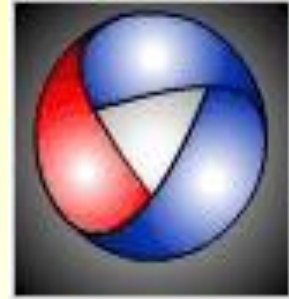


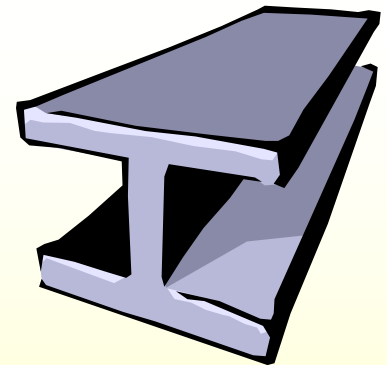


Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ingeniería



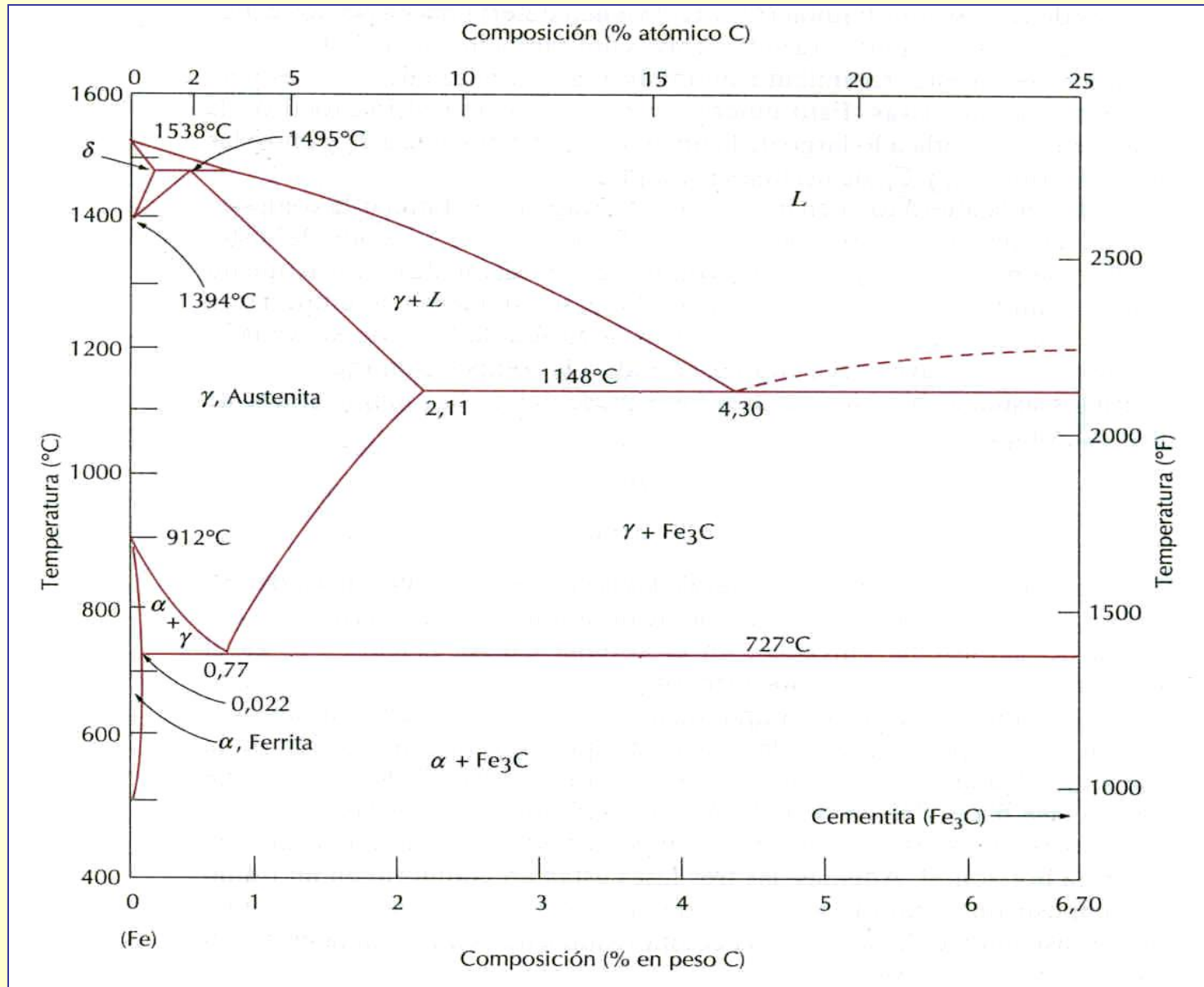
Fundamentos de los Tratamientos Térmicos de los aceros

Diagramas TTT

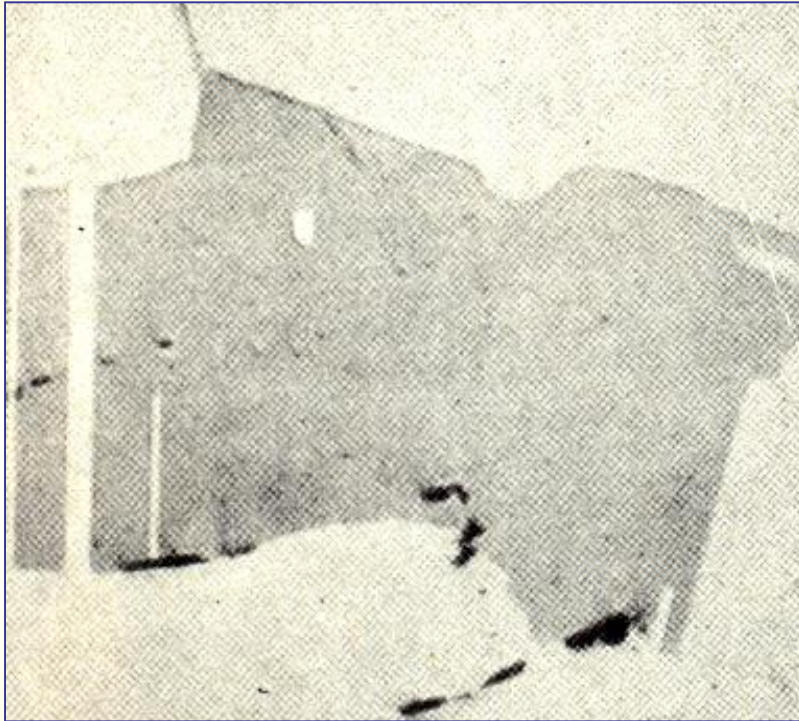


Dra. Ana María Furlani

Como vimos la clase anterior: **DIAGRAMA Fe-C**



Austenita

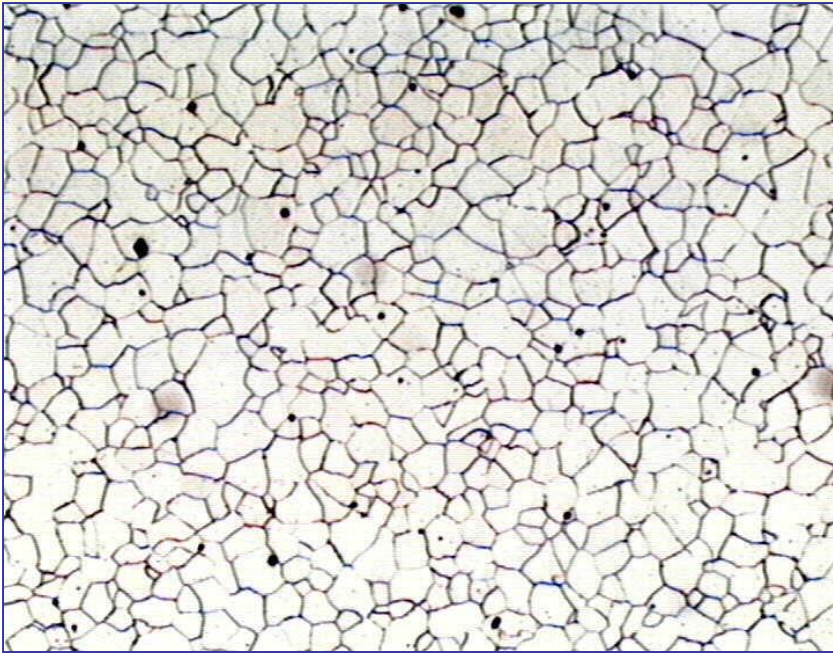


Austenita en un acero con carbono 0,5% y níquel 24,4% (x100)

Austenita

- Está formada por una solución sólida de inserción de C en el Fe_γ . Sólo es estable a temperaturas superiores a A_1 (723 °C), desdoblándose (por reacción eutectoide) a temperaturas inferiores en **ferrita** y **cementita**.
- La **austenita** es deformable, poco dura, presenta gran resistencia al desgaste, no es magnética y es el constituyente más denso de los aceros.

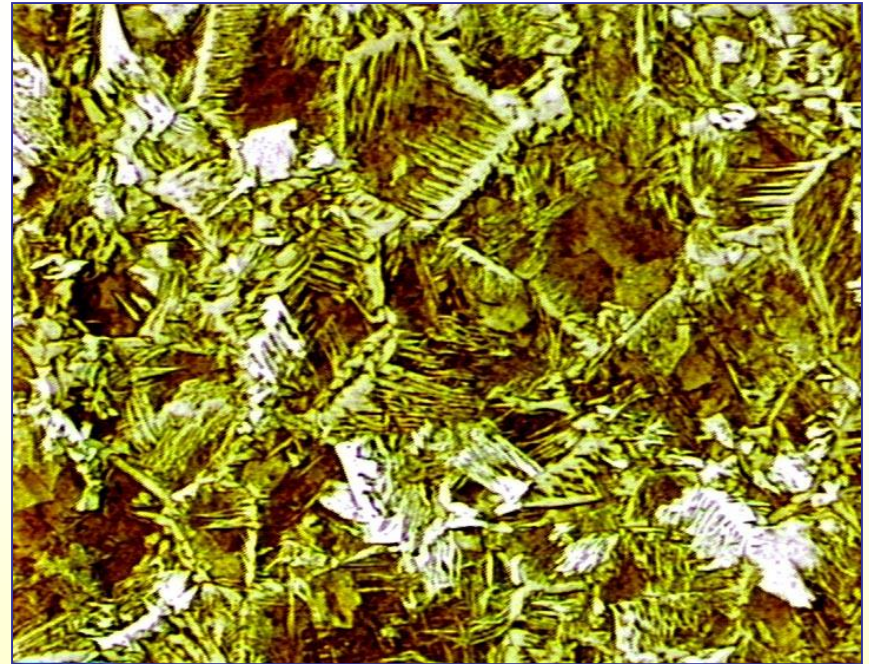
Ferrita



Morfología Equiaxial. (x100)

Está formada por una solución sólida de inserción de C en Fe_α . Es el constituyente más blando y maleable de los aceros.

Un enfriamiento rápido desde altas temperaturas obliga a un crecimiento de la ferrita según ciertas direcciones preferenciales



Estructura de Widmastatten. (x100)

Cementita

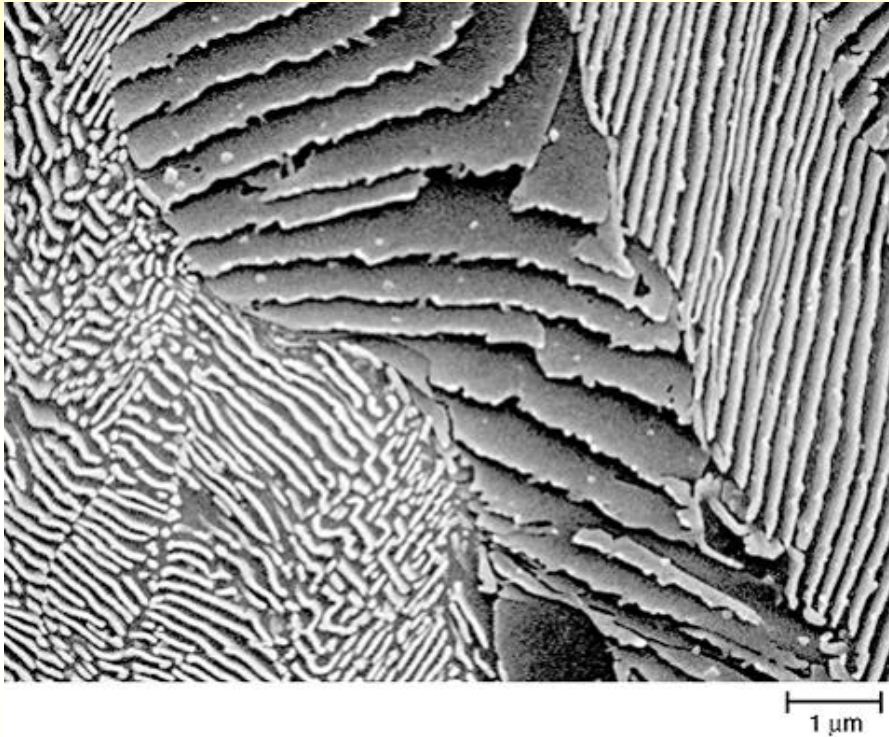


Acero hipereutectoide (x100)

La cementita secundaria forma una red continua enmarcando una estructura granular formada por colonias de perlita.

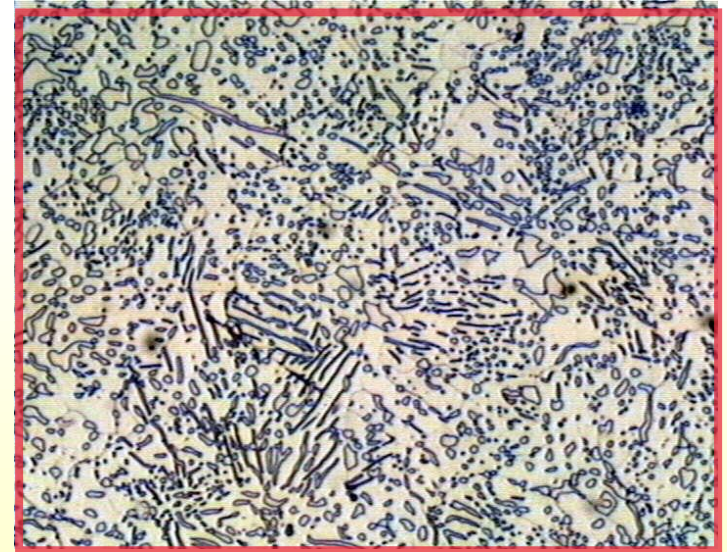
Es carburo de hierro, Fe_3C , Es muy frágil y duro

Perlita



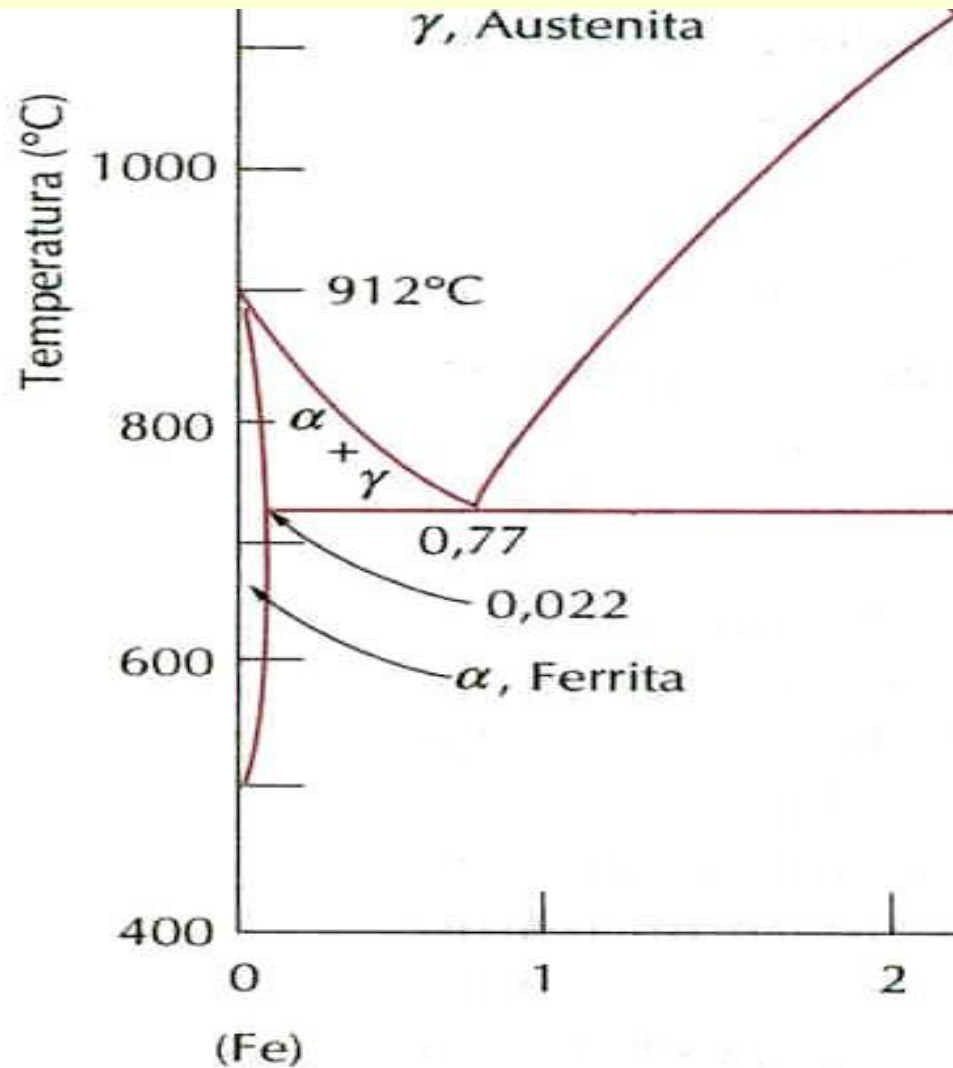
Microestructura de colonias de perlita en un acero al carbono 0.89%C tomada con microscopio electrónico de barrido. Las placas de cementita son mostradas claramente. Ataque con picral al 4%. Aumento original de 10000x.

Cuando la transformación eutectoide se realiza lentamente o cuando tras la formación de perlita se da un tratamiento de esferoidización la cementita no aparece en forma laminar, sino en forma globular de menor contenido energético.

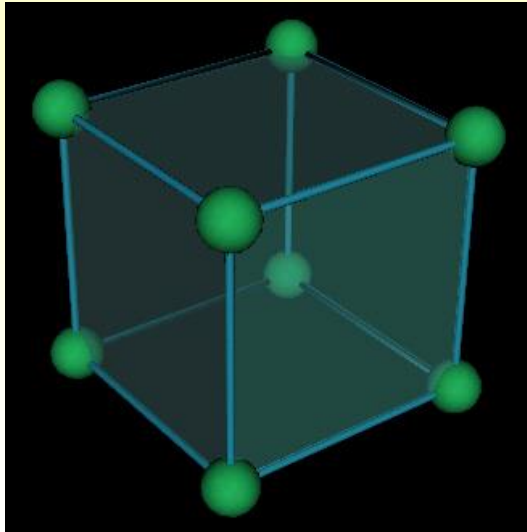


Micrografía de Perlita Globular-esferoidita (x400)

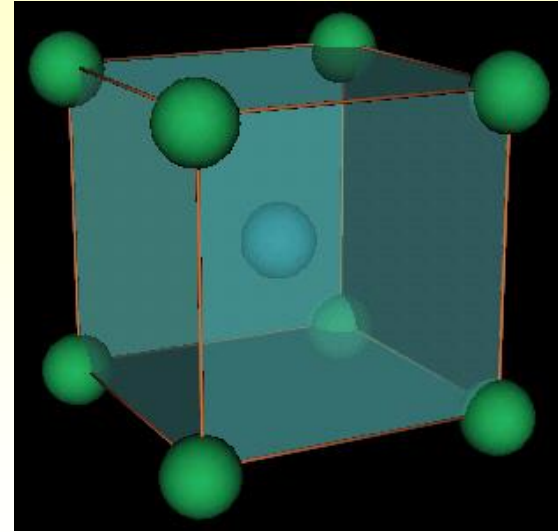
Transformación eutectoide



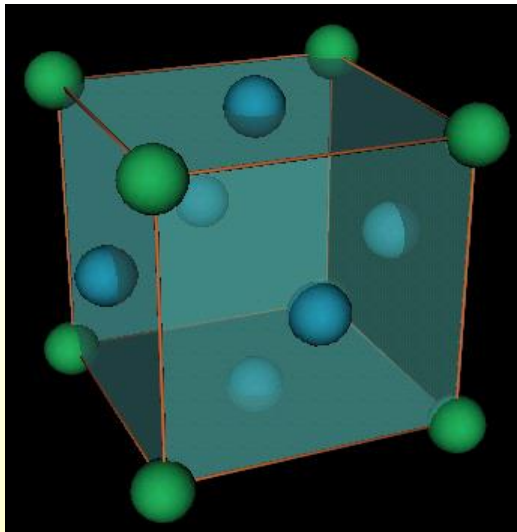
Estructuras cristalográficas



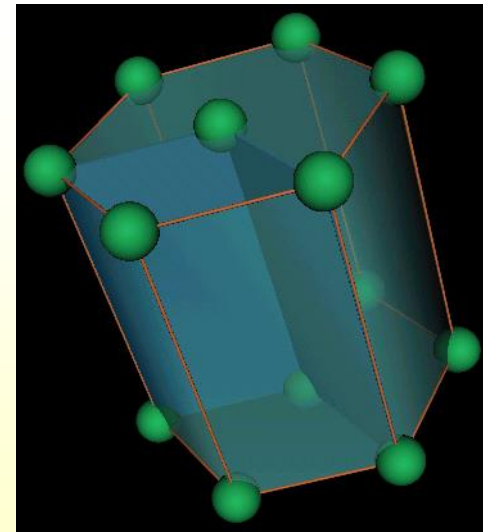
CÚBICO SIMPLE



CÚBICO CENTRADO EN EL CUERPO

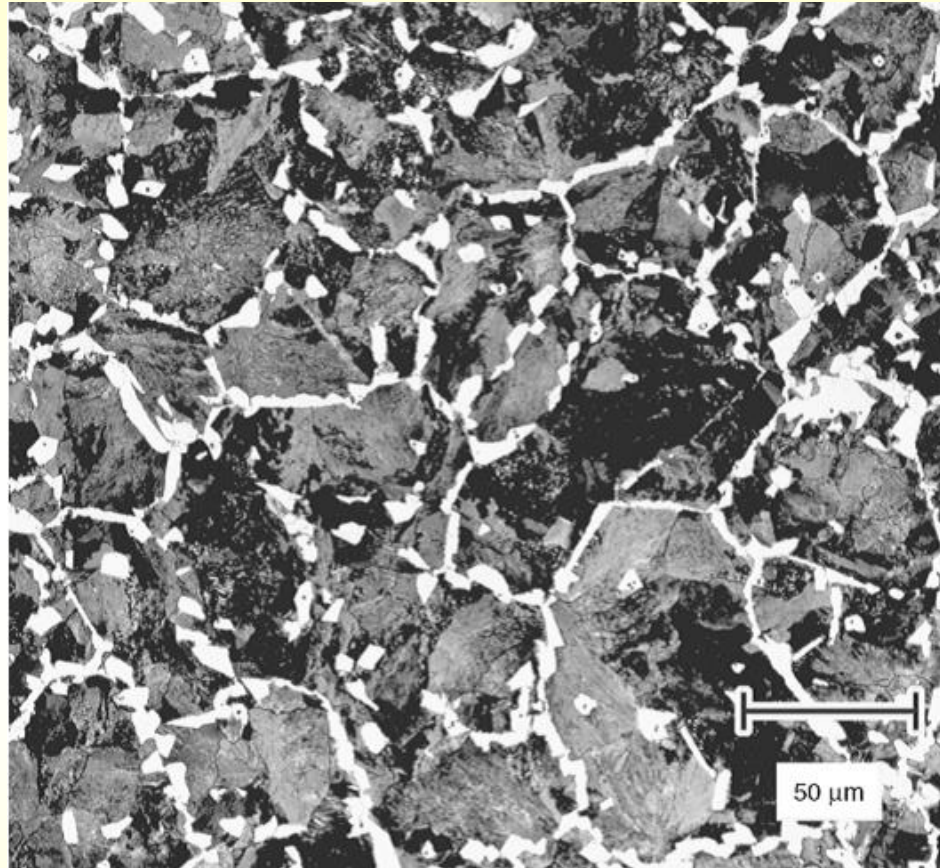


CÚBICO CENTRADO EN LAS CARAS



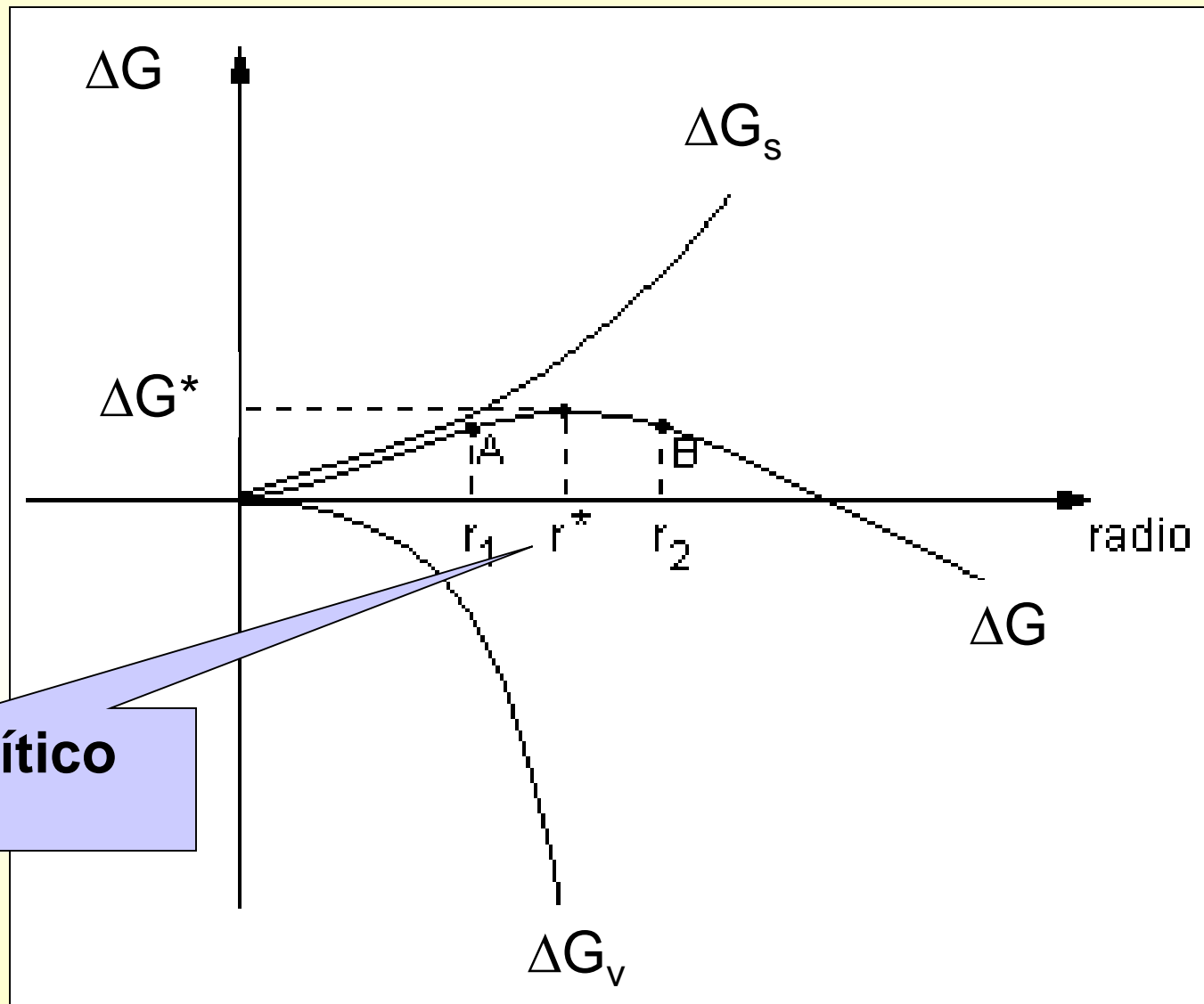
HEXAGONAL CENTRADO EN LAS CARAS

ESTRUCTURA GRANULAR



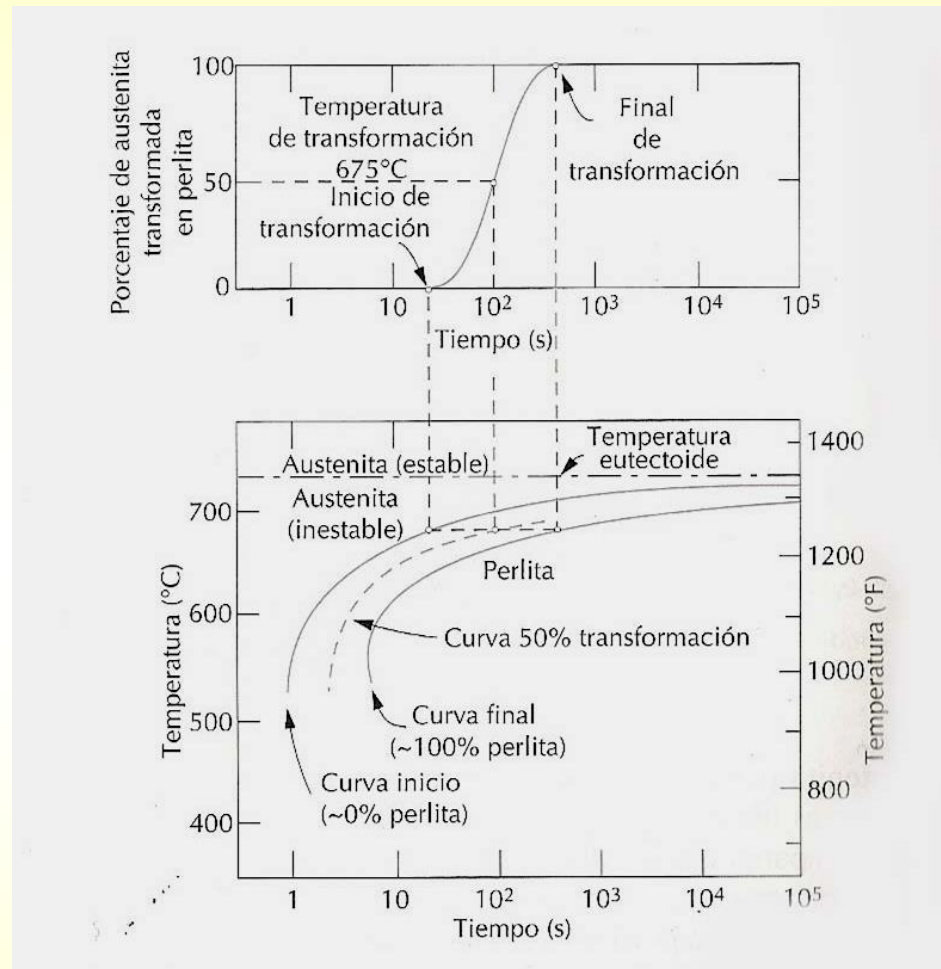
Microestructura de acero al carbono UNS G10400, se observan granos de ferrita proeutectoide equiaxial, rodeando los bordes de grano de austenita previa. La matriz es perlítica (constituyente oscuro).
Ataque con picral al 4%. Aumento Original 200×.

NUCLEACIÓN Y CRECIMIENTO



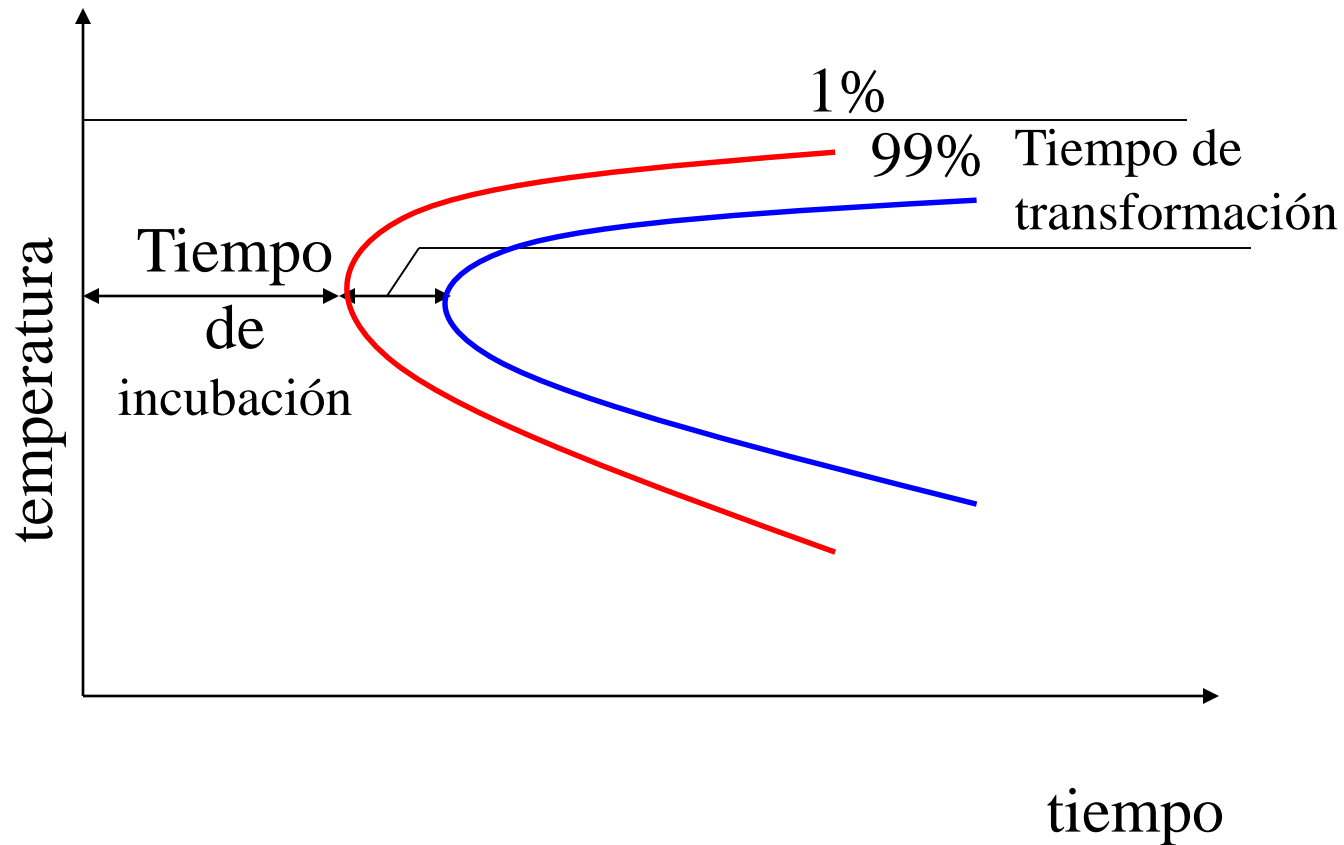
Radio Crítico

Transformación isotérmica - Curva cinética

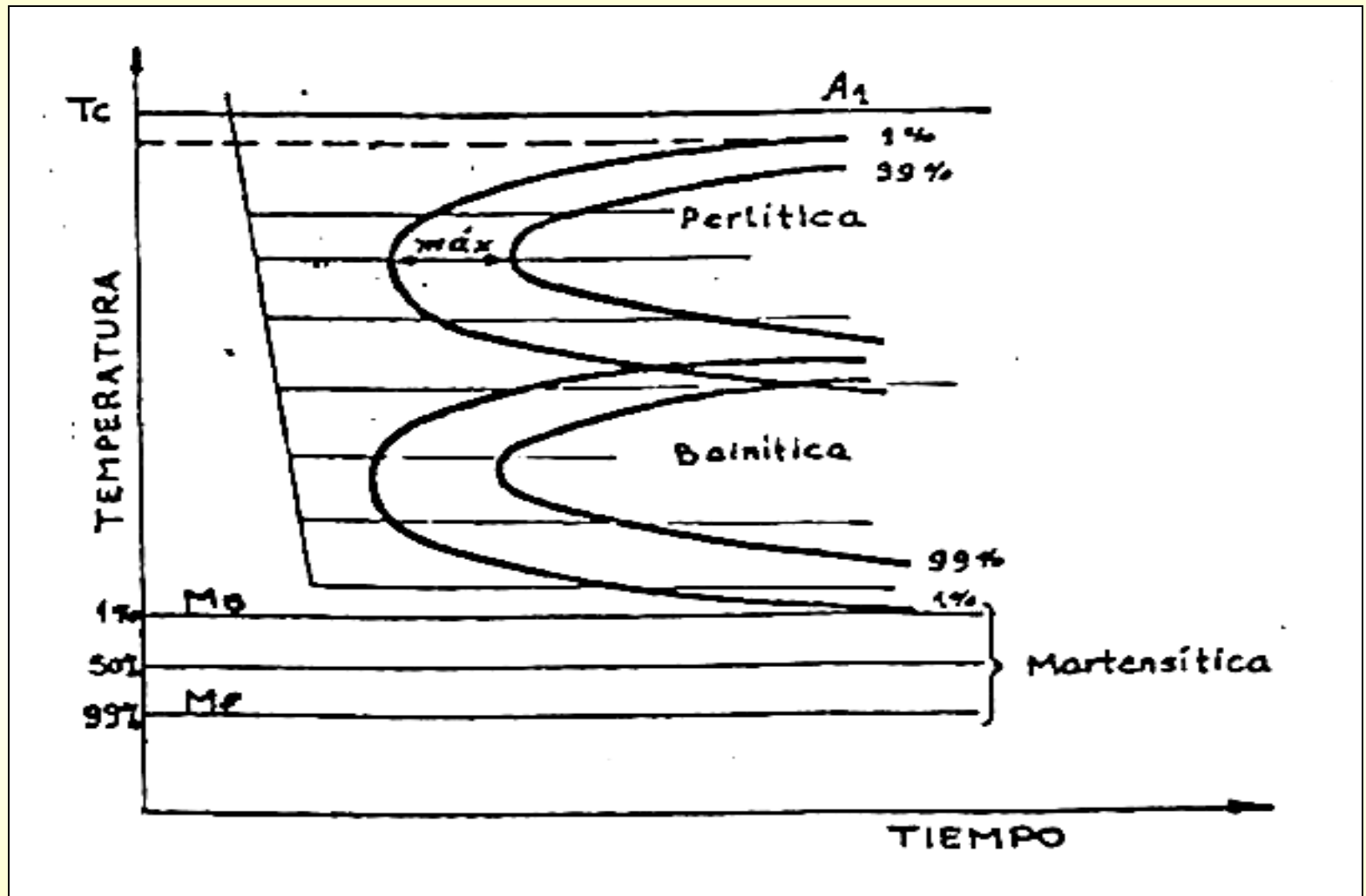


Obtención de un diagrama de transformación isotérmica (abajo) a partir del porcentaje de transformación en función del tiempo de experimentación (acero genérico)

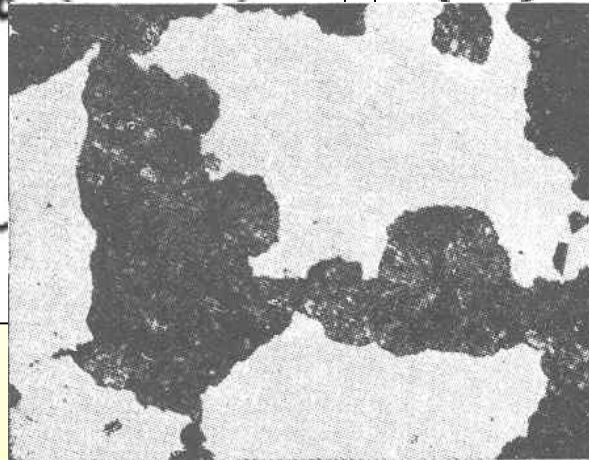
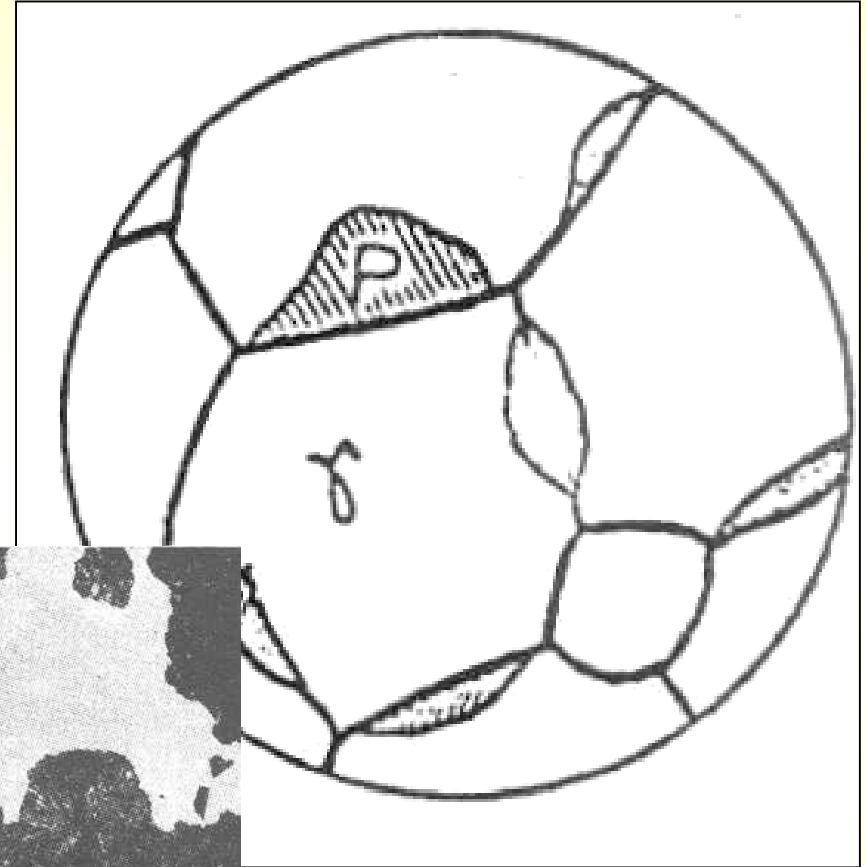
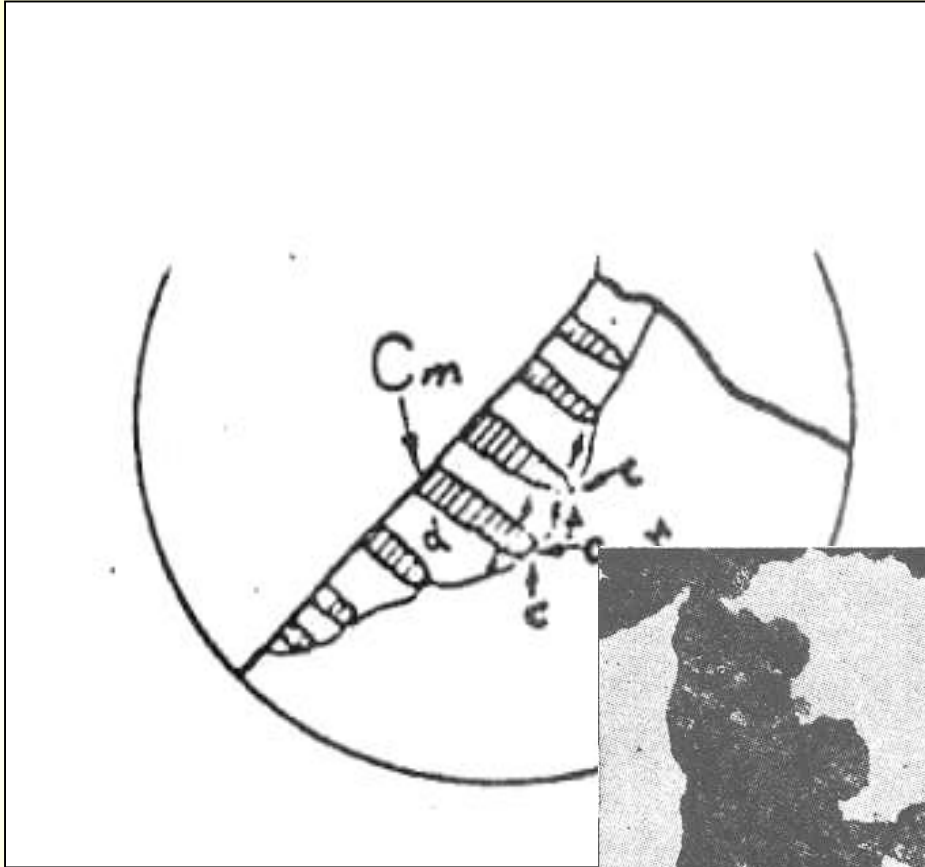
Curva TTT – Factores que intervienen



ACEROS EUTECTOIDES

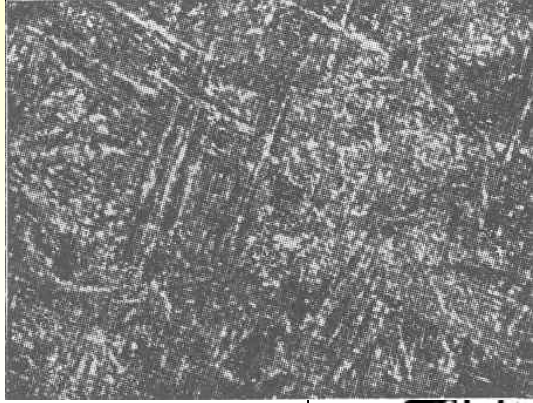


Transformación de austenita en perlita



PERLITA GRUESA

Transformación de austenita en bainita



Bainita Superior



Bainita Inferior

Transformación de austenita en martensita



Ejemplos

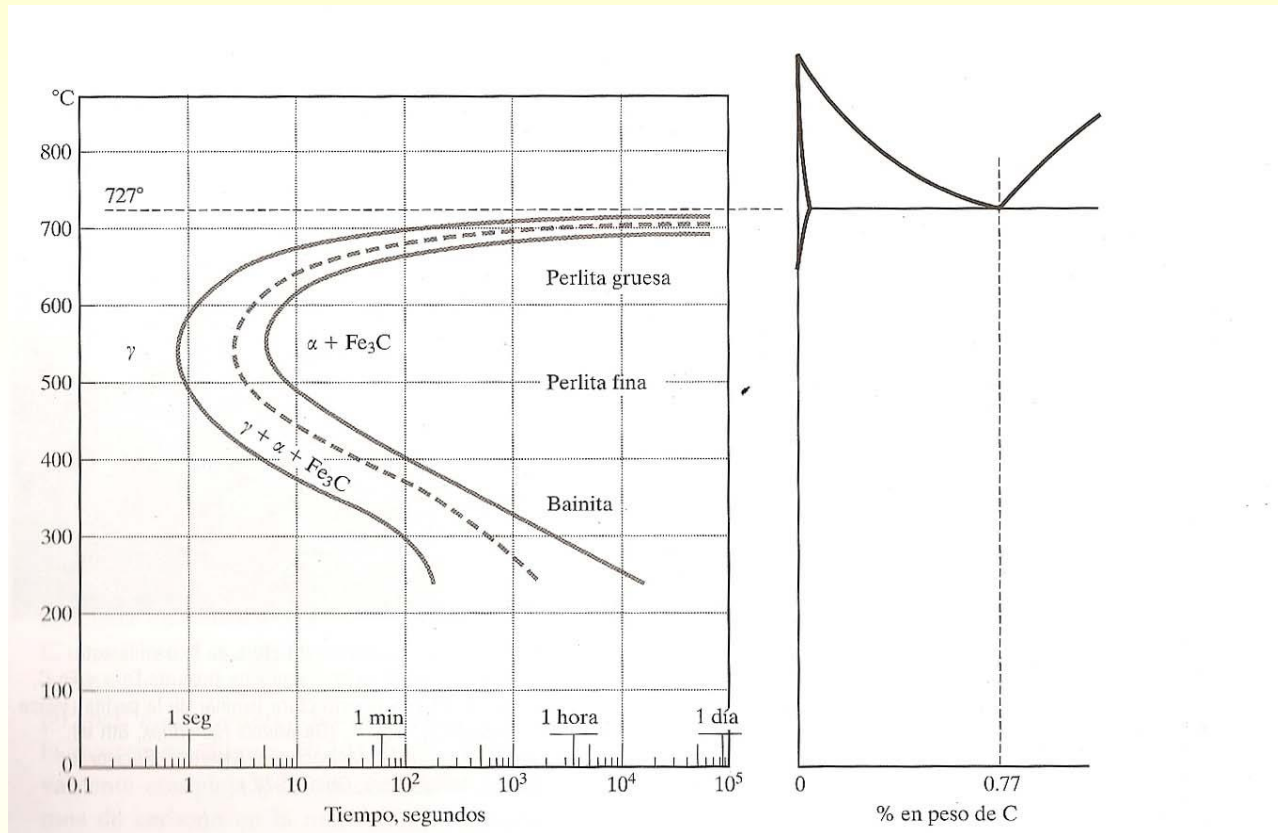
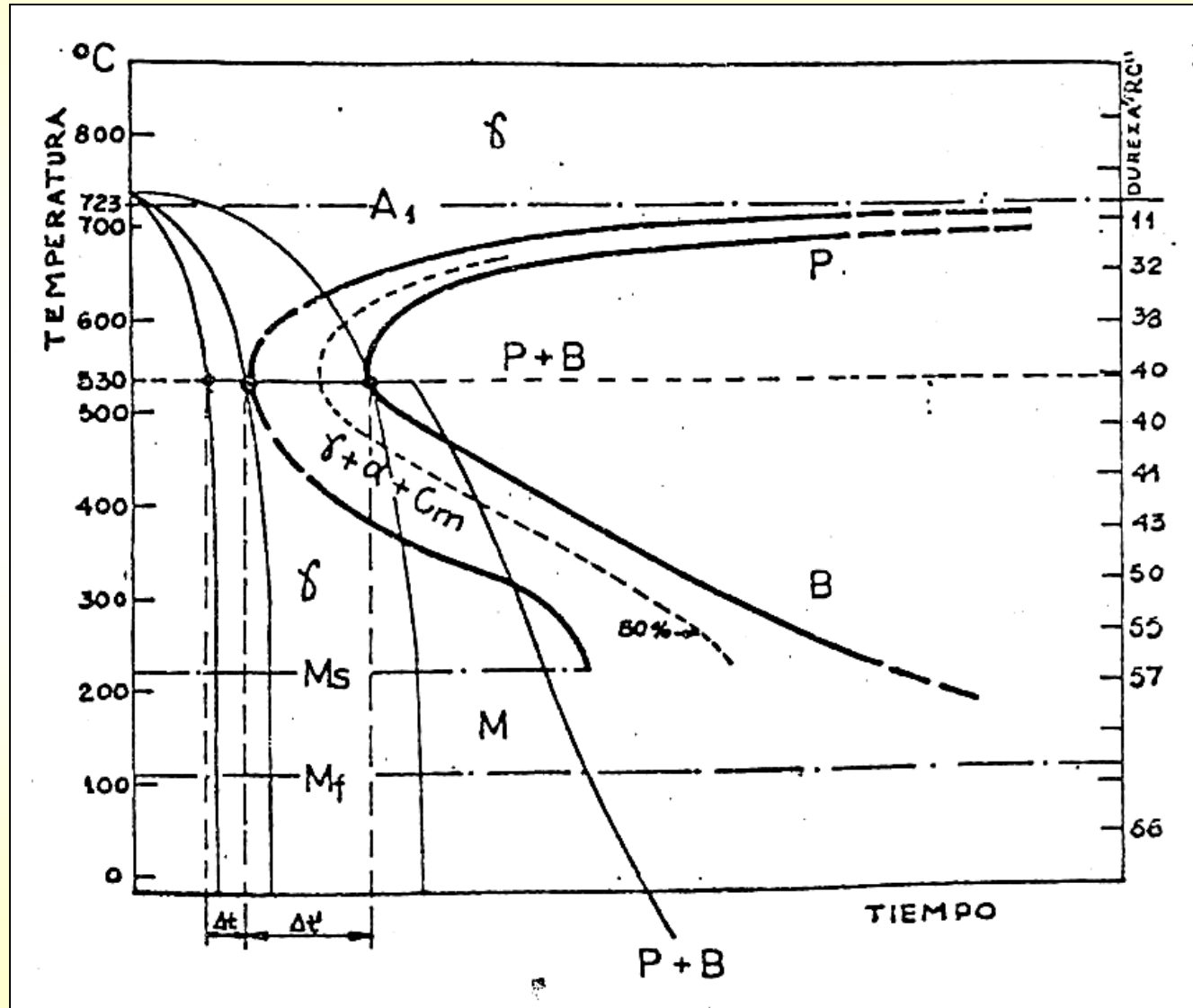


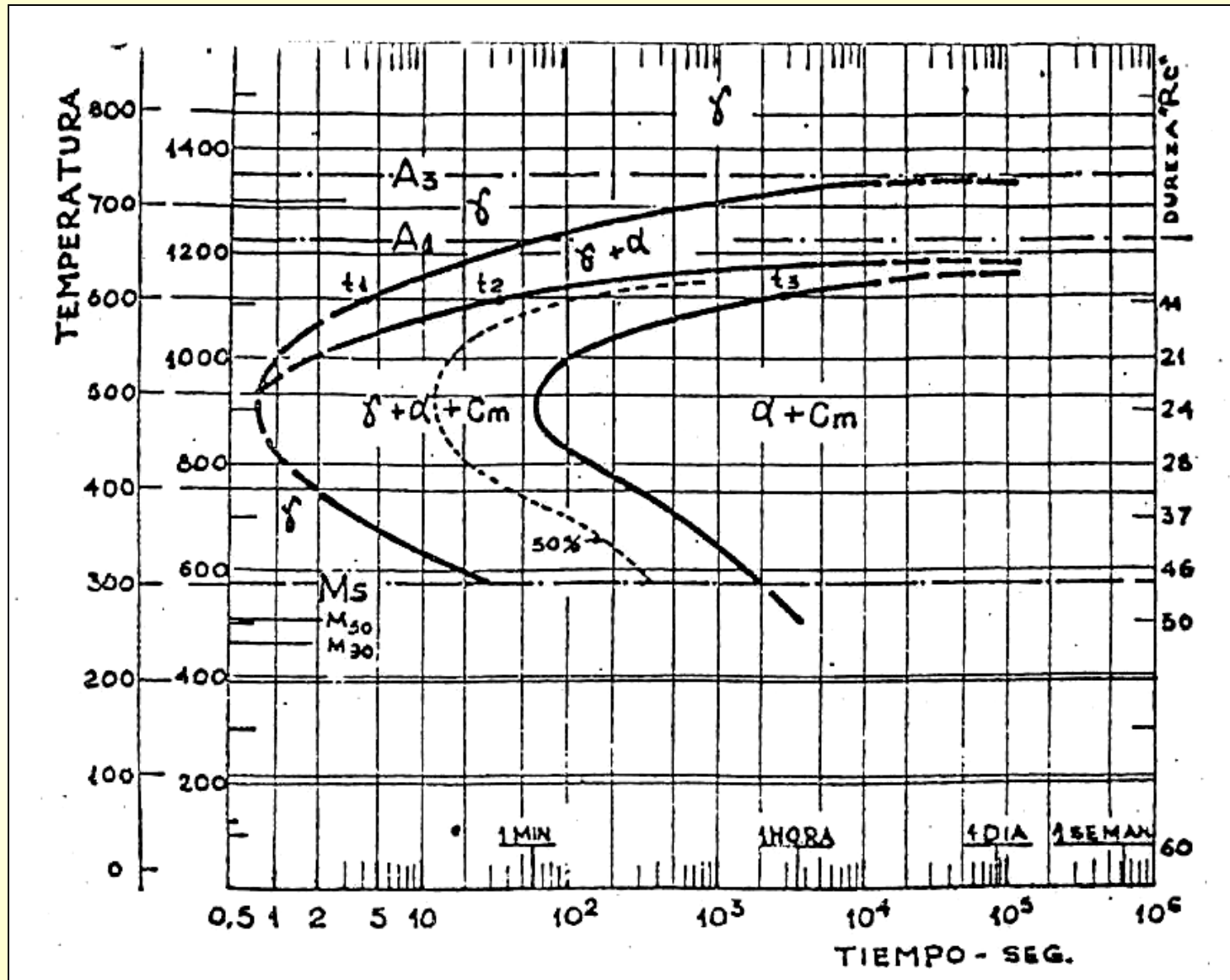
Diagrama TTT para acero eutectoide, comparación con diagrama Fe-CFe₃.

Zonas de los productos de transformación:

Perlita, Perlita + Bainita, Bainita y Martensita.



Aceros no eutectoides



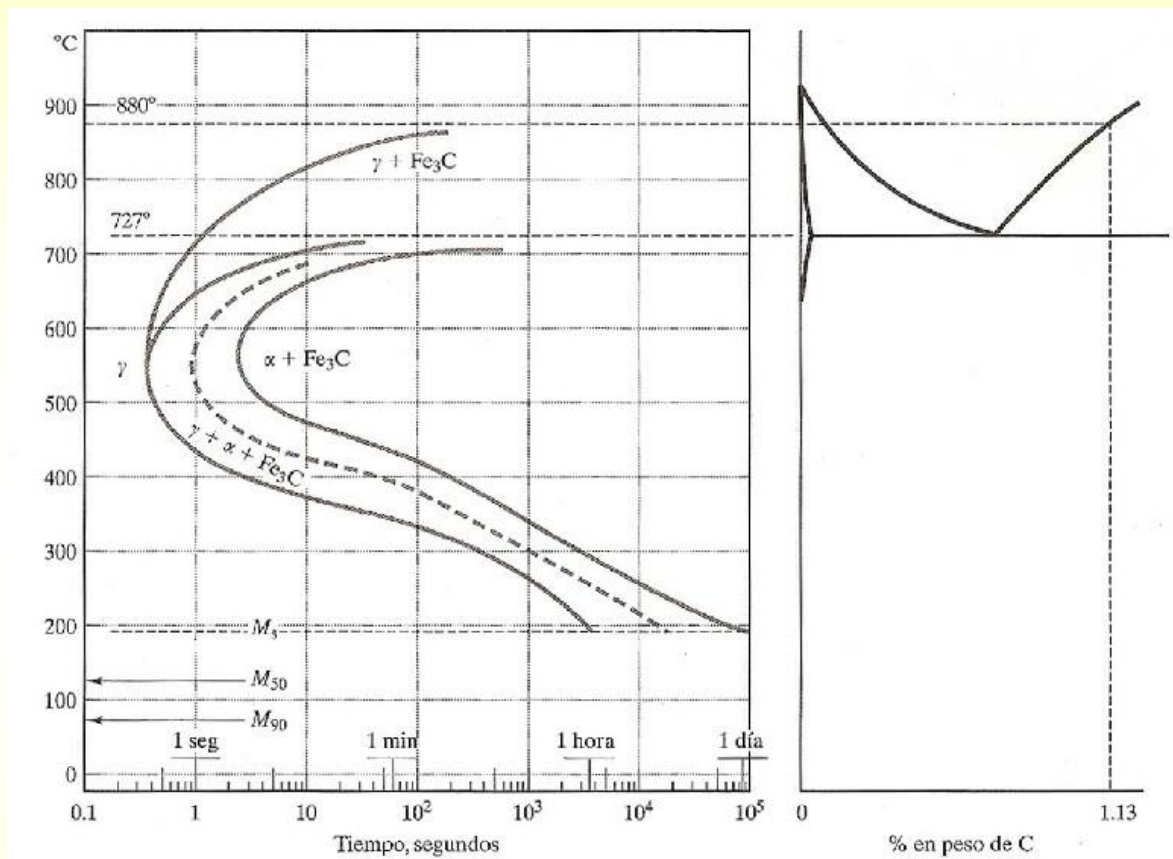
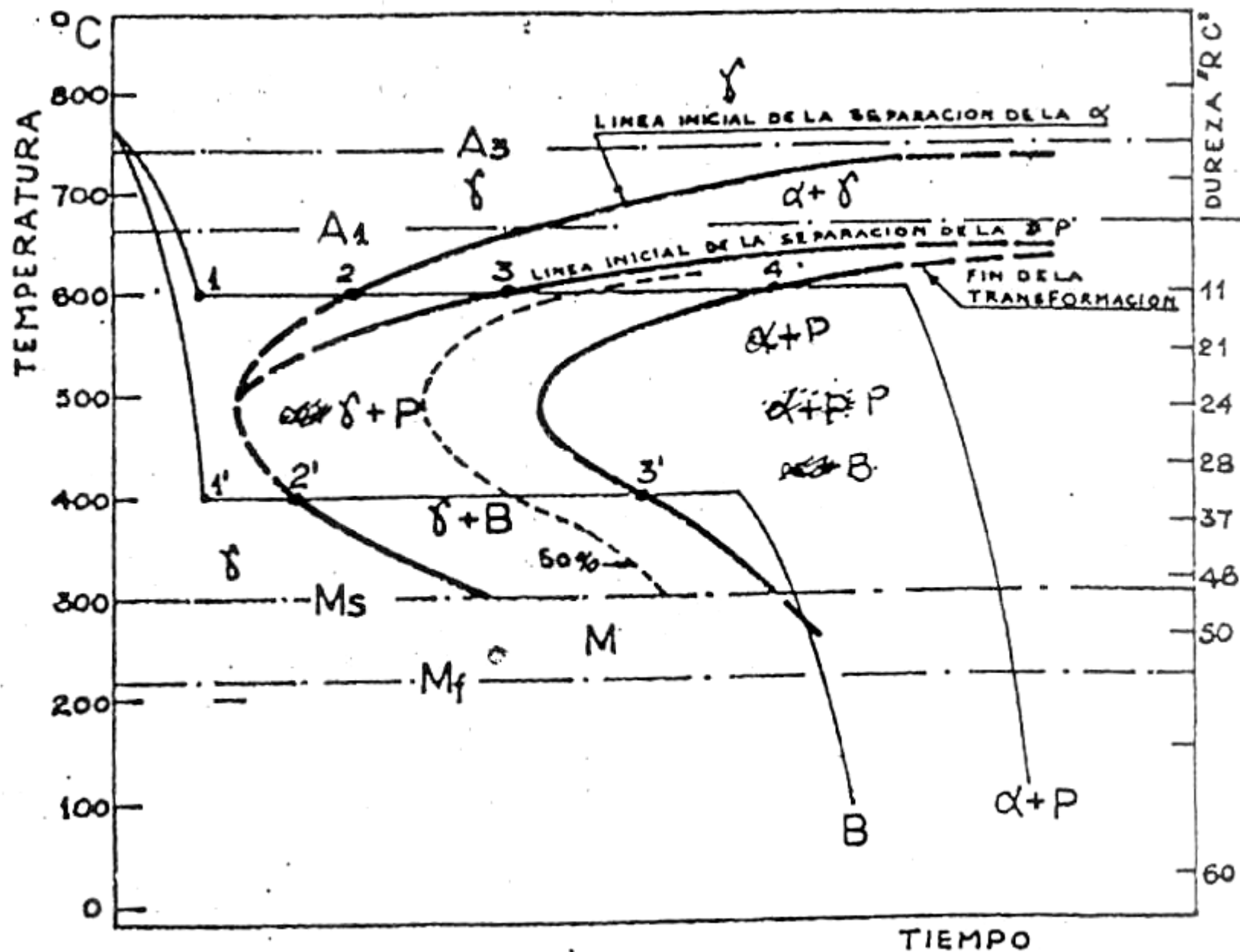
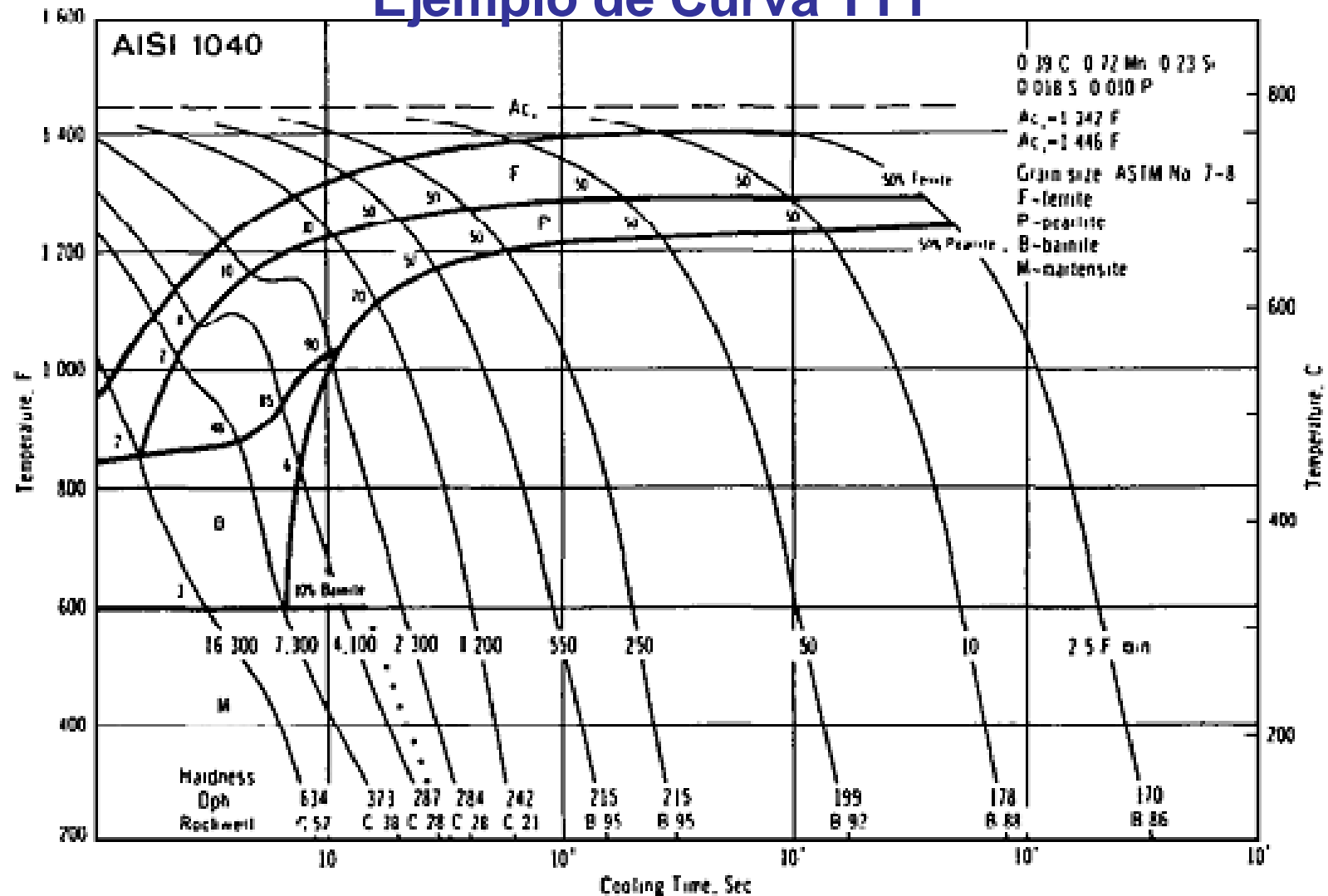


Diagrama TTT para acero hipereutectoide, 1,13%C comparado con diagrama Fe-CFe₃.

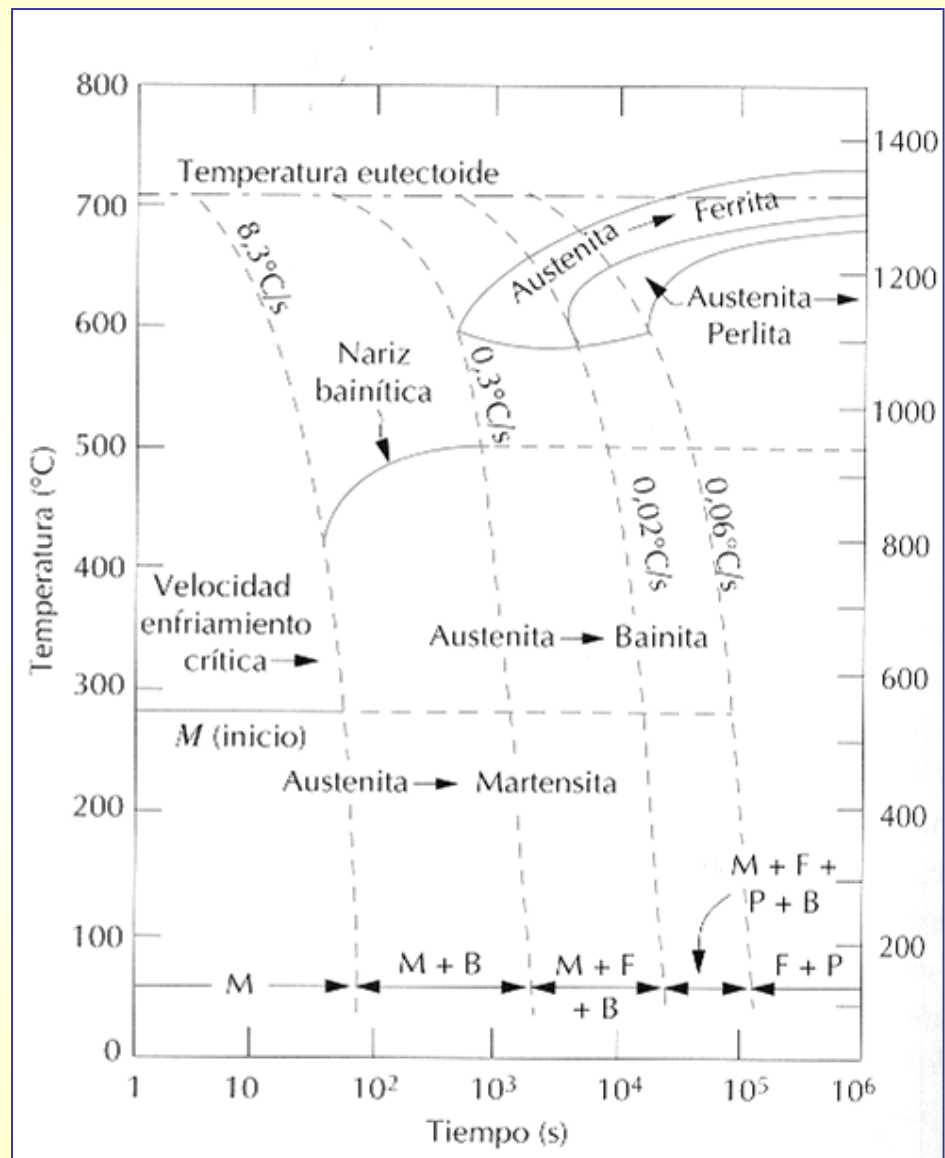


1040: CCT Diagram. Composition: 0.39% C - 0.72% Mn - 0.23% Si - 0.010% P - 0.018% S. Grain size: 7-8

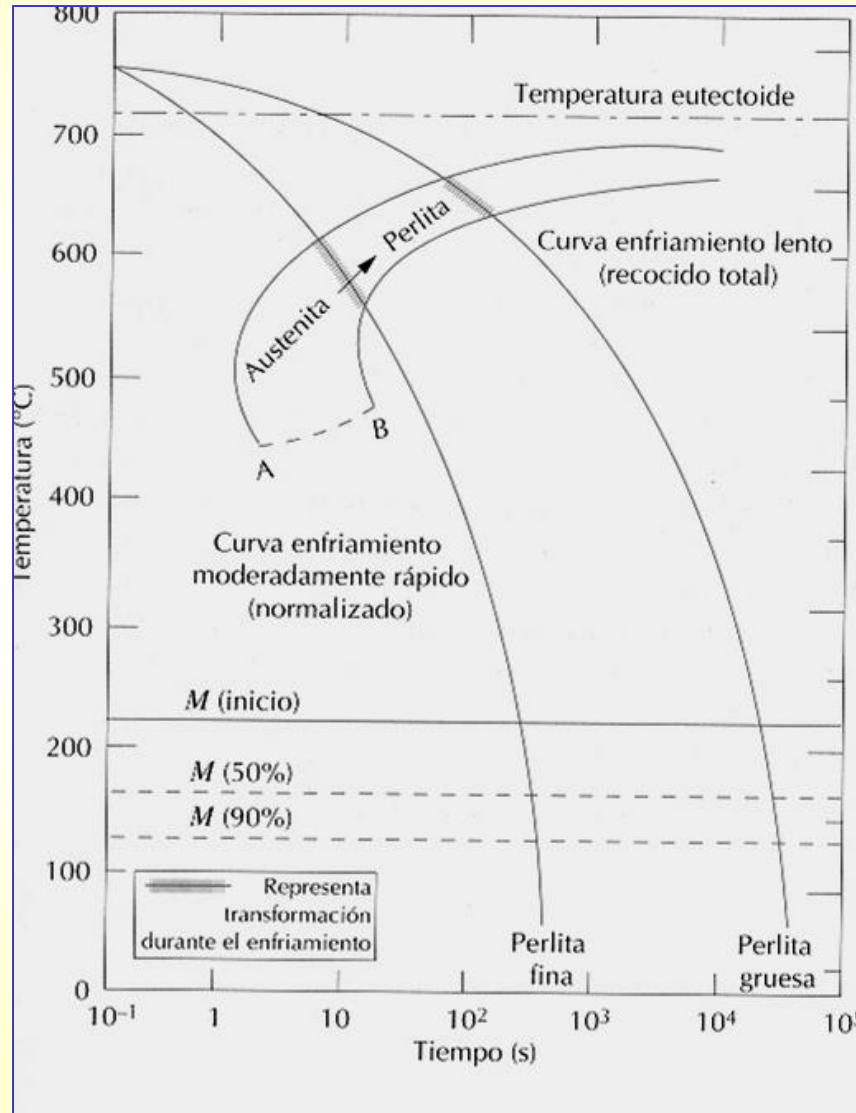
Ejemplo de Curva TTT



Curvas de enfriamiento sobre un diagrama de transformación por enfriamiento continuo de un acero aleado tipo 4340: influencia que la velocidad de enfriamiento ejerce en la microestructura que aparece durante el enfriamiento.



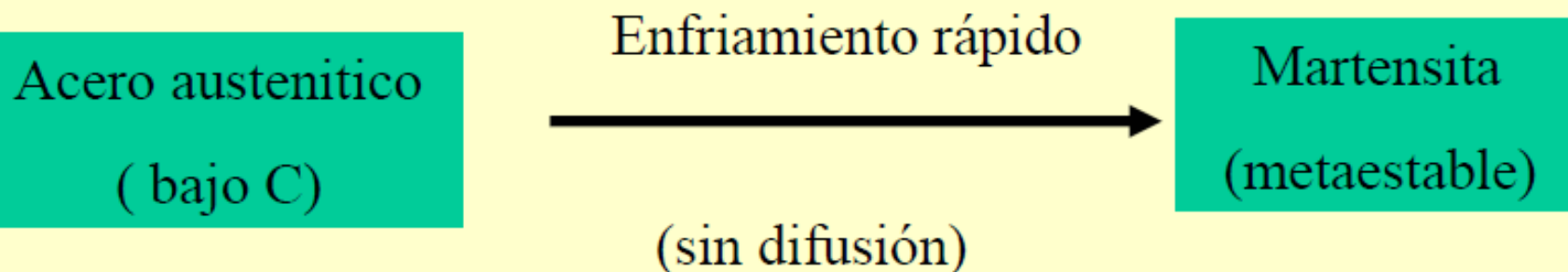
Curvas de enfriamientos moderadamente rápido y lento sobreimpresas encima de un diagrama de transformación de un acero eutectoide



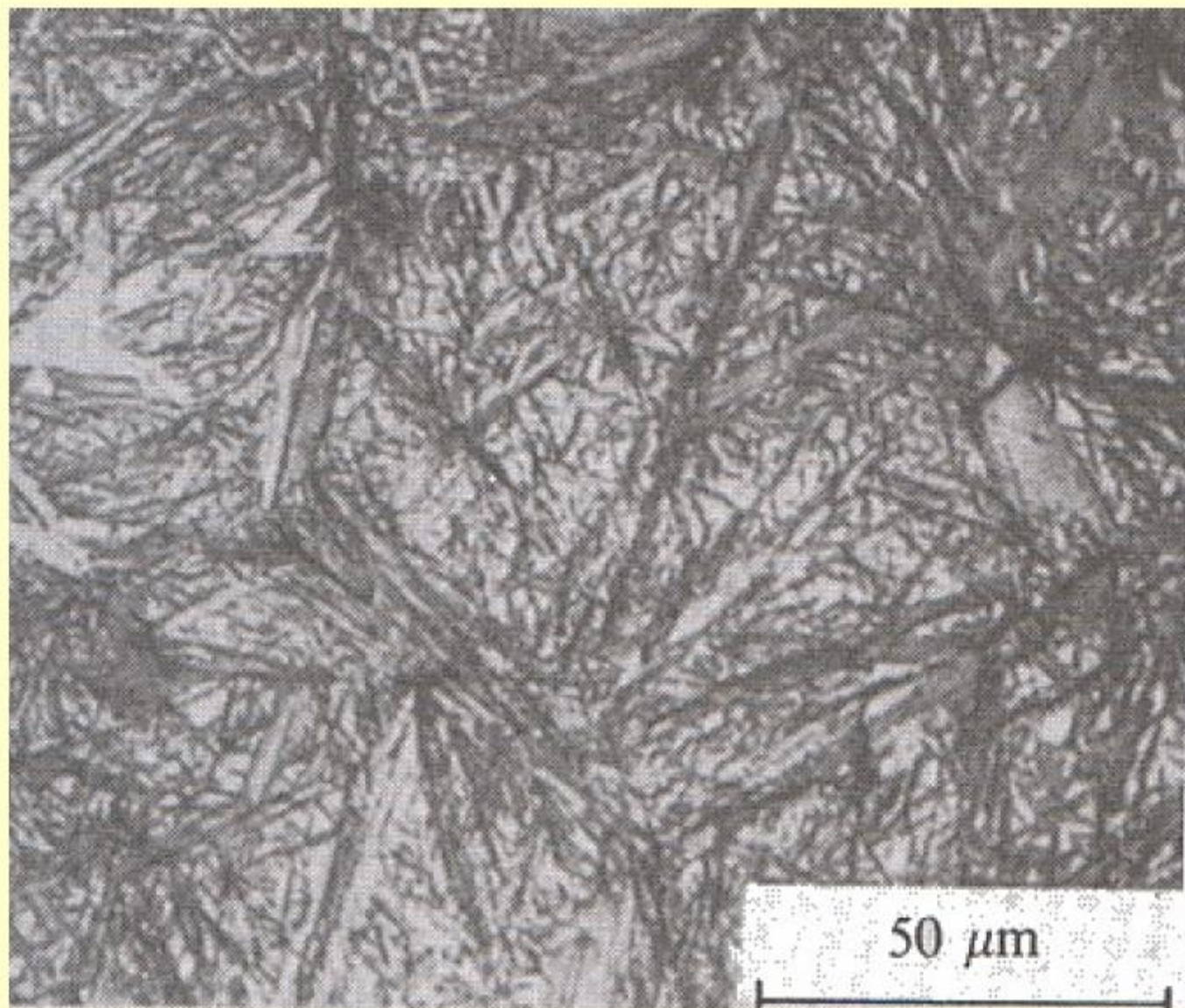
TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS NO ALEADOS

Variando la forma de calentamiento y enfriamiento de los aceros , se pueden obtener diferentes combinaciones de las propiedades mecánicas de los aceros

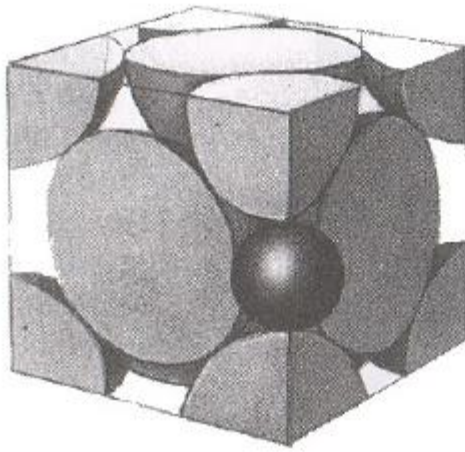
Martensita: formación de martensita Fe-C por templado rápido.



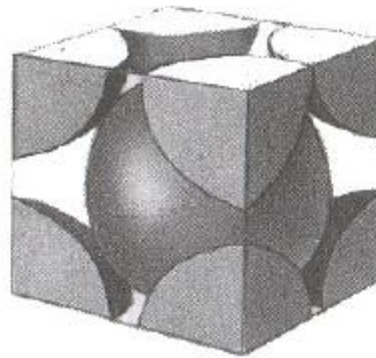
Microestructura de la Matensita



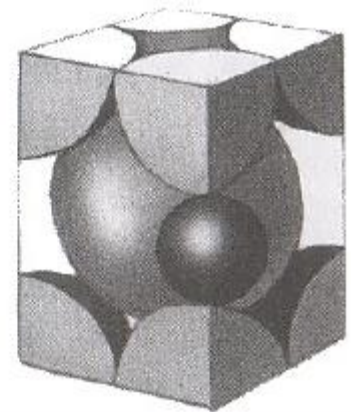
Estructura de martensita Fe-C a escala atómica



Hierro γ (FCC)

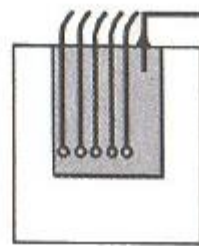


Hierro α (BCC)



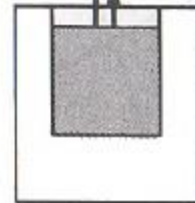
Hierro BCT

Descomposición isotérmica de la austenita



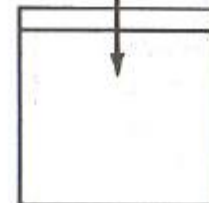
Horno a temperatura por encima de 723°C

(a)



Baño de sal para transformación isotérmica a alguna temperatura por debajo de 723°C

(b)



Tanque de agua fría para el templeado a temperatura ambiente

(c)

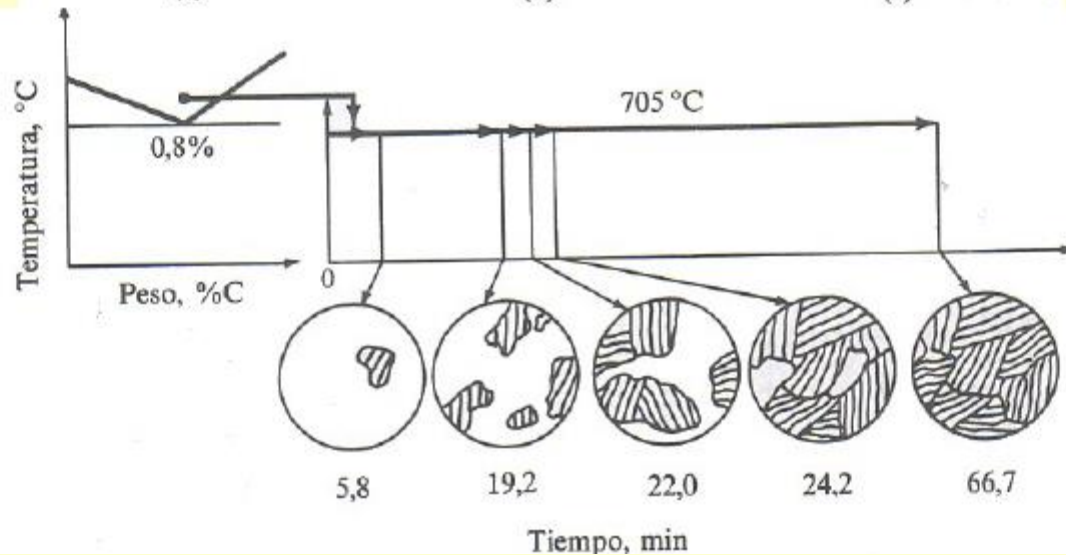
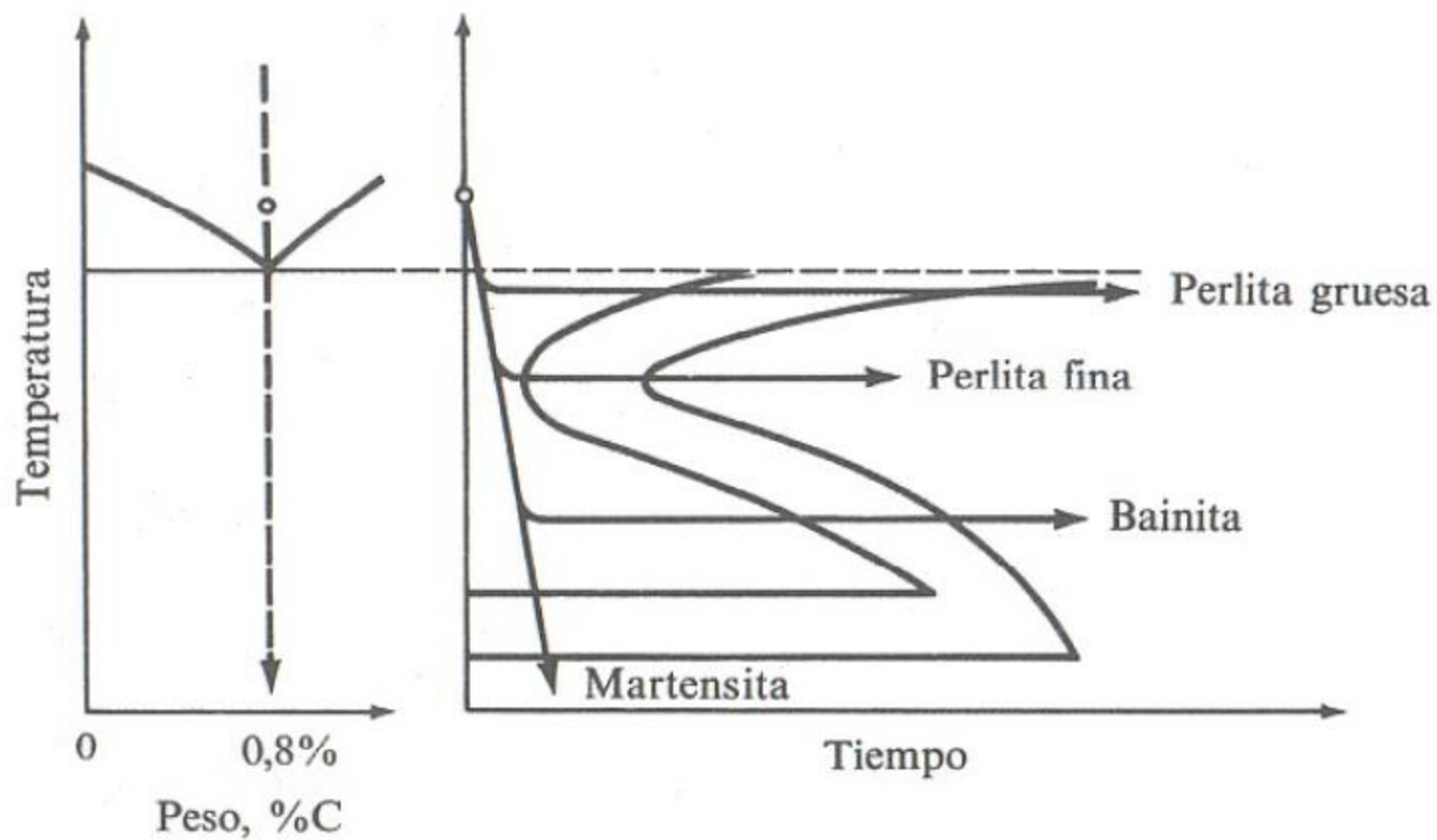


Diagrama de transformación isotérmica



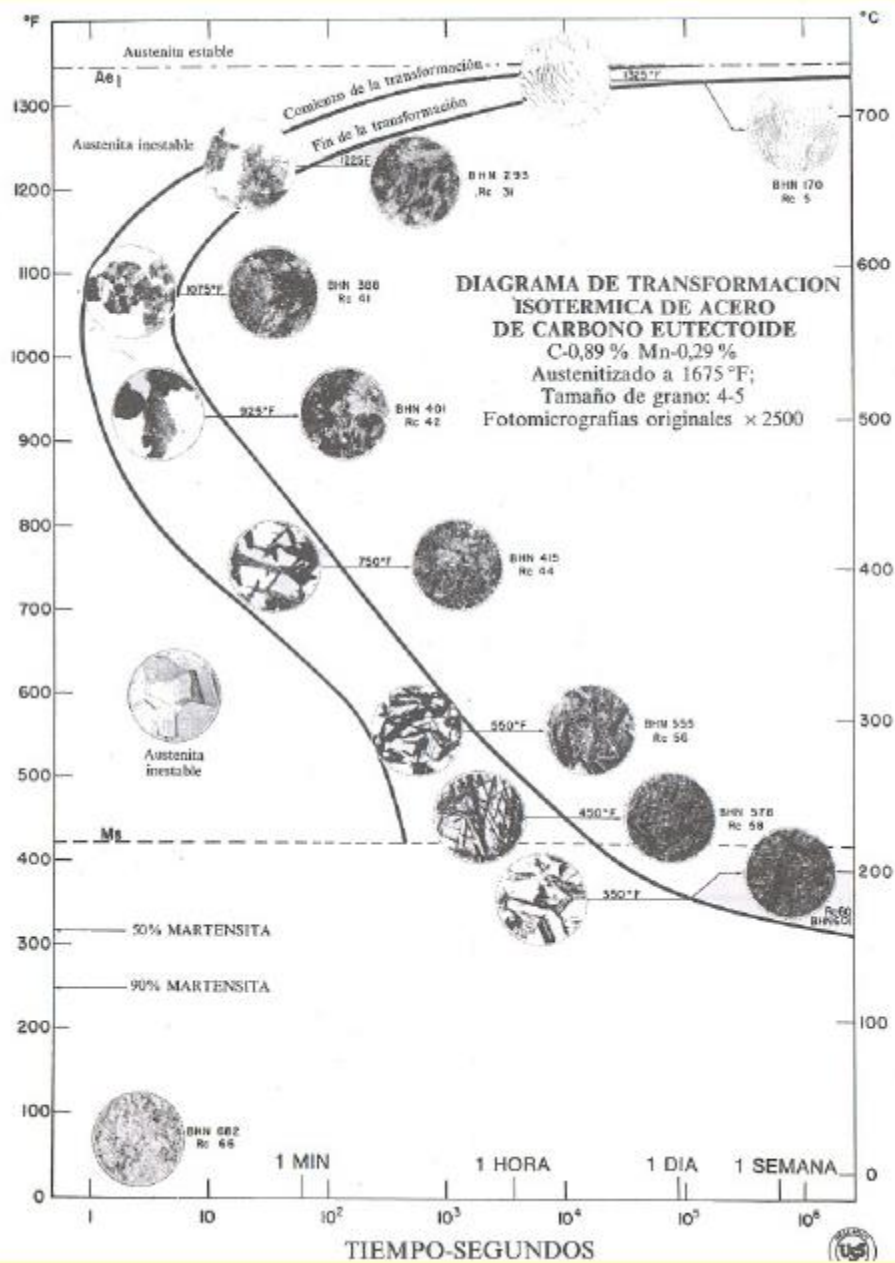
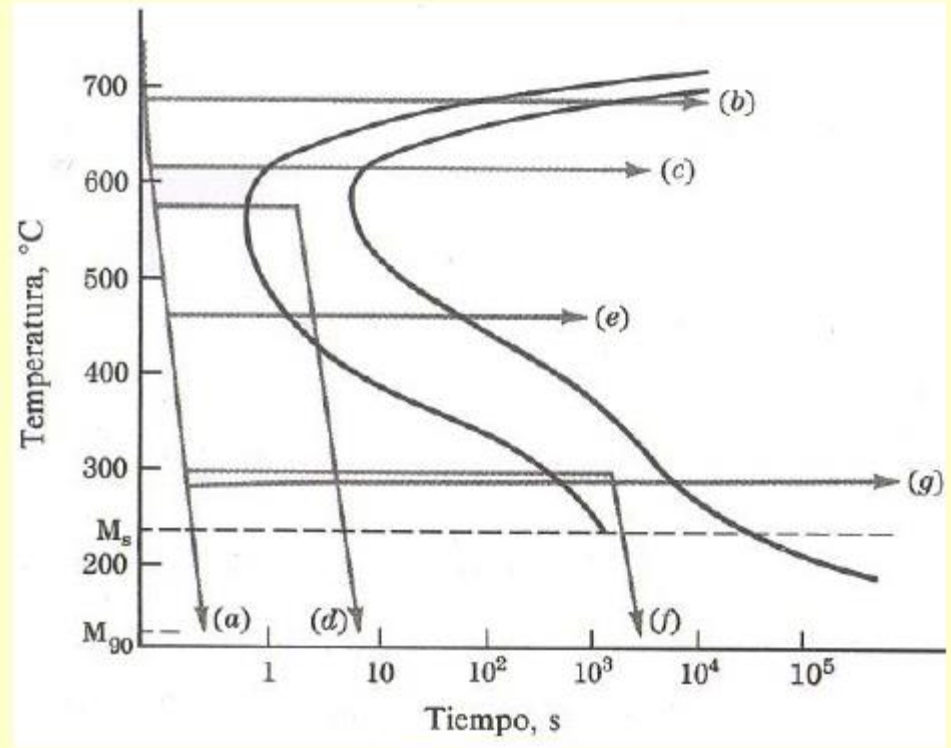


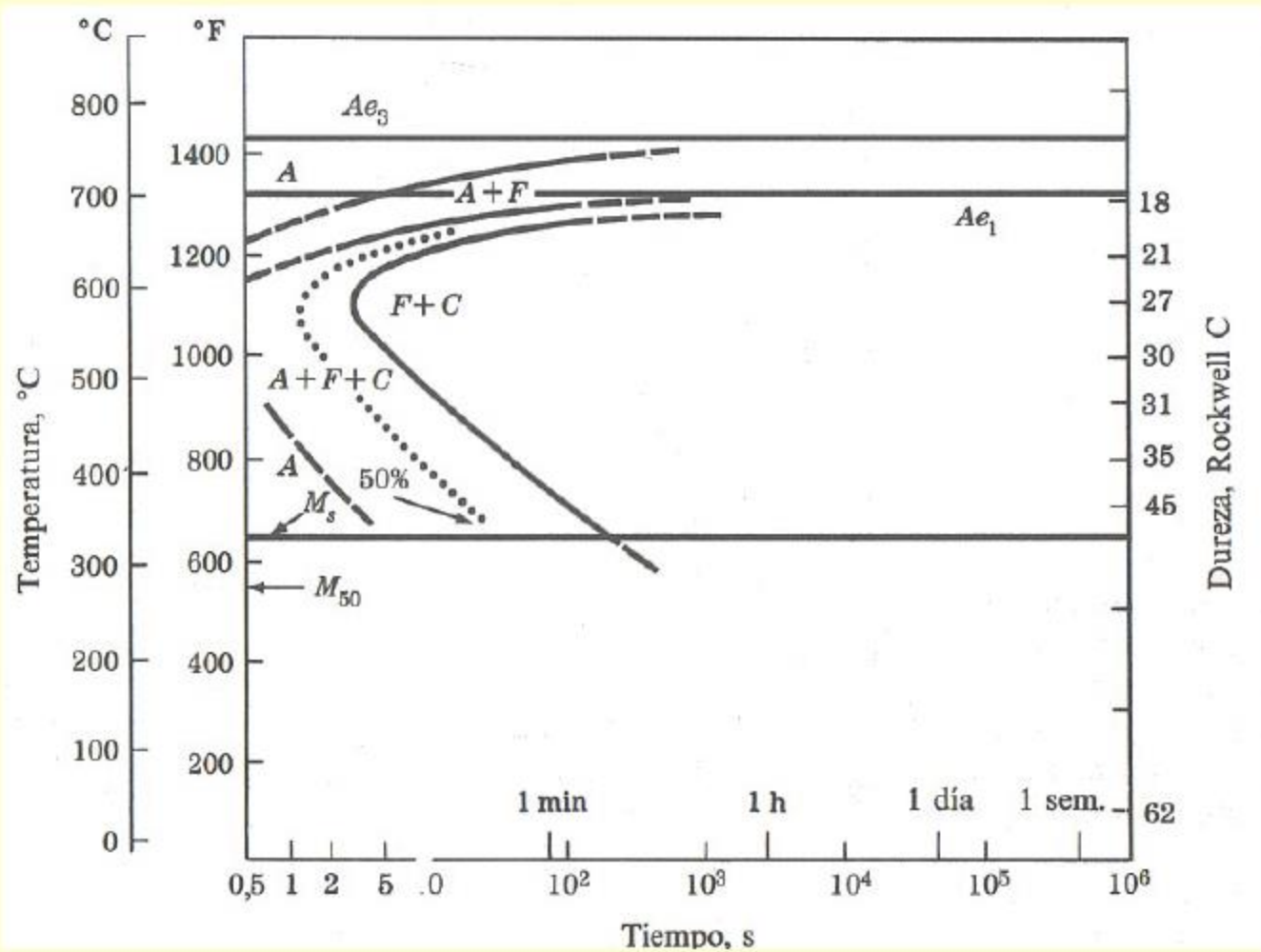
Diagrama de transformación isotérmica

Varios caminos de enfriamiento:

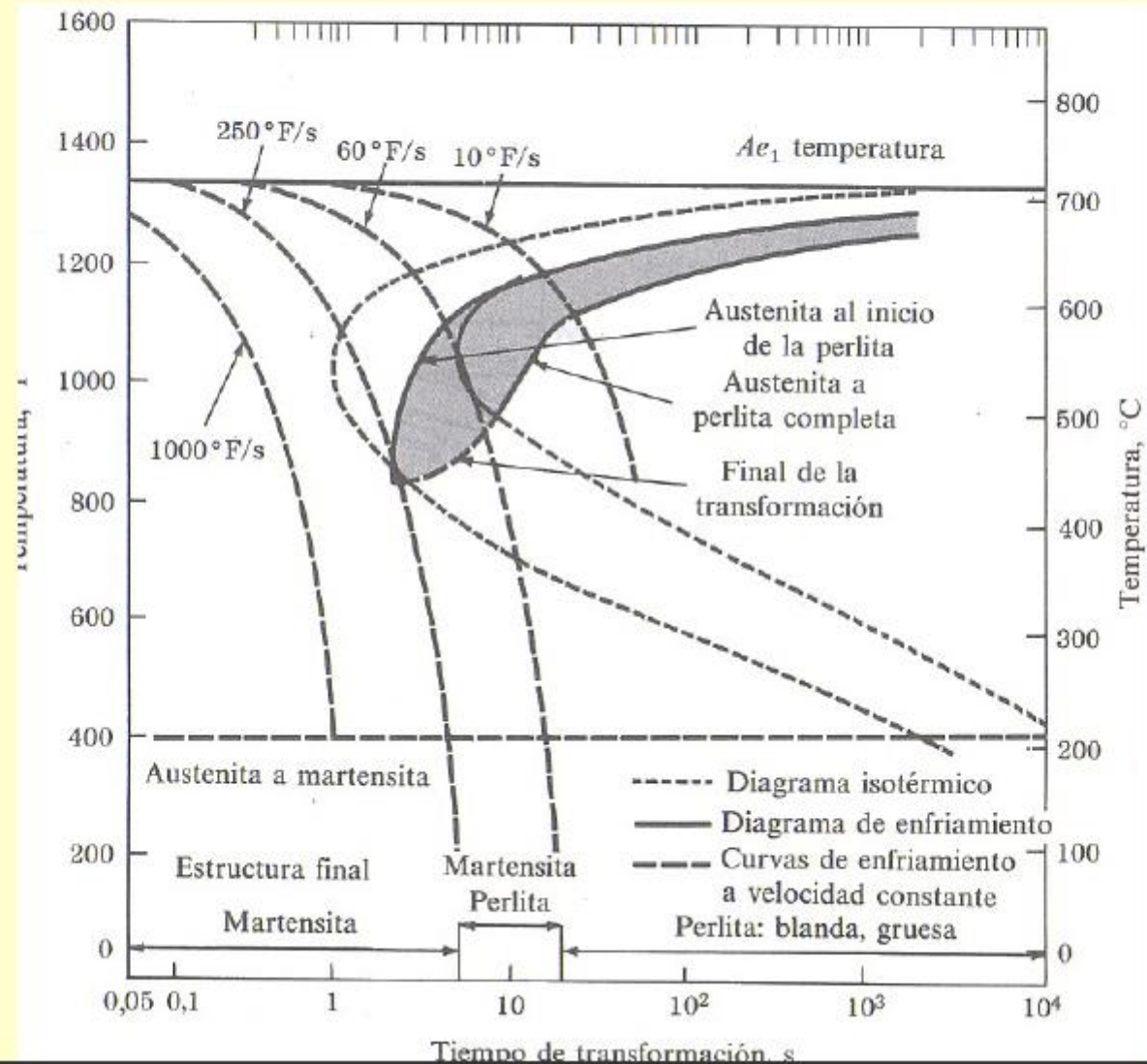


- a) Todo martensita
- b) Todo perlita gruesa
- c) Todo perlita fina
- d) Aproximadamente 50% perlita fina y 50% martensita
- e) Todo bainita superior
- f) Aprox. 50% bainita inferior y 50% martensita
- g) Todo bainita inferior

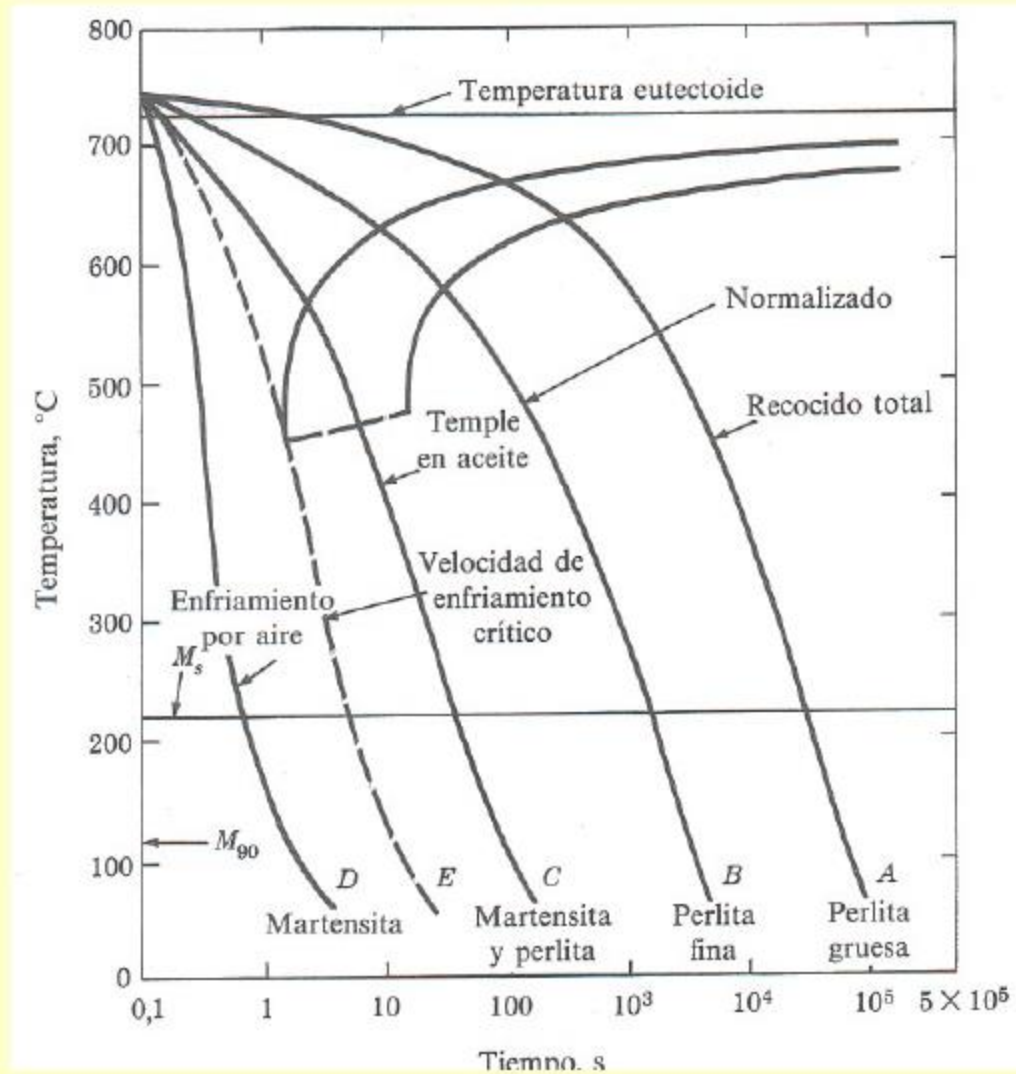
Transformación isotérmica de un acero hipoeutectoide con 0,47 % C y 0,57% Mn



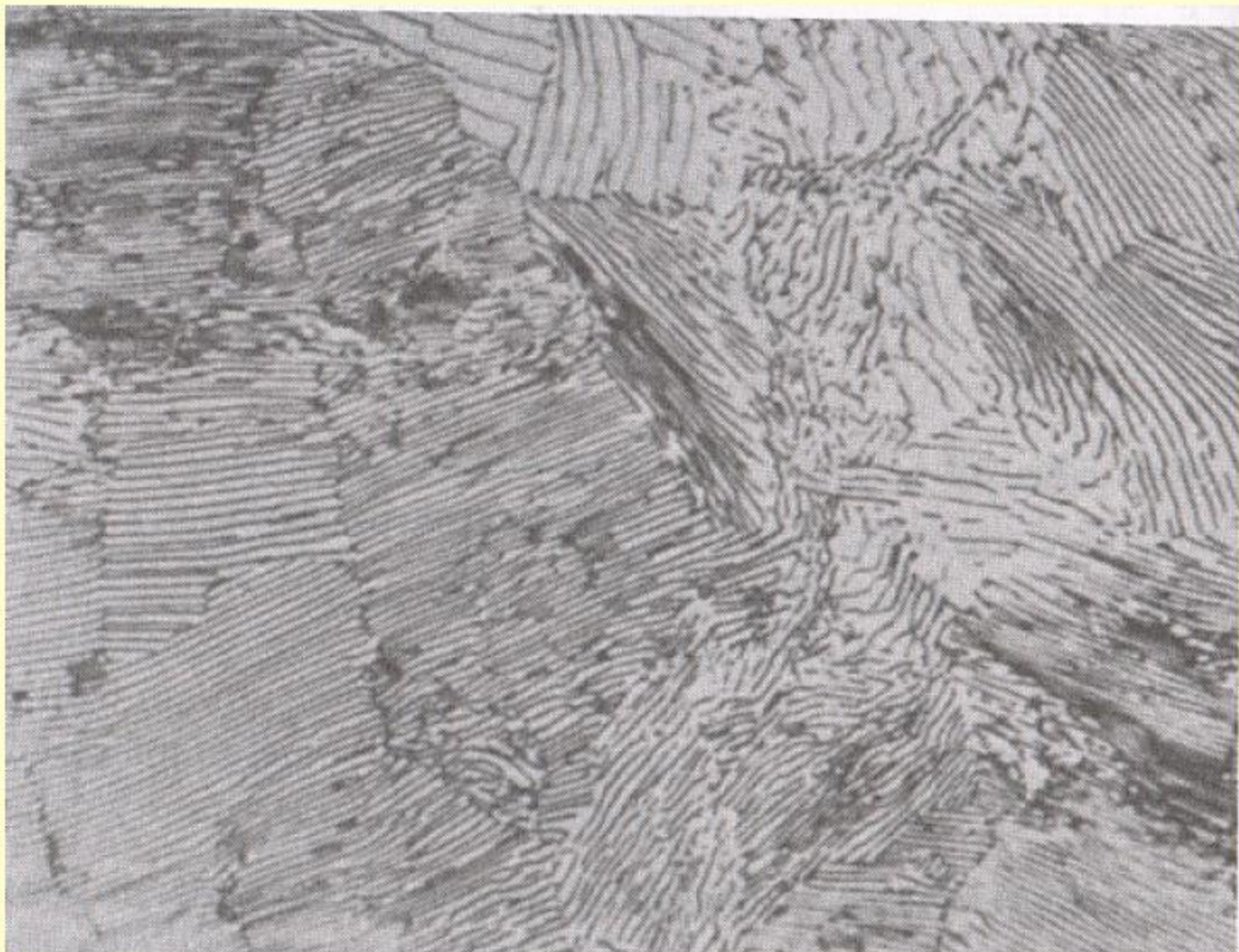
Diagramas de transformaciones por enfriamiento continuo



Microestructura de un acero eutectoide por enfriamiento continuo a diferentes velocidades.



PERLITA



Influencia de los elementos de aleación

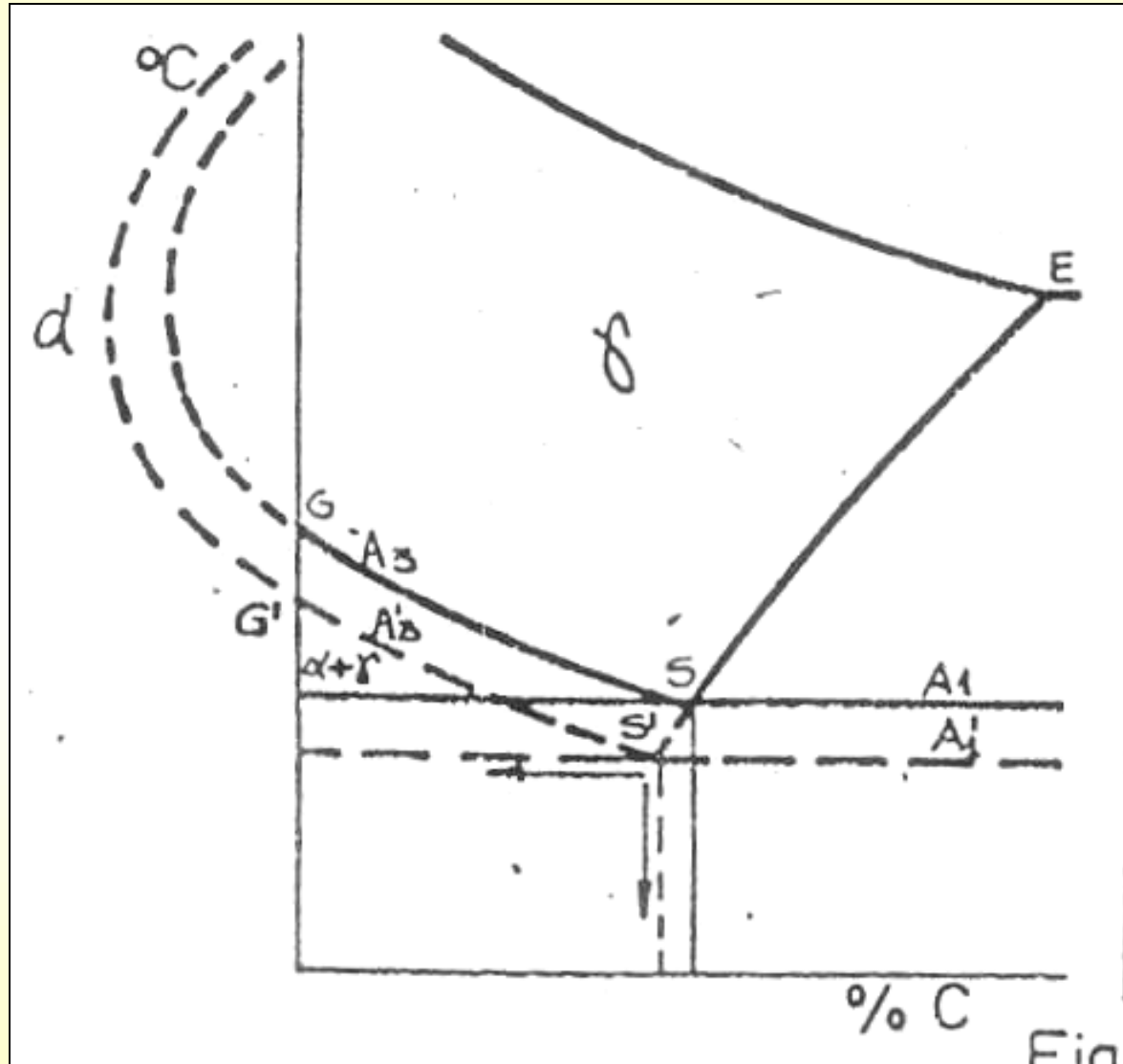
-Solubles en la Austenita

Ni, Mn, Co, Cr.

Acción sobre el diagrama de equilibrio.

-Estabilizan la austenita (amplían su campo)

-Disminuyen la temperatura y concentración del eutectoide.



Influencia de los elementos de aleación

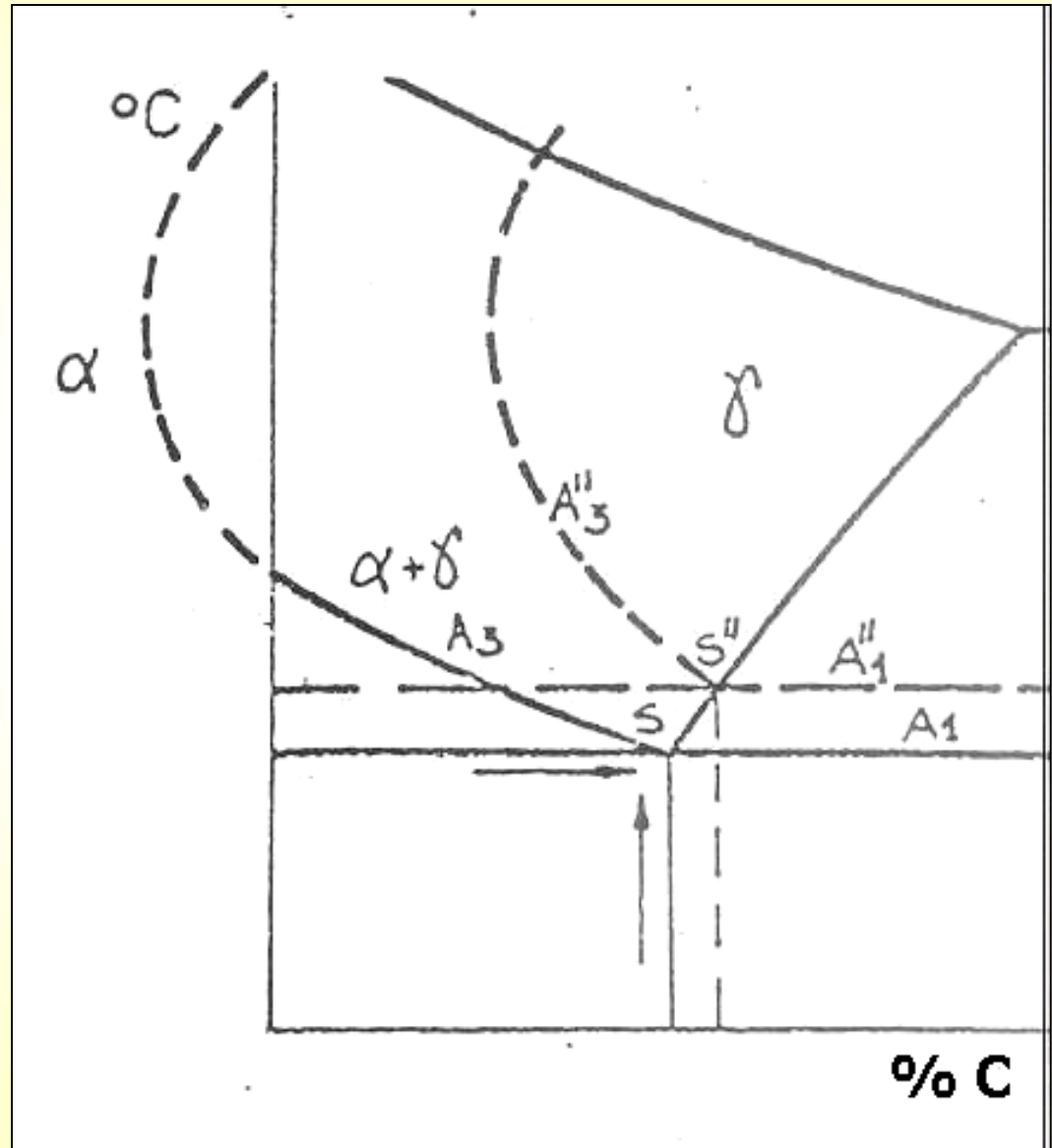
-Solubles en la Ferrita

Cr, V, Co, Mo, Al, W, Si, Ni.

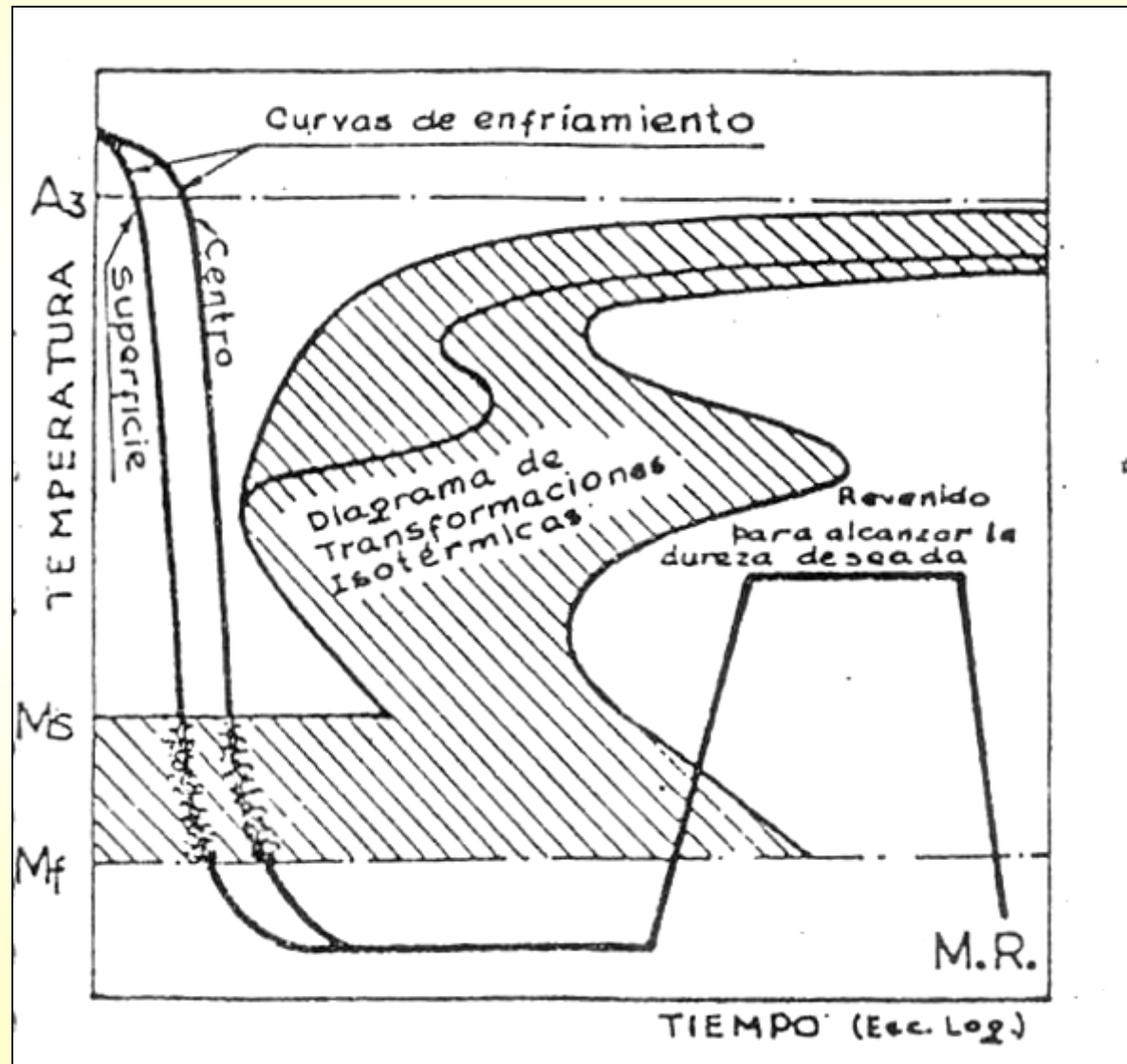
Acción sobre el diagrama de equilibrio.

*-Estabilizan la ferrita
(amplían su campo)*

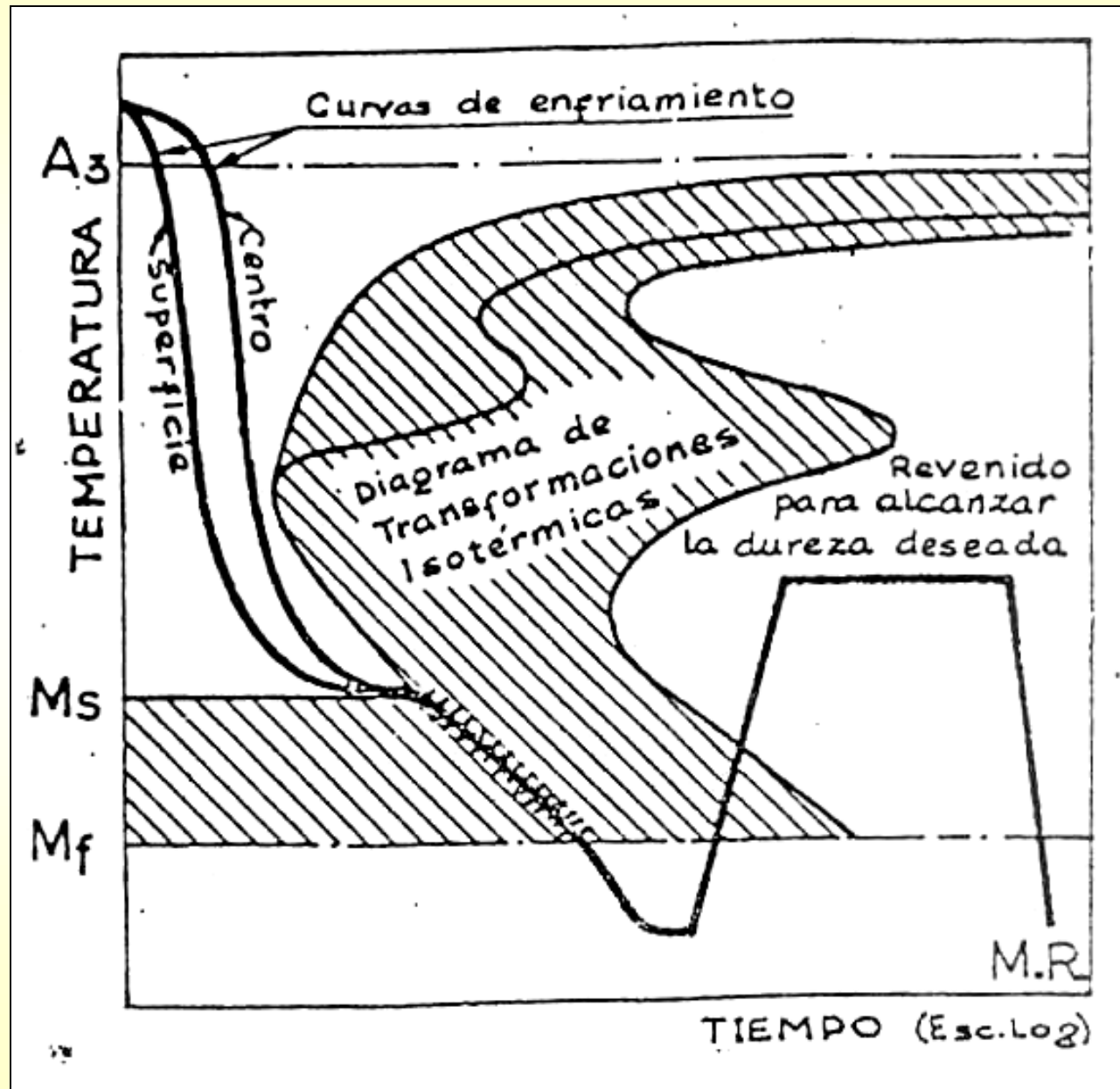
*-Elevan la temperatura y
concentración del
eutectoide.*



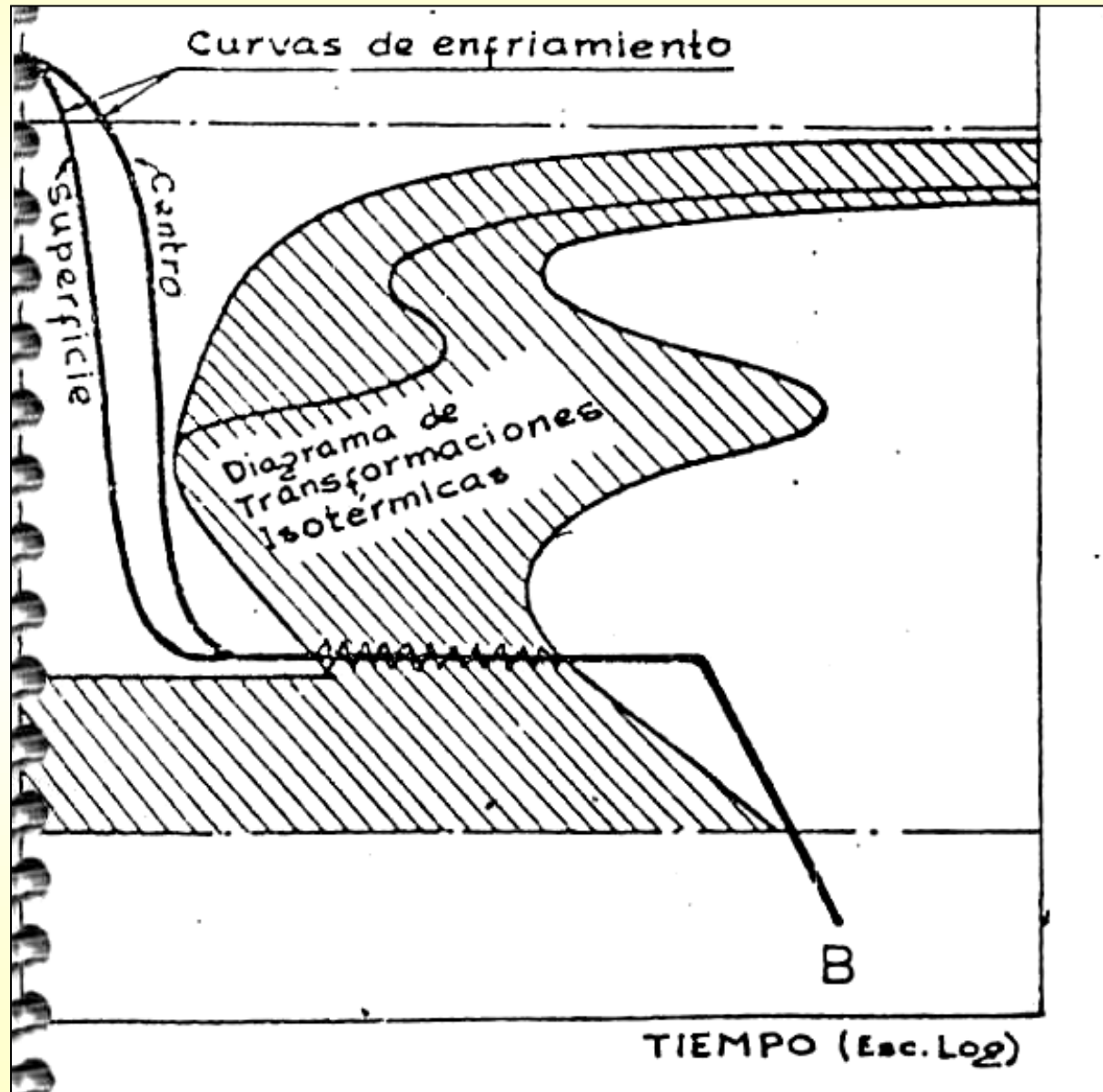
TEMPLE Y REVENIDO



MARTEMPERING



AUSTEMPERING



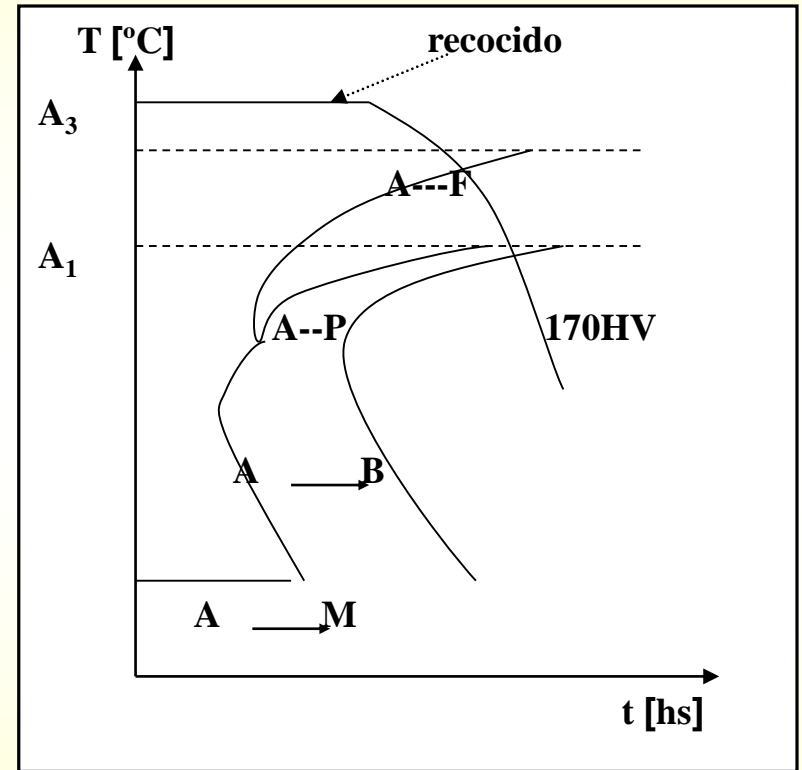
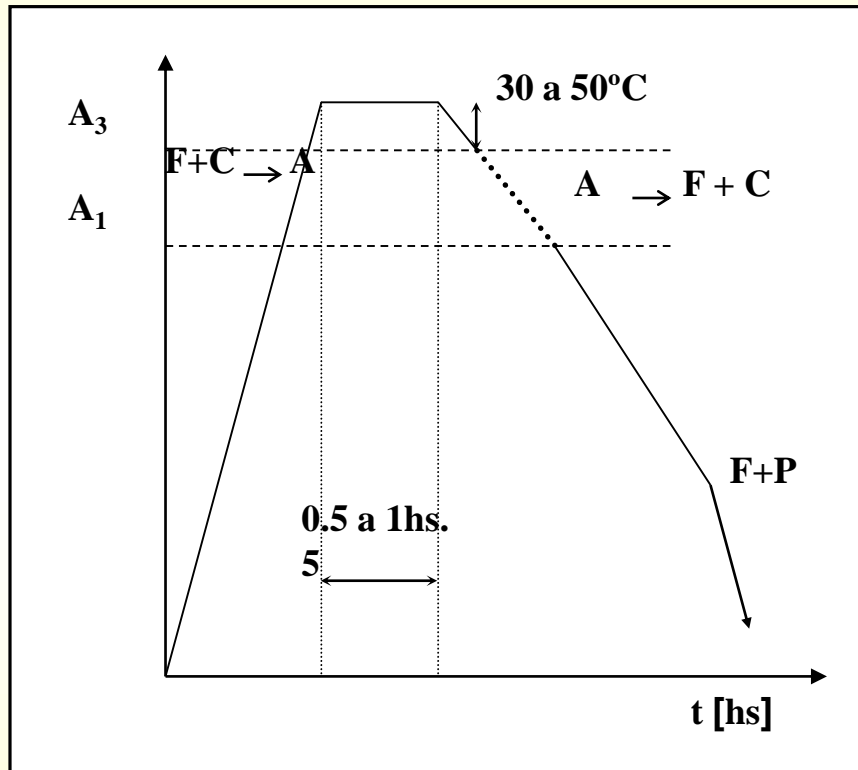
RECOCIDO

 **Baja Resistencia y Dureza.**

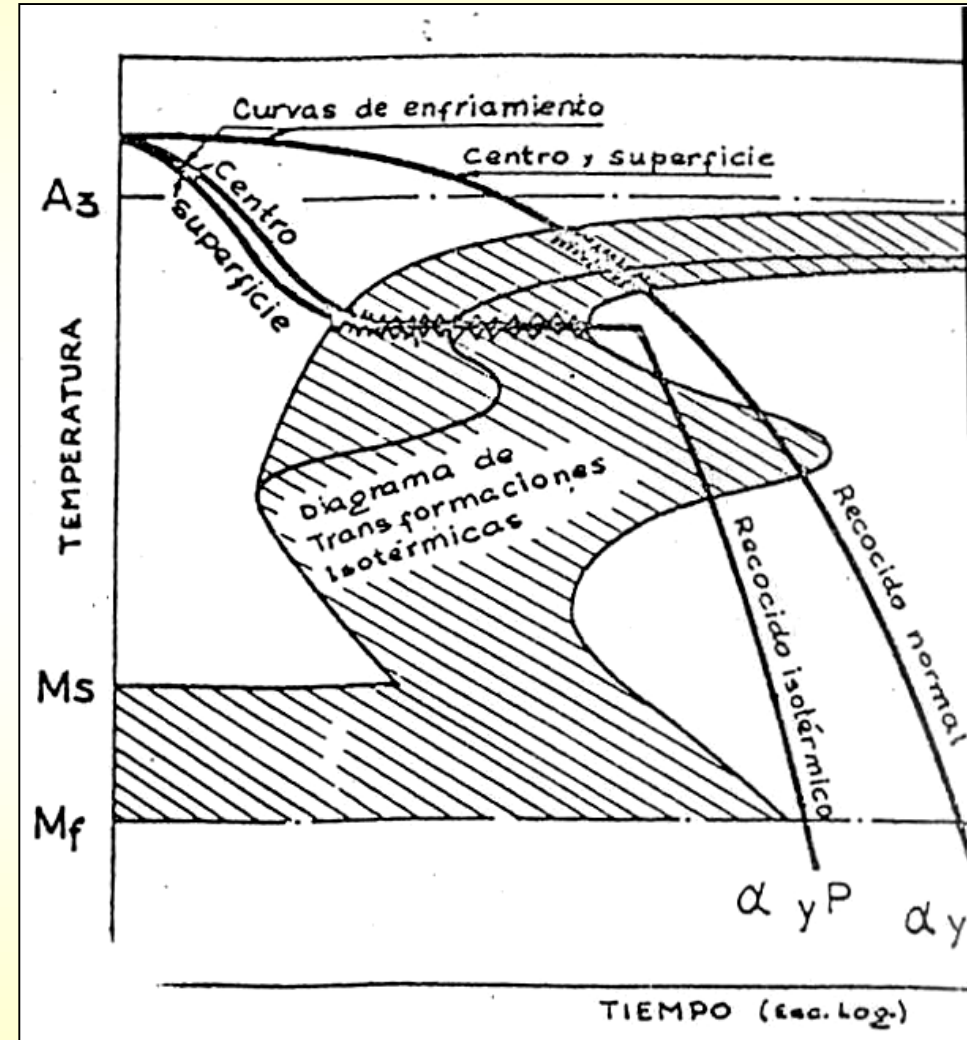
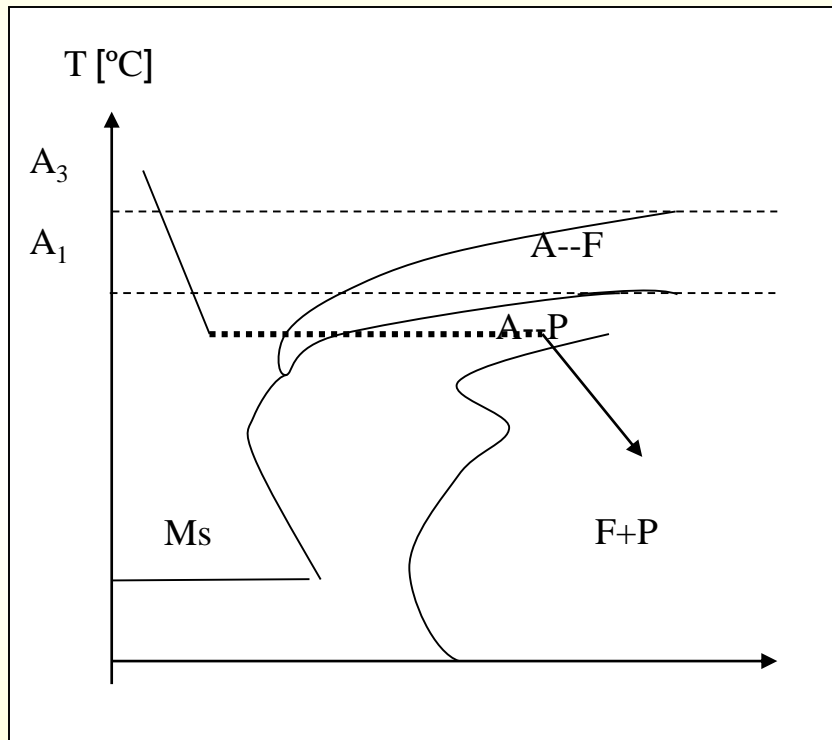
Hay recristalización de fase y esta afina el grano y elimina la estructura Widmanstatten del acero.

Al recocido se someten las piezas fundidas, forjadas y laminadas, disminuyendo la dureza y resistencia y mejorando la facilidad de elaboración por corte.

Recocido total



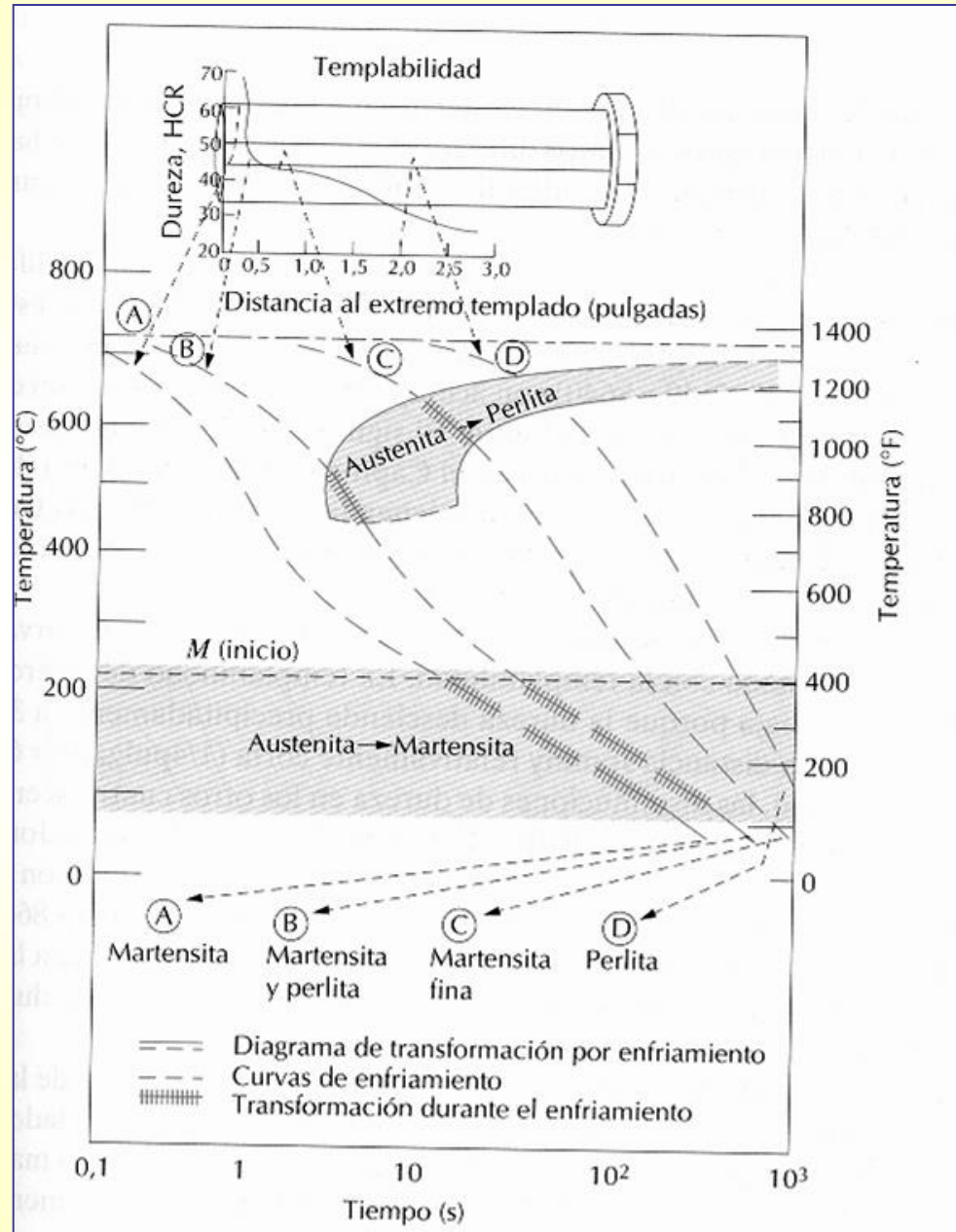
Recocido isotérmico



APLICACIONES

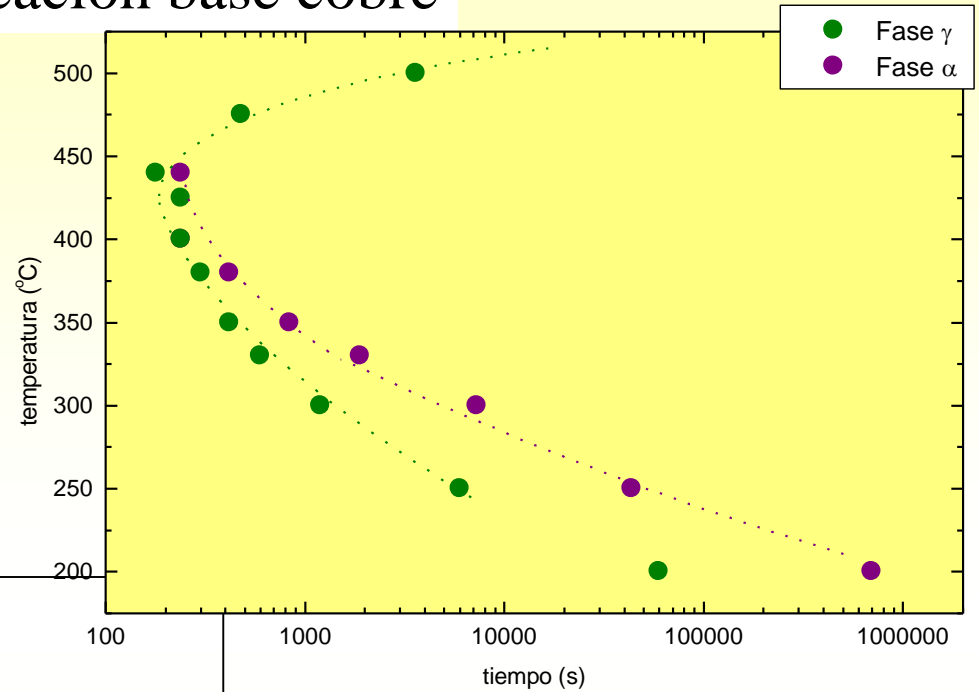
Templabilidad

Correlación entre templabilidad e información del enfriamiento continuo del acero de composición eutectoide.



Descomposición isotérmica de aleación base cobre

Micrografía 23: Imagen MO coloreada correspondiente a 235 h de tratamiento térmico a 480°C. La microestructura consta de fases α , γ y β .



α β

γ