

INTRODUCCIÓN A LOS DIAGRAMAS DE FASE

En un material, en términos de microestructura, una Fase es una región macroscópicamente homogénea que difiere en estructura y/o composición de otra región.

Los **Diagramas de Fases** (o Diagramas de Equilibrio) son representaciones gráficas de las fases presentes en un sistema material a varias temperaturas, presiones y composiciones.

La información importante que podemos obtener a partir de los diagramas de fases es:

1. Las fases presentes en el sistema a diferentes composiciones y temperaturas bajo condiciones de enfriamiento lento (equilibrio).
2. La temperatura a la cual las diferentes fases comienzan a fundirse.
3. La presencia de fenómenos de alotropía o polimorfismo en estado sólido.

Diagramas 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 temperatura y presión. (Ver figura 1)

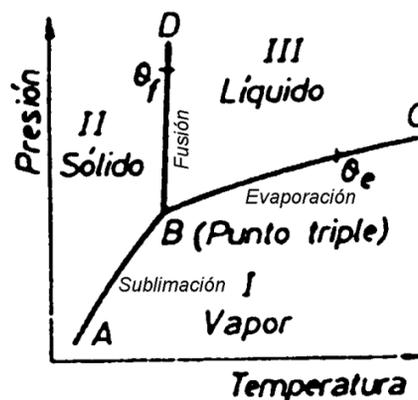


Figura 1. Diagrama de fases de un componente.

La regla de las fases

La **regla de las fases** o **regla de Gibbs** permite obtener los grados de libertad (F) posibles para mantener una situación de equilibrio en un sistema material, en base al número de sus componentes (C) y fases presentes (P), teniendo en cuenta la existencia de dos variables termodinámicas independientes, usualmente presión y temperatura. (Ver figura 2)

La regla se expresa por la relación:

$$F + P = C + 2$$

A presión constante (1 atmósfera): $F + P = C + 2$ (regla de fases condensada).



$$\left. \begin{array}{l} C = 1 \\ P = 1 \end{array} \right\} F = 2 (P, T)$$



$$\left. \begin{array}{l} C = 1 \\ P = 2 \end{array} \right\} F = 1 ; P = P (T)$$



$$\left. \begin{array}{l} C = 2 \\ P = 1 \end{array} \right\} F = 3 (P, T, C)$$



$$\left. \begin{array}{l} C = 2 \\ P = 2 \end{array} \right\} F = 2 (P, T)$$

Figura 2. La regla de las fases

Soluciones sólidas

Solución: mezcla macroscópica homogénea de una sustancia (solute) dispersa en otra (solvente).

Solución sólida: solución en que ambas sustancias son sólidas (ofrece la posibilidad de orden).

Al mezclarse dos o más sustancias en estado líquido puede suceder que sean: (ver figura 3).

Completamente solubles



agua
y
alcohol

Parcialmente solubles



agua
y
sal

sal

Totalmente insolubles



aceite

agua

Figura 3. 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.

Todas estas posibilidades quedan reflejadas en los diagramas de fases. (Ver figura 4)

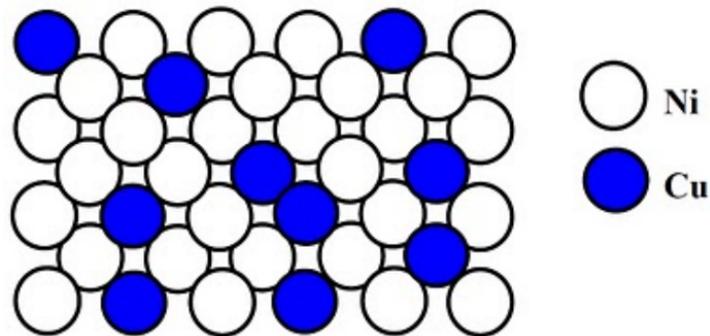


Figura 4. Solidificación

Diagramas de fases binarios

- Los diagramas de fases son mapas **temperatura - composición** de sistemas (a P = cte.) que se obtienen a partir de series de curvas de enfriamiento.
- Muestran las fases presentes y sus composiciones para cualquier temperatura y composición de la aleación, permitiendo predecir las transformaciones entre fases y la microestructura resultante. (Ver figura 5)

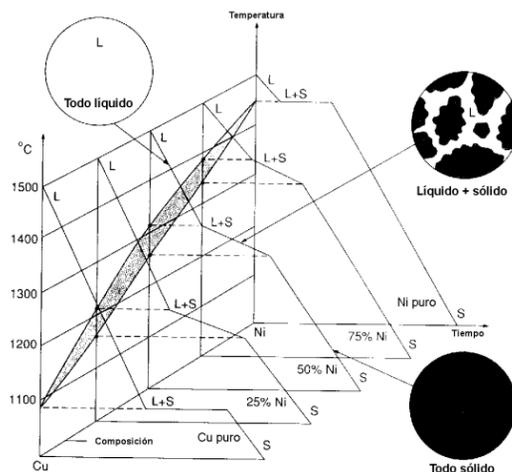


Figura 5. Diagramas de fases binarios

Interpretación de los diagramas de fases binarios. (Ver figura 6)

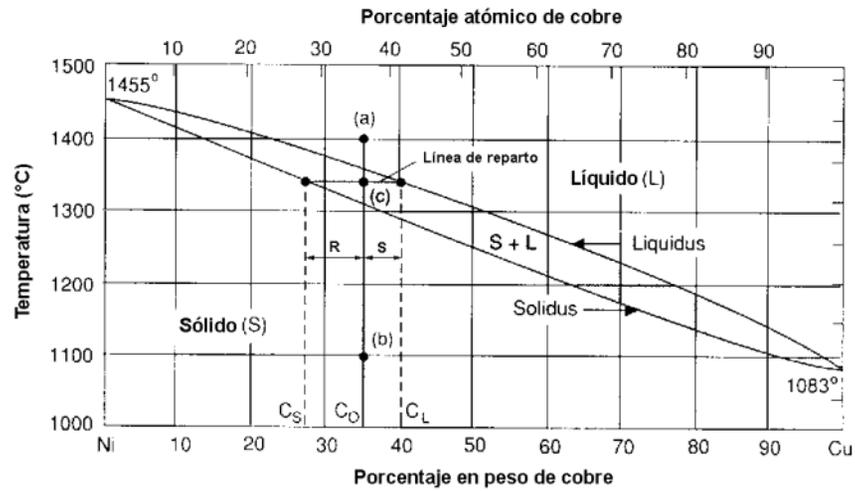


Figura 6. Interpretación de los diagramas de fases binarios

La constitución de una aleación queda descrita por:

- La composición global de la aleación.
- El número de fases presentes.
- La composición de cada fase.
- La fracción, porcentaje o proporción en peso de cada fase. (Ver figura 7)

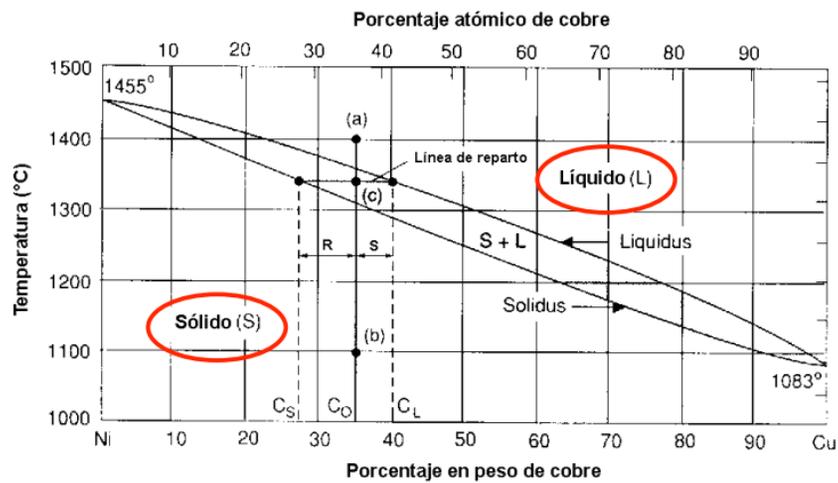


Figura 7. Construcción de una aleación

Regiones monofásicas:

1. La composición química de la fase coincide con la composición total de la aleación original.
2. Físicamente la aleación estará constituida por 100% de fase líquida homogénea o bien 100% de fase sólida homogénea. (Ver figura 8)

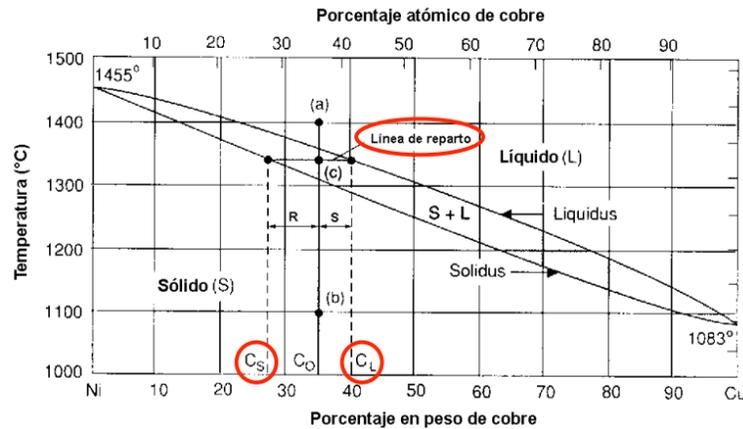


Figura 8. Regiones monofásicas

Regiones bifásicas:

1. A la temperatura de interés para la aleación considerada se construye la línea de reparto (isoterma), que conecta dos fases (L y S, en este caso) a través de la región bifásica.
2. La composición química de las dos fases (C_L y C_S) viene dada por las intersecciones de dicha línea con las de los límites de fase en cada extremo, trasladadas verticalmente hacia abajo y leídas directamente sobre el eje horizontal de las composiciones.
3. La proporción o porcentaje de cada fase se calcula en base a la Regla de la Palanca. (Ver figura 9)

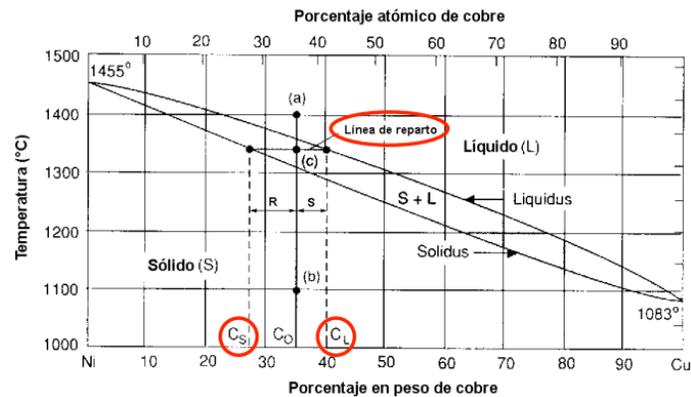


Figura 9. Regiones bifásicas

Porcentaje de fase líquida de composición C_L : $W_L = \frac{R}{R+S} = \frac{C_0 - C_S}{C_L - C_S}$

Porcentaje de fase sólida de composición C_S : $W_S = \frac{R}{R+S} = \frac{C_0 - C_S}{C_L - C_S}$

Como únicamente hay dos fases implicadas se verifica que:

$$W_L + W_S = 1 \quad ; \quad W_L(\%) + W_S(\%) = 100$$

Desarrollo de microestructuras. (Ver figura 10)

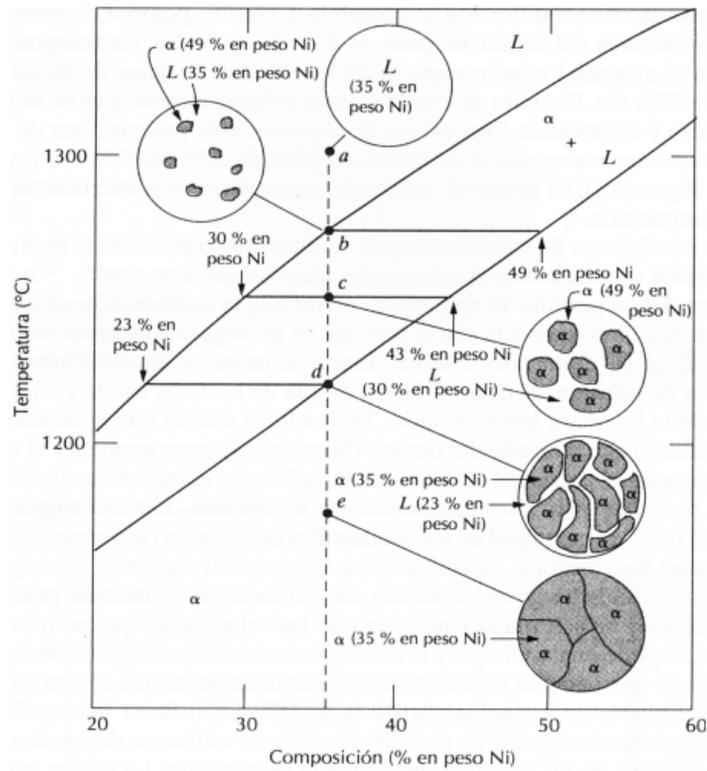


Figura 10. Desarrollo de microestructuras

Tipología de los diagramas de fases

Inmiscibilidad total en estado líquido: (ver figura 11)

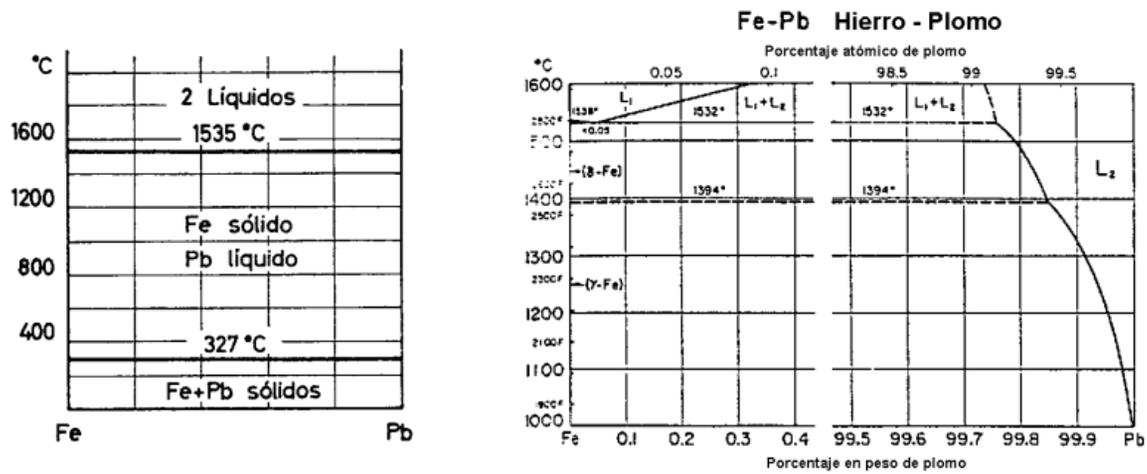


Figura 11. Inmiscibilidad total en estado líquido

Miscibilidad parcial en estado líquido. Diagramas con Monotético.

Monotético: punto univariante ($f = 0$) en el que un líquido (L_1) se transforma en otro líquido (L_2) y un sólido α . (Ver figura 12,13 y 14)

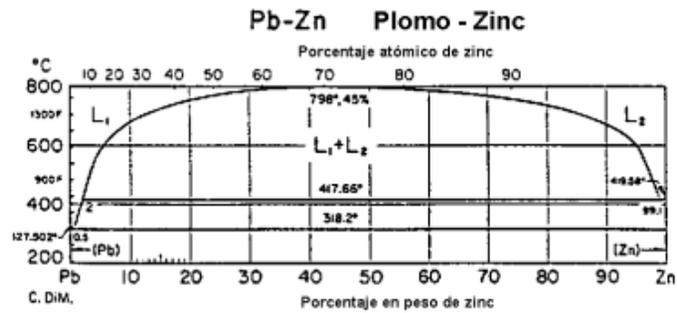


Figura 12. Reacción monotética

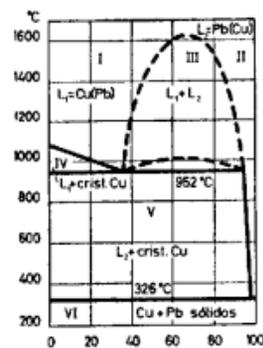


Figura 13. Reacción monotética

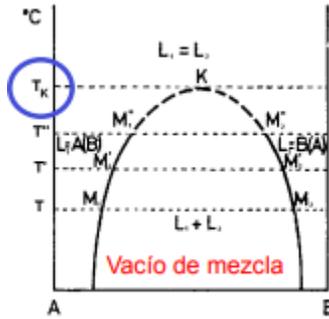


Figura 14. Temperatura crítica de solubilidad (T_K)

Solubilidad total en estado sólido y líquido. Sistemas isomorfos. (Ver figura 15 y 16)

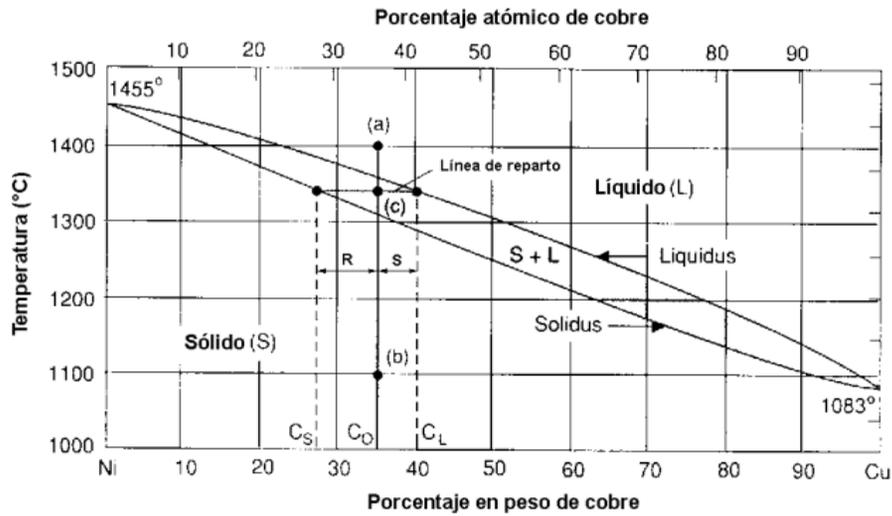


Figura 15. Sistemas isomorfos

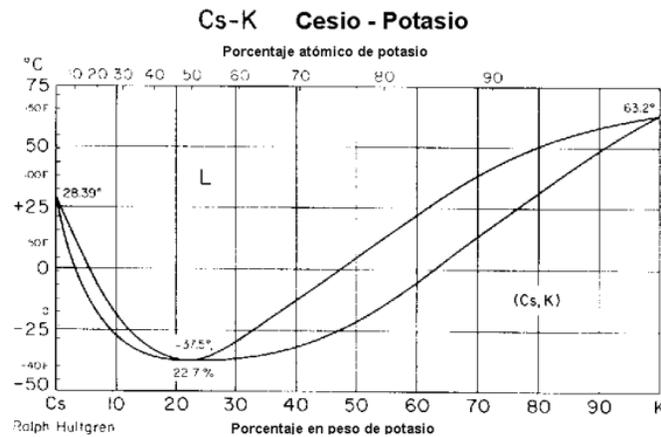


Figura 16. Sistemas isomorfos

Solubilidad total en estado líquido y **nula** en sólido. Diagrama EUTÉCTICO.

Eutético: punto invariante ($f = 0$) en el que un líquido (L) se transforma en otros dos sólidos diferentes (α y β). (Ver figura 17 y 18)

Reacción eutética: $L \rightarrow \alpha + \beta$

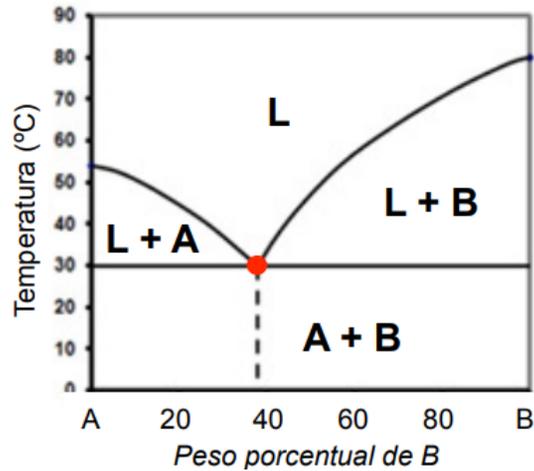


Figura 17. Reacción eutética

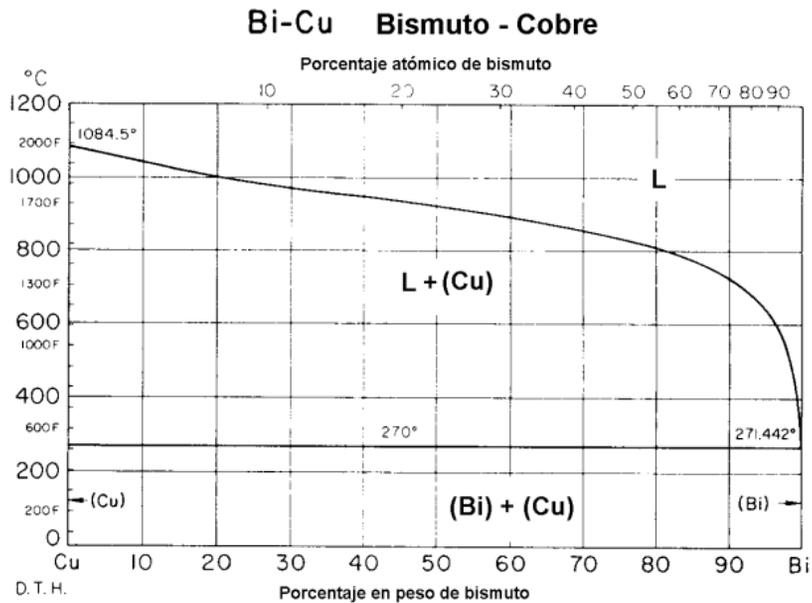


Figura 18. Diagrama "sin eutético"

Solubilidad total en estado líquido y parcial en sólido. Diagramas con EUTÉCTICO. (Ver figuras de la 19 a la 26)

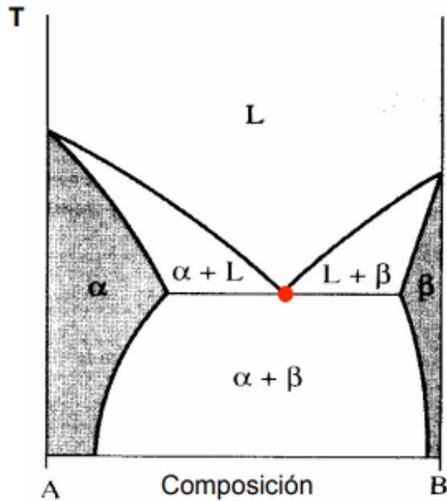


Figura 19. Diagramas con Eutético

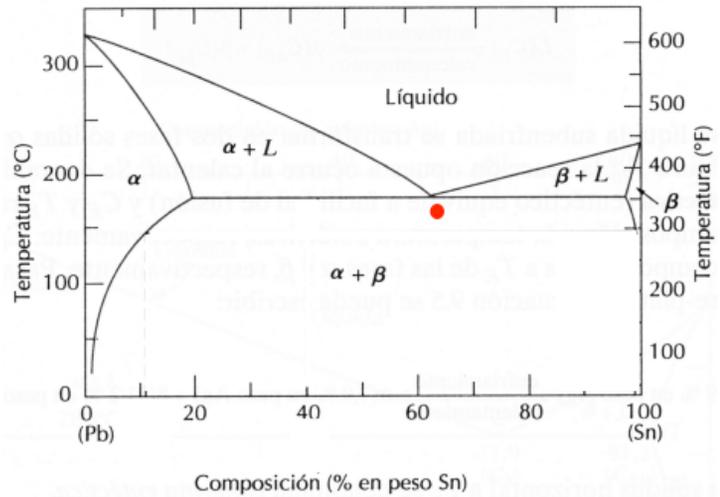


Figura 20. Diagramas con Eutético

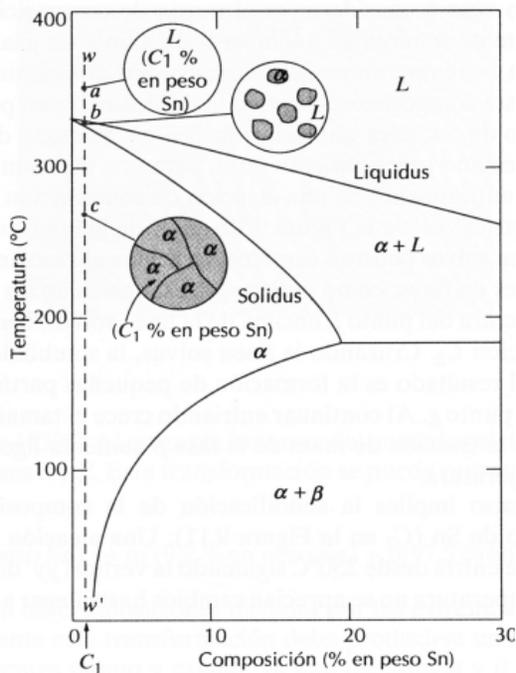


Figura 21. Diagramas con Eutético

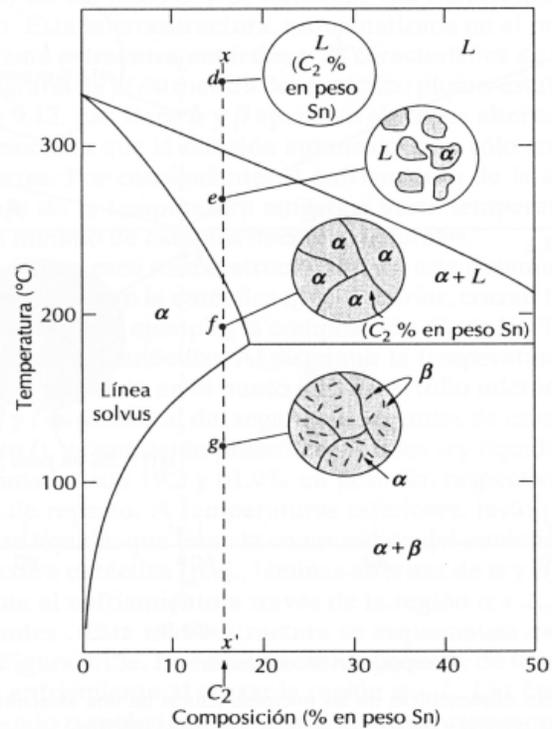


Figura 22. Diagramas con Eutético

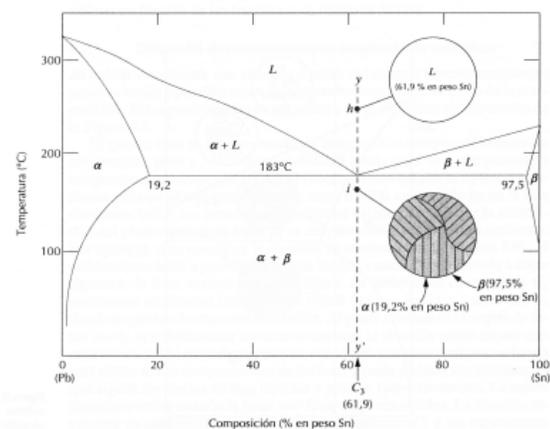


Figura 23. Diagramas con Eutético.



Figura 24. Microestructura

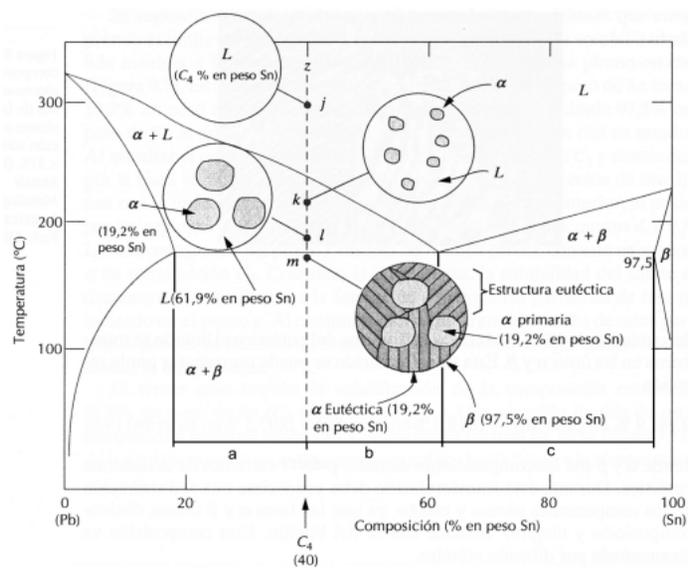


Figura 25. Diagramas con Eutético

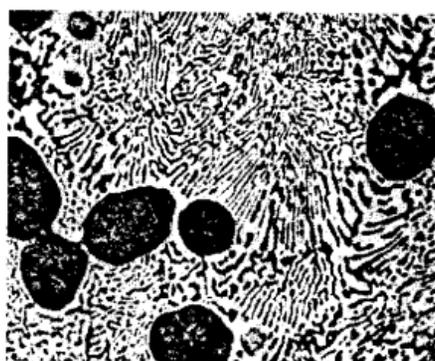


Figura 26. Microestructura

Diagramas de equilibrio con fases y/o compuestos intermedios. (Ver figura 27 y 28)

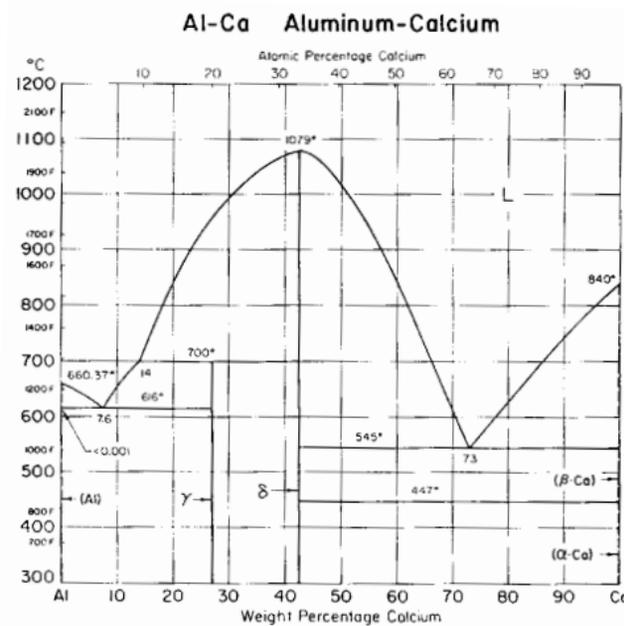


Figura 27. Diagramas de equilibrio con fases y/o compuestos intermedios.

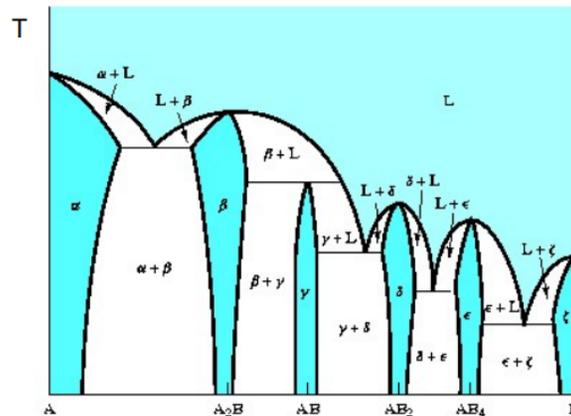


Figura 28. Composición

Diagramas con PERITÉCTICO

Peritético: punto invariante ($f = 0$) en el que un líquido (L) y una fase sólida (α) se transforman en otra sólida distinta (β). (Ver figura 29)



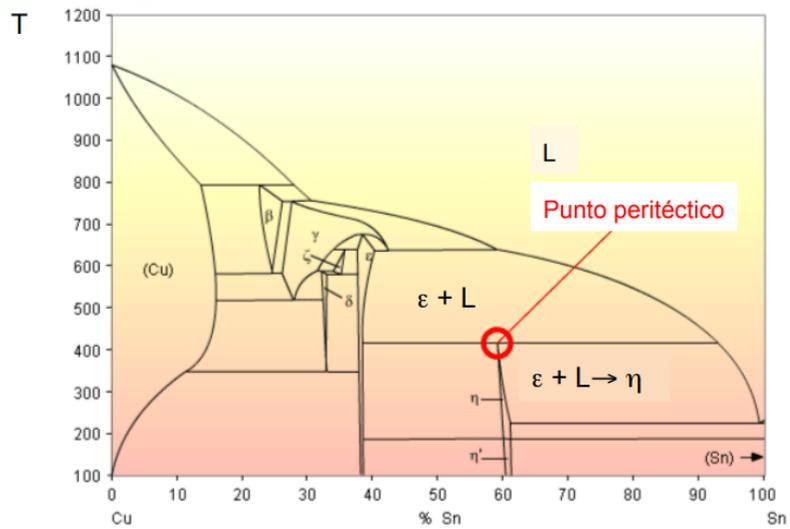


Figura 29. Diagramas con PERITÉCTICO

Diagramas de equilibrio con EUTECTOIDE

Eutectoide: punto invariante ($f = 0$) en el que un sólido (γ) se transforma en otros dos sólidos diferentes (α y β). (Ver figura 30)

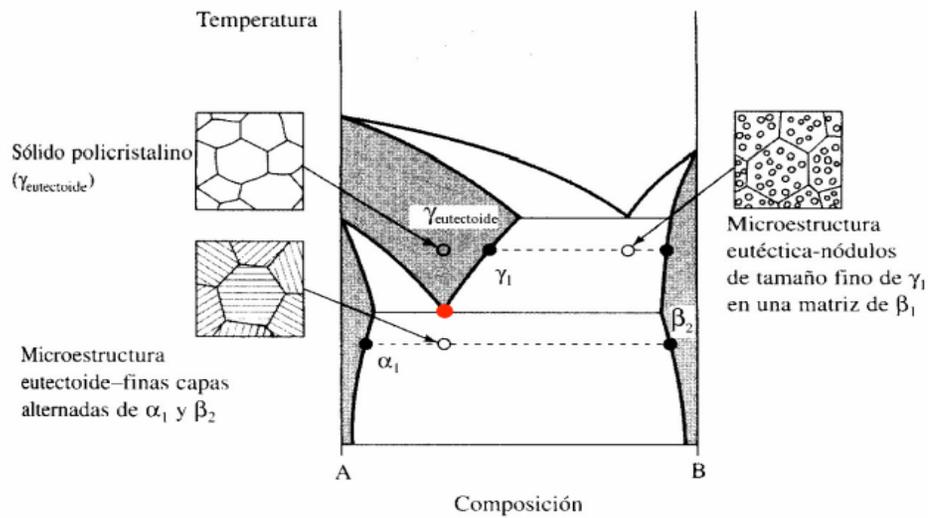


Figura 30. Diagramas de equilibrio con EUTECTOIDE

Diagramas de equilibrio con PERITECTOIDE.

Peritectoide: punto invariante ($f = 0$) en el que dos sólidos (α y β) se transforman en otro sólido diferente (γ). (Ver figura 31)

Reacción peritectoide: $\gamma \rightarrow \alpha + \beta$

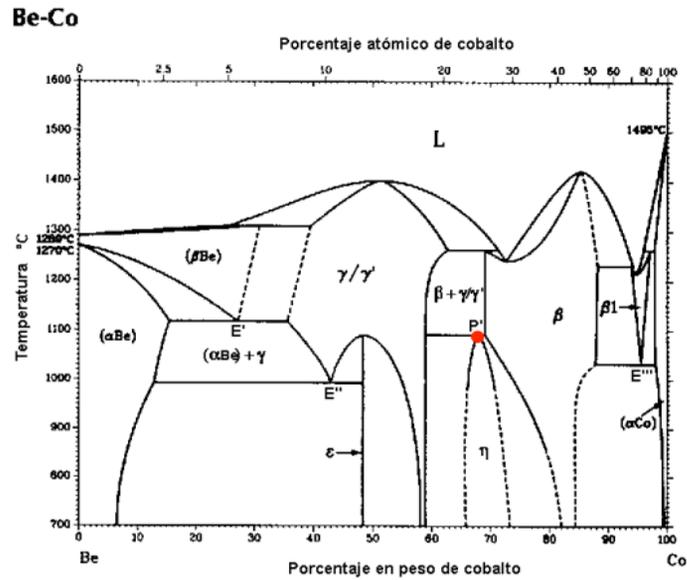


Figura 31. Diagramas de equilibrio con PERITECTOIDE

Diagramas binarios generales: (ver figura 32).

- I. Peritético
- II. Eutéctico
- III. Eutectoide
- IV. Monotético
- V. Peritectoide

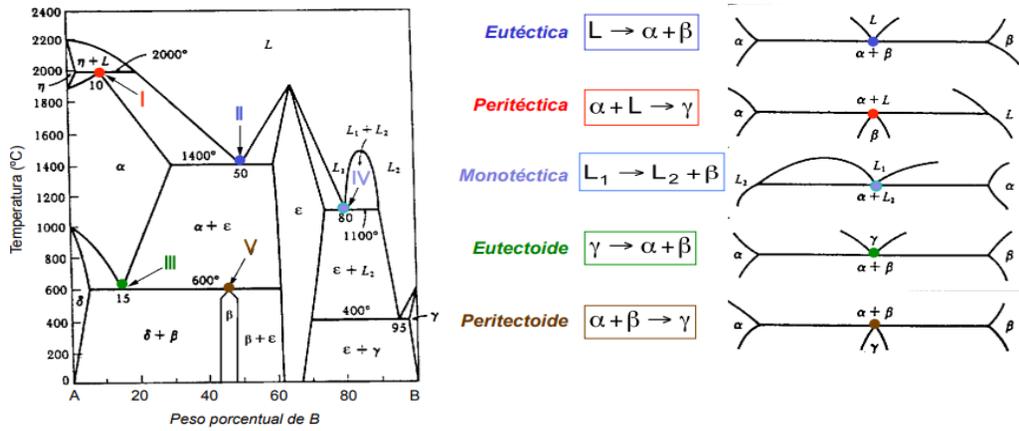


Figura 32. Diagramas binarios generales

Referencia:

Universitat de Valencia. (2003). Lección-10. [PDF].

https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2225/course/section/2110/leccion_10.pdf