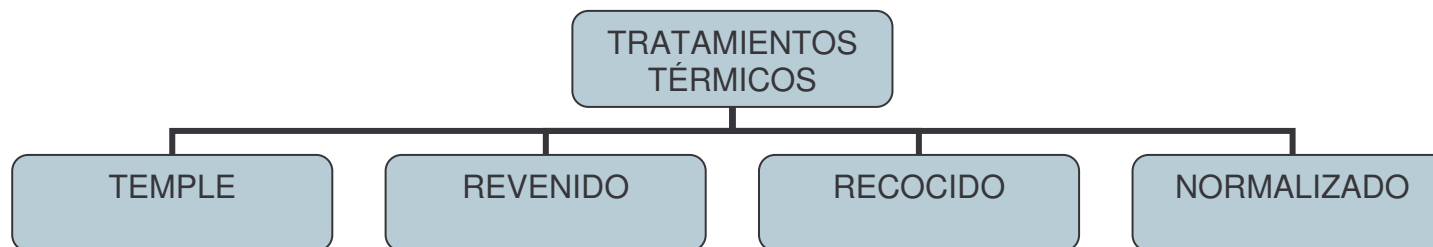


## Unidad 3. TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y SUPERFICIALES. CORROSIÓN

**TRATAMIENTOS TÉRMICOS:** Procesos donde mediante la variación de la temperatura modificamos la estructura y constitución de los metales y aleaciones.

**OBJETIVO: Mejorar las propiedades** de los metales y aleaciones (Ej. tenacidad, dureza, plasticidad etc.). Destaca especialmente el tratamiento de los aceros.

- Eliminar tensiones internas para evitar deformaciones después del mecanizado.
- Eliminar la acritud originada por el trabajo en frío.
- Conseguir una estructura más homogénea.
- Obtener máxima dureza y resistencia.



**MARTENSITA:** Es tras la cementita el componente más duro de los aceros. Es una solución sólida sobresaturada de carbono en Fe  $\alpha$ . Presenta una estructura cristalina BCT (tetragonal). Se obtiene por enfriamiento rápido de la austenita. El contenido máximo de Carbono es del 0.89%. Es magnética

**BAINITA:** Es parecida a la perlita (ferrita y cementita). Corresponde a una transformación intermedia entre la perlita y la martensita. Se obtiene con velocidades de enfriamiento intermedias. Su dureza es superior a las estructuras perlíticas.

## FASES DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS

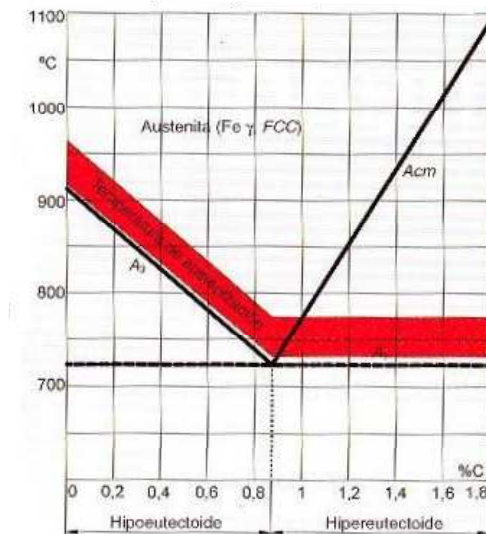
- a) **Calentamiento del Material:** la temperatura depende del tratamiento.
- b) **Homogeneización de la temperatura:** permanencia hasta que todo el material adquiere la estructura y temperatura deseada.
- c) **Enfriamiento más o menos rápido:** la velocidad depende del tratamiento a realizar.

**A<sub>1</sub>: Temperatura crítica inferior (723°C)**  
**A<sub>3</sub> o A<sub>cm</sub> : Temperatura crítica superior**

**TEMPLE:** El tratamiento de temple confiere al metal una estructura **muy dura**. Esta dureza adquirida después del tratamiento es debida a la tensión a la cual se ven sometidos los cristales por la deformación de su estructura cristalina, ya que el enfriamiento rápido les impide alcanzar un equilibrio estable. Pasa de FCC a BCT (tetragonal centrada en el cuerpo) formando **martensita** a partir de la estructura austenítica.

### PROCESO:

- **Calentamiento hasta obtener estructura austenítica.**
  - **Acero Hipoeutectoide: 50°C > A<sub>3</sub>**
  - **Acero Hiperetuctoide: 50°C > A<sub>1</sub>**
- **Homogeneización de la temperatura.**- Se mantiene a la temperatura de temple durante un determinado tiempo a la pieza para que se consiga la misma temperatura en todas las zonas.
- **Enfriamiento rápido.**- Se saca la pieza del horno y se enfría el material en un fluido denominado medio de temple que puede ser (agua, aceite o aire)



**FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TEMPLE**

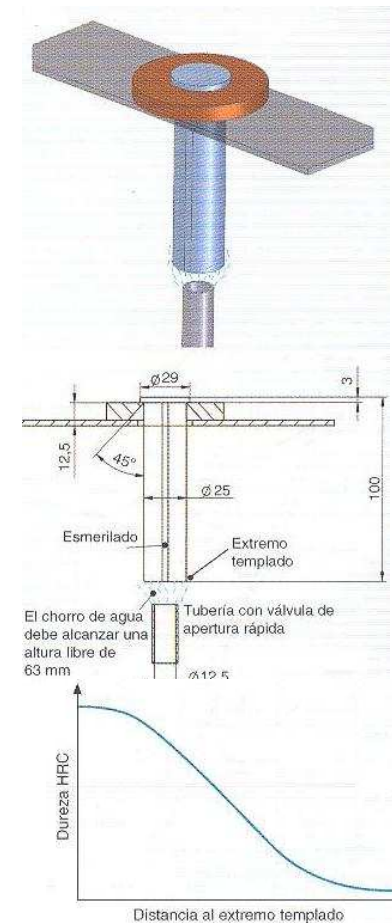
- 1.- **Composición del acero** (cantidad de C)
- 2.- **Temperatura de calentamiento** (función de la composición)
- 3.- **Tiempo de Calentamiento** (estructura homogénea)
- 4.- **Velocidad de Enfriamiento** (medios de Temple)
- 5.- **Tamaño y geometría del material**

**TEMPLABILIDAD:** Capacidad de un acero para endurecerse por formación de martensita después del tratamiento térmico.

**ENSAYO DE TEMPLABILIDAD (JOMINY):**

- Una probeta de Ø 25 mm y longitud 100 mm se calienta hasta la temperatura de austenización.
- Templado de la pieza mediante chorro de agua en el extremo
- Una vez enfriada se desbasta y se traza una curva de dureza HRC en función de la distancia al extremo (**Curva de Templabilidad**)

**MEDIOS DE TEMPLE:**



AGUA	ACEITE	AIRE
Temple muy severos (Enfriamientos rápidos)	Temple intermedios	Temple "lento"
Temperatura agua no debe sobrepasar 30°C	Agitación de las piezas	Aceros aleados o alto contenido C.
Agitación de las piezas	Aceros aleados o alto contenido C	Aceros con poco Carbono forman estructura perlítica
Aceros poco Carbono		

**DIAGRAMAS TTT:**

**Temperatura:** Ordenadas / **Tiempo:** Abcisas / **Transformación:** Curvas SS

CURVA EXTERIOR: Marca el inicio de la transformación

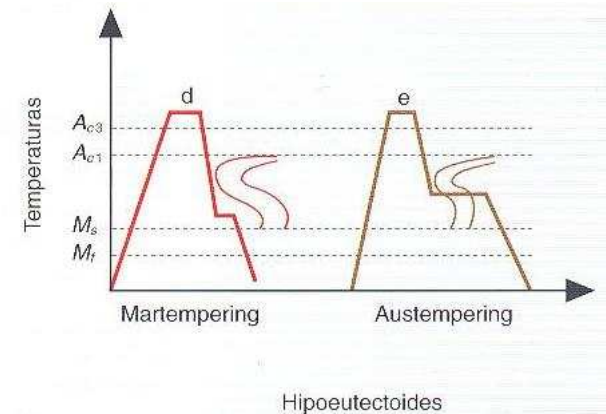
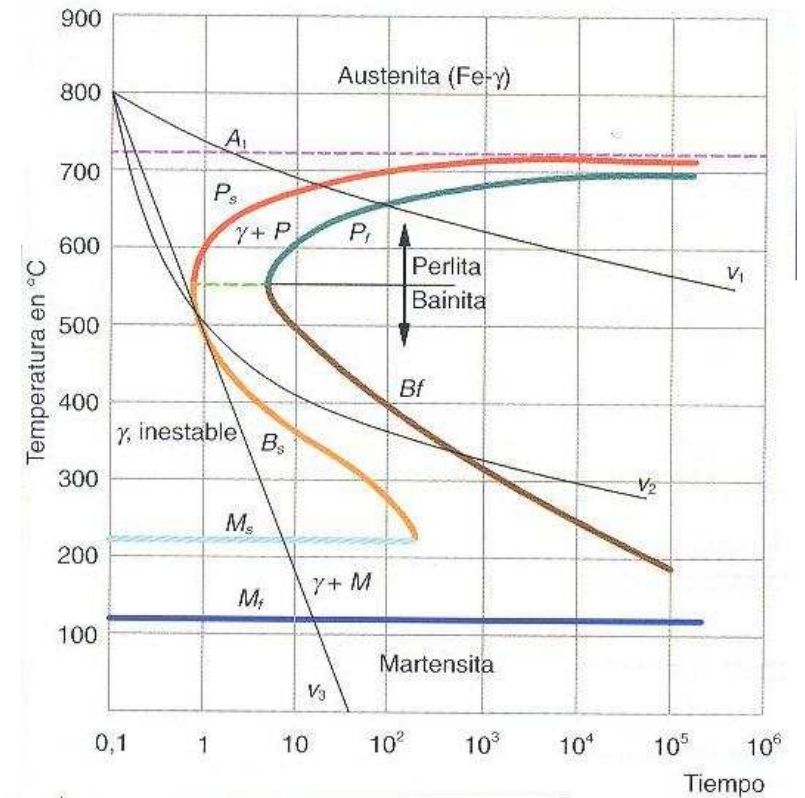
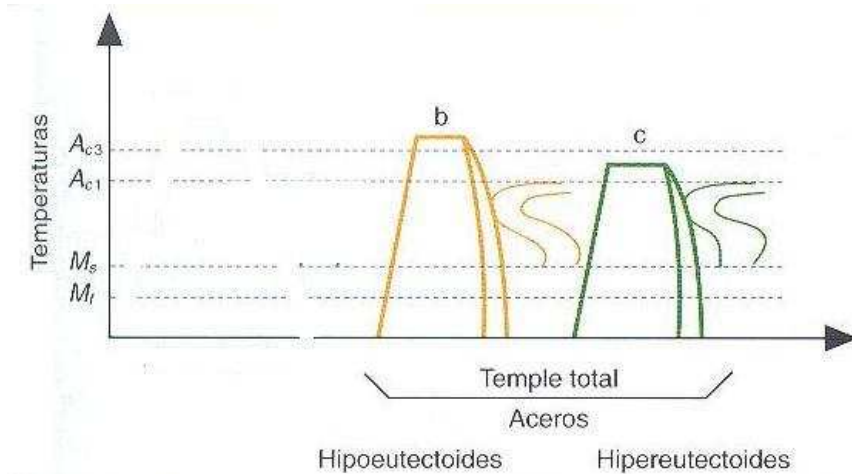
CURVA INTERIOR: Marca el final de la transformación

Velocidad de enfriamiento  $v_1$ : **Transformación en Perlita**

Velocidad de enfriamiento  $v_2$ : **Transformación en Bainita**

Velocidad de enfriamiento  $v_3$ : **Transformación en Martensita**

**TIPOS DE TEMPLE:**



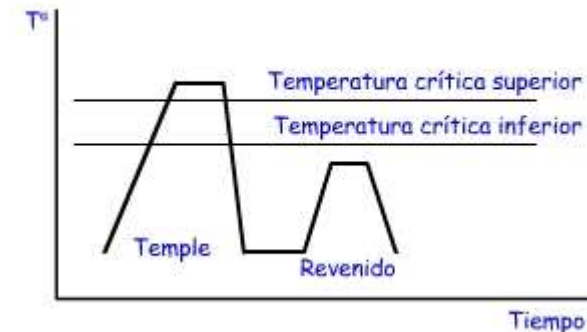
**REVENIDO:** Es un tratamiento térmico que consiste en el calentamiento de un acero recién templado a una temperatura más baja que su temperatura crítica inferior, para luego enfriarlo, normalmente al aire, aunque en ocasiones se utiliza agua o aceite.

#### OBJETIVOS:

- Disminuir **la fragilidad** del acero provocada por el temple
- El revenido **disminuye la dureza** pero aumenta **la tenacidad y se eliminan las tensiones internas** que se generan en los aceros al ser templados
- Cuanto más se aumente la temperatura de revenido, menos dureza tendrá la pieza.

#### PROCESO:

- **Calentamiento hasta temperatura inferior a  $A_1$**
- **Homogeneización de la temperatura.**- Se mantiene a la temperatura anterior hasta que la pieza adquiera la misma temperatura en todas las zonas.
- **Enfriamiento más bien rápido.**



**NORMALIZADO:** Es un tratamiento térmico que se aplica a los aceros que se han conformado por **laminación**. Estos aceros presentan una estructura perlítica de tamaño de grano grande y distribución irregular.

#### OBJETIVOS:

- Afinar el acero (tamaño de grano) regenerando la estructura a Perlita fina
- Distribución de granos más uniforme

**PROCESO:**

- **Calentamiento hasta obtener estructura austenítica.**
  - Acero Hipoeutectoide:  $55-85^{\circ}\text{C} > A_3$
  - Acero Hiperetuctoide:  $55-85^{\circ}\text{C} > A_{cm}$
- Homogeneización de la temperatura.
- **Enfriamiento relativamente rápido al aire**

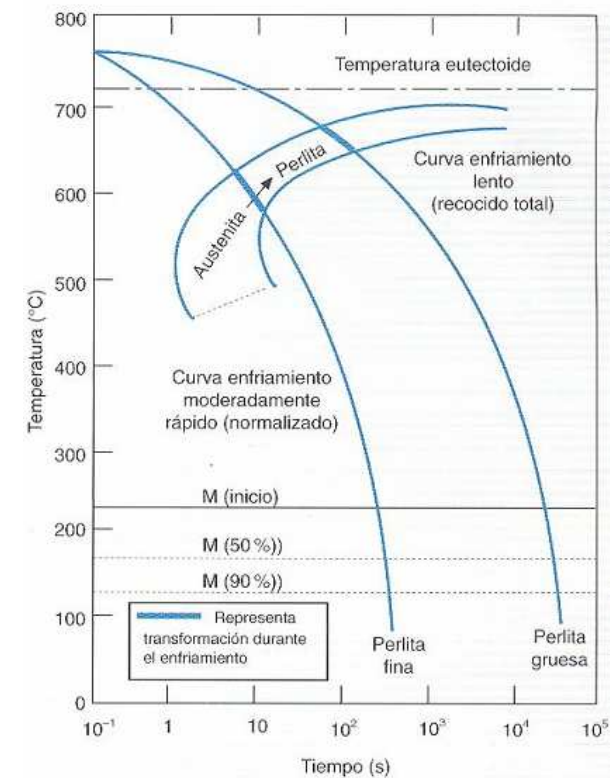
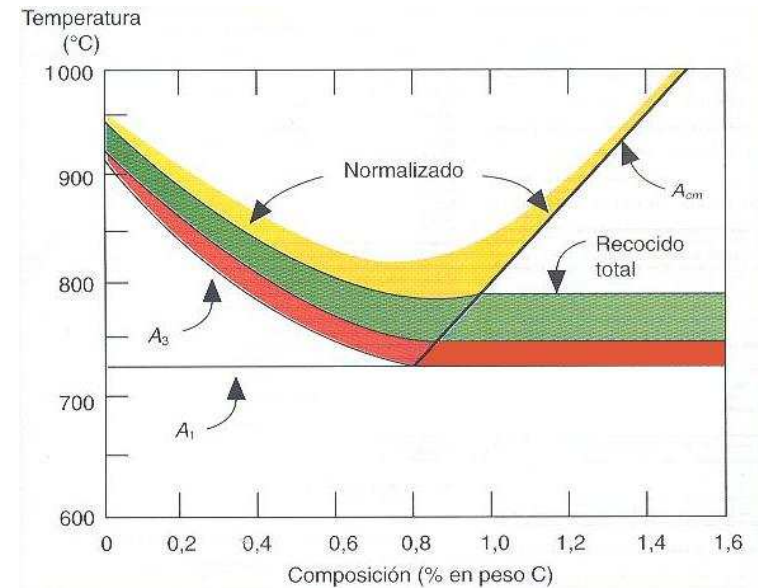
**RECOCIDO:** Es un tratamiento térmico que se aplica a los aceros que se han conformado por **mecanizado** o han sufrido **deformación en frío**.

**OBJETIVOS:**

- Regenerar la microestructura para obtener Perlita gruesa
- Ablandar el acero

**PROCESO:**

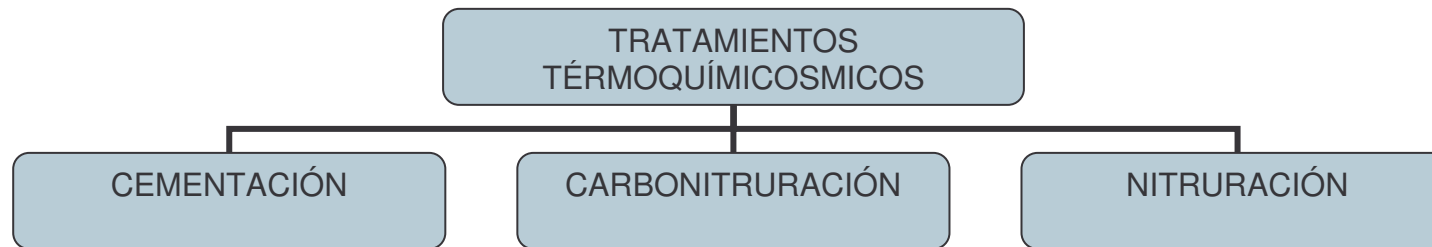
- **Calentamiento hasta obtener estructura austenítica.**
  - Acero Hipoeutectoide:  $15-40^{\circ}\text{C} > A_3$
  - Acero Hiperetuctoide:  $15-40^{\circ}\text{C} > A_1$
- Homogeneización de la temperatura.
- **Enfriamiento lento en el horno**



## TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

Procesos donde junto a la temperatura se modifica la composición química superficial de los aceros adicionándole otros elementos con la finalidad de mejorar determinadas propiedades de la superficie.

**OBJETIVO:** Mejorar las propiedades de los metales y aleaciones. Generalmente DUREZA O RESISTENCIA AL DESGASTE Y RESISTENCIA A LA CORROSIÓN. Ej. Engranajes, Camisas de cilindros etc.



**CEMENTACIÓN:** Consiste en aumentar la cantidad de **CARBONO** de la capa exterior de los aceros. Se aplica a piezas que deben tener resistencia al desgaste y a los golpes (dureza superficial y resiliencia interior). Se pueden añadir cementates sólidos, líquidos y gaseosos:

Destaca la adición de monóxido de Carbono (gaseoso)

Sólidos: Carbonato de bario ( $\text{CO}_3\text{Ba}$ )

Líquidos: Cianuro Sódico ( $\text{CNNa}$ )

**CARBONITRURACIÓN:** Adición de **C** y **N** para la formación de Nitruros de Fe (muy duros). Cianuro Sódico ( $\text{CNNa}$ )

**NITRURACIÓN:** Adición de **Nitrógeno**. Aceros muy duros y resistentes a la corrosión. Se realiza con **amoniaco**  $\text{NH}_3$

## OXIDACIÓN Y CORROSIÓN

Los metales están sometidos, en su uso, a la acción del medio ambiente:

- A los agentes atmosféricos: aire (N + O<sub>2</sub>), humedad (H<sub>2</sub>O) y calor.
- A los agentes agresivos: ambientes salinos o ácidos.



**OXIDACIÓN:** Acción combinada del **oxígeno del aire y el calor** sobre un metal para formar óxidos de ese metal.

En un metal divalente se verificará que:



El metal se oxida (pierde electrones):  $M \rightarrow M^{2+} + 2e^-$

El oxígeno se reduce (gana electrones)  $\frac{1}{2} O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

El óxido se deposita en la cara del metal expuesta al aire que en un principio protege al resto. Pero al aumentar la temperatura se produce una doble difusión:

- El oxígeno (O<sup>2-</sup>) atraviesa la capa de óxido y el metal (M<sup>2+</sup>) se difunde a su a través. La consecuencia es un aumento de la capa de óxido.

Dependiendo del volumen ocupado por la capa de óxido ( $V_{ox}$ ) con respecto al volumen del material consumido ( $V_{co}$ ) ocurrirá una de estas situaciones:

- $V_{ox} \ll V_{co}$  el óxido se agrieta y el metal se sigue oxidando (metales alcalinos) H, Li ...
- $V_{ox} \gg V_{co}$  el óxido se desconcha (se rompe) y continúa oxidándose (hierro)
- $V_{ox} = V_{co}$  el óxido puede actuar como protector del resto del metal (aluminio)

## CORROSIÓN

Destrucción lenta y progresiva de un metal por la **acción de la humedad** y otros **agentes agresivos**.

Según quien la provoque la denominamos:

- **Corrosión electroquímica:** metales en atmósferas húmedas, sumergidos en agua o enterrados.
  - Galvánica: sin f.e.m exterior. Se produce cuando metales con distinta tensión galvánica entran en contacto por medio de un electrolito (humedad), formado una especie de pila electrolítica. Ej: hierro y cobre sumergidos en una solución acuosa con cloruro sódico.
  - Electroquímica: con f.e.m exterior (raíles de tren)
- **Corrosión química:** producida por el contacto del metal con ácidos y álcalis, de interés en la construcción de aparatos resistentes en los procesos de fabricación de productos.
- **Corrosión bioquímica:** producida generalmente por bacterias.

Según la forma de manifestarse en el metal la clasificamos en:

- **Uniforme:** el metal adelgaza uniformemente en toda la superficie ( $Cu + HNO_3$ )
- **Localizada:** el metal es atacado en distintos puntos sin continuidad –picado- ( $Fe +$  agua salada).
- **Intergranular:** afecta a la unión de los granos en la estructura micrográfica, a veces no se detecta, aunque las piezas se rompen con poco esfuerzo.

## PROTECCIÓN CONTRA LA OXIDACIÓN Y LA CORROSIÓN

Conociendo las condiciones de utilización de los materiales lo mas lógico sería actuar “**preventivamente**”

- Eligiendo materiales resistentes a la oxidación y la corrosión (aceros inoxidable, cerámicos, plásticos, maderas etc.)
- Diseñando el conjunto teniendo en cuenta los posibles puntos débiles que faciliten la oxidación y la corrosión. (uniones soldadas antes que remachadas, eligiendo materiales galvánicamente similares, etc.)
- Alterando los entornos donde van a trabajar los metales. (diminuyendo la  $t^a$ , el contenido de oxígeno, de humedad, etc.)

Cuando con el diseño no se puede hacer nada se recurre a los recubrimientos:

- Metálicos:
  - **Baños metálicos:** acero galvanizado (baño en cinc fundido y electro-depositado). Hojalata (baño en estaño fundido)
  - **Electrolisis:** cromado, niquelado, dorado, etc.
- Inorgánicos: con fina capa de vidrio.
- Orgánicos: con pinturas, barnices, lacas, etc
- Plásticos: con PVC, resinas, poliésteres, poliamidas, etc

También se pueden emplear aceros directamente inoxidable con la adición en la estructura de Cromo y Niquel. Ej Acero 18/8

**NOTA:** En el libro podéis encontrar las distintas reacciones químicas de los tratamientos termoquímicos y corrosión.