

UNIDAD 5

TEORÍA DE ALEACIONES

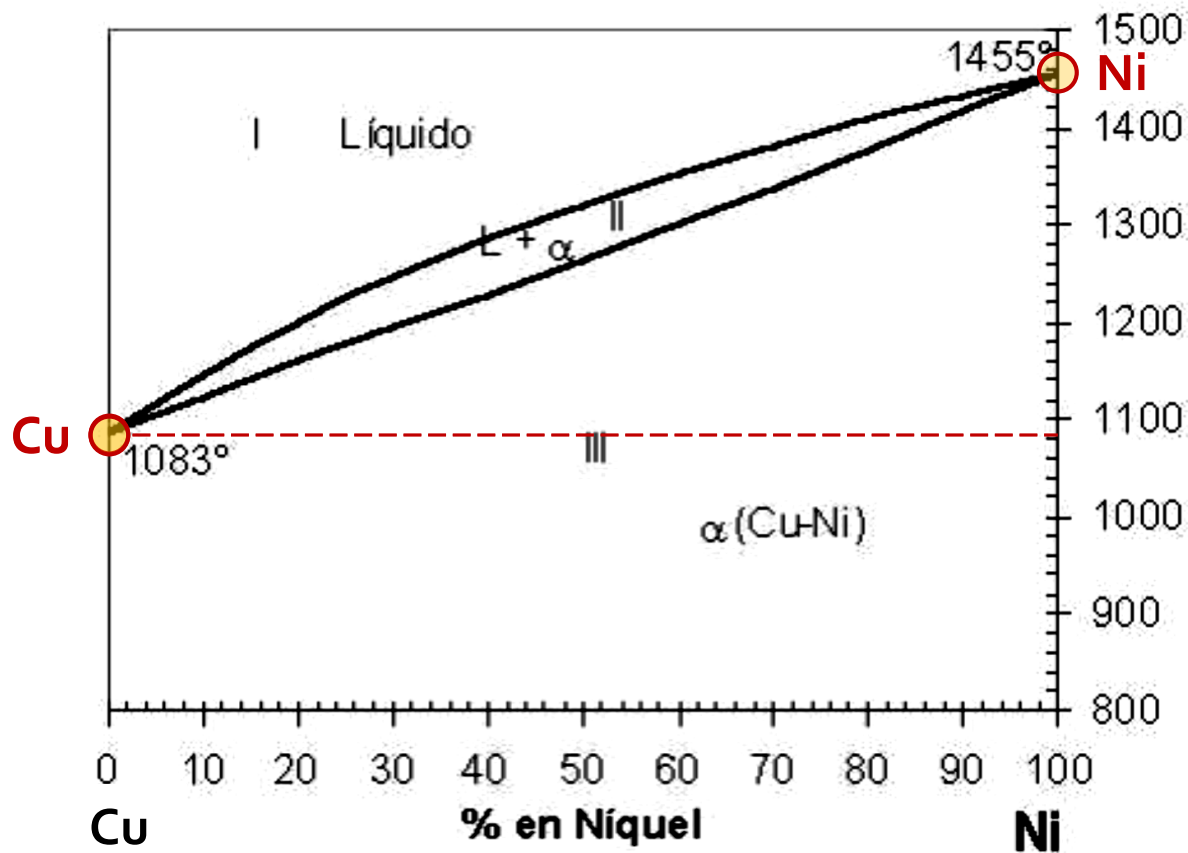
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES

abril, 2026

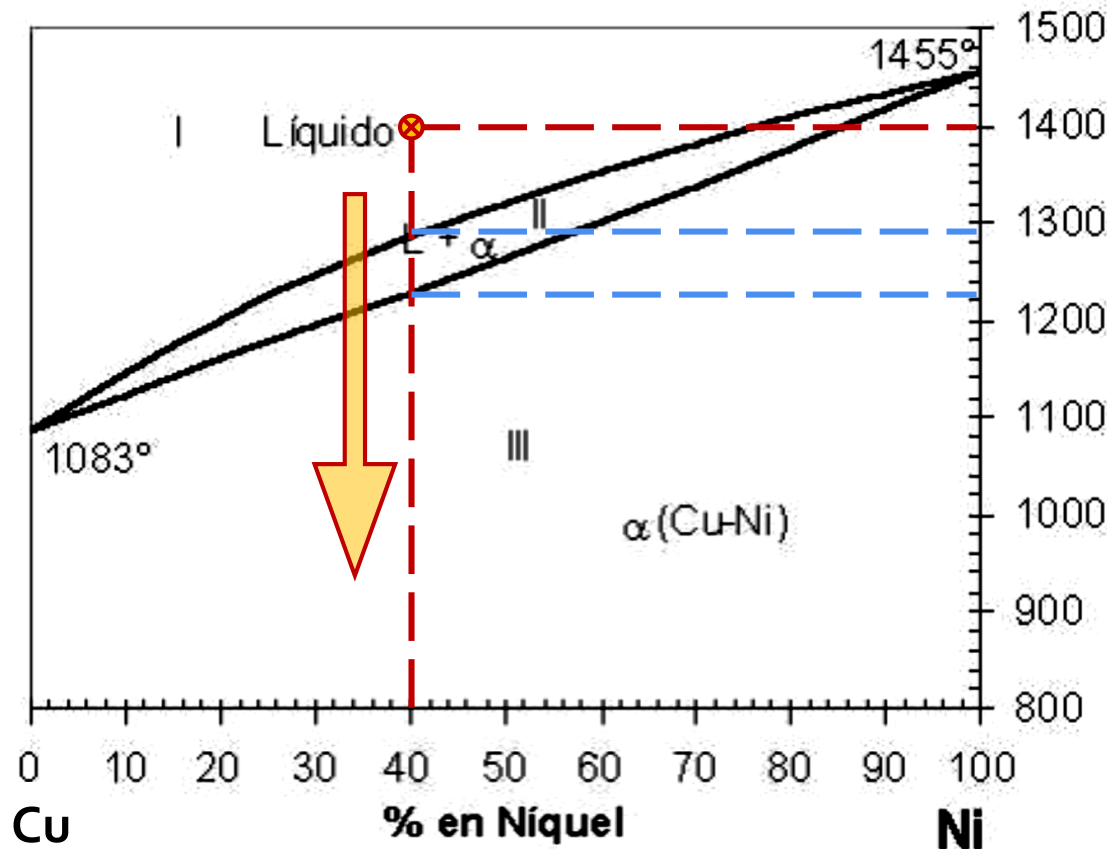
Facultad de Ingeniería - UNCuyo

1. A partir del siguiente diagrama de equilibrio de fases de la aleación de cobre y níquel:

a) Indica la temperatura de fusión y solidificación de los metales puros cobre y níquel.

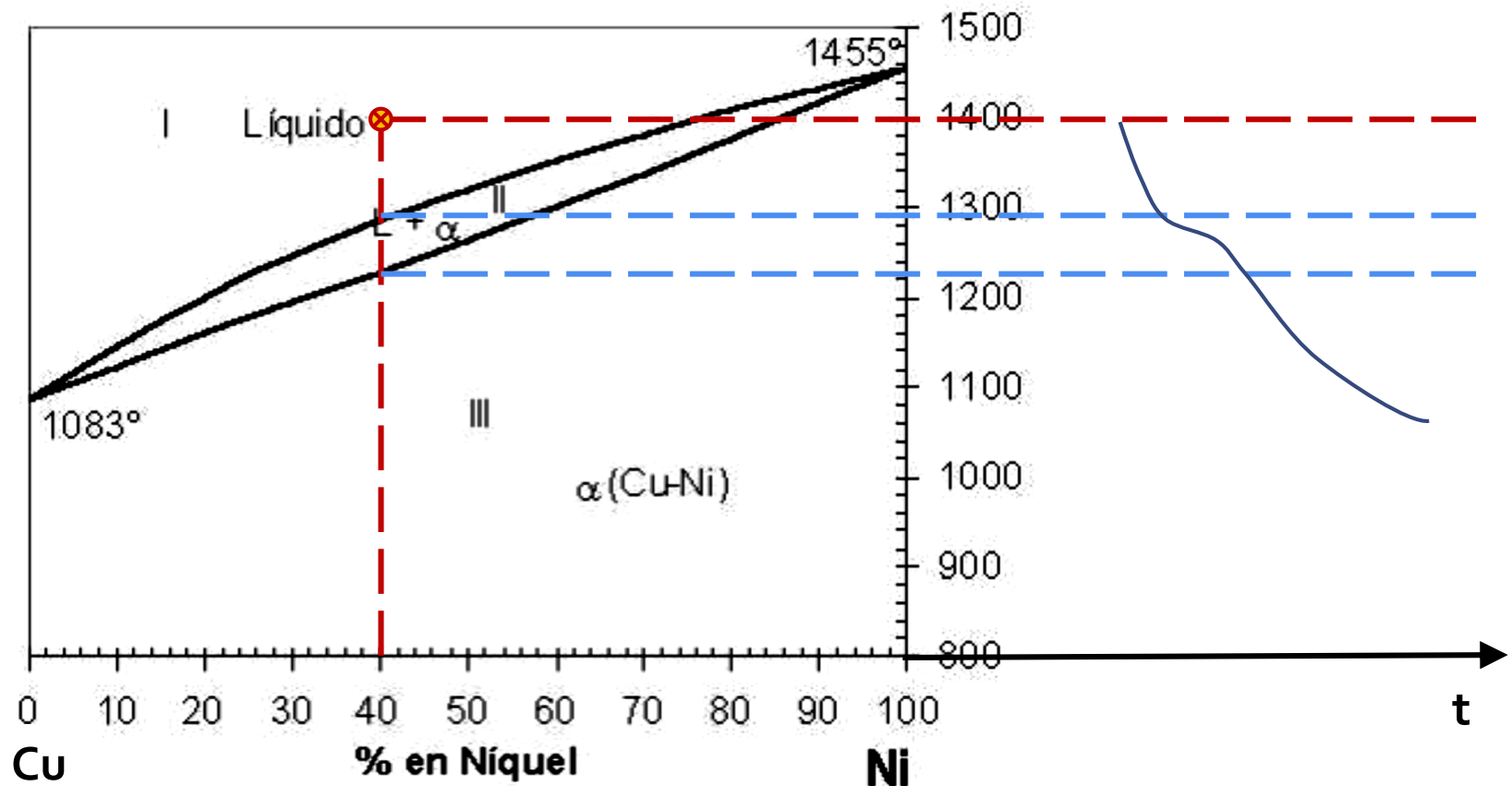


b) Describe el proceso de enfriamiento desde 1.400 °C hasta la temperatura ambiente de una aleación con un 40 % de Ni, indicando las temperaturas más significativas, intervalo de solidificación, fases presentes en cada una de las regiones que atraviesa. Dibuja la curva de enfriamiento correspondiente.



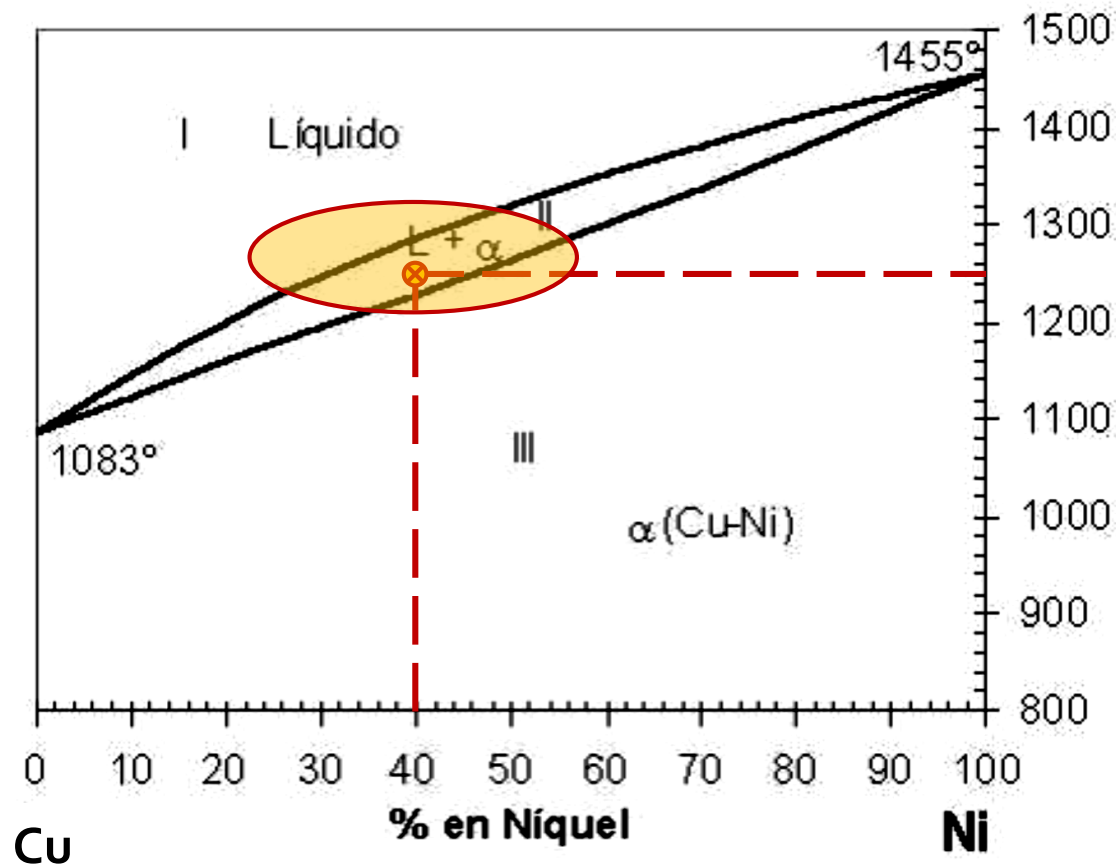
1400°C: L
↓
1290°C: L+α
↓
1220°C: α

b) Describe el proceso de enfriamiento desde 1.400 °C hasta la temperatura ambiente de una aleación con un 40 % de Ni, indicando las temperaturas más significativas, intervalo de solidificación, fases presentes en cada una de las regiones que atraviesa. Dibuja la curva de enfriamiento correspondiente.



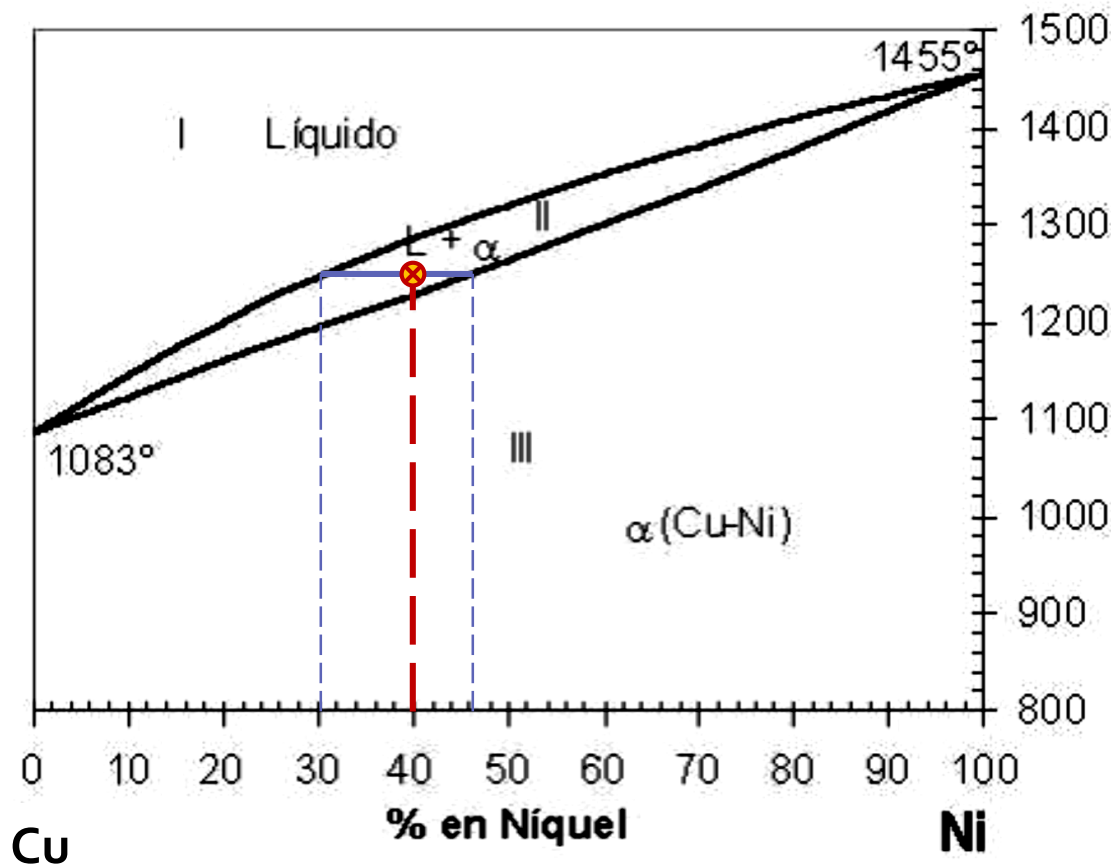
c) Para la aleación de 40% Ni indica la composición de las fases que la componen a 1250 °C.

d) Para la aleación de 40% Ni indica la proporción de fases de las mismas a 1250 °C.



c) Para la aleación de 40% Ni indica la composición de las fases que la componen a 1250 °C.

d) Para la aleación de 40% Ni indica la proporción de fases de las mismas a 1250 °C.



ISOTERMA

COMPOSICIÓN DE LAS FASES

L: 30% Ni - 70%Cu

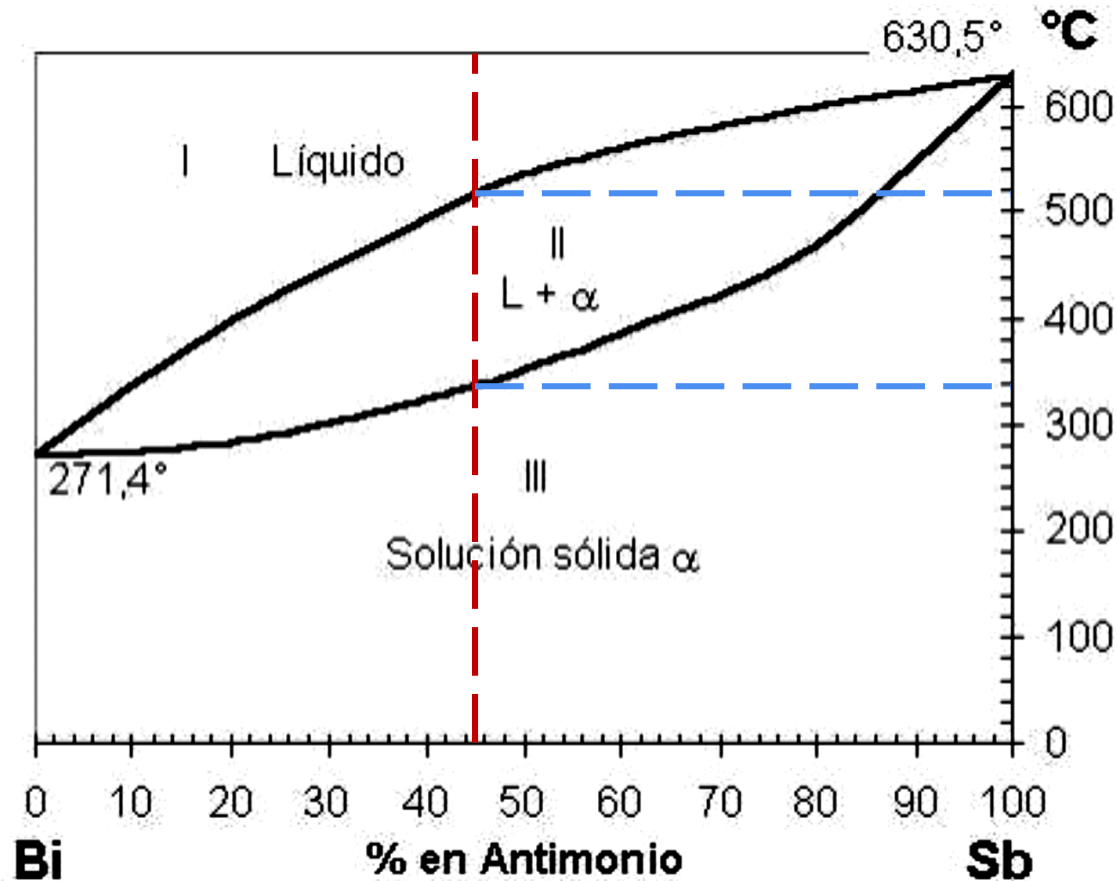
α: 46% Ni - 64%Cu

PROPORCIÓN DE LAS FASES

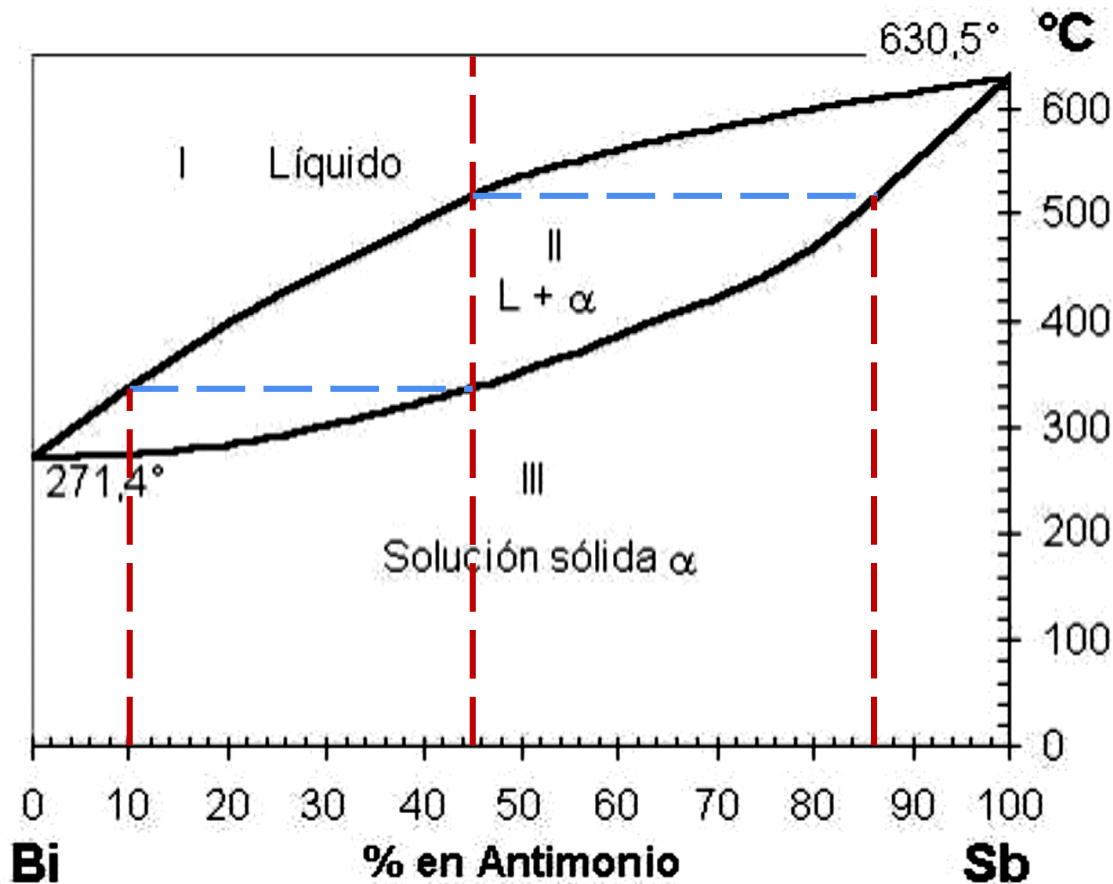
$$W_L = \frac{C_\alpha - C_0}{C_\alpha - C_L} = 0,375$$

$$W_\alpha = \frac{C_0 - C_L}{C_\alpha - C_L} = 0,625$$

2. Haciendo uso del diagrama Bi – Sb, para una aleación con 45 % de Sb: a) Describa las transformaciones que experimenta al enfriarse lentamente desde el estado líquido hasta la temperatura ambiente. b) Dibuje la curva de enfriamiento.



c) Si el enfriamiento no se verifica en condiciones de equilibrio, ¿cuál será la máxima diferencia de concentración entre el centro de un grano y su periferia?



Formación del 1° cristal

86% Sb – 14% Bi

Formación del último
cristal

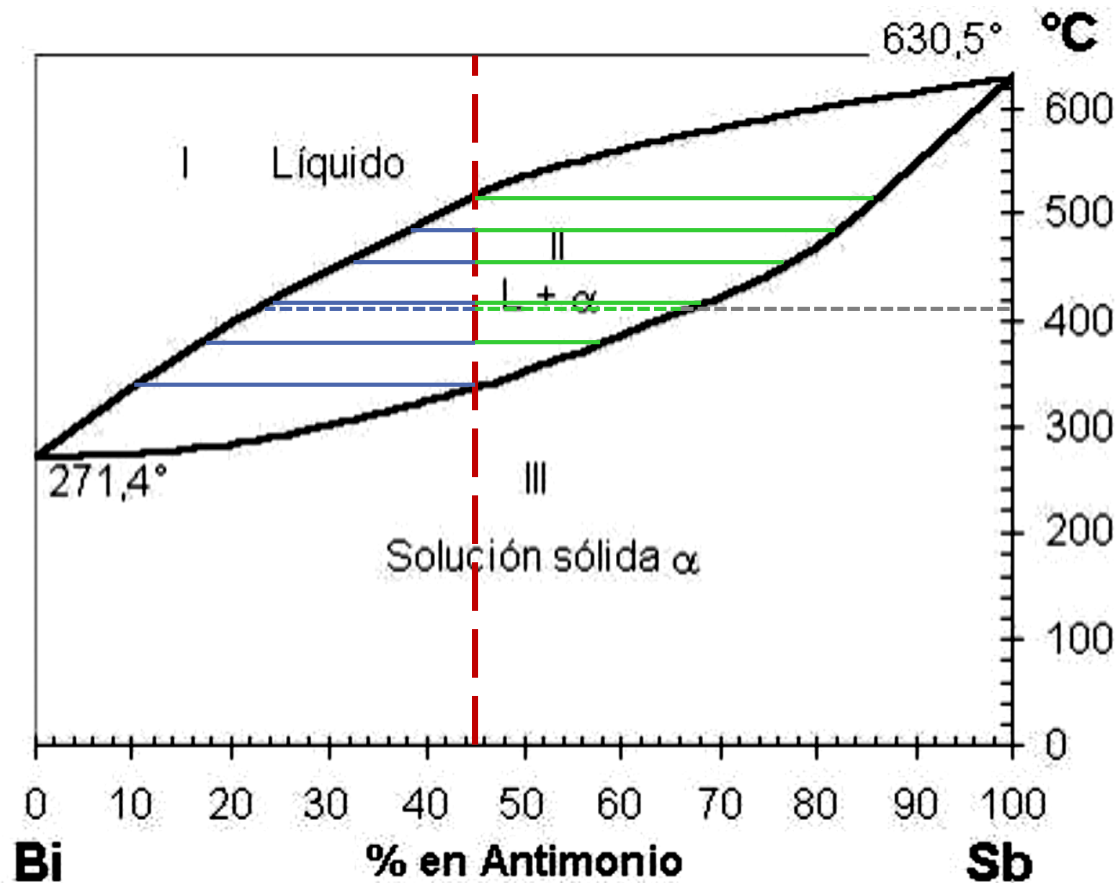
10% Sb – 90% Bi

Máxima diferencia de
concentración

76% Sb – 14% Bi

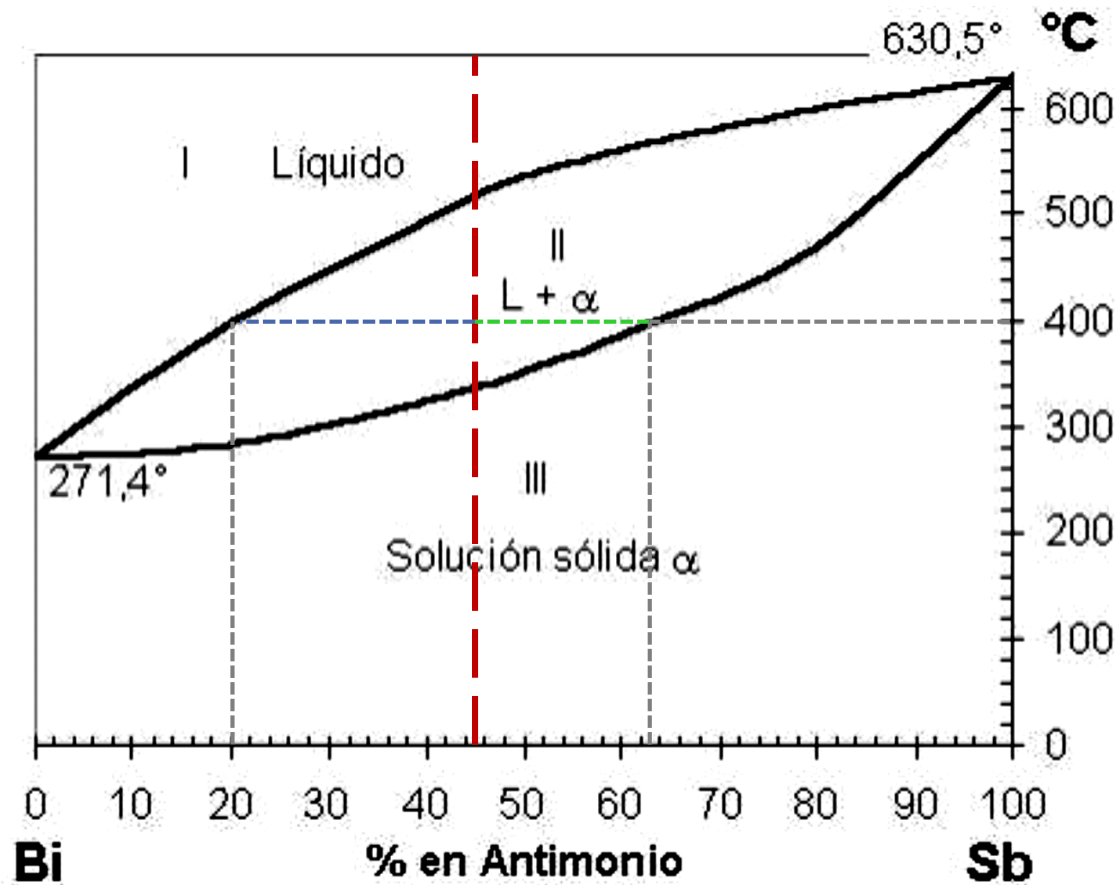
d) ¿A qué temperatura habrá un 50 % de aleación en estado líquido?

e) Porcentaje de las fases a 400°C.

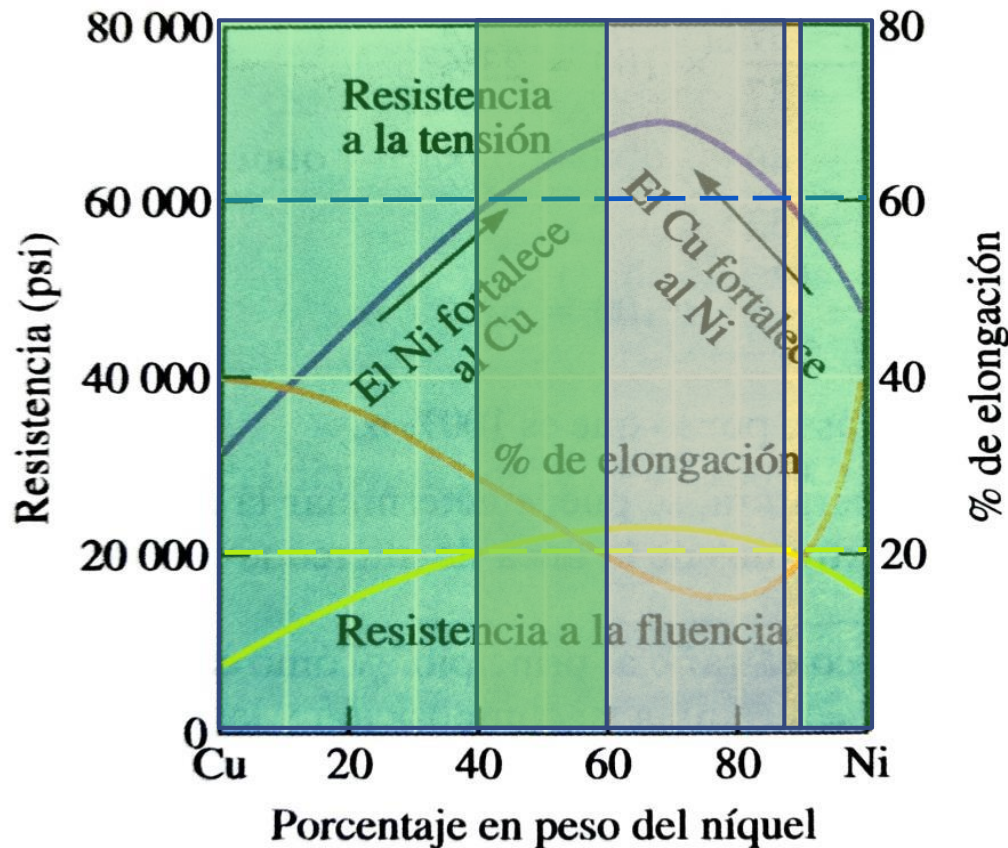


d) ¿A qué temperatura habrá un 50 % de aleación en estado líquido?

e) Porcentaje de las fases a 400°C.



3. Se necesita producir una aleación Cu - Ni que tenga una resistencia a la fluencia mínima de 20.000 PSI, una resistencia a la tensión mínima de 60.000 PSI y un porcentaje de elongación mínimo de 20%. Tiene en su inventario una aleación de Cu-20% Ni y níquel puro. Diseñe un método para producir fundiciones que posean las propiedades requeridas. Prepare 10 kg de aleación.

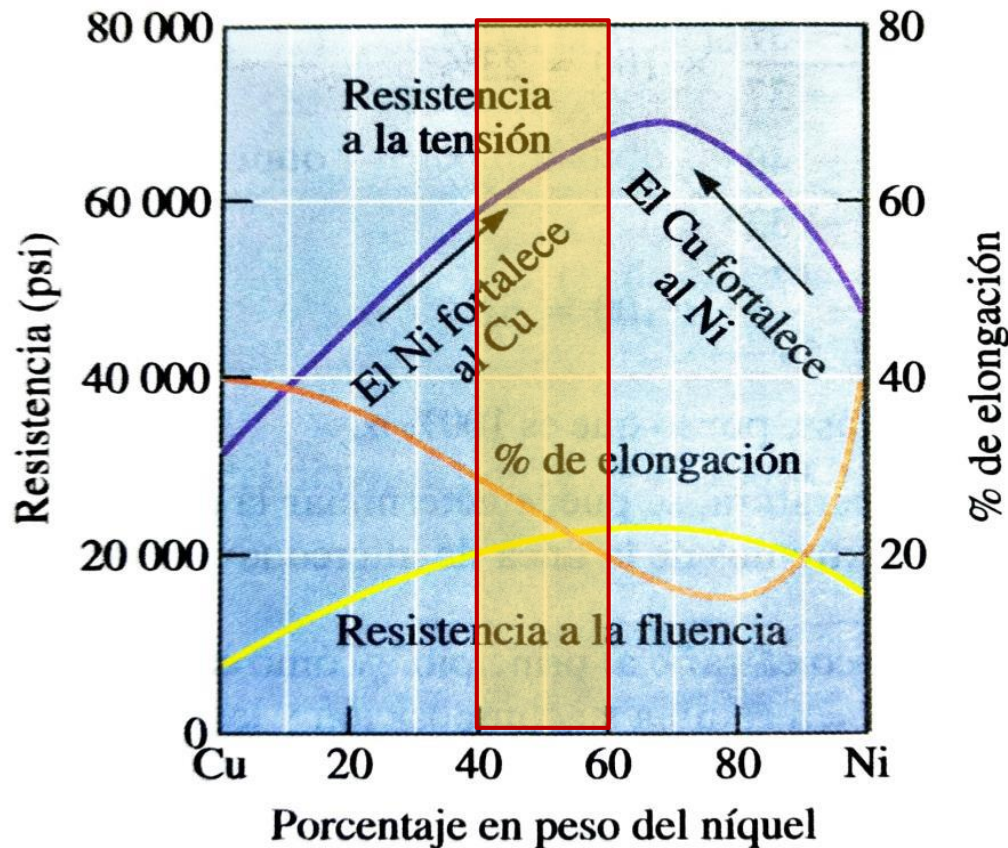


Fluencia ≥ 20.000 PSI

Resistencia ≥ 60.000 PSI

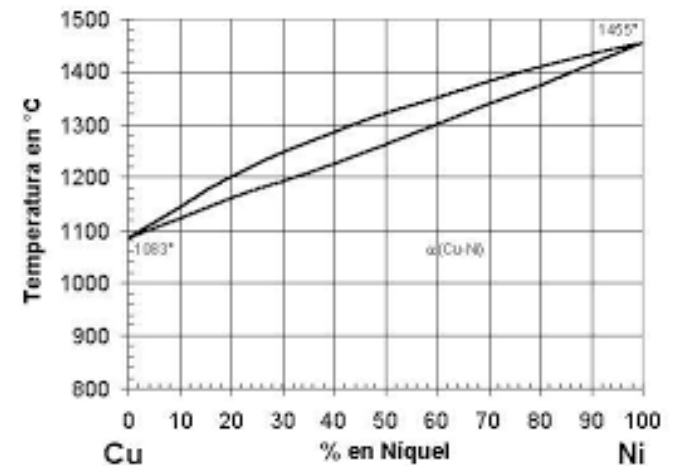
Elongación $\geq 20\%$

Se necesita producir una aleación Cu - Ni que tenga una resistencia a la fluencia mínima de 20.000 PSI, una resistencia a la tensión mínima de 60.000 PSI y un porcentaje de elongación mínimo de 20%. Tiene en su inventario una aleación de Cu-20% Ni y níquel puro. Diseñe un método para producir fundiciones que posean las propiedades requeridas. Prepare 10 kg de aleación.



RANGO: 40%-60%

Producción



Se necesita producir una aleación Cu - Ni que tenga una resistencia a la fluencia mínima de 20.000 PSI, una resistencia a la tensión mínima de 60.000 PSI y un porcentaje de elongación mínimo de 20%. Tiene en su inventario una aleación de Cu-20% Ni y níquel puro. Diseñe un método para producir fundiciones que posean las propiedades requeridas.
Prepare 10 kg de aleación.

Al. Cu – 20% Ni
Ni 100%

Si adoptamos una composición de 45% Ni para la Aleación: REQUIERE 4,5 kg de Ni

- X [Ni 100%]
- (10 kg - X). 0,20 [Cu-20%Ni]

$$X + (10 \text{ kg} - X) \cdot 0,20 = 4,5 \text{ kg}$$

$$X + 10 \text{ kg} \cdot 0,20 - 0,20 \cdot X = 4,5 \text{ kg}$$

$$0,80 \cdot X = 2,5 \text{ kg}$$

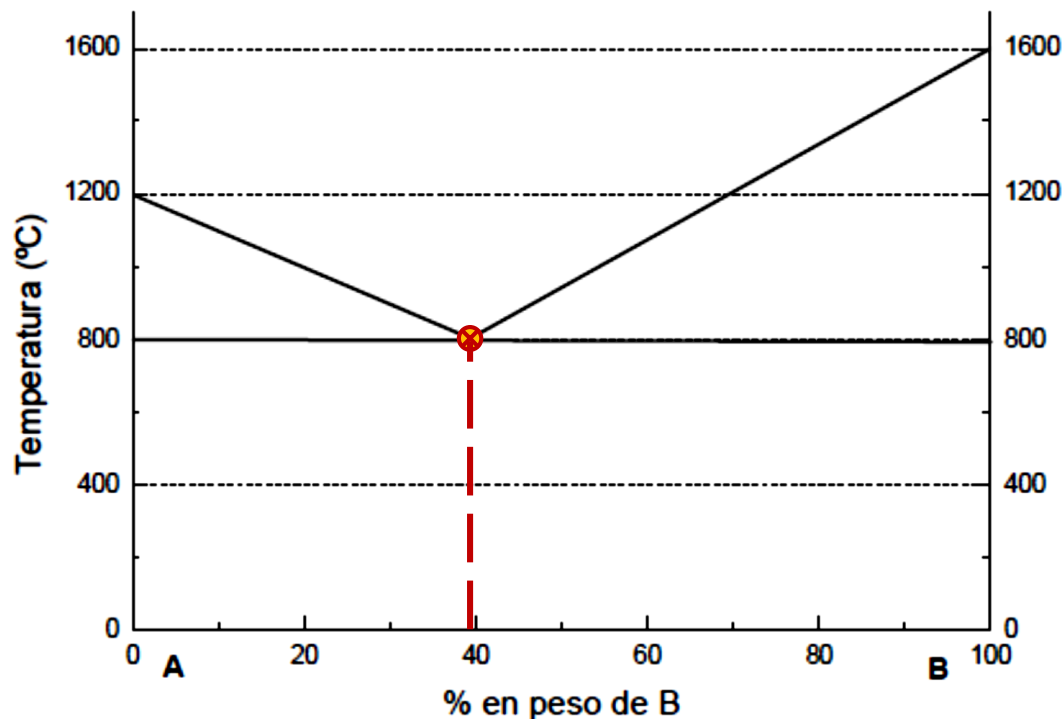
$$X = 3,125 \text{ kg} \quad [\text{Ni } 100\%]$$

$$6,875 \text{ kg} \quad [\text{Cu-20\%Ni}]$$

4. En la figura adjunta se representa el diagrama de fases de la aleación de los metales A-B.

a) Indica qué tipo de solubilidad tiene.

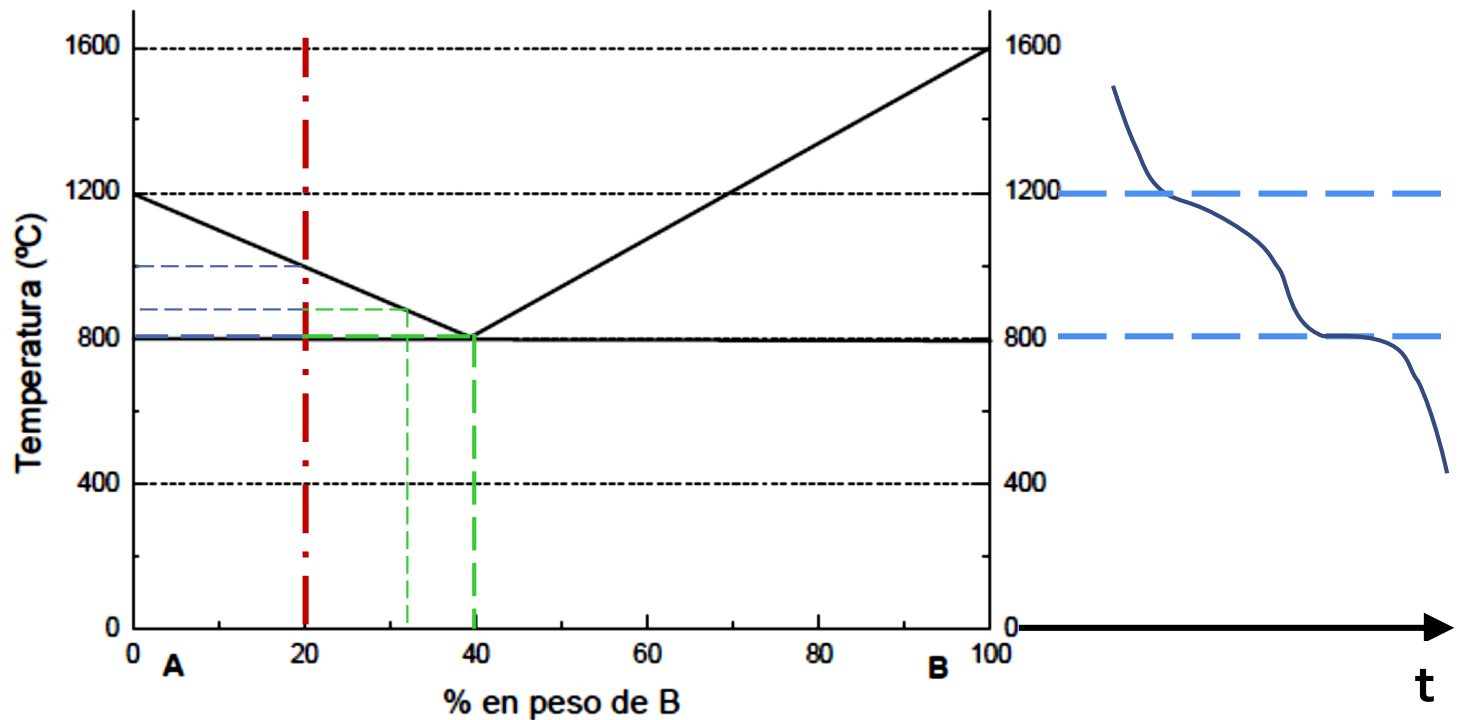
b) Determina la composición del eutéctico y la temperatura a la que solidifica.



c) Indica los diferentes estados por los que pasa al enfriar desde el estado líquido al sólido, las temperaturas a las que se produce el cambio y las composiciones de la fase líquida y sólida, en los siguientes casos:

c1) Metal A

c2) Aleación con 80% de A y 20% de B

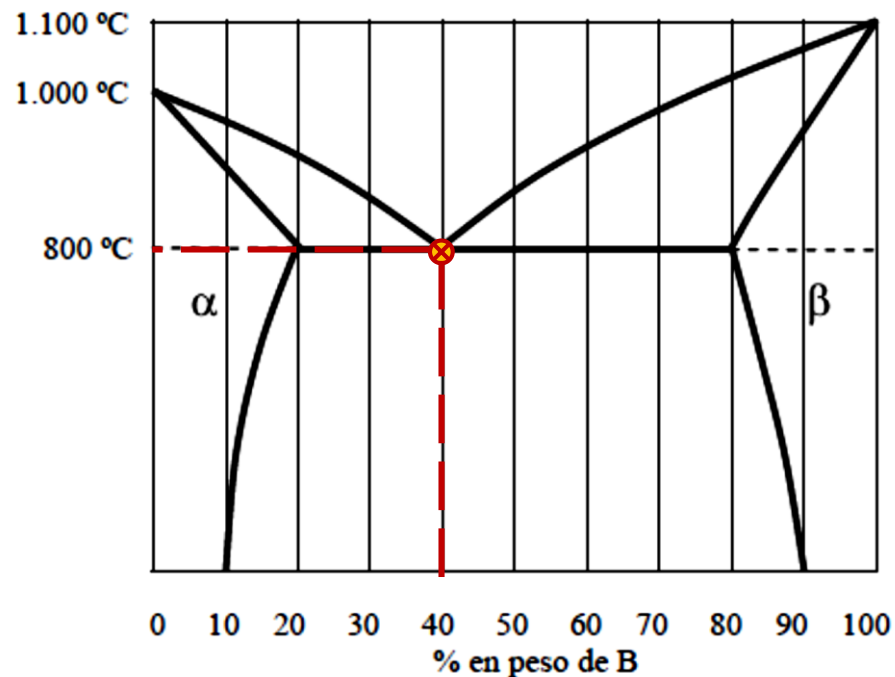


5. A partir del diagrama de equilibrio de fases de la aleación de los metales A y B que se muestra en la figura:

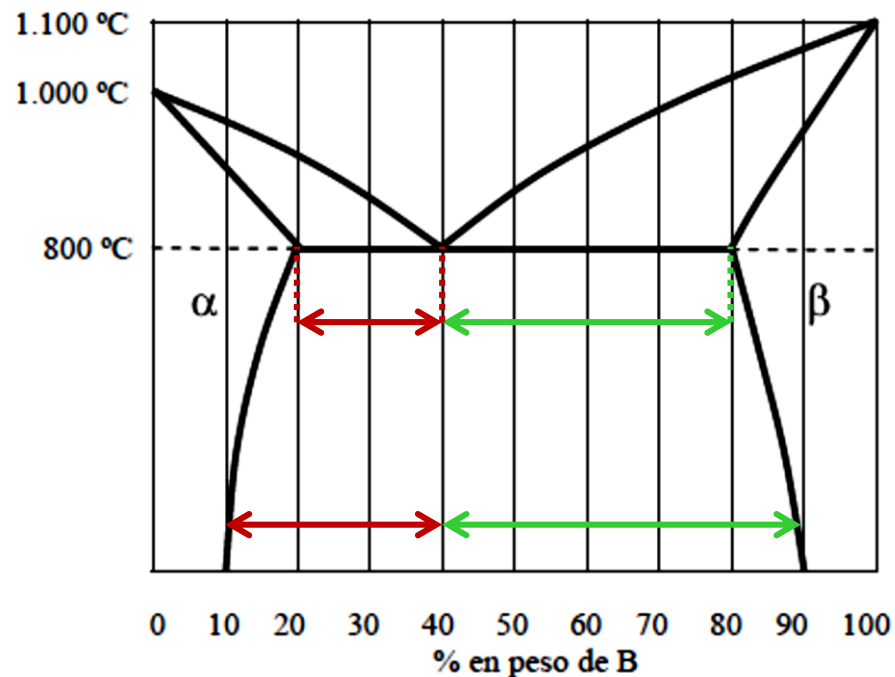
a) Indica qué tipo de solubilidad tiene.

b) Determina las temperaturas de solidificación de los metales puros A y B

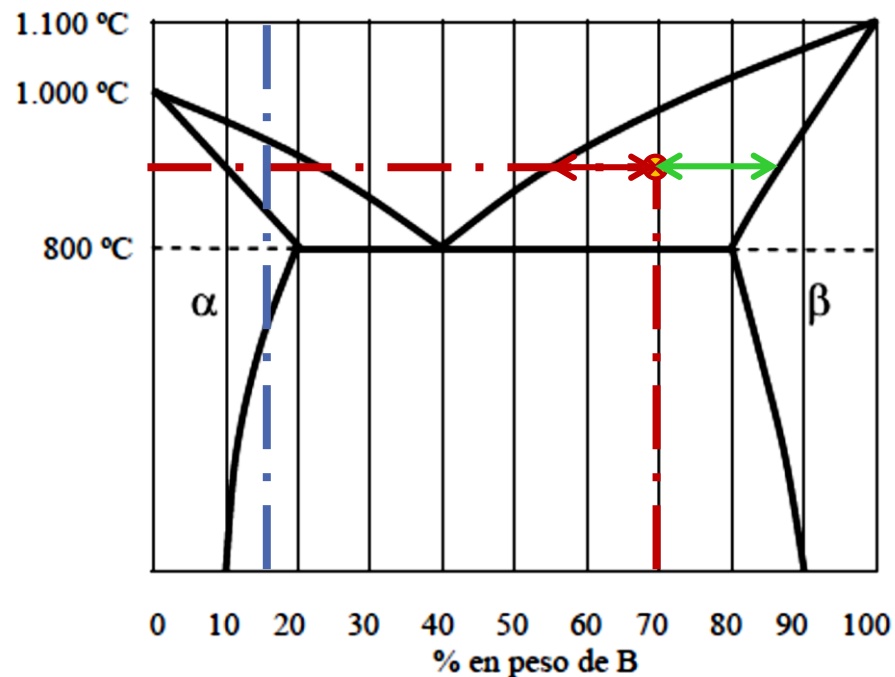
c) Determina la composición del eutéctico y temperatura de transformación eutéctica.



- d) Determina los porcentaje de las fases (α y β) de las que se compone el eutéctico a 800°C y a temperatura ambiente.
- e) ¿Qué son el sólido α y el sólido β ?
- f) Para una aleación con 70 % de B y 30 % de A, determinar el número de fases y proporción de las fases a una temperatura de 900°C .

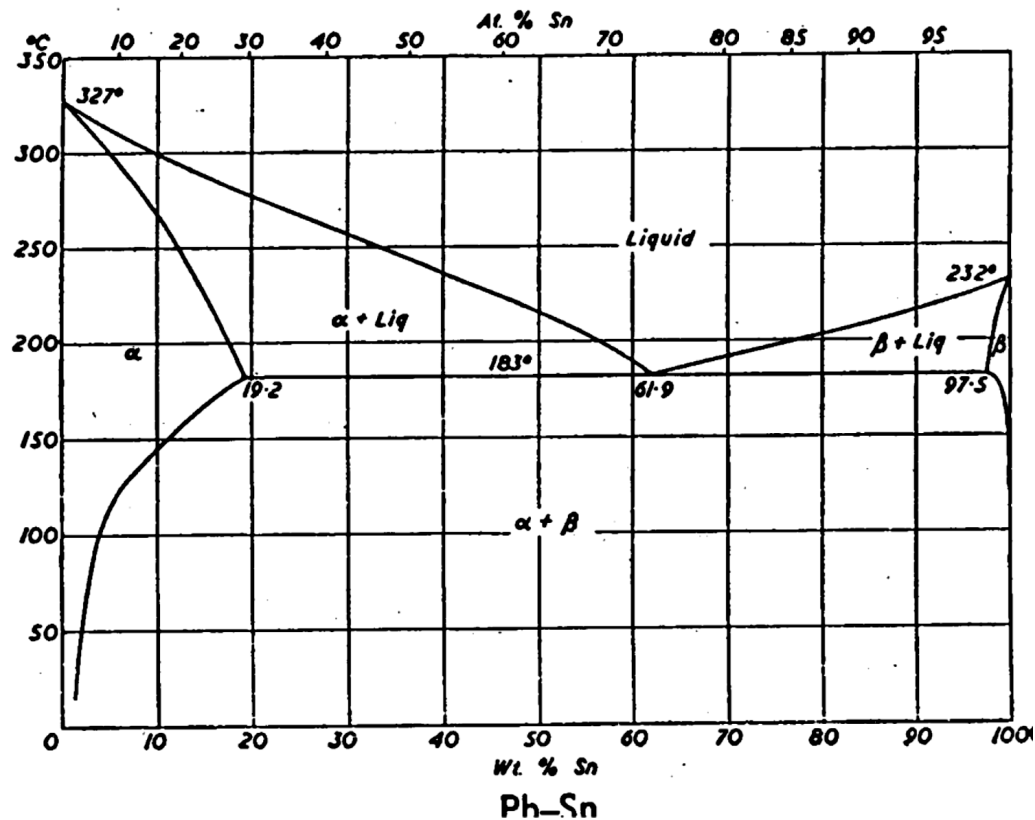


- d) Determina los porcentaje de las fases (α y β) de las que se compone el eutéctico a 800°C y a temperatura ambiente.
- e) ¿Qué son el sólido α y el sólido β ?
- f) Para una aleación con 70 % de B y 30 % de A, determinar el número de fases y proporción de las fases a una temperatura de 900°C .



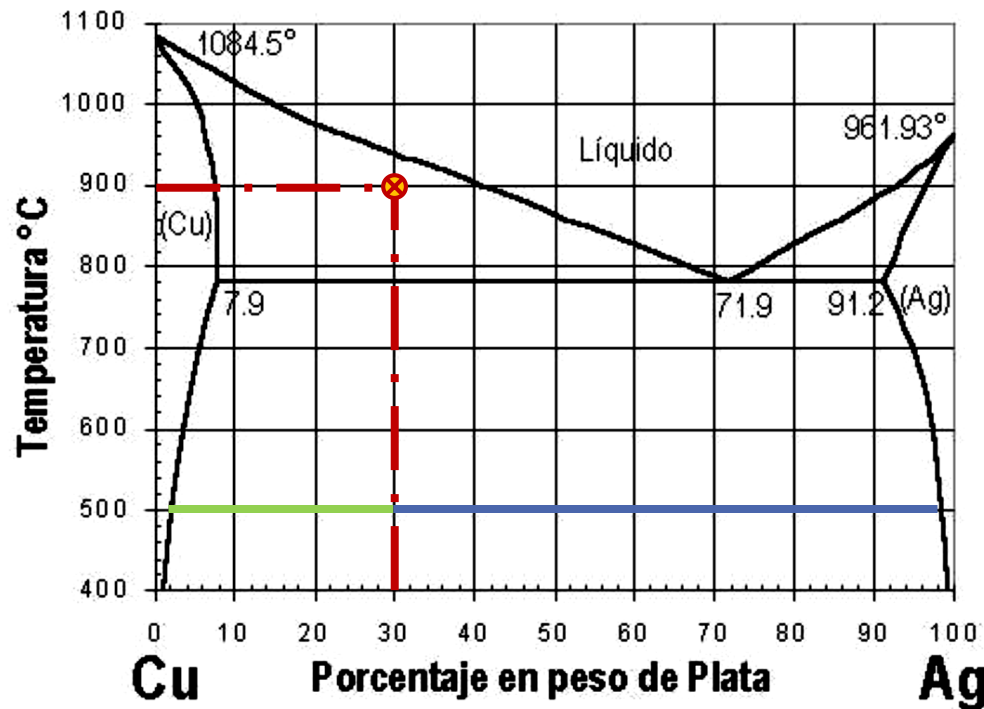
6. Determine

- la solubilidad del estaño en plomo sólido a 100 °C
 - la solubilidad máxima del plomo en el estaño sólido,
 - la cantidad de beta que se forma si se enfría a 0° C una aleación de Pb -10% Sn,
 - las masas de estaño contenido en las fases alfa y beta
 - la masa del plomo contenido en las fases Alfa y beta.
- Suponga que la masa total de la aleación de Pb -10% Sn es 100 g.



7. Sobre el diagrama de fases Cu-Ag, representado en la figura siguiente, determinar:

- El rango de aleaciones que sufrirán total o parcialmente, la transformación eutéctica.
- Para una aleación con el 30% de Ag, calcule las composiciones y proporción de fases presentes a 900°C y a 500°C.
- Para esa misma aleación, represente gráficamente la estructura que presenta a 500°C.



8. El metal A ($T_f = 960^\circ\text{C}$) y el metal B ($T_f = 1083^\circ\text{C}$), son completamente solubles en estado líquido. En estado sólido, la máxima solubilidad a 779°C , de B en A es del 9% y de A en B del 8% (% en peso); a la temperatura ambiente (20°C), la máxima solubilidad de B en A es del 4% y de A en B del 1,5% (igualmente en peso). Además, a 779°C , y para una concentración del 29% de B se produce una solidificación súbita. Se pide:

- a. Dibujar el diagrama de equilibrio.
- b. Porcentaje de fases, a 20°C , de la aleación con un 35 % de elemento B.
- c. Porcentaje de microconstituyentes a 20°C , para esa misma aleación del 35% de B.

9. Construir el diagrama de fases del sistema Plomo-Antimonio y completar las fases presentes en el mismo, de acuerdo con los siguientes datos:

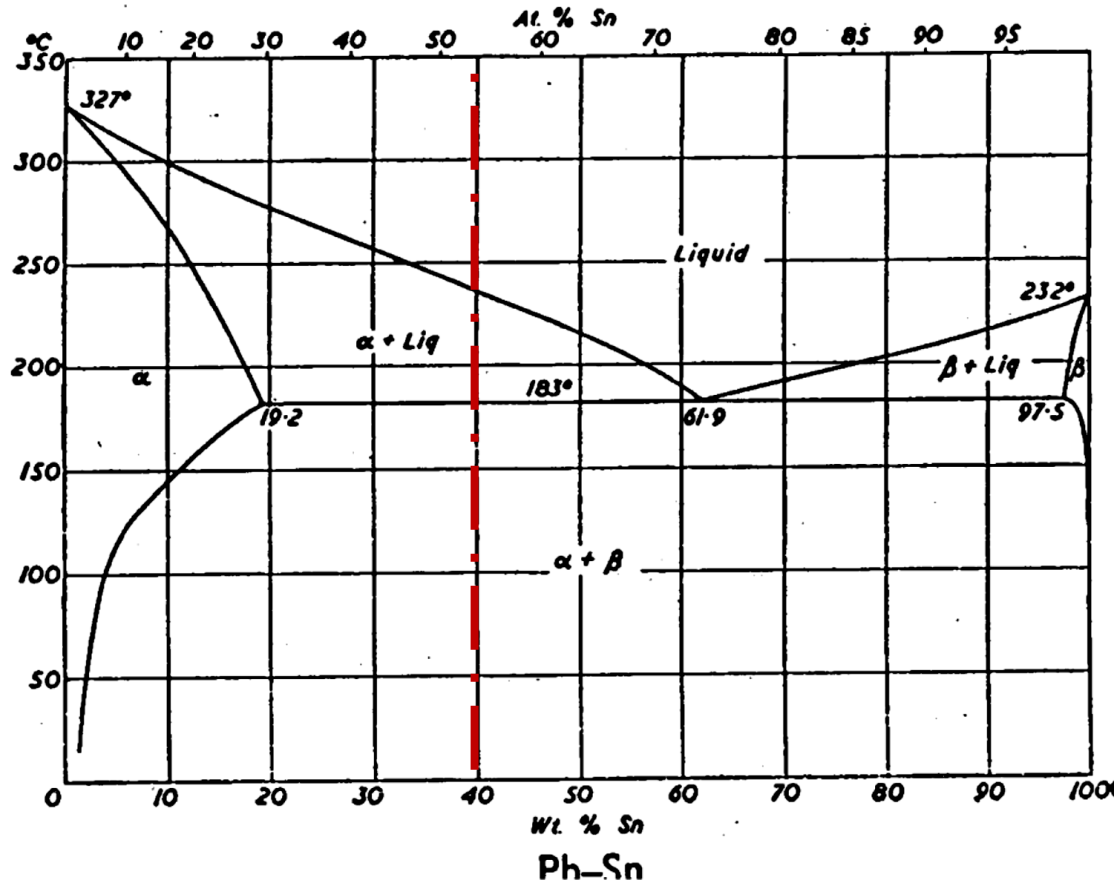
- Temperatura de fusión del plomo = 328°C
- Temperatura de fusión del antimonio = 631°C
- Composición eutéctica, 11 % de antimonio.
- Solubilidad del antimonio en plomo:
 - máxima de 4% a 252°C
 - nula a 25°C
- Solubilidad del plomo en antimonio:
 - máxima de 5% a 252°C
 - 2% a 25°C

10. Para la aleación 40% de Sn y 60% de Pb, determinar:

a) ¿A qué temperatura aparecerán los primeros cristales de sólido al enfriar lentamente el metal fundido?.

b) ¿A qué temperatura se solidificará completamente la aleación?.

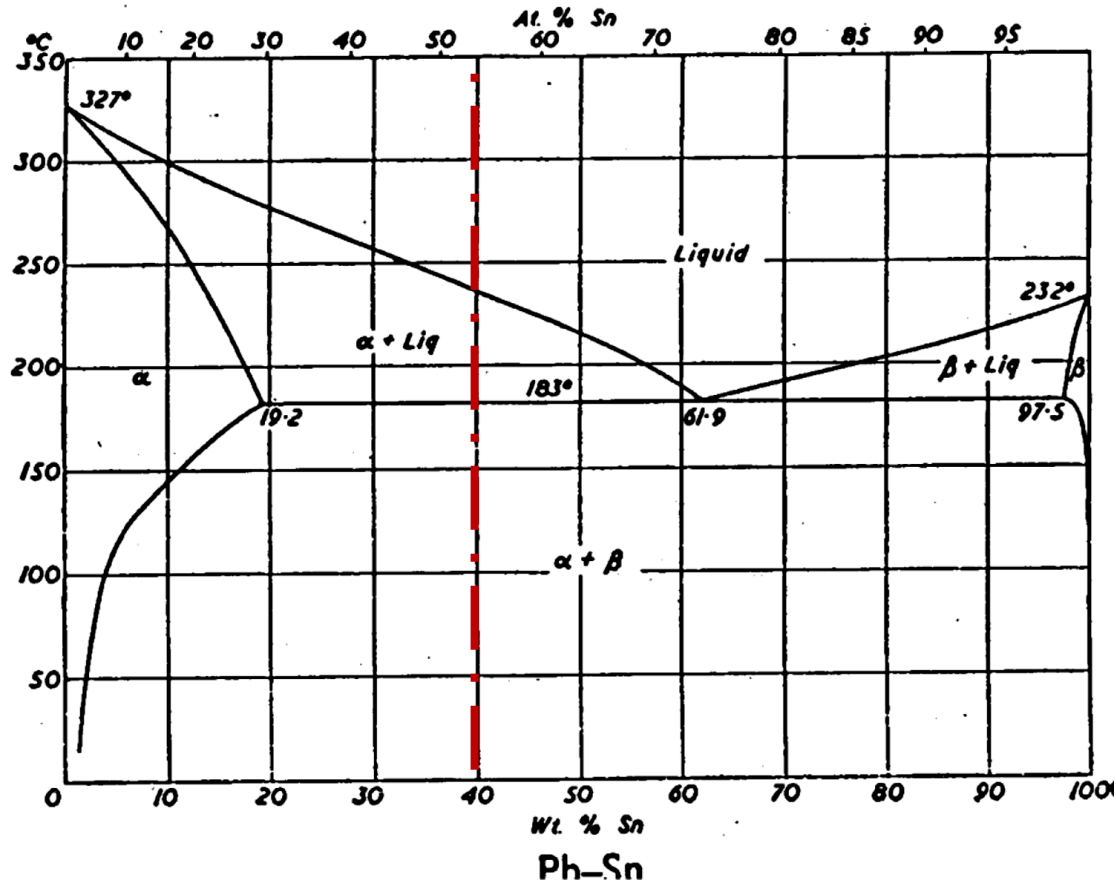
c) ¿Cuál será la composición de α y líquido respectivamente justo antes de que la aleación esté completamente sólida digamos a $183 + \Delta T$ °C?.



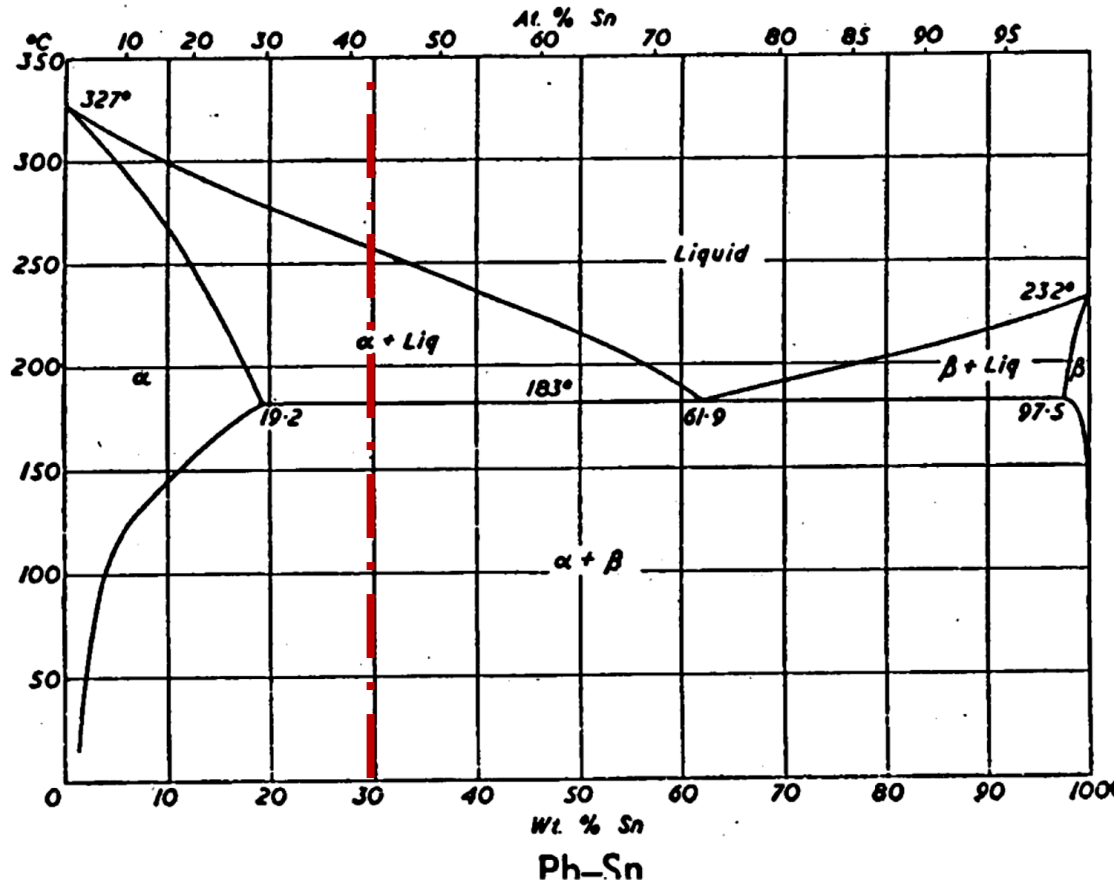
d) ¿Qué cantidad de líquido y alfa proeutéctico se presentan a $183^{\circ}\text{C} + \Delta T$?

e) ¿Qué cantidad de alfa se presentan en la estructura eutéctica a $183^{\circ}\text{C} - \Delta T$?

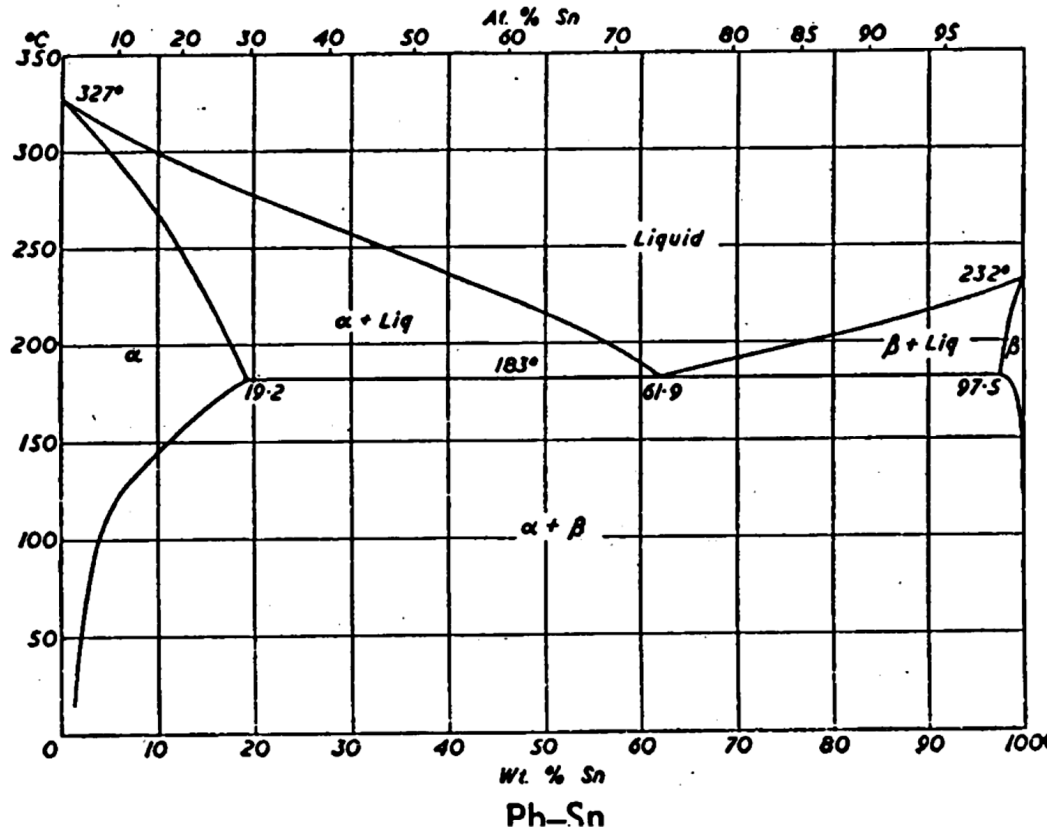
f) ¿Qué cantidad de beta se presentan en la estructura eutéctica a $183^{\circ}\text{C} - \Delta T$?



11. Un plomero introduce un crisol, con 12 kg de una aleación Pb - Sn con el 30 % en peso de Sn, en un horno eléctrico que alcanza una temperatura máxima de 183 °C. Cuando el horno llega a su temperatura máxima observa que una parte se ha fundido, pero por más tiempo que mantiene la aleación a esta temperatura, no consigue terminar de fundirla. Se pide, teniendo en cuenta el diagrama de fases que se adjunta:

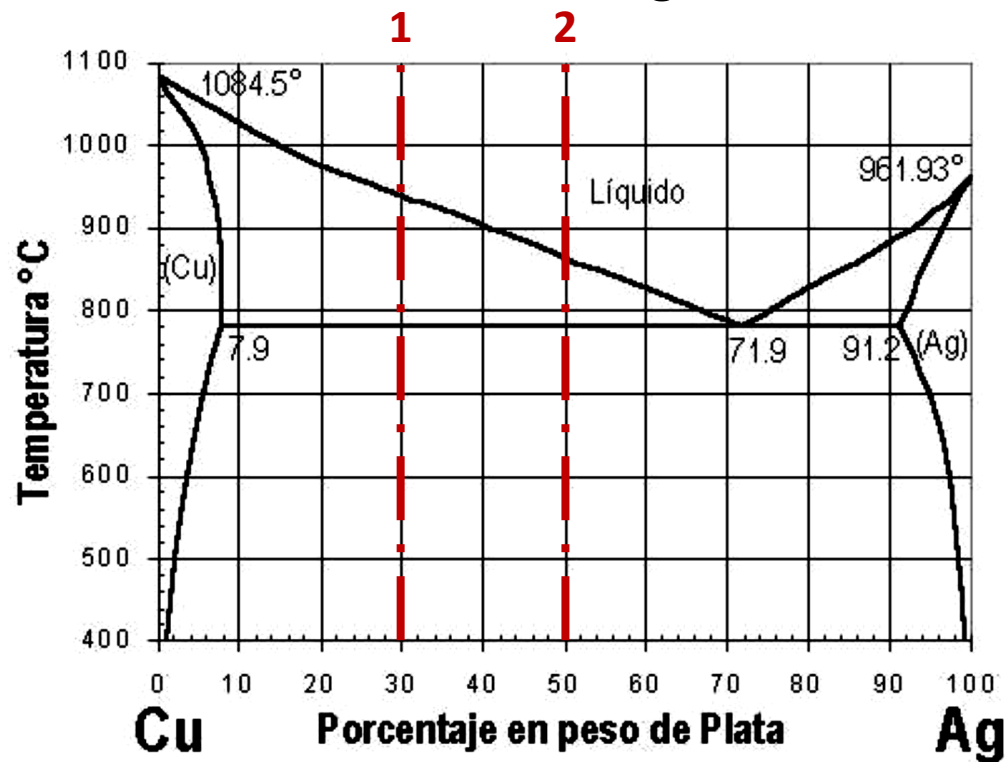


- a) ¿Qué cantidad máxima de líquido podrá obtener a la temperatura anterior?.
- b) ¿Hasta qué temperatura deberá llegar el horno para conseguir que toda la masa se funda?.
- c) Siguiendo las recomendaciones de su hijo, que estudia Tecnología en bachillerato, le añade al crisol Sn puro, consiguiendo que todo su contenido se funda a temperatura constante de 183 °C. ¿Qué masa de Sn ha tenido que añadir al crisol para conseguirlo?



12. Un platero dispone de dos lingotes de aleación cobre - plata. Uno de ellos contiene un 30 % de Ag y el otro un 50 % de Ag (porcentajes en masa). Ambos lingotes tienen una masa de 2 kg y se introducen en crisoles separados, en el interior de un horno que puede alcanzar, como máximo, una temperatura de 900 °C. Haciendo uso del diagrama de fases adjunto, razone:

a) ¿Pueden llegar a fundirse totalmente los lingotes?

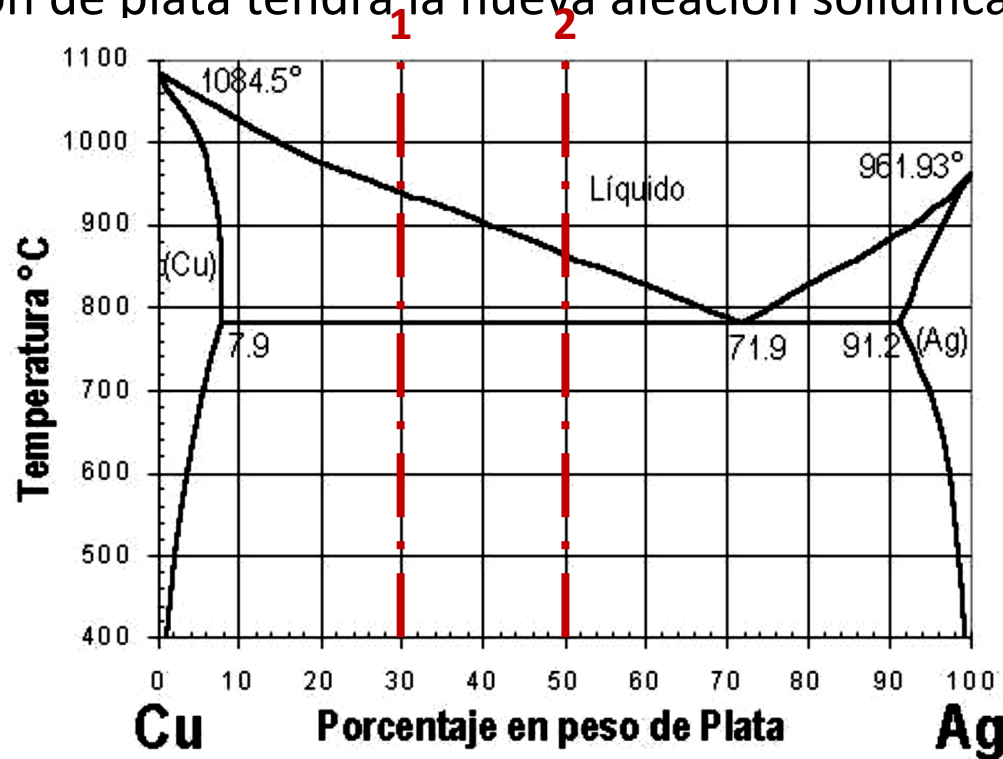


c) Cuando el indicador de temperatura del horno marque 800 °C. ¿qué masa de sólido quedará todavía por fundirse en cada crisol?

El platero busca una aleación de mayor ley (mayor porcentaje en plata). Para ello, extrae con una cazoleta una muestra de líquido de cualquiera de los crisoles y la deja enfriar hasta la temperatura ambiente.

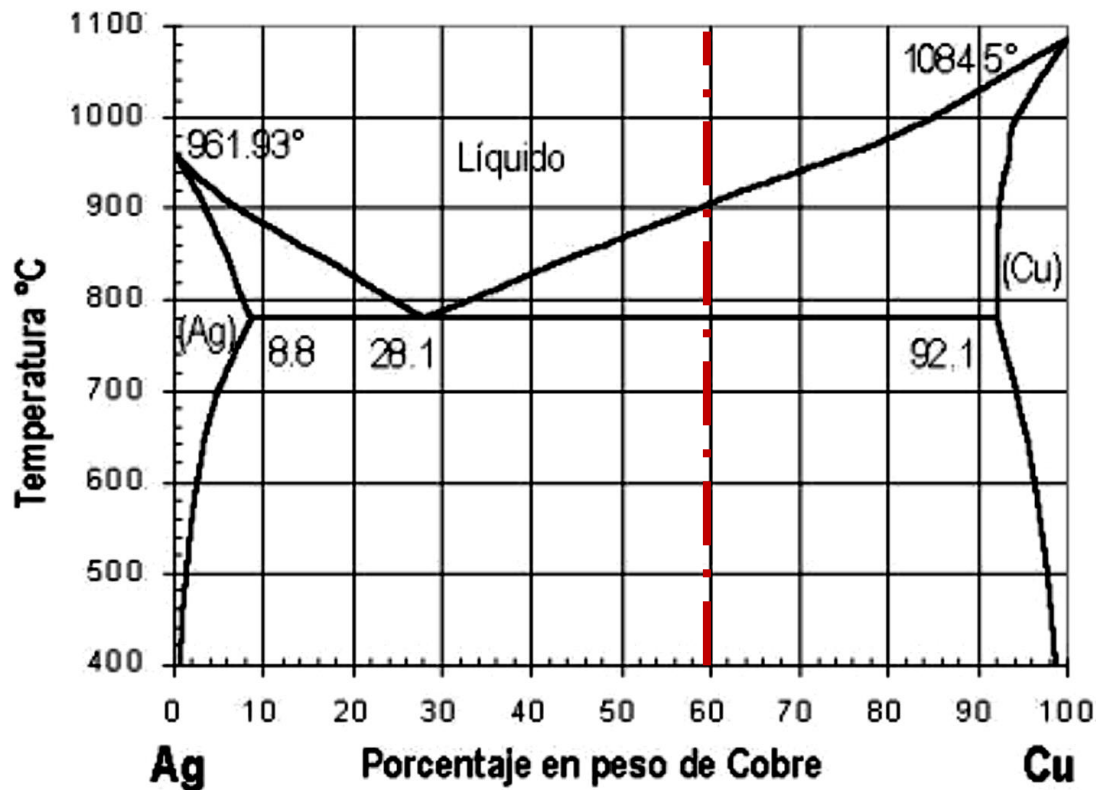
d) Diga a qué temperatura debería hacer la extracción del líquido del horno para que, al solidificar, tenga la máxima ley.

e) ¿Qué composición de plata tendrá la nueva aleación solidificada?



13. Si 500 g de una aleación de 60% en peso de Cu-40% de Ag se enfría lentamente desde 1000°C hasta 780°C:

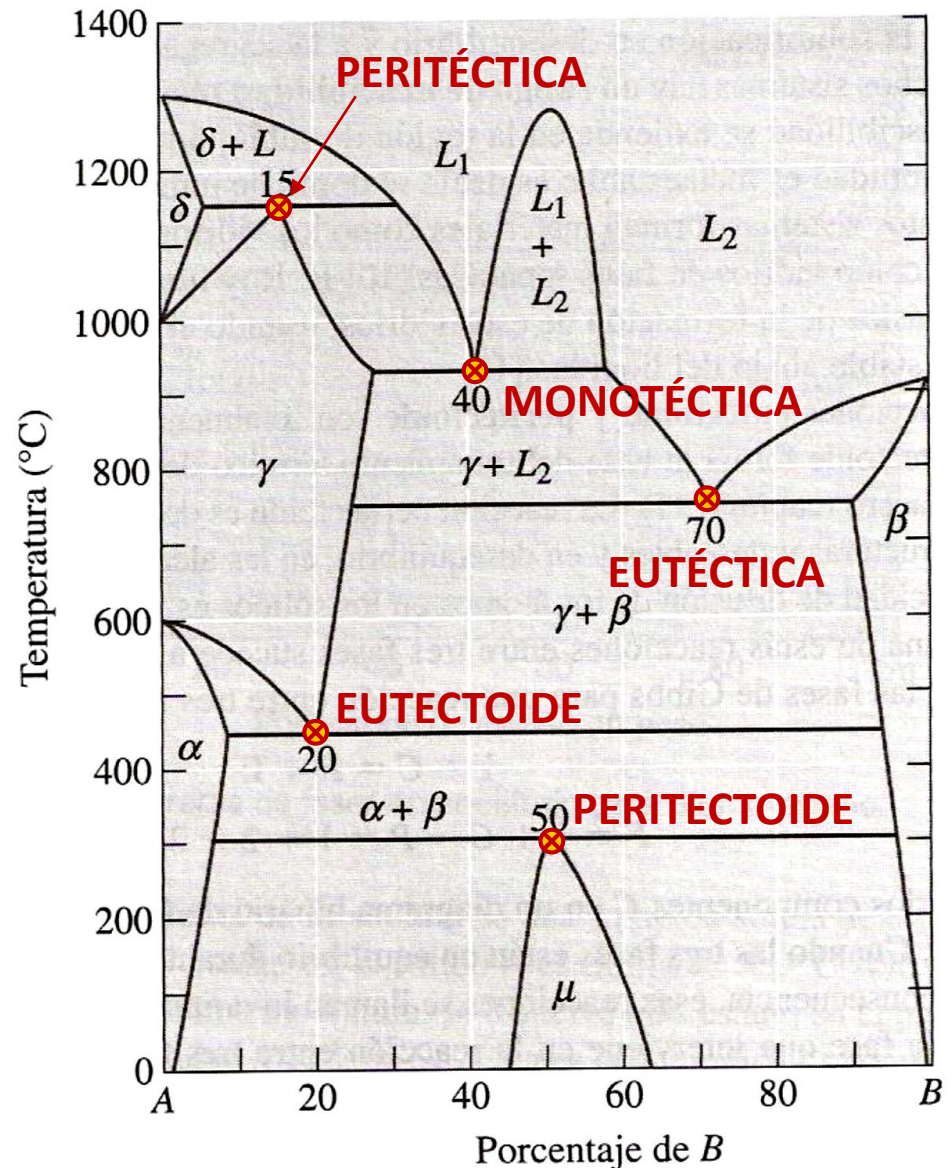
- ¿Cuántos gramos de líquido y beta proeutéctico se presentan a 850°C?
- ¿Cuántos gramos de líquido y beta proeutéctico se presentan a 780°C+ΔT?
- ¿Cuántos gramos de beta se presentan en la estructura eutéctica a 780°C- ΔT?
- ¿Cuántos gramos de alfa se presentan en la estructura eutéctica a 780°C- ΔT?



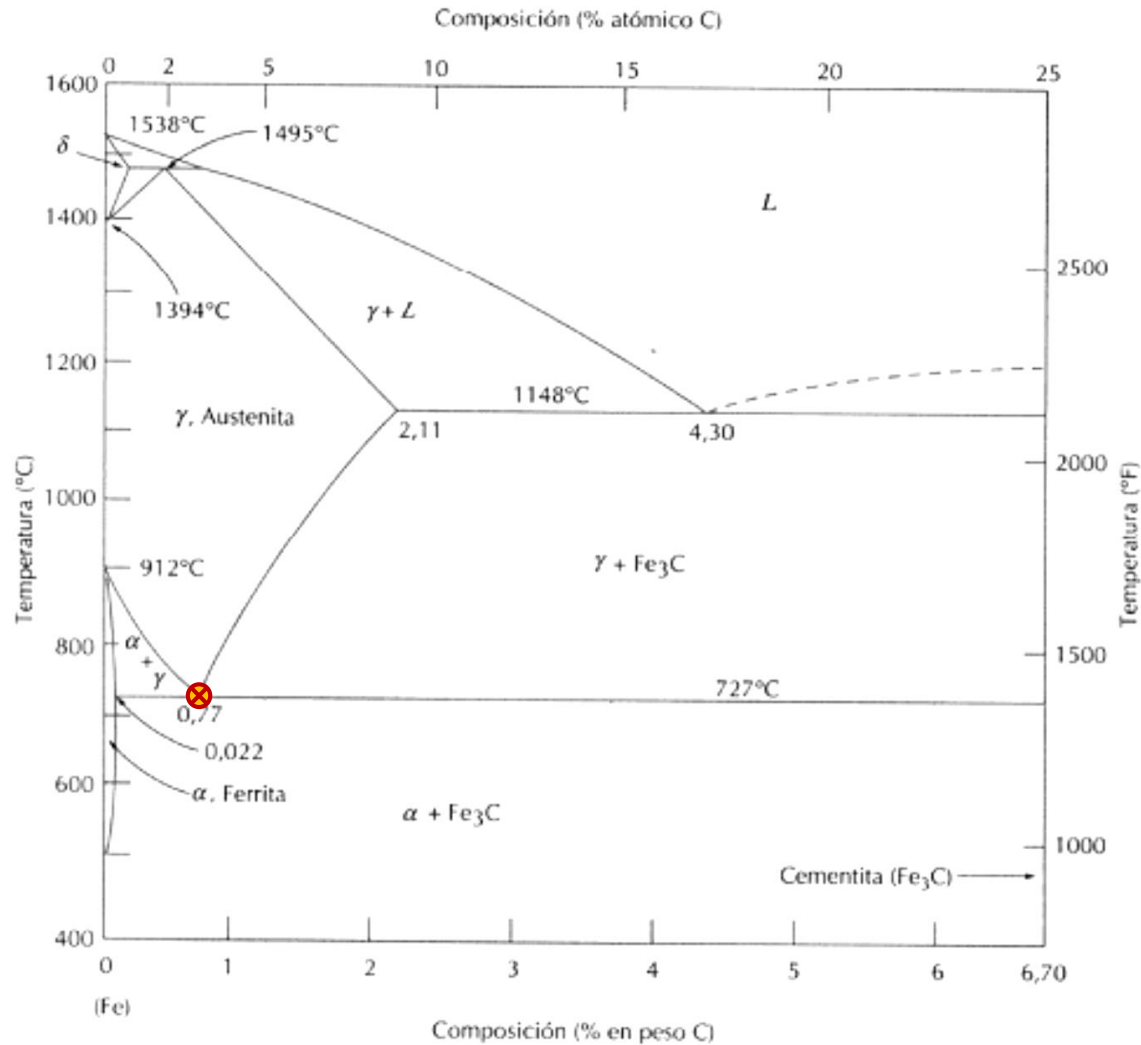
15. Identifique las reacciones invariantes de tres fases en el siguiente diagrama:

- Determine las coordenadas de composición y temperatura de las reacciones invariantes.
- Escriba las reacciones de las ecuaciones invariantes.
- Nombre de las reacciones invariantes

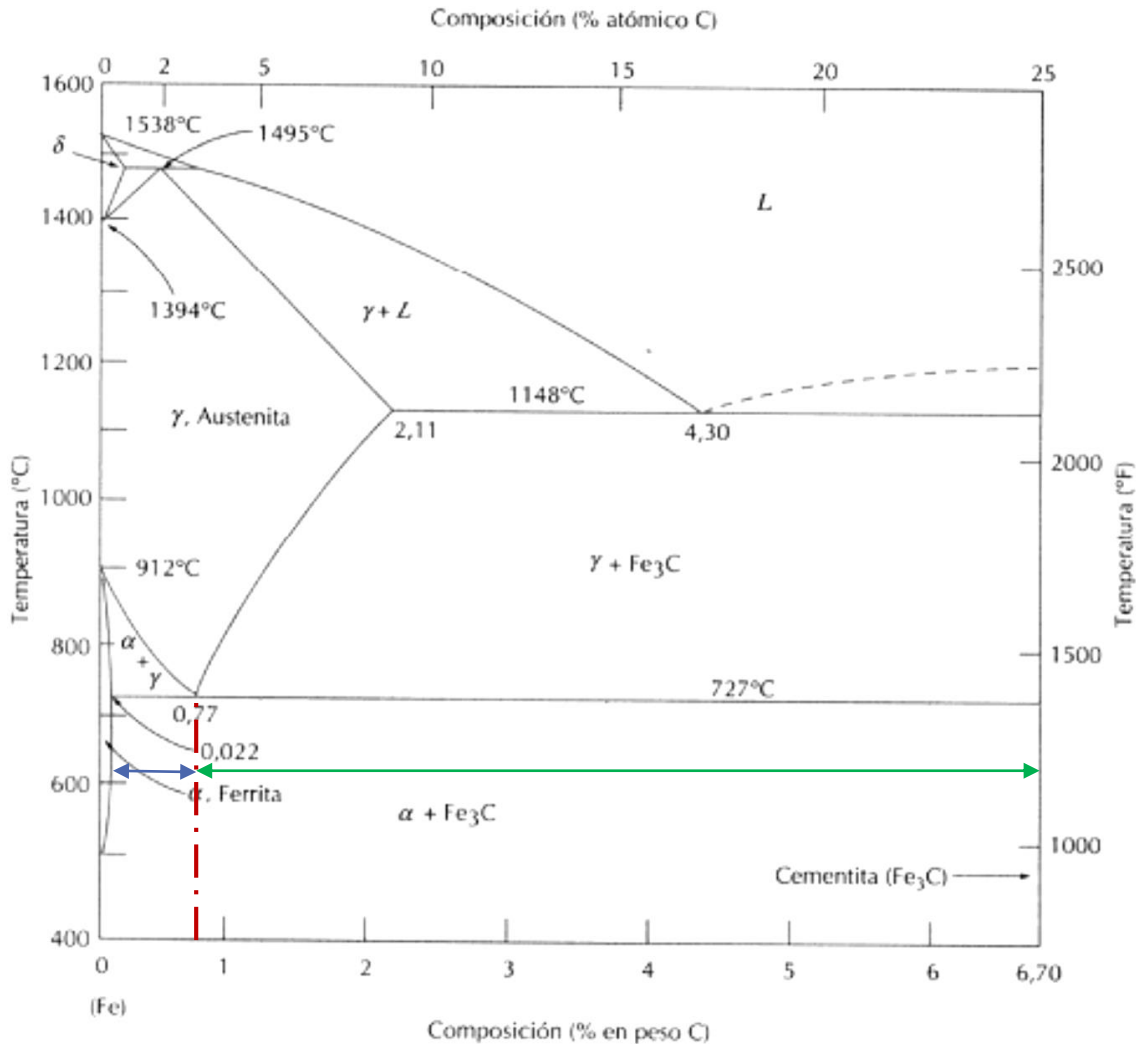
EUTÉCTICA : 70%B (750°C)
PERITÉCTICA : 15%B (1150°C)
EUTECTOIDE : 20%B (450°C)
PERITECTOIDE: 50%B (300°C)
MONOTECTICA: 40%B (910°C)



16. a) Describir los cambios estructurales que tienen lugar cuando un acero eutectoide se enfría lentamente desde la región austenítica justo por encima de la temperatura eutectoide.



b) Un acero eutectoide del 0,77% C se enfría lentamente desde 750 °C hasta una temperatura ligeramente inferior a 727°C. Calcular el porcentaje en peso de ferrita eutectoide y de cementita que se forma.



COMPOSICIÓN:

$$C_{\alpha} = 0,022 \%$$

$$C_0 = 0,77 \%$$

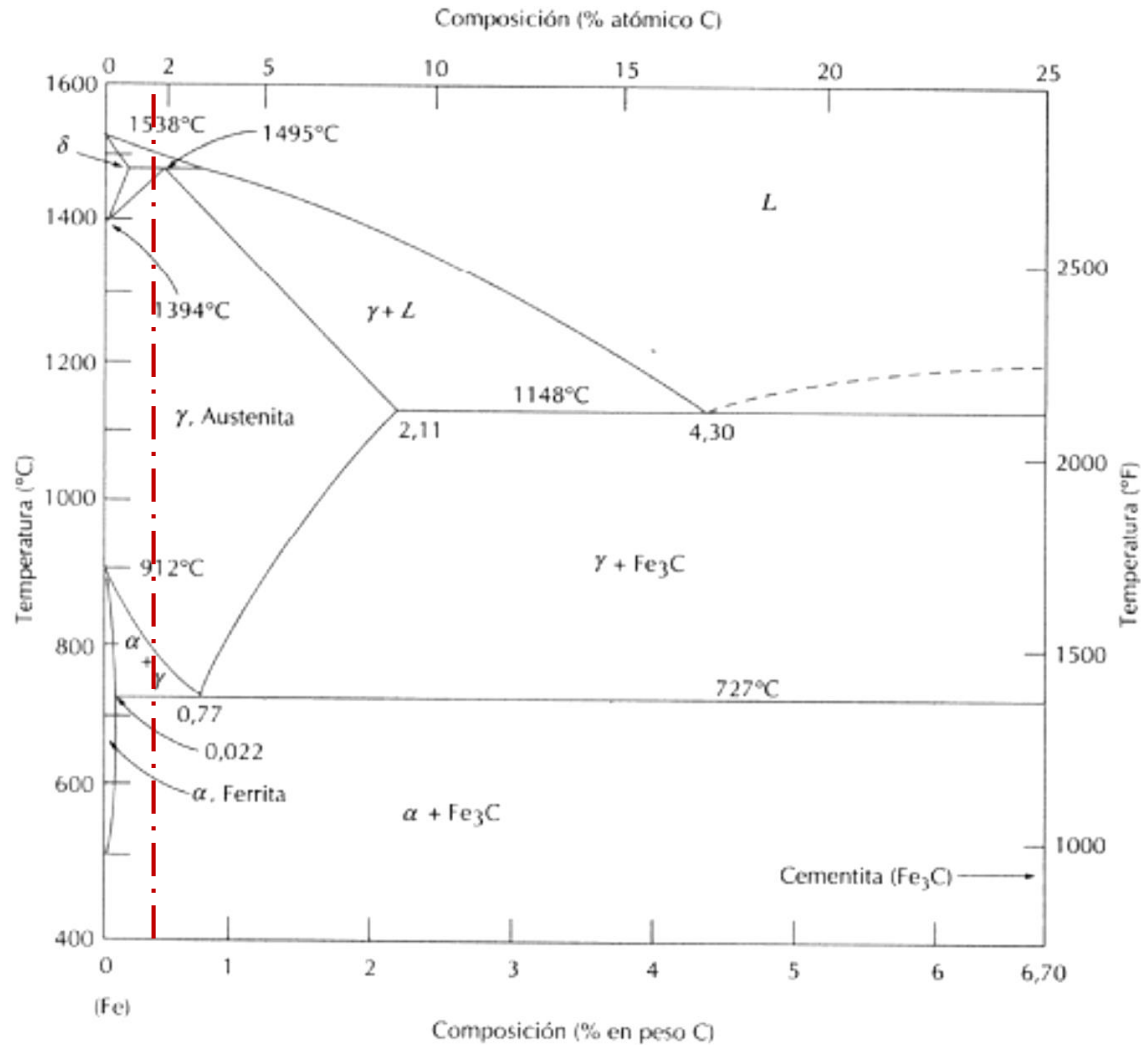
$$C_{Fe_3C} = 6,70 \%$$

CONTENIDO (%):

$$\alpha = \frac{6,70 - 0,77}{6,70 - 0,022} = 0,888$$

$$P = \frac{0,77 - 0,022}{6,70 - 0,022} = 0,112$$

17. a) Describir los cambios estructurales que tienen lugar cuando un acero al carbono de 0,4%C (hipoeutectoide) se enfría lentamente desde la región austenítica justo por encima de la temperatura de transformación superior.



b) Un acero al carbono hipoeutectoide del 0,4%C se enfría lentamente desde aproximadamente 900°C. Realizar un análisis de fases en los siguientes puntos:

b.1) 900 °C

100% Austenita

b.2) 727°C+ΔT

$$\alpha = \frac{0,77 - 0,40}{0,77 - 0,022} = 49,5\%$$

$$P = \frac{0,40 - 0,022}{0,77 - 0,022} = 50,5\%$$

b.3) 727°C-ΔT

$$\alpha = \frac{6,7 - 0,40}{6,7 - 0,022} = 94,3\%$$

$$Fe_3C = \frac{0,40 - 0,022}{6,7 - 0,022} = 5,7\%$$

