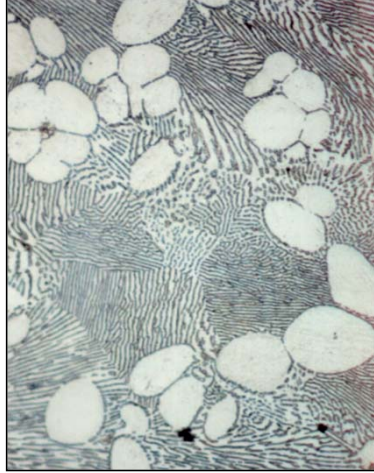
FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Solubilidad Parcial Pb - Sn

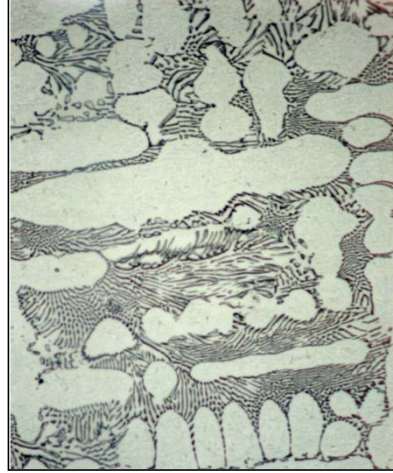


FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Microestructuras



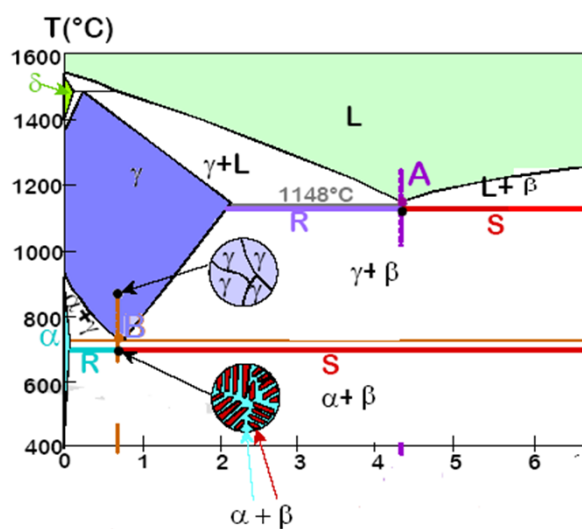
Microestructura del eutético de la aleación Zn-4Al. X400



Microestructura del eutético de la aleación Ni-Cr-Mo. X400

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Eutectoide (sólido – sólido)



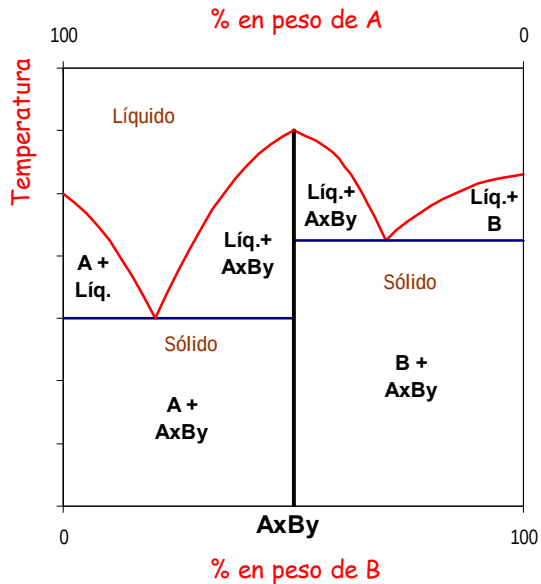
Eutectoide: como una eutéctica

De sólido a sólido

Cambio de fase en estado sólido

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales

Compuestos intermetálicos



Pueden existir en ciertos sistemas

Los compuestos intermetálicos tienen composiciones precisas (estequiométricas)

Son tratadas como una fase más en la aplicación de la regla de la palanca

No aparece una región sino una línea vertical

Los diagramas se pueden interpretar como dos unidos

FCEIA-UNR C-3.20.1 Materiales