



Diagramas Ternarios

¿Qué son los diagramas Ternarios?



- Diagramas que representan el equilibrio entre las distintas fases que se forman mediante tres componentes, como una función de la temperatura.
- Normalmente, la presión no es una variable indispensable en la construcción de diagramas de fases ternarios, y por lo tanto se mantiene constante a 1 atm.

Regla de las fases de Gibbs para diagramas Ternarios



$$F = C + 2 - P$$

Para sistemas isobáricos:

$$F = C + 1 - P$$

Para $C = 3$, el máximo número de fases que coexistirán cuando $F = 0$

$$P = 4 \text{ cuando } C = 3 \text{ y } F = 0$$

Los componentes son “componentes independientes”

Algunos términos importantes



- **Composición general**
- **Número de fases**
- **Composición química de las fases individuales**
- **Cantidad de cada fase**
- **Secuencia de solidificación**

Composición General 1



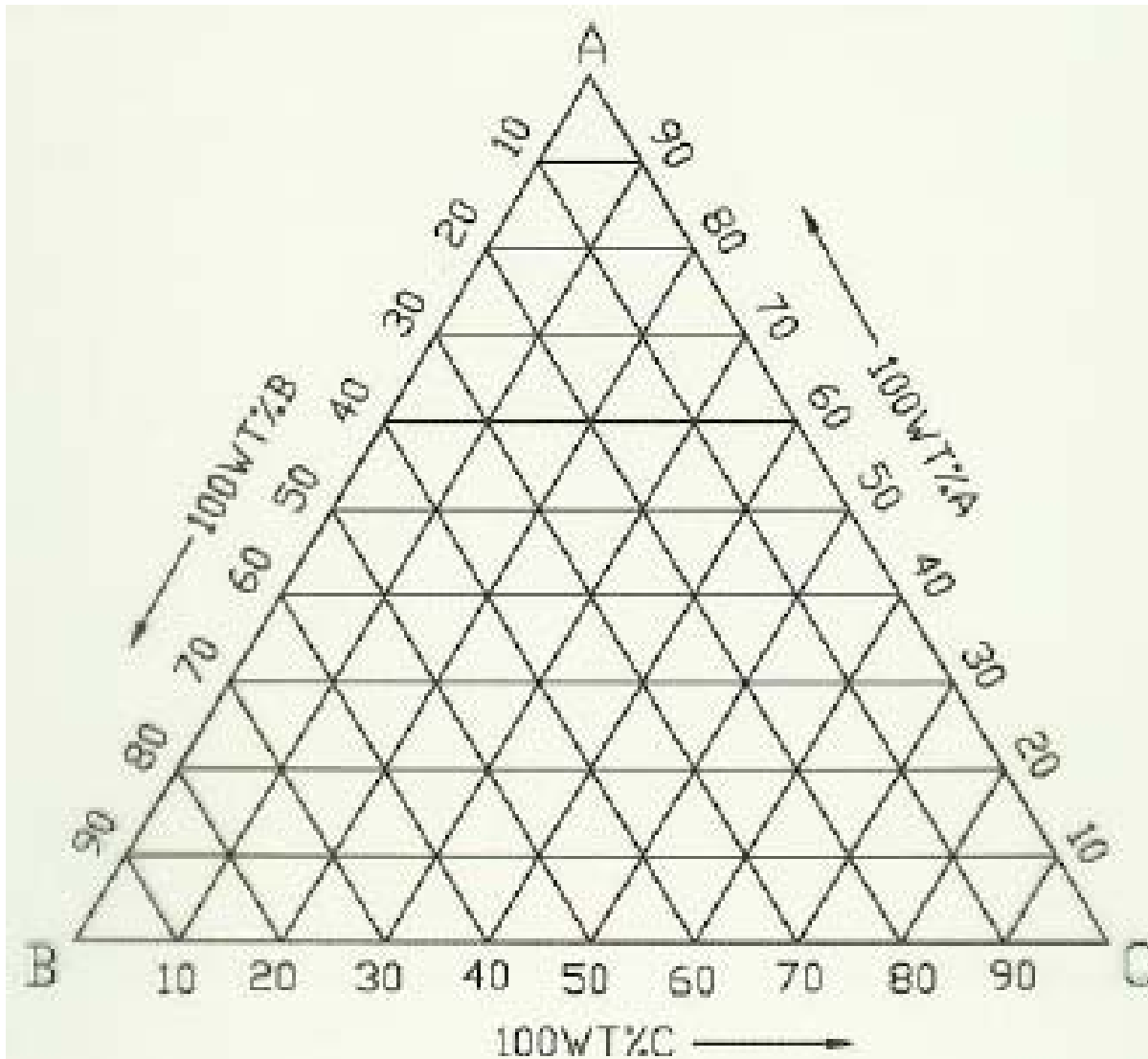
La concentración de cada uno de los tres componentes puede ser expresada ya sea mediante “wt. %” o “molar %”.

La suma de la concentración de los tres componentes debe llegar hasta 100%.

El triángulo de Gibbs es usado para determinar la composición general.

***Triángulo de Gibbs:* un triángulo equilátero sobre el cual los componentes puros están representados en cada esquina**

Triângulo de Gibbs



The Gibbs Triangle

Composición General 2

Existen tres formas de determinar la composición general

Metodo 1

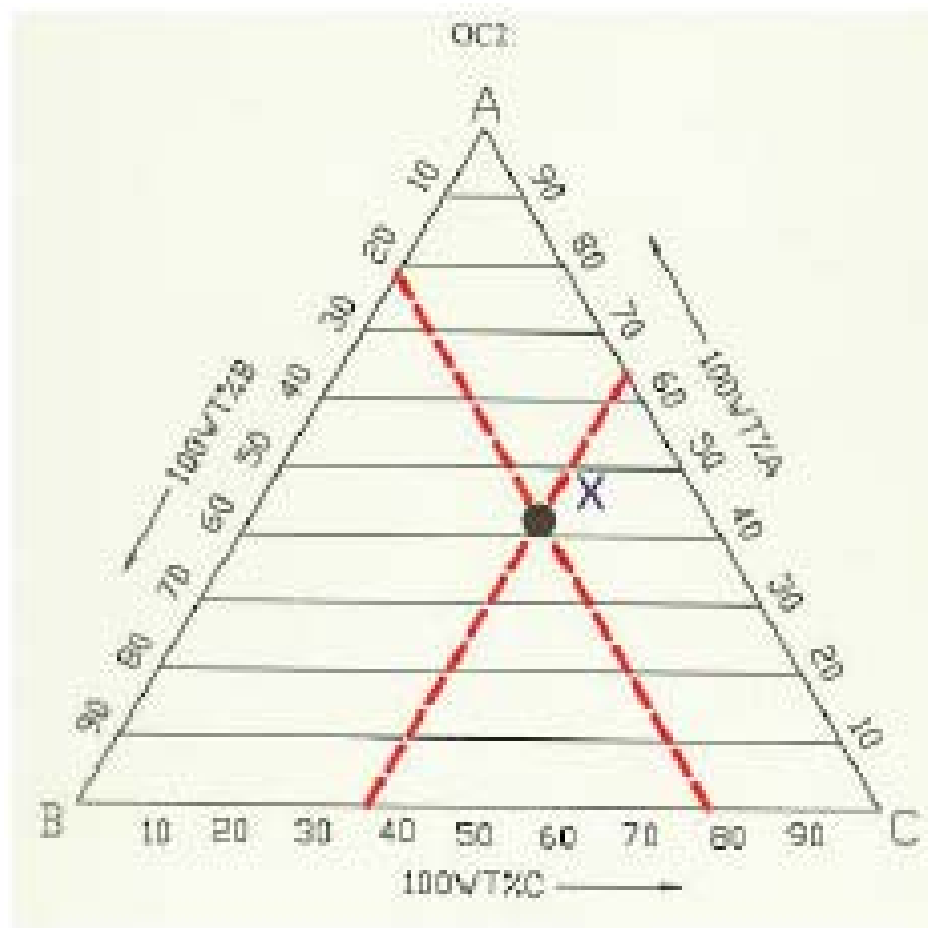
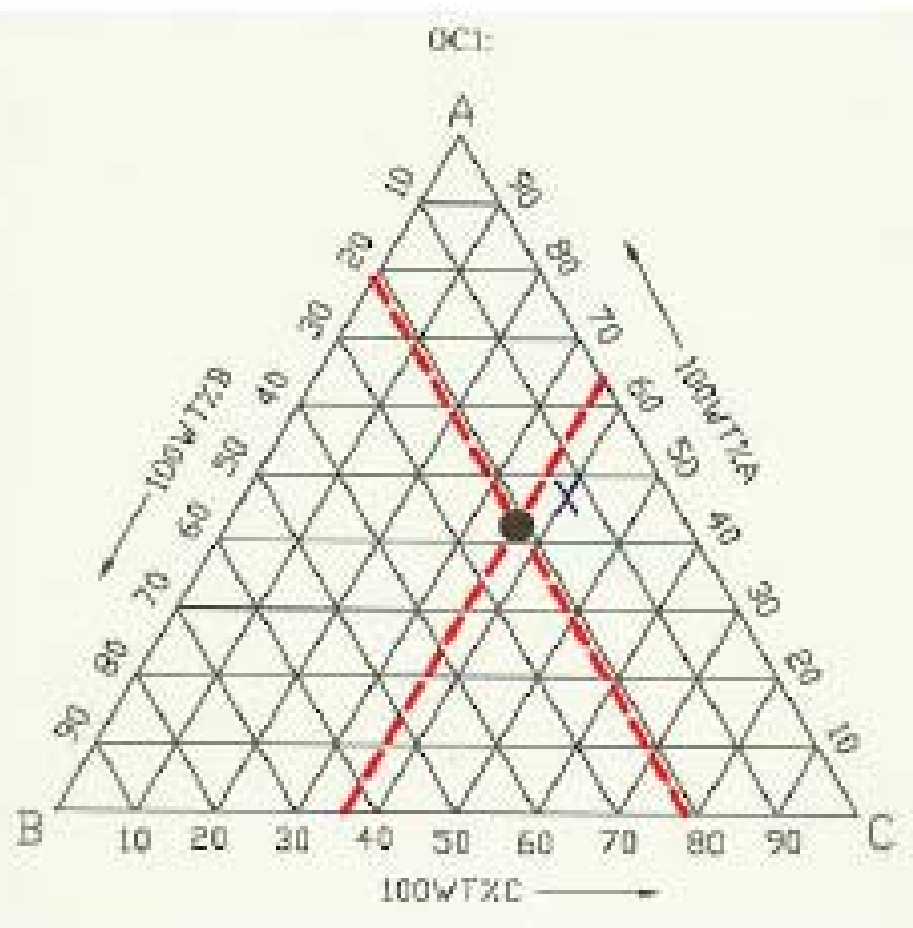
Ver figuras **OC1 OC2**

Sea la composición general representada por el punto **X**

Dibujar líneas a través de **X**, y paralelas a cada uno de los lados

El lugar en donde la línea **A'C'** intercepta al lado **AB** nos da la concentración del componente **B** en **X**

Las concentraciones de **A** y **C** en **X**, pueden ser determinadas de manera idéntica



Composición General 3

Metodo 2

Dibujar líneas a través de **X**, paralelas a cada uno de los lados del triángulo de Gibbs.

A'C' intercepta al lado **AB** en **A'**

B'C'' intercepta al lado **AB** en **B'**

La concentración de **B=AA'**

La concentración de **C=A'B'**

La concentración de **A=B'B**

Este metodo puede ser confuso y no es recomendable

Composición General 4

Metodo 3

Aplicación de la regla de la palanca inversa.

Dibujar lineas rectas desde cada esquina a través de **X**

$$\%A = \frac{AX}{AM}$$

$$\%B = \frac{BX}{BN}$$

$$\%C = \frac{CX}{CL}$$

Nota Importante:

Siempre determinar la concentración de los componentes independientemente, luego controlar que su suma sea del 100%

RATIOCMP

$$\%A = \frac{MX}{MA}$$

$$\%B = \frac{NX}{NB}$$

$$\%C = \frac{LX}{LC}$$

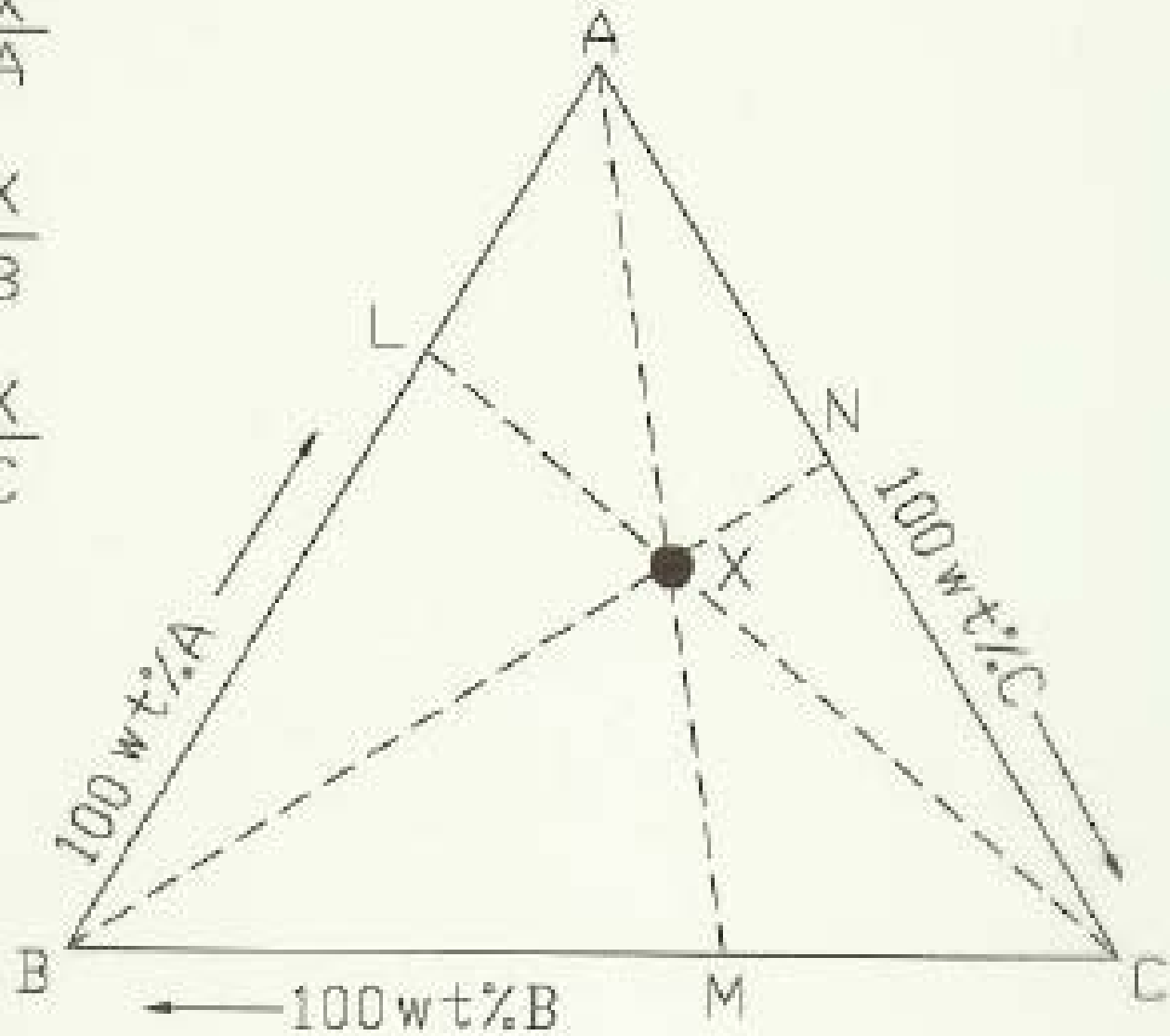


Diagrama Ternario Isomorfo

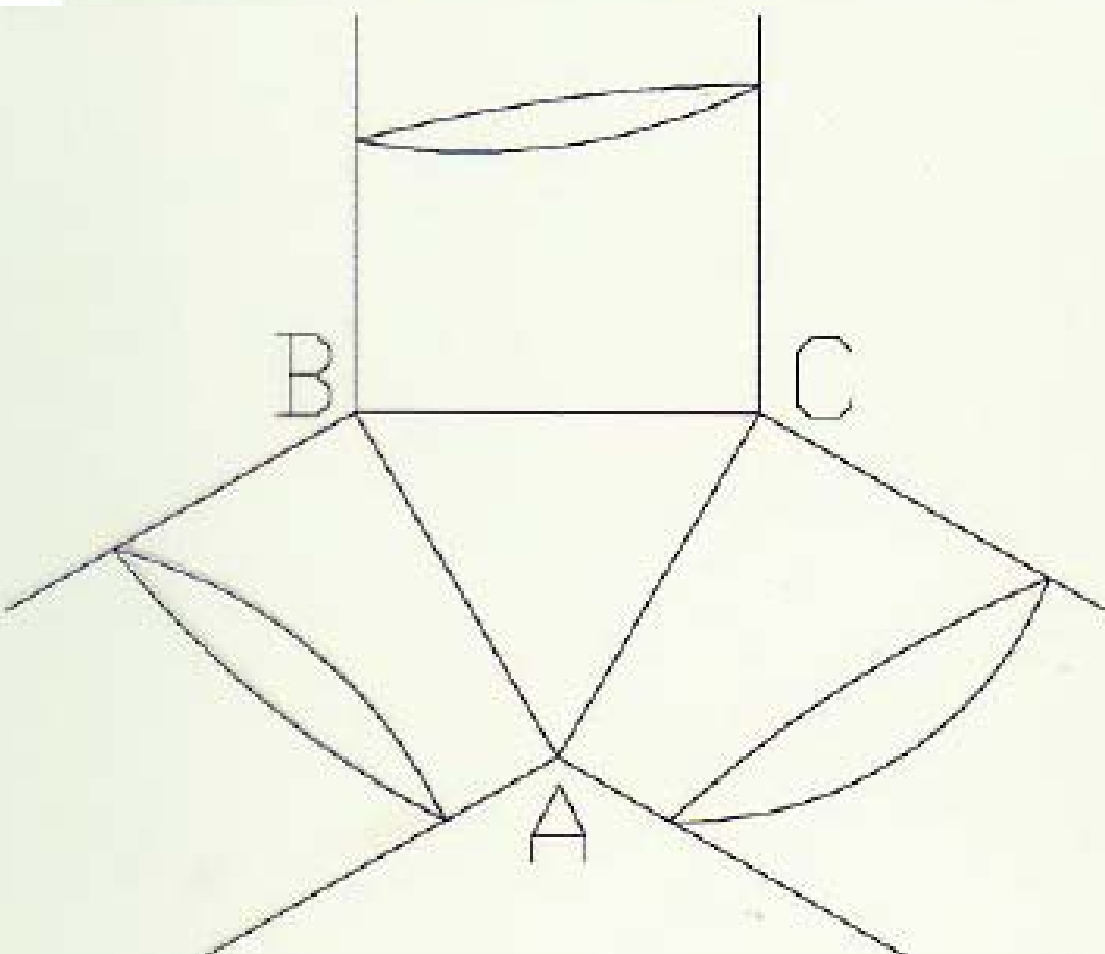
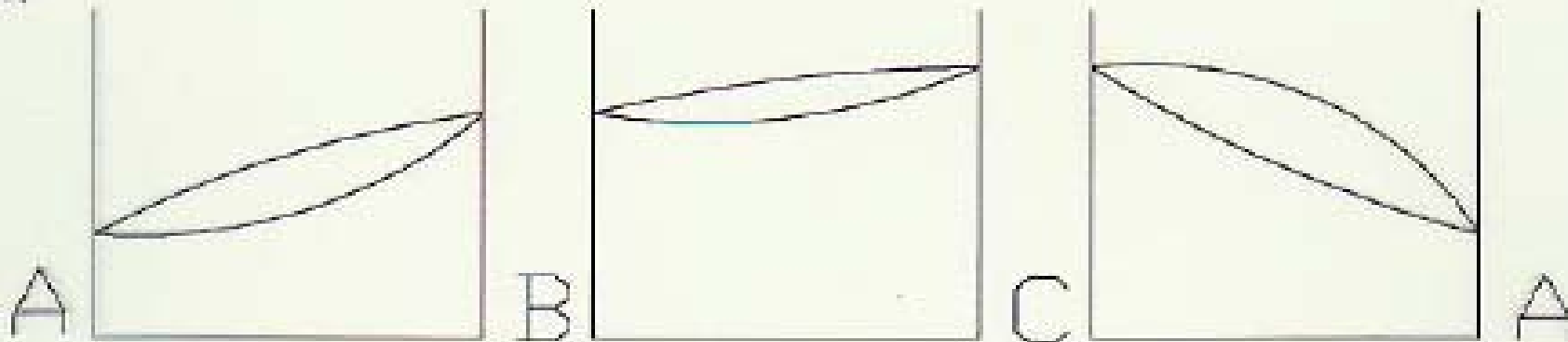


Sistema Isomorfo: un sistema (ternario en este caso) que posee sólo una única fase. Todos los componentes son totalmente solubles en los otros componentes. El sistema ternario está entonces, compuesto de tres sistemas binarios que exhiben solubilidad total.

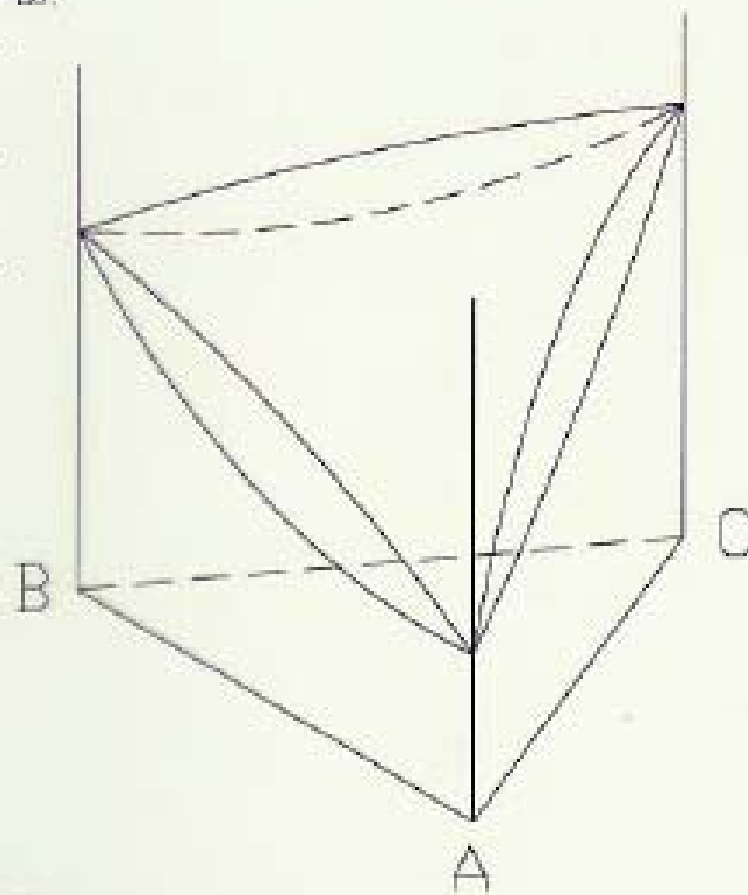
La Superficie Liquidus: Un gráfico de las temperaturas sobre la cual se forma un líquido homogéneo para cualquier composición general dada.

La Superficie Solidus: Un gráfico de las temperaturas debajo de la cual se forma una fase sólida (homogénea) para cualquier composición general dada.

B1:



B3:



B4:

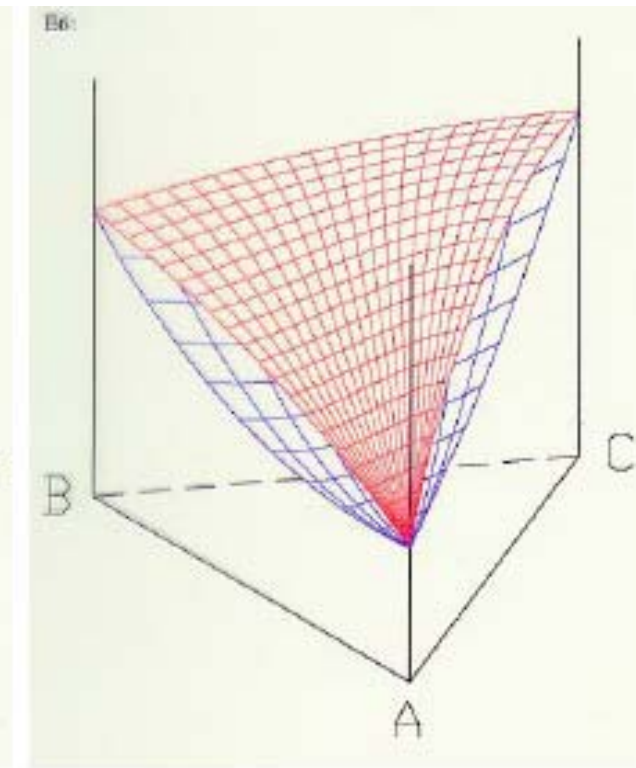
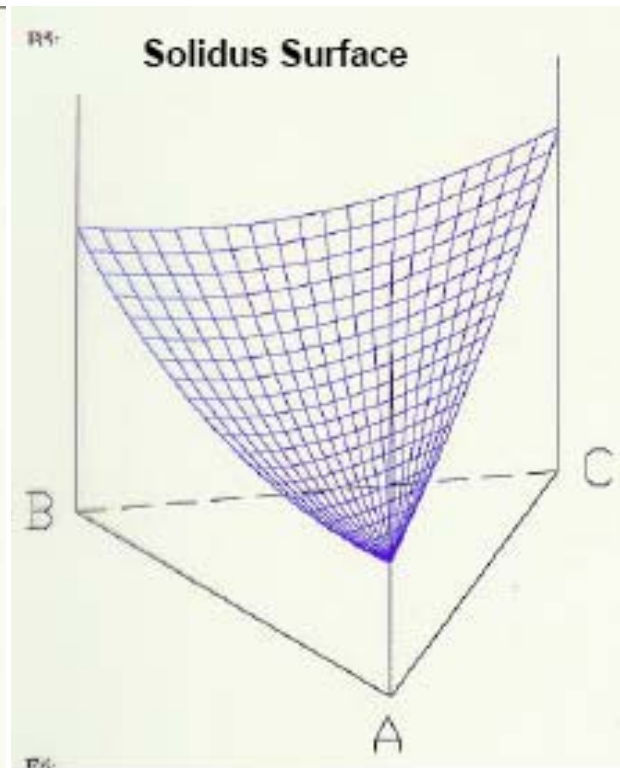
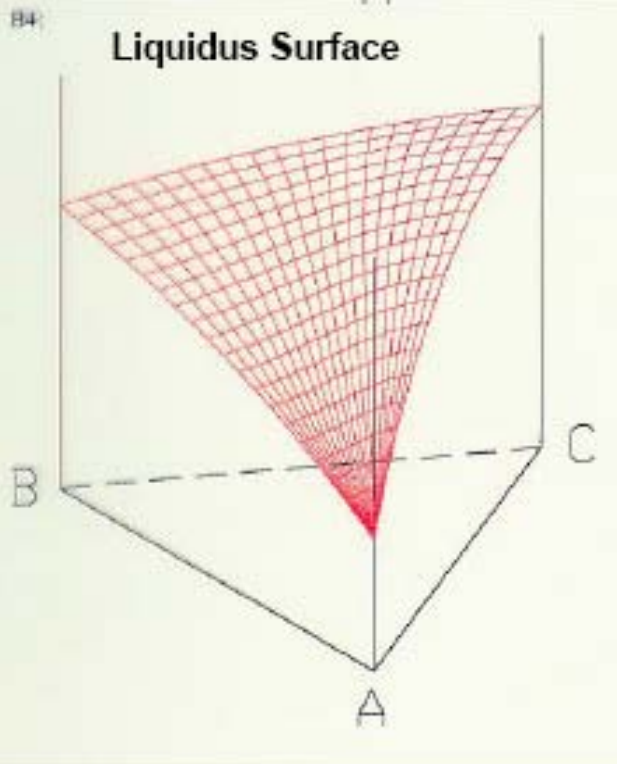
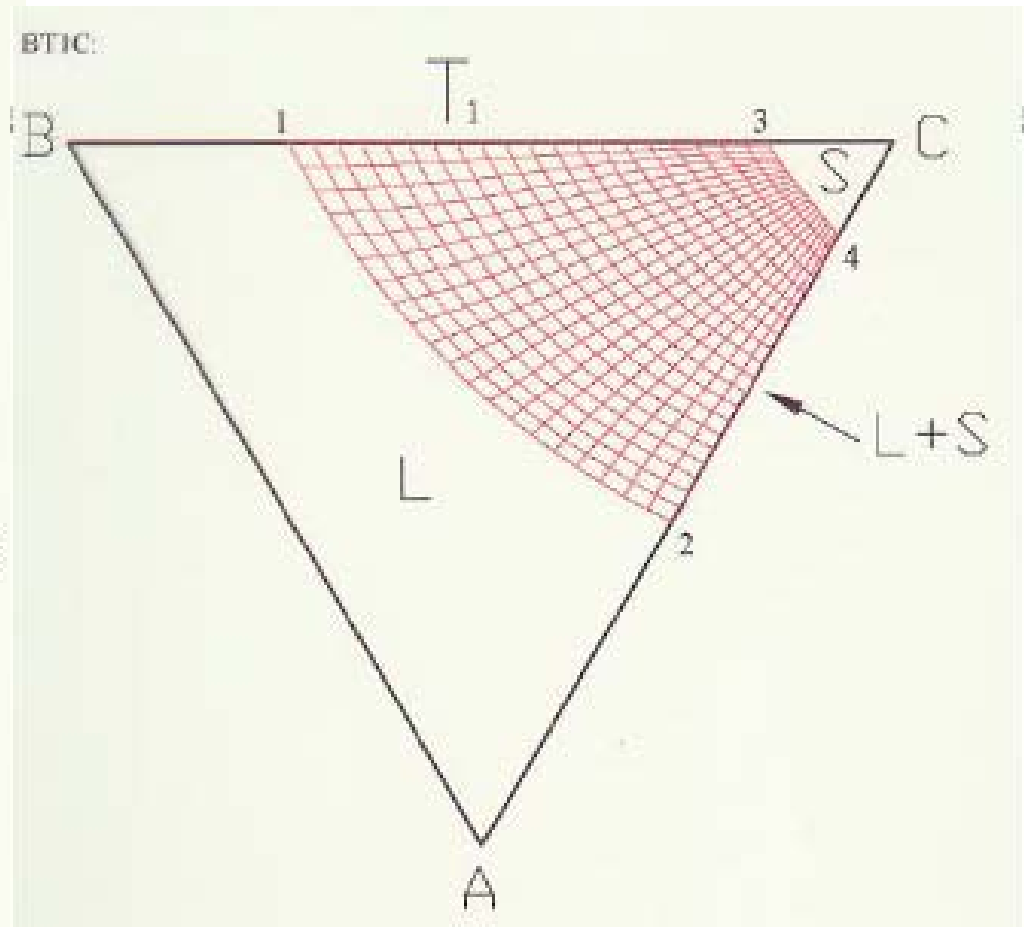
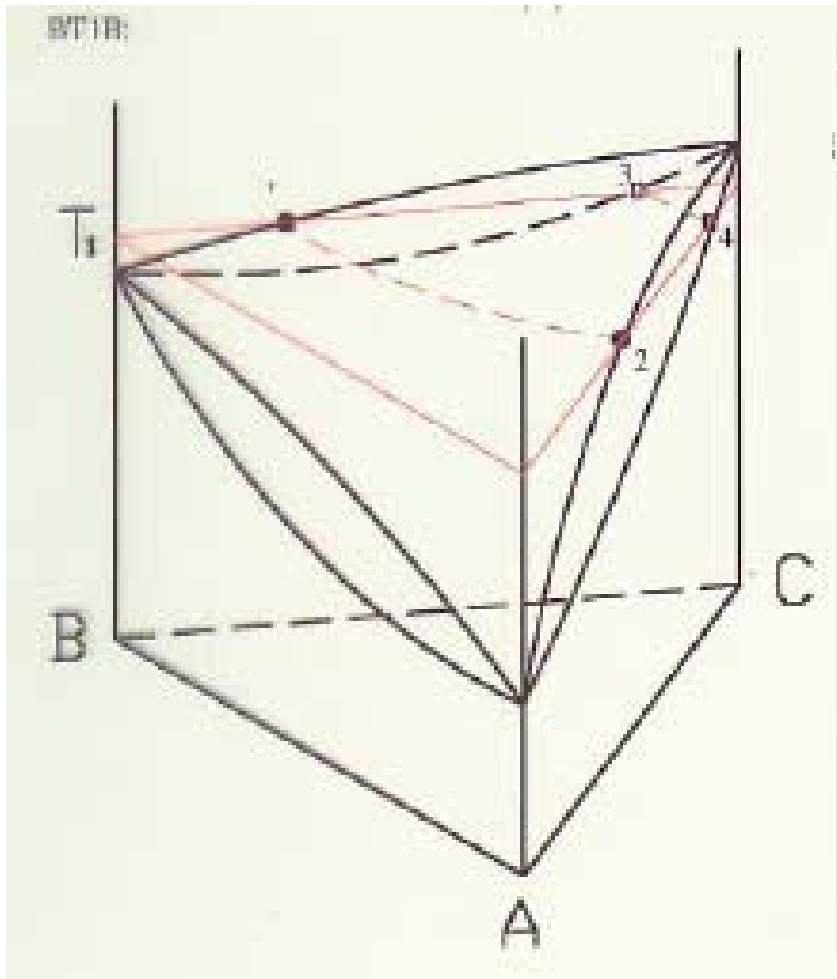
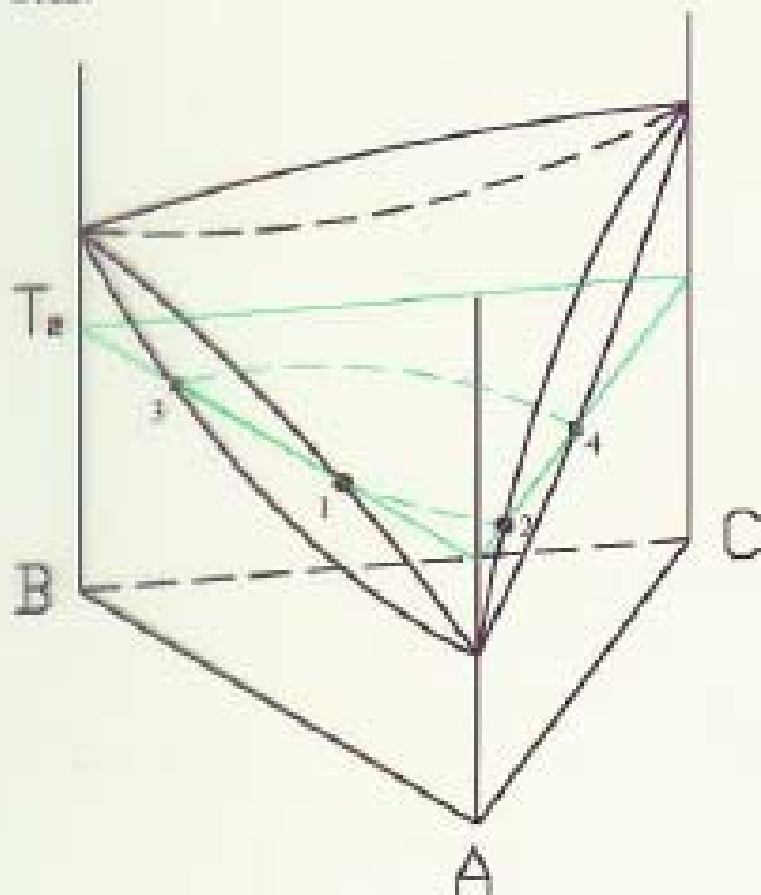


Diagrama Ternario Isomorfo

Sección Isotermica: un corte “horizontal” de un diagrama de fases ternario a una temperatura específica.



BT2B:



BT2C:

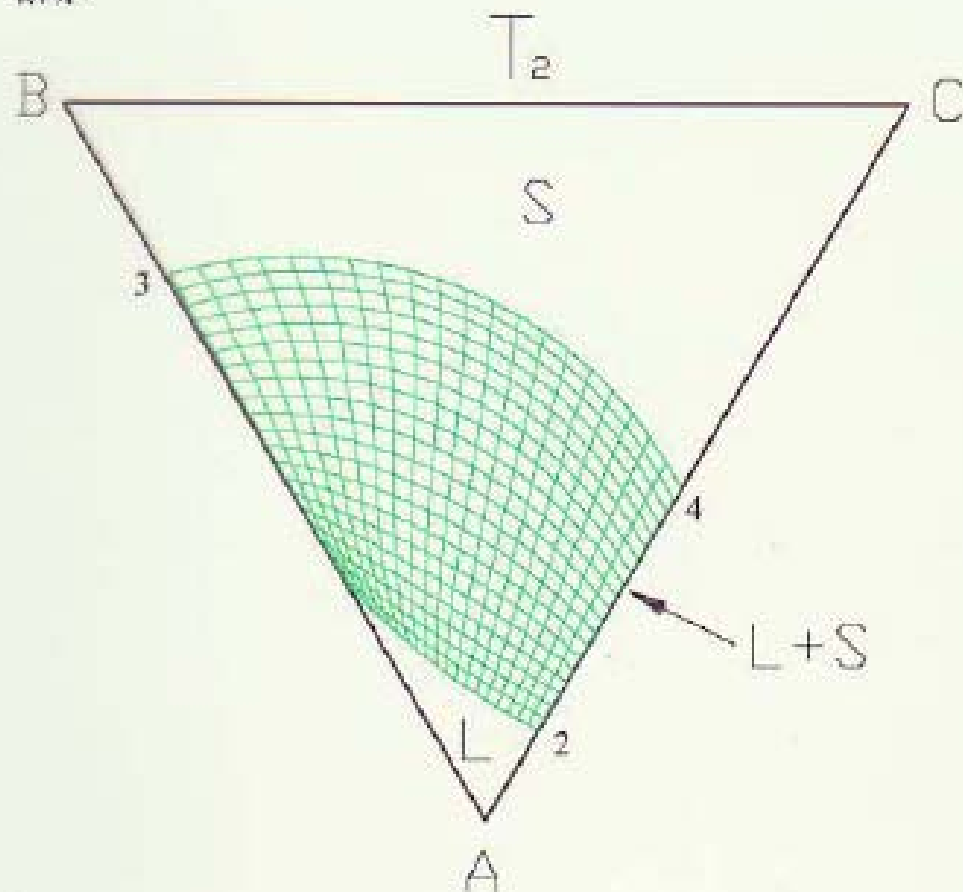


Diagrama Ternario Isomorfo



Determinación de:

(a) Composición química de las fases presentes

(b) Cantidad de cada fase presente

**Cuando la composición general está en una región
bifásica**

Diagrama Ternario Isomorfo



1. Localizar la composición general utilizando el triángulo de Gibbs
2. Dibujar la línea de lazo (Tie Line) pasando a través de **X**, para interceptar los límites de fases en **Y** y **Z**.
3. La composición química de la fase líquida está dada por la localización del punto **Y** dentro del triángulo de Gibbs.
4. La composición química de la fase sólida está dada por la localización del punto **Z** dentro del triángulo de Gibbs.

Diagrama Ternario Isomorfo

Línea de Lazo: Una línea recta que une dos composiciones ternarias cualquiera.

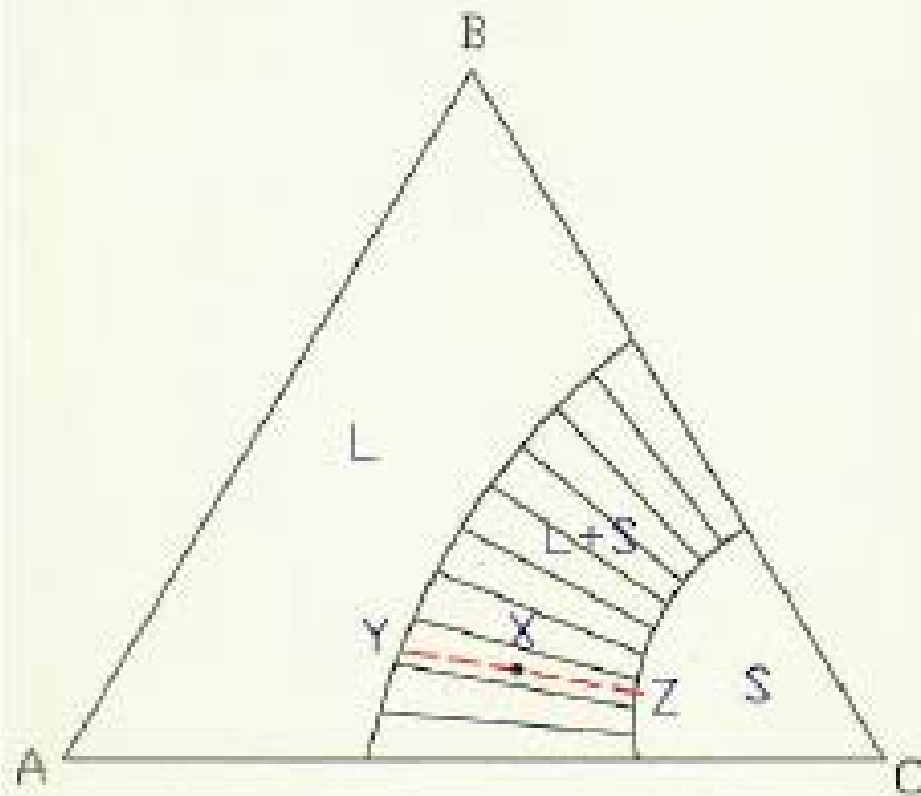
La cantidad de cada fase presente está determinada a partir de la utilización de la regla de la palanca inversa.

5. Fracción de sólido: **YX/YZ**

6. Fracción de líquido: **YX/YZ**

Diagrama Ternario Isomorfo

TRI1:



TRI2:

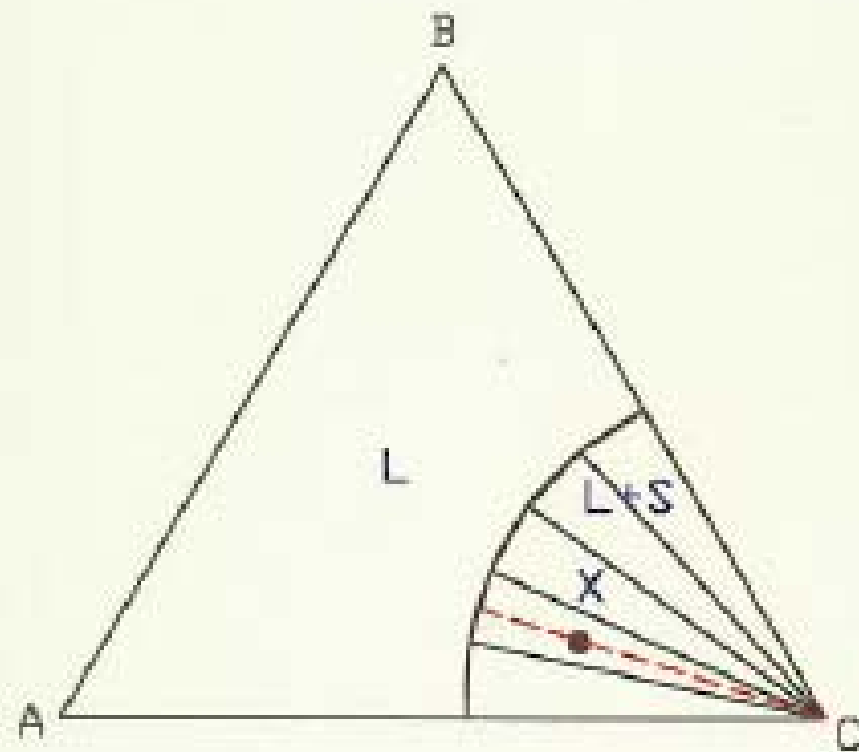


Diagrama Ternario Isomorfo



Dibujando las líneas de lazo en regiones bifásicas

- Las direcciones de las líneas de lazo varían gradualmente de una línea de lazo límite a la otra, sin cruzarse entre ellas.
- las líneas de lazo deben correr entre dos regiones monofásicas
- Excepto por las dos líneas de lazo límites, éstas no apuntan necesariamente hacia las esquinas del triángulo composicional.

Sistema Eutéctico Ternario

(Sin solubilidad sólida)

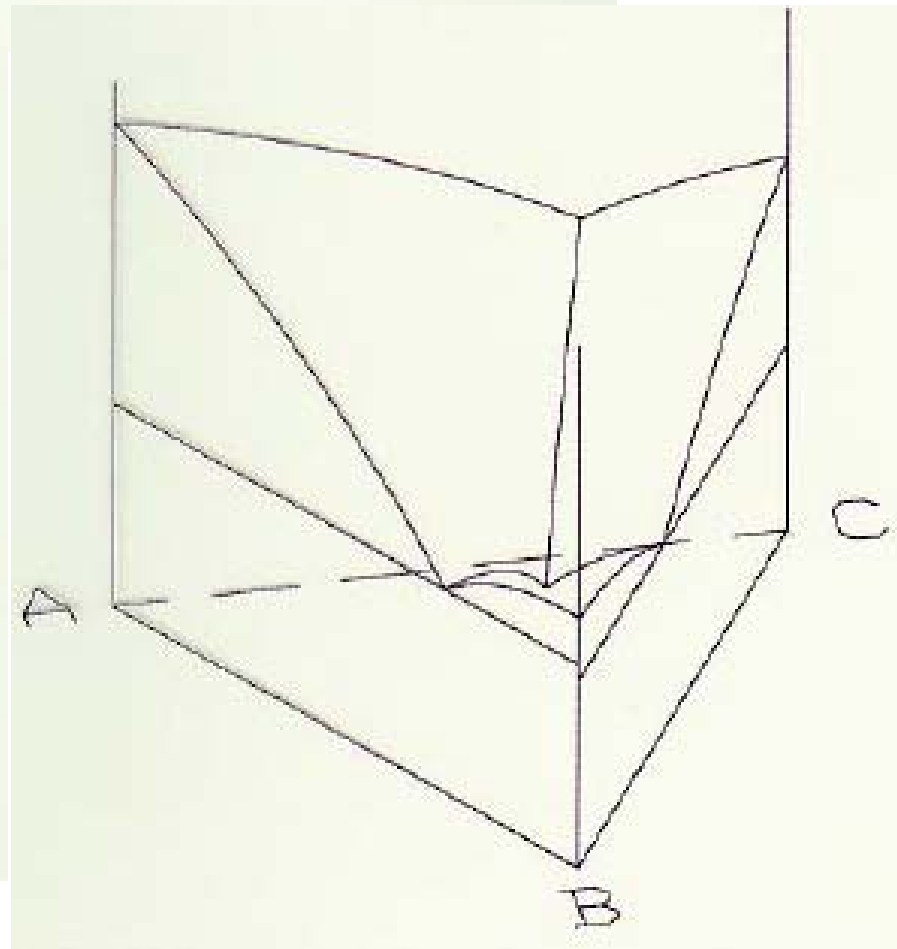
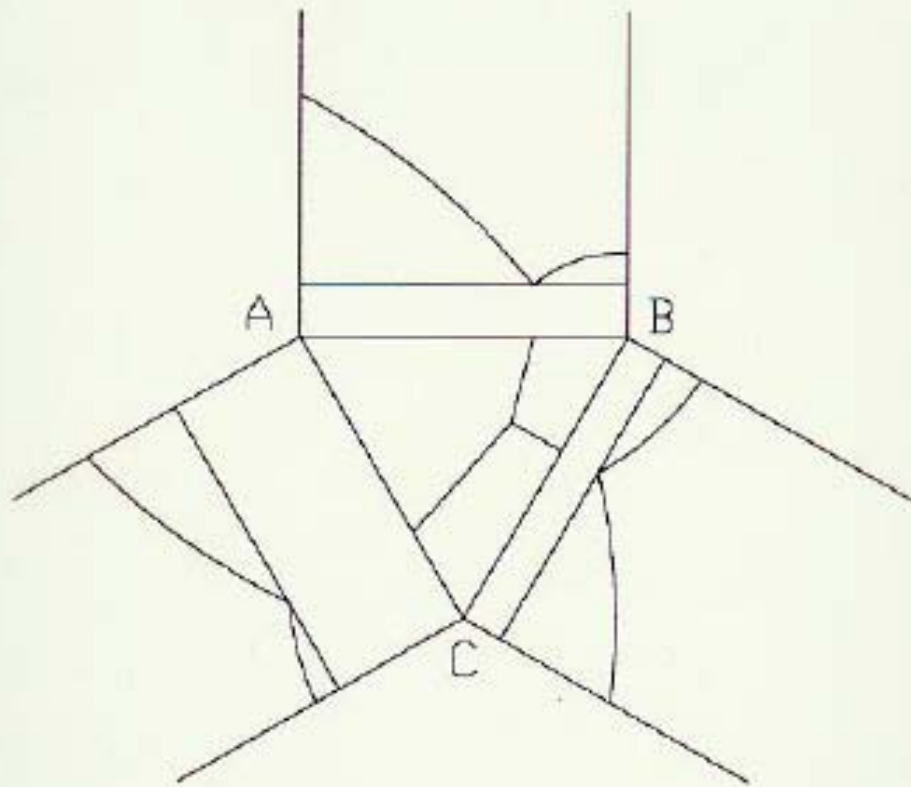
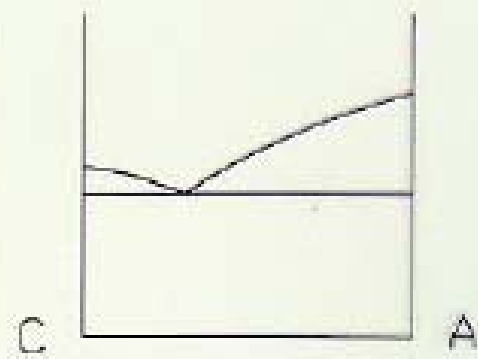
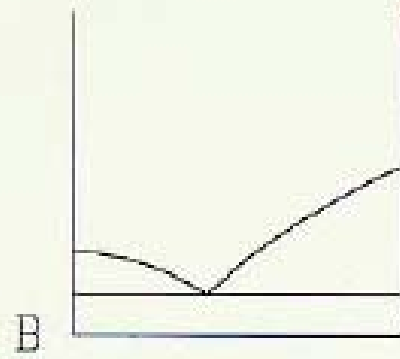
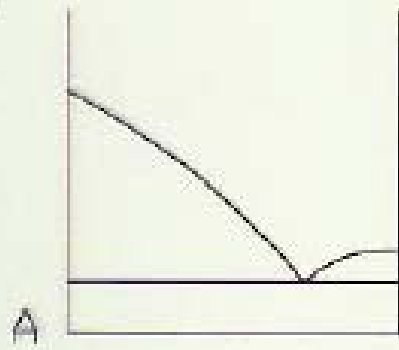
La reacción eutéctica ternaria:

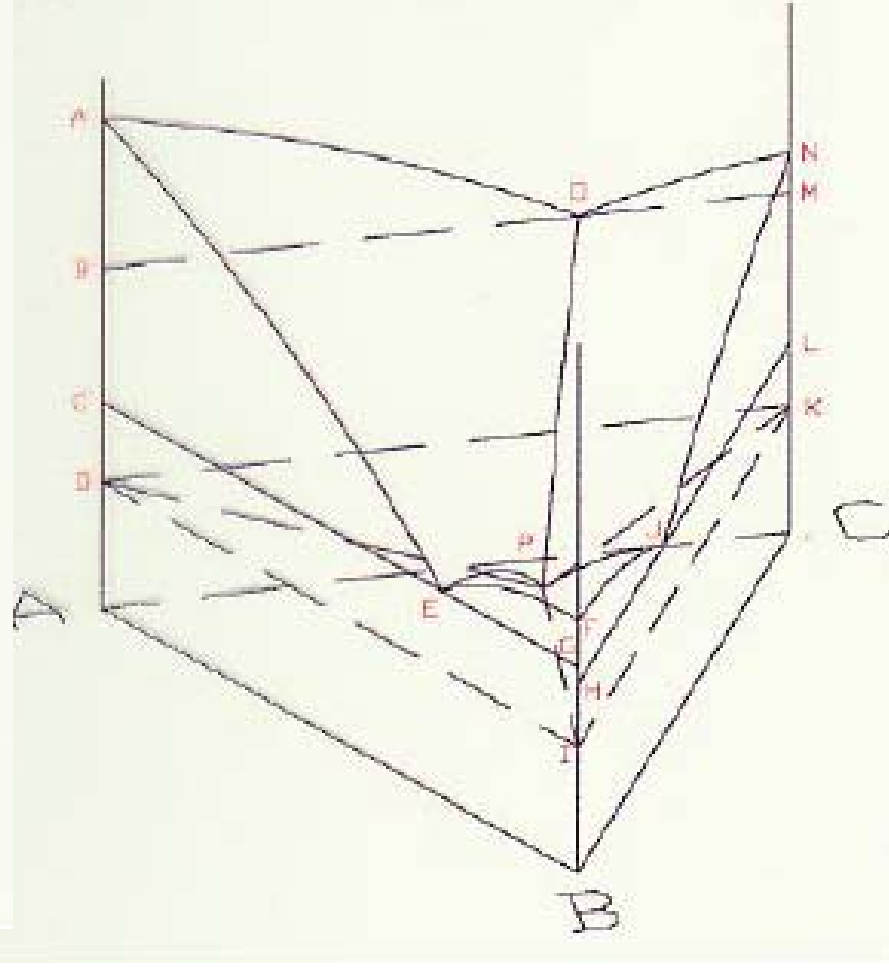
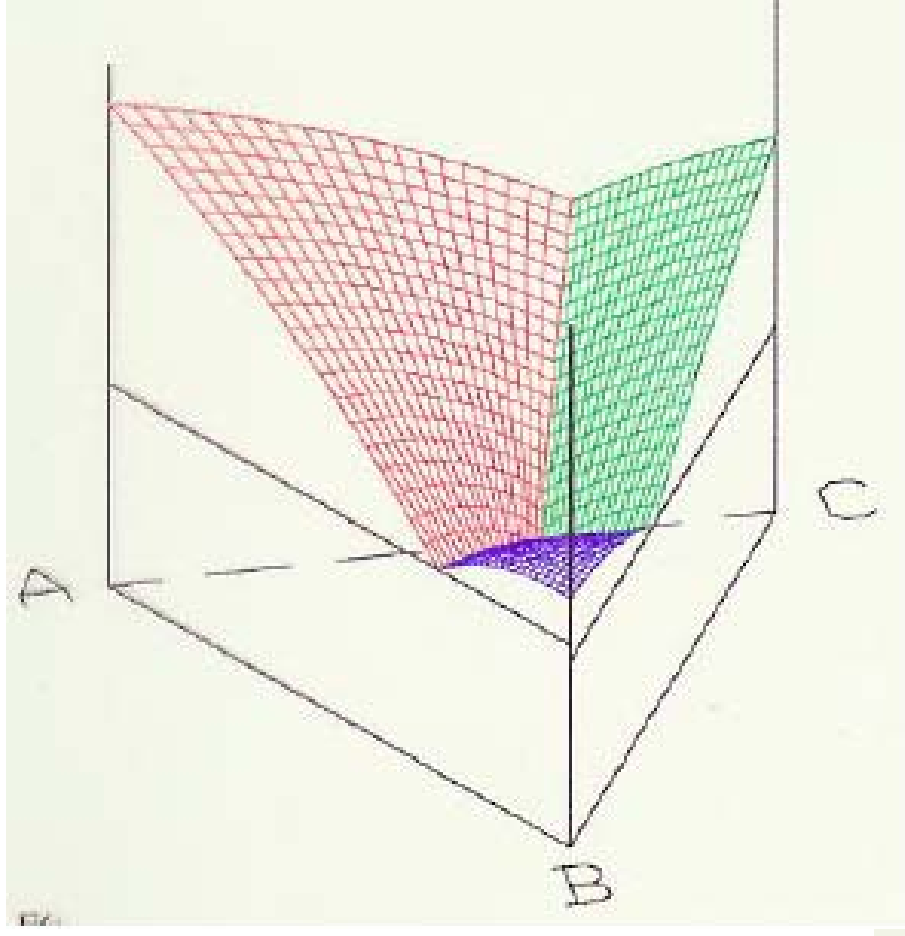


Una fase líquida solidifica en tres fases sólidas separadas

Está compuesto de tres sistemas eutécticos binarios, en donde ninguno presenta solubilidad sólida.

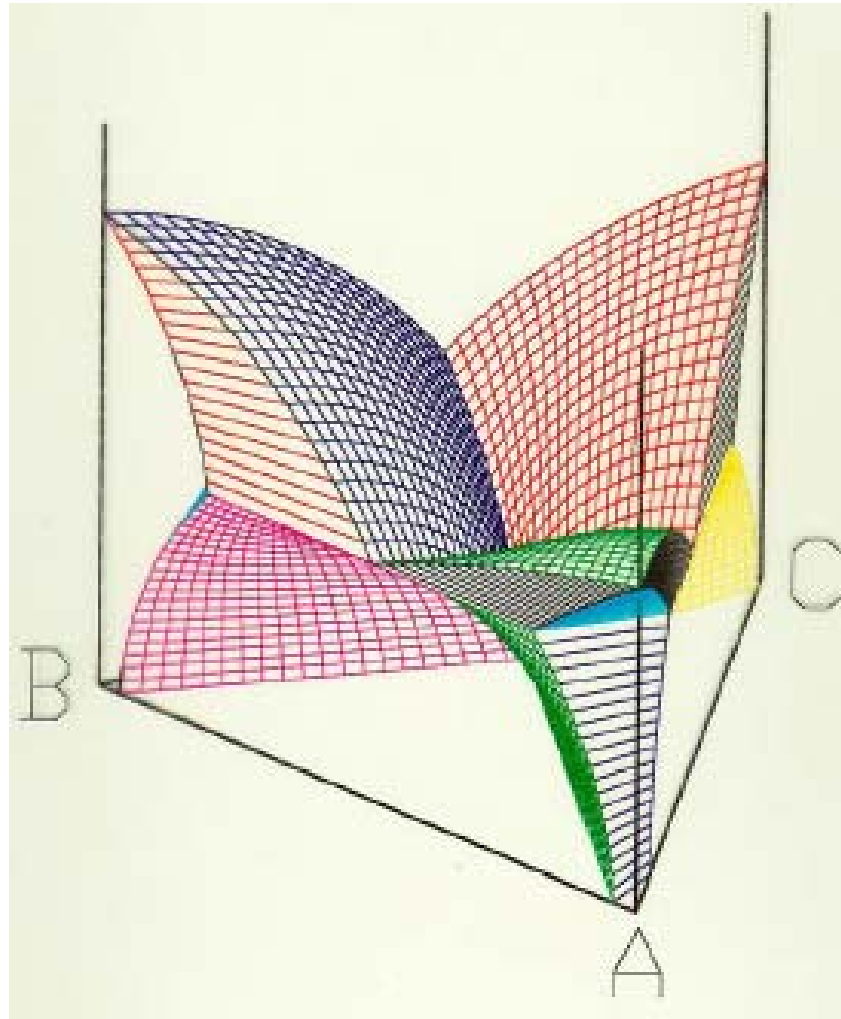
E1:

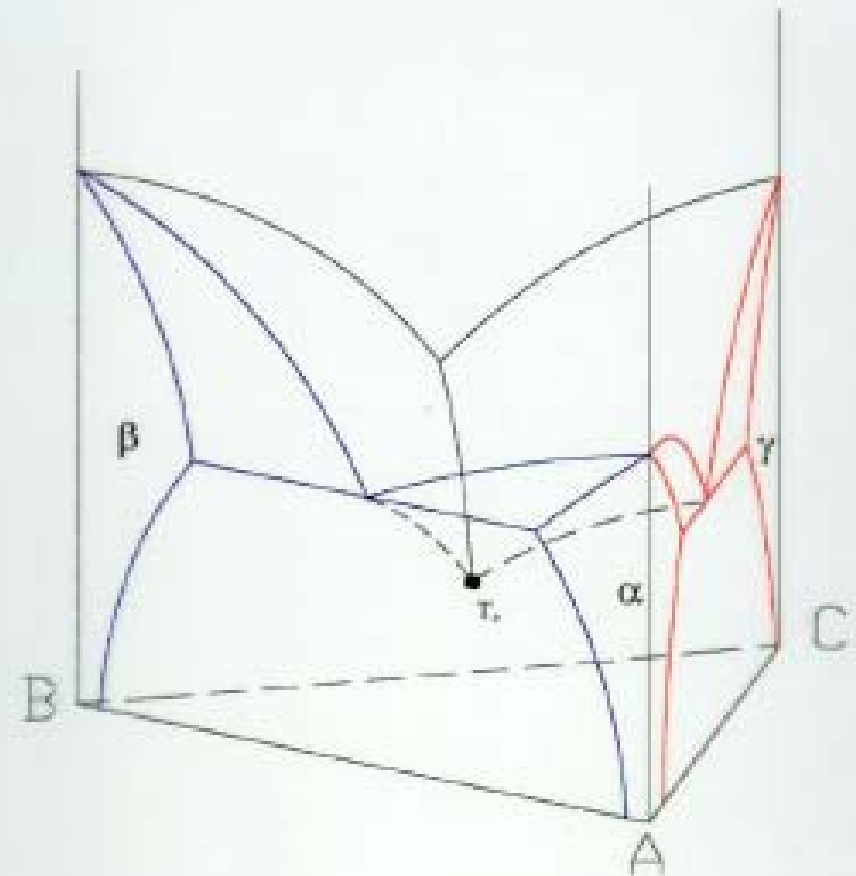
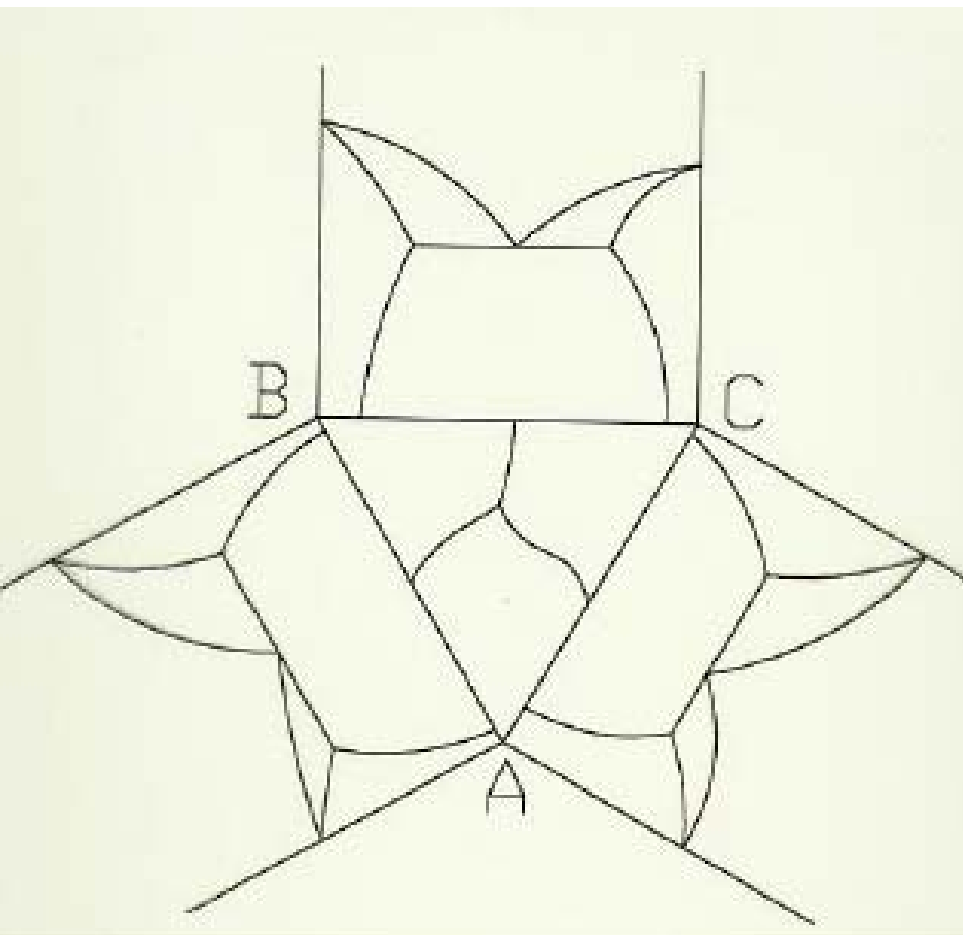
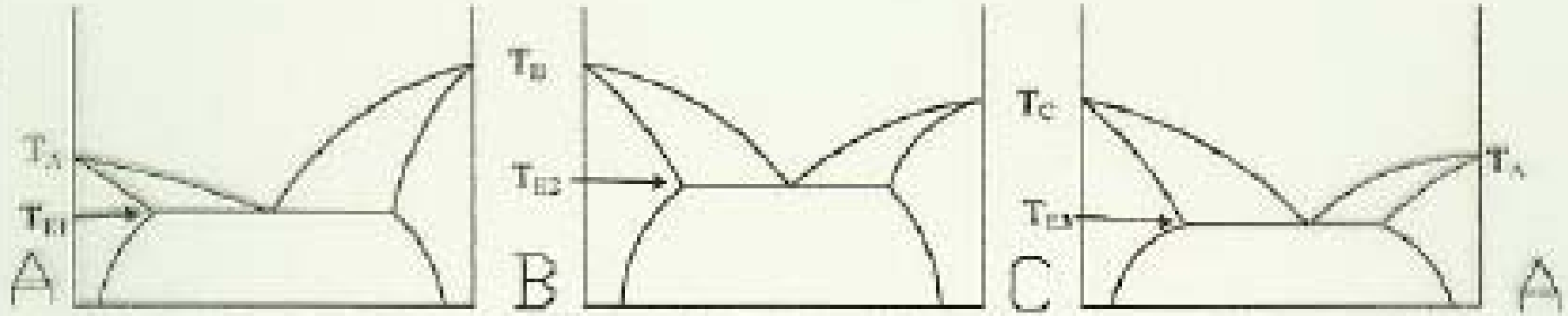




Sistema Eutéctico Ternario

(Con solubilidad sólida)

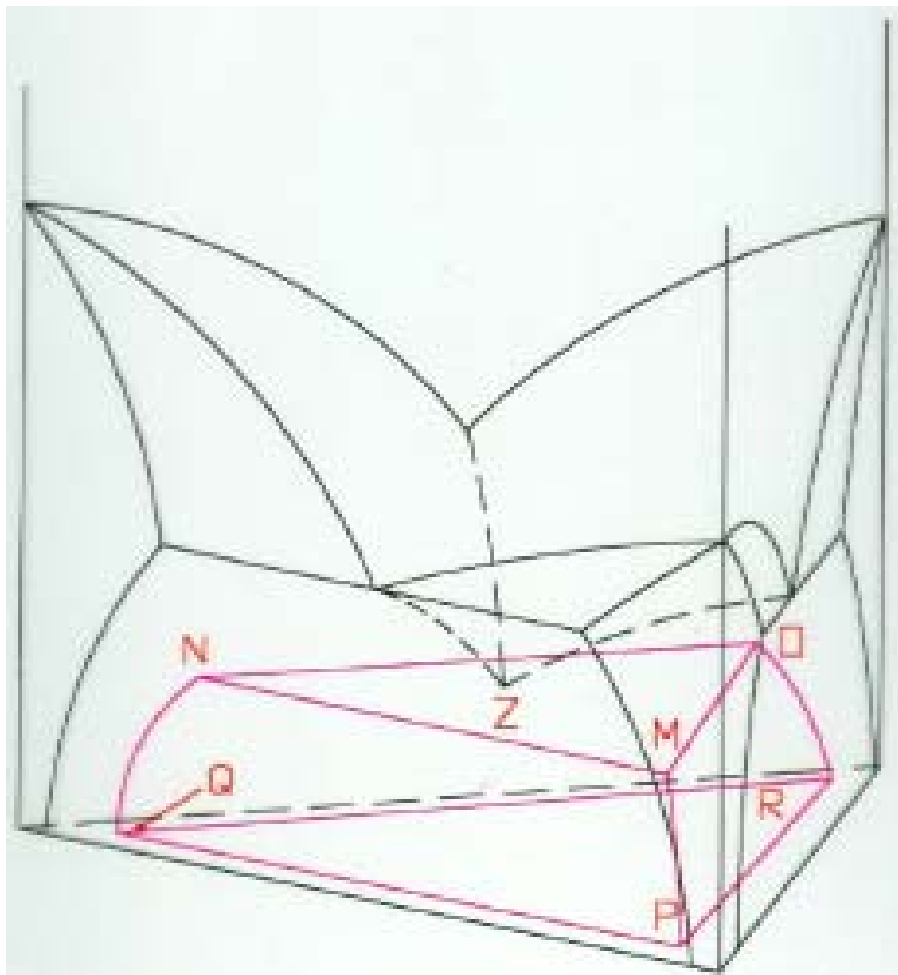




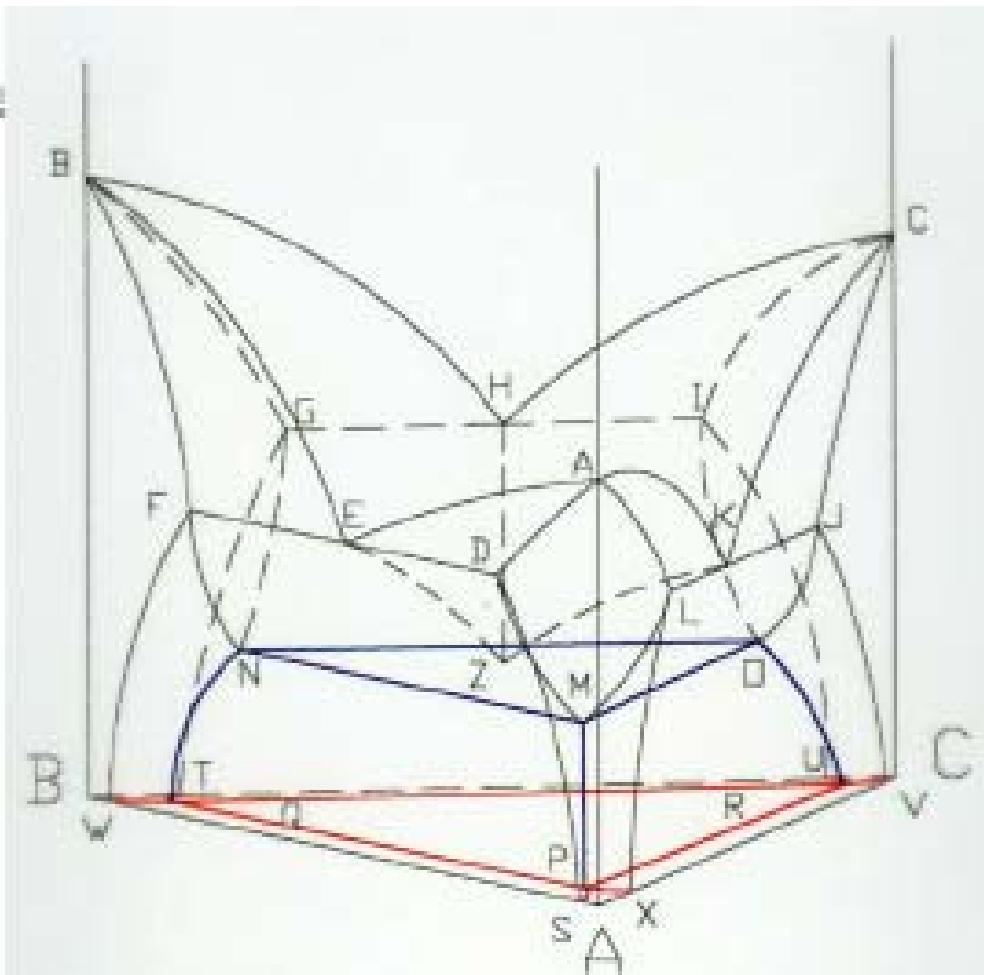
Main outline of Ternary Phase Diagram with Ternary Eutectic (T_E) and Solid Single Phase Regions Shown

Sistema Eutético Ternario

(Con solubilidad sólida)



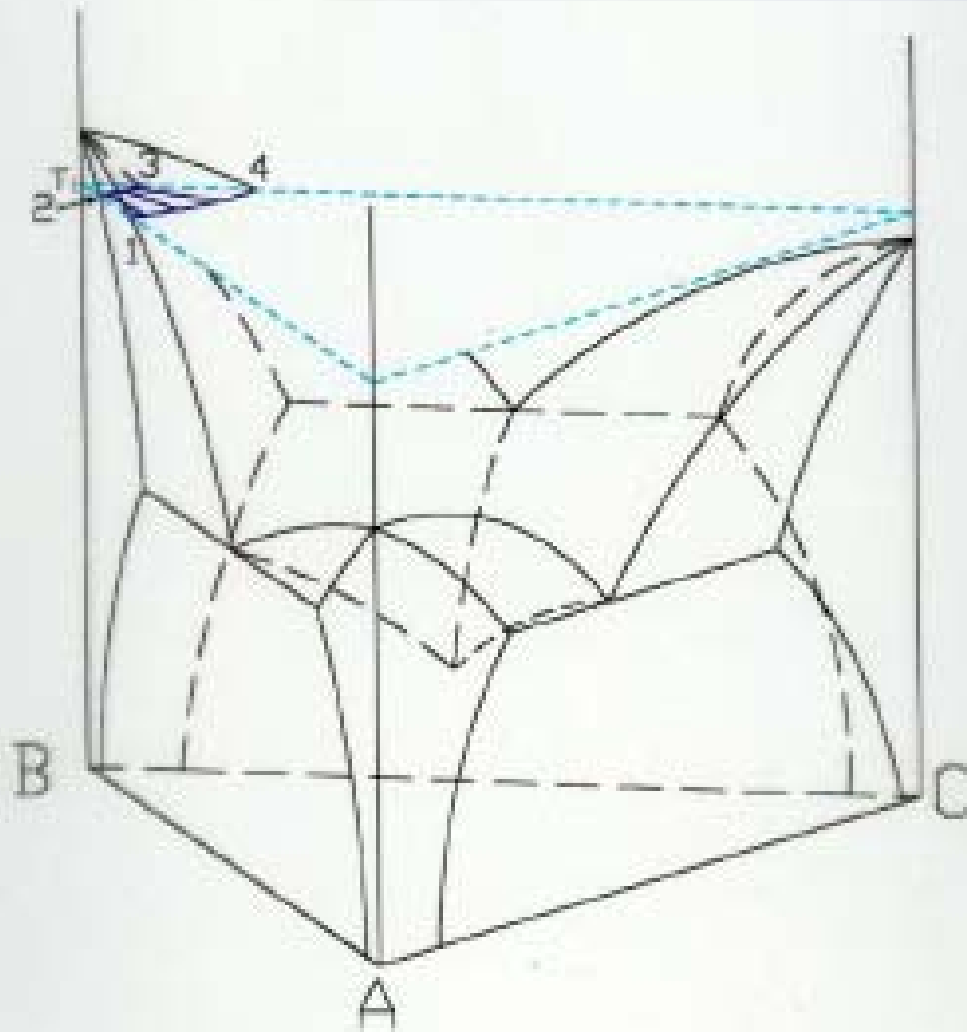
Three phase region that consists of $\alpha + \beta + \gamma$ (All Solids)



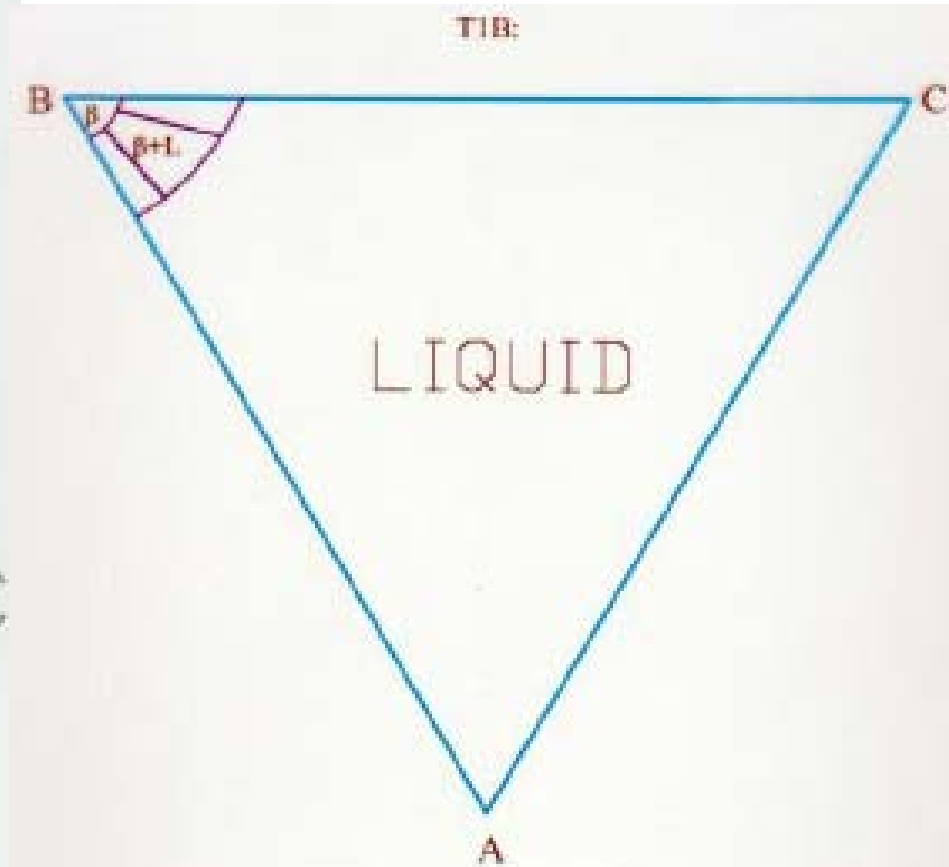
Ternary Phase Diagram with three phase region of $\alpha + \beta + \gamma$ outlined

Sistema Eutético Ternario

(Con solubilidad sólida)



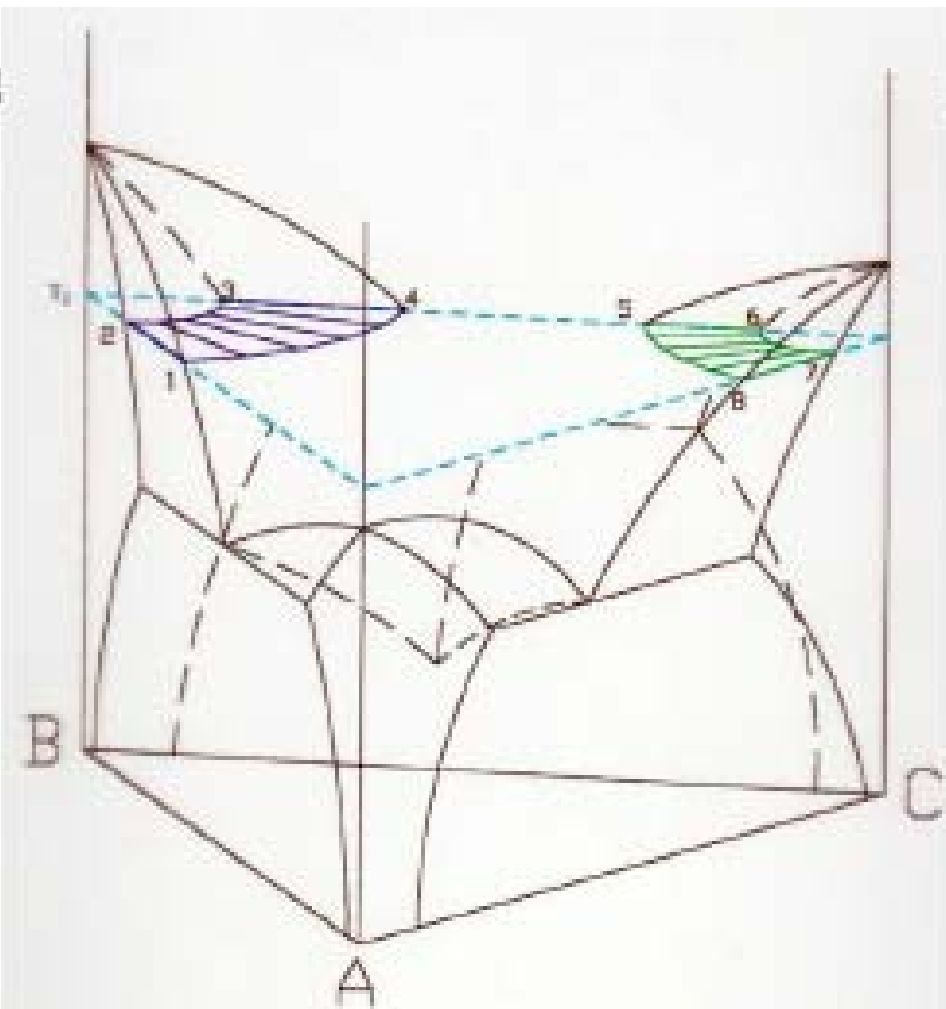
Temperature Slice At $T_1 < T_{IB}$ But $> T_A, T_C$



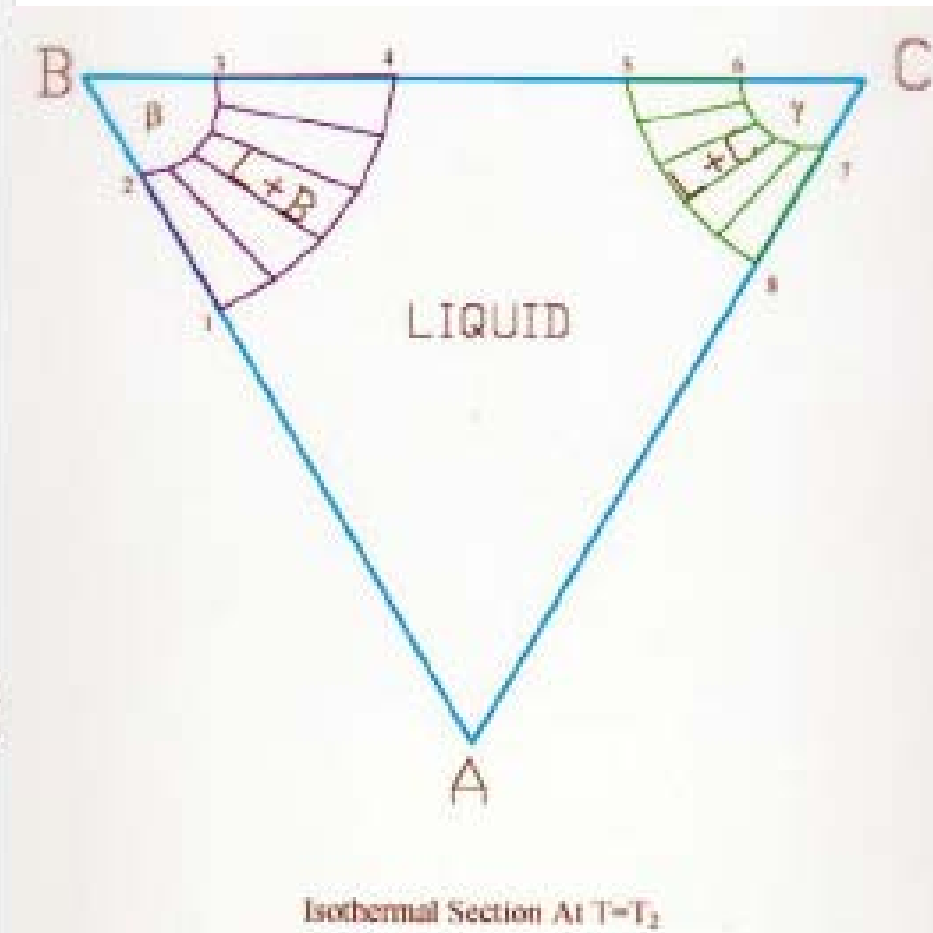
Isothermal Section At $T=T_1$

Sistema Eutético Ternario

(Con solubilidad sólida)



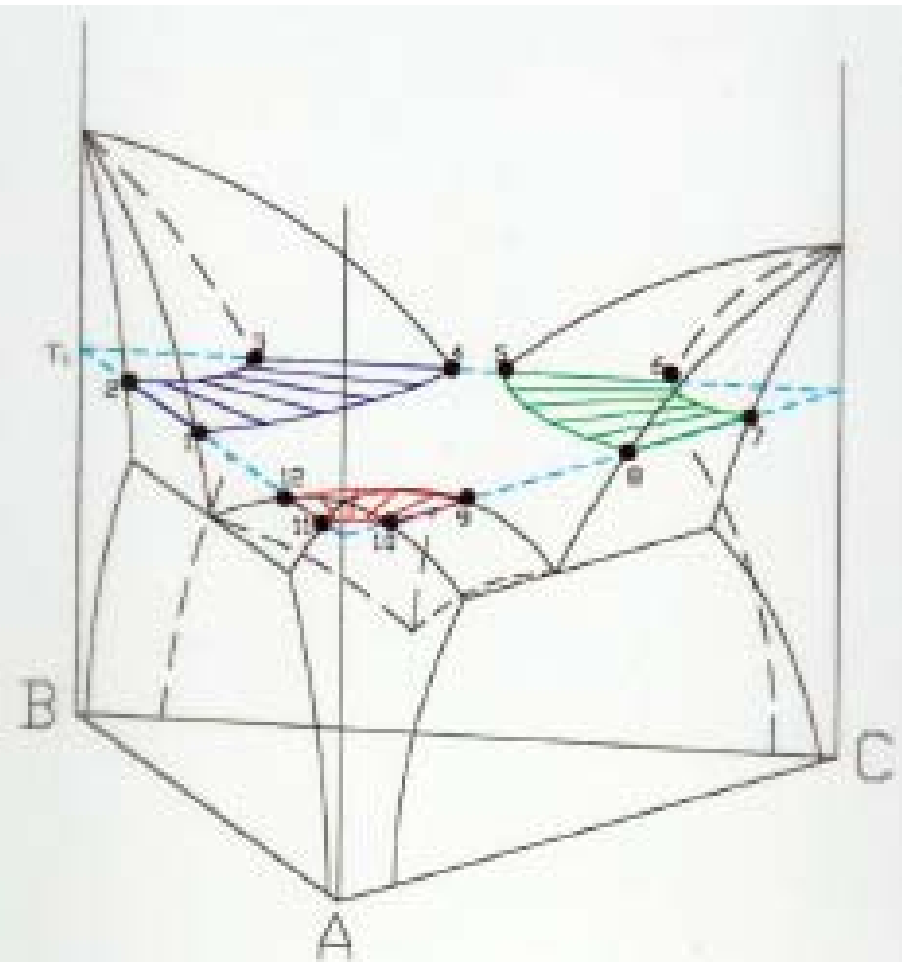
Temperature Slice At $T_1 > T_A$ But, $T_1 < T_B, T_C$



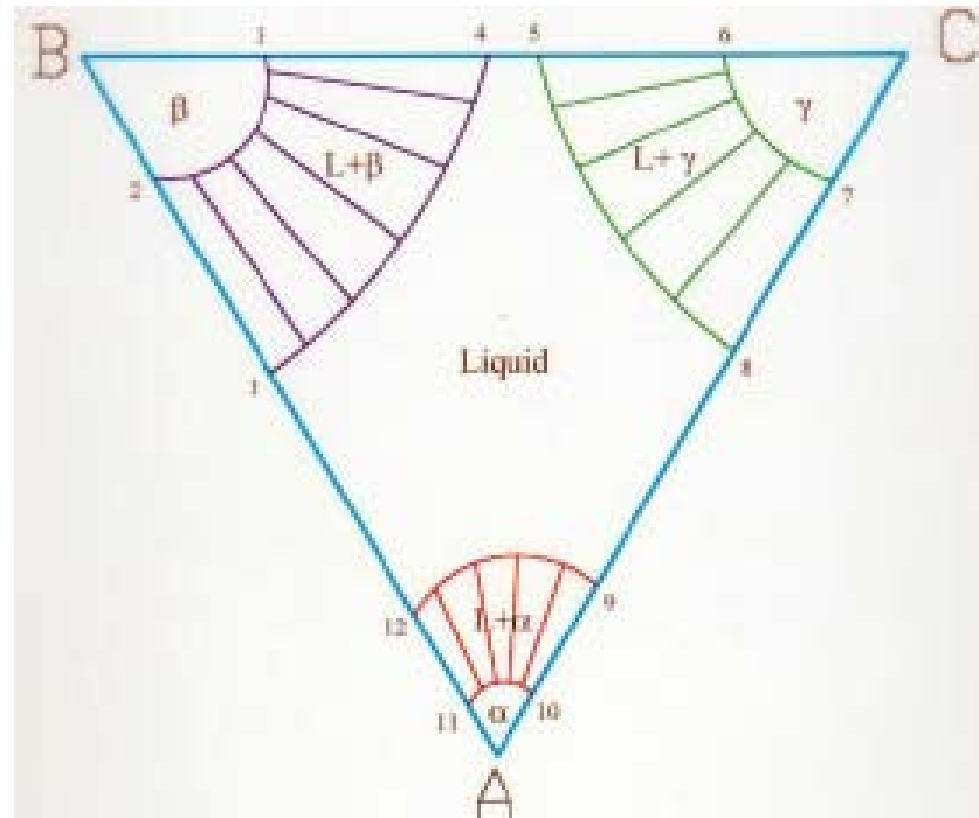
Isothermal Section At $T=T_2$

Sistema Eutético Ternario

(Con solubilidad sólida)



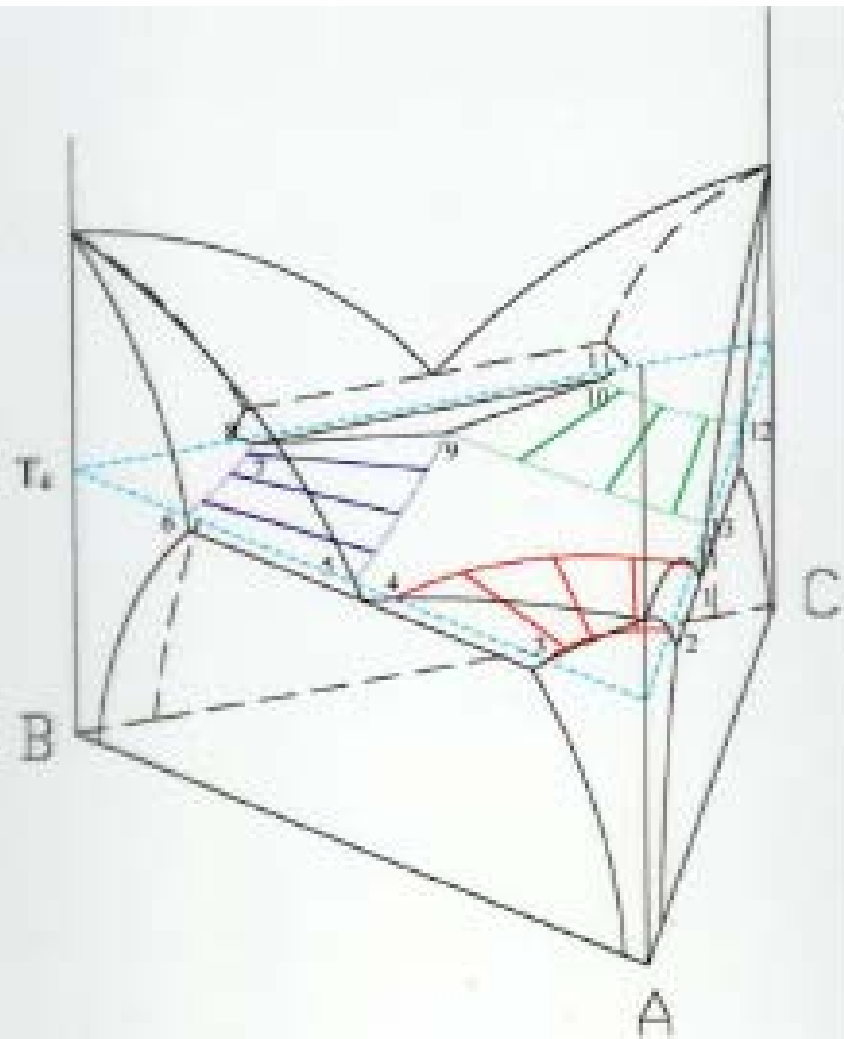
Temperature Slice At $T_1 < T_A, T_B, T_C$, But $T_1 > T_{E1}, T_{E2}, T_{E3}$



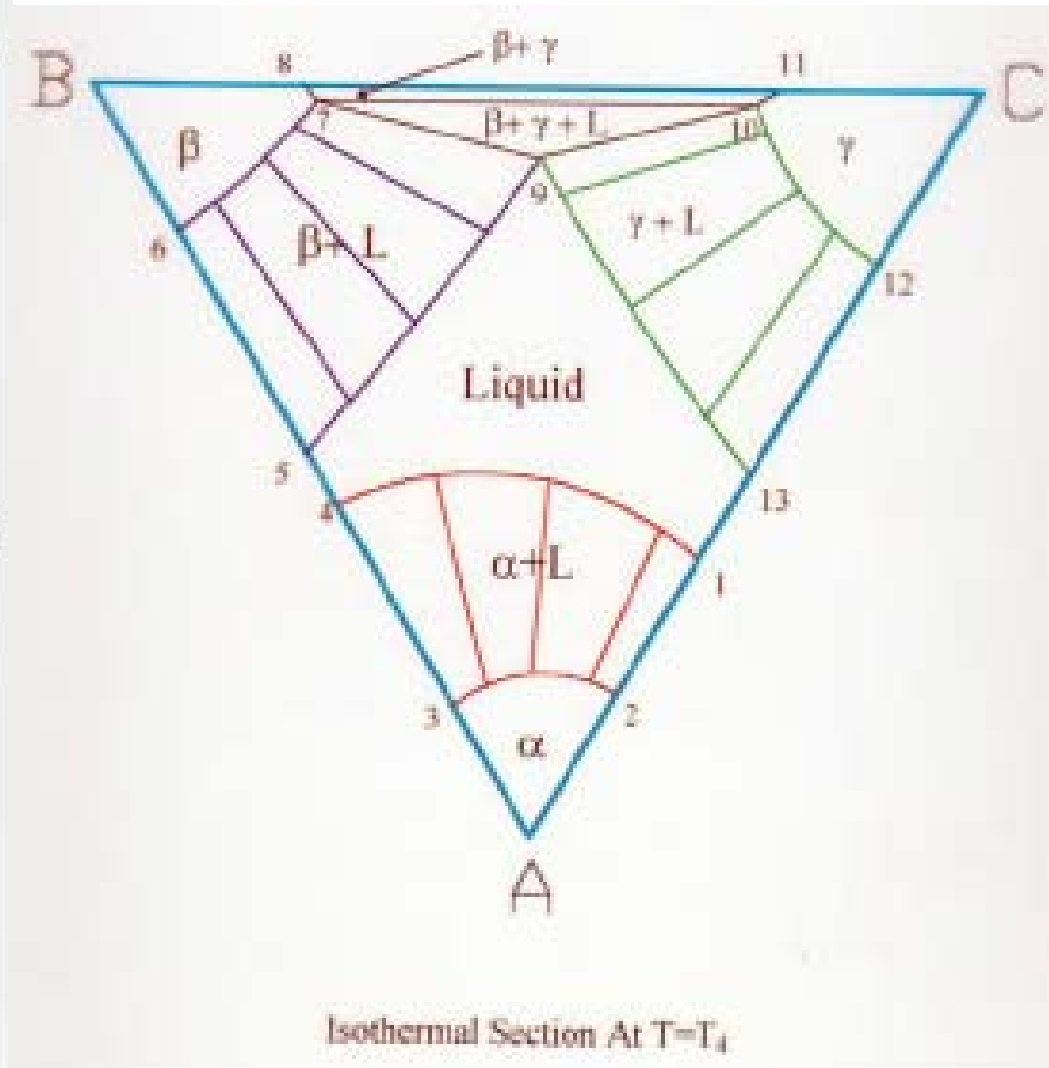
Isothermal Section At $T = T_1$

Sistema Eutéctico Ternario

(Con solubilidad sólida)

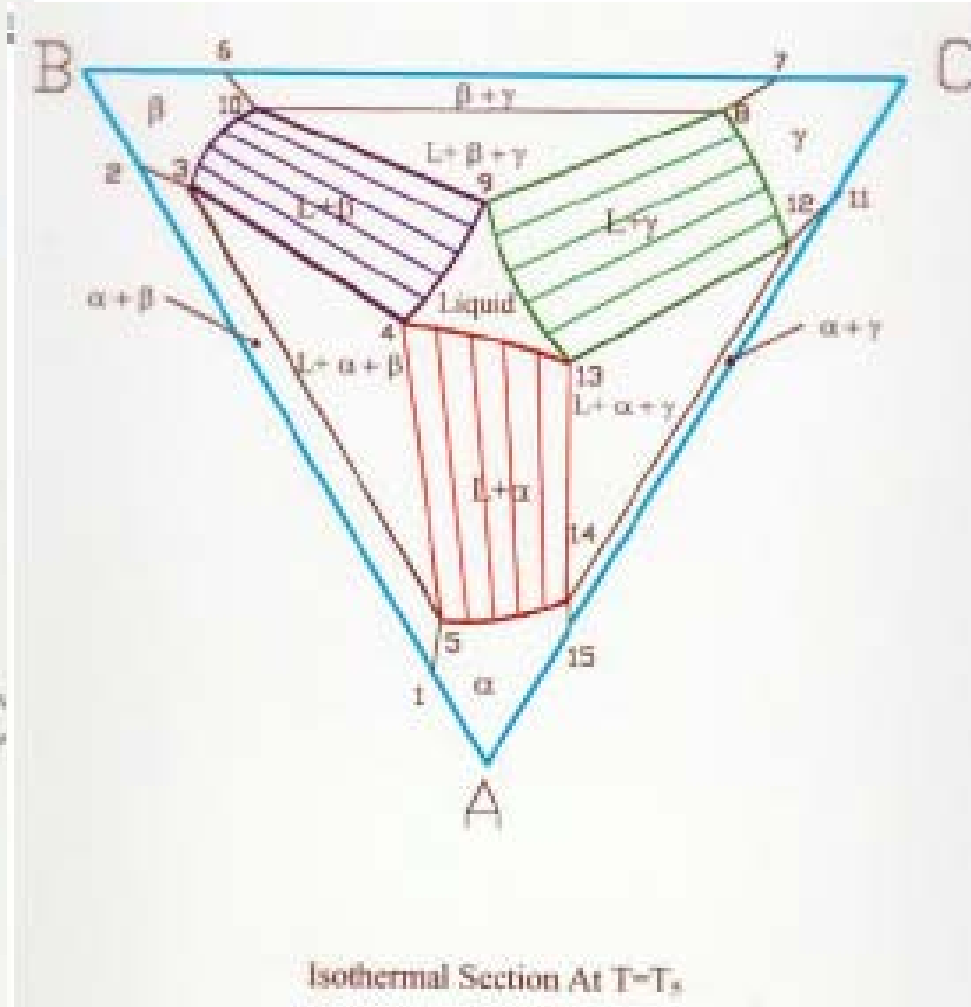
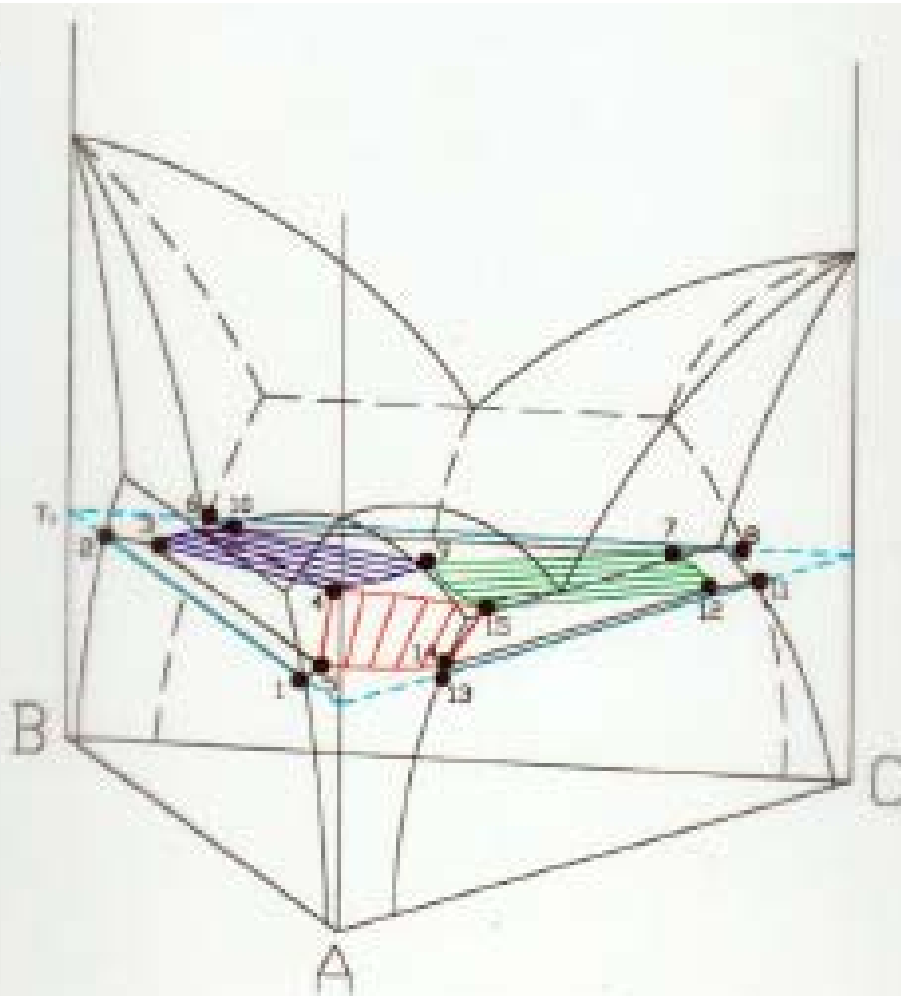


Temperature Slice At $T_4 < T_{E1}$ And $T_4 > T_{E2}, T_{E3}$



Sistema Eutético Ternario

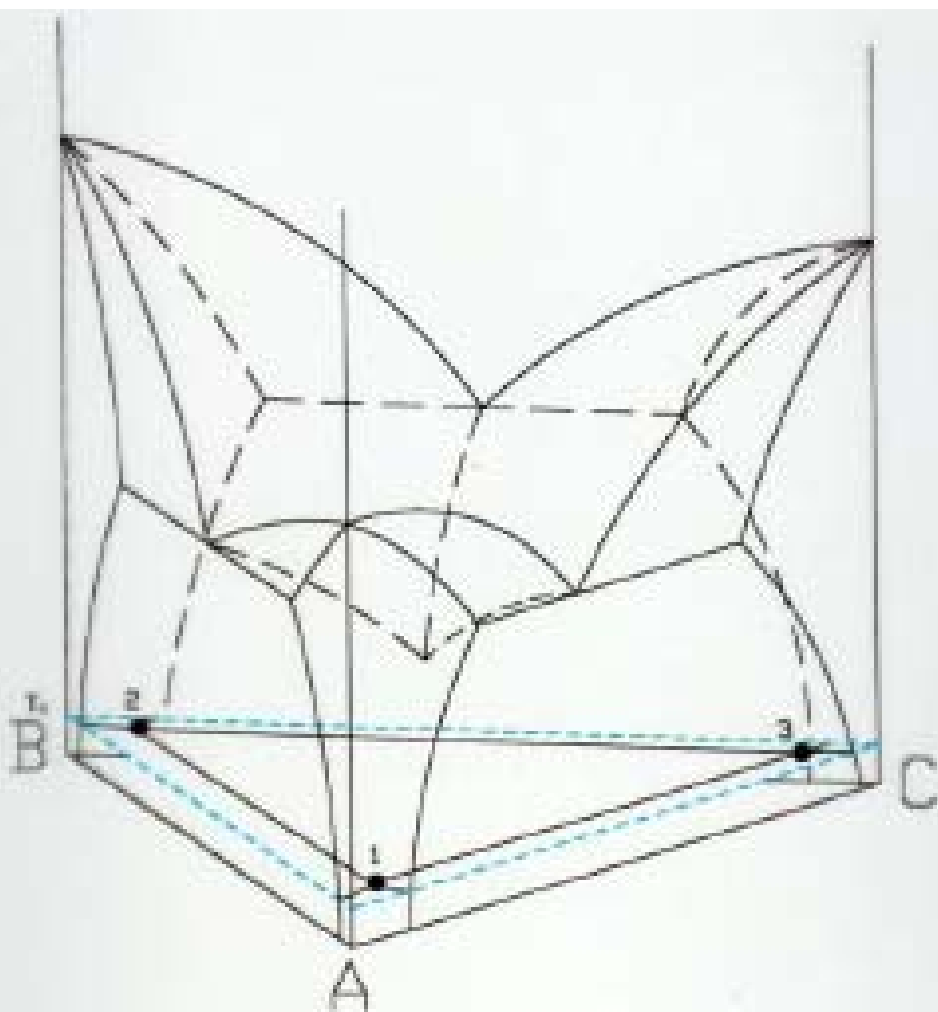
(Con solubilidad sólida)



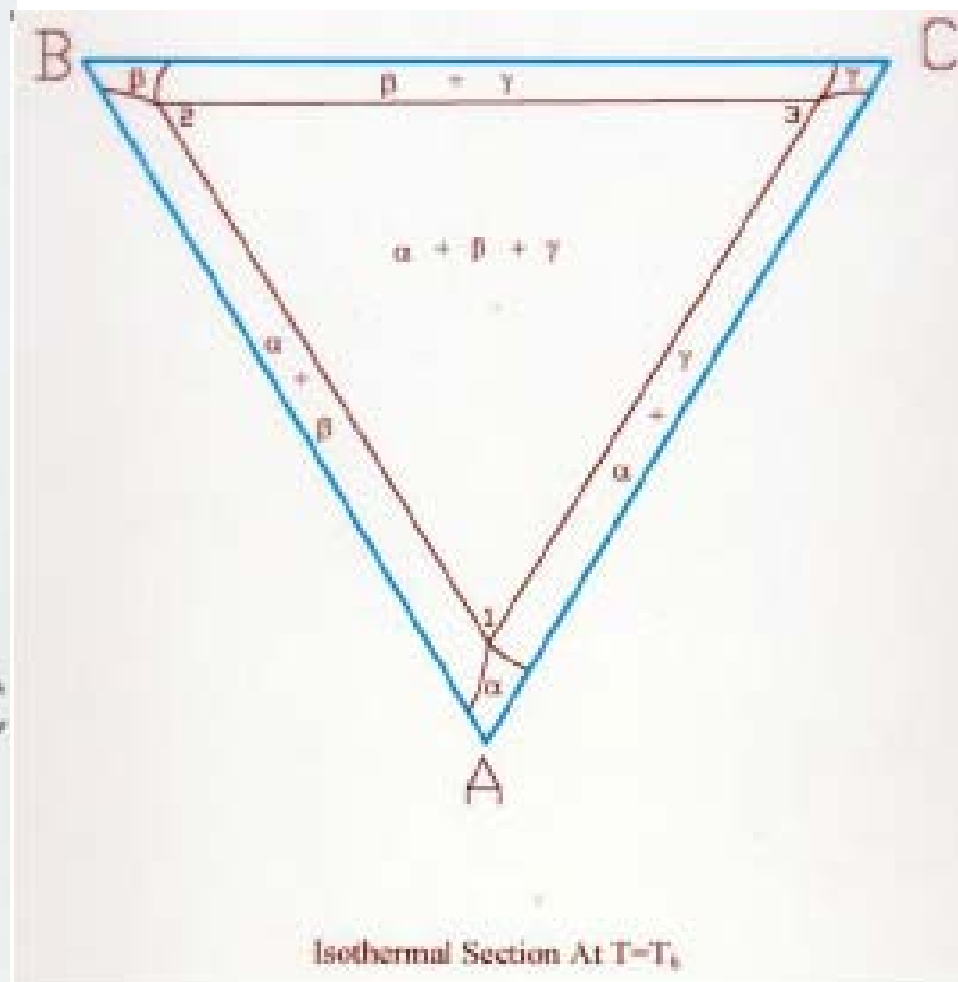
Temperature Slice Below All Binary Eutectics But, Above The Ternary Eutectic

Sistema Eutético Ternario

(Con solubilidad sólida)

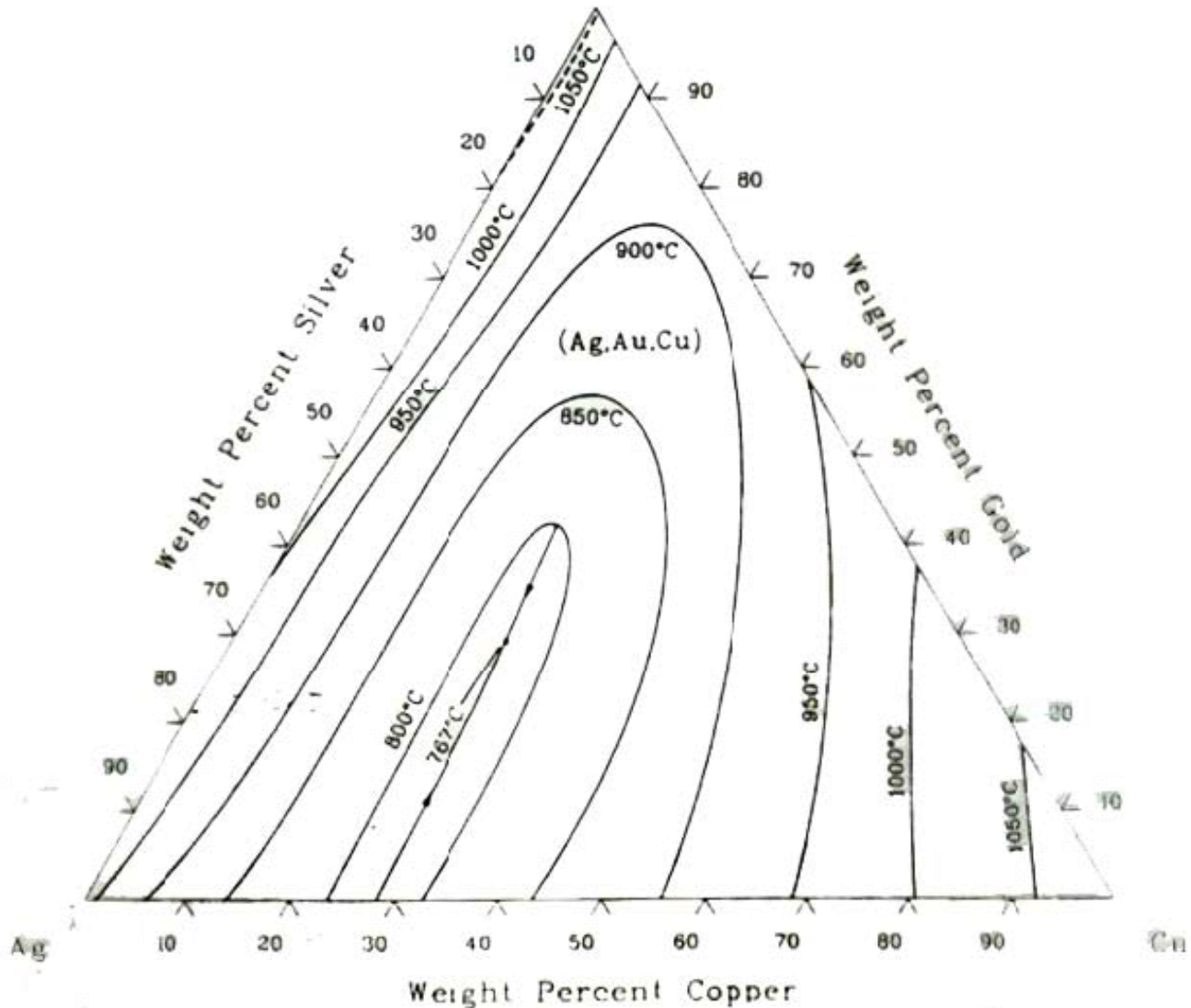


Temperature Slice at $T_0 < T_E$

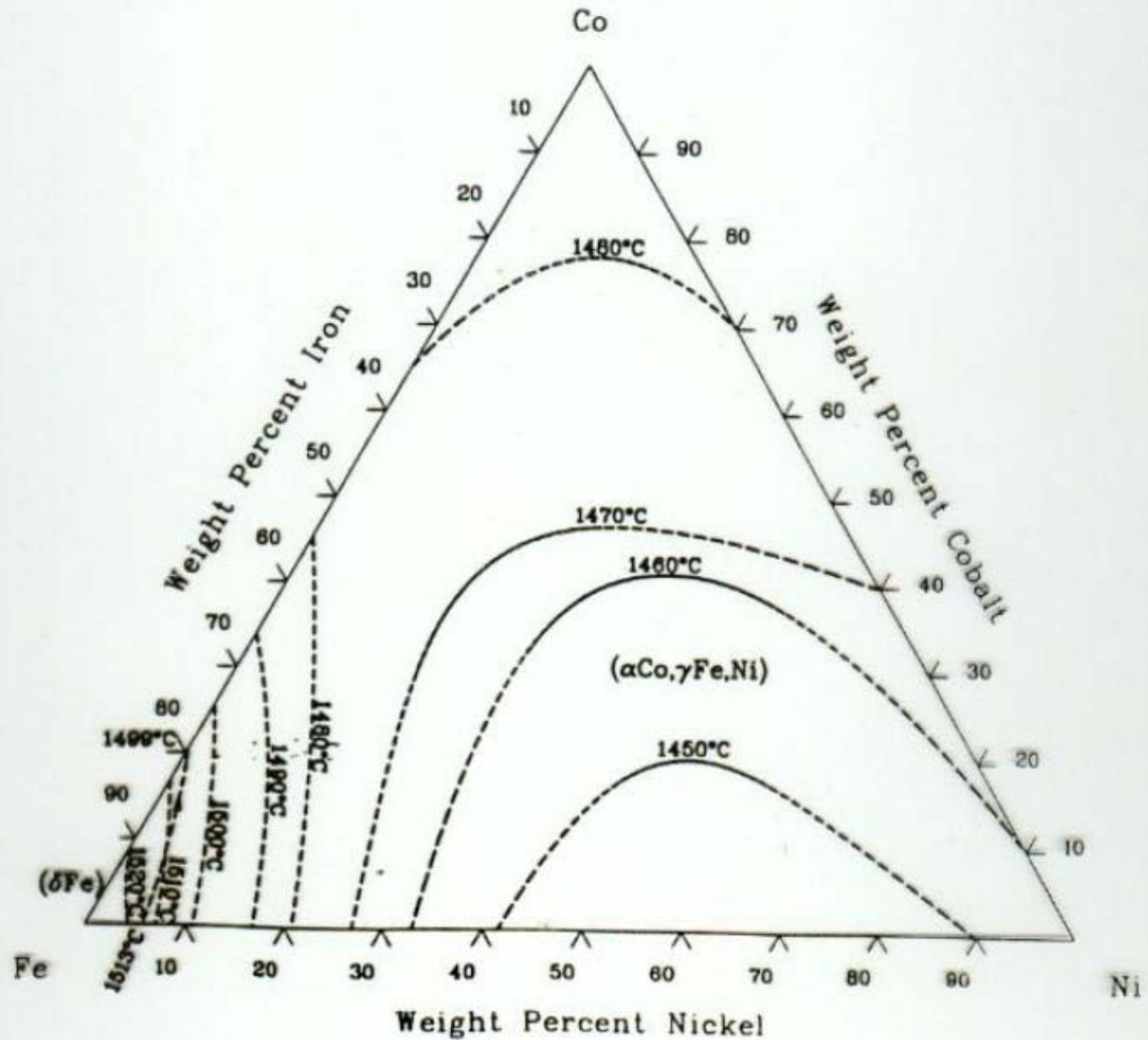


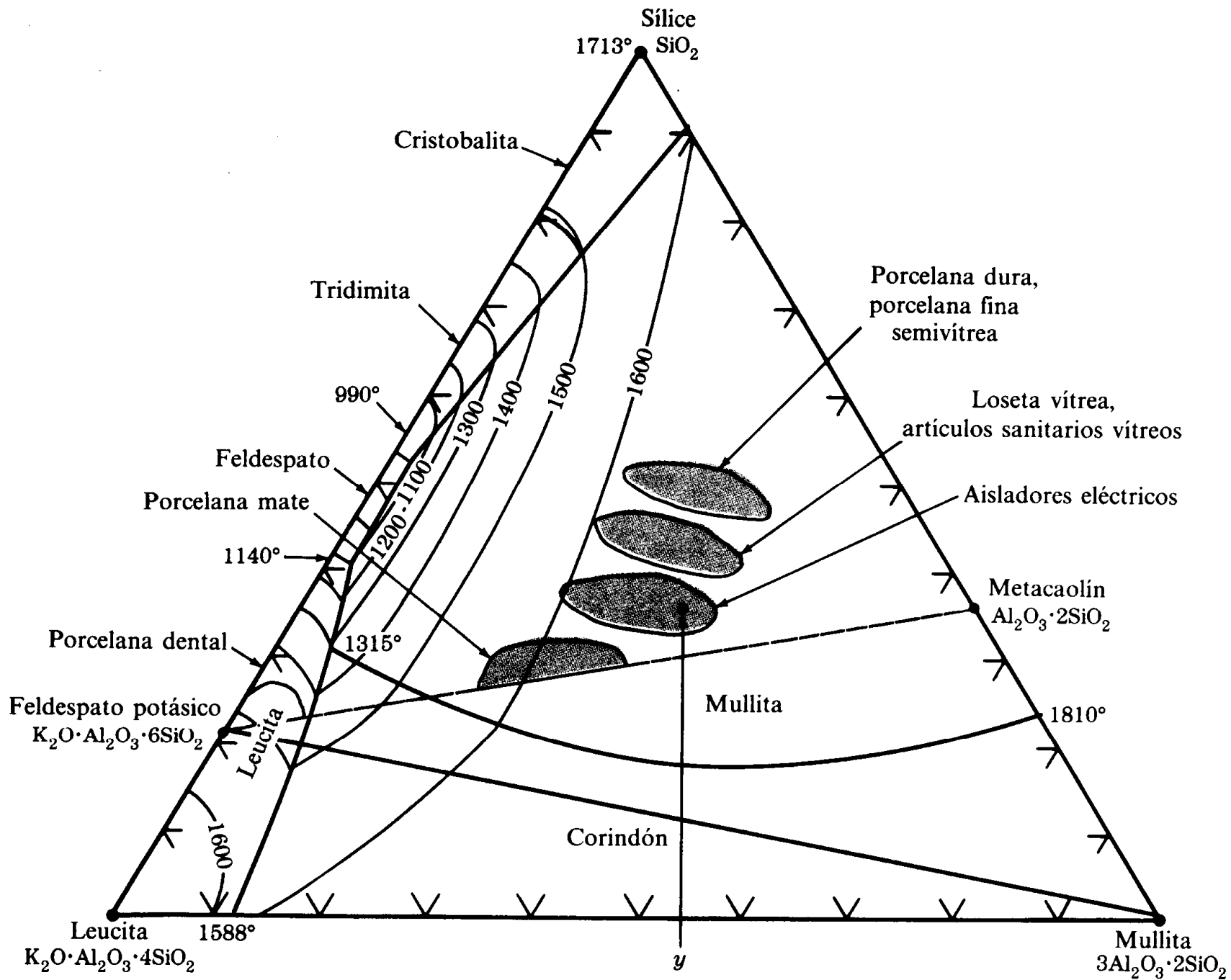
Ejemplos

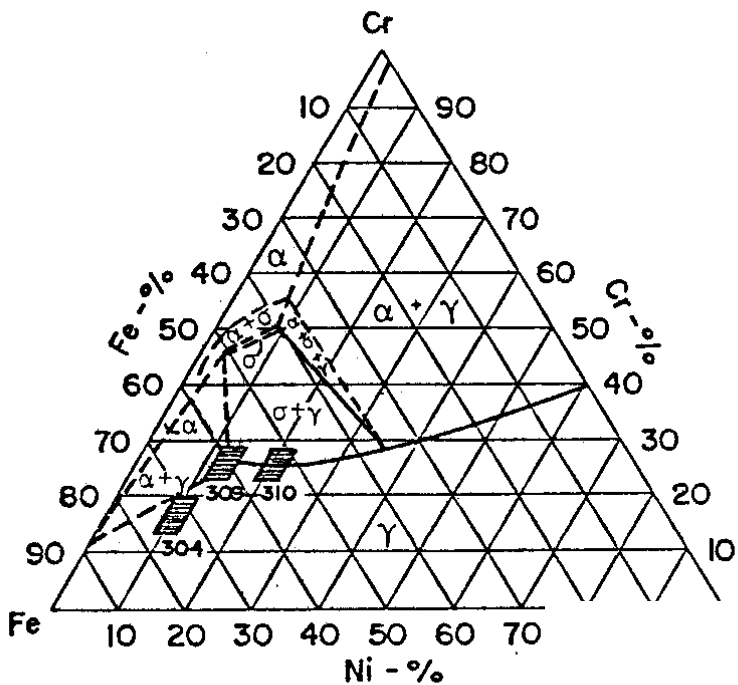
Ag-Au-Cu liquidus projection [90Pri]



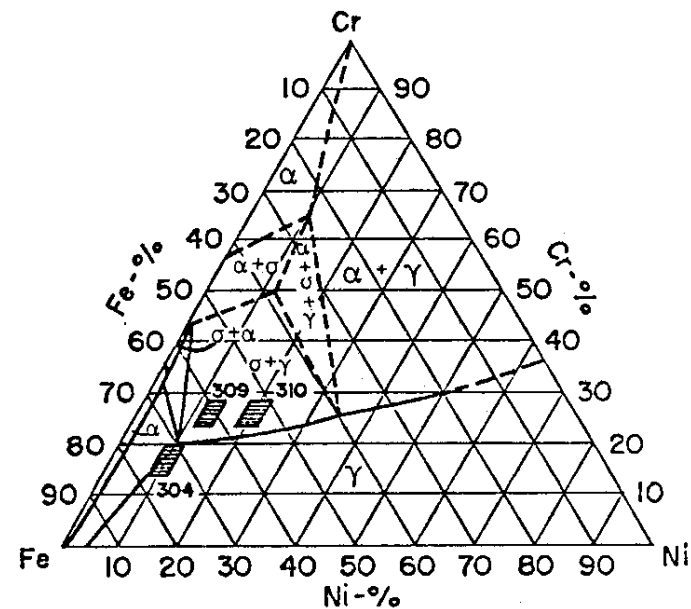
Co-Fe-Ni liquidus projection [88Ray]



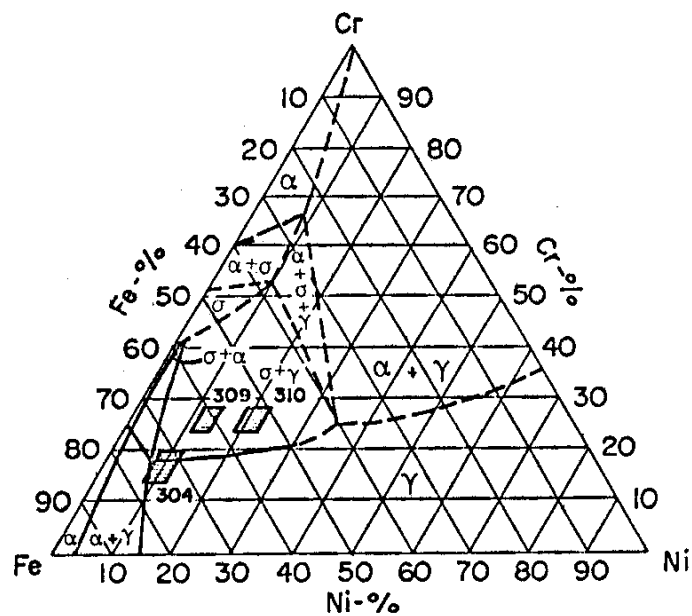




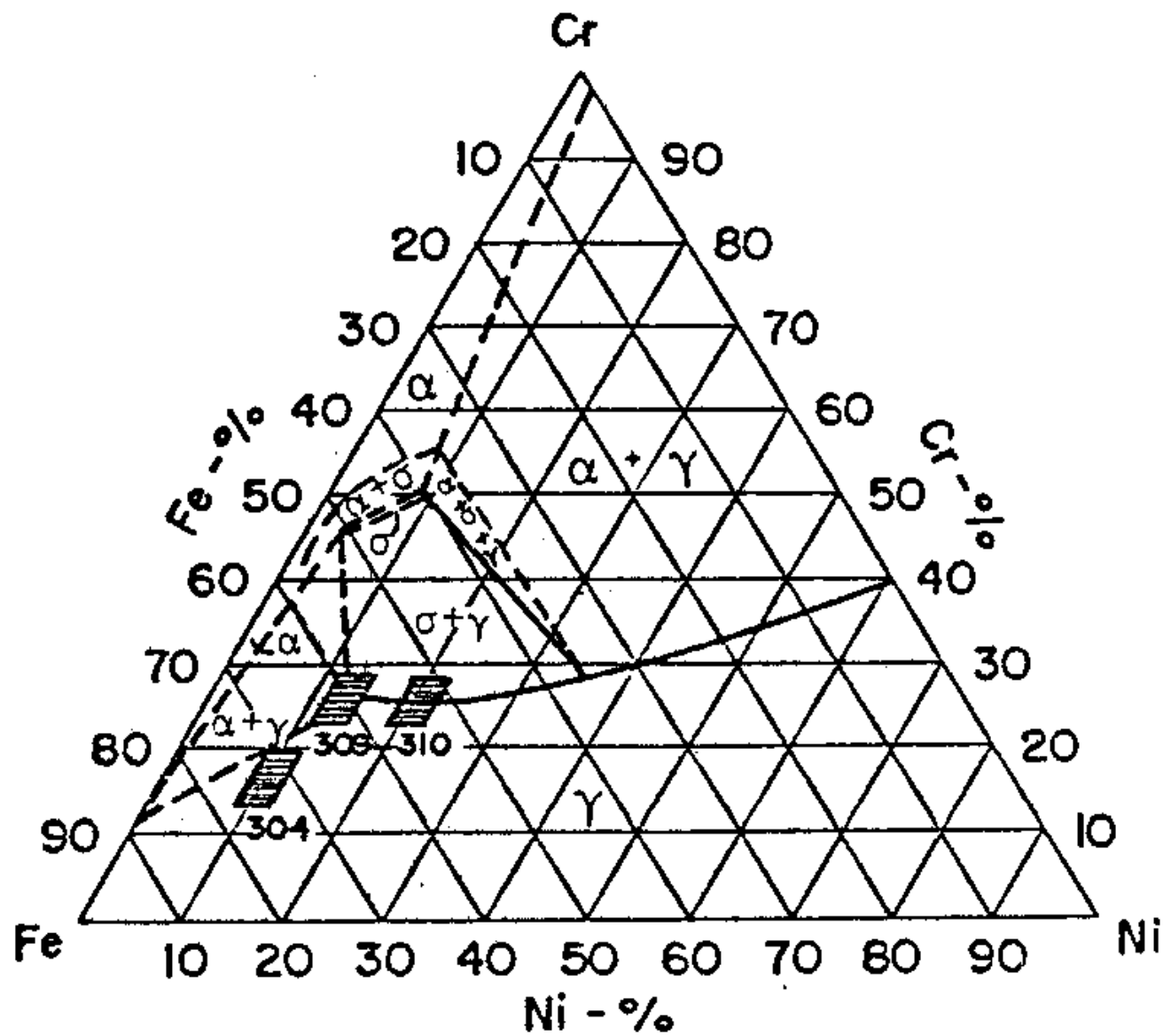
e) 900°C

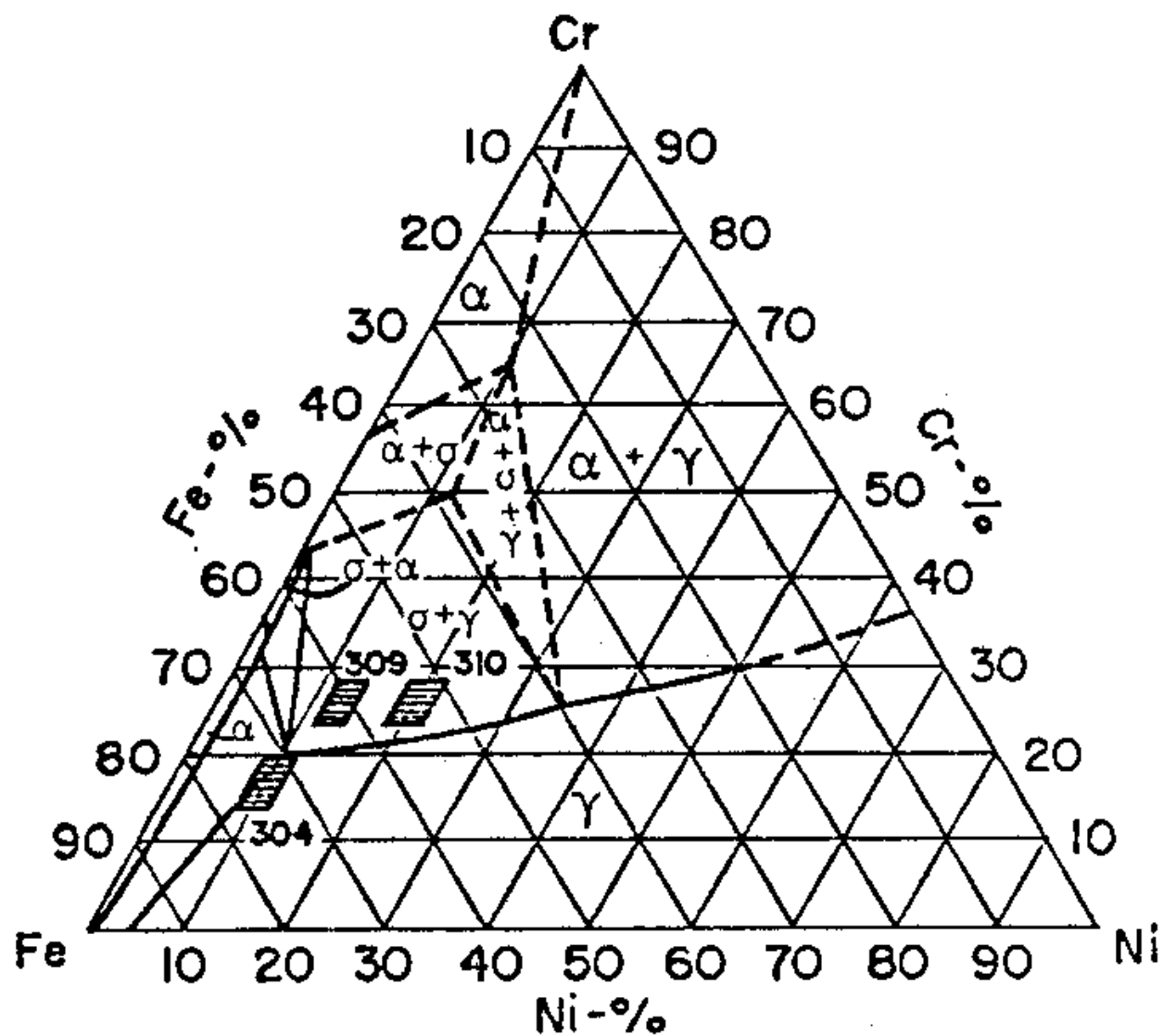


f) 800°C

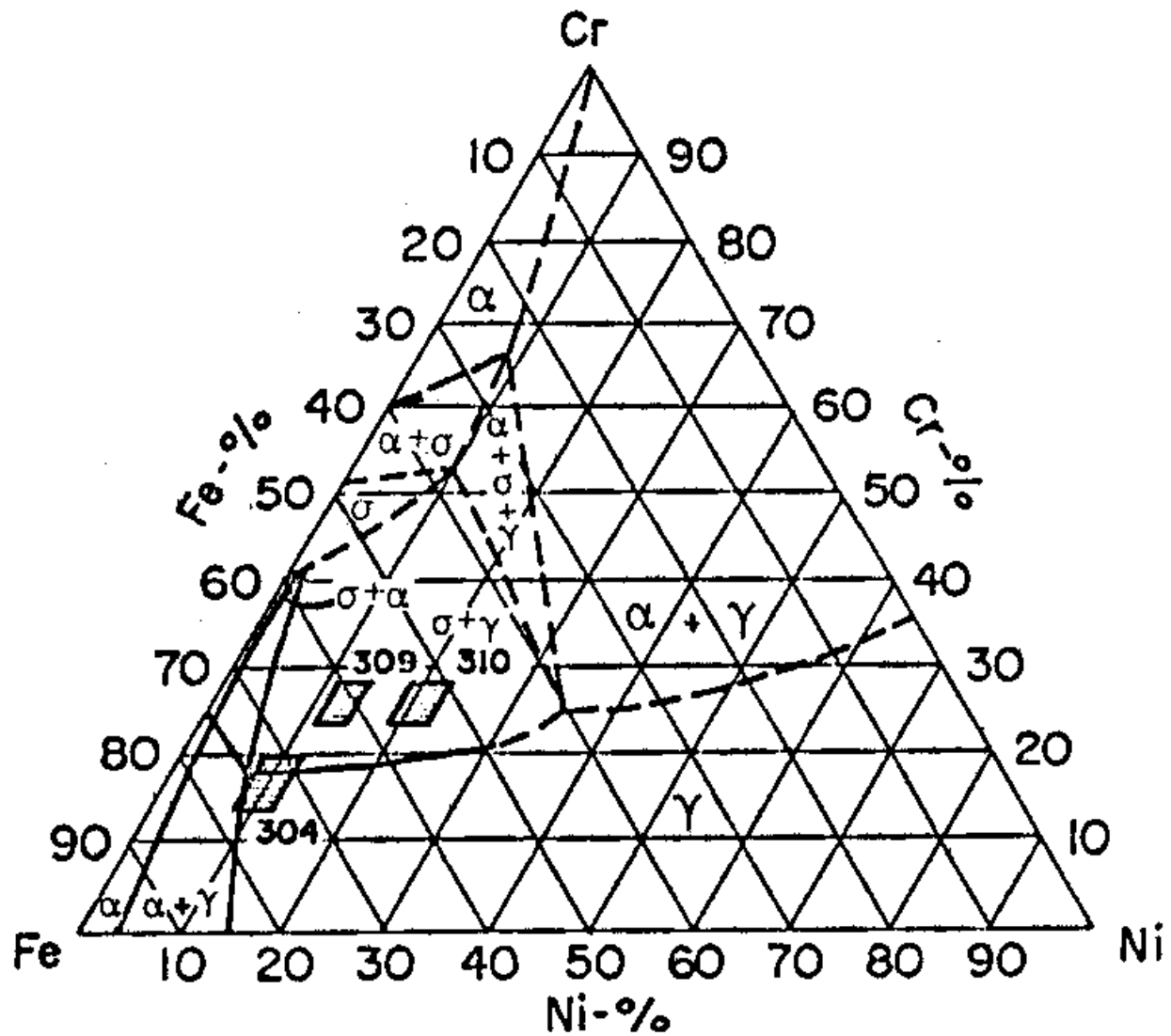


g) 650°C





f) 800°C



g) 650°C

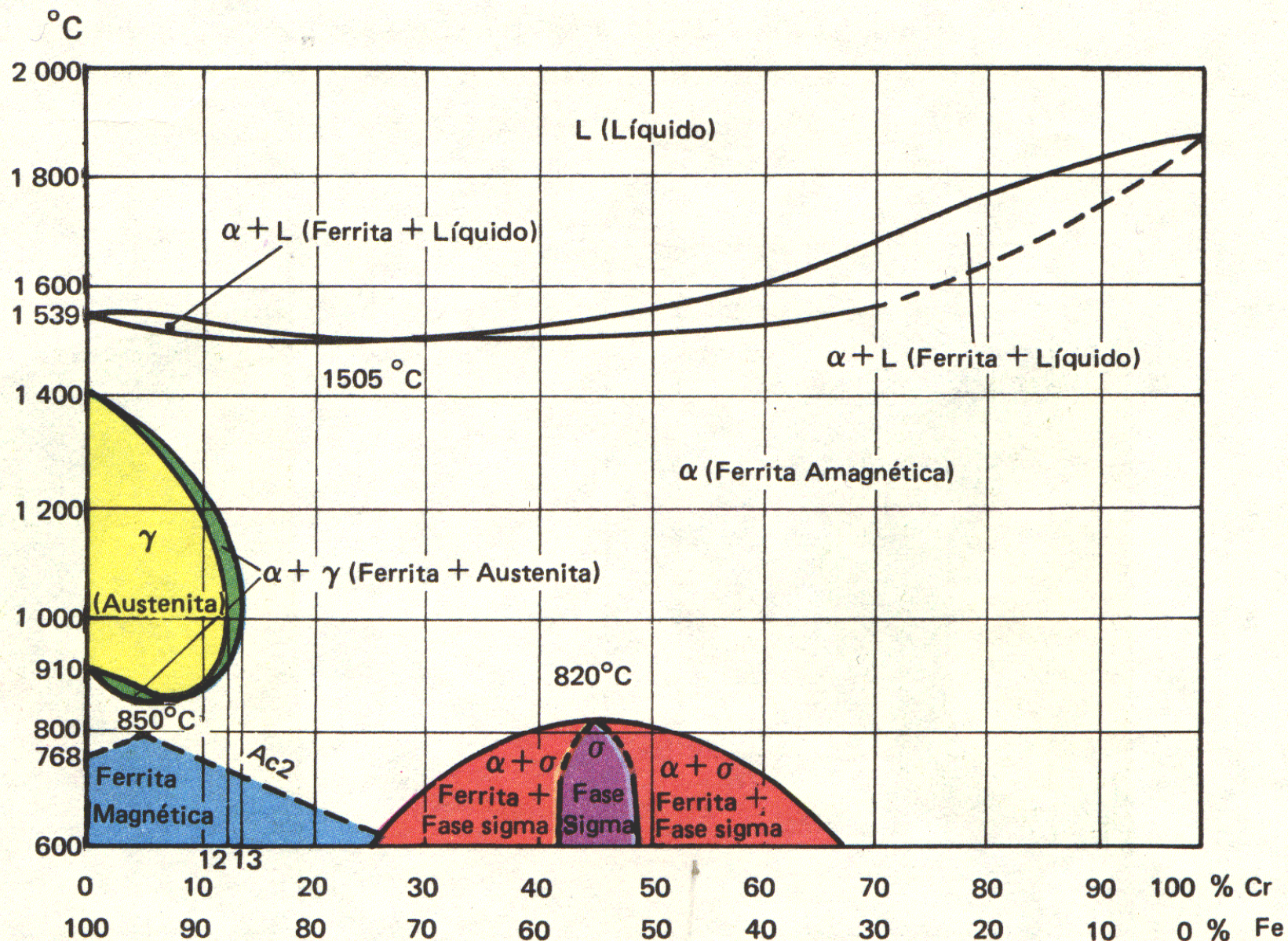


Figura 2.1 Diagrama hierro-cromo. Según distintos investigadores, el punto de fusión del cromo puro oscila entre 1.840°C y algo más de 1.900°C.

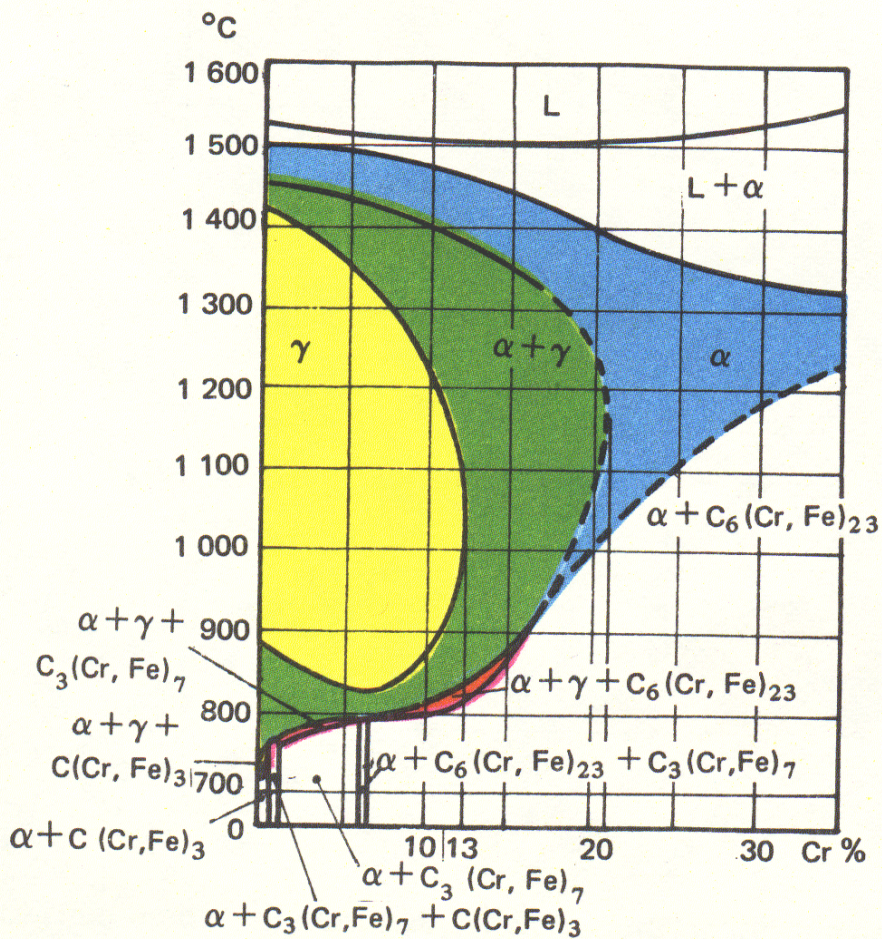


Figura 2.2 Diagrama hierro-cromo (C = 0.05%)

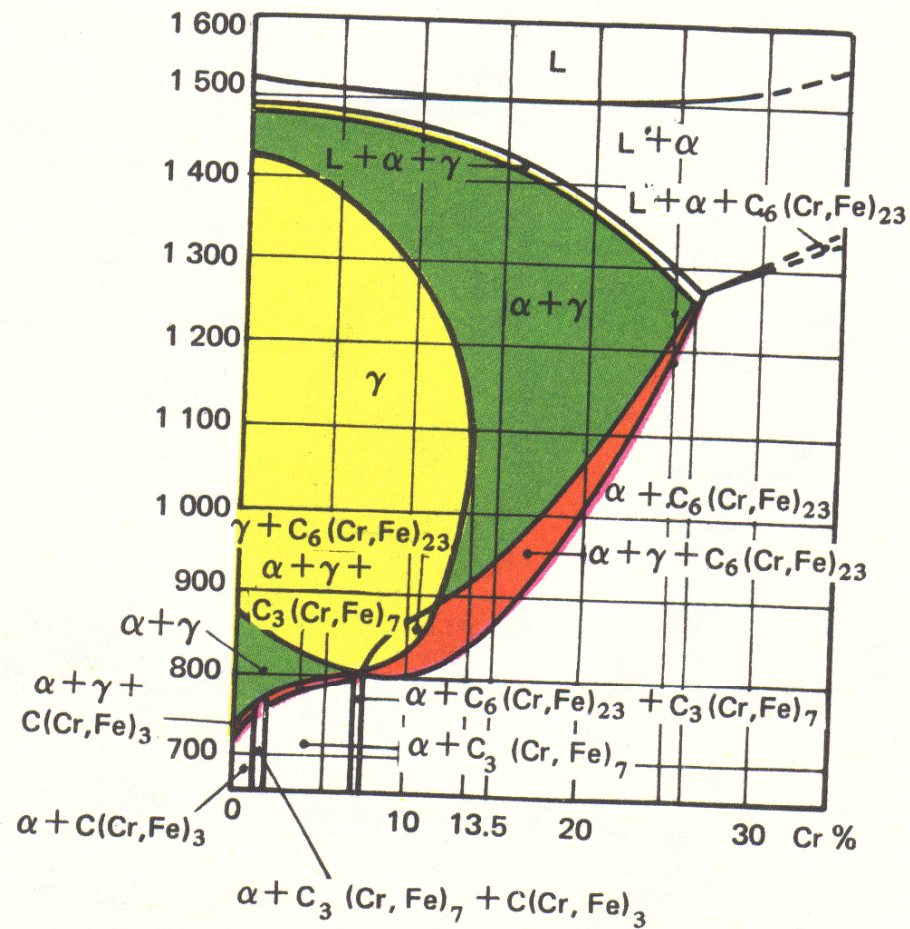


Figura 2.3 Diagrama hierro-cromo (C = 0.1%)

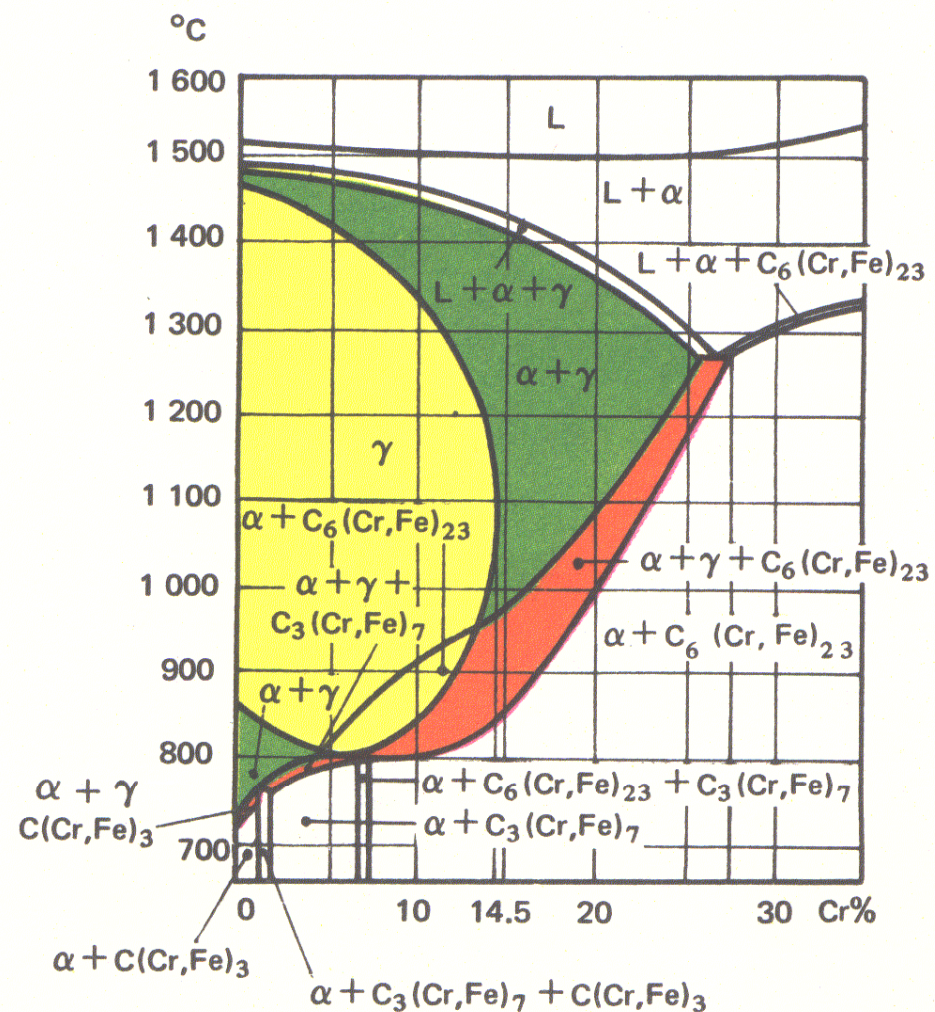


Figura 2.4 Diagrama hierro-cromo (C = 0.2%)

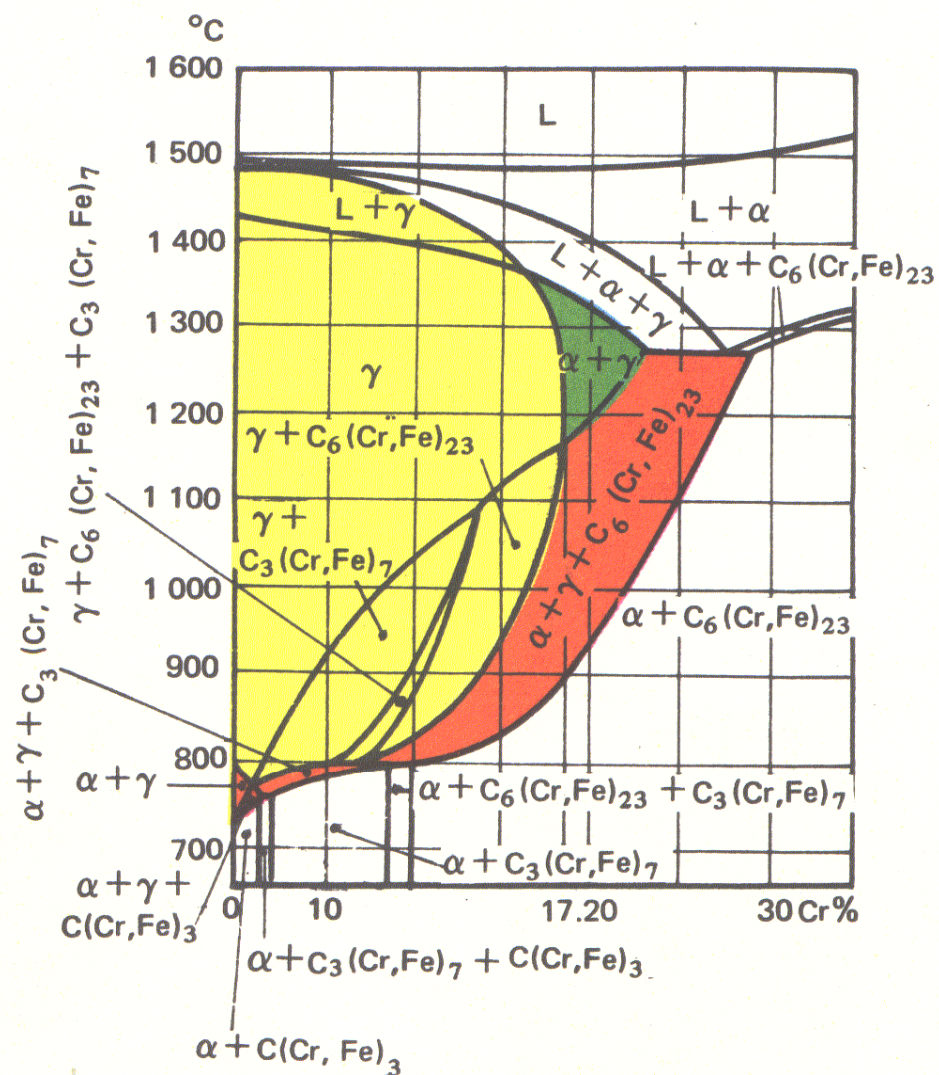


Figura 2.5 Diagrama hierro-cromo (C = 0.4%)