TEMA 3. DIAGRAMAS DE FASES BINARIOS

3.1. INTRODUCCIÓN
3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS
3.3. SOLUBILIDAD TOTAL
3.4. REACCIONES INVARIANTES
3.5. EJEMPLOS

3.1. INTRODUCCIÓN

MICROESTRUCTURA ⇨ PROPIEDADES MECÁNICAS

⇧

DIAGRAMAS DE FASES

Dan **información** sobre:

- ✓ Qué microestructura debe existir a una T para una composición determinada ⇨ Microestructura de equilibrio
- ✓ Naturaleza, cantidad, tamaño, forma, distribución y orientación de las fases que lo constituyen
- ✓ Solubilidad de un componente en otro
- ✓ Control de tratamientos térmicos
- ✓ Fusión, moldeo, cristalización, etc.

3.1. INTRODUCCIÓN

Los ***diagramas de fases binarios o de equilibrio binarios*** representan el equilibrio termodinámico de las fases que se forman entre dos componentes, para cualquier temperatura y presión.

- Muestran el estado de mínima energía que queda caracterizado cuando se conocen P, T y C
- Al representar estados de equilibrio los cambios que se produzcan en sus variables tienen que ser muy lentos para que se llegue a estabilizar el sistema.

- ***DEFINICIONES***

Componente: Metal o compuesto que forma parte de una aleación

Ejemplo: Latón (aleación de Cu-Zn) ⇨ Cu y Zn son los componentes

Sistema: Serie de posibles aleaciones consistentes en los mismos componentes sin referirse a las proporciones de éstos en la aleación

Ejemplo: Sistema Fe-C para el acero

Fase: Porción homogénea de un sistema que tienen características físicas y químicas uniformes. Si en un sistema hay más de una fase cada una tiene sus propiedades características y un límite que las separa de otras fases.

Equilibrio de fases: Equilibrio aplicado a un sistema de más de una fase

3.1. INTRODUCCIÓN

- **Microestructura:** Se caracteriza por el nº de fases, la proporción y distribución de éstas
- **Microconstituyente:** Elemento de una microestructura con una estructura característica e identificable
- **Regla de la horizontal:** La composición de las fases en equilibrio en una región bifásica de un diagrama binario a una cierta temperatura viene dada por la intersección de la isoterma, trazada por dicha temperatura, con las líneas representativas de dichas fases.
- **Regla de la palanca:** Las cantidades de las fases en equilibrio en una zona bifásica de un diagrama binario a una cierta temperatura son inversamente proporcionales a los segmentos determinados por el punto representativo de la aleación a dicha temperatura y los que indican la composición de ambas fases

3.1. INTRODUCCIÓN

La regla de las fases

Los **grados de libertad (L)** de un sistema son el nº de variables independientes del sistema

La **regla de las fases de Gibbs** permite obtener el nº de fases microscópicas que coexisten en equilibrio asociados a una condición de estado, en base al número de componentes (C) y fases presentes (F), teniendo en cuenta la existencia de dos variables termodinámicas independientes, normalmente presión y temperatura.

$$\mathbf{F+L=C+2}$$

Generalmente los diagramas de fases son a **P=cte** ⇨ **F+L=C+1**

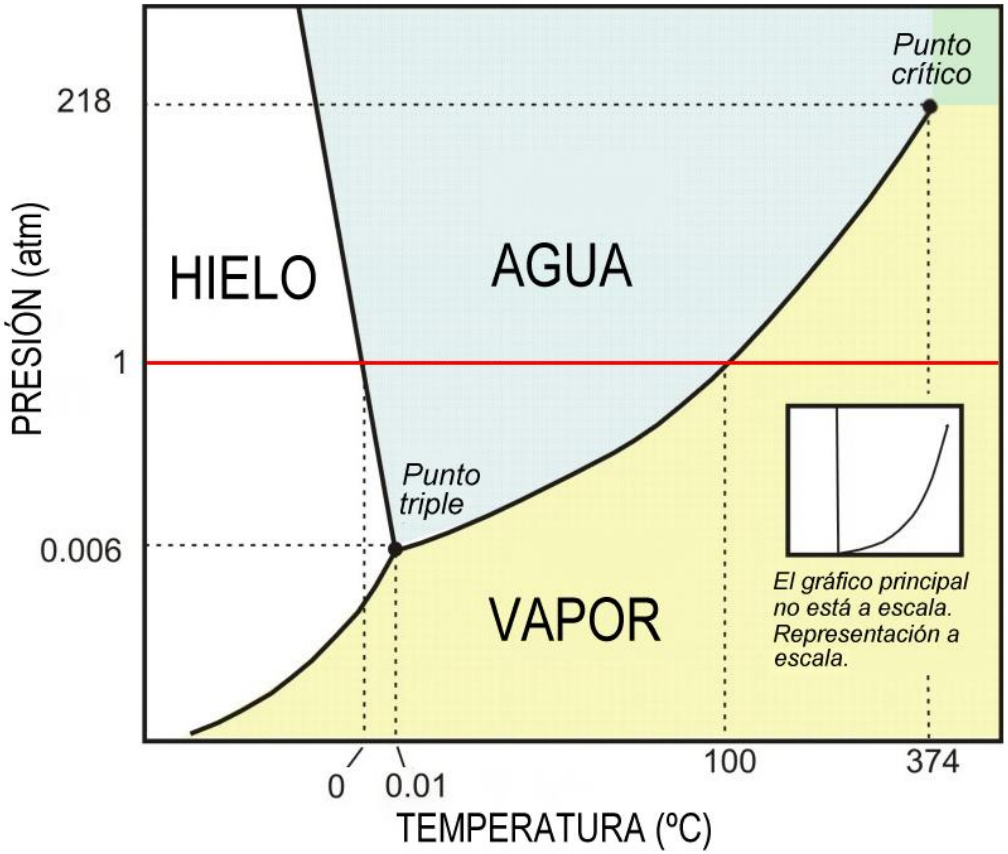
- Supongamos un sistema de un componente y considerando la regla de las fases:

$$F + L = 1 + 2 = 3$$

Como L no puede ser negativo, únicamente podrán existir una, dos o tres fases.

Diagrama 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 T y P



- **Zonas abiertas.**

Son las regiones en las que existe una única fase, por tanto L = 2 (presión y temperatura)

- **Líneas.**

En esta zona coexisten dos fases por tanto L = 1 (presión o temperatura)

  - Curva de sublimación.
  - Curva de fusión
  - Curva de vaporización

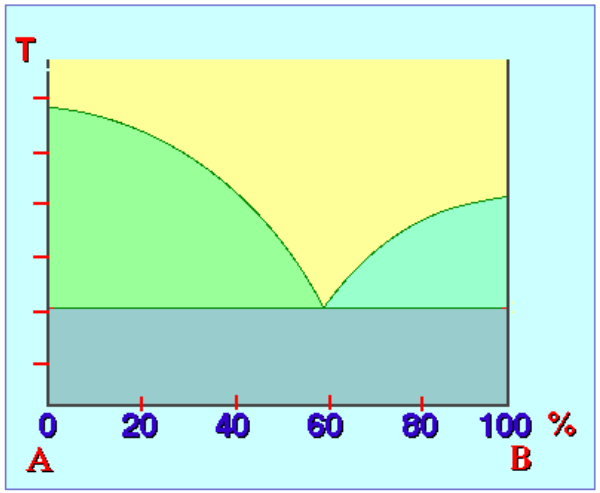
- **Punto Triple.**

Coexisten las tres fases en equilibrio, por tanto L = 0

3.1. INTRODUCCIÓN

Diagrama de fases binarios

Normalmente se trabaja a presión atmosférica L = C - F + 1 ⇨ diagramas temperatura-composición = diagramas de fases binarios



Condiciones de equilibrio en sistemas binarios son muchas, nosotros estudiaremos las de solubilidad total en estado líquido y algunas reacciones que transcurren en estado sólido:

-Miscibilidad completa en estado sólido

-Miscibilidad parcial en estado sólido: reacciones eutécticasy peritécticas

-Transformaciones en estado sólido: eutectoidey peritectoide

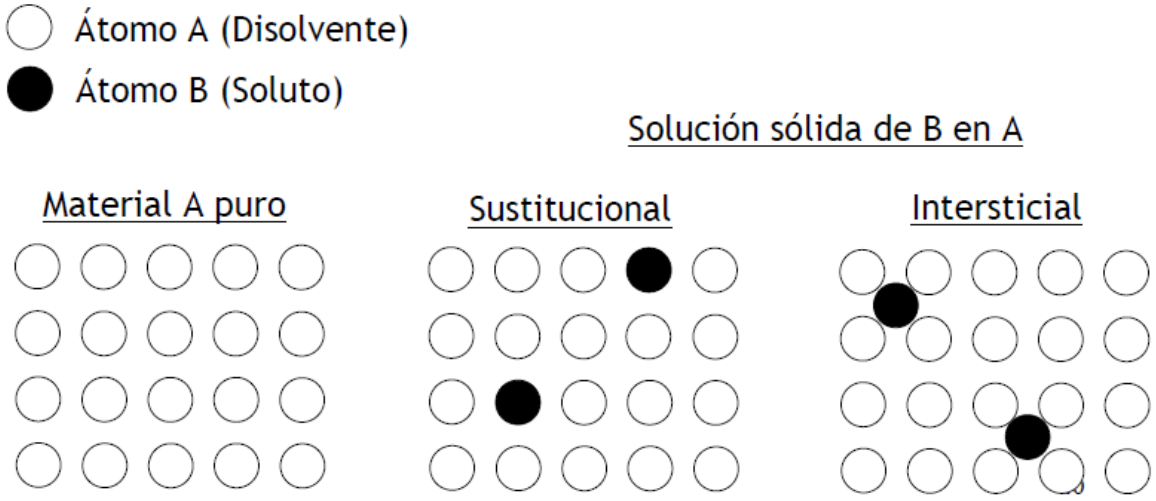
Solución sólida o disolución sólida

Fase que contiene una mezcla de más de un elemento originando una fase con estructura, propiedades y composición uniformes.

Una solución sólida se forma cuando los átomos de soluto se adicionan al material y la estructura cristalina original no se modifica.

En la solución sólida hay que distinguir entre soluto y disolvente.

Existen **sustitucionales** o **intersticiales** según las posiciones que ocupen los átomos de soluto. Se mantienen la estructura cristalina del disolvente. Se representan con letras del alfabeto griego.



3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS

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

Límite de solubilidad: Concentración máxima de átomos de soluto que se disuelven en un disolvente para formar una solución sólida a una temperatura específica

- Una ss **no saturada**: el disolvente disuelve menos soluto del que podría disolver a una presión y temperatura dada.
- Una ss **saturada**: disuelve la cantidad límite de soluto.
- Una ss **sobresaturada**: se disuelve más soluto del que se debiera en condiciones de equilibrio. Inestable.

3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS

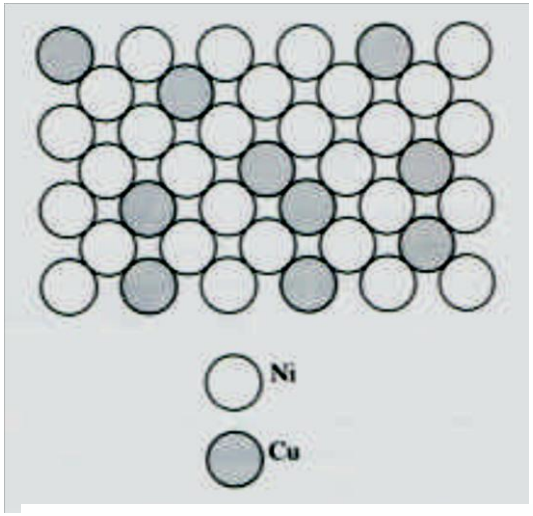
Solución Sólida Sustitucional

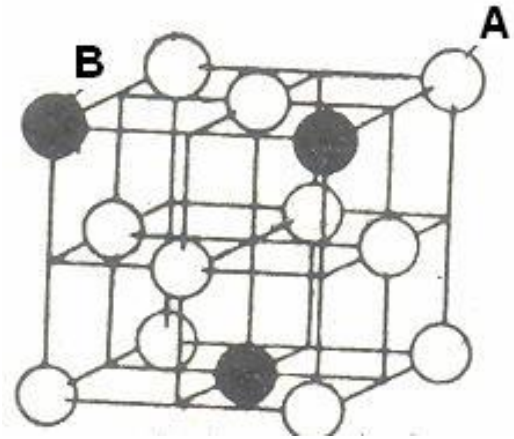
Intervalo de solubilidad de ss (Hume-Rothery):

- *Factor de estructura cristalina*: ss total se consigue cuando poseen el mismo tipo de estructura cristalina.
- *Factor de tamaño relativo*: se forma ss cuando la diferencia de radios es menor del 15%.

  r>15% la ss esta muy limitada. Ej. Sistema Ag-Pb
- *Factor de afinidad química:* Las electronegatividades deben ser lo más parecidas ya que si no reaccionarían y formarían nuevos compuestos.
- *Factor de valencia relativa:* Deben tener valencia similar. Un metal de mayor valencia tiende a disolver más a un metal de menor valencia que al contrario.

Un ejemplo de solución sólida en metales lo constituyen el Cobre y el Níquel.





3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS

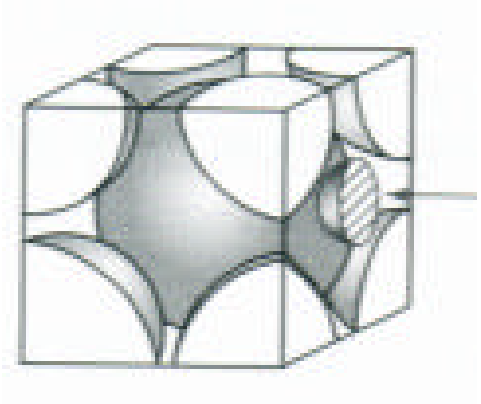
Solución Sólida Intersticial

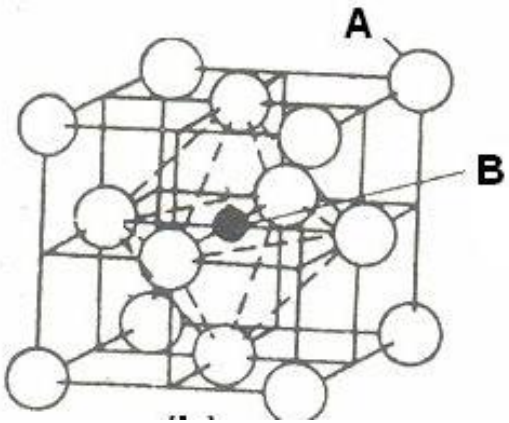
- Mayoría materiales metálicos el empaquetamiento atómico es alto y los intersticios son pequeños
- Los diámetros de los átomos que constituyen las impurezas intersticiales deben ser sustancialmente más pequeños que los del material original

✓ Las ss intersticiales: ø de átomo de soluto ≤ 0,6 ø de disolvente

Metales comerciales r: 1,25 Å (Co) – 1,75 Å (Pb)

✓ Los elementos que entrarán intersticialmente r < 1,05 Å (H, O, C, B, S)



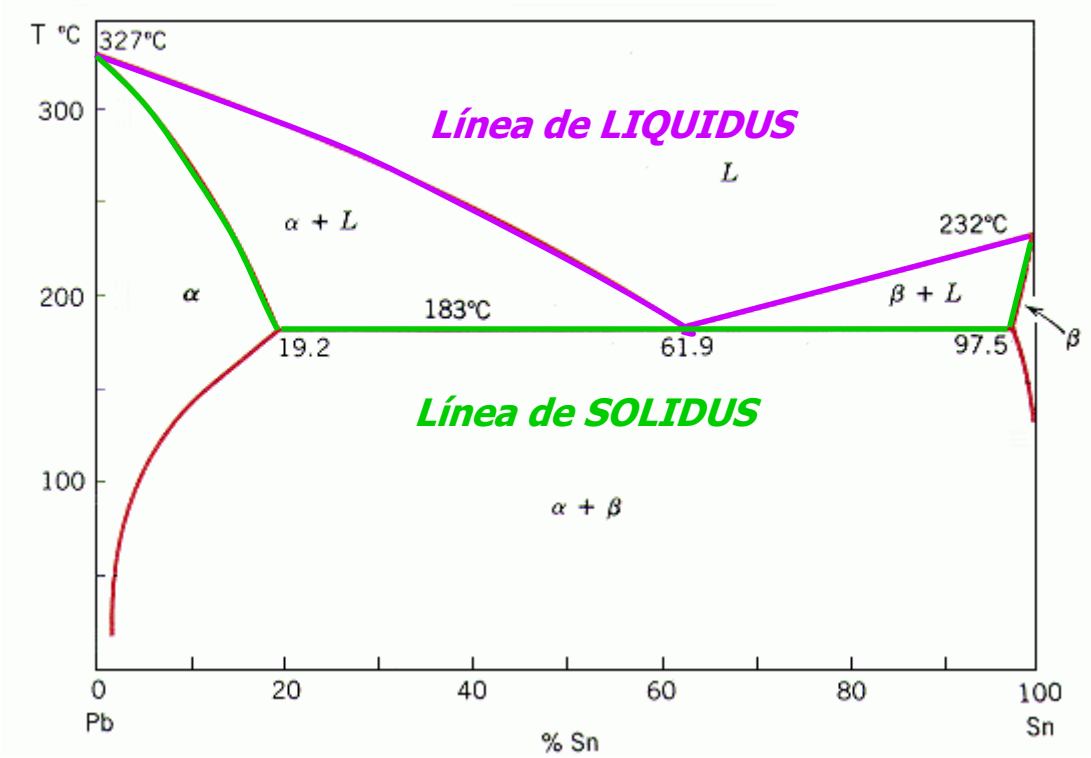


Un ejemplo de este tipo de impureza intersticial lo constituyen el carbono y el hierro. Un **acero** es una solución sólida intersticial de C en Fe, en la que el Fe admite como máximo un 2% de C

Sistema Pb-Sn.

Presenta 2 fases ⇨ **α** : Solución sólida de Sn en Pb
19,2 %Sn en Pb es la máxima solubilidad a 183 ºC

β : Solución sólida de Pb en Sn
2,5 %Pb en Sn es la máxima solubilidad a 183 ºC

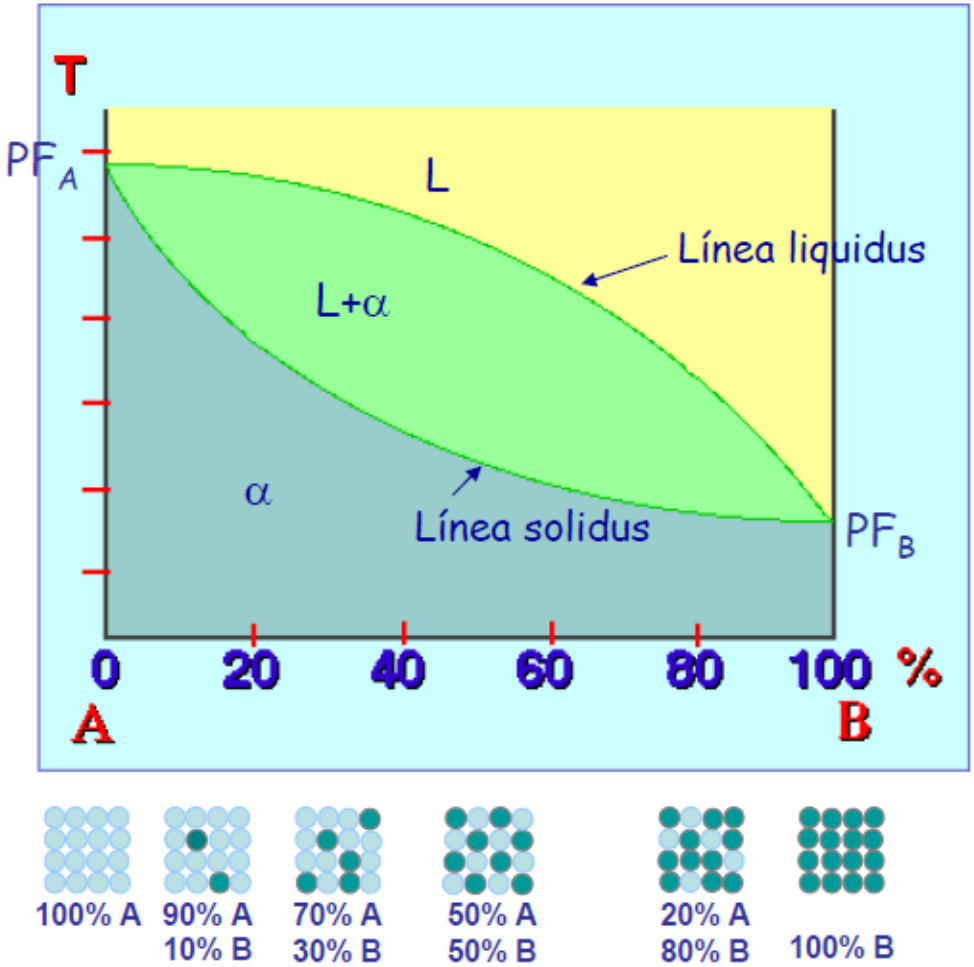


3.3. SOLUBILIDAD TOTAL

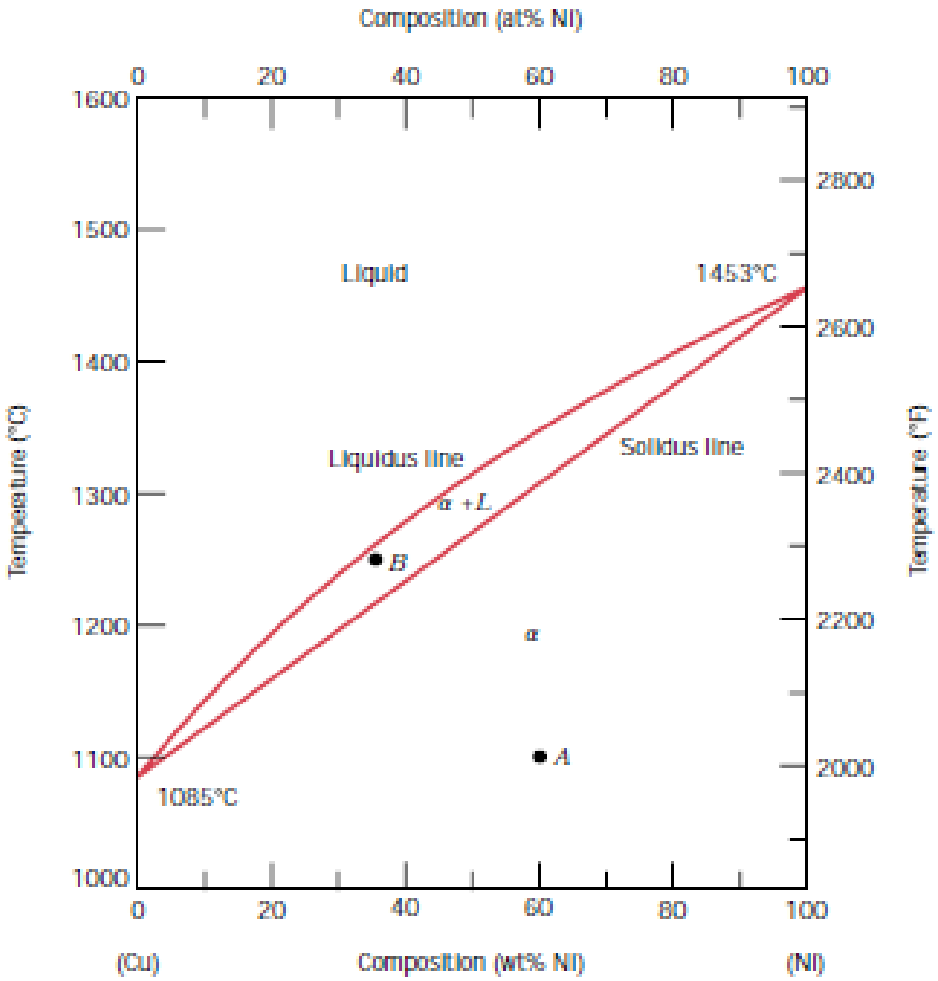
Cuando forman una solución sólida en todo el rango de concentraciones entre dos componentes = Solubilidad completa (ilimitada) en estado sólido.

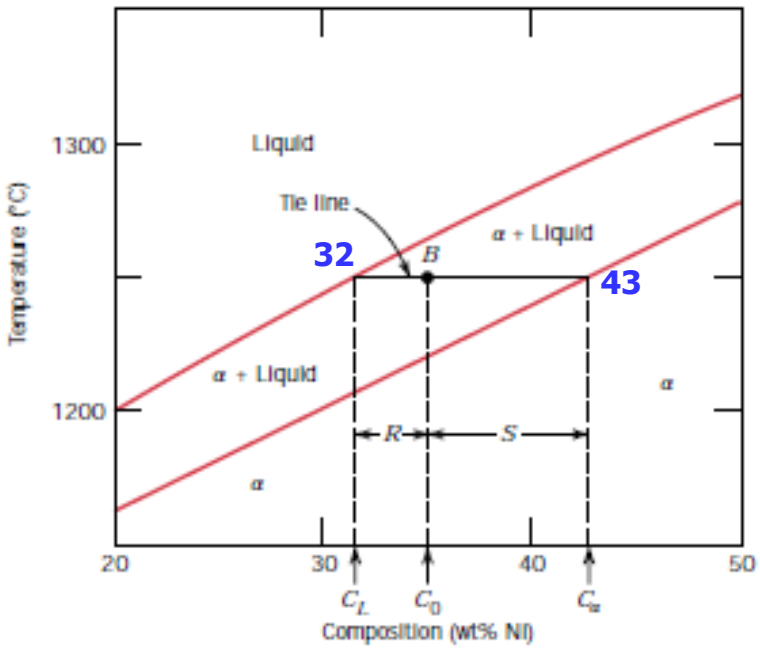
Ej. Ag-Au y Cu-Ni

α (solución sólida A-B)



3.3. SOLUBILIDAD TOTAL: Cu-Ni





Aleación Cu-35Ni

- *Composición de las fases*

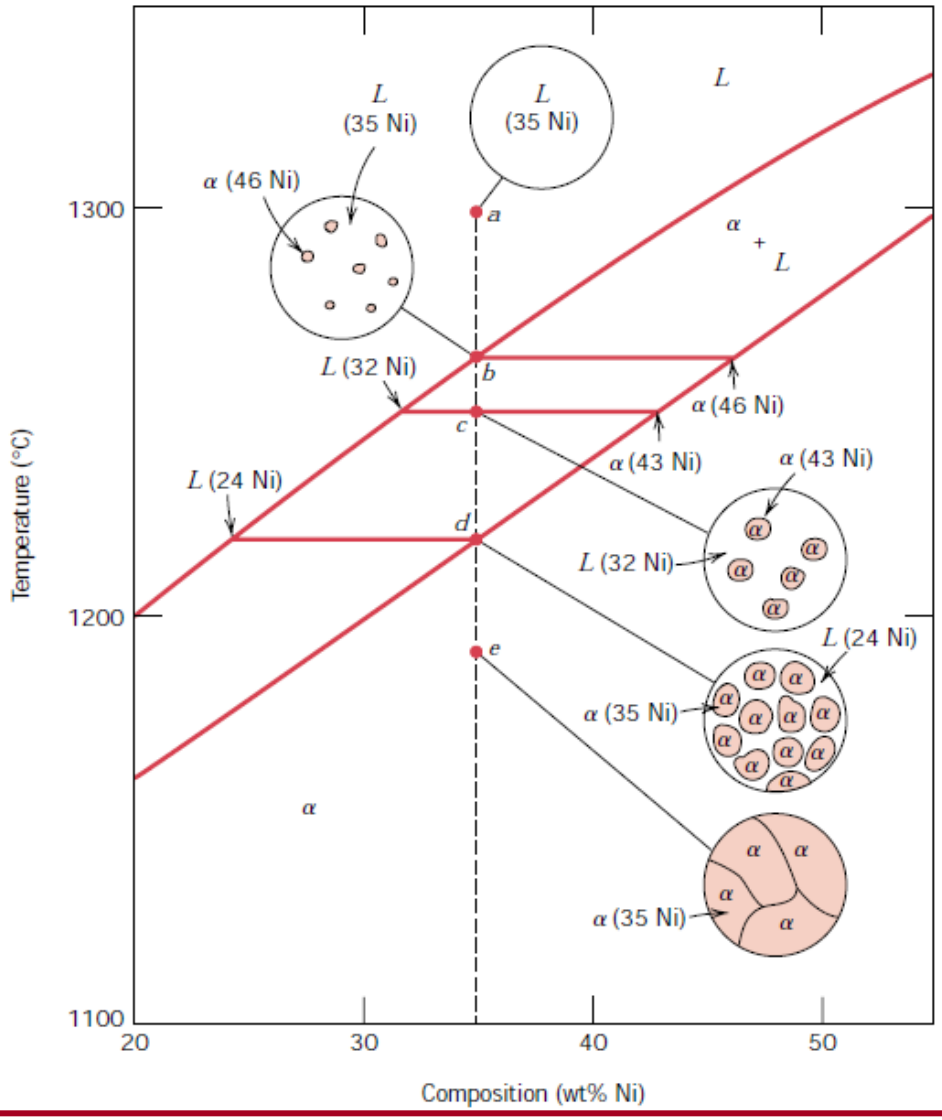
A 1250 ºC ⇨ L+α (L-32%Ni y α-43% Ni)

- *Cantidad de fases:*

%α = (35-32)/(43-32) x100=27,27%

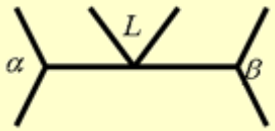
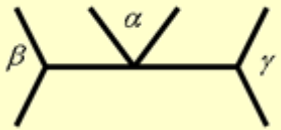
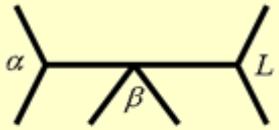
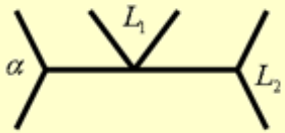
%L = (43-35)/(43-32)x100=72,73%

3.3. SOLUBILIDAD TOTAL: Cu-Ni



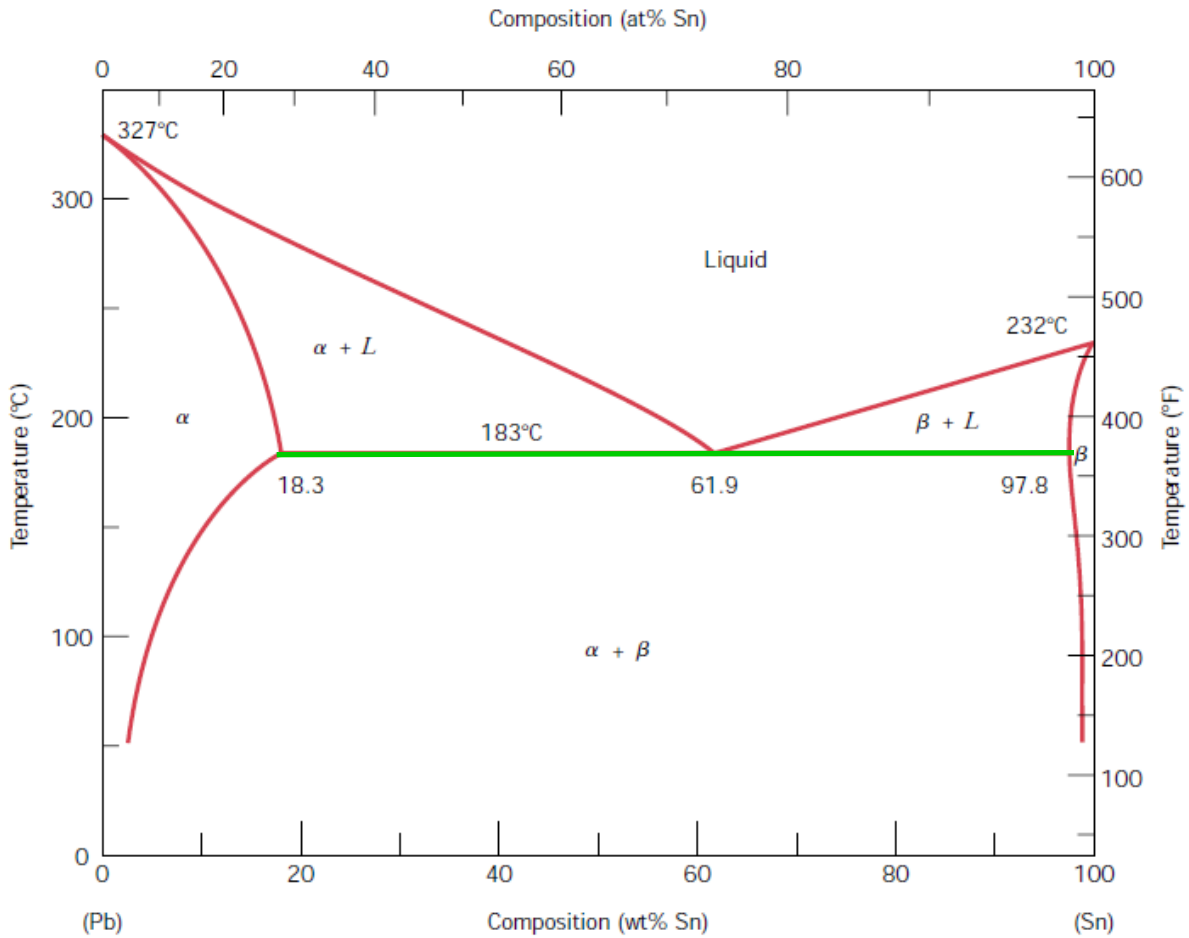
- Evolución de la microestructura durante la solidificación de la aleación Cu-35Ni

3.4. REACCIONES INVARIANTES

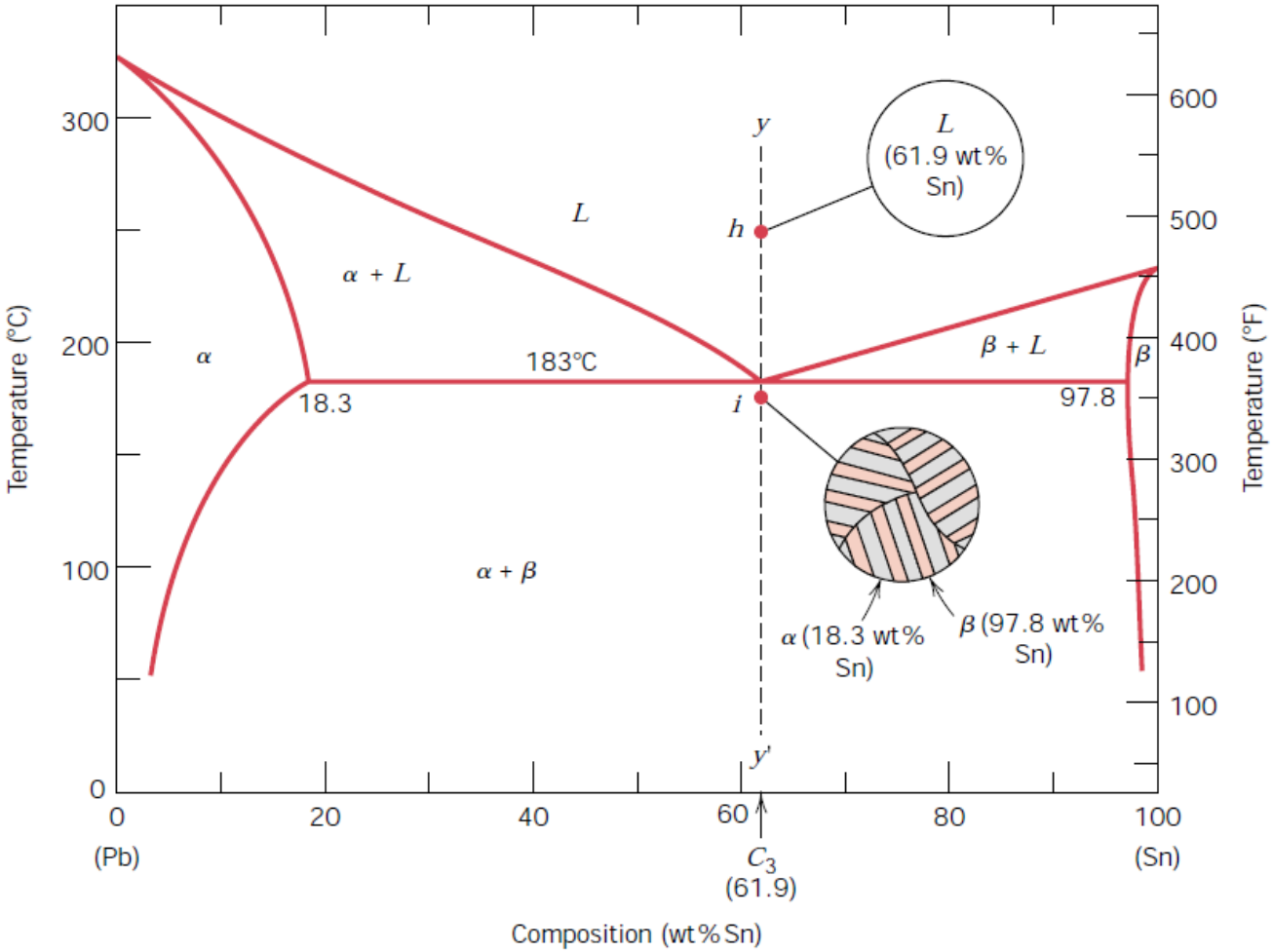
Reacción	Ecuación	Diagrama de fases
Eutéctica	$L \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \alpha + \beta$	
Eutectoide	$\alpha \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \beta + \gamma$	
Peritéctica	$\alpha + L \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \beta$	
Peritectoide	$\alpha + \beta \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \gamma$	
Monotéctica	$L_1 \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \alpha + L_2$	

5.4.1. REACCIÓN EUTÉCTICA: Ejemplo Pb-Sn

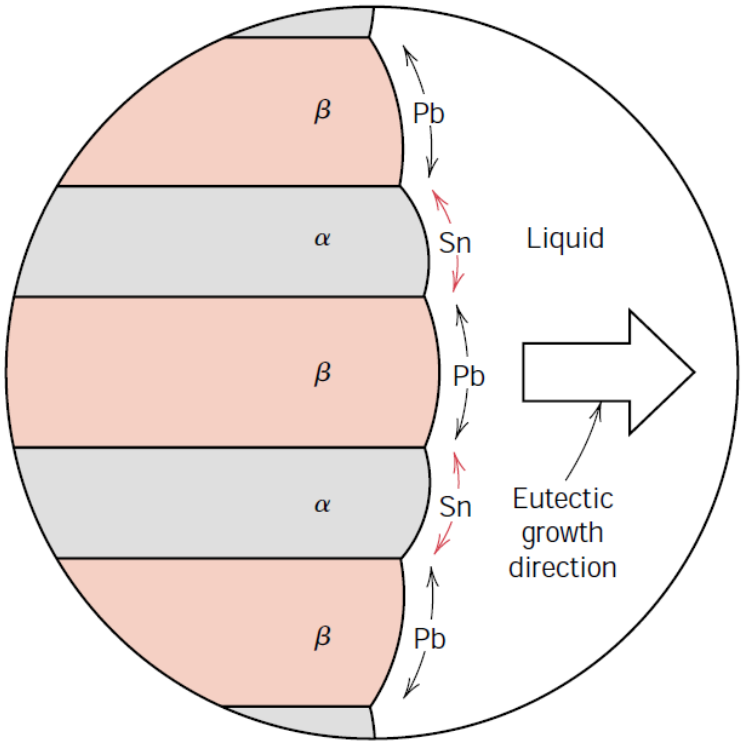
Líquido (L) ⇄ sólido 1 (α) + sólido 2 (β)

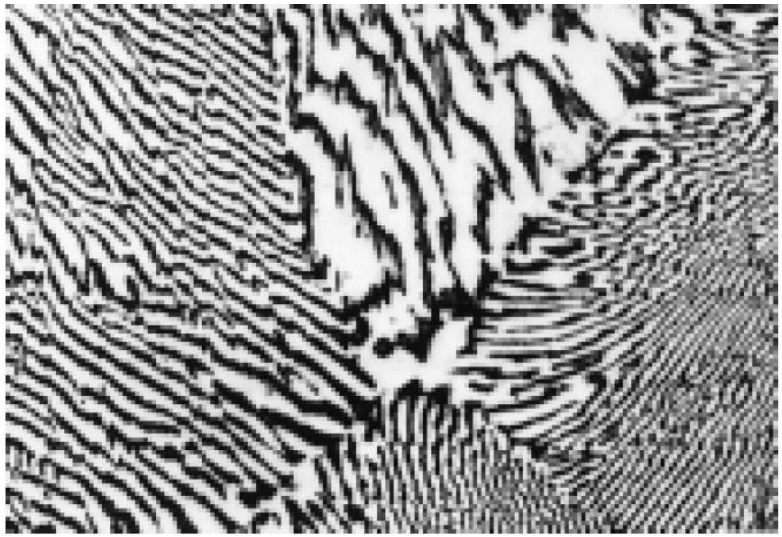


Microestructura de una aleación de composición eutéctica

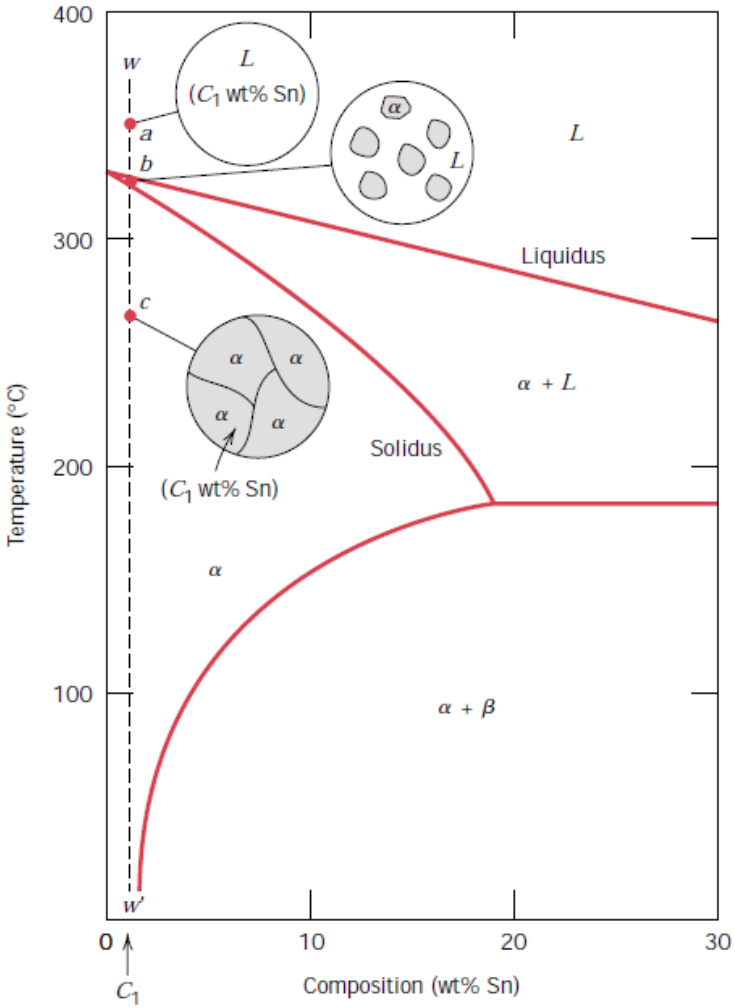


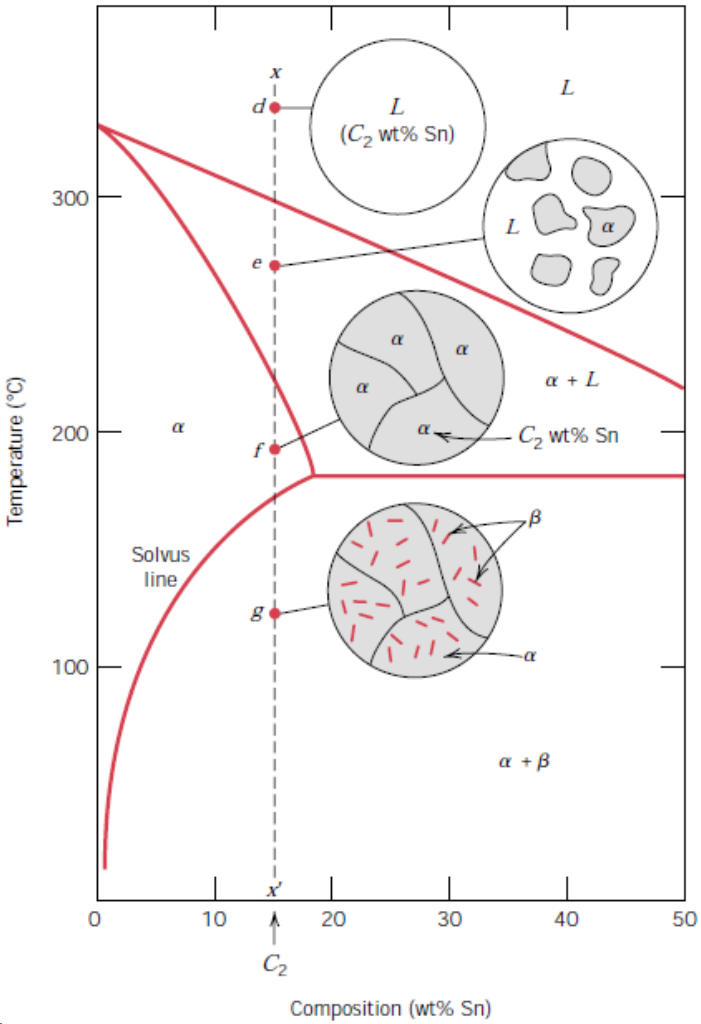
Microestructura de una aleación de composición eutéctica





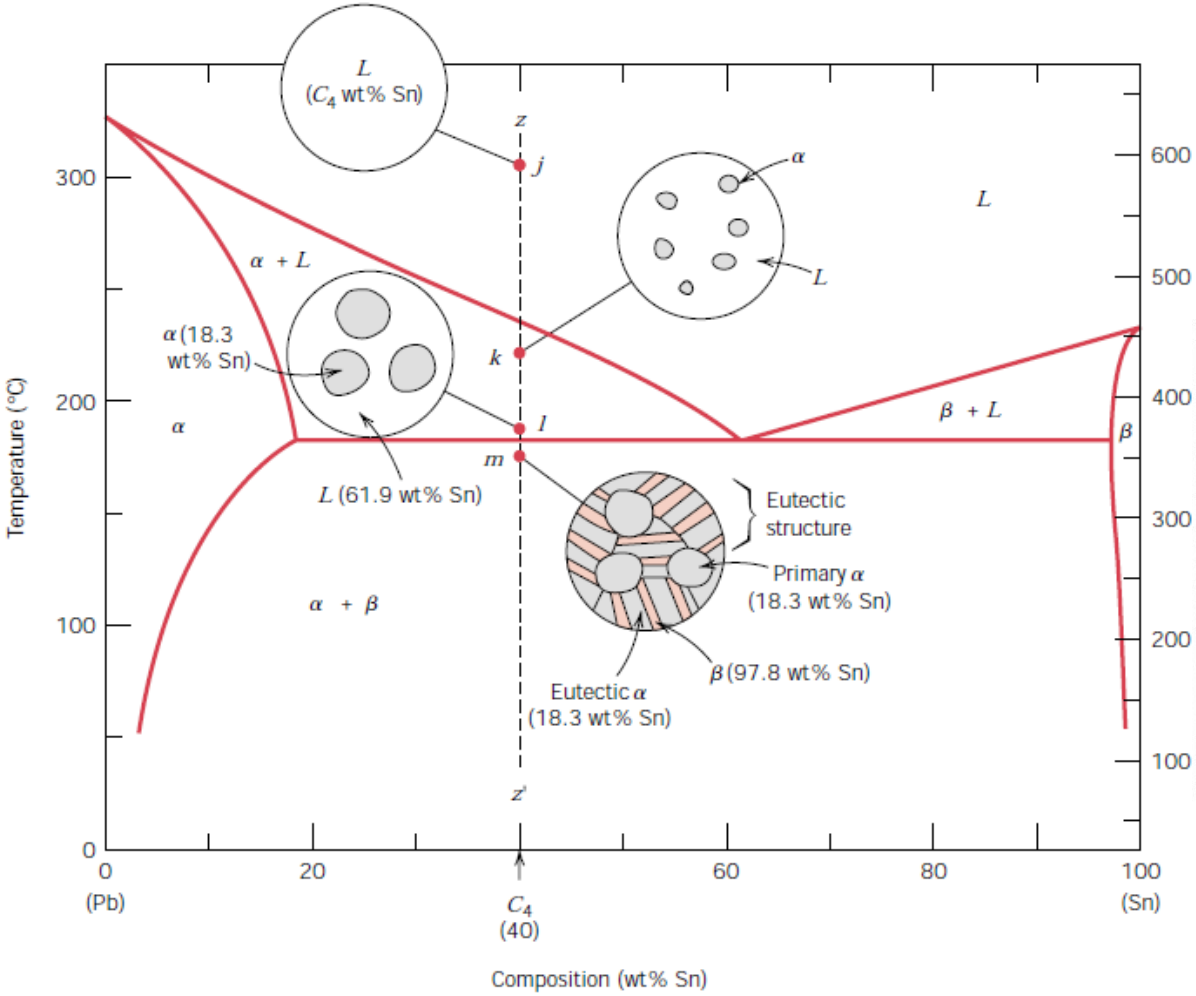
Microestructura de una aleación de composición hipoeutéctica

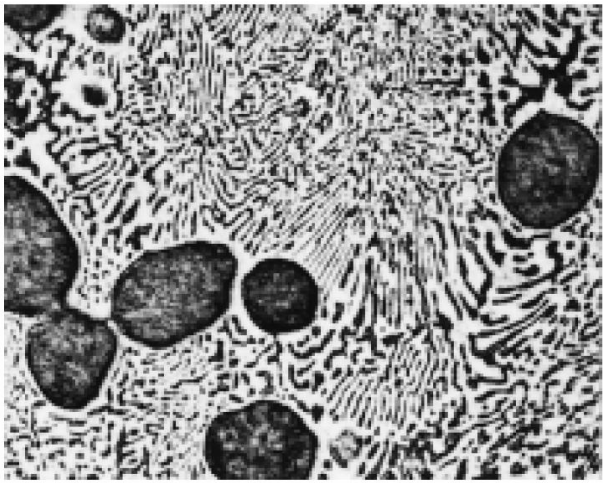




3.4. REACCIONES INVARIANTES

Microestructura de una aleación de composición hipoeutéctica

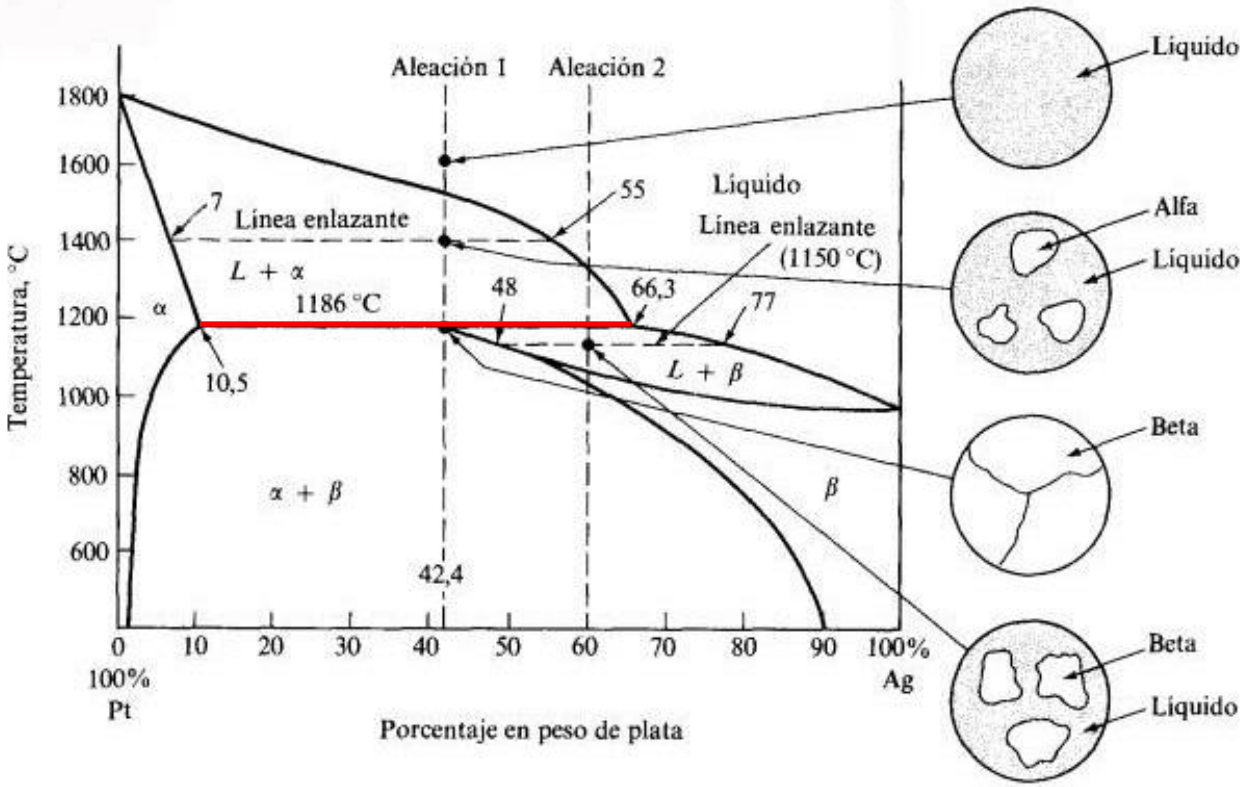




3.4.2. REACCIÓN PERITÉCTICA

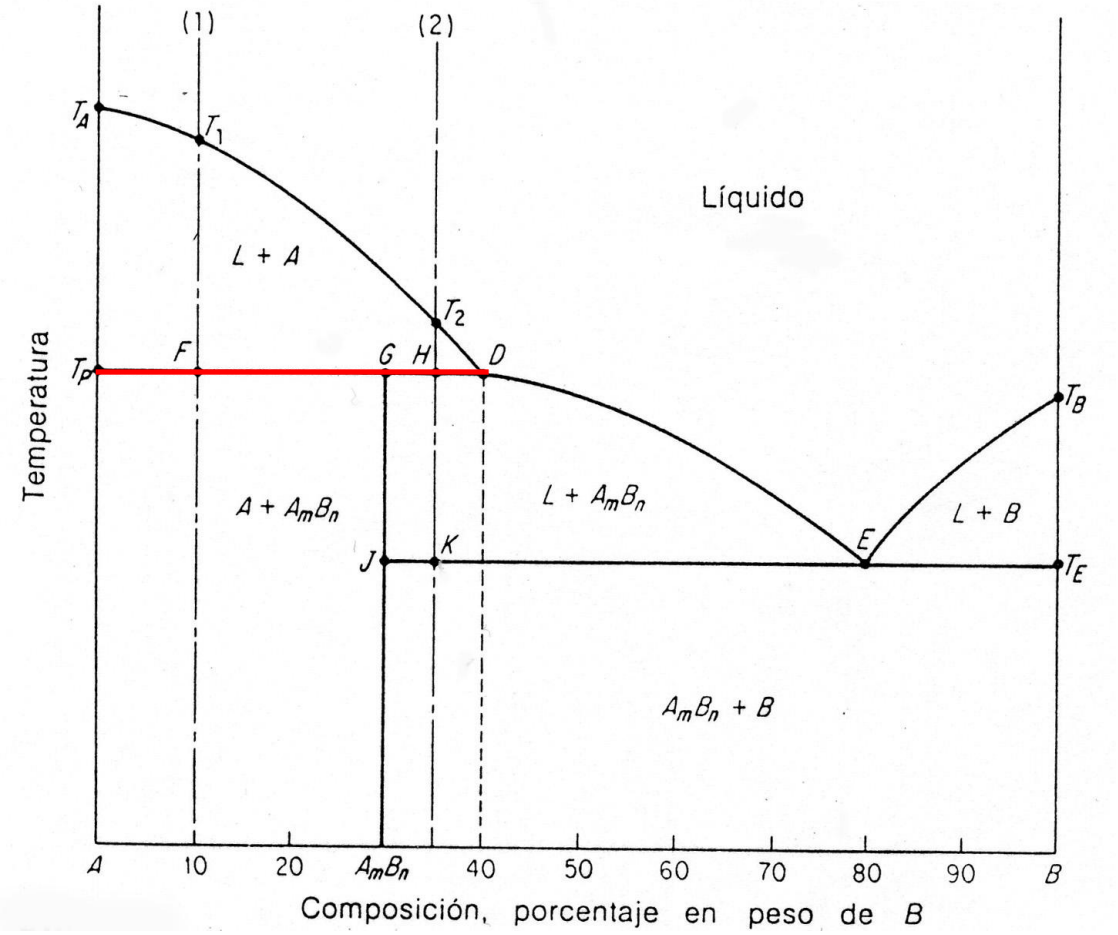
Líquido (L) + sólido 1 (α) ⇄ sólido 2 (β)

- El nuevo sólido puede ser una solución sólida intermedia o un compuesto



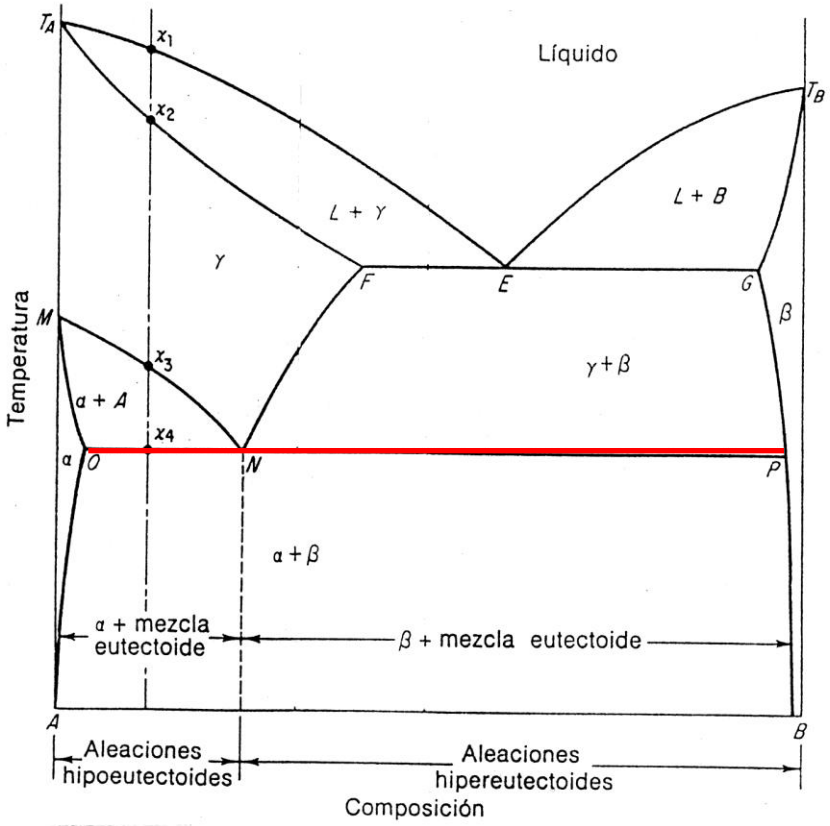
3.4.2. REACCIÓN PERITÉCTICA

- El nuevo sólido es un compuesto



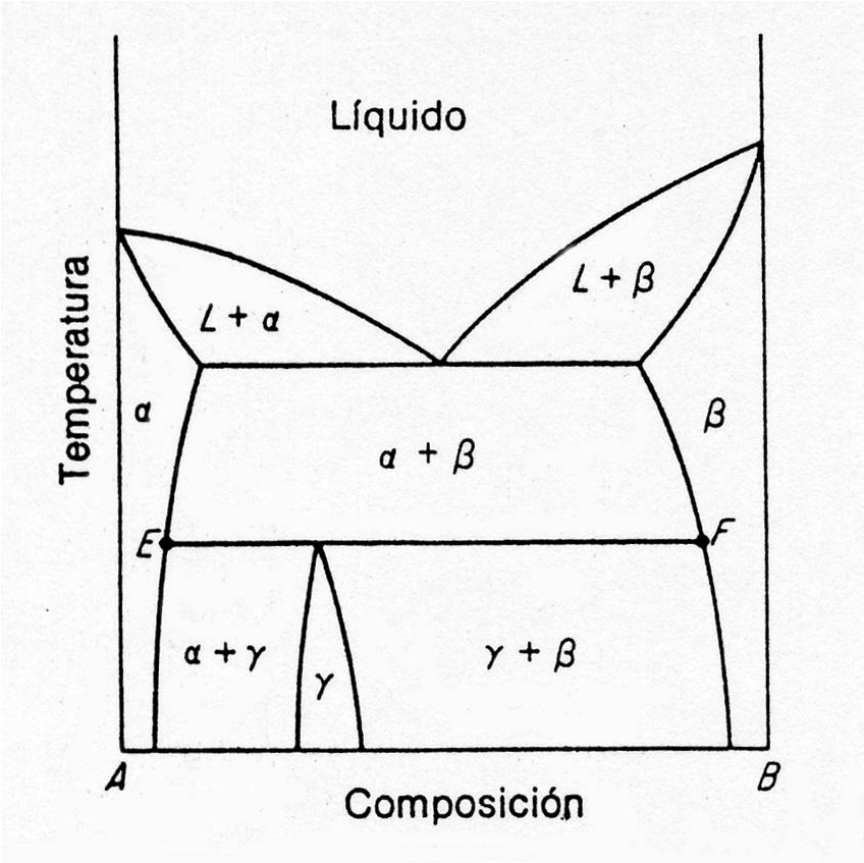
3.4.3. TRANSFORMACIONES EN ESTADO SÓLIDO

Reacción eutectoide ⇨ **sólido 1 (γ) ⇄ sólido 2 (α) + sólido 3 (β)**

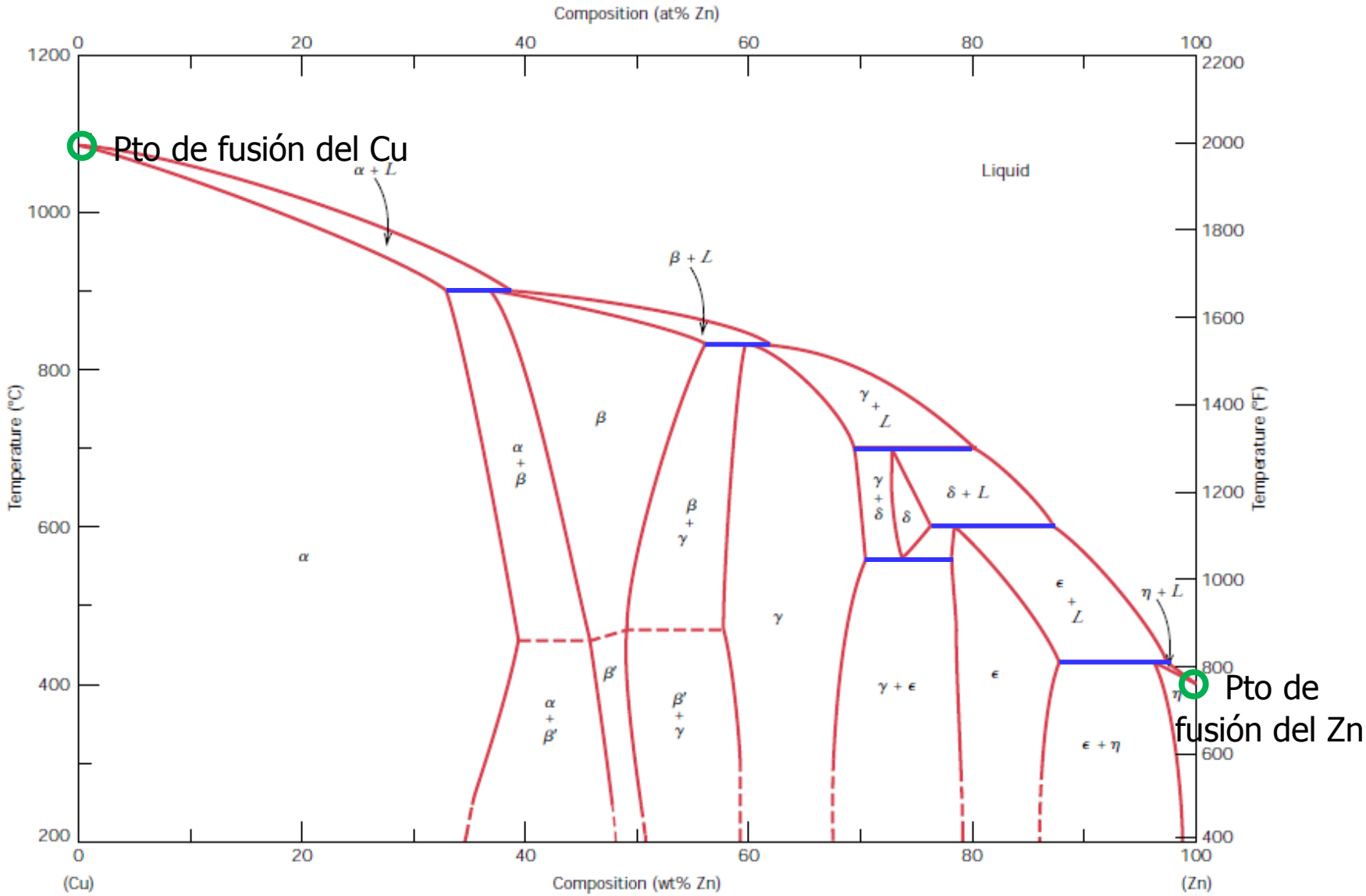


3.4.3. TRANSFORMACIONES EN ESTADO SÓLIDO

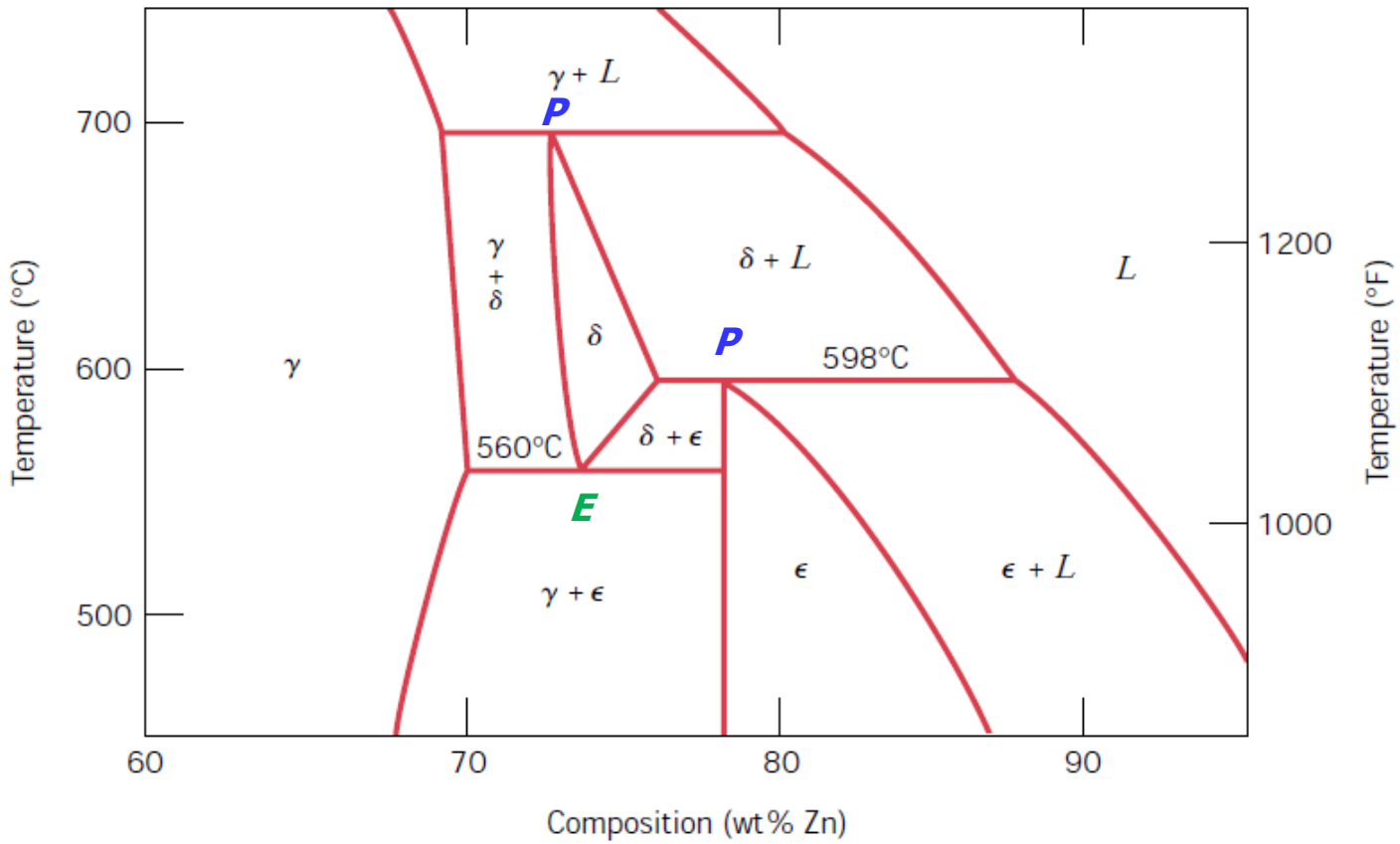
Reacción peritectoide ⇨ sólido 1 (α) + sólido 2 (β) ⇄ sólido 3 (γ)



3.5. EJEMPLOS: DIAGRAMA Cu-Zn



3.5. EJEMPLOS: DIAGRAMA Cu-Zn

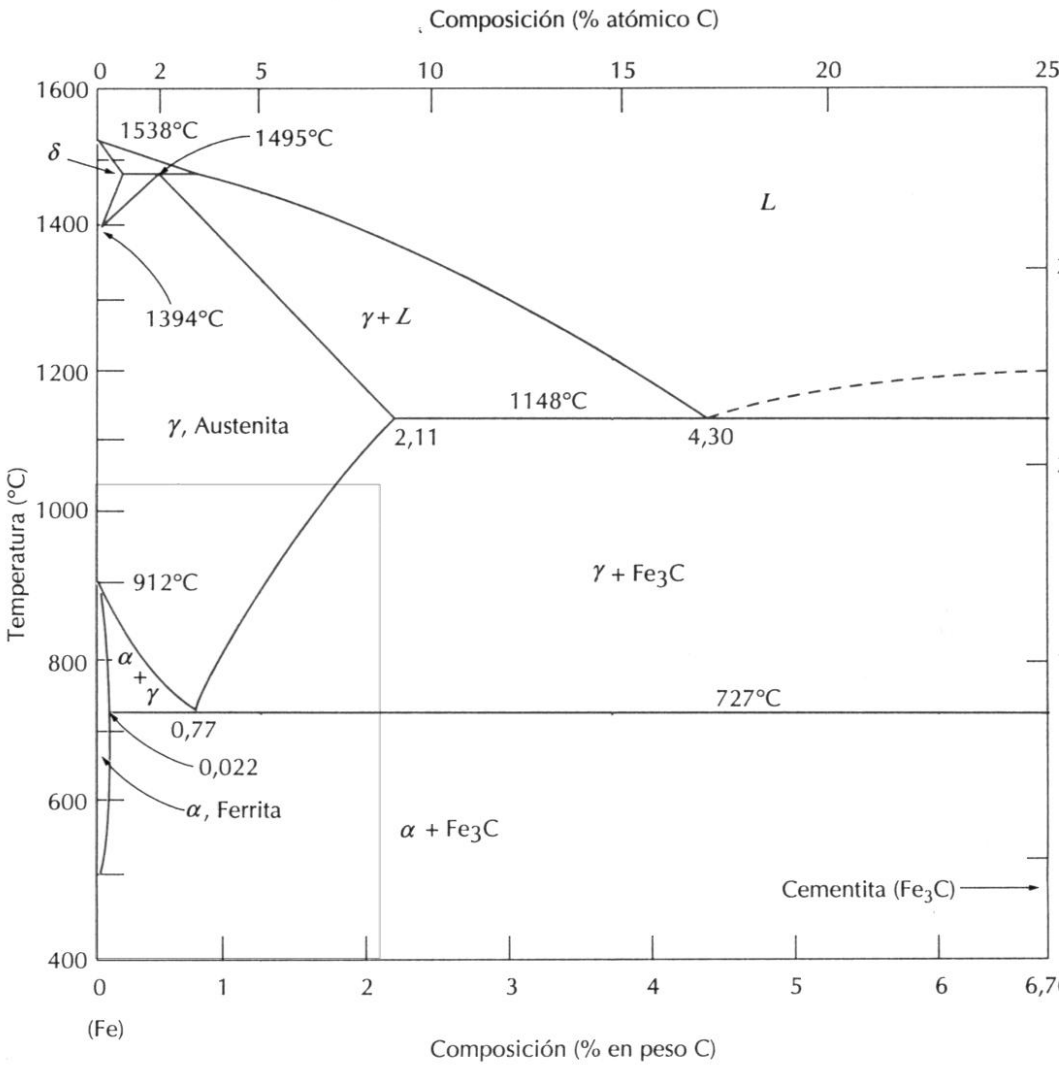


- ***P*** ⇨ Reacción Peritéctica $\gamma + L \rightarrow \delta$

  $\delta + L \rightarrow \varepsilon$

- ***E*** ⇨ Reacción Eutectoide $\delta \rightarrow \gamma + \varepsilon$

3.5. EJEMPLOS: DIAGRAMA Fe-C



Ptos singulares?

Reacciones invariantes?