

## PROBLEMAS RESUELTOS

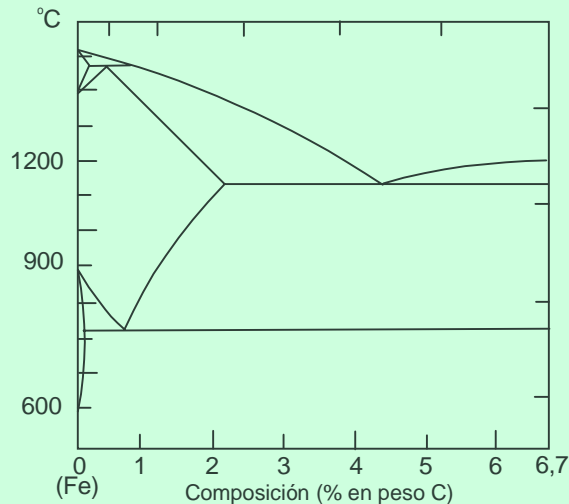
### Problema 1

Del diagrama Fe-C que se adjunta, se pueden extraer los siguientes datos:

- A 960 °C el carbono puede disolverse en la austenita hasta un 1,5%.
- A 600 °C el carbono puede disolverse en la ferrita hasta un 0,067%.

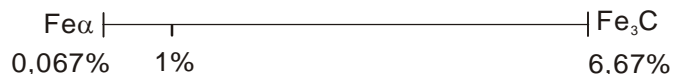
Se desea saber las fases presentes y su composición:

- a) En una aleación con un 1 % de Carbono, a las temperaturas de 600 y 960 °C.
- b) En una aleación con el 2% de carbono, a la temperatura de 960 °C.



*(Selectividad andaluza septiembre-99)*

- a. En la aleación con un 1 % de Carbono, a las temperaturas de 600 y 960 °C, nos encontramos con Hierro  $\alpha$  (Ferrita) y Cementita  $Fe_3C$  (punto a<sub>1</sub>).



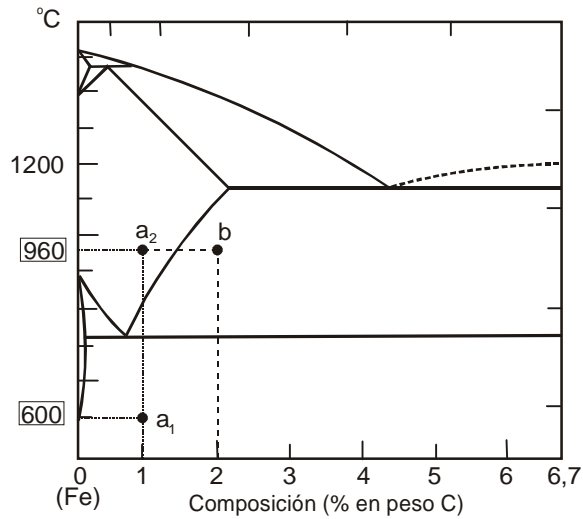
A 600 °C:

$$\% Fe\alpha = \frac{6,67 - 1}{6,67 - 0,067} \cdot 100 = 85,87\%$$

$$\% Fe_3C = \frac{1 - 0,067}{6,67 - 0,067} \cdot 100 = 14,13\%$$

A 960 °C: nos encontramos con el 100% de Austenita pura (punto a<sub>2</sub>).

10 *Problemas y Cuestiones de Tecnología Industrial*



- b.** En la aleación con el 2% de carbono, a la temperatura de 960 °C, nos encontramos con Austenita y Cementita (punto b).

$$\% \text{ Austenita} = \frac{6,67 - 2}{6,67 - 1,5} \cdot 100 = 90,33 \%$$

$$\% \text{ Cementita} = \frac{2 - 1,5}{6,67 - 1,5} \cdot 100 = 9,67 \%$$

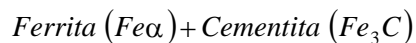
*Problema 2*

Una fundición ferrítica con 3% de C se encuentra en equilibrio a la temperatura ambiente. Se sabe que la solubilidad de C en el Fe<sub>α</sub> a la temperatura ambiente es de 0,008%. Determine:

- Fases presentes en su composición.
- Cantidades relativas de cada una.

(Propuesto Andalucía 96/97)

- a.** Para una concentración del 3% de C y a temperatura ambiente nos encontramos con las fases

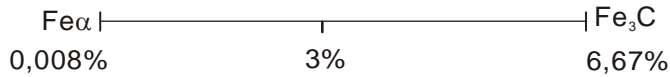


- b.** Denominando por  $W_{(\text{Fe}\alpha)}$  y  $W_{(\text{Fe}_3\text{C})}$  a las concentraciones relativas de Ferrita y Cementita respectivamente, siendo sus disoluciones de Carbono a temperatura ambiente de

$$\text{Para la Ferrita (Fe}\alpha\text{)} \Rightarrow 0,008 \%$$

$$\text{Para la Cementita (Fe}_3\text{C)} \Rightarrow 6,67 \%$$

obtenemos las concentraciones aplicando la regla de la palanca



$$W_{(Fe\alpha)} = \frac{6,67 - 3}{6,67 - 0,008} = 0,55 \Rightarrow 55\%$$

$$W_{(Fe_3C)} = 1 - 0,55 = 0,45 \Rightarrow 45\%$$

**Problema 3**

Dibuje un diagrama de equilibrio entre dos componentes cualesquiera, A y B, solubles completamente en estado sólido, que solidifiquen, en su estado puro, a las temperaturas de 1000 y 1300 °C, respectivamente.

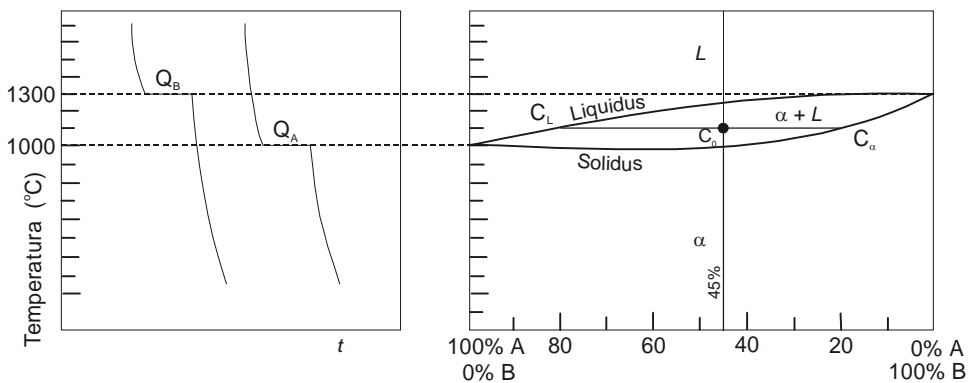
En la región bifásica sitúe un punto a la composición del 45 % del componente A y a la temperatura de 1100 °C.

Se pide:

- a) Identifique las fases presentes en dicho punto.
- b) Determine la composición de las mismas.
- c) Razone su grado de libertad o varianza del sistema, en la zona donde se ha situado el punto anteriormente citado.

(Propuesto Andalucía 97/98)

En la gráfica de la izquierda se observan las curvas de enfriamiento de los dos componentes en función del tiempo. Si los consideramos puros, las curvas de enfriamiento tendrán una forma similar a la indicada en la gráfica, donde los trazos horizontales de cada una de ellas representan los cambios de estado, que se producen a temperatura constante.



En la gráfica de la derecha se observa el diagrama de fases para los componentes A y B, obtenido a partir de la gráfica de enfriamiento.

12 *Problemas y Cuestiones de Tecnología Industrial*

- a. En dicho punto nos encontramos presentes las fases de **Sólido + Líquido**.
- b. Denominando por  $W_\alpha$  y  $W_L$  a las composiciones de las fases sólida y líquida respectivamente.

$$\% W_\alpha = \frac{C_L - C_o}{C_L - C_\alpha} \cdot 100 \Rightarrow W_\alpha = \frac{80 - 45}{80 - 20} \cdot 100 = 58,3\%$$

$$\% W_L = \frac{C_o - C_\alpha}{C_L - C_\alpha} \cdot 100 \Rightarrow W_L = 100 - 58,3 = 41,7\%$$

c.

$$\text{Siendo } f + N = C + 2 \quad \left| \begin{array}{l} f = \text{fases} = 2 \Rightarrow L + \alpha \\ N = \text{Grados de libertad} \\ C = \text{Componentes} = 2 \text{ (A y B)} \end{array} \right.$$

$$N = C + 2 - f = 2 + 2 - 2 = 2$$

Se pueden cambiar la composición  $C$  y la temperatura  $T$  sin romper el equilibrio.

*Problema 4*

Un fabricante de maquinaria dispone de dos aleaciones férreas con un contenido del 0,8% y del 3,5% en peso de carbono y el resto de hierro. Se pide:

- a) Indicar qué tipo de aleación industrial es cada una de ellas.
- b) Si tuviera que elegir una de las dos para fabricar un eje de una máquina, ¿cuál de ellas escogería y por qué?
- c) Si la aleación del 3,5% de carbono se funde y se deja enfriar muy lentamente en un molde hasta la temperatura ambiente, decir cómo se encuentra el carbono en la aleación y qué fases aparecerán en la estructura a la temperatura ambiente.

(Selectividad andaluza)

- a. Según las concentraciones en carbono las aleaciones se denominan

Acero eutectoide (*Perlita*)  $\Rightarrow$  0,8% C

Fundición hipoeutéctica  $\Rightarrow$  3,5% C

- b. Para el eje de la máquina elegiríamos la *fundición hipoeutéctica* por tener mayor resistencia al desgaste y, en general, mejores propiedades mecánicas.
- c. Después del enfriamiento, hasta temperatura ambiente, aparecen las fases

*Perlita + Cementita*

El Carbono se encuentra en forma de grafito con estructura perlítica.

**Problema 5**

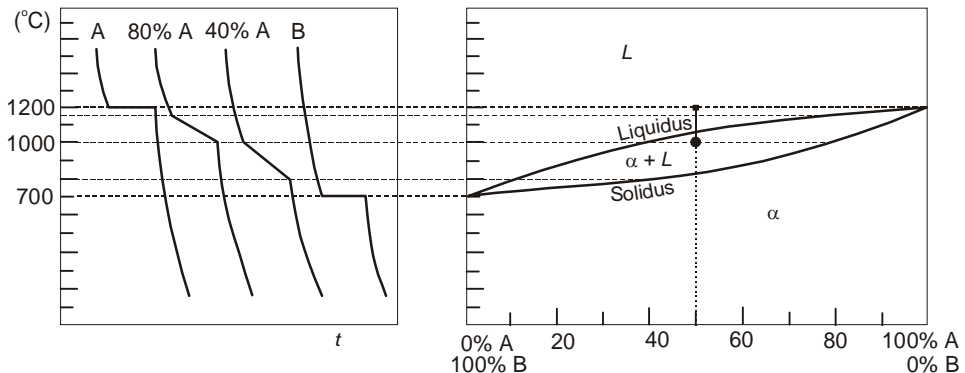
Dos metales A y B, son totalmente solubles en estado líquido y en estado sólido. Solidifican a 1200 y 700 °C, respectivamente. Se sabe que una aleación, con el 80 % de A, es totalmente líquida por encima de 1150 °C y sólida por debajo de 1000 °C. Así mismo, otra aleación con el 40 % de A, es totalmente líquida por encima de 1000 °C y sólida por debajo de 800 °C. Se pide:

- a) Dibuje el diagrama de equilibrio indicando las fases presentes en cada una de sus zonas.
- b) Analice lo que ocurre en el enfriamiento de una aleación del 50 % de A, desde 1200 °C hasta la temperatura ambiente.
- c) Para la aleación anterior y la temperatura de 1000 °C, ¿existe más de una fase? Si la respuesta es afirmativa, ¿qué porcentaje hay de cada una?

(Propuesto Andalucía 98/99)

a. Dibujamos, en la gráfica de la izquierda, las curvas de enfriamiento de los dos componentes puros y las de las aleaciones indicadas, en función del tiempo. Los dos metales puros tienen cambios de estado a temperatura constante, sin embargo, las aleaciones, que son las dos curvas centrales, cambian de estado con variación de temperatura.

En la gráfica de la derecha hemos dibujado el diagrama de fases para la solución según las concentraciones de los componentes y proyectando sobre los ejes los puntos de máximas concentraciones correspondientes a las temperatura de cambios de estado.



b. Por encima de 1050 °C encontramos una fase totalmente líquida.

Por debajo de 1050 °C y hasta 850 °C la aleación solidifica.

Por debajo de 850 °C la fase es totalmente sólida.

c. A la temperatura de 1000 °C y para la aleación anterior existen dos fases  $L + \alpha$ .

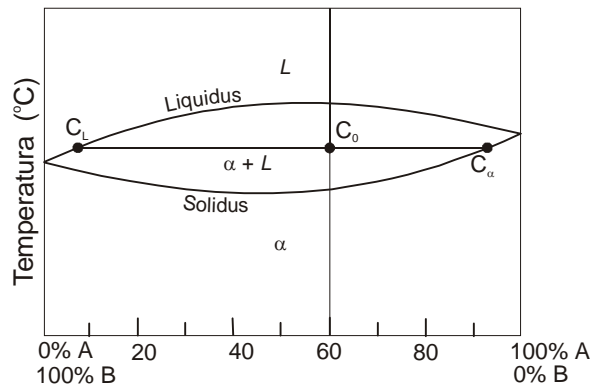
$$W_L = \frac{80 - 50}{80 - 40} = \frac{30}{40} = 0,75 \Rightarrow 75\%$$

$$W_\alpha = \frac{50 - 40}{80 - 40} = \frac{10}{40} = 0,25 \Rightarrow 25\%$$

**Problema 6**

Una hipotética aleación, de composición 60 % de A y 40 % de B, está a una temperatura en la que coexisten una fase sólida alfa y otra líquida. Si las fracciones másicas de ambas son 0,66 y 0,34, respectivamente, y la fase alfa contiene un 13 % del componente B y un 87 % del A. Determine la composición de la fase líquida a dicha temperatura.

(Propuesto Andalucía 96/97)



Si denominamos

$C_L$  a la concentración de la fase líquida

$C_{LA}$  a la concentración de la fase líquida con un porcentaje (%) de A

$C_{LB}$  a la concentración de la fase líquida con un porcentaje (%) de B

e igualmente en la fase sólida  $C_{\alpha}$ ,  $C_{\alpha A}$  y  $C_{\alpha B}$

la fase sólida en función de las concentraciones  $W_{\alpha} = \frac{C_0 - C_L}{C_{\alpha} - C_L}$

por lo que en función del componente A  $W_{\alpha A} = \frac{C_0 - C_{LA}}{C_{\alpha A} - C_{LA}}$

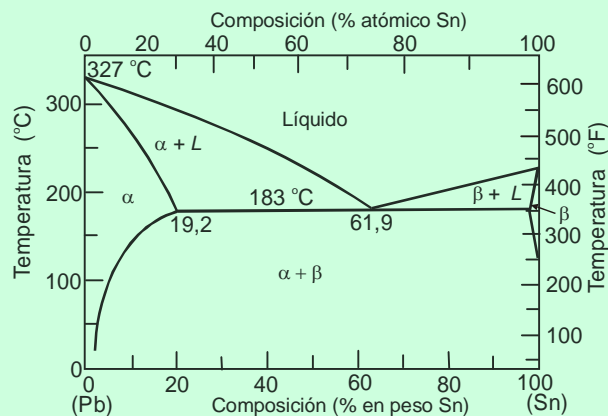
$$0,66 = \frac{0,6 - C_{LA}}{0,87 - C_{LA}} \Rightarrow C_{LA} = 7,58 \% \text{ de A}$$

$$C_{LB} = 100 - 7,58 = 92,42 \% \text{ de B}$$

## Problema 7

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:

- ¿Qué cantidad máxima de líquido podrá obtener a la temperatura anterior?.
- ¿Hasta qué temperatura deberá llegar el horno para conseguir que toda la masa se funda?.
- 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?



(Propuesto Andalucía 97/98)

- a.** El porcentaje de fase líquida

$$W_L = \frac{30 - 19}{61,9 - 19} = 0,256 \Rightarrow W_L = 25,6\%$$

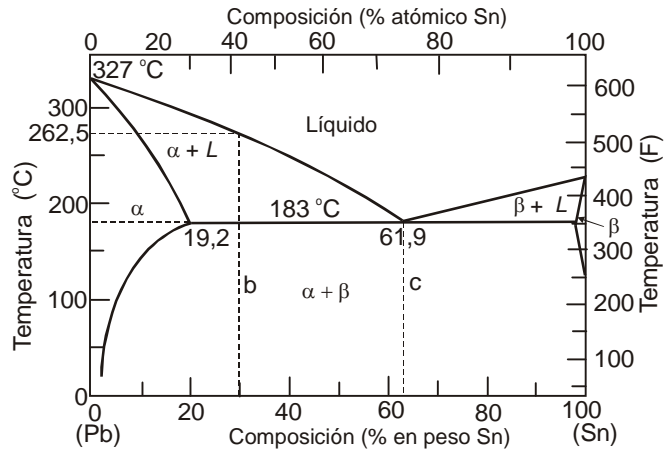
y los kilogramos de líquido serán

$$12 \cdot \frac{25,6}{100} = 3,07 \text{ kg}$$

- b.** Según se indica en el diagrama que sigue, la temperatura que debe alcanzar la aleación debe ser de 262,5°C.

16 *Problemas y Cuestiones de Tecnología Industrial*

- c. La temperatura más baja a la que fundirá una aleación Pb-Sn será la eutéctica, es decir, 183 °C que deberá tener una proporción de estaño de 61,9 %. Se deberá, por lo tanto, añadir estaño hasta alcanzar dicha proporción.



Del 30 % de estaño, en los 12 kg de aleación, resultan  $0,3 \cdot 12 = 3,6$  kg (Sn).

Del 70 % de plomo, en los 12 kg de aleación, resultan  $0,7 \cdot 12 = 8,4$  kg (Pb).

Si al total de la aleación le restamos el porcentaje de estaño necesario para fundir, nos resultará el porcentaje total de plomo necesario

$$100 - 61,9 = 38,1 \text{ \% de plomo}$$

$$\% Pb = \frac{M_{Pb}}{M_{Total}} \cdot 100 \Rightarrow 38,1 = \frac{8,4}{M_{Total}} \cdot 100 \Rightarrow M_T = 22 \text{ kg}$$

$$\% Sn = \frac{M_{Sn}}{M_{Total}} \cdot 100 \Rightarrow M_{Sn} = \frac{\% Sn \cdot M_{Total}}{100} = \frac{61,9 \cdot 22}{100} = 13,6 \text{ kg}$$

$$\text{kg de Sn} = 13,6 \text{ kg}$$

Necesitamos, por lo tanto, un total de 13,6 kg de estaño para que la nueva aleación funda a la temperatura de 183 °C. Si, inicialmente, la aleación contenía 3,6 kg de Sn, necesitaremos añadirle otros **10 kg** de Sn.

Dispondremos ahora de una masa total de

$$13,6 \text{ kg de Sn} + 8,4 \text{ kg de Pb} = 22 \text{ kg}$$



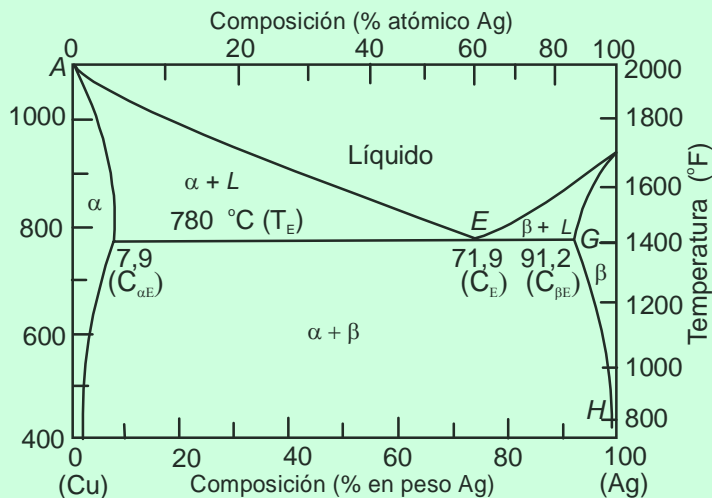
## Problema 8

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:

- ¿Pueden llegar a fundirse totalmente los lingotes?
- ¿Qué cantidad máxima de líquido obtendría en ambos crisoles?.
- 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.

- Diga a qué temperatura debería hacer la extracción del líquido del horno para que, al solidificar, tenga la máxima ley.
- ¿Qué composición de plata tendrá la nueva aleación solidificada?



(Propuesto Andalucía 98-99)

**a.** El lingote con 30% de Ag no fundirá, según vemos en el punto **a** del diagrama.

El lingote con 50% de Ag fundirá, según vemos en el punto **b**, del diagrama.

**b.** En el lingote con un 30% de Ag

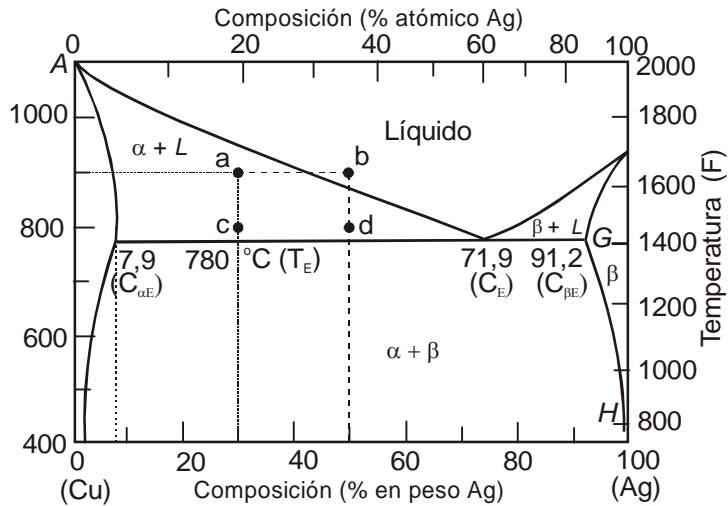
$$m_L(\%) = \frac{30 - 8}{45 - 8} \cdot 100 = 59,46\%$$

18 *Problemas y Cuestiones de Tecnología Industrial*

equivalente a una masa de

$$2 \text{ kg} \cdot \frac{59,46}{100} = 1,19 \text{ kg}$$

En el lingote con un 50% de Ag, toda la masa es líquida e igual a 2 kg.



**c.** En el lingote con un 30% de Ag (punto **c**)

$$m_{\alpha} (\%) = \frac{70 - 30}{70 - 8} \cdot 100 = 64,52 \%$$

que equivale a una masa

$$m_{\alpha} = 0,6452 \cdot 2 \text{ kg} = 1,3 \text{ kg}$$

En el lingote con un 50% de Ag (punto **d**)

$$m_{\alpha} (\%) = \frac{70 - 50}{70 - 8} \cdot 100 = 32,26 \%$$

que equivale a una masa

$$m_{\alpha} = 0,3226 \cdot 2 = 0,65 \text{ kg}$$

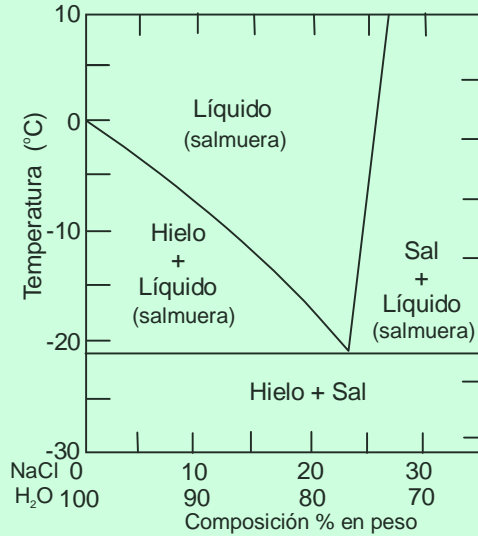
**d.** La extracción debe realizarse a 780°C, temperatura eutéctica.

**e.** En el punto eutéctico la composición en plata es del 71,9%.

**Problema 9**

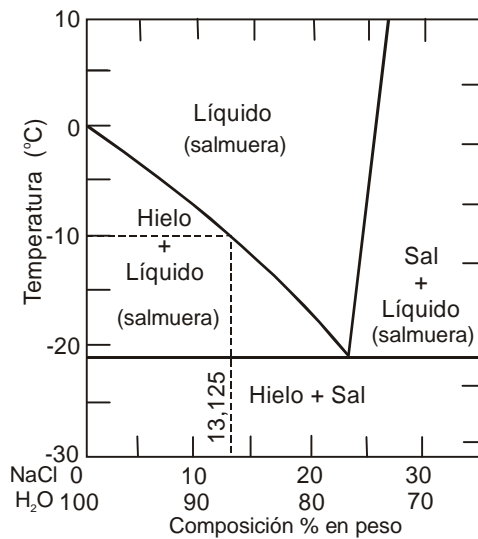
En un puerto de montaña cuya temperatura ambiente es de  $-10^{\circ}\text{C}$ , el servicio de mantenimiento de carreteras arroja sal sobre ellas para conseguir fundir el hielo. Se desea saber, con la ayuda del diagrama de fases adjunto:

- a) ¿Qué cantidad relativa, o porcentaje en peso de sal (NaCl) mínimo, deberá tener la mezcla para conseguir que todo el hielo se funda?
- b) Con un camión de 1000 kg de sal ¿qué cantidad de hielo se puede llegar a fundir a dicha temperatura?



(Selectividad andaluza septiembre 98)

- a. En el diagrama, a  $-10^{\circ}\text{C}$ , le correspondería una cantidad relativa de sal del 13,125%.



20 *Problemas y Cuestiones de Tecnología Industrial*

b. Si la masa de sal que añadimos es de 1000 kg, debe cumplirse que

$$m_{total} \cdot \frac{13,125}{100} = 1000 \text{ kg}$$

$$\frac{13,125}{100} = \frac{1000}{m_{total}} \Rightarrow m_{total} = 7619 \text{ kg}$$

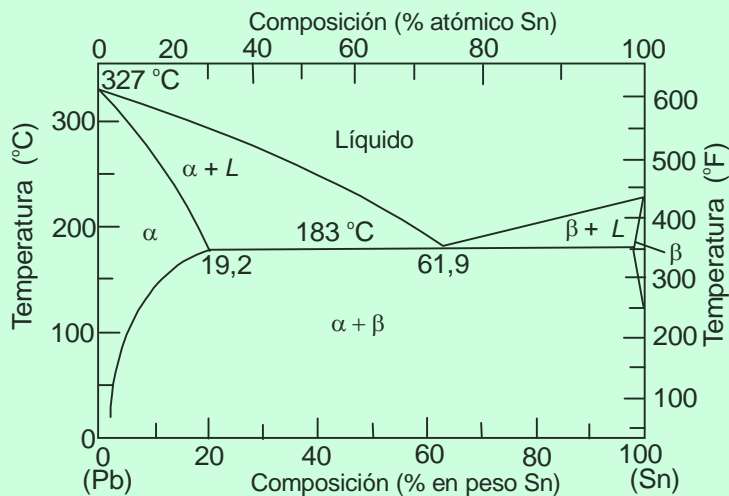
Luego la cantidad de hielo que podremos fundir con estos 1000 kg de sal, será

$$m_{hielo} = m_{total} - m_{sal} = 7619 - 1000 = 6619 \text{ kg}$$

*Problema 10*

En el diagrama de equilibrio adjunto, diga qué fases están presentes, a las temperaturas indicadas, en cada una de las aleaciones siguientes:

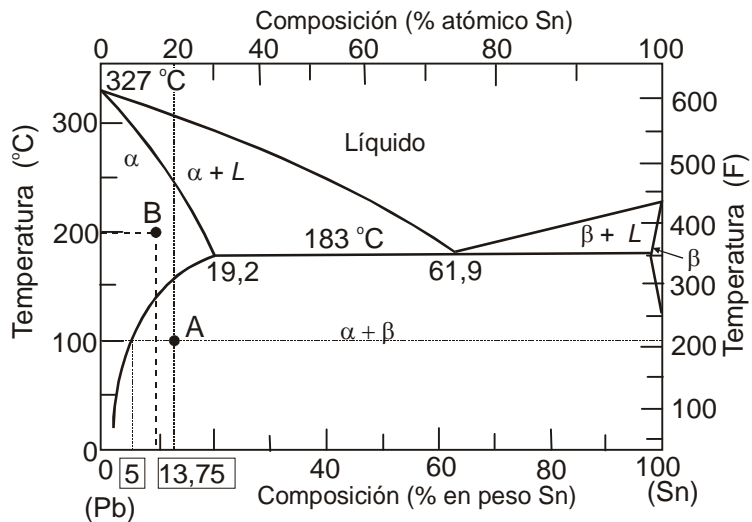
- 20% Sn – 80% Pb, a 100°C (% atómico).
- 1,25 kg de Sn y 14 kg de Pb, a 200°C.
- De esas mismas aleaciones determine las composiciones y las cantidades relativas de cada una de las fases presentes.



(Selectividad Andaluza junio-99)

a. El punto A corresponde a 20% Sn – 80% Pb, a 100°C (% atómico). En él nos encontramos dos fases:

sólido  $\alpha$  + sólido  $\beta$



**b.** La masa total será

$$m_t = 1,25 + 14 = 15,25 \text{ kg}$$

El contenido en Sn es

$$\frac{15,25}{1,25} = \frac{100}{\% \text{ Sn}} \Rightarrow \% \text{ Sn} = 8,2\%$$

Luego en el punto B nos encontramos con una sola fase formada por sólido  $\alpha$ .

**c.** En el punto A

$$m_\alpha = \frac{100 - 13,75}{100 - 5} = 0,9078 \Rightarrow 90,78\%$$

$$m_\beta = \frac{13,75 - 5}{100 - 5} = 0,0921 \Rightarrow 9,21\%$$

En el punto B

Toda la masa de 15,25 kg es sólida.

Esta página está intencionadamente en blanco