

# ALEACIONES

## Aleaciones Metálicas

### Soluciones sólidas, Fases, Diagrama de Fases en Equilibrio

En general los metales no se usan en estado puro, sino que se hacen aleaciones con el objeto de mejorar o variar sus propiedades.

Una aleación es una mezcla de dos o más metales, o de metales con no metales, de manera que la mezcla presenta características metálicas. La mayor parte de las aleaciones metálicas se forman en estado líquido. Estado que es totalmente necesario para ser 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.

Antes de continuar, necesitamos algunas 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, etc.
- **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.

- **Límite de Solubilidad** de un componente en una fase es la máxima cantidad de ese componente que puede disolverse en esa fase, por ejemplo; 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 suficientemente largo. El equilibrio puede alcanzarse muy rápidamente (segundos) o tomar largos períodos de tiempo (eras geológicas).
- **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. (Ver ilustración 1)

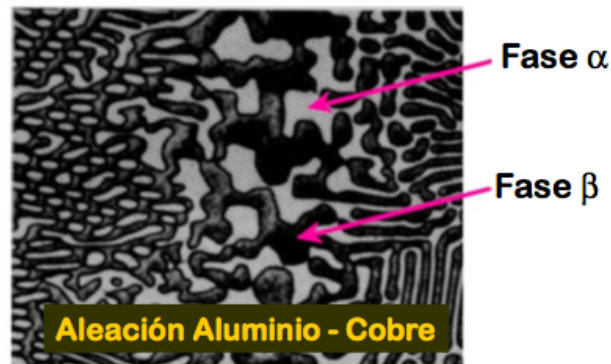


Ilustración 1 Aleación aluminio - cobre

### Relación propiedades - microestructura

En general las propiedades de una aleación dependen de su microestructura. Y a su vez el desarrollo de la microestructura depende de:

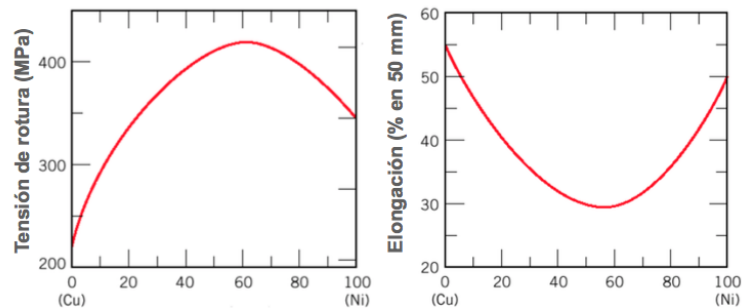
- El número de fases.
- Sus proporciones.
- Su arreglo en el espacio.

¿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. (Ver tabla 1 y gráficas 1 y 2)

Algunas aleaciones comunes son: (Ver tabla 1. 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:	Oro y cobre (Número de átomos de oro por cada 24 átomos = quilates)

Tabla 1. Aleaciones comunes



Gráficas 1 y 2 Variación de propiedades en aleaciones

### ¿Qué es un diagrama de fases binario en equilibrio?

Binario: 2 componentes.

Equilibrio: estable respecto al tiempo.

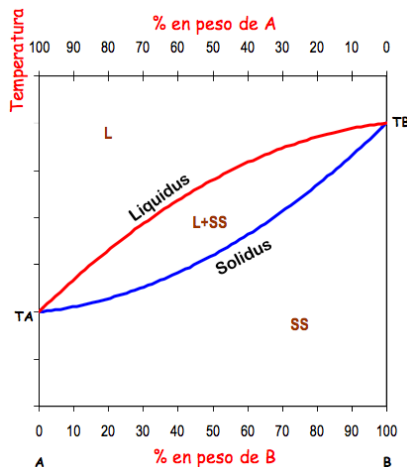
Fase: una región química y estructuralmente homogénea.

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.

### 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. (Ver gráfica 3)



Gráfica 3. Solubilidad total en estado sólido

Interpretación: para una dada temperatura y composición:

- Las fases que están presentes.
- La composición de cada fase.
- Las fracciones relativas de cada fase.

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

TA: temperatura de fusión de A.

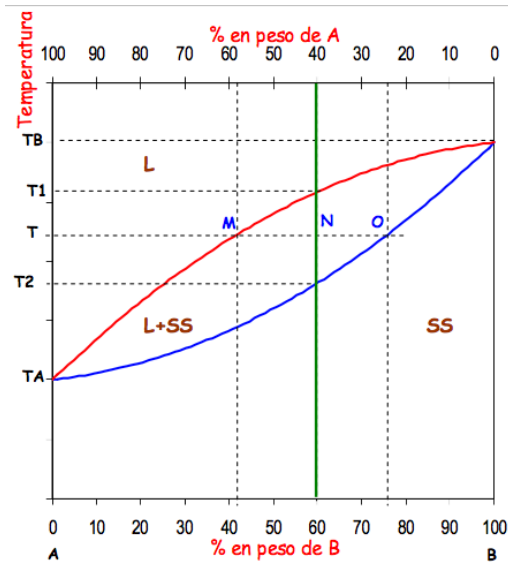
TB: temperatura de fusión de B.

T1: el sistema comienza a solidificar.

T: coexisten las 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. (Ver gráfica 4)



Gráfica 4. Aleación de dos componentes

### 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? (Ver gráficas 5 y 6).

$$WL + WSS = 1$$

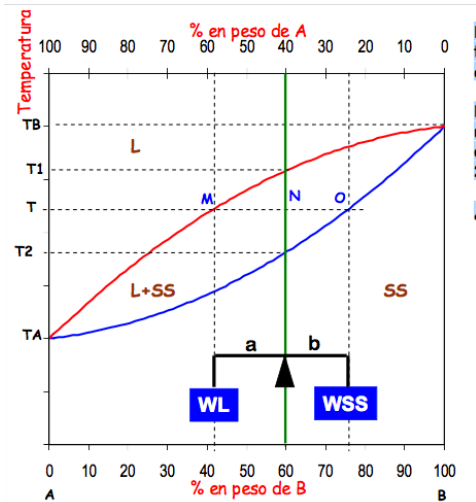
$$WL = 1 - WSS$$

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

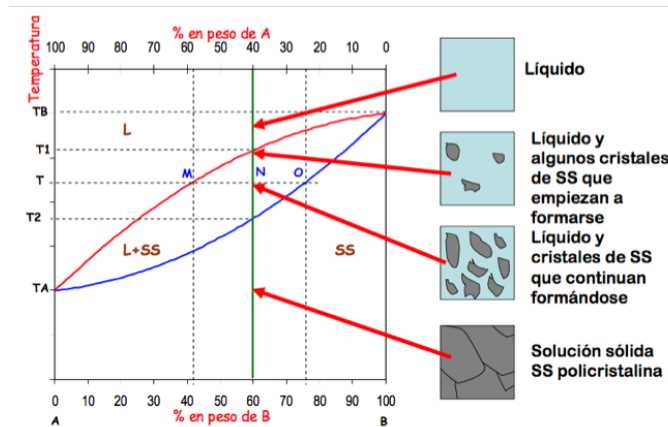
$$(1 - WSS) \cdot a = WSS \cdot b$$

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

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



Gráfica 5. Regla de la palanca



Gráfica 6. Microestructura

### Soluciones sólidas (solubilidad)

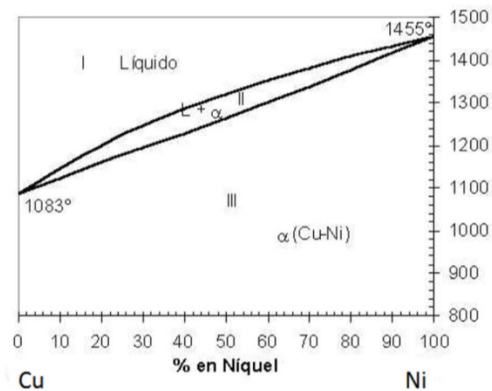
Las soluciones sólidas sustitucionales son los átomos de soluto (el de menor proporción) sustituyen a átomos de disolvente (el de mayor proporción).

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

Por otra parte, tenemos las soluciones intersticiales que son 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. (Ver gráfica 7)



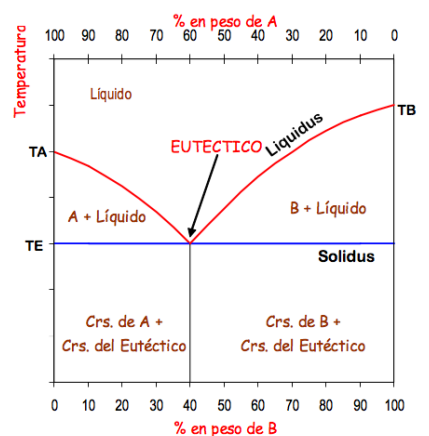
Gráfica 7 Solubilidad total Cu-Ni

### Insolubilidad total en estado sólido

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

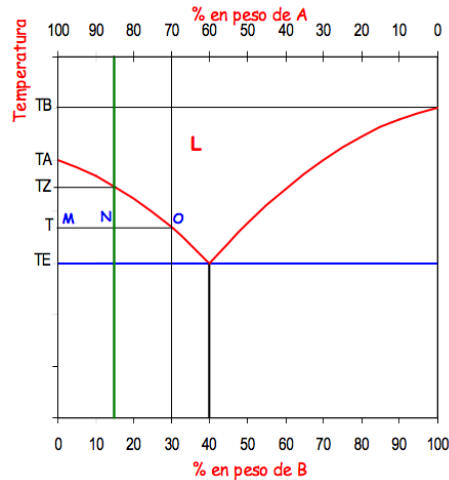
**EUTECTICA:** “que funde bien” o “que funde fácil” en griego

**TA y TB:** temperaturas de fusión de A y B respectivamente. (Ver gráfica 8)



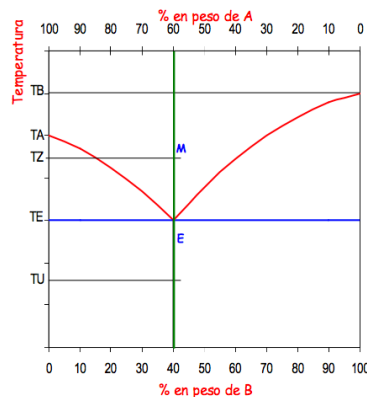
Gráfica 8 Insolubilidad total en estado sólido

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. (Ver gráfica 9)



Gráfica 9. 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. (Ver gráfica 10, 11, 12 e ilustración 2)



Gráfica 10. Insolubilidad total en estado sólido



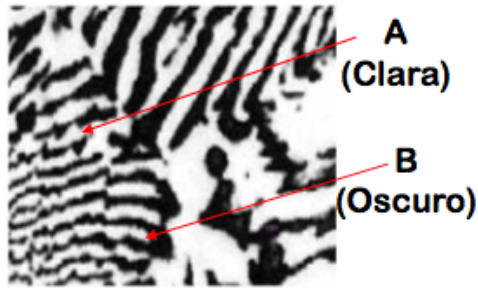
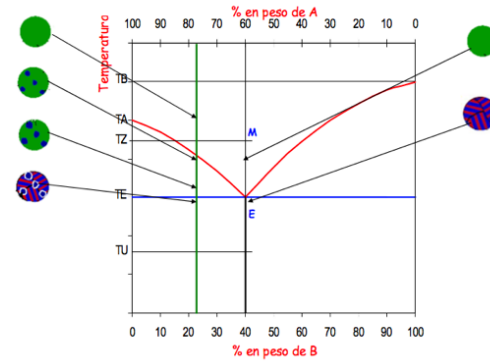
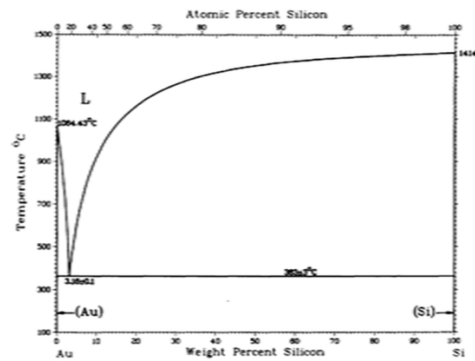


Ilustración 2 Microestructura



Gráfica 11. Microestructuras

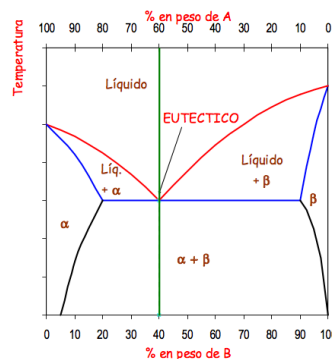


Gráfica 12 Insolubilidad Total Au-Si

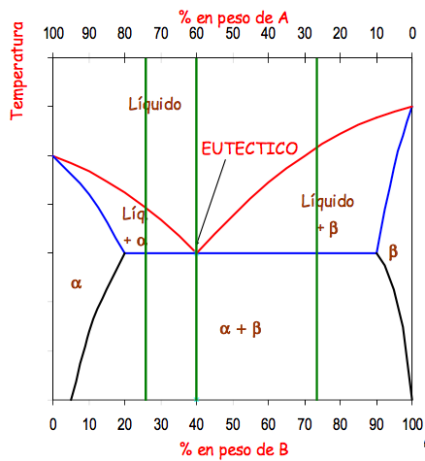
### Solubilidad parcial en estado sólido

Para pequeñas proporciones de uno de los componentes respecto al otro, hay solubilidad total. Se forman soluciones sólidas  $\alpha$  y  $\beta$ .

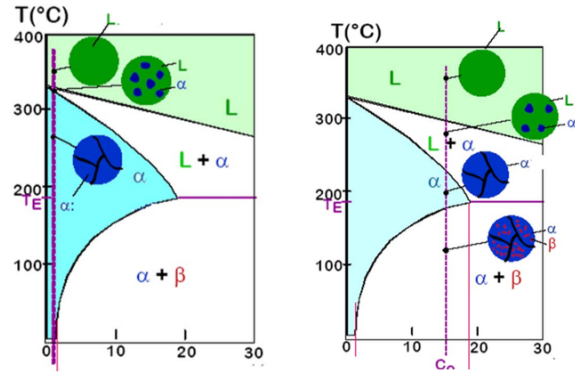
Para mayores combinaciones, no hay posibilidades de formar una solución sólida y el caso es similar al de insolubilidad total. Existe un punto Eutéctico. (ver gráficas de la 13 a la 16)



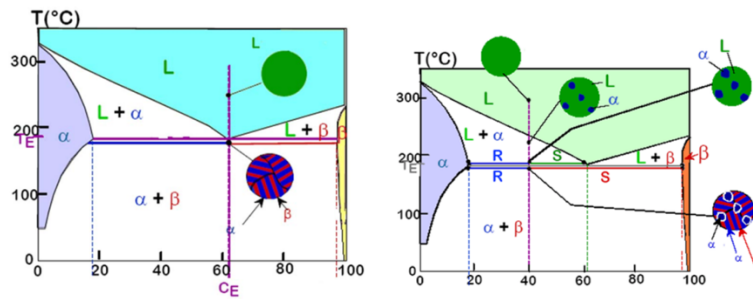
Gráfica 13 Solubilidad parcial en estado sólido



Gráfica 14. Solubilidad parcial en estado sólido



Gráfica 15. Microestructuras 1 y 2



Gráfica 16. Microestructuras 3 y 4

**Referencia:**

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. (2004).

Aleaciones Metálicas, Soluciones sólidas - Fases - Diagramas de Fases en Equilibrio.

<https://www.fceia.unr.edu.ar/materialescivil/presentaciones/07%20Aleaciones%20met%C3%A1licas%202020.pdf>