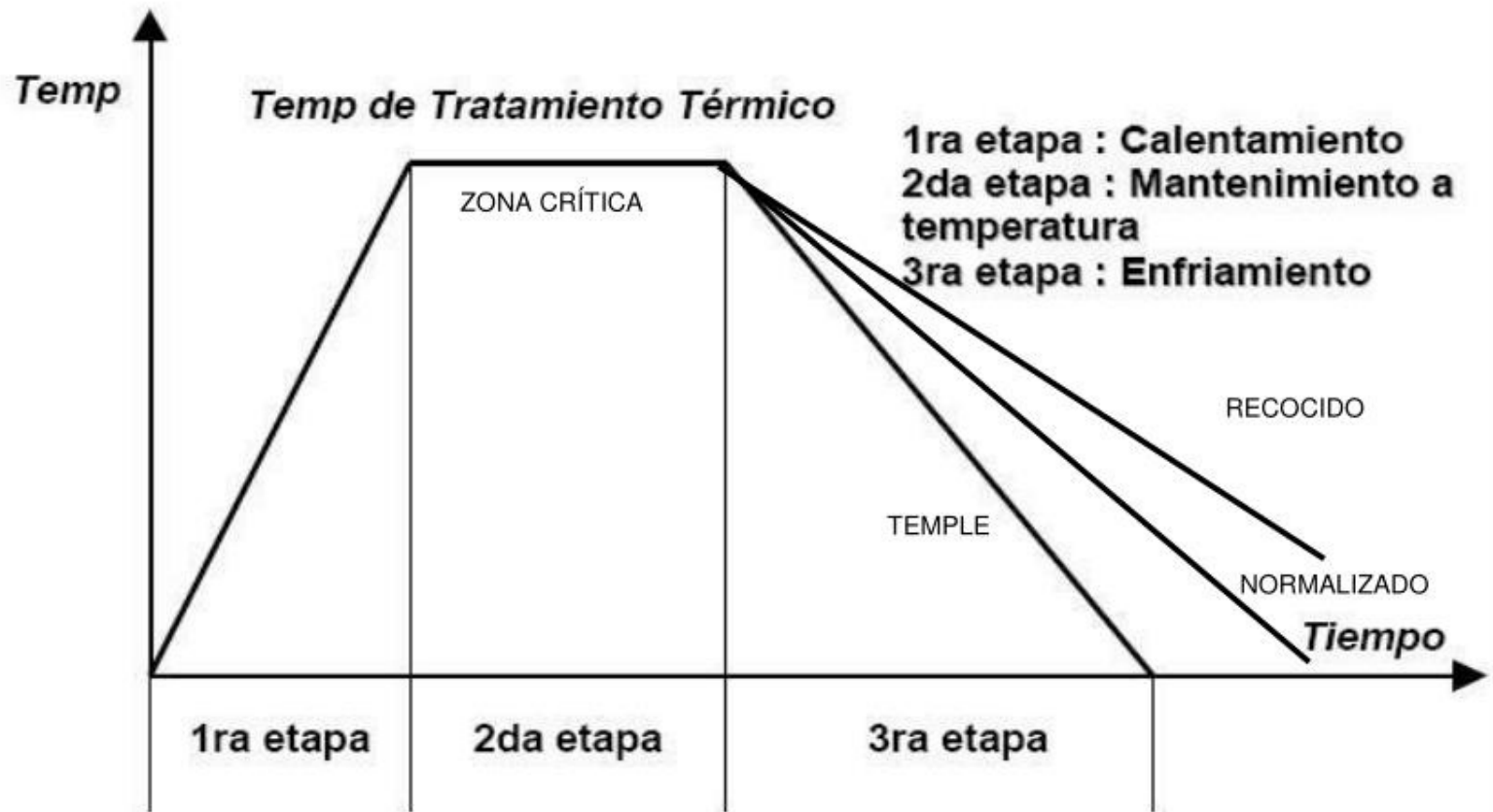


# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

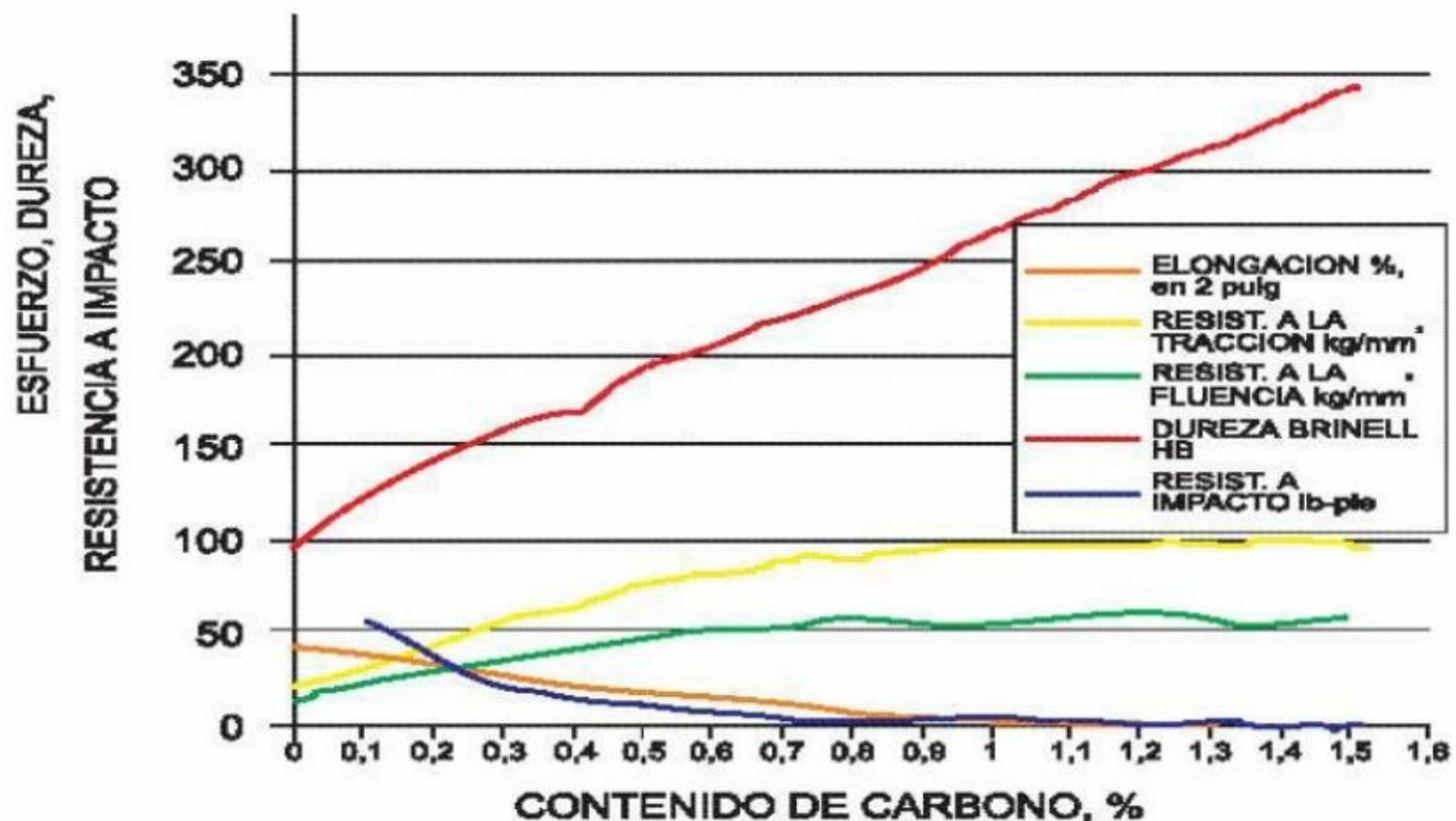
## ■ ETAPAS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO



# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

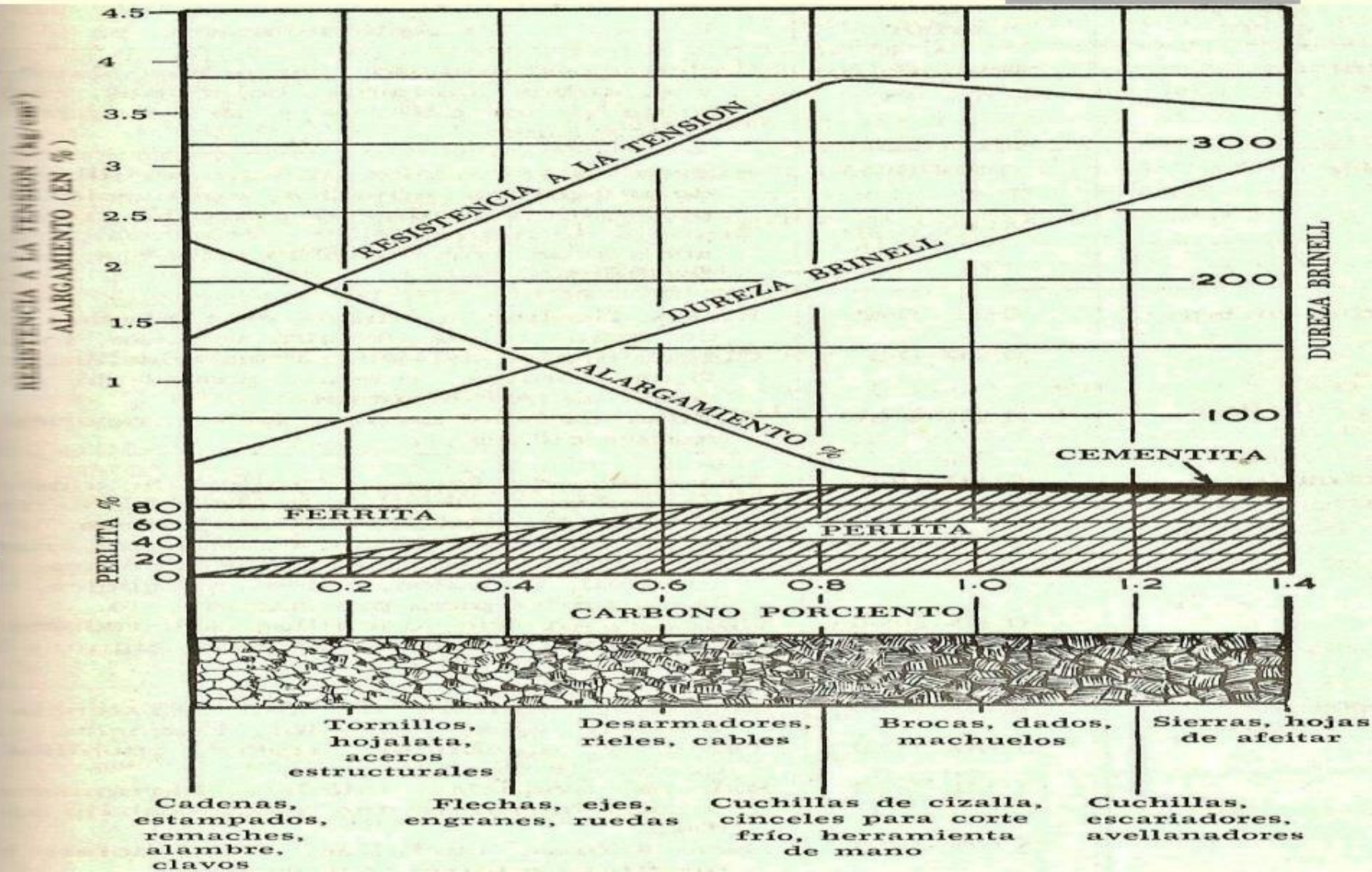
Tipo de acero	Porcentaje de carbono	Aplicaciones
Calmado dulce	0.05-0.15	Cadenas, estampados, remaches, alambre, clavos, tubos soldados, colchones, cintas laminadas en caliente y en frío para varias aplicaciones.
Dulce	0.10-0.20	Aceros estructurales R.S.J., tornillos, partes de máquinas, hojalata, endurecimiento superficial, forjados al martillo, troquelados.
	0.20-0.30	Trabajo de máquinas y estructural, engranes, aceros de corte rápido, flechas, palancas, forjados.
Medio carbono	0.30-0.40	Bielas, flechas, alambre, ejes, placas, ganchos de grúa, tubos de alta tensión, forjado.
	0.40-0.50	Cigüeñales, ejes, engranes, flechas, moldes fijos, rotores, ruedas, partes de máquinas tratadas térmicamente.
	0.50-0.60	Ruedas de locomotora, rieles, resortes laminados, cables.
Alto carbono	0.60-0.70	Troqueles de forja, tornillos de ajuste, desarmadores, sierras, mandriles, herramientas de calafatear, brocas huecas.
	0.70-0.80	Sierras bandas, mesas de yunque, martillos, llaves, resortes laminados, defensas de automóvil, forjados, cables, troqueles, troqueles grandes para prensas en frío.
	0.80-0.90	Cinceles en frío, cuchillas, ajustadores fríos, punzones, taladros de roca, algunas herramientas de mano.
Aceros de herramienta	0.90-1.00	Resortes, alambre de alta resistencia a la tensión, ejes, cuchillos, troqueles, clavos.
	1.00-1.10	Taladros, machuelos, fresas, cuchillas, troqueles de tornillo.
	1.10-1.20	Baleros, troqueles, taladros, herramientas de torno, herramientas para trabajo en madera.
	1.20-1.30	Escariadores, cuchillas, rebajadores, herramientas de torno y de madera.
	1.30-1.40	Sierras, hojas de rasurar, herramientas para perforar y acabar, partes de máquinas en que es esencial la resistencia al desgaste.

# PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO VS. CONCENTRACIÓN DE CARBONO



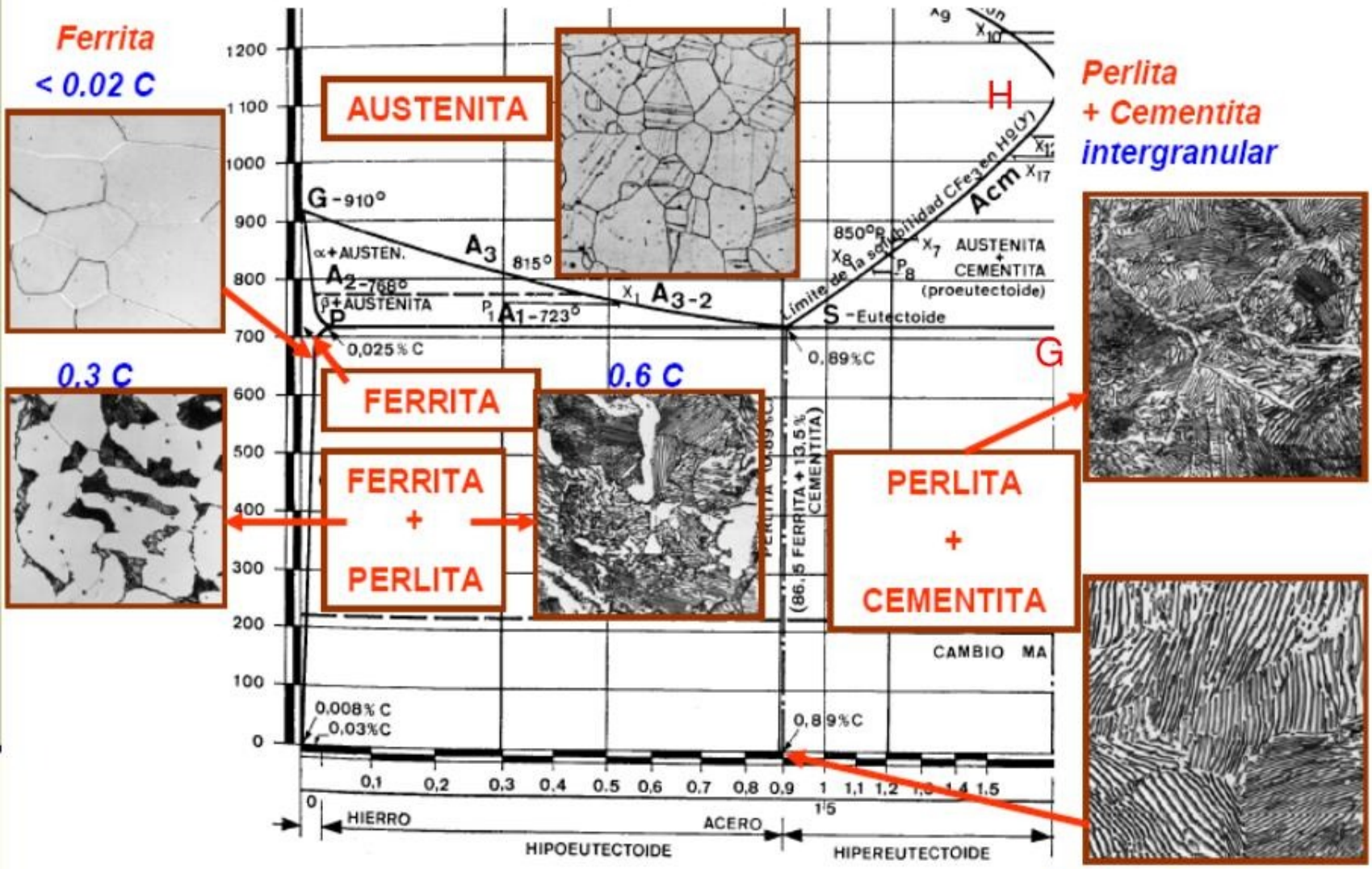


# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

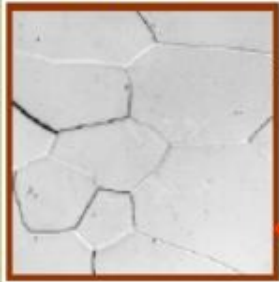




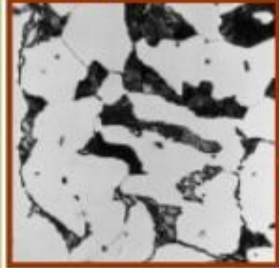
# FASES HIERRO-CARBONO



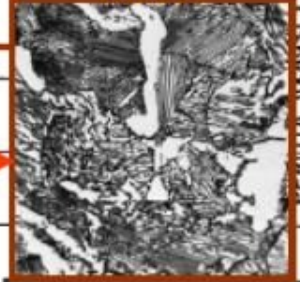
**Ferrita**  
**< 0.02 C**



**0.3 C**



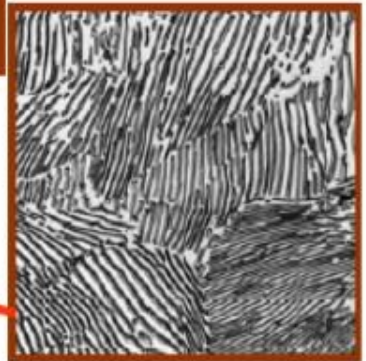
**0.6 C**



**Perlita**  
**+ Cementita**  
**intergranular**



**PERLITA**  
**+**  
**CEMENTITA**



**Perlita (0.85-0.89 C)**

# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

- TEMPERATURA CRÍTICA SUPERIOR (TCS) DE UN ACERO VARIA CON SU CONTENIDO DE CARBONO Y ES AQUELLA TEMPERATURA EN LA CUAL LA AUSTENITA COMIENZA A TRANSFORMARSE EN FERRITA Y CEMENTITA BAJO CONDICIONES DE ENFRIAMIENTO LENTO. ESTA REPRESENTADA POR LA LINEA **GSH**. DE IGUAL MANERA SE DENOMINA TEMPERATURA CRITICA INFERIOR (TCI) LA TEMPERATURA DE  $723^{\circ}\text{C}$  A LA CUAL SE FORMA LA PERLITA Y ES LA MISMA PARA ACEROS AL CARBONO DE TODAS LAS COMPOSICIONES LINEA **PSG**



# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

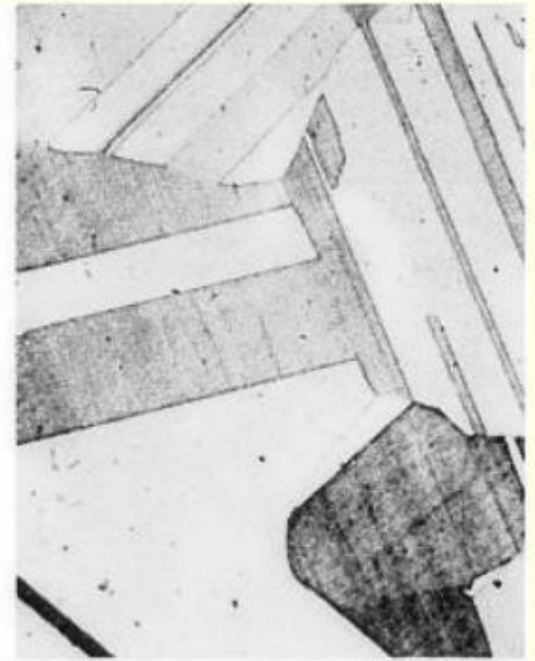
## EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL TAMAÑO DE GRANO



(a)



(b)



(c)

(a) 450 ° C (b) 650 ° C (c) 800 ° C

# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

---

RECOCIDO: CONSISTE EN CALENTAR EL ACERO A LA TEMPERATURA ADECUADA DEPENDIENDO SI ES HIPER O HIPO EUTECTOIDE SIEMPRE QUE NO EXCEDA LA TCI Y LUEGO ENFRIAR LENTAMENTE A LO LARGO DEL INTERVALO DE TRANSFORMACIÓN, PREFERENTEMENTE EN EL HORNO O EN CUALQUIER MATERIAL QUE SEA BUEN AISLANTE.



# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

---

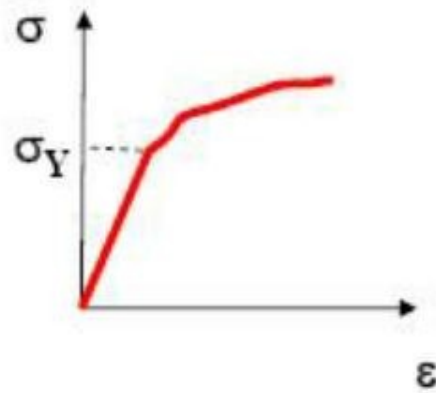
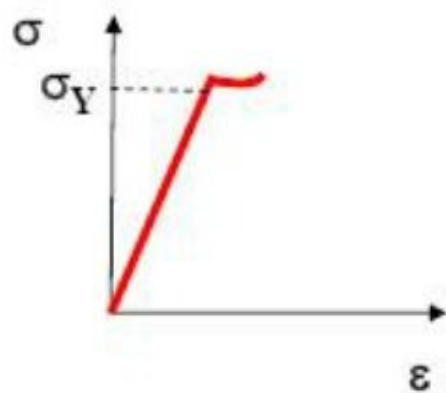
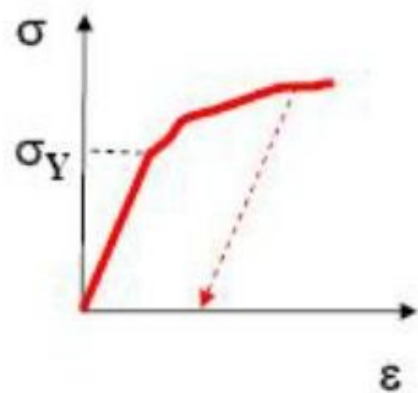
- EL PROPOSITO DEL RECOCIDO PUEDE SER REFINAR EL GRANO, DISMINUIR LA DUREZA, MEJORAR LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS Y MAGNETICAS Y EN ALGUNOS CASOS MEJORAR EL MAQUINADO. AVNER S. (1988)

Recocido: Microestructuras de un acero ferrítico antes de la deformación, después de la deformación y después de un tratamiento de recocido con recristalización.

Estructura inicial

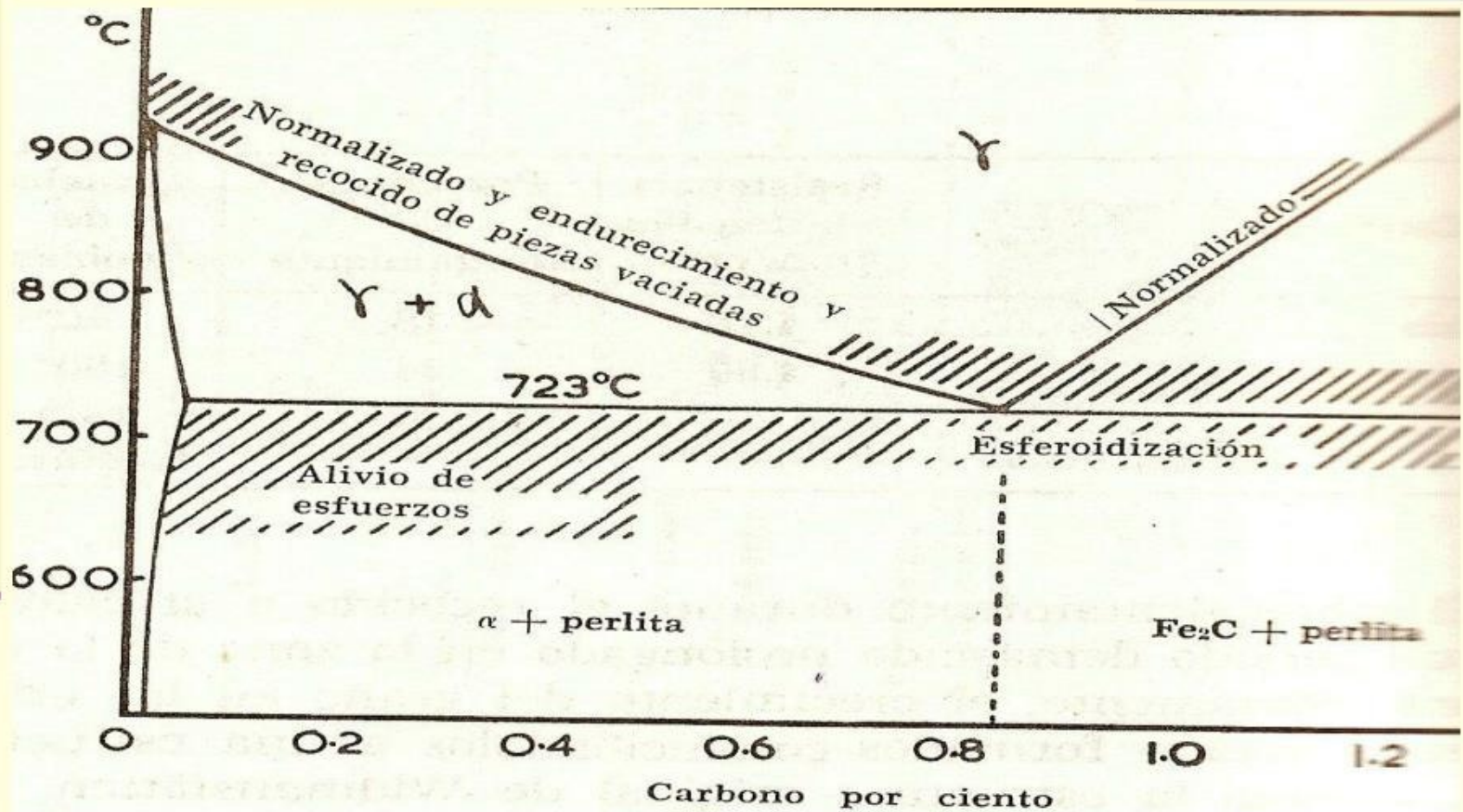
Tras deformación

Tras recocido





**TEMPERATURA DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS AL CARBONO EN RELACIÓN CON EL DIAGRAMA DE EQUILIBRIO  
FIG 11.9 DEL LIBRO INGENIERIA METALÚRGICA, HIGGINS R. (1984)**



# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

---

## RECOCIDO PARA LA ELIMINACIÓN DE ESFUERZOS

ESTE PROCESO SE UTILIZA PARA ELIMINAR ESFUERZOS RESIDUALES DEBIDOS A UN FUERTE MAQUINADO U OTROS PROCESOS DE TRABAJO EN FRÍO. ESTE RECOCIDO, TAMBIÉN DENOMINADO SUBCRÍTICO, SE LLEVA A CABO A TEMPERATURAS POR DEBAJO DE LA LÍNEA CRÍTICA INFERIOR .

## ESFEROIDIZACIÓN

ES UN PROCESO POR EL CUAL SE MEJORA LA MAQUINABILIDAD. EL MÉTODO QUE SUELE EMPLEARSE ES EL MANTENIMIENTO DURANTE UN TIEMPO PROLONGADO A UNA TEMPERATURA LIGERAMENTE INFERIOR A LA LÍNEA CRÍTICA INFERIOR. ESTE TIPO DE PROCESO SE EMPLEA PARA OBTENER UNA MÍNIMA DUREZA, UNA MÁXIMA DUCTILIDAD O UNA MÁXIMA MAQUINABILIDAD EN ACEROS AL ALTO CARBONO. LOS ACEROS AL BAJO CARBONO.



# TIPOS DE HORNOS USADOS EN EL PROCESO DE RECOCIDO



# TRATAMIENTOS TÉRMICOS

controlan y aprovechan la transformación



**velocidad de enfriamiento**

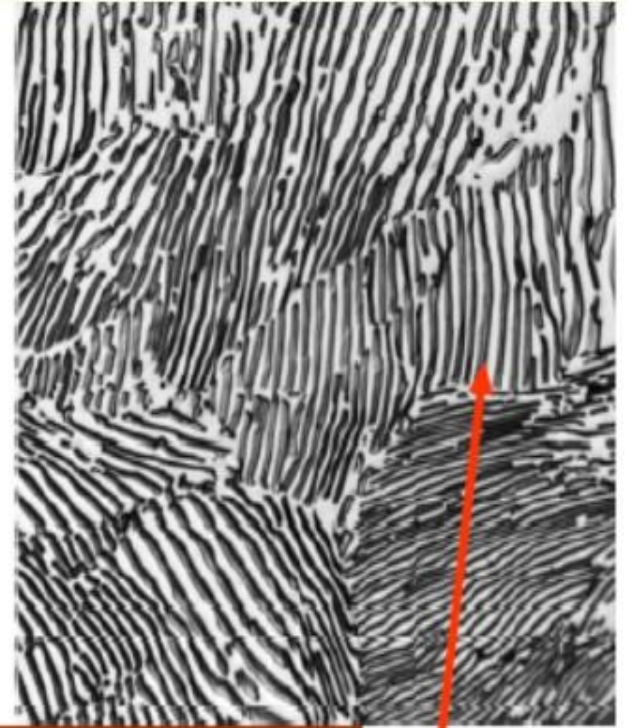


**Recocido**

*enfriamiento muy lento*

**Normalizado**

*enfriamiento rápido*



*Granos grandes + lamelas gruesas de perlita*

*Granos chicos + lamelas finas de perlita*

*El acero recocido es más blando que el acero normalizado*



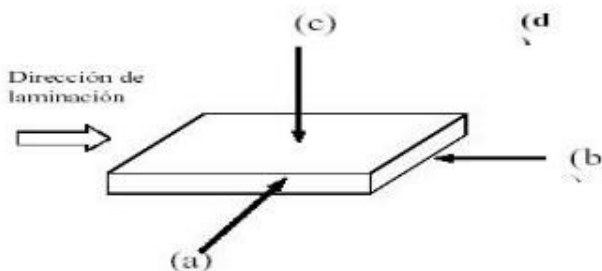
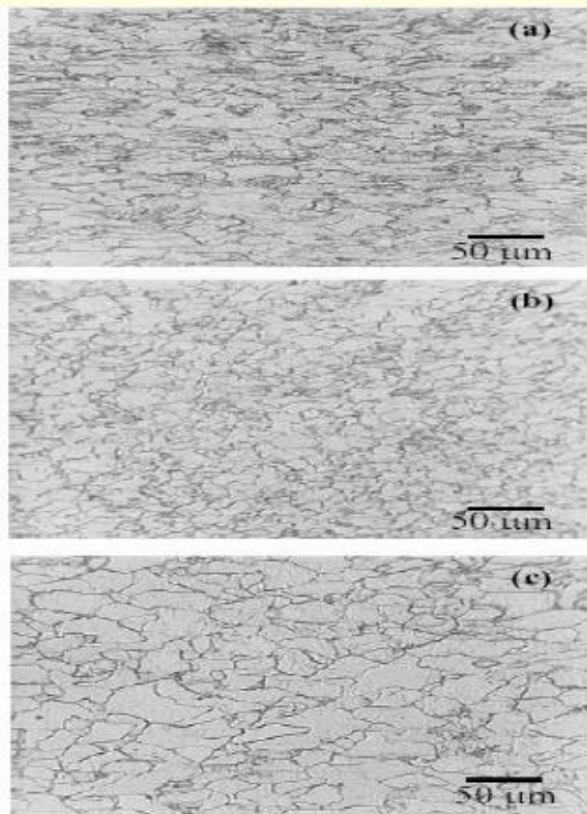
# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

---

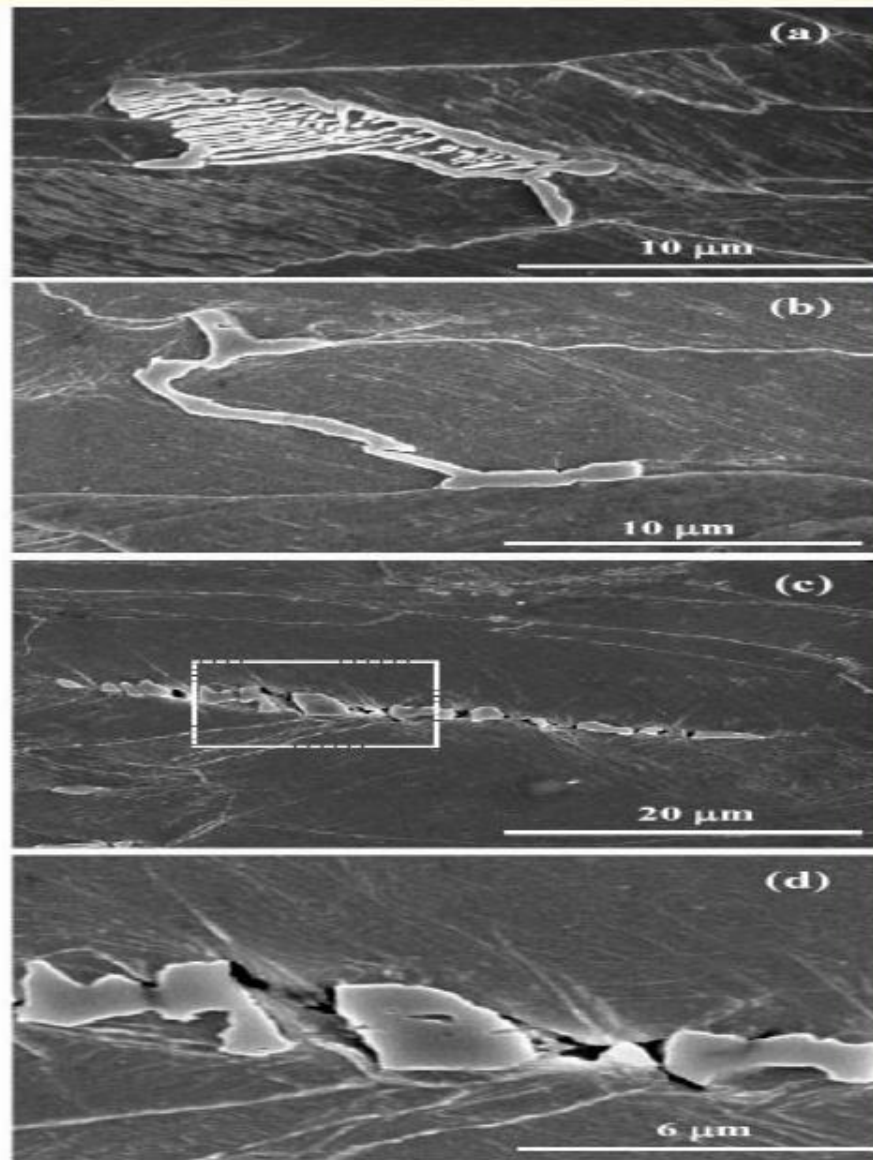
- NORMALIZADO:

CONSISTE EN UN CALENTAMIENTO A TEMPERATURA LIGERAMENTE SUPERIOR A TCS SEGUIDO DE UN ENFRIAMIENTO AL AIRE. DE ESTA FORMA SE DEJA AL ACERO CON UNA ESTRUCTURA Y PROPIEDADES QUE SE CONSIDERAN COMO NORMALES. SE SUELE UTILIZAR PARA PIEZAS QUE HAN SUFRIDO TRABAJO EN CALIENTE O EN FRIO, ENFRIAMIENTOS IRREGULARES O SOBRECALENTAMIENTOS. SE EMPLEA CASI EXCLUSIVAMENTE PARA LOS ACEROS DE CONSTRUCCIÓN AL CARBONO O DE BAJA ALEACIÓN.

# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS



**Figura 1.** Microestructura del acero estudiado sin tratamiento térmico. Sección longitudinal (a), sección transversal (b) y sección normal (c) de las muestras, como se indica en (d). Microscopía óptica 200X.



**Figura 2.** Morfologías de la cementita presente en el acero laminado en frío. (a) Perlita, (b) Cementita en el borde de grano, (c) Cementita fragmentada. (d) detalle del recuadro en (c).  
MER.