

MT-1113

Materiales

Tema 4. Microestructura y Propiedades

Prof. Marlon Cruz

Departamento de Ciencia de los Materiales

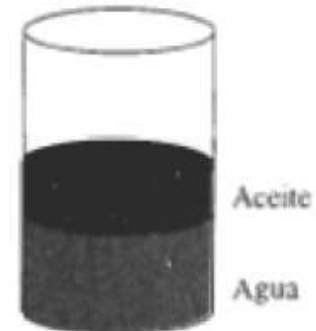
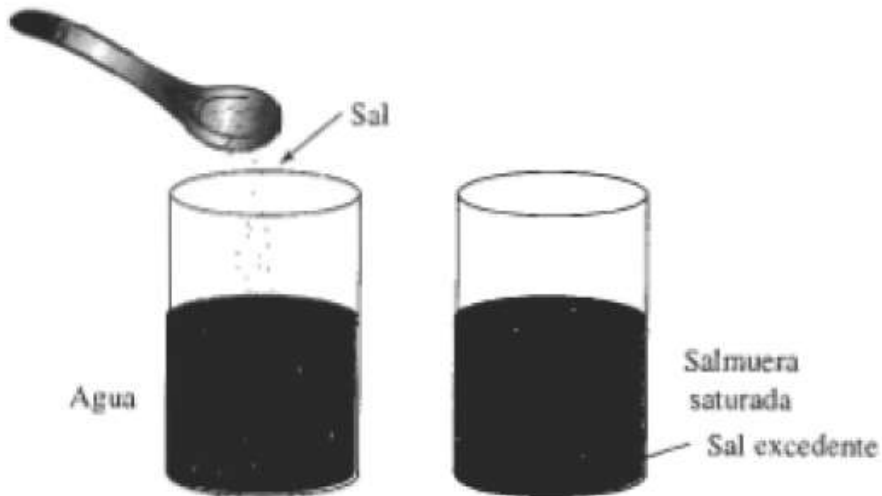
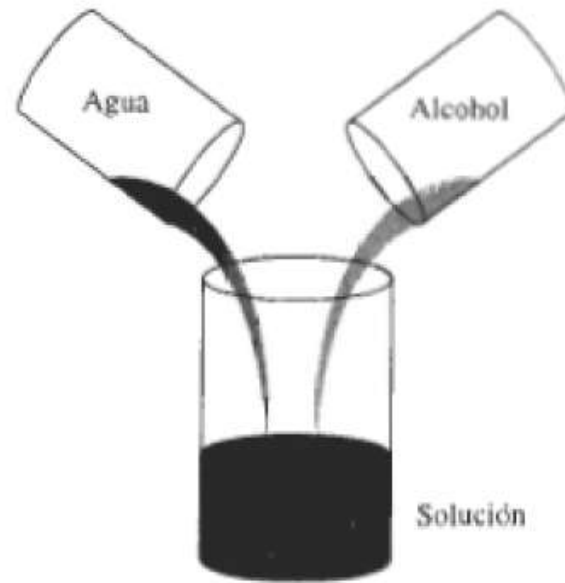
Universidad Simón Bolívar

Definición de Fase

Región de un material que presenta:

- a.- Una misma estructura o arreglo atómico
- b.- Una misma composición y propiedades
- c.- Una interfase definida entre la fase misma y cualquier otra que la rodea o está en el vecindario

Relación Fases y Solubilidad



Concepto de límite de solubilidad



Ejemplo de fases y solubilidad en aleaciones

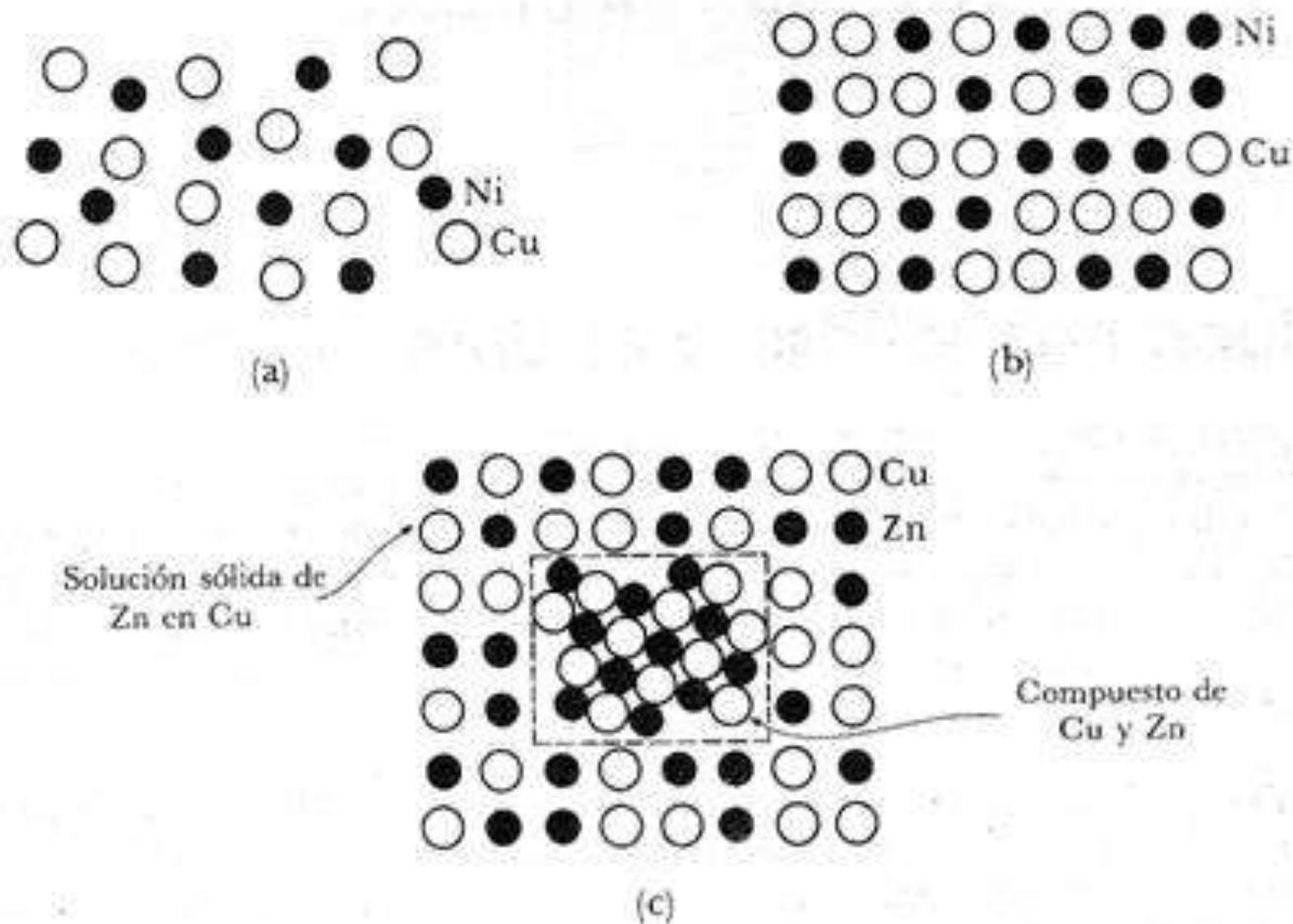
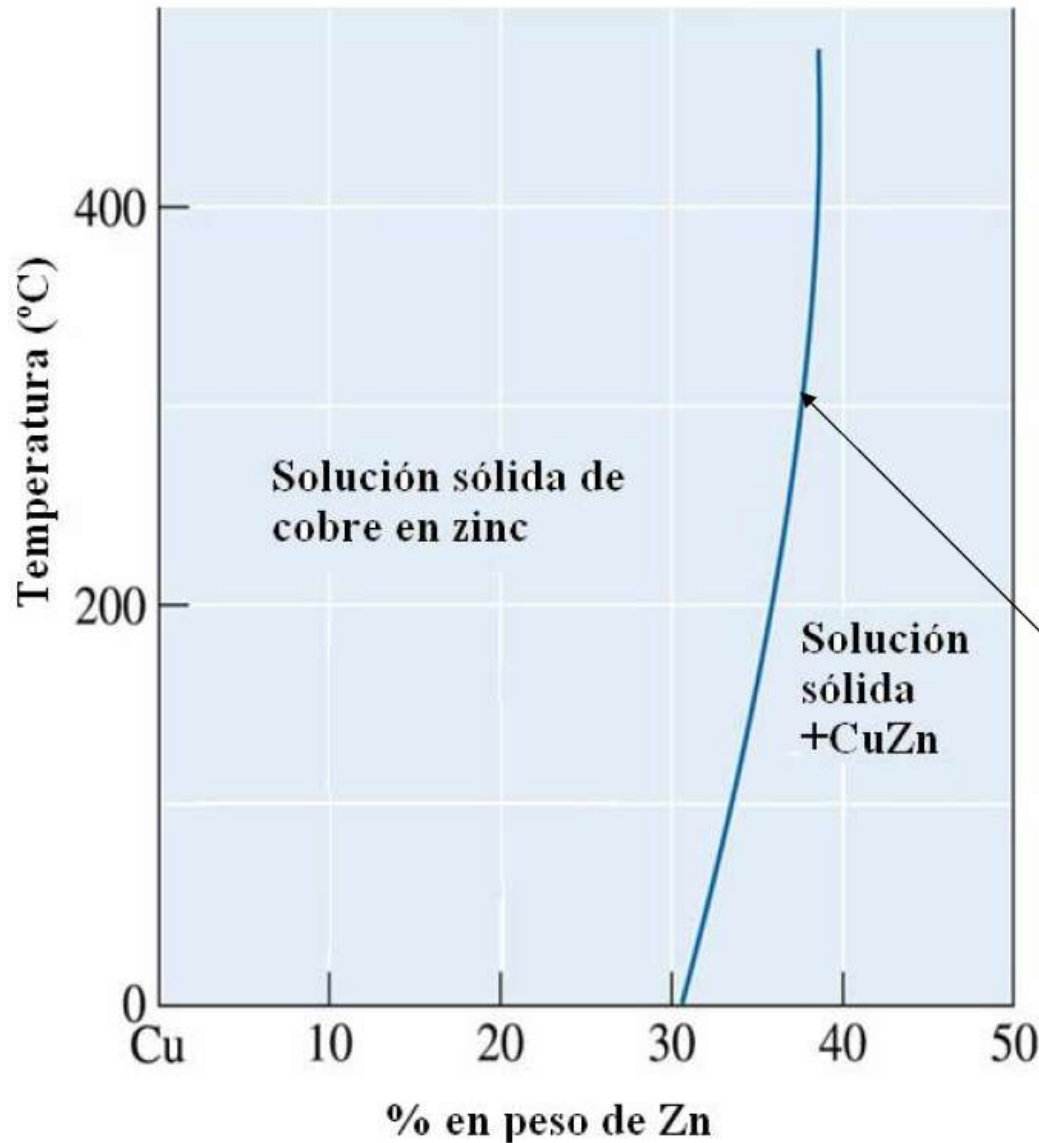


FIG. 8-11 (a) Las aleaciones líquidas cobre-níquel son completamente solubles una en otra. (b) Las aleaciones sólidas cobre-níquel desarrollan una solubilidad sólida completa, con átomos de cobre y de níquel ocupando aleatoriamente lugares en la red. (c) En las aleaciones cobre-zinc que contienen más de 40% de Zn, se forma una segunda fase debido a la solubilidad limitada del zinc en el cobre.

Concepto de límite de solubilidad limitada en aleaciones



Límite de solubilidad

La cantidad máxima de soluto que se puede disolver completamente en el solvente sin formar una nueva fase.

Límite de solubilidad

Soluciones sólidas

Límite de Solubilidad: cantidad máxima de soluto que puede disolverse en un solvente para formar una solución sólida.

Fase: porción homogénea de un sistema que tiene características físicas y química uniformes.

Componente: Cada una de las distintas sustancias químicas de las cuales esta formada la fase.

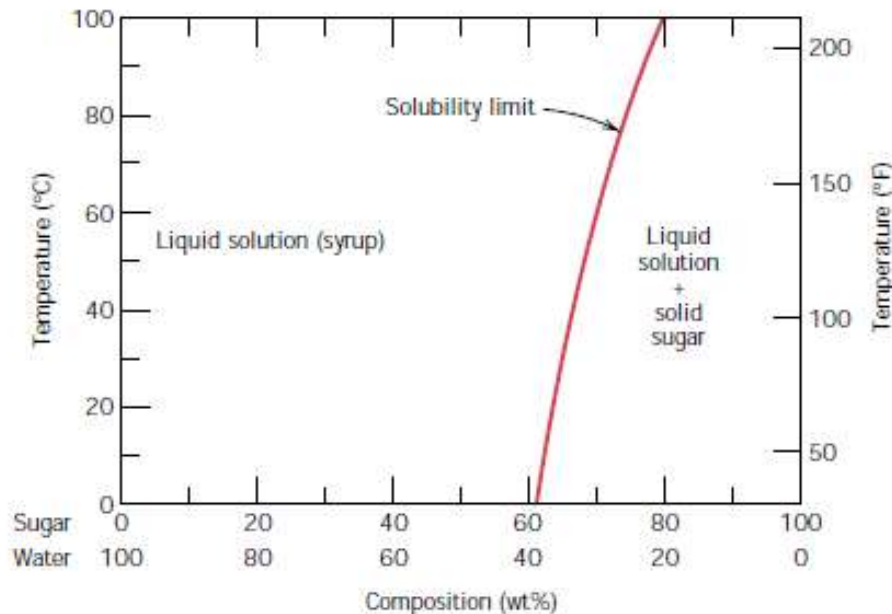


FIGURE 10.1 The solubility of sugar ($C_{12}H_{22}O_{11}$) in a sugar-water syrup.

Soluciones sólidas

Equilibrio: cuando la energía libre es mínima.

Energía Libre: Es función de la energía interna de un sistema y del grado de aleatoriedad y desorden del átomos.

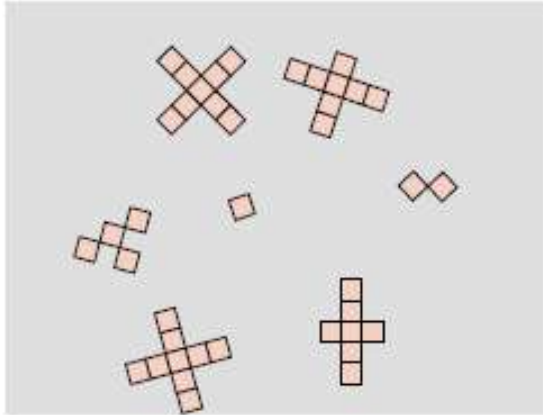
Equilibrio de fases: cuando más de una fase puede co-existir.

Diagrama de fases: representan la relación entre la temperatura y composición y cantidades de fases en equilibrio.

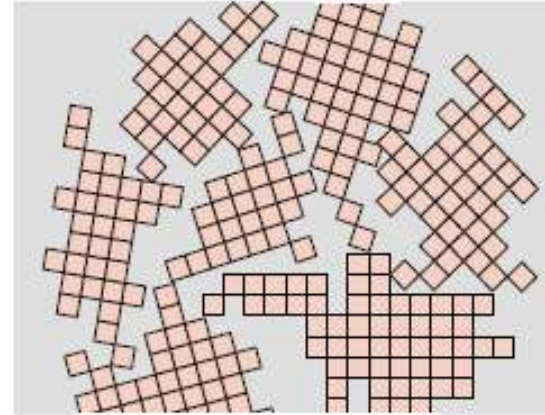
Regla de las Fases de Gibbs: $F = C - P + 2$

Grados de Libertad (F): número de variables independientes del sistema

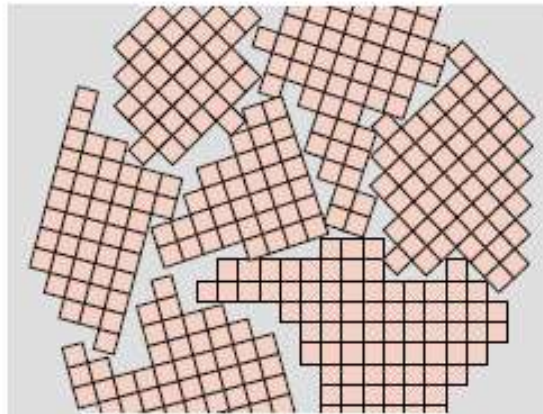
Solidificación



(a)



(b)



(c)



(d)

¿Por qué estudiar diagramas de fase?

- Diseño de tratamientos térmicos para los materiales
- Algunas propiedades de los materiales dependen estrechamente de la microestructura y de su historial térmico.
- A pesar de que los diagramas de fase muestran las fases presentes en condiciones de equilibrio, en muchos casos las propiedades deseadas se consiguen en condiciones de no-equilibrio.

Información disponible en los diagramas de fase

Conocida la composición y temperatura de equilibrio, al menos hay tres clases de información disponible:

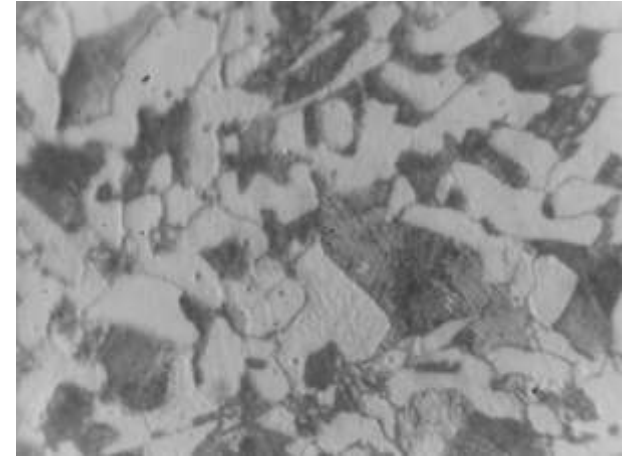
- Fases presentes.
- Composición de las fases presentes
- Cantidad relativa (porcentajes o fracciones) de las fases presentes

CONSTITUCION DE ALEACIONES

ALEACION

Una aleación es una sustancia que está constituida por dos o más elementos químicos, de los cuales por lo menos uno es un metal, por lo que una aleación presenta propiedades metálicas.

Las aleaciones pueden ser homogéneas o mezclas. Las aleaciones homogéneas son aquellas que están constituidas por una sola fase, mientras que las mezclas son una combinación de varias fases.

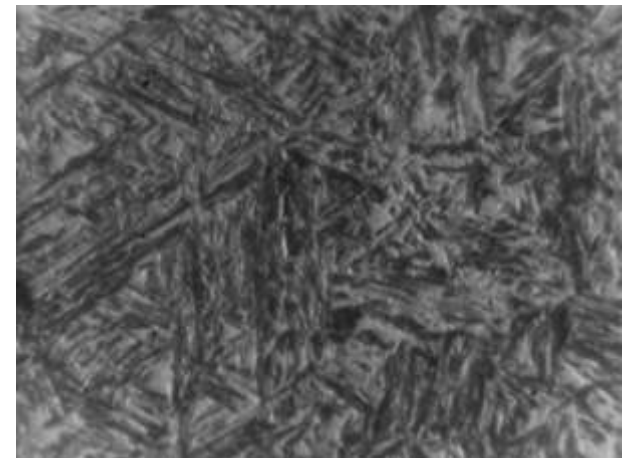


FASES

Algunos metales son alotrópicos en el estado sólido, por lo que tendrán diferentes fases sólidas. Cuando un metal sufre un cambio en su estructura cristalina, experimenta un cambio de fase, ya que cada tipo de estructura es físicamente distinta.

En el estado sólido existen tres fases posibles:

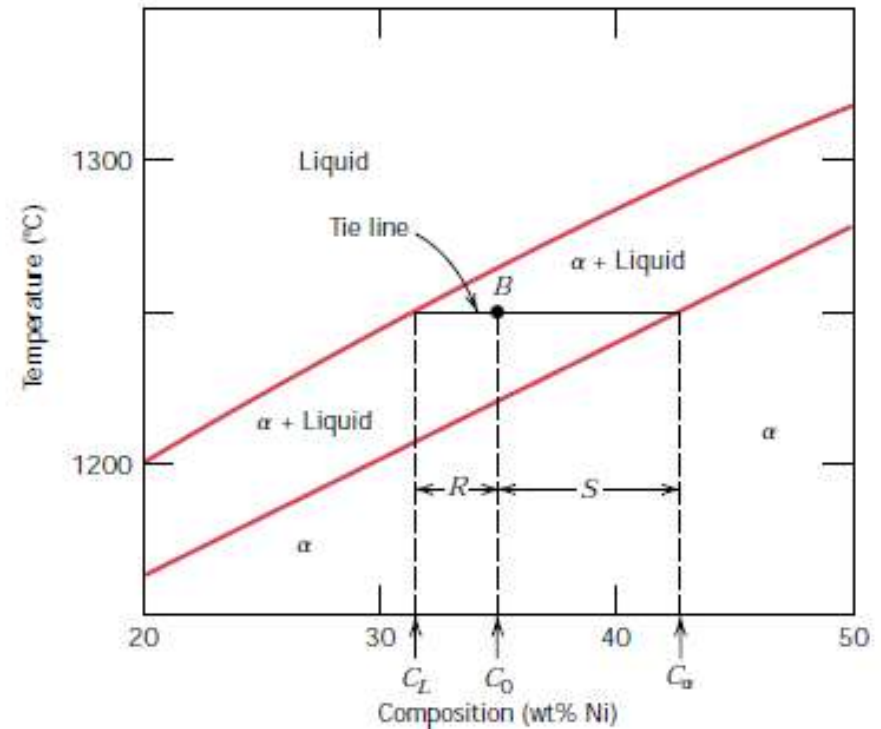
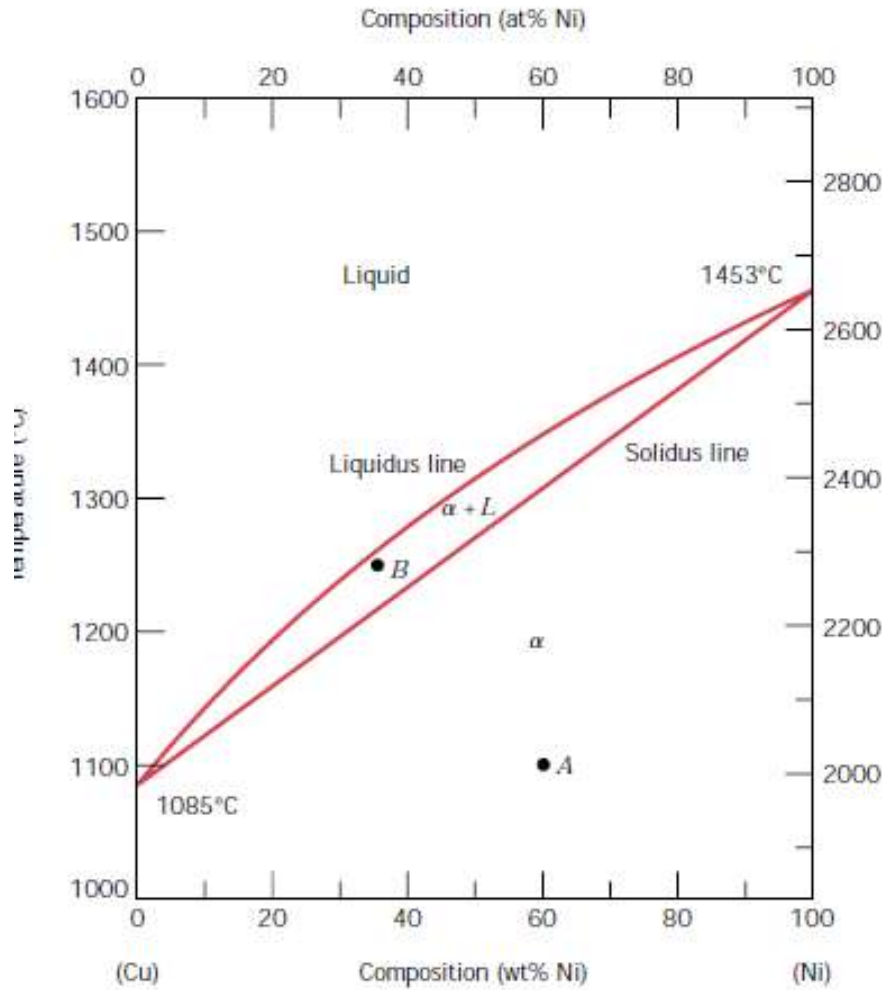
- a) De metal puro
- b) De aleación intermedia o compuesto
- c) De solución sólida.



Anisotropía

<i>Metal</i>	<i>Modulus of Elasticity (GPa)</i>		
	<i>[100]</i>	<i>[110]</i>	<i>[111]</i>
Aluminum	63.7	72.6	76.1
Copper	66.7	130.3	191.1
Iron	125.0	210.5	272.7
Tungsten	384.6	384.6	384.6

Diagramas de Fase Isomorfos



Concepto de Endurecimiento por Solución Sólida

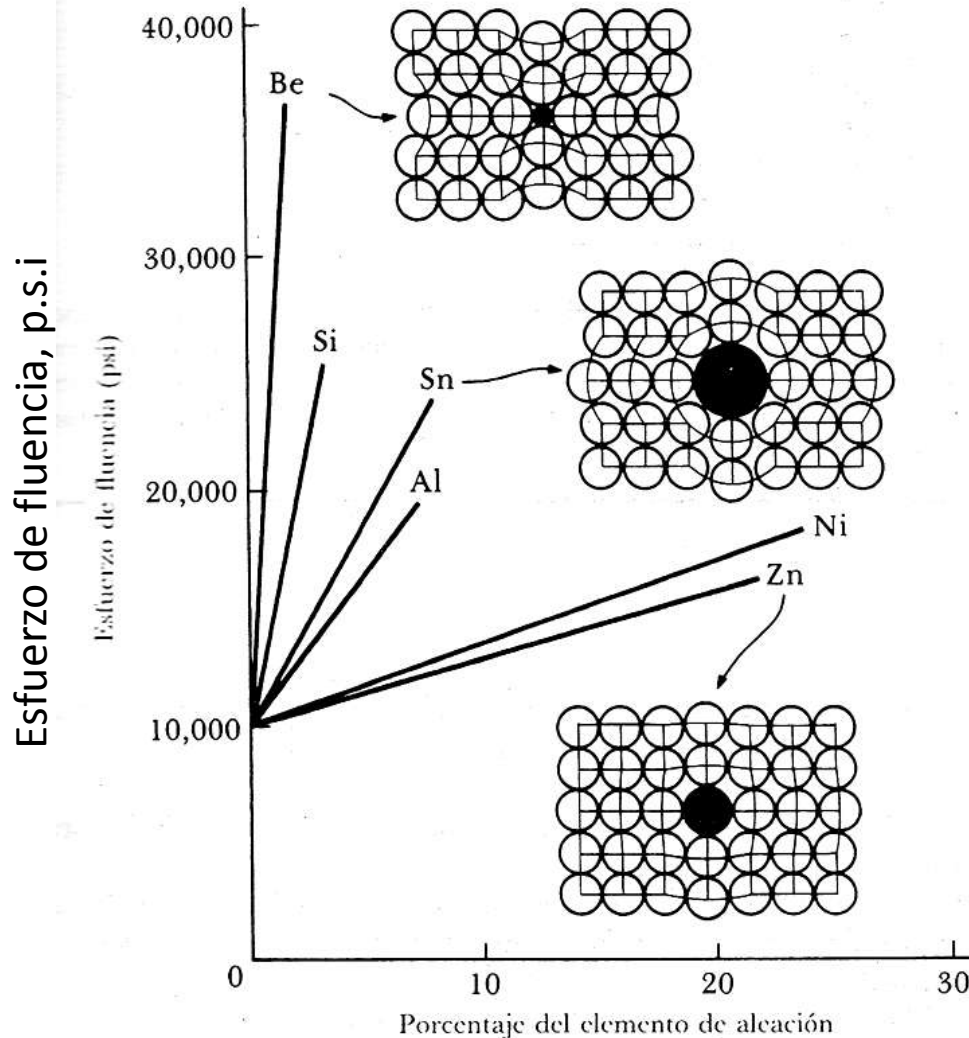
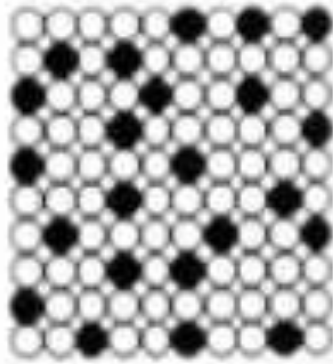


FIG. 8-12 Efecto de varios elementos de aleación en el esfuerzo de fluencia del cobre. Los átomos de níquel y de zinc son aproximadamente del mismo tamaño que los átomos de cobre, pero los átomos de berilio y de estaño tienen tamaños muy diferentes a los átomos de cobre. Incrementando tanto la diferencia de tamaño atómico como el elemento de aleación se incrementa el endurecimiento por solución sólida.

Reglas de solubilidad de Hume-Rothery

- 1.- Factor Tamaño: Los átomos deben ser de tamaño similar con una diferencia no mayor de 15 %. Minimiza deformaciones de la red
- 2.- Estructura Cristalina: Los materiales deberán tener una misma estructura cristalina.
- 3.- Valencia: Los átomos deben tener la misma valencia. La diferencia en electrones valencia promoverá la formación de compuestos en vez de soluciones.
- 4.- Electronegatividad: Esta debe ser aproximadamente la misma. Una diferencia significativa promoverá la formación de compuestos.

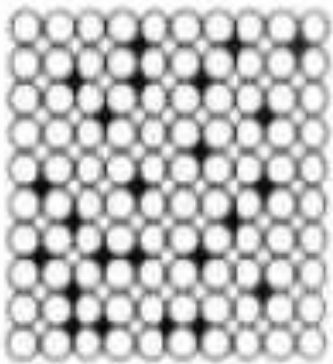
Tipos de soluciones sólidas



Solución sólida
substitucional al azar



Solución sólida
ordenada



Solución sólida
intersticial

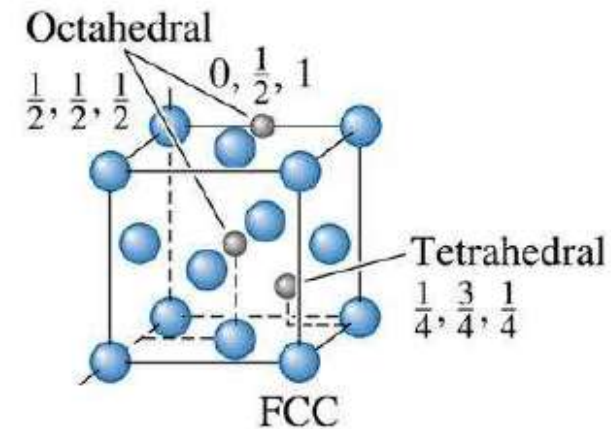
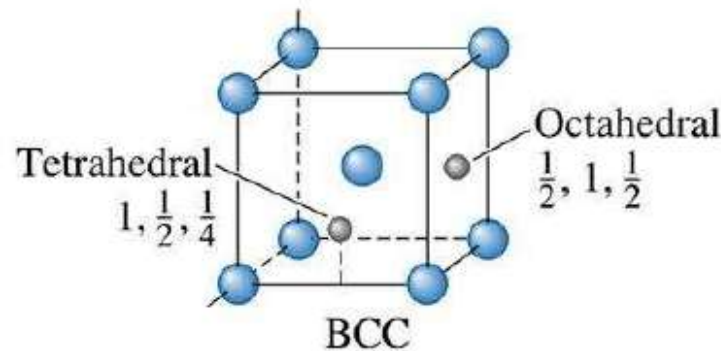
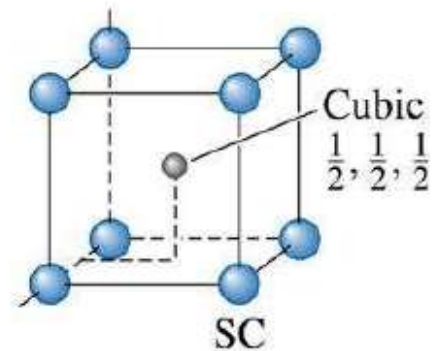


Aglomerados atómicos
en solución sólida

Soluciones sólidas intersticiales

Los átomos de impureza (o aleantes) de tipo intersticial se “acomodan” en posiciones particulares en las que no hay “punto de red” cuando el cristal es perfecto

Un átomo del cristal que se ubica en un espacio vacío (intersticio) de la red cristalina



Constitución de aleaciones. Concepto de concentración

- **Porcentaje en peso [%p]**

Es el peso de un elemento o componente particular con respecto al peso total de la aleación.

$$C_A = \frac{m_A}{m_A + m_B} \times 100$$

- **Porcentaje atómico [%a]**

Es el número de moles de un elemento o componente particular en relación con número total de moles de la aleación.

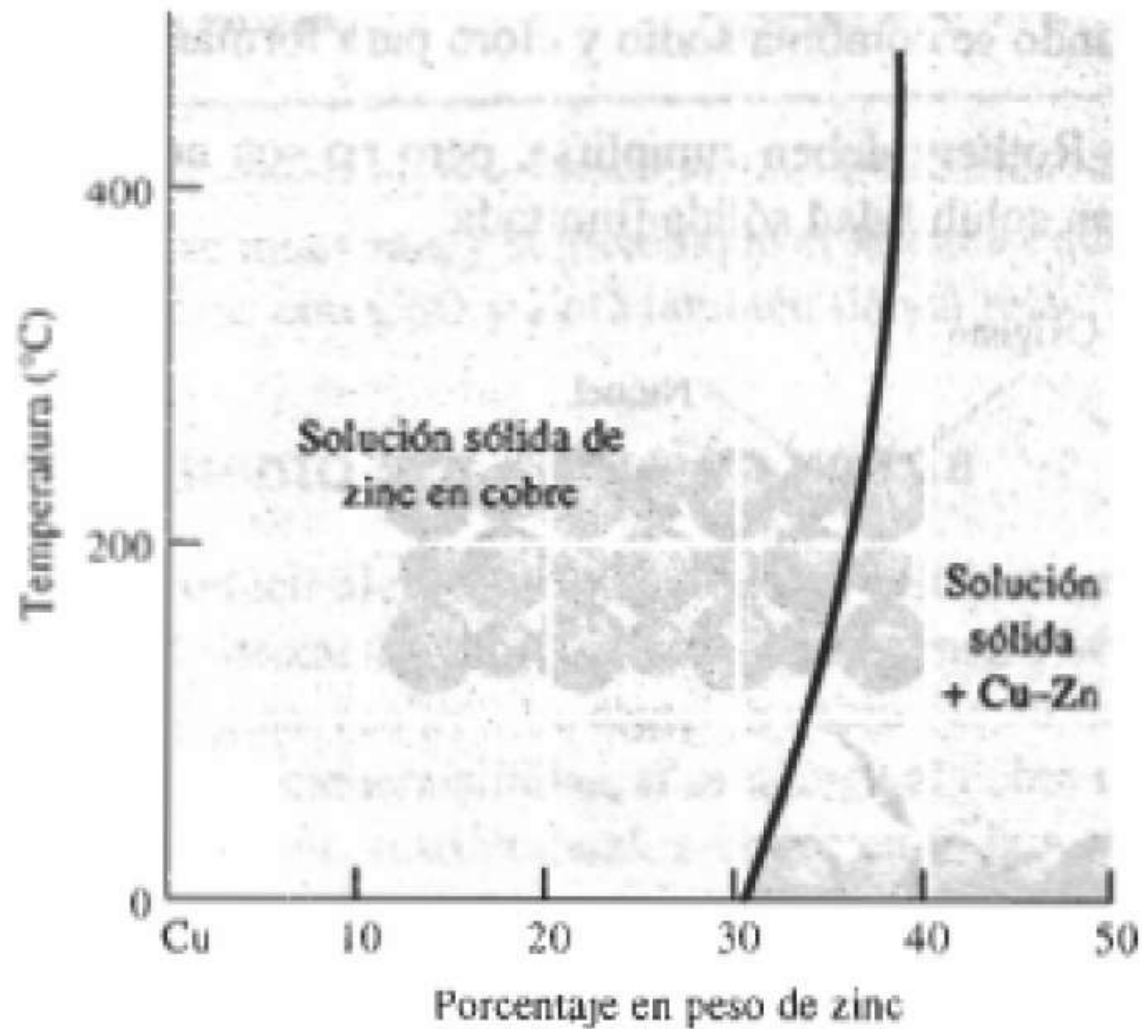
El %a también se puede expresar en términos del número de átomos, tomando en cuenta que un mol de cualquier sustancia tiene el mismo número de átomos.

$$N_m(D) = \frac{m_D}{A_D}$$

$$C'_D = \frac{N_m(D)}{N_m(D) + N_m(E)} \times 100$$



Ejemplo de solubilidad limitada en metales



Solubilidad de Cinc en Cobre



Diagramas de Fases

El diagrama de fases es una herramienta muy importante en Materiales

Se pueden identificar y cuantificar las fases presentes en equilibrio, en función de la temperatura y de la composición

Se fundamentan en el calor latente que se libera cuando una mezcla se somete a enfriamiento y se presentan cambios de fase a medida que se reduce la temperatura.

Se utiliza para predecir el comportamiento de los materiales



Diagrama de Fases Binario Isomorfo

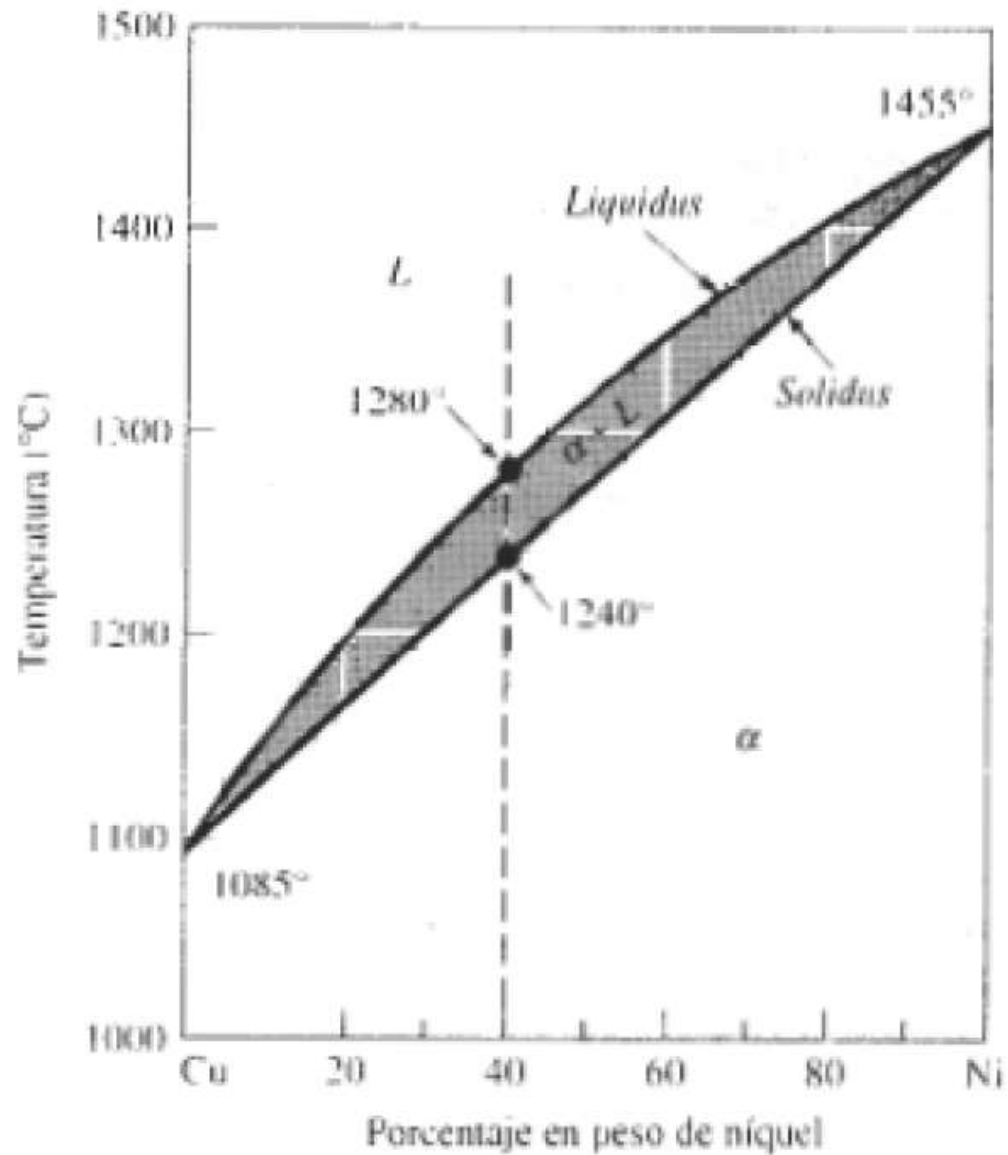
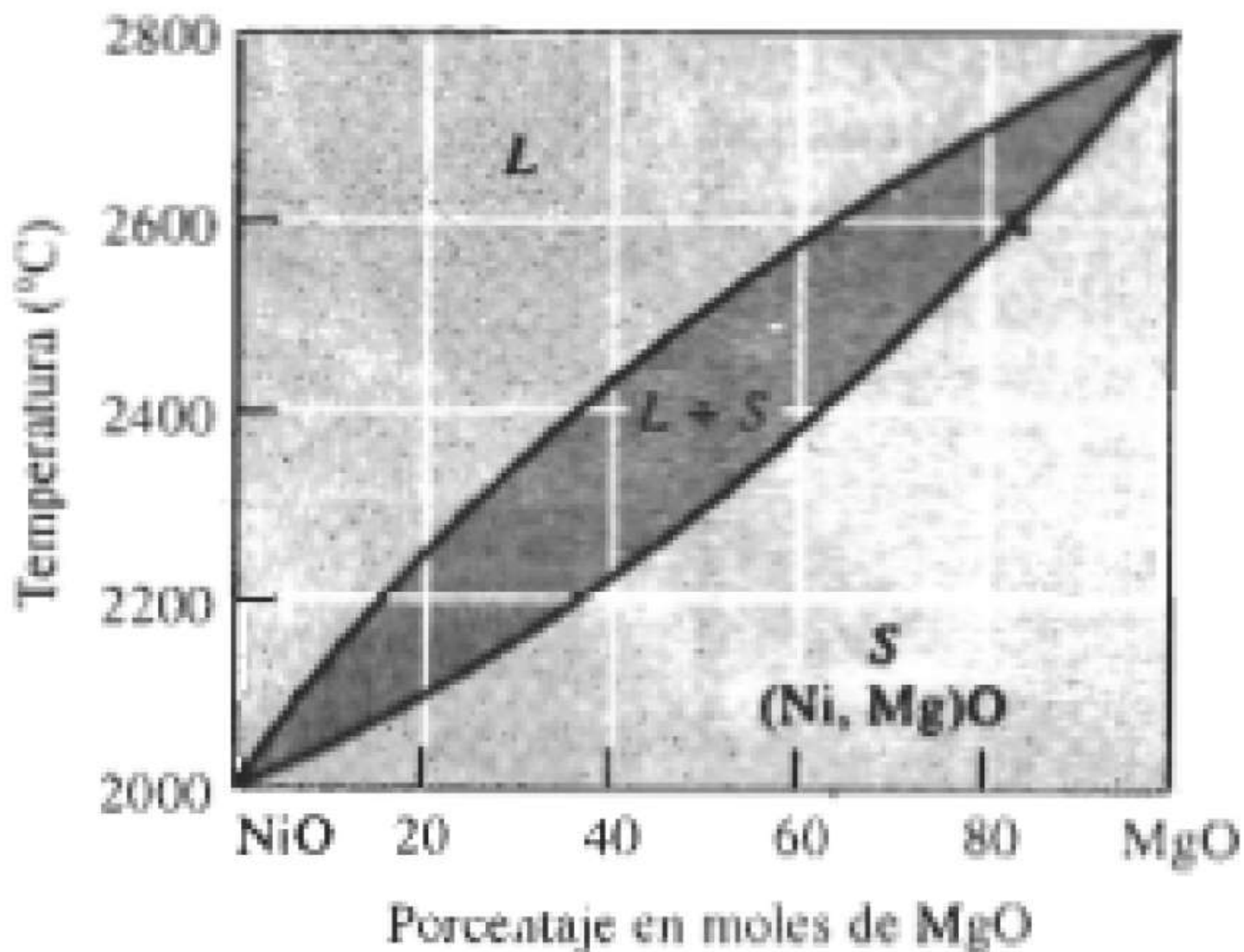




Diagrama de Fases Binario Isomorfo





Ejemplo de Aplicación

Diseñar un material refractario NiO-MgO que se funda y se vacíe a 2600 °C, pero que no se funda al ponerse en servicio a una temperatura de 2300 °C.

Solución: Utilizando el diagrama de fases anterior. Para producir un material líquido por debajo de 2600 °C, debería contener menos de 65% MgO (molar). Para producir un *solidus* por encima de 2300 °C, el refractario debería contener al menos 50% MgO. Por consiguiente el refractario debería tener una composición entre 50-65% MgO.