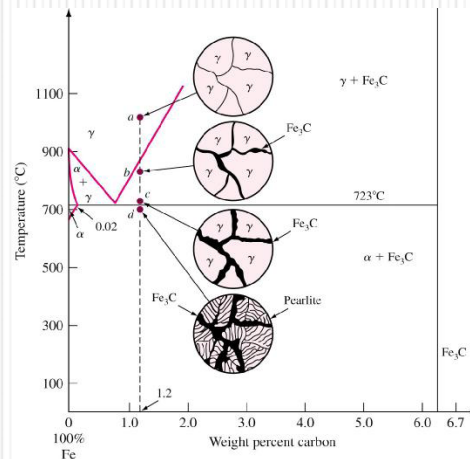


5b. DIAGRAMA HIERRO-CARBONO



MATERIALES 13/14

ÍNDICE

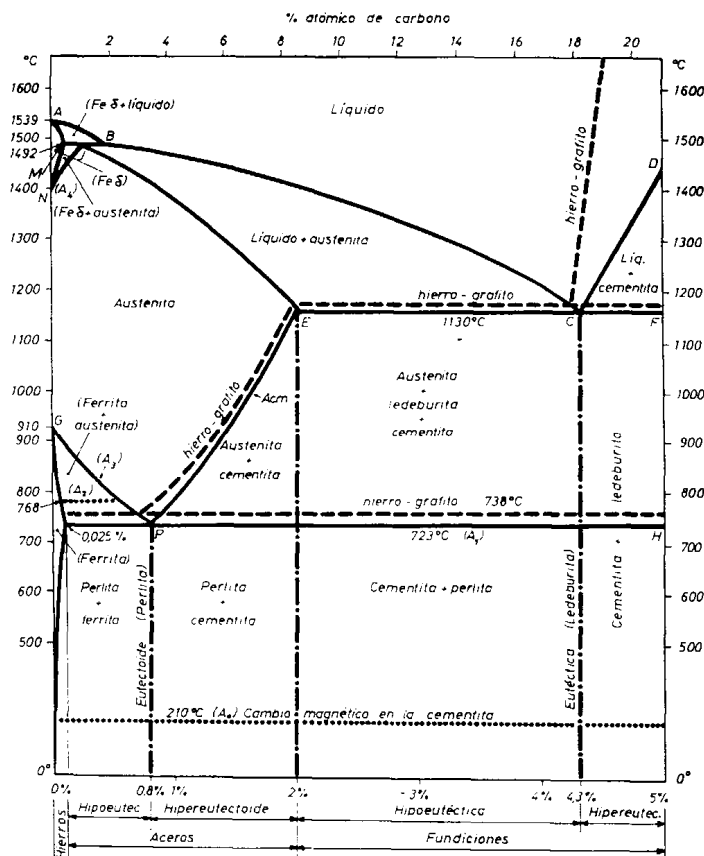
- ACERO
- DIAGRAMA Fe-C
- FASES EN EL DIAGRAMA
- PROPIEDADES MECANICAS DE LAS FASES

1. ACERO

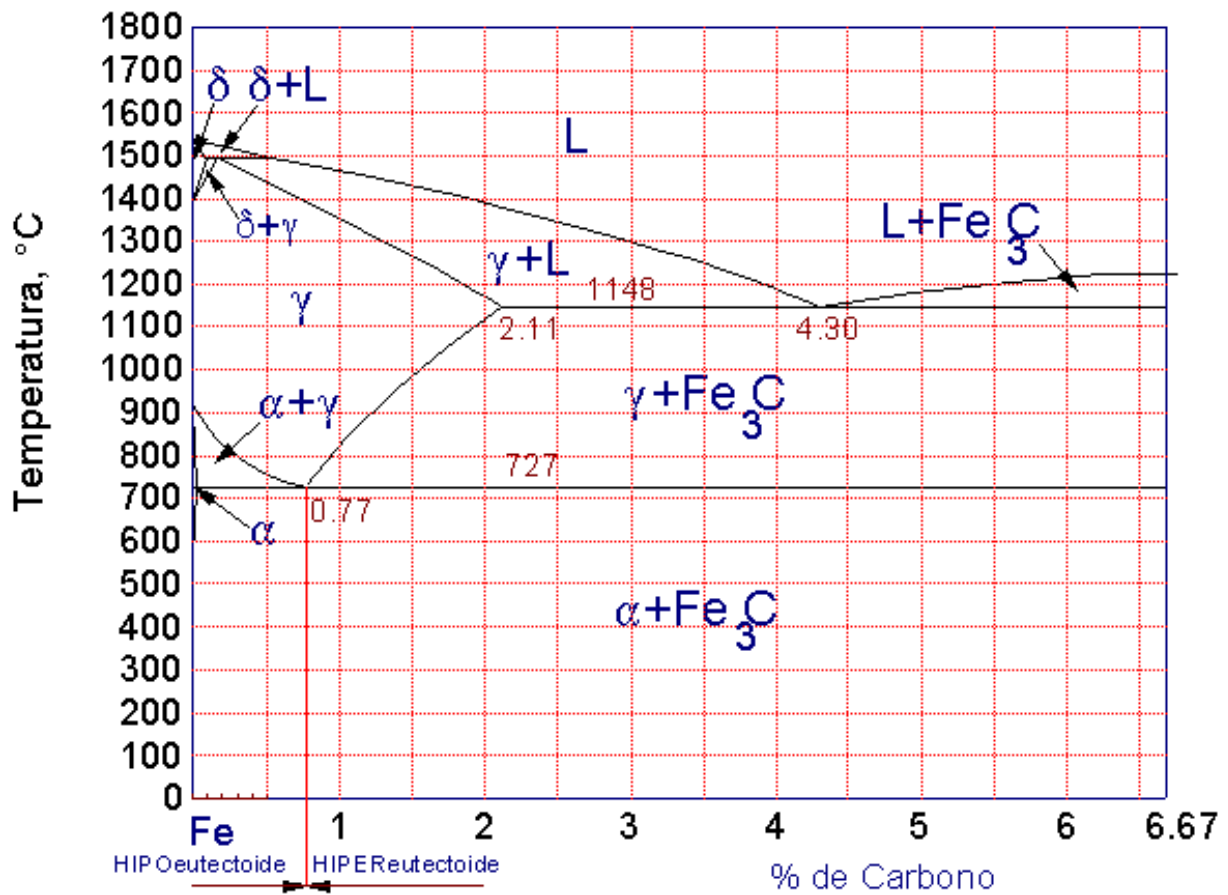
- **Constituyentes de las aleaciones Fe-C (fases)**
 - **Ferrita α** : Solución sólida de Fe con estructura BCC. (Sol. max. de C 0.025% a 723°C). También llamada simplemente ferrita
 - **Ferrita δ** : Solución sólida de Fe con estructura BCC. (Sol. max. de C 0.1% a 1492°C). También denominada ferrita de alta T^a
 - **Austenita (γ)**: Solución sólida de Fe con estructura FCC (Sol. max. de C 2% a 1130°C)
 - **Cementita (Fe_3C)**: Compuesto intersticial. (6.67%C fijo) Estructura ortorrómbica. Fase metaestable
 - **Grafito**: Carbono puro. Hexagonal. Fase estable

3

2. DIAGRAMA Fe-C



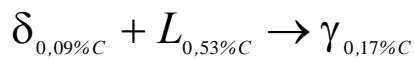
4



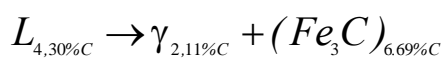
2. DIAGRAMA Fe-C

- **Reacciones invariantes**

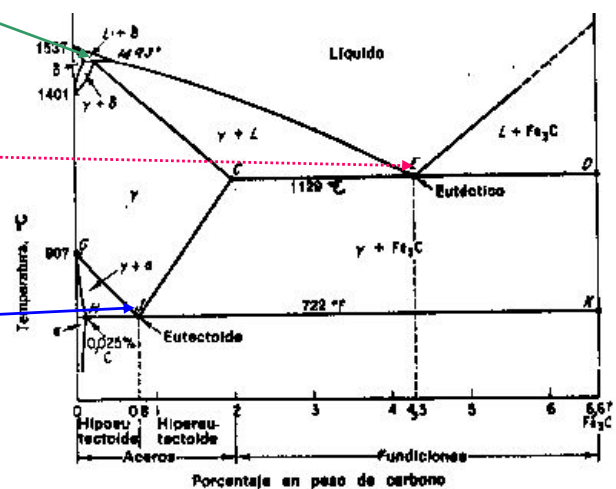
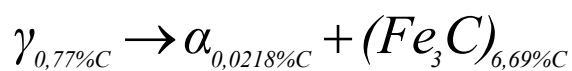
- Reacción peritética a **1495°C**



- Reacción eutéctica a **1148°C**

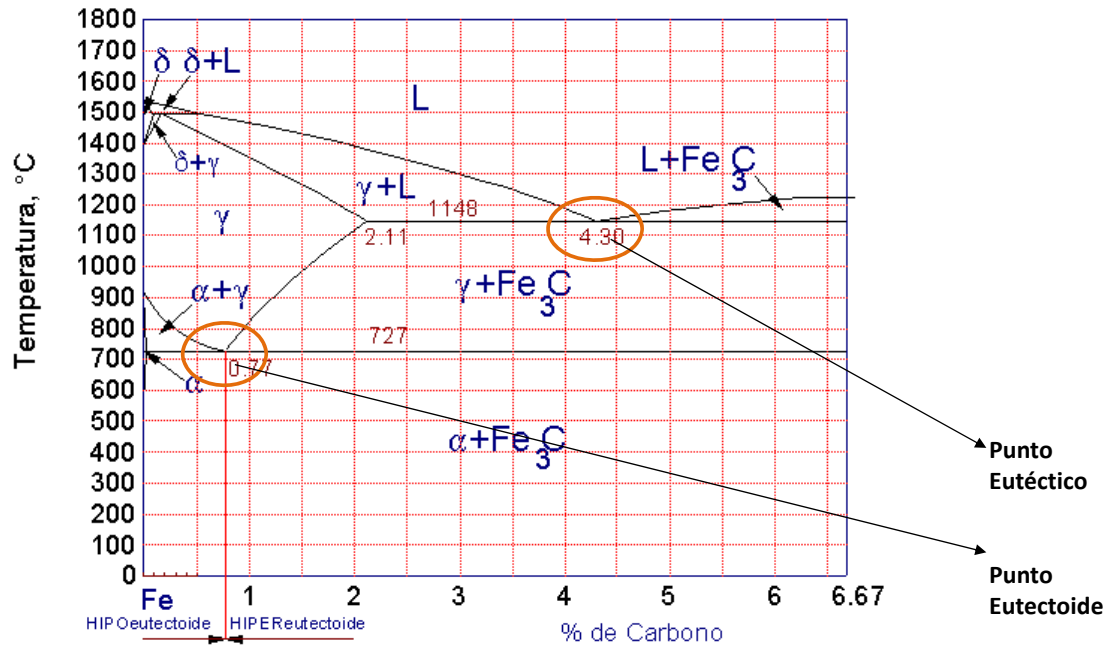


- Reacción eutéctica a **727°C**



2. DIAGRAMA Fe-C

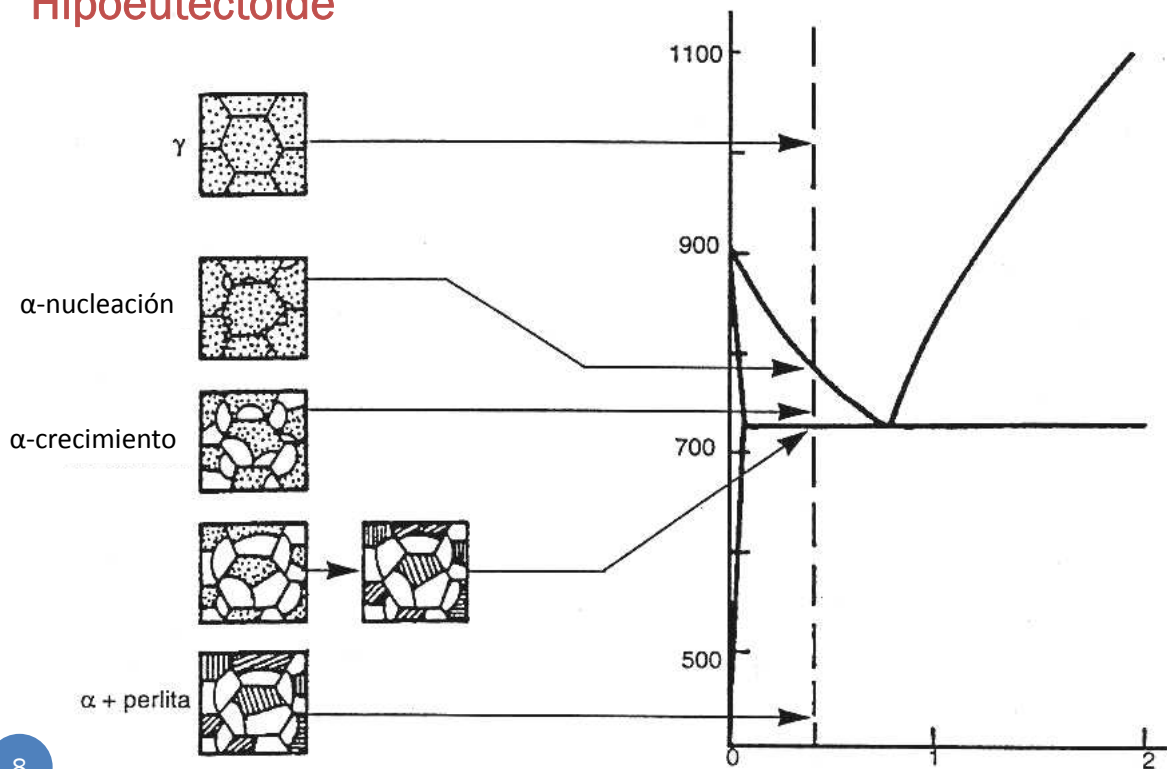
- Reacciones invariantes



7

2. DIAGRAMA Fe-C

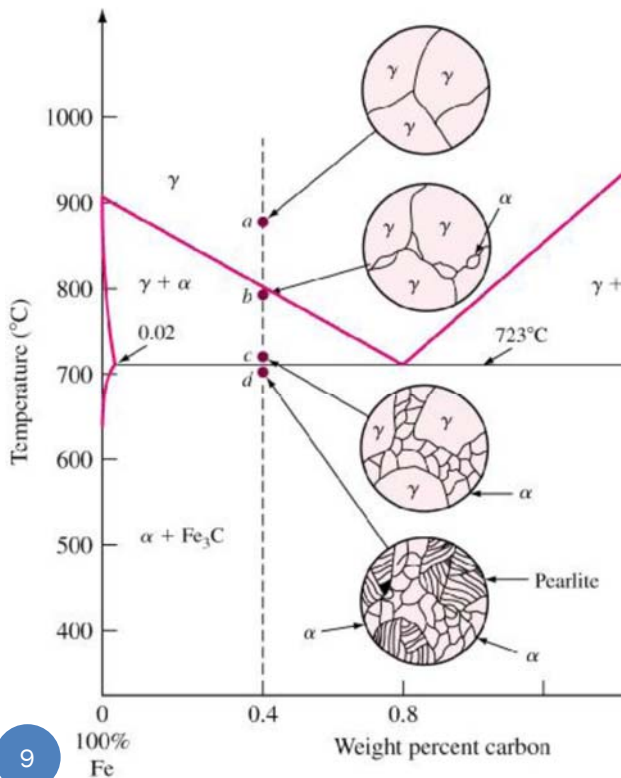
Hipoeutectoide



8

2. DIAGRAMA Fe-C

Hipoeutectoide



Acero (0.4% C). Se enfría desde la región austenítica → cruza la línea de transformación (austenita-ferrita) → se forman núcleos de Ferrita (α) en los límites de grano de la austenita

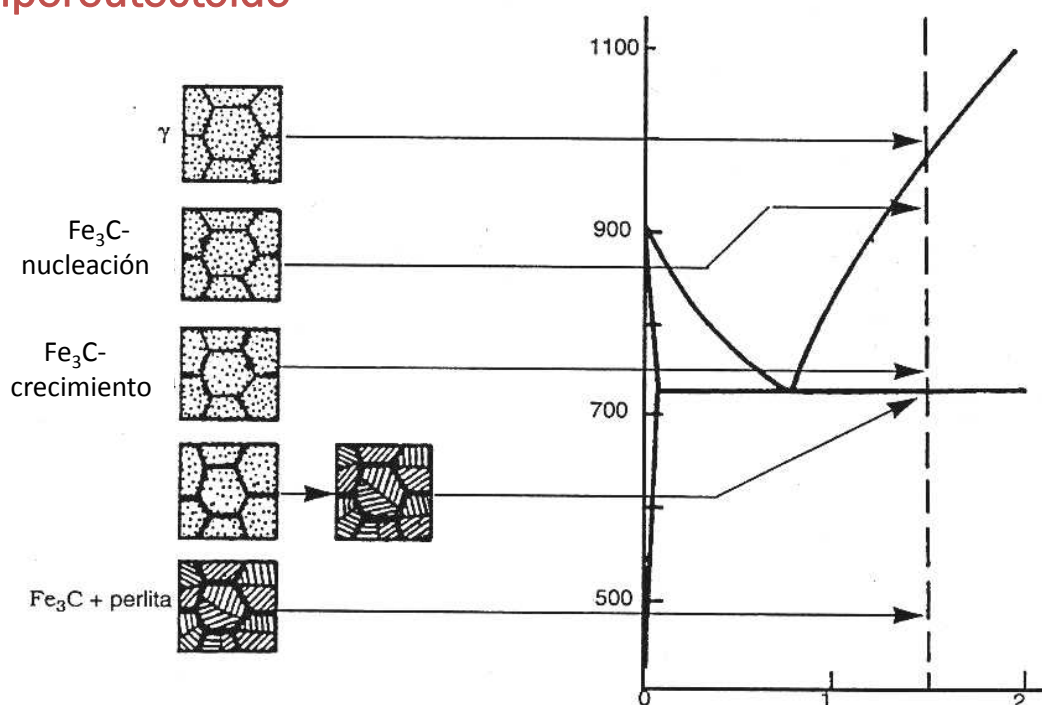
Al cruzar la **isoterma eutectoide ($T^a=727^\circ$)**, la austenita remanente experimenta la transformación eutectoide. **Se va a obtener ferrita pre-eutectoide, ferrita eutectoide y cementita (Fe_3C) eutectoide.** Las dos últimas fases forman la *fase perlítica*, debido a la estructura laminar de la fase

En la formación de la *perlita*, el primero en nuclear son retículos de Fe_3C . La ferrita α empieza a nuclear a su lado

9

2. DIAGRAMA Fe-C

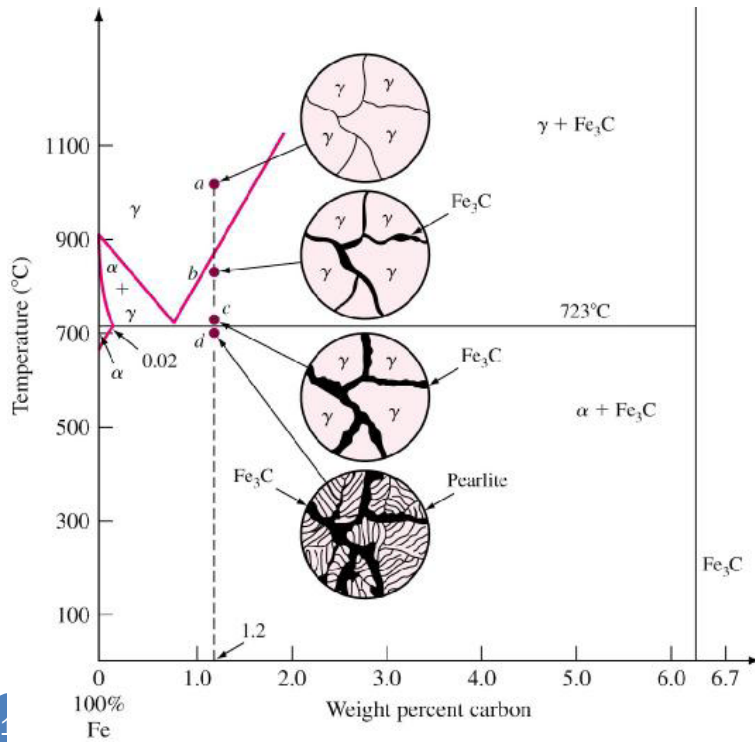
Hipereutectoide



10

2. DIAGRAMA Fe-C

Enfriamiento acero hipereutectoide



- La primera fase que comenzará a formarse será Fe₃C pre-eutectoide
- Cuando cruce la isoterma eutectoide, la austenita remanente se transformará en fase perlítica. La cementita pre-eutectoide se mantendrá invariante en el momento de la transformación eutectoide

2. DIAGRAMA Fe-C

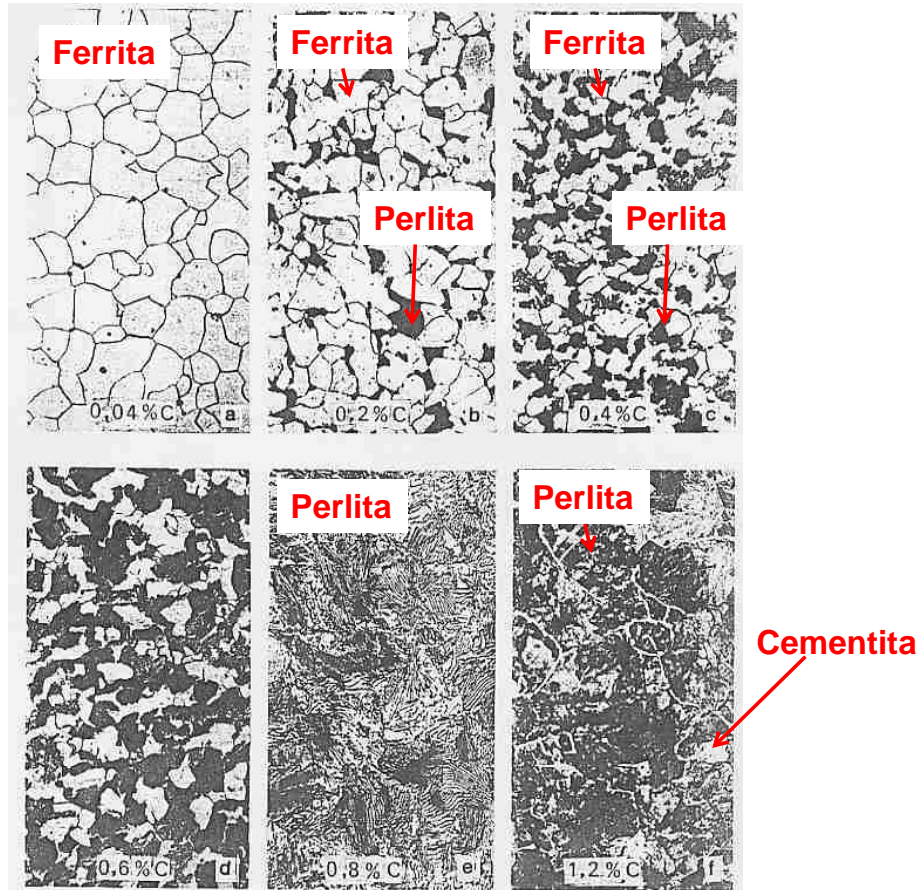
• Fases en el diagrama. Alotrópicas Fe

Fases alotrópicas: para un mismo elemento, diferentes fases (estructuras cristalinas) a distintas temperaturas.

Fases alotrópicas del Fe:

Fase	Parámetro de red (Å)	Estructura cristalina	Rango de T ^a estabilidad (°C)
Fe-alfa (α)	3,09	BCC	760-T ^a ambiente
Fe-beta (β)	3,34	BCC	910-760
Fe-gamma (γ)		FCC	1400-910
Fe-delta (δ)	2,93	BCC	1400-1487

3. FASES EN EL DIAGRAMA



13

3. FASES EN EL DIAGRAMA. PERLITA

- Aparece tras la reacción eutectoide.
- Está formada por Ferrita+Cementita con morfología laminar.
 - Se pueden considerar 3 tipos de perlita, en función de la velocidad de enfriamiento.
 - perlita gruesa 0,44 μm 200
 - perlita normal 0,35 μm 220 HB
 - perlita fina 0,25 μm 300 HB
- A medida de la transformación ocurre a temperaturas más bajas, las láminas de la perlita se hacen más delgadas, pasando a denominarse perlita fina para T^a 600-540 $^{\circ}\text{C}$



14

4. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FASES

- **Cementita** → Dura y frágil. Su presencia aumenta de forma considerable la resistencia de algunos aceros. Es una fase metaestable → su velocidad de descomposición es extraordinariamente lenta lo cual, a efectos prácticos, se puede considerar estable
- **Ferrita** → Dúctil y maleable.
- **Perlita** → Propiedades intermedias

15

Ejemplo 1º

- Se enfría un acero hipo-eutectoide con 0,4% de C en condiciones de equilibrio desde la región de austenita hasta por debajo de la temperatura eutectoide. Determinar:
 - a) T^a en la que comienza a formarse ferrita pre-eutectoide.
 - b) Composición (fracción en peso) a 750° C.
 - c) La fracción en peso de perlita a 726° C.
 - d) La fracción en peso de Fe_3C en la microestructura

16

Solución Ejemplo 1°

a) La temperatura a la que comienza a formarse ferrita (α) pre-eutectoide = 780° C

b) La composición de la austenita a 750° C es de 0,58%. La composición de la ferrita α es \approx 0,02% de C, luego,

$$\text{fracción en peso de } \gamma \text{ (austenita)} = \frac{0,40 - 0,02}{0,58 - 0,02} = 0,68$$

c) La fracción en peso de perlita

$$\text{fracción en peso de perlita} = \frac{0,40 - 0,0218}{0,77 - 0,0218} = 0,51$$

d) La fracción en peso de cementita

$$\text{fracción en peso de } Fe_3C \text{ (cementita)} = \frac{0,40 - 0,0218}{6,69 - 0,0218} = 0,06$$

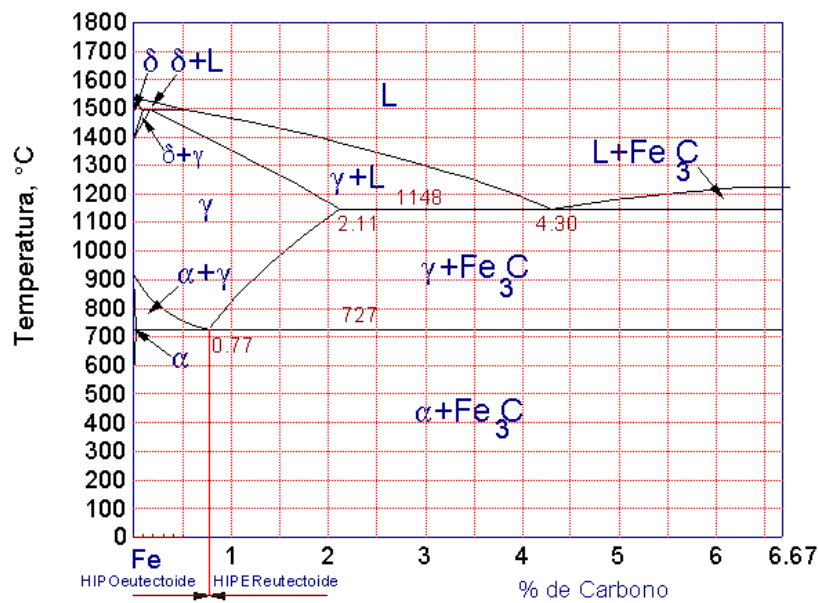
Ejemplo 2°

- Un acero de composición eutectoide de carbono se enfría en condiciones de equilibrio desde la fase de austenita. Determinar

a) Composición de perlita que se forma en la microestructura.

b) Composición (fracción en peso) de ferrita α que se forma a 726° C.

c) Composición (fracción en peso) de ferrita α a 400° C.



19

Solución

- a) El porcentaje de perlita que se forma es **100%** (se tiene la concentración eutectoide)
- b) La composición de la ferrita a 726° C

$$\text{fracción en peso de } \alpha(\text{ferrita}) = \frac{6,69 - 0,77}{6,69 - 0,0218} \times 100 = 88,78\%$$

- c) La composición de la ferrita a 400° C

$$\text{fracción en peso de ferrita} = \frac{6,69 - 0,77}{6,69 - 0,0009} \times 100 = 88,50\%$$

20