

NF1: Introducció a la ciència de materials

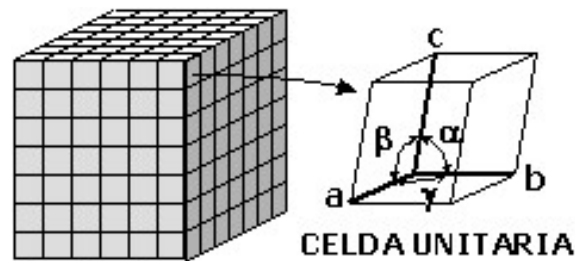
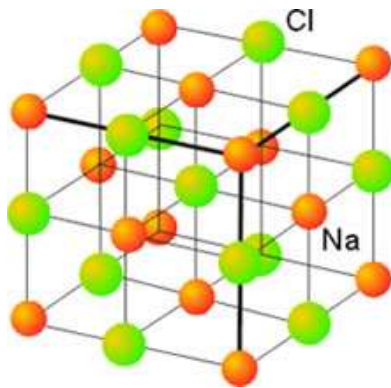
3. Estructura dels materials.

3.3 Sòlids cristal·lins i amorfs

► Estructures cristal·lines:

La seva estructura és ordenada, formen xarxes, presenten propietats molt definides els seus punts de fusió estan molt definits, ...

Els sòlids cristal·lins es generen a partir de una cel·la unitat. Una cel·la unitat és la menor distribució d'àtoms, ions o molècules que repetida en totes les direccions de l'espai genera un cristall complet



NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.3 Sòlids cristal·lins i amorfs

► Estructures cristal·lines:

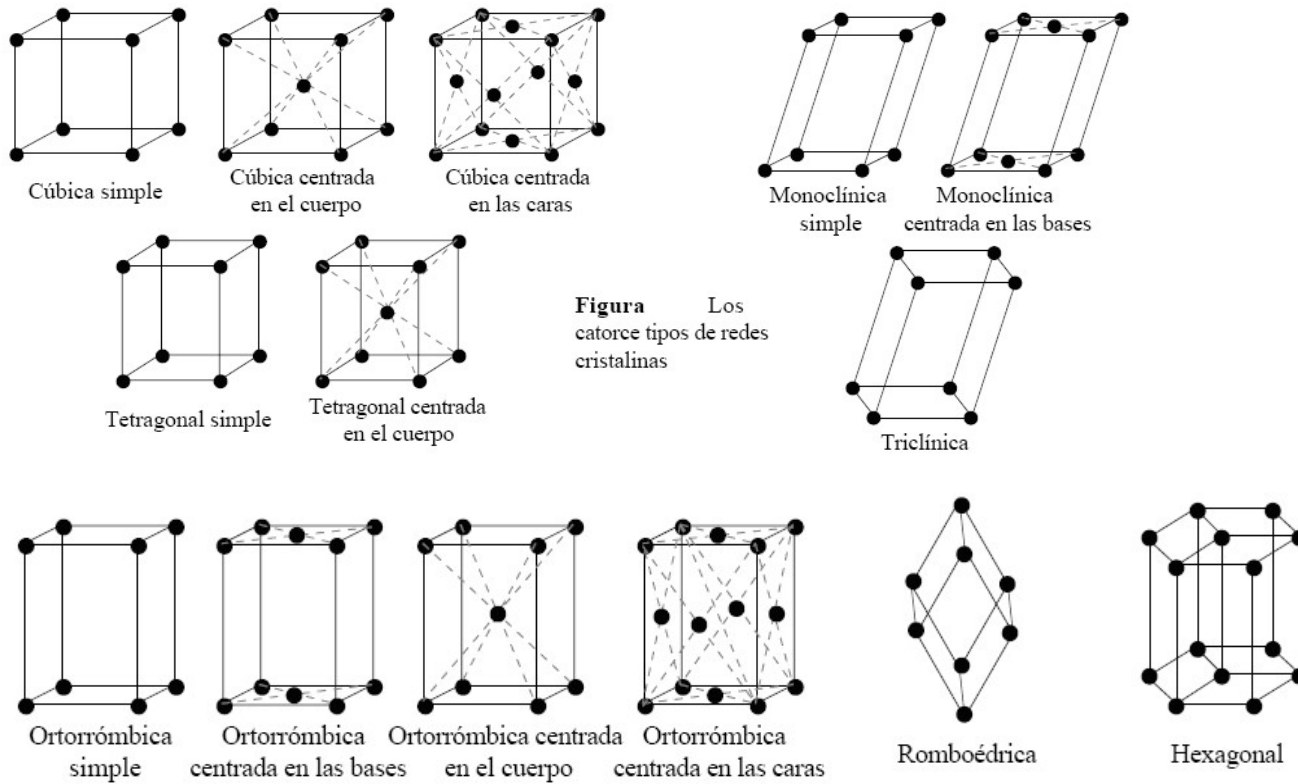


Figura Los catorce tipos de redes cristalinas

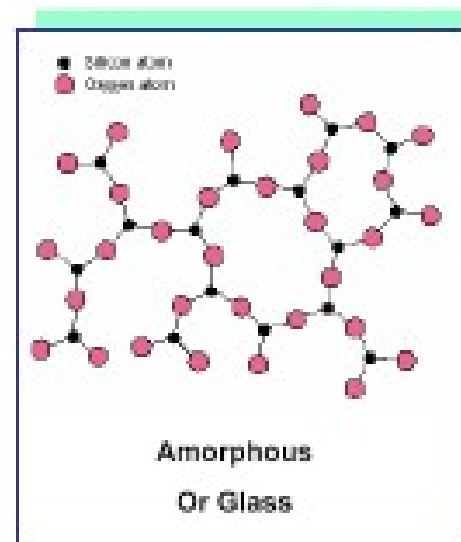
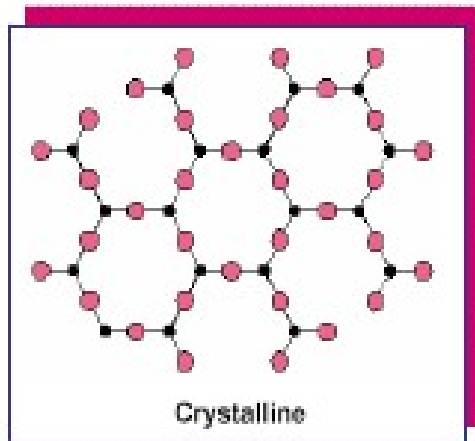
NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.3 Sòlids cristal·lins i amorfs

► Estructures amorfes:

No tenen estructures reticulars regulars els seus punts de fusió no estan molt definits



Qüestionari de sòlids cristal·lins i amorfs.

<https://forms.gle/51f6HV39fFBRszRA6>

NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Els materials en estat sòlid presenten microestructura.

La microestructura no és més que el conjunt de grans, o cristalls, observats generalment pel mig d'un microscopi òptic.

La microestructura d'un material es forma durant el procés de solidificació del mateix.

Existeix una estreta relació entre la microestructura d'un material i les seves propietats

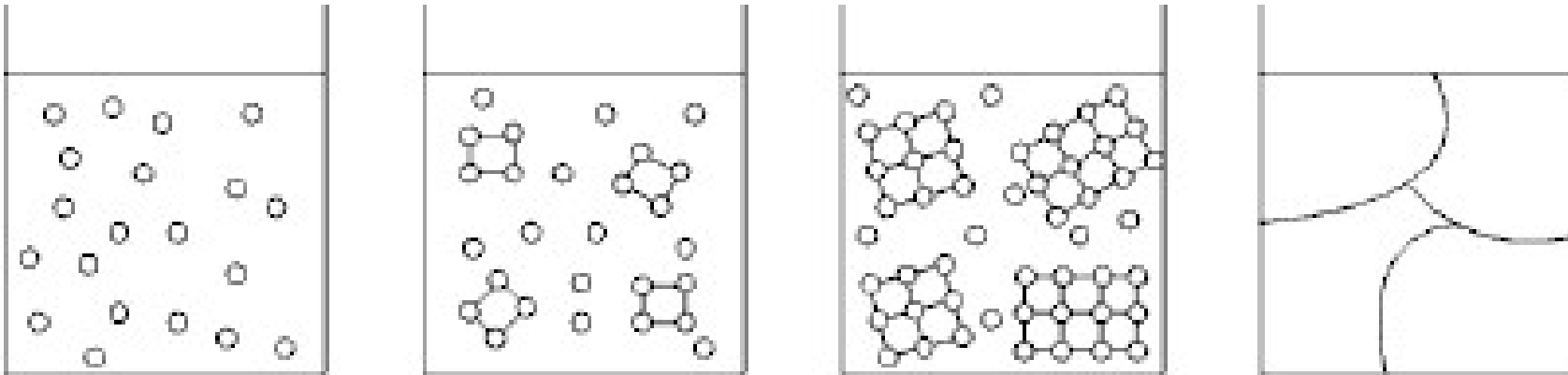
En el cas dels materials obtinguts per solidificació, aquesta és la que determina les característiques de les seves microestructures i, per tant, té una influència decisiva sobre les propietats físiques dels mateixos.

NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Durant la solidificació d'un material els diferents àtoms que es troben en estat líquid passen van passant gradualment a estat sòlid. Primer un àtom passa a estat sòlid i la resta es va adherint a ell formant el que s'anomena nucli. Durant la solidificació es formen molts nuclis simultàniament i cada un d'ells creixerà i formarà un gra de material:

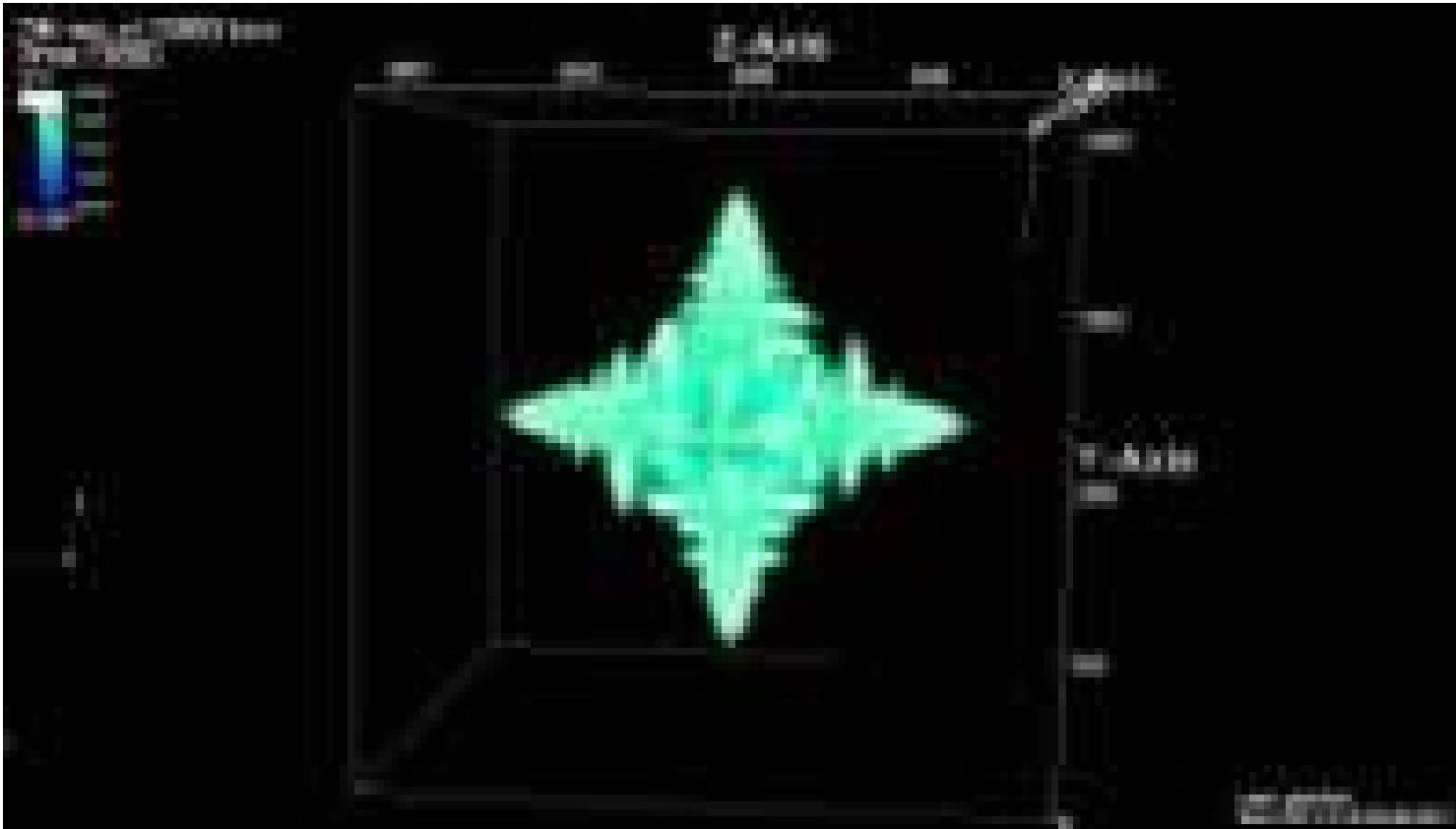


NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

https://www.youtube.com/watch?v=v1tgyppdaiU&feature=emb_logo



NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

- ▶ La solidificació del material es dona per mitjà d'un procés de nucleació i creixement. La nucleació es divideix en dos tipus:
- ▶ **Nucleació Homogènia:** es dona quan s'ajunten diversos àtoms i formen un nucli completament envoltat de líquid.
- ▶ **Nucleació Heterogènia:** es dona quan el nucli es forma sobre impureses o en les parets que contenen líquid. El nucli no es troba totalment envoltat de líquid.

Quan el **material és pur** tots els grans que es formen durant la solidificació posseeixen la mateixa estructura cristal·lina. **Quan el material té impureses** (àtoms de diferent naturalesa química), poden formar-se grans amb diferent estructura cristal·lina. La microestructura del material no és més que el conjunt de grans (ja sigui iguals o diferents) observats per mitjà d'un microscopi òptic.

NF1: Introducció a la ciència de materials

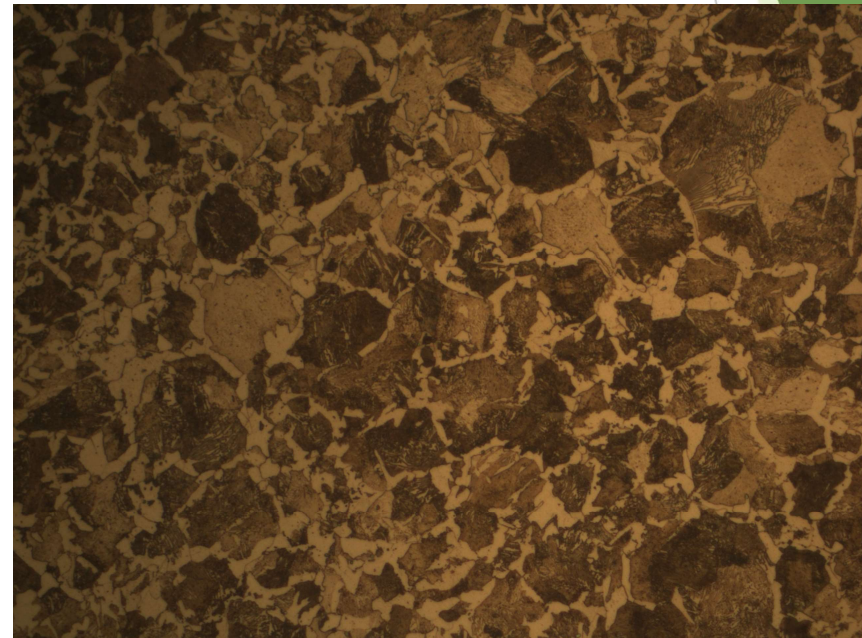
3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Exemples de microestructures



▶ Acer trempat x50



Acer normalitzat x50

NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase

- ▶ En la microestructura del material, el conjunt de grans que tenen la mateixa estructura cristal·lina i les mateixes propietats s'anomena **fase**. En estat sòlid, un material pot tenir diverses fases sòlides. La combinació d'aquestes fases defineix les propietats del material.
- ▶ La eina teòrica que permet descriure les fases que seran presents al material és el **diagrama de fase**.

NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase

Recordem: les fases sòlides en un material tenen les següents característiques:

- ▶ Els àtoms que formen la fase tenen la mateixa estructura o arranjamant atòmic.
- ▶ La fase té la mateixa composició química en tot el seu volum.
- ▶ Presenta les mateixes propietats físiques.
- ▶ Té una interfase definida amb el seu entorn.

Els **materials purs** només tenen una fase. Els **aliatges** poden tenir dos o més fases presents alhora i es poden donar diferents situacions.

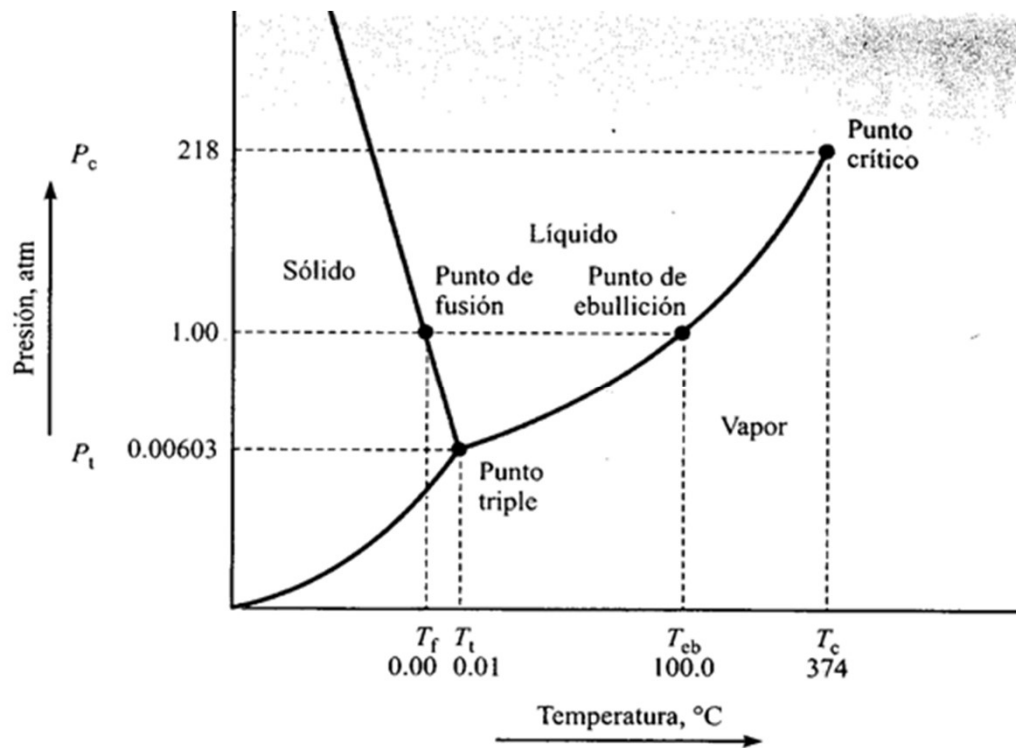
NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies pures:

Diagrama de fase de l'aigua:



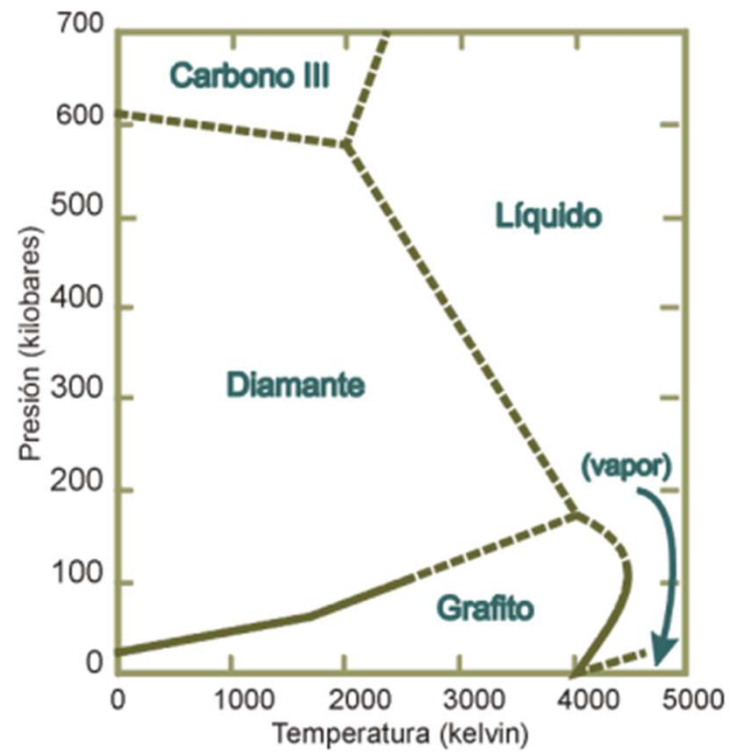
NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies pures:

Diagrama de fase del carboni:



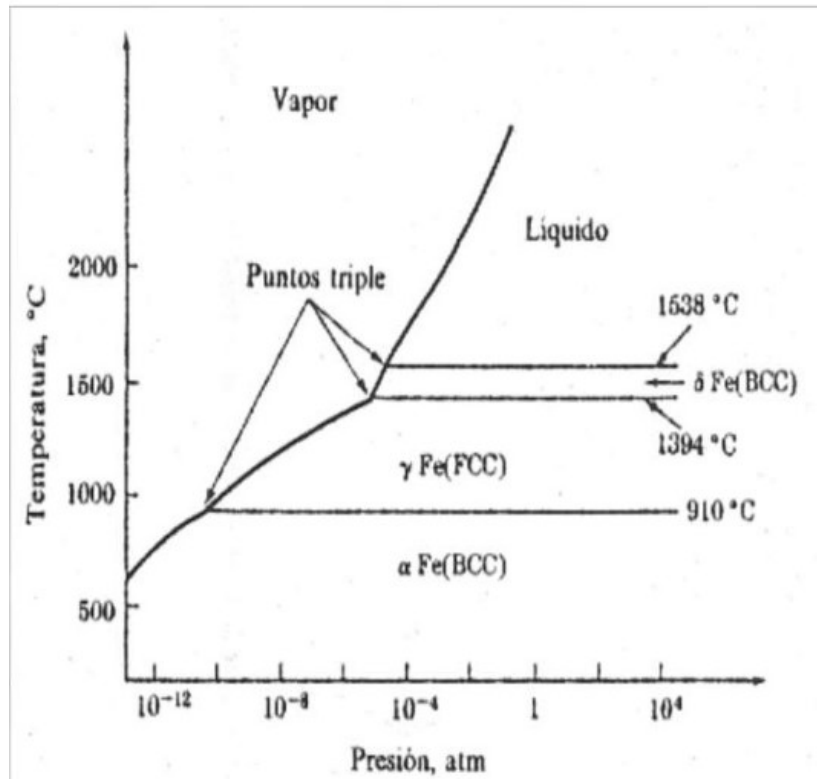
NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies pures:

Diagrama de fase del ferro:



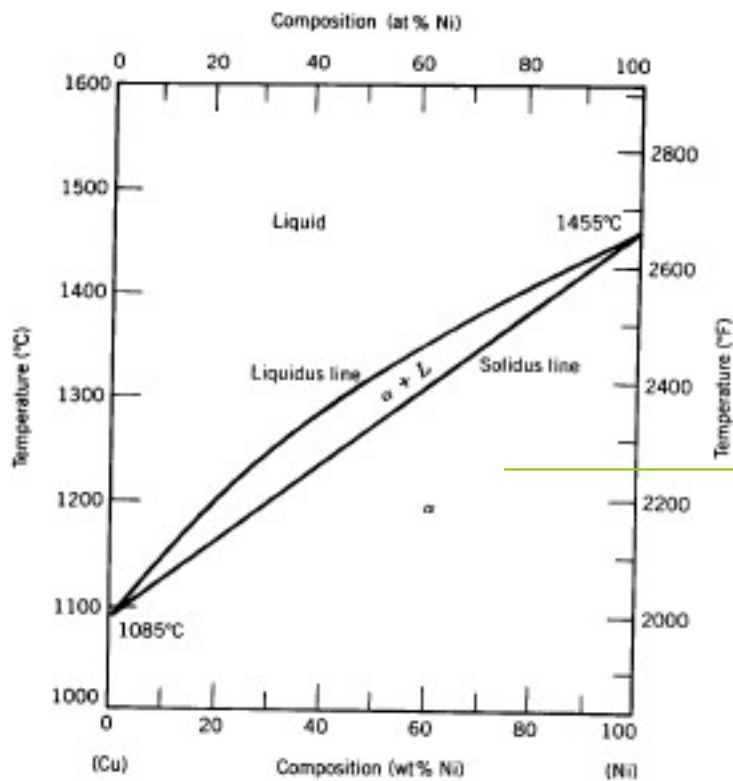
NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges:

Existeix solubilitat il·limitada: reduint-se una fase sòlida. Exemple coure i níquel



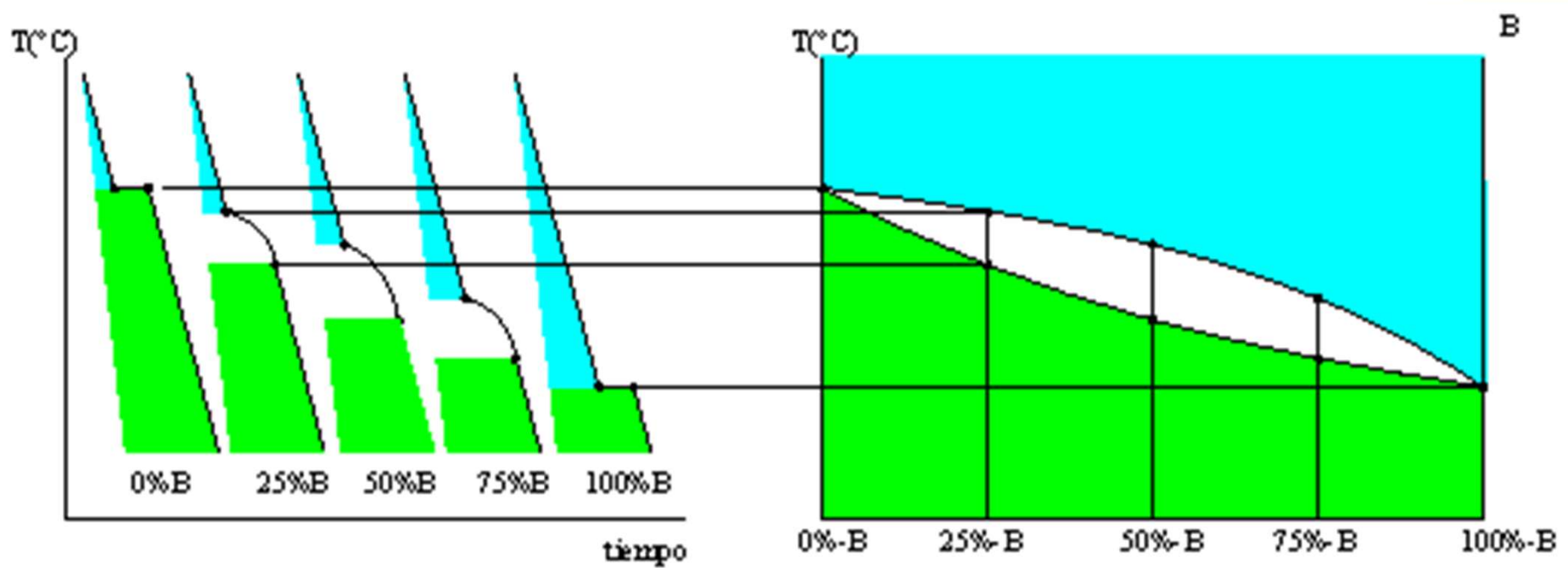
NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges:

Construcció del diagrama de fases.



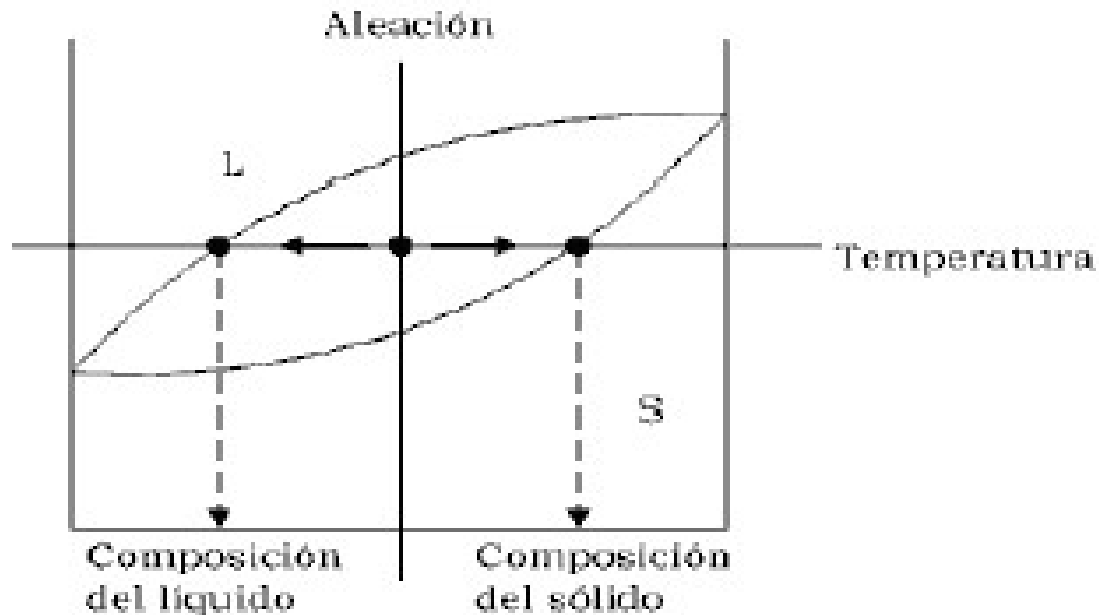
NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges (amb solubilitat il·limitada):

- ▶ Composició de la fase líquida a una determinada temperatura: S'obté directament del diagrama, línia de *líquidus*.
- ▶ Composició de la fase sòlida a una determinada temperatura: S'obté directament del diagrama, línia de *solidus*.



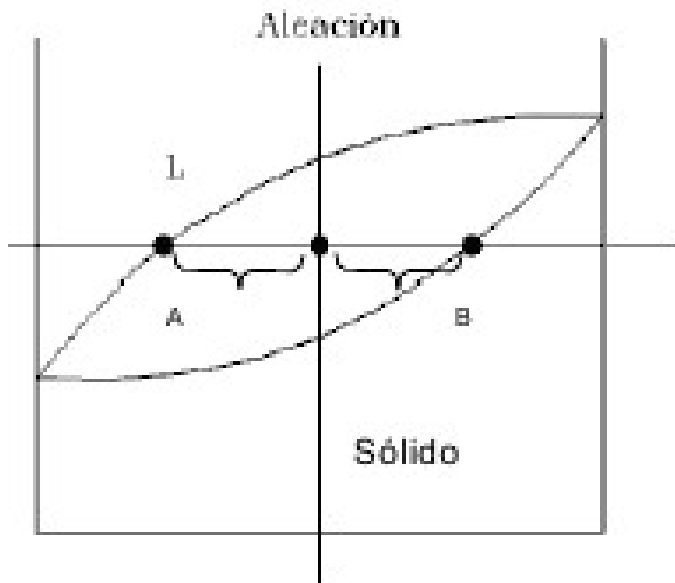
NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges (amb solubilitat il·limitada):

Percentatge de la fase sòlida i de la fase líquida: Regla de la palanca.



$$\text{porcentaje de líquido} = \frac{\text{distancia B}}{\text{distancia total (A + B)}} \times 100$$

$$\text{porcentaje de sólido} = \frac{\text{distancia A}}{\text{distancia total (A + B)}} \times 100$$

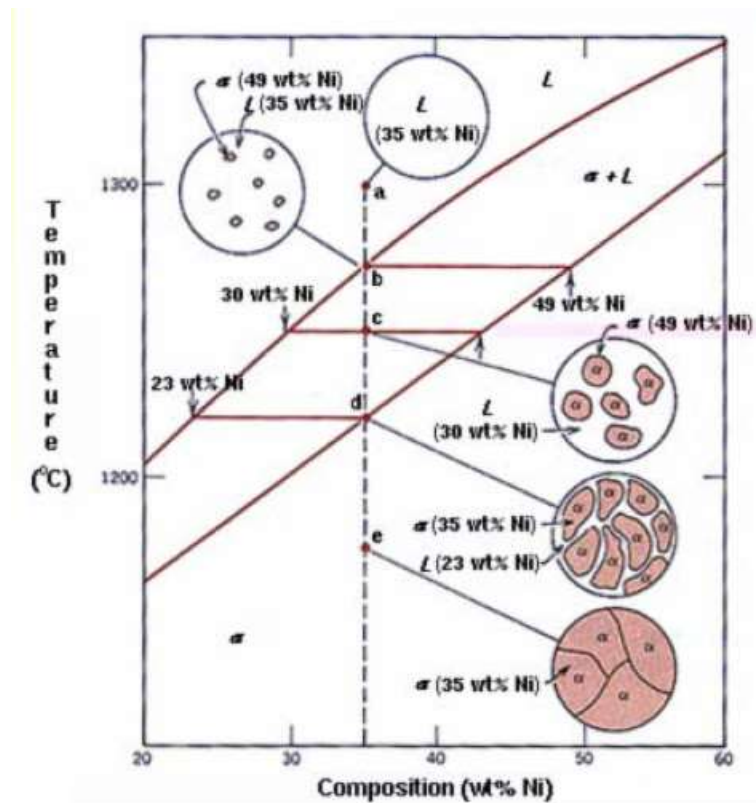
NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges (amb solubilitat il·limitada):

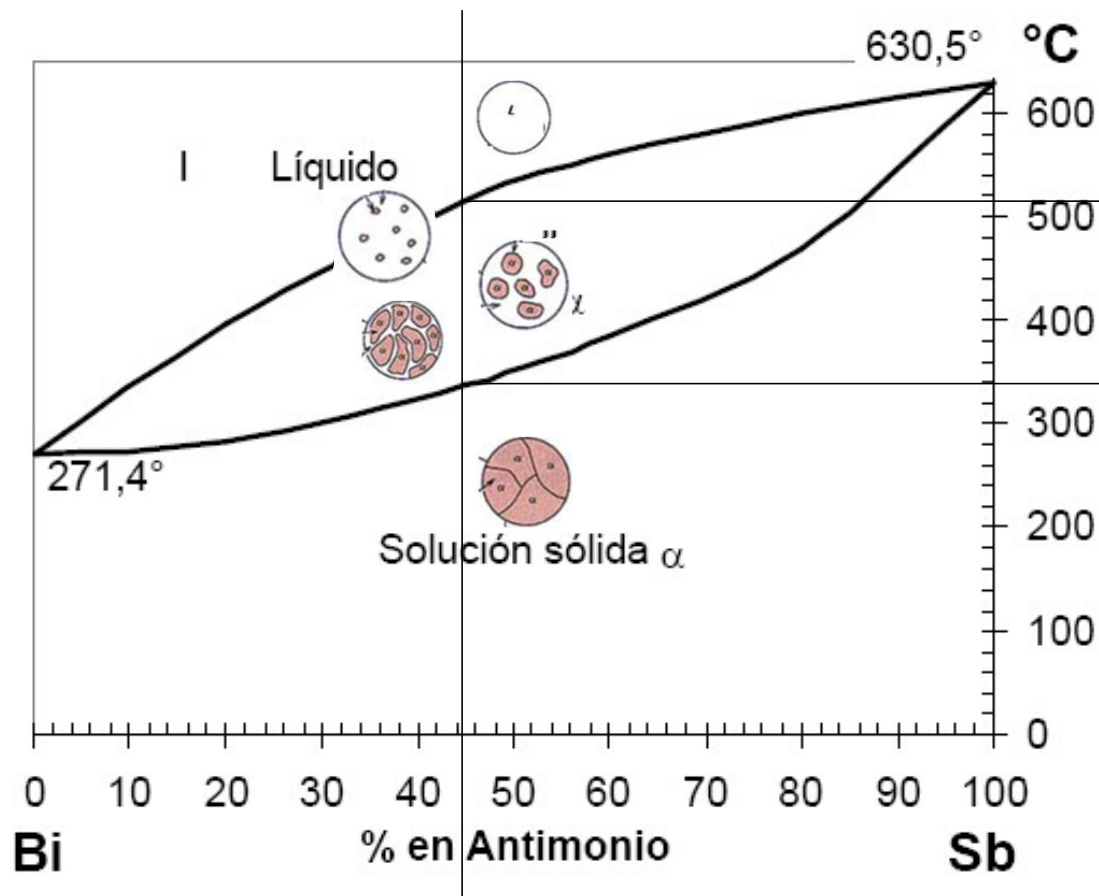
Evolució de les microestructures:



Exemple 1:

Fent ús del diagrama Bi-Sb. Calculeu per un aliatge amb 45% de Sb:

- a) Les transformacions que experimenta en refredar-se lentament des de l'estat líquid fins a la temperatura ambient.



Fins als 520 °C serà tot líquid.

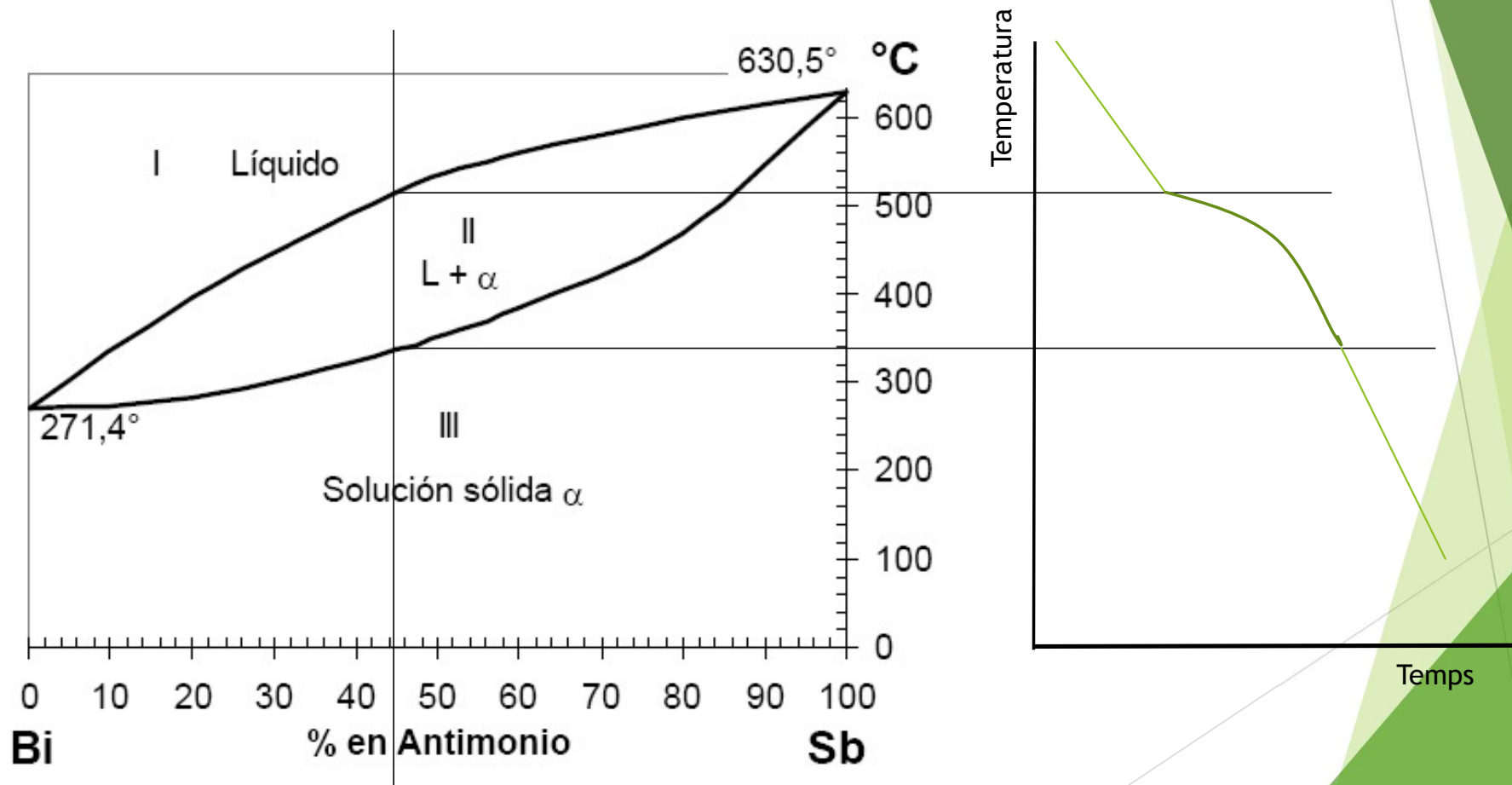
Entre els 520°C i els 340°C hi haurà equilibri entre líquid i sòlid (cada vegada hi haurà més sòlid)

Per sota dels 340°C

Exemple 1:

Fent ús del diagrama Bi-Sb. Calculeu per un aliatge amb 45% de Sb:

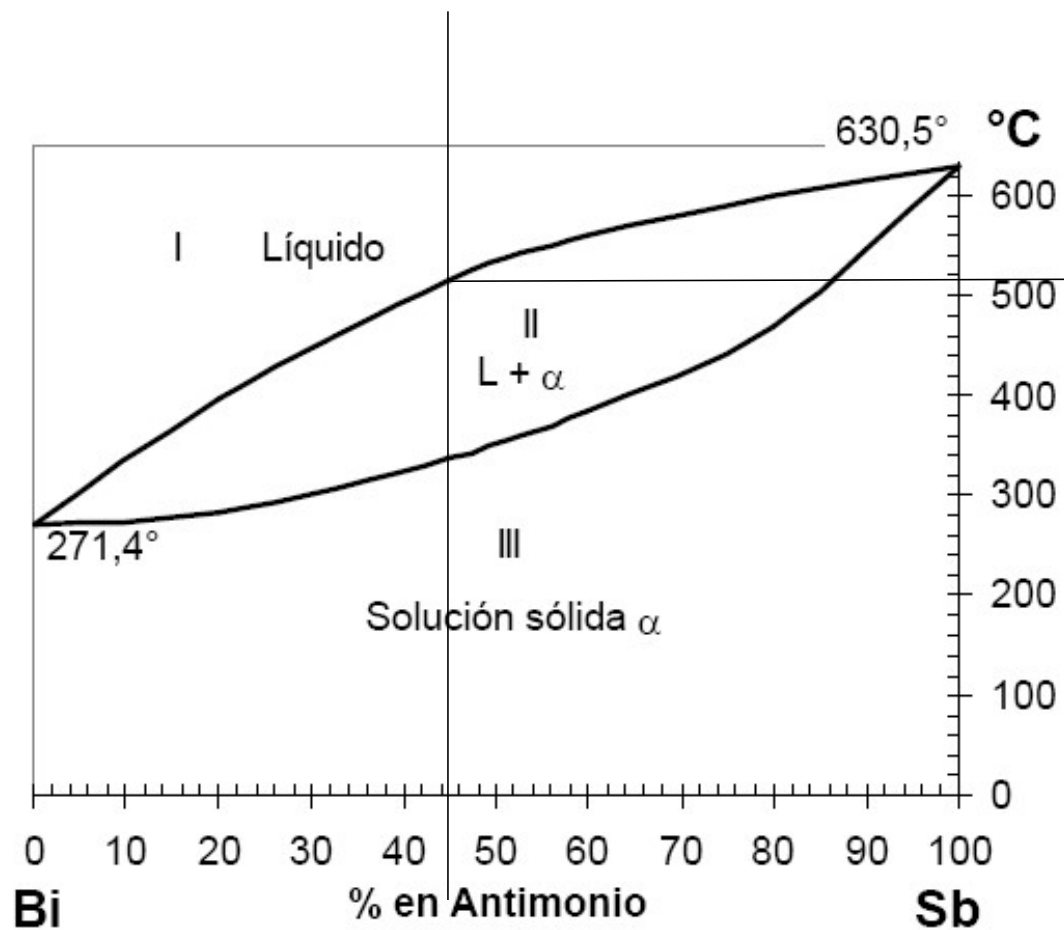
b) Dibuixa la corba de refredament.



Exemple1:

Fent ús del diagrama Bi-Sb. Calculeu per un aliatge amb 45% de Sb:

c) A quina temperatura comença a solidificar?

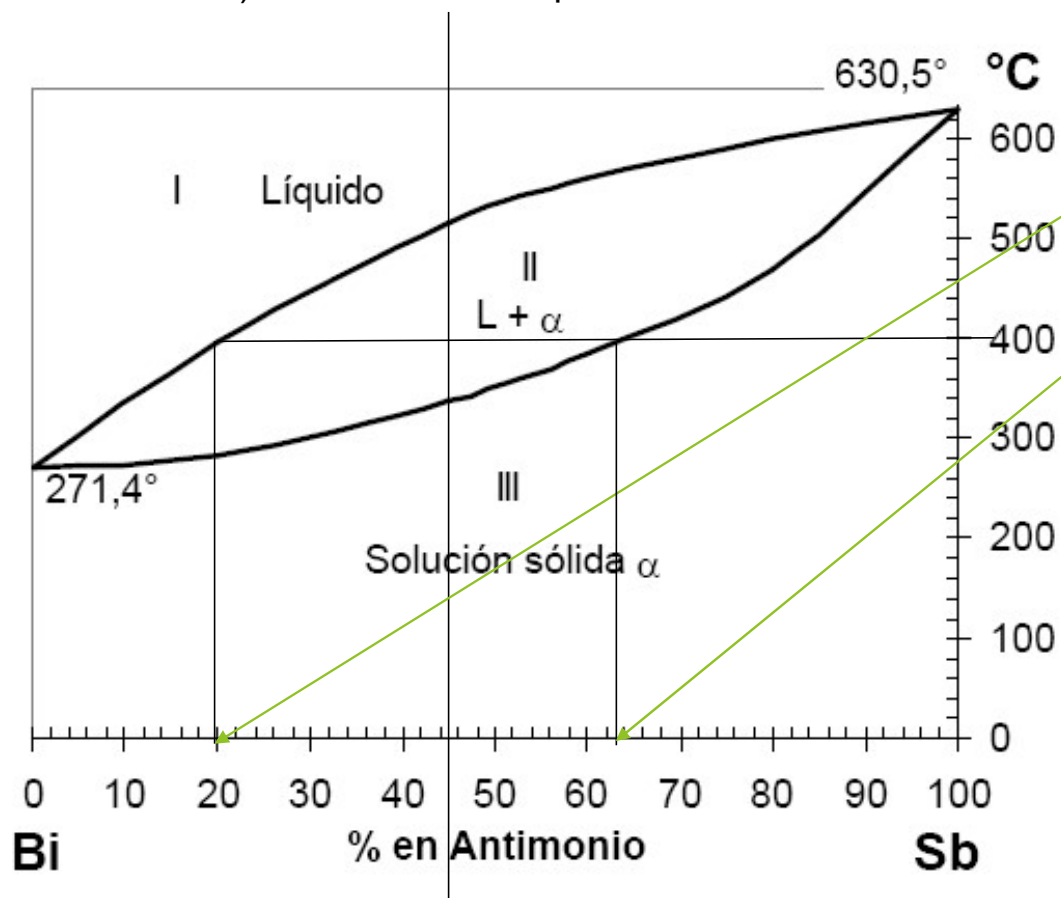


comença a solidificar a uns 518°C

Exemple1:

Fent ús del diagrama Bi-Sb. Calculeu per un aliatge amb 45% de Sb:

c) Quina és la composició de cada fase?



Composició del líquid

20% d'antimoni o 80% de bismut

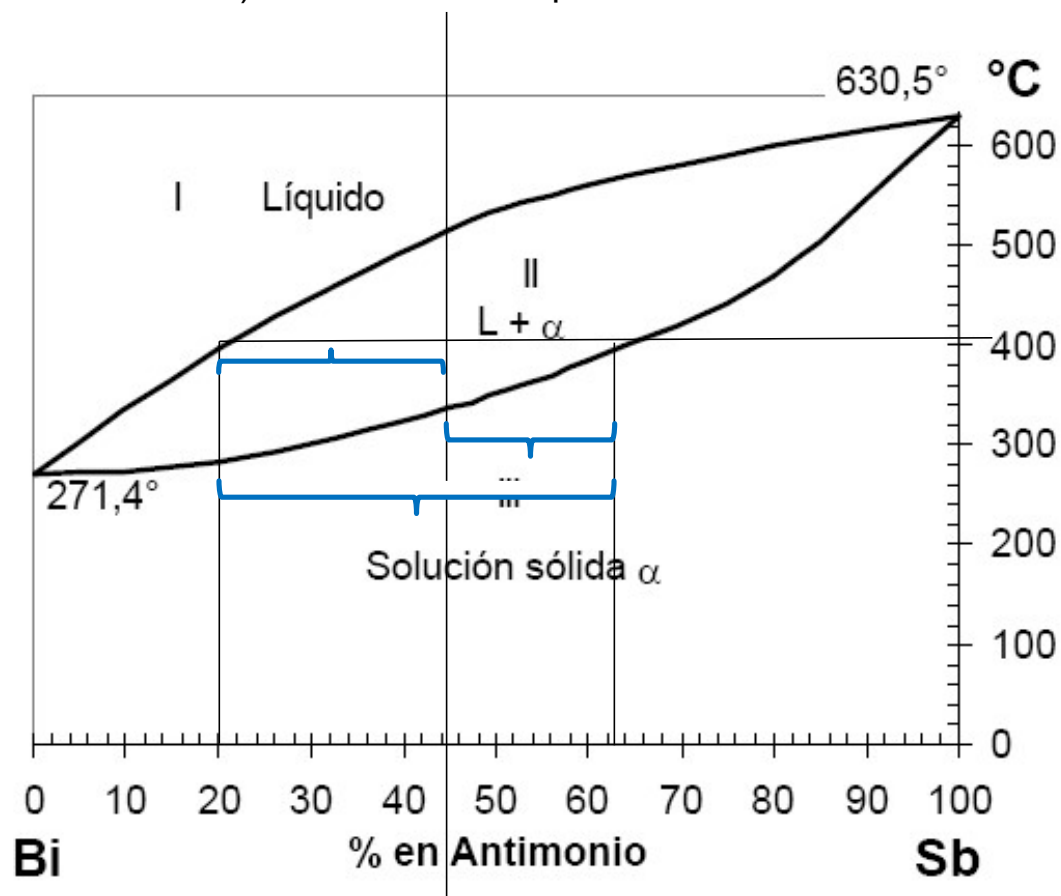
Composició del sòlid

63% d'antimoni o 37% de bismut

Exemple1:

Fent ús del diagrama Bi-Sb. Calculeu per un aliatge amb 45% de Sb:

d) Quina és la composició de cada fase?



Composició del líquid

20% d'antimoni

Composició del sòlid

63% d'antimoni

% del líquid

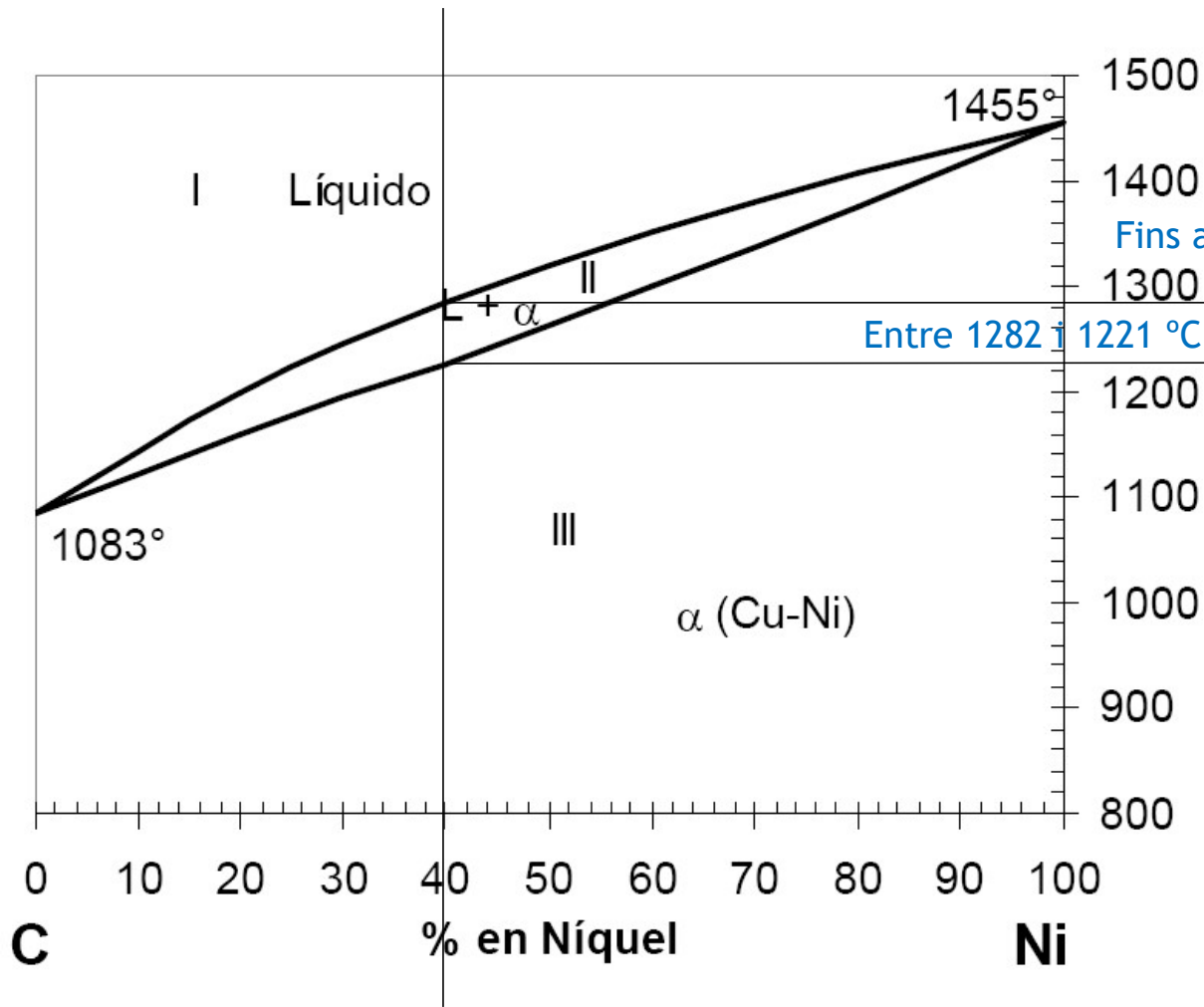
$$\% \text{ líquid} = \frac{63 - 45}{63 - 20} \cdot 100 = 41,86\%$$

% del sòlid

$$\% \text{ sòlid} = \frac{45 - 20}{63 - 20} \cdot 100 = 58,14\%$$

Exemple2

Amb el diagrama d'equilibri Cu-Ni. Determinar per un aliatge amb el 40% de Ni:
Corba de refredament, interval de solidificació, fases presents en cadascuna de les regions que travessa.



Fins als 1282 °C serà tot líquid.

Entre 1282 i 1221 °C hi haurà equilibri líquid sòlid.

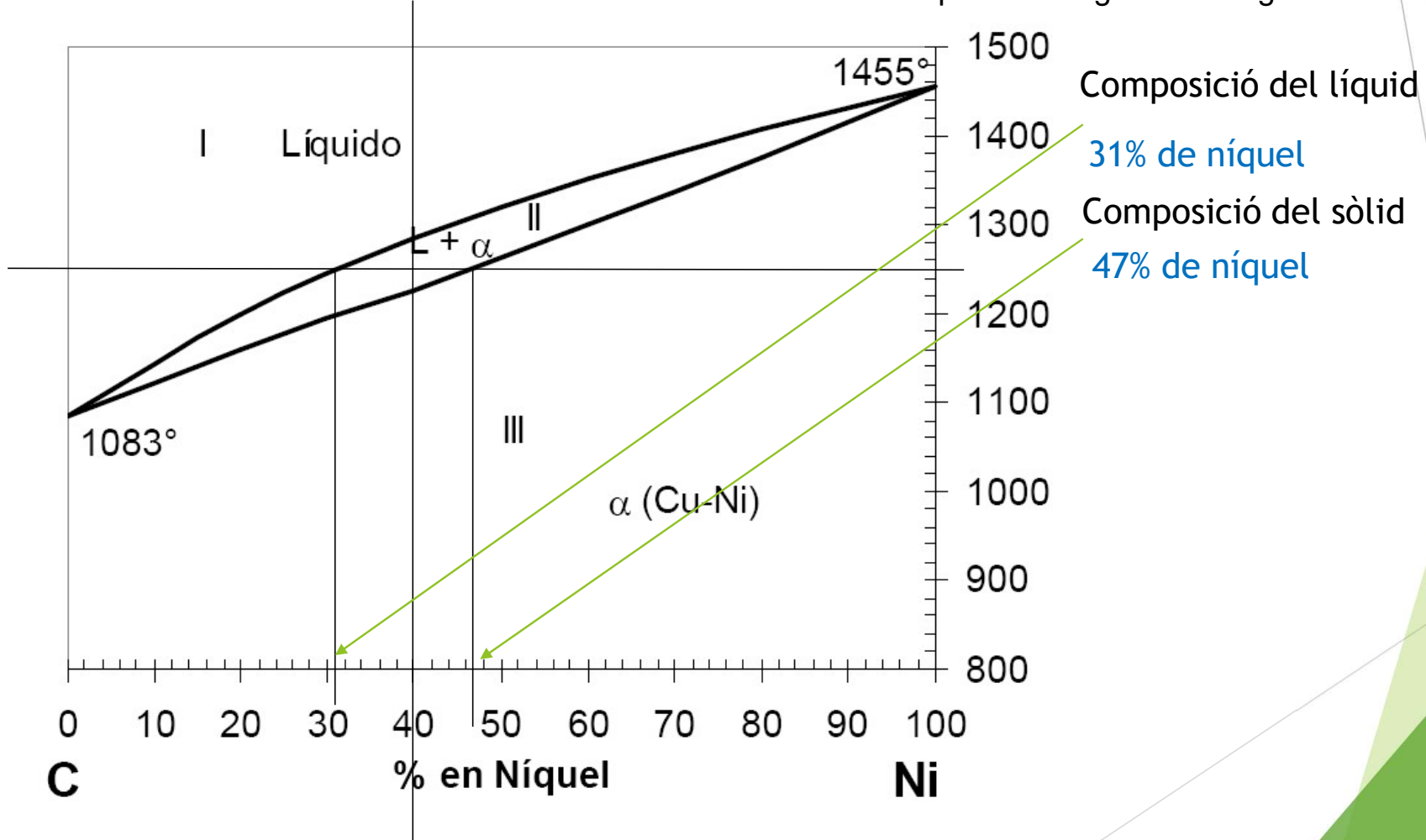
Per sota de 1221 °C tot serà sòlid.



Exemple2

Amb el diagrama d'equilibri Cu-Ni. Determinar per un aliatge amb el 40% de Ni: Corba de refredament, interval de solidificació, fases presents en cadascuna de les regions que travessa.

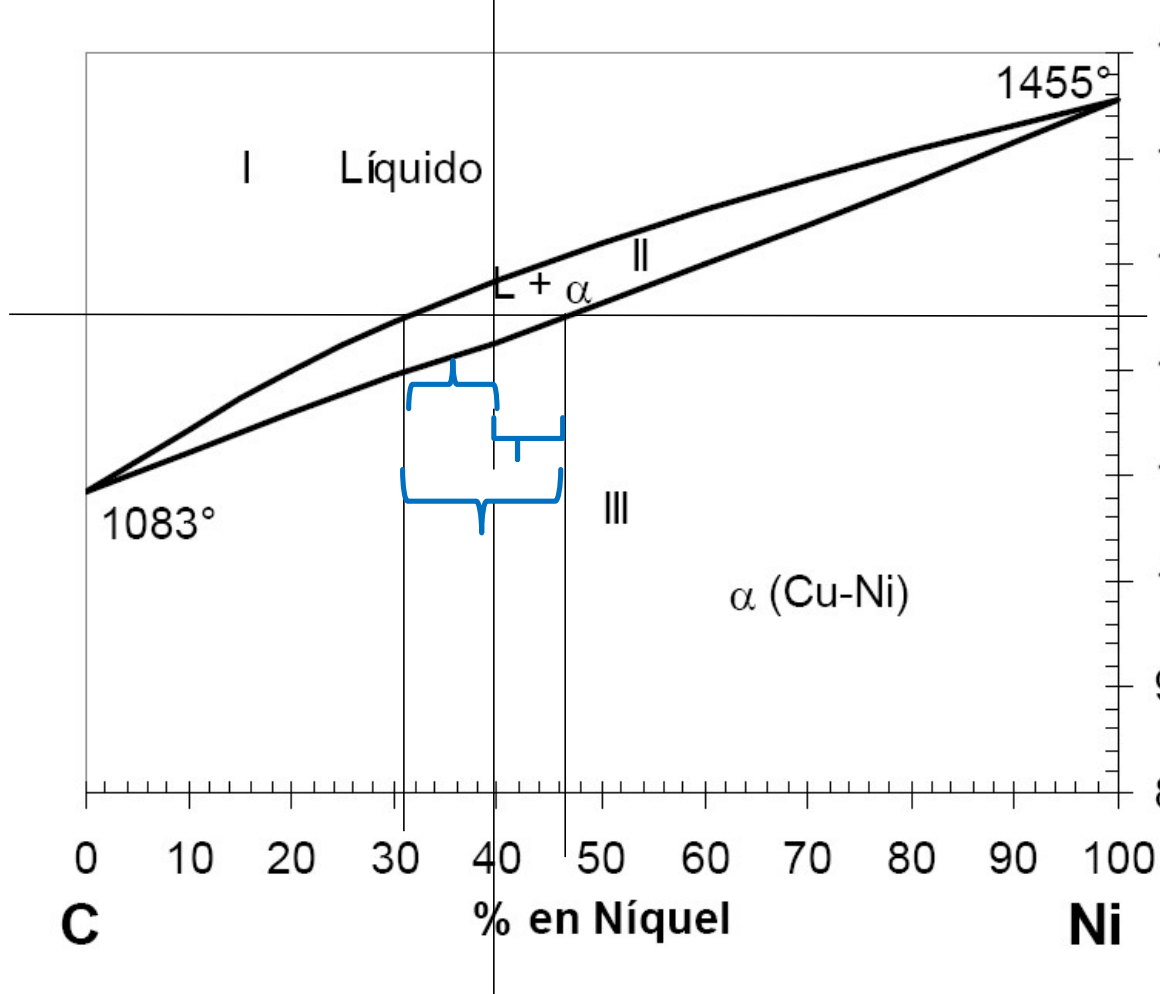
Relació de fases i les masses de cadascuna a 1250°C per un aliatge de 600 kg.



Exemple 2

Amb el diagrama d'equilibri Cu-Ni. Determinar per un aliatge amb el 40% de Ni:
Corba de refredament, interval de solidificació, fases presents en cadascuna de les regions que travessa.

Relació de fases i les masses de cadascuna a 1250°C per un aliatge de 600 kg.



1500 Composició del líquid 31% de níquel
Composició del sòlid 47% de níquel

1400 % del líquid

$$1300 \%líquid = \frac{47 - 40}{47 - 31} \cdot 100 = 43,75\%$$

1200 % del sòlid

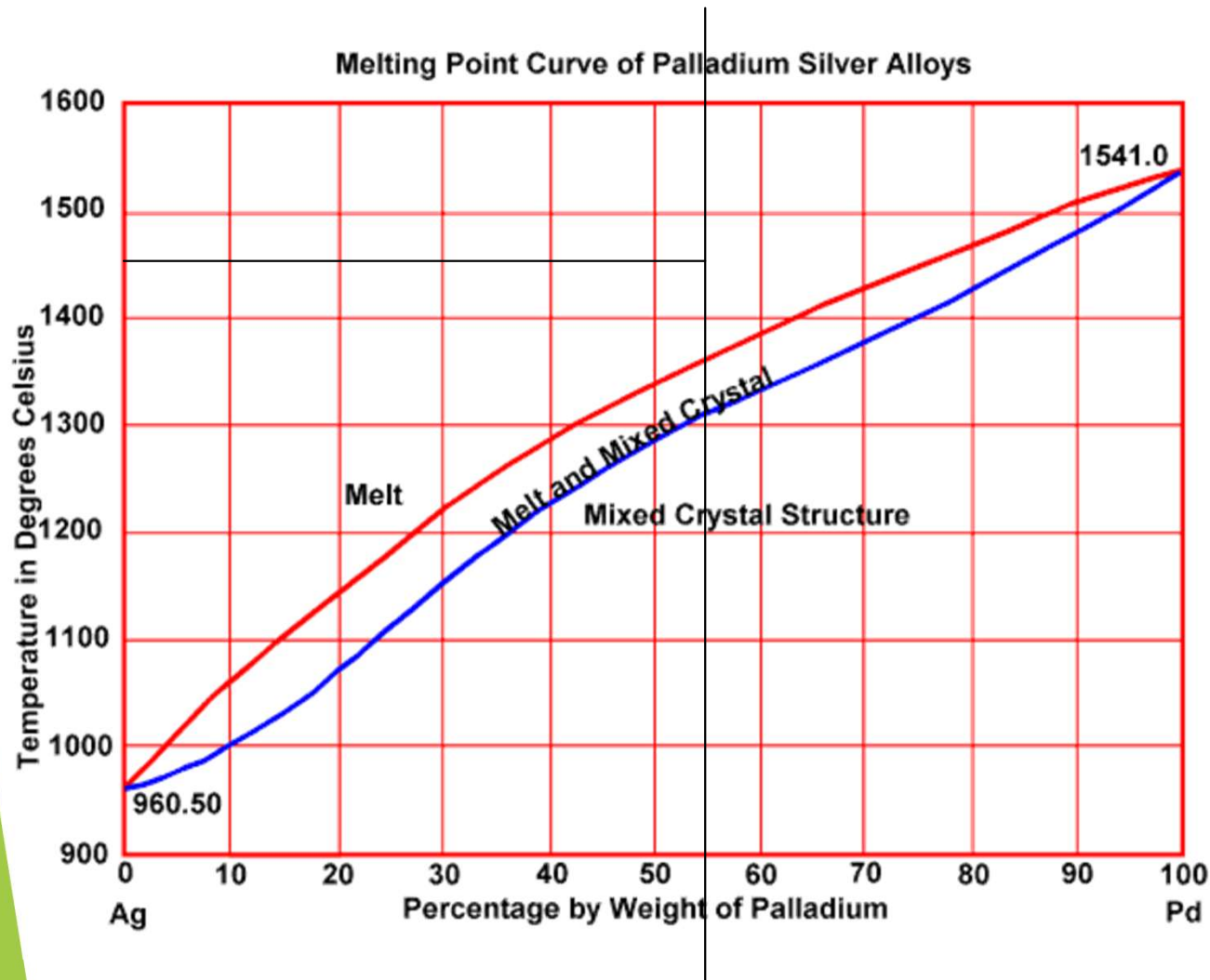
$$1100 \%sòlid = \frac{40 - 31}{47 - 31} \cdot 100 = 56,25\%$$

$$600 \text{ g aliatge} \cdot \frac{43,75 \text{ g líquid}}{100 \text{ g aliatge}} = 262,5 \text{ g líquid}$$

$$600 \text{ g aliatge} \cdot \frac{56,25 \text{ g líquid}}{100 \text{ g aliatge}} = 337,5 \text{ g sòlid}$$

Exemple 3:

Determina la composició de cada fase d'un aliatge Ag_Pd amb un 55% de Pd a **1450°C**, 1300°C, 1250°C i 1000°C

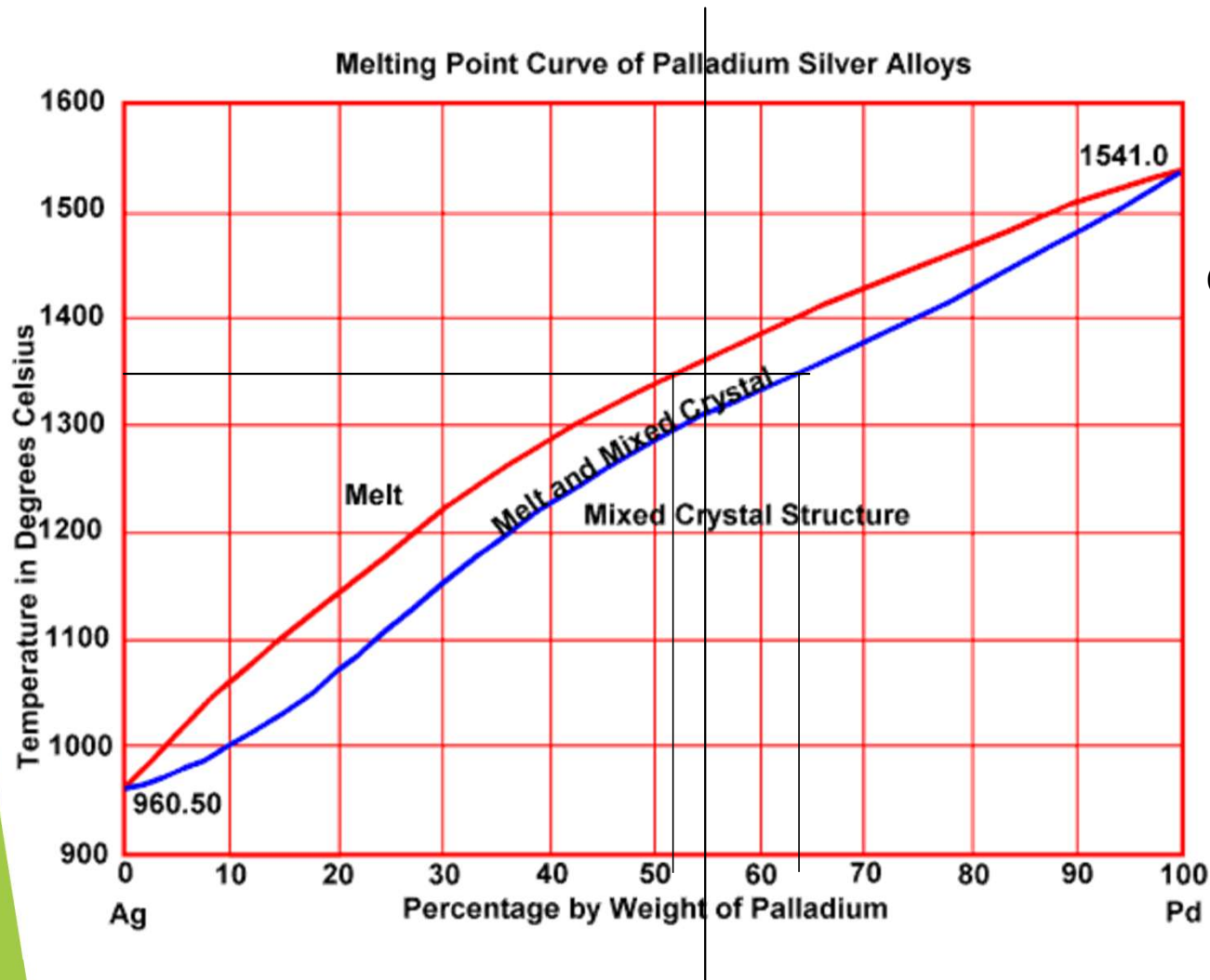


1450°C,

A aquesta temperatura tot l'aliatge es troba en estat líquid. I la seva composició és de 55% de Pd

Exemple 3:

Determina la composició de cada fase d'un aliatge Ag_Pd amb un 55% de Pd a 1450°C, 1350°C, 1250°C i 1000°C



1350°C,

Composició del líquid 51% Pd

Composició del sòlid 63% Pd

% del líquid

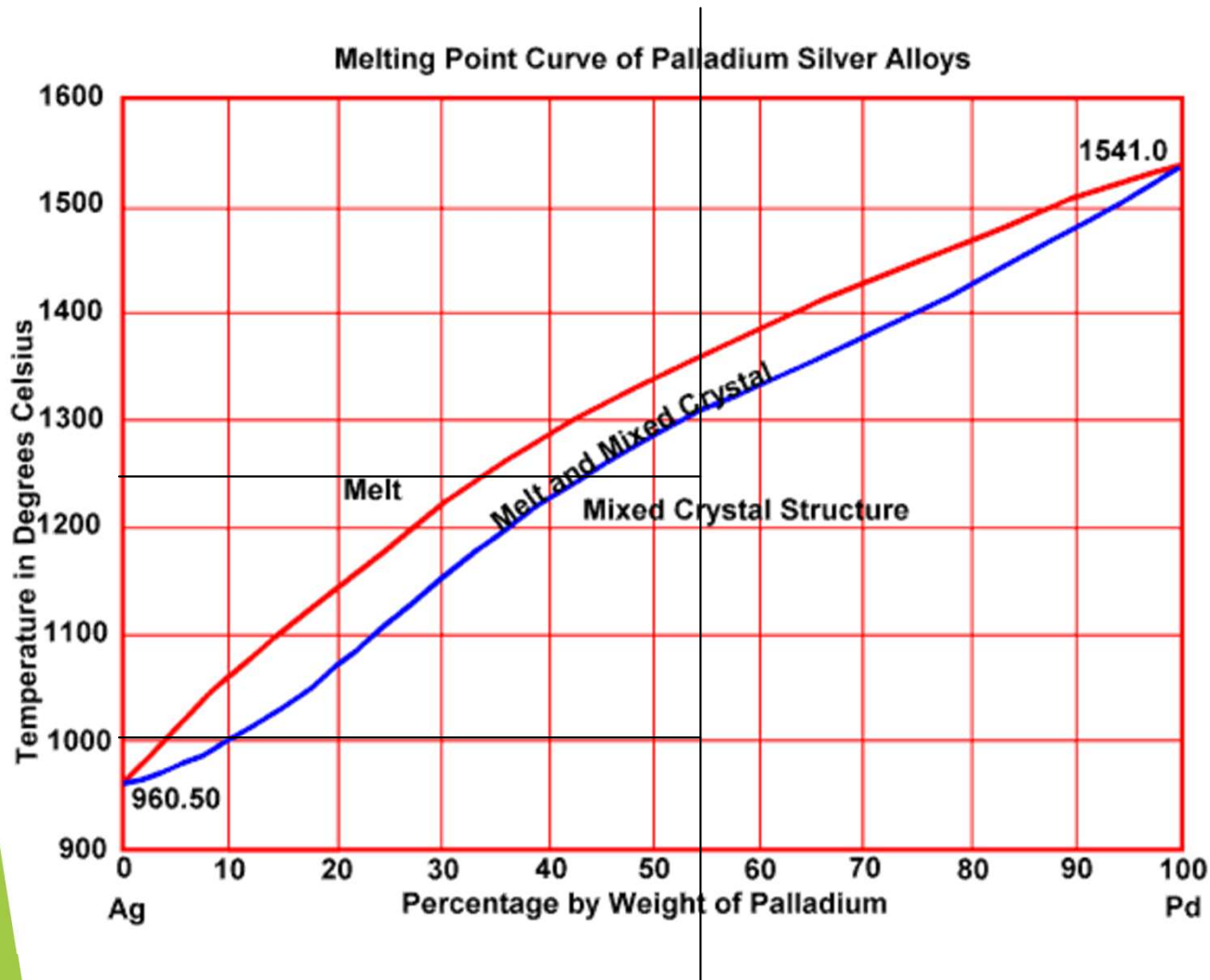
$$\%l\acute{i}quid = \frac{63 - 55}{63 - 51} \cdot 100 = 66,67\%$$

% del sòlid

$$\%s\grave{o}lid = \frac{55 - 51}{63 - 51} \cdot 100 = 33,33\%$$

Exemple 3:

Determina la composició de cada fase d'un aliatge Ag_Pd amb un 55% de Pd a 1450°C, 1350°C, 1250°C i 1000°C



1250°C,

Tot l'aliatge es troba en estat sòlid i té una composició del 55% de Pd

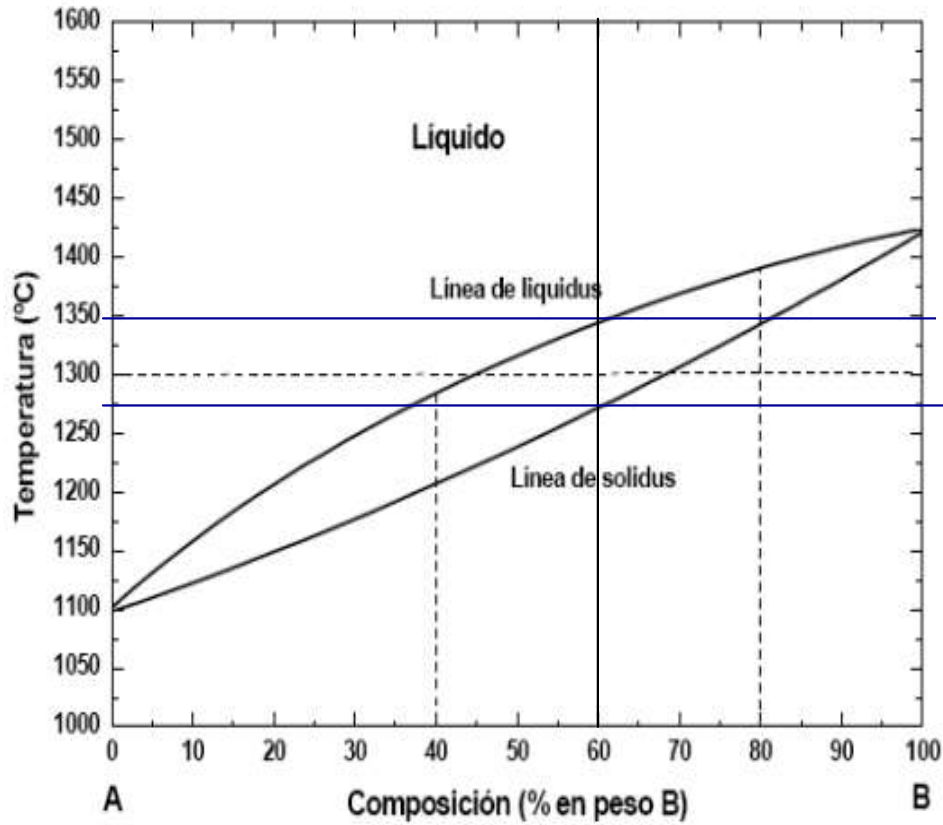
1000°C,

Tot l'aliatge es troba en estat sòlid i té una composició del 55% de Pd

Exemple 4:

En la figura adjunta es mostra el diagrama de fases d'un aliatge A-B. Contesta les següents qüestions:

•Quina és la temperatura d'inici i de fi del procés de solidificació per un aliatge amb el 60% d'A?



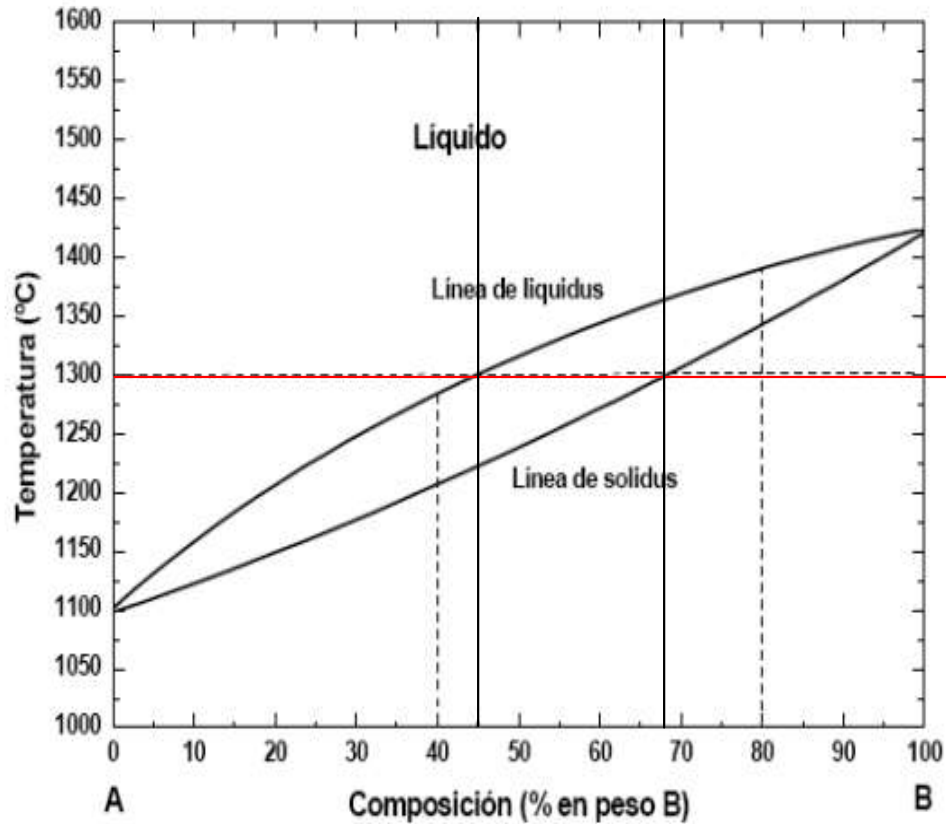
Comença a solidificar a 1350 °C

Finalitza la solidificació a 1275 °C

Exemple 4:

En la figura adjunta es mostra el diagrama de fases d'un aliatge A-B. Contesta les següents qüestions:

- A partir de quina composició de B un aliatge estaria totalment líquida a 1300°C? I sòlida?



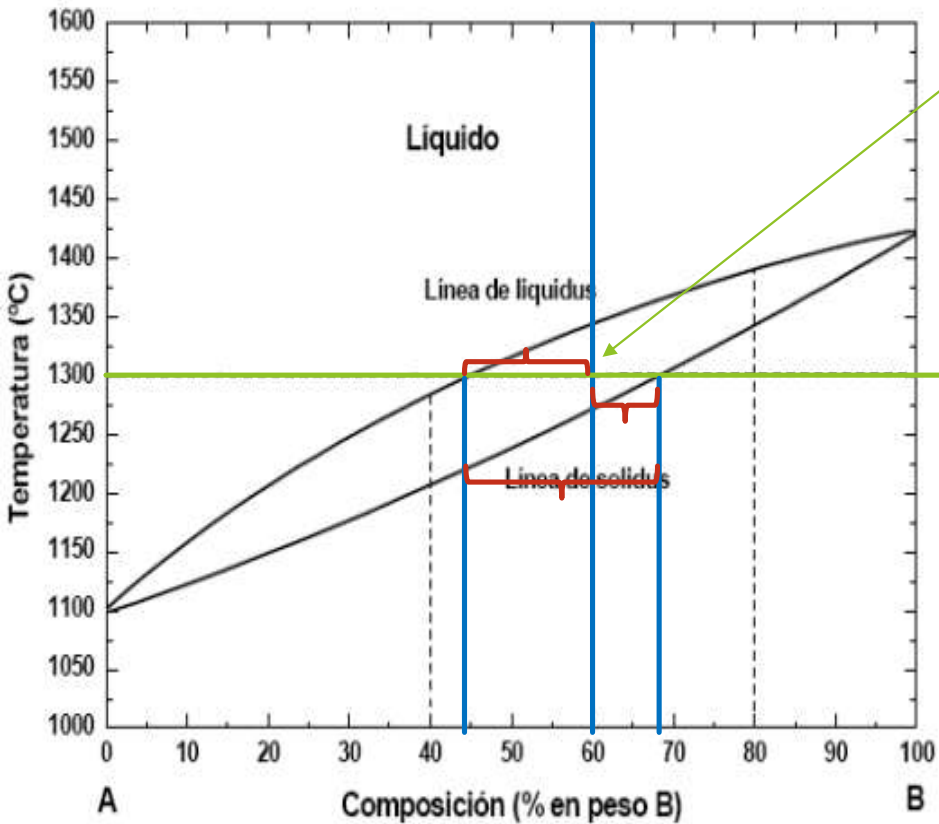
Un aliatge amb un % inferior al 45% de B serà totalment líquid a la temperatura de 1300°C

Un aliatge amb un % superior al 68% de B serà totalment sòlid a la temperatura de 1300°C

Exemple 4:

En la figura adjunta es mostra el diagrama de fases d'un aliatge A-B. Contesta les següents qüestions:

- Calcula el nombre de fases, la composició de cadascuna i les quantitats relatives de cada fase per un aliatge del 60% d'A a 1300°C.



En aquestes condicions hi ha equilibri entre dues fases, sòlida i líquida.

Composició del líquid 45% de B

Composició del sòlid 68% de B

% de líquid

$$\% \text{ líquid} = \frac{68 - 60}{68 - 45} \cdot 100 = 34,78\%$$

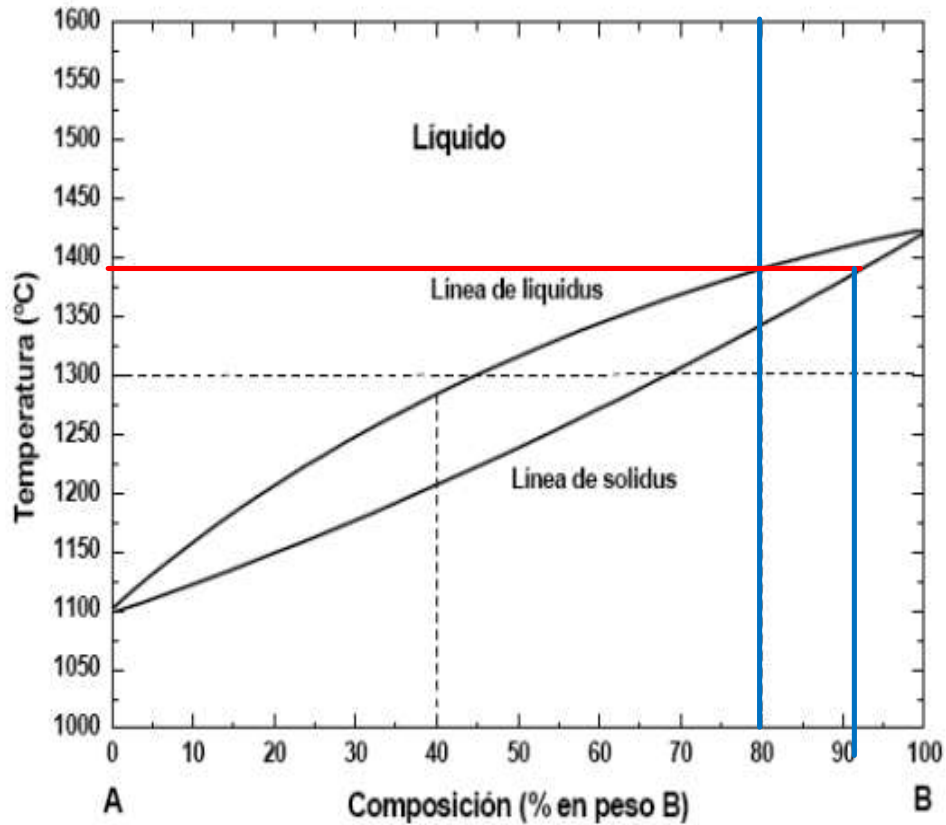
% de sòlid

$$\% \text{ sòlid} = \frac{60 - 45}{68 - 45} \cdot 100 = 65,22\%$$

Exemple 4:

En la figura adjunta es mostra el diagrama de fases d'un aliatge A-B. Contesta les següents qüestions:

- Quina és la composició dels cristalls que es formen quan comença a solidificar un aliatge amb un 80% de B i a quina temperatura comença a solidificar?



Un aliatge amb el 80% de B comença a solidificar a 1390°C

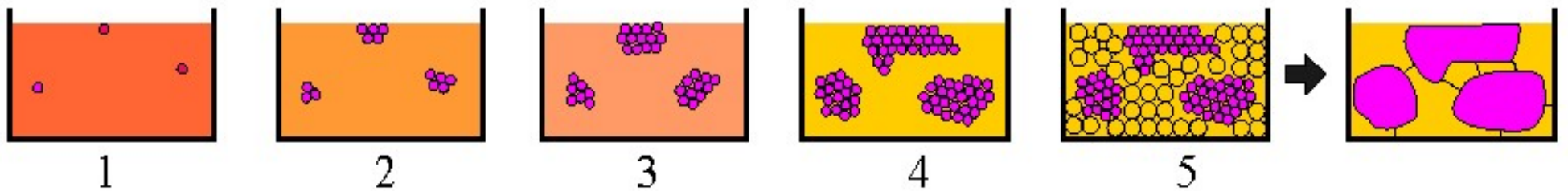
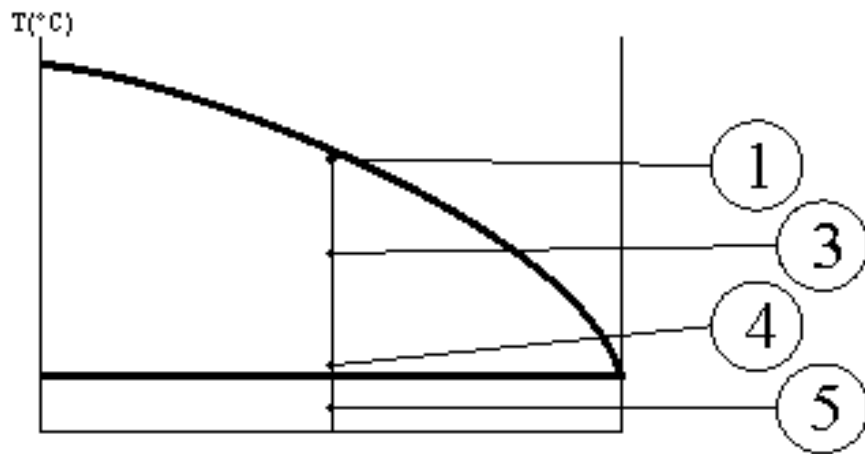
El sòlid que es forma en el primer moment conté un 92% de B

NF1: Introducció a la ciència de materials

3 Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges (components insolubles en estat sòlid):

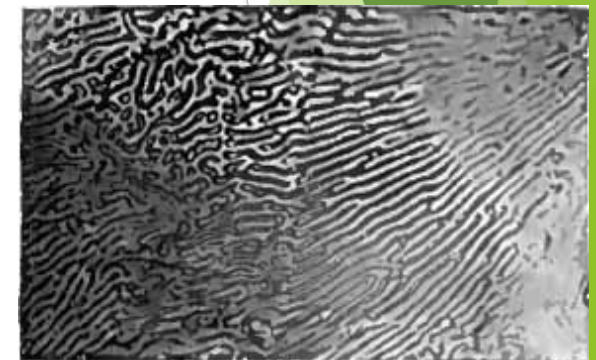
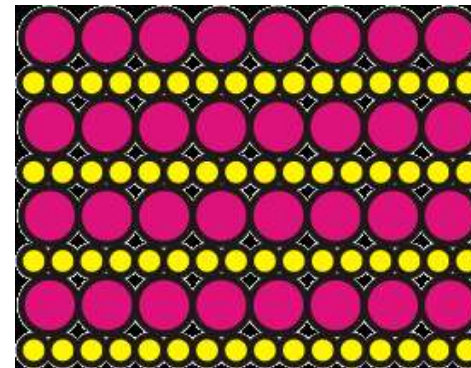
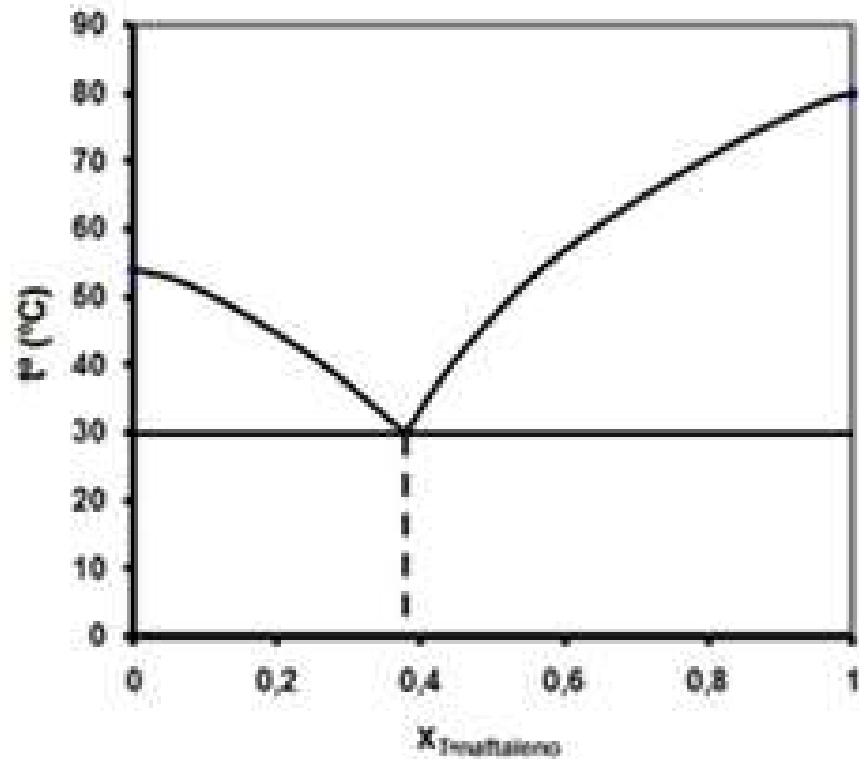


NF1: Introducció a la ciència de materials

3. Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges (components insolubles en estat sòlid formant eutèctic):

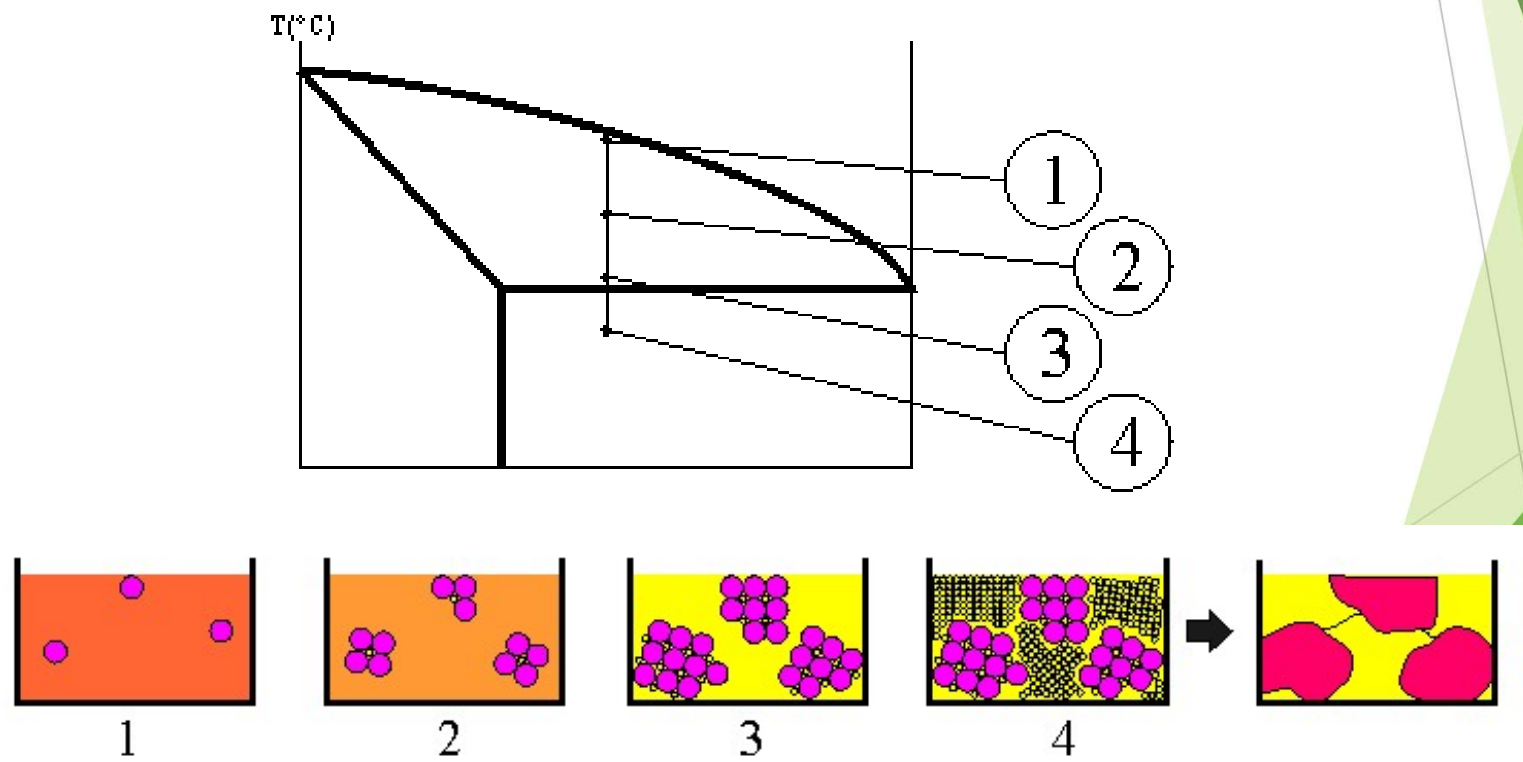


NF1: Introducció a la ciència de materials

3 Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges (components parcialment solubles en estat sòlid):

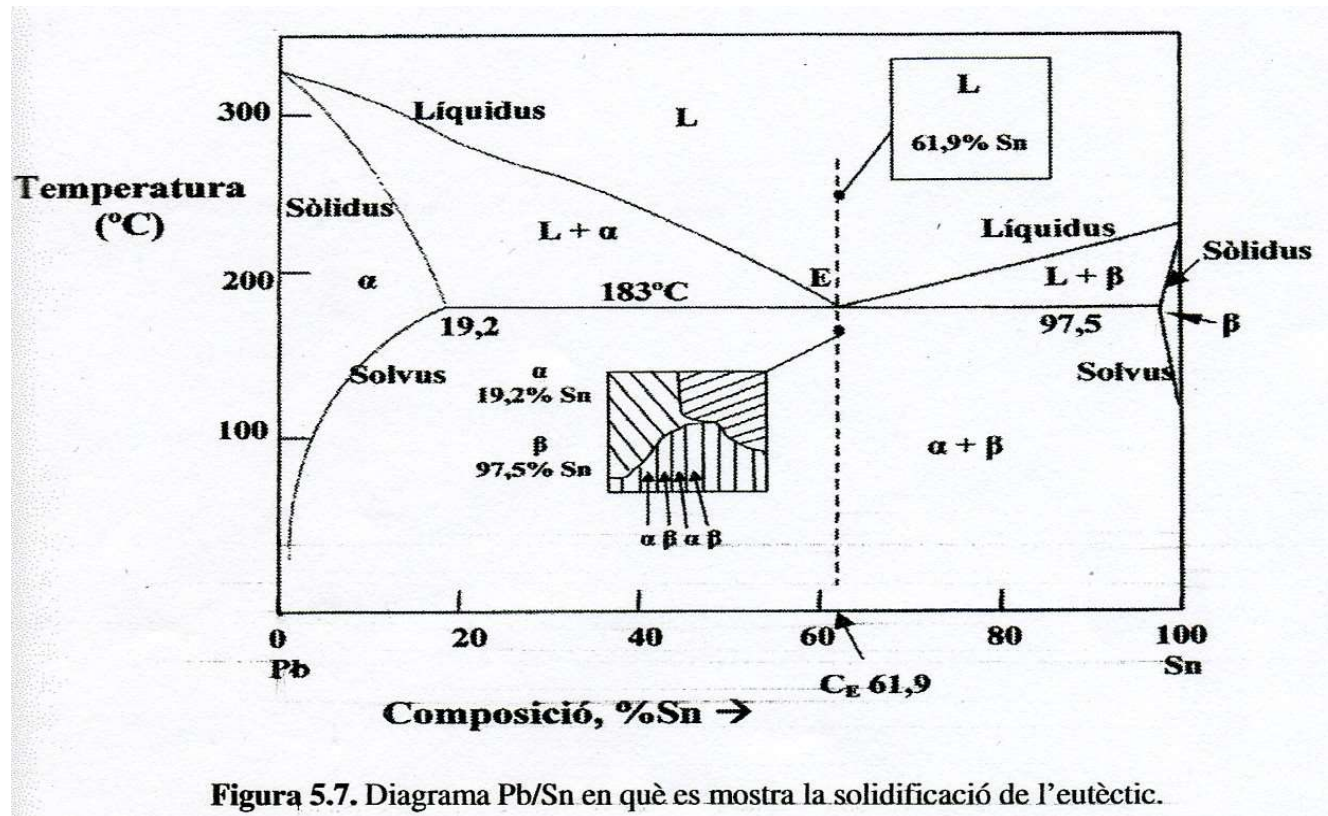


NF1: Introducció a la ciència de materials

3 Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges (components parcialment solubles en estat sòlid):



NF1: Introducció a la ciència de materials

3 Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges (components parcialment solubles en estat sòlid):

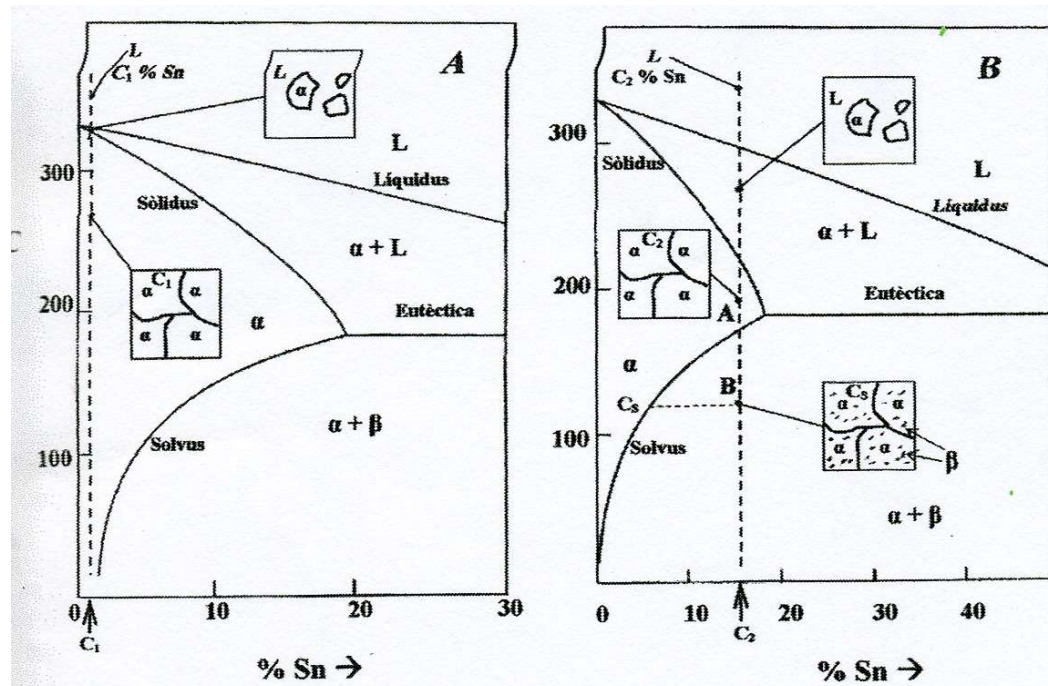


Figura 5.9. Regions parcials del diagrama Pb/Sn. A: Per una composició C_1 que no creua la línia de solvus. B: Per una composició C_2 que creua la línia de solvus.

NF1: Introducció a la ciència de materials

3 Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

Diagrames de fase de substàncies aliatges (components parcialment solubles en estat sòlid):

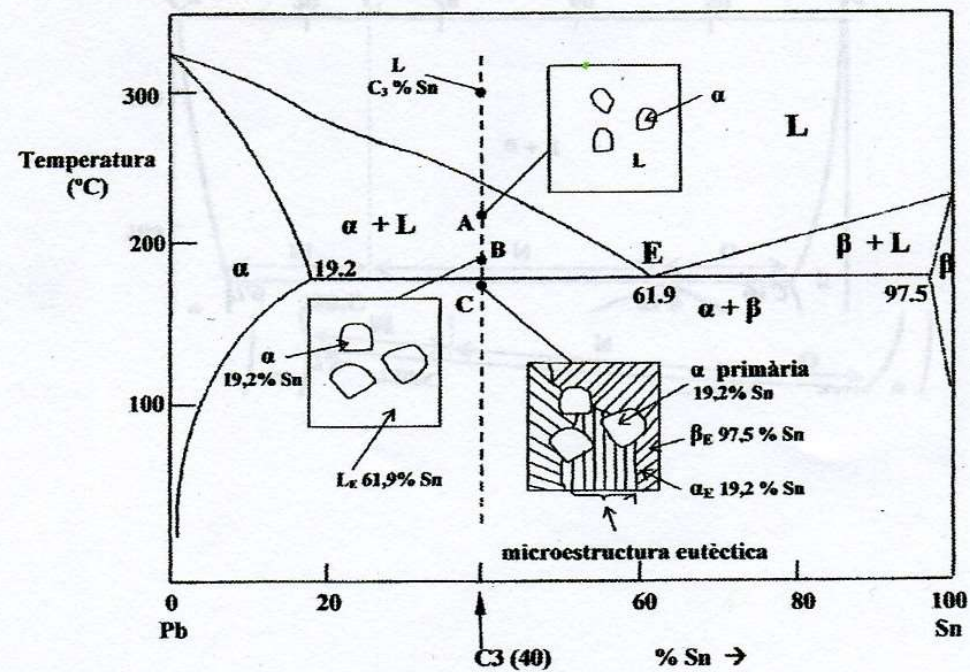


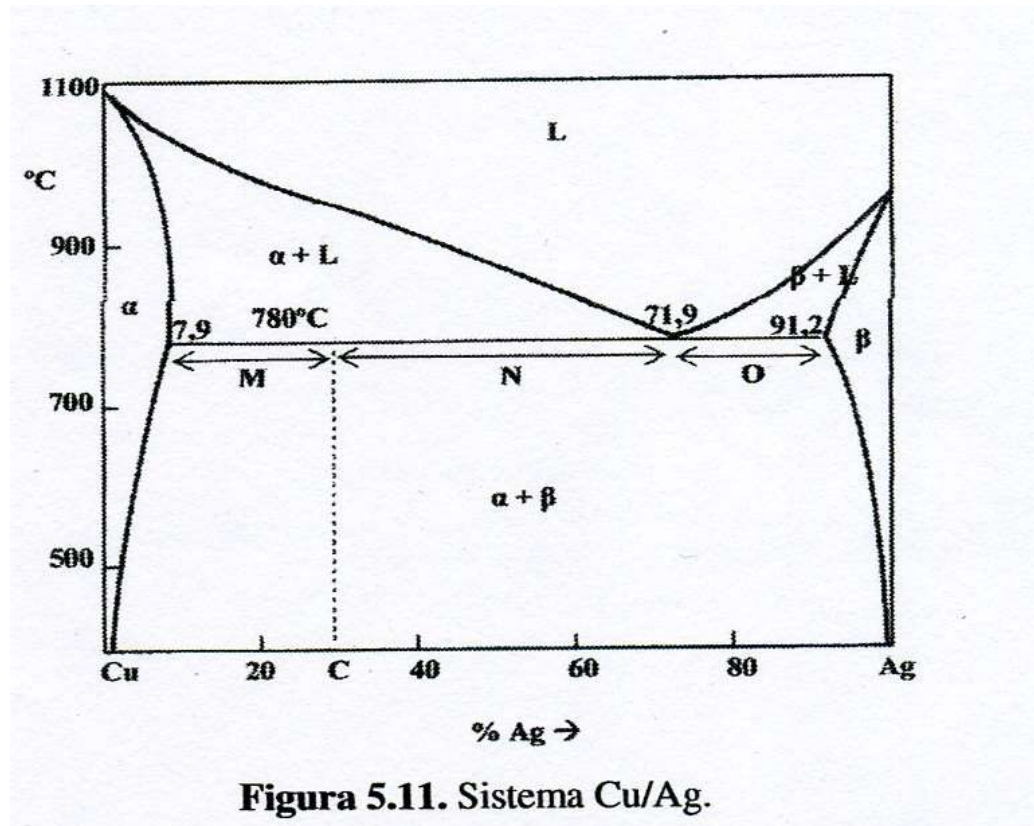
Figura 5.10. Sistema Pb/Sn. Evolució d'una solidificació que creua la isoterma eutèctica

NF1: Introducció a la ciència de materials

3 Estructura dels materials.

3.4 nivell microscòpic, la microestructura:

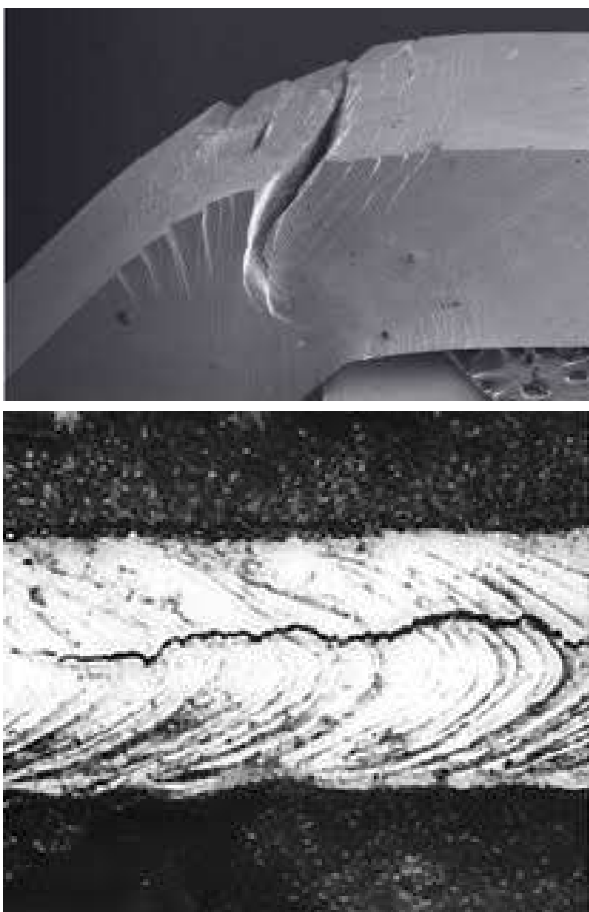
Diagrames de fase de substàncies aliatges (components parcialment solubles en estat sòlid):



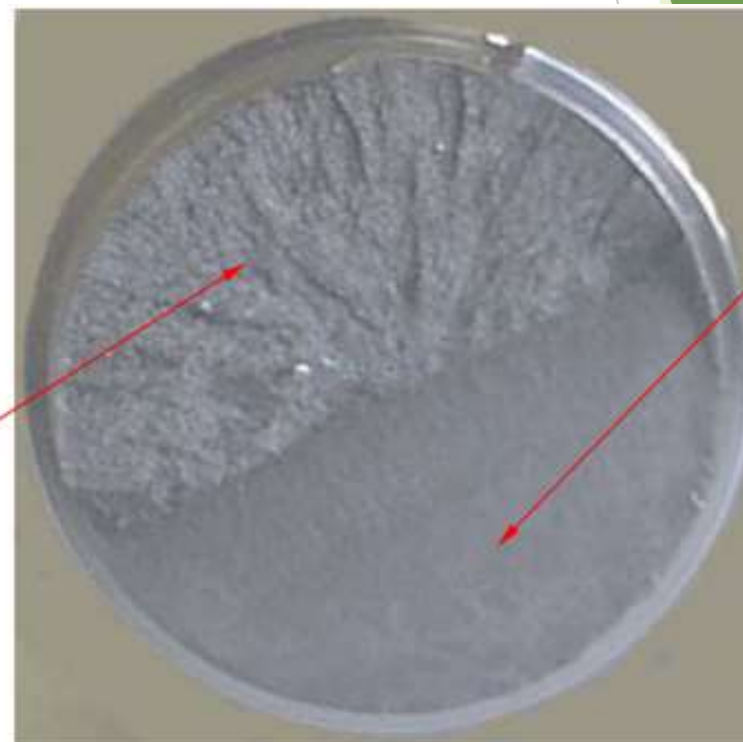
NF1: Introducció a la ciència de materials

3 Estructura dels materials.

3.5 nivell macroscòpic: Es refereix a elements estructurals apreciables a simple vista com la formació d'esquerdes o porositats



Rotura por
carga de
tracción
(arrancamiento)



Zona de
avance de la
fisura de fatiga

Rotura de una probeta ensayada a cargas cíclicas.
Ensayo realizado sin interrupción de la carga