

TEMA 2. MATERIALES.

1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Las propiedades de un material determinado se pueden clasificar en cinco grupos diferentes:

- Propiedades químicas.
- Propiedades físicas.
- Propiedades mecánicas (físicas).
- Propiedades de fabricación.
- Propiedades estéticas y económicas
- Propiedades magnéticas.

Salvo las estéticas y económicas, las demás propiedades de un material dependen de su estructura interna y condicionan su comportamiento durante el proceso de fabricación, a la vez que le confieren utilidad para unas determinadas aplicaciones.

Ya que la estructura interna de un material define sus propiedades, si queremos modificar éstas habrá que variar de alguna manera su estructura interna; esto se consigue, en el caso de los metales, al alejarlos entre sí o al someterlos a tratamientos térmicos.

1.1. PROPIEDADES QUÍMICAS

Uno de los factores que limitan de forma notable la vida de un material es la alteración química que puede experimentar en procesos de oxidación o corrosión. Por ello, resulta imprescindible conocer las propiedades químicas de los materiales para así poder determinar su mayor o menor tendencia a sufrir procesos de este tipo.

1.1.1. Oxidación

Cuando un material se combina con el oxígeno, transformándose en óxidos más o menos complejos, se dice que experimenta una reacción de oxidación. De una forma esquemática, se puede representar el proceso de oxidación de la siguiente manera:

$$\text{Material} + \text{Oxígeno} = \text{Óxido del material} \pm \text{energía}$$

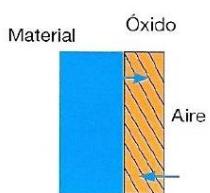
El signo + que precede a la energía indica que la reacción es exotérmica y, en consecuencia, transcurre hacia la formación del óxido. En cambio, si la reacción es endotérmica (signo - para la energía), puede deducirse que el material será de difícil oxidación.

Cuando un material se encuentra situado en una atmósfera oxidante, su superficie se oxida más o menos rápidamente; el óxido que se forma se deposita en la parte exterior del material recubriendolo por completo. Para que el proceso de oxidación continúe en esa situación, el material o el oxígeno deben atravesar, por átomos de oxígeno como a los del material. Existen capas de óxidos que presentan mayor oposición a este movimiento que otras.

Para aumentar su resistencia a la oxidación, el acero dulce se alea con otro material (por ejemplo, con cromo, aluminio o silicio) que tenga una energía de oxidación mayor y una velocidad de oxidación menor que la suya.

En ese caso, el material añadido se oxida primero debido a su mayor energía de oxidación; pero al formarse una capa de óxido el proceso de oxidación se frena, transcurriendo a partir de entonces a una velocidad muy lenta.

Cuanto mayor sea la temperatura a la que se encuentra sometido un material, mayor será la velocidad a la que se produce su oxidación, pues un aumento de temperatura activa el proceso de difusión de los átomos del material y del oxígeno en la capa de óxido. Un aumento en la presión del oxígeno existente en el exterior se comporta de manera similar.



1.1.2. Corrosión

Cuando la oxidación de un material concreto se produce en un ambiente húmedo o en presencia de otras sustancias agresivas, se denomina **corrosión**. Ésta es mucho más peligrosa para la vida de los materiales que la oxidación simple, pues en un medio húmedo la capa de óxido no se deposita sobre el material, sino que se disuelve y acaba por desprenderse.

La corrosión no se verifica de una manera uniforme, sino que existen determinados puntos del material donde el ataque es mayor. Esto da lugar a la formación de importantes fisuras, que pueden llegar a producir una rotura por fatiga o una fractura frágil del material, si éste se encuentra soportando una tensión de forma cíclica (cambiando de sentido o de intensidad periódicamente) o bien a baja temperatura.

1.2. PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas se deben al ordenamiento en el espacio de los átomos de los materiales. Las más relevantes son las cinco siguientes:

- Densidad y peso específico.
- Propiedades eléctricas.
- Propiedades térmicas.
- Propiedades magnéticas.
- Propiedades ópticas.

1.2.1. Densidad y peso específico

Se denomina **densidad (d ó ρ)** a la relación existente entre la masa de una determinada cantidad de material y el volumen que ocupa. Su unidad en el Sistema Internacional es el kg/m³. La magnitud inversa de la densidad se conoce como **volumen específico**.

$$d = m/V$$

Por **peso específico** se entiende la relación existente entre el peso de una determinada cantidad de material y el volumen que ocupa. Su unidad en el SI es el N/m³.

$$p = F/V$$

Para determinadas aplicaciones, como por ejemplo en el caso de la navegación aérea, estas propiedades resultan determinantes para elegir uno u otro material.

1.2.2. Propiedades eléctricas

Todas las sustancias, en mayor o menor grado, son conductoras de la corriente eléctrica y también, según ciertas características de construcción y naturaleza, ofrecen una **resistencia** al paso de la corriente.

Todas estas propiedades condicionan, en muchos casos, el destino de un material en concreto. Así, por ejemplo:

. Los cables utilizados en la transmisión de energía eléctrica habrán de ofrecer una pequeña resistencia para evitar al máximo las posibles pérdidas de energía.

. En cambio, los materiales de elementos calefactores deben presentar una resistencia apreciable para que en ellos se libere, por efecto Joule, una gran cantidad de calor.

La resistencia eléctrica de un material conductor depende, entre otros factores, de su naturaleza; es decir, de la presencia de electrones móviles en los átomos y de su grado de movilidad ante la acción de un campo eléctrico.

Esta propiedad, específica de cada sustancia, se denomina **resistividad**; se define como la resistencia que ofrece al paso de la corriente un elemento de ese material de 1 metro de longitud y de 1 m² de sección. Se mide en Ω·m.

R = Resistencia en Ω

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

ρ = Resistividad en Ωm

L = Longitud en m

A = Área en m²

Los metales son, en general, buenos conductores de la corriente eléctrica, pues su estructura interna es muy ordenada y los electrones no se encuentran sujetos a un determinado átomo. En cambio, la madera, los compuestos cerámicas, los polímeros... poseen resistividades muy altas, debido a que los electrones de sus átomos carecen prácticamente de movilidad; se dice que son malos conductores de la electricidad.

De acuerdo con su resistividad ρ , los materiales se clasifican en **conductores**, utilizados en cables de transmisión (ρ muy pequeño), y **aislantes** (ρ muy grande), según que permitan fácilmente o impidan casi por completo el paso de la corriente eléctrica a través de ellos.

Además de los materiales conductores y aislantes existen otros, denominados **semiconductores**, constituidos por silicio dopado con impurezas de **tipo n** (arsénico, fósforo) o de **tipo p** (galio, boro), que son la base de todos los componentes electrónicos.

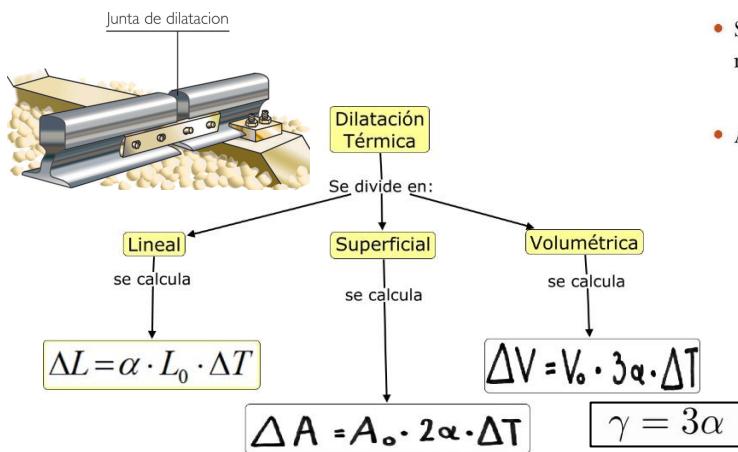
1.2.3. Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas son aquéllas que están íntimamente relacionadas con la temperatura, es decir, con la vibración de sus partículas en torno a sus posiciones, y que, lógicamente, determinan el comportamiento del material en unas condiciones dadas.

Mencionaremos las siguientes:

-Dilatación térmica

La mayoría de los materiales aumentan de tamaño (se dilatan) al aumentar su temperatura, siempre que no se produzcan cambios de fase. El origen de la dilatación térmica reside en que al aumentar la temperatura aumentan las vibraciones de las partículas (moléculas, átomos o iones) del material, lo que da origen a una mayor separación entre ellas.



- Si conocemos el coeficiente de dilatación lineal de un material, podemos conocer su longitud final al aplicarle calor.

- A partir de la fórmula del coeficiente de dilatación.

$$L_f = L_0 [1 + \alpha (T_f - T_0)]$$

Donde:

α es el coeficiente de dilatación lineal en $1/^\circ\text{C}$
 L_f es la longitud final en metros
 L_0 es la longitud inicial en metros
 T_f es la temperatura final
 T_0 es la temperatura inicial

-Calor específico

$$\beta = 2\alpha$$

Se define el calor específico (C_e) de una sustancia como la cantidad de energía térmica que es preciso aportar a la unidad de masa de dicha sustancia para elevar su temperatura en un grado, sin que se presenten cambios de fase. Se mide en $\text{J} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{K})$ en el Sistema Internacional, aunque también suele ser frecuente expresarlo en: $\text{cal} / (\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$. Así, la energía calorífica, Q , que será necesario comunicar para que una masa m de una determinada sustancia pase de una temperatura T_1 a otra mayor T_2 será:

$$Q = m \cdot C_e \cdot (T_2 - T_1)$$

-Temperatura de fusión

Al calentar un sólido, el movimiento vibratorio de sus partículas se va haciendo cada vez más amplio, produciéndose la dilatación; pero si se continúa aumentando la temperatura llega un punto en el que la magnitud de las vibraciones es tal que la estructura del material no se puede mantener y se produce su fusión. La temperatura a la que esto sucede recibe el nombre de temperatura de fusión, la cual varía ligeramente con la presión. La temperatura de fusión a presión normal se conoce como punto de fusión. Ésta es una propiedad característica de cada sustancia y sirve en muchas ocasiones para identificarla. En casi todas

las sustancias, salvo unas pocas -entre las que se encuentra el agua-, la fusión va acompañada de un aumento de volumen.

El punto de fusión de un sólido será tanto mayor, cuanto mayores sean las fuerzas que mantienen unidas a sus partículas constituyentes (fuerzas de cohesión).

Según esto, los sólidos con puntos de fusión mayores serán los que presenten enlaces covalentes atómicos; le siguen los compuestos iónicos, los metálicos y, por último, los covalentes moleculares.

Si no se modifica la presión, mientras dura la fusión de una sustancia la temperatura permanece constante. Esto se debe a que toda la energía suministrada en forma de calor se invierte en romper la estructura interna del sólido. Al calor que es preciso comunicar a la unidad de masa de una sustancia que se encuentra a la temperatura de fusión para que se produzca el paso del estado sólido al líquido se denomina calor latente de fusión. Y al contrario, el calor que la unidad de masa de una sustancia desprende al pasar del estado líquido al sólido se denomina calor latente de solidificación.

-Conductividad térmica

La transmisión del calor por conducción se verifica a través de los cuerpos desde los puntos de mayor a los de menor temperatura, y se debe a los choques de los átomos y de las partículas subatómicas entre sí.

La conductividad térmica (K) es un parámetro indicativo del comportamiento de cada cuerpo frente a este tipo de transmisión de calor. Las unidades de la conductividad térmica K en el Sistema Internacional son W/(m·°K).

La conductividad térmica depende fundamentalmente de:

- La naturaleza de los cuerpos.
- La fase en la que se encuentran.
- La composición.
- La temperatura.

1.2.4. Propiedades magnéticas

Teniendo en cuenta su comportamiento frente a un campo magnético exterior, los materiales se pueden clasificar en tres grupos diferentes:

. Materiales **diamagnéticos**. Se oponen al campo magnético aplicado, de tal forma que en su interior el campo magnético es más débil. Son materiales diamagnéticos: bismuto, mercurio, oro, plata, cobre, sodio, hidrógeno, nitrógeno, etc.

. Materiales **paramagnéticos**. El campo magnético en su interior es algo mayor que el aplicado; ejemplos de materiales paramagnéticos son el aluminio, magnesio, platino, paladio, oxígeno, etc.

. En el interior de los materiales **ferromagnéticos** el campo magnético es mucho mayor que el exterior. Estos materiales se utilizan como núcleos magnéticos en transformadores y bobinas en circuitos eléctricos y electrónicos; los más importantes son el hierro, el cobalto, el níquel y sus aleaciones, así como los óxidos de hierro conocidos frecuentemente como *ferritas* y utilizados en circuitos electrónicos.

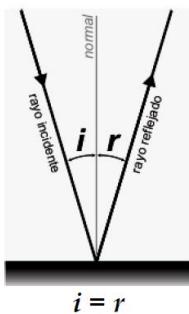
Propiedades ópticas

Cuando la luz incide sobre los cuerpos, éstos se pueden comportar de tres maneras distintas:

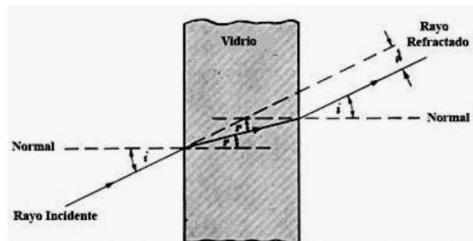
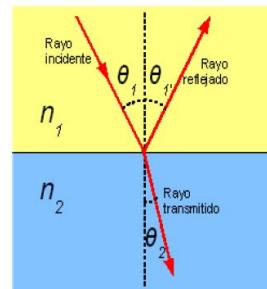
- . Los cuerpos **opacos** absorben o reflejan totalmente la luz, impidiendo que pase a su través.
- . Los cuerpos **transparentes** transmiten la luz, por lo que permiten ver a través de ellos.
- . Por último, el tipo de cuerpos denominados **translúcidos** dejan pasar la luz, pero impiden ver los objetos a su través.

Al incidir la luz sobre la superficie de un cuerpo, una parte de ella se refleja; parte se transmite a través del cuerpo; otra parte se difunde, es decir, sufre una reflexión no especular en múltiples direcciones y, por

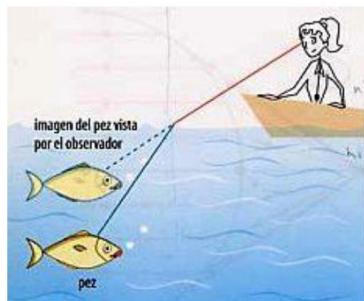
último, la luz restante la absorbe el cuerpo, aumentando su energía interna, es decir, sufre refracción. El color que presenta un cuerpo se debe precisamente a la luz reflejada si el cuerpo es opaco, o a la que pasa a través de él si es transparente o translúcido. Si el cuerpo es lo bastante fino y no opaco, la luz será capaz de atravesarlo después de refractarse en su interior y saldrá de nuevo. De lo contrario será completamente absorbida por el cuerpo y éste será opaco.



Reflexión

Refracción
(traslucido y transparente)

Reflexión y refracción (opaco)



Refracción



Refracción

1.3. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas indican el comportamiento de un material cuando se encuentra sometido a fuerzas exteriores.

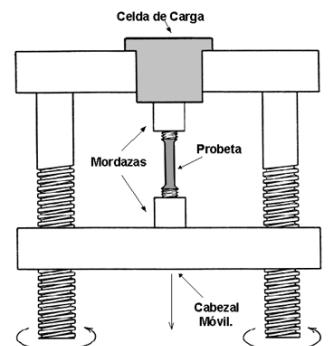
a) Ensayo de tracción

El ensayo de tracción es uno de los más importantes para la determinación de las propiedades mecánicas de cualquier material. Los datos obtenidos se pueden utilizar para comparar distintos materiales y comprobar si algunos de ellos podrán resistir los esfuerzos a los que van a ser sometidos en una determinada aplicación.

Este ensayo consiste en estirar una probeta de dimensiones normalizadas, por medio de una máquina, a una velocidad lenta y constante, obteniéndose de esta forma la **curva de tensión-alargamiento**.

Por **tensión** (σ) se entiende la fuerza aplicada a la probeta por unidad de sección (la unidad de tensión en el SI es el N/m^2); es decir, si la sección inicial es S_0 :

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$



El **alargamiento o deformación unitaria (ϵ)** es el tanto por uno en que se ha incrementado la longitud de la probeta; es decir, si la longitud inicial es L_0 y en un determinado momento del ensayo es L , el alargamiento o deformación unitaria valdrá:

$$\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$$

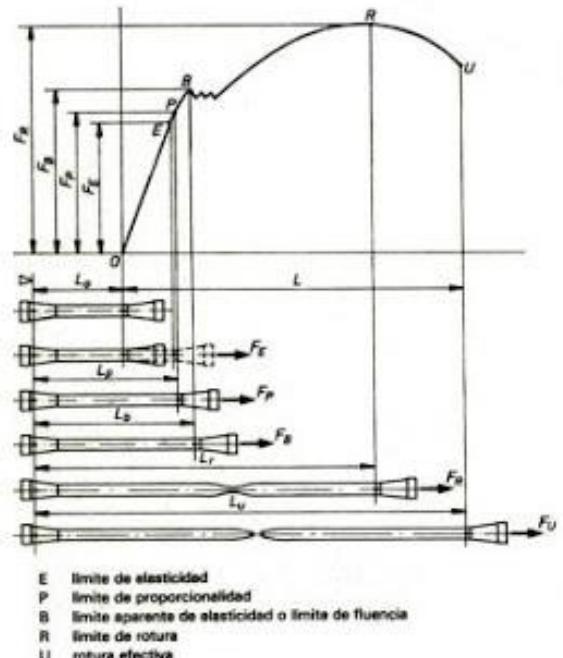
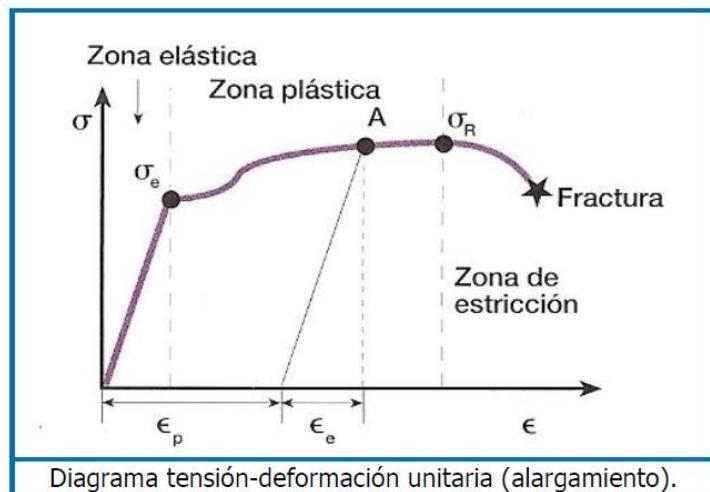
En la figura, de la página siguiente, se muestra un **diagrama tensión-deformación unitaria** típico realizado en un ensayo de tracción. En él se pueden apreciar tres zonas:

- **Zona elástica.** En ella la relación tensión-deformación es lineal, cumpliéndose la ley de Hooke:

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

en la que E es el **módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal**, que se expresa en N/m² en el Sistema Internacional. Si se detiene el ensayo en cualquier punto de esta zona, la probeta recupera su longitud inicial. La zona elástica se termina cuando se alcanza el **límite elástico (σ_e)**.

- **Zona plástica.** En ella los alargamientos son permanentes. Si el ensayo se detiene, por ejemplo en el punto A, se recupera el **alargamiento elástico (ϵ_e)**, quedando un **alargamiento remanente o plástico (ϵ_p)**. Si se reinicia de nuevo el ensayo, la nueva curva que se obtiene coincidirá prácticamente con la curva de descarga, y el nuevo límite elástico es mayor que el anterior. Con esta operación se consigue lo que se llama un **endurecimiento por deformación**.



La curva en la zona plástica tiene menor pendiente que en la elástica, ya que para conseguir grandes alargamientos no es necesario un incremento de carga elevado. La fuerza máxima dividida por la sección inicial de la probeta determina la **resistencia a tracción (σ_R)** punto en el que se termina la zona plástica. σ_R también es la **tensión de rotura**, pues aunque visiblemente no esté rota, a partir de este punto se rompe la probeta, aunque se la aplique una tensión menor.

- **Zona de estricción.** A partir de la carga de rotura, la deformación se localiza en una zona determinada de la probeta, la tensión disminuye y la probeta termina por romperse en esa zona. El **coeficiente de estricción** es la relación entre la diferencia de secciones de rotura e inicial y la sección inicial.

$$Z = \frac{A_0 - A_s}{A_0}$$

b) Ensayo de compresión.

Se entiende que una pieza está sometida a esfuerzos de compresión cuando las fuerzas que actúan sobre ella lo hacen en el sentido de su eje longitudinal y además tienden a acortada. Al igual que en piezas sometidas a tracción, la tensión será la misma para compresión, pero de sentido contrario, y las deformaciones serán en este caso aplastamientos.

b) Ensayo de flexión

Se dice que una pieza está sometida a flexión cuando las fuerzas que actúan sobre ella lo hacen en sentido perpendicular a su eje longitudinal y tienden a curvarla.

La distancia de separación de su posición inicial en un punto de la sección central de la pieza sometida a cargas de flexión se llama **flecha**.

Normalmente este ensayo se suele utilizar para piezas de alta fragilidad en la que los resultados obtenidos en el ensayo de tracción no son válidos, o para piezas que van a trabajar exclusivamente con esta solicitud, como las vigas de edificación.

c) Ensayo de torsión

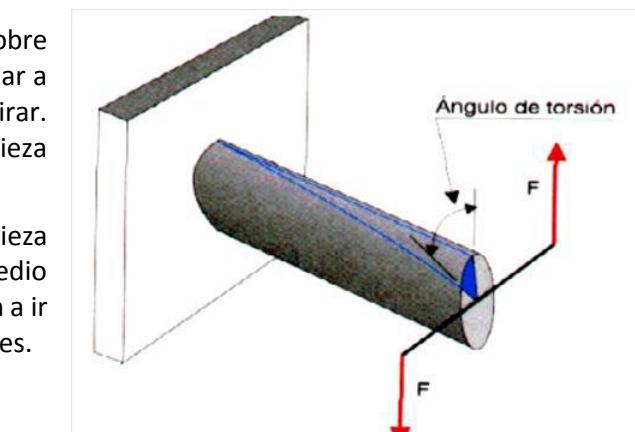
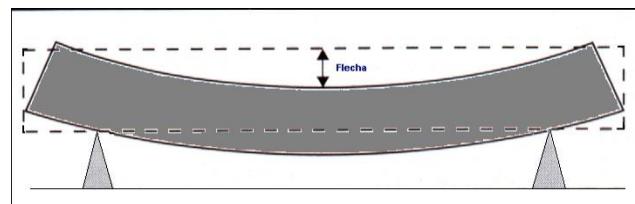
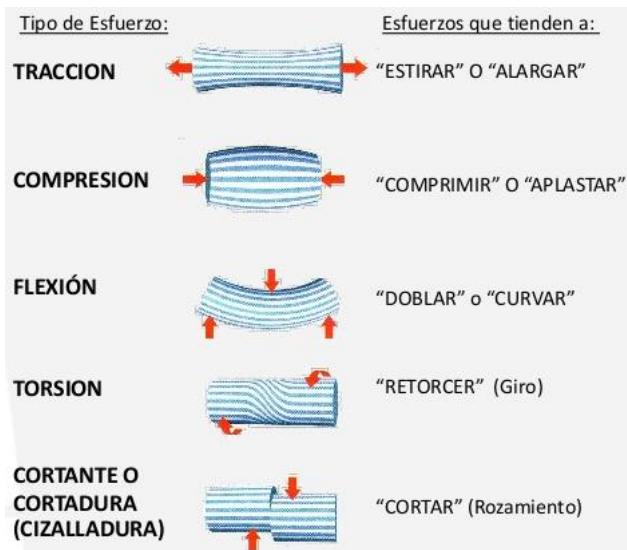
Una pieza está sometida a torsión cuando actúan sobre ella un sistema de fuerzas en una sección perpendicular a su eje longitudinal, de forma que tienden a hacerla girar. En la figura se puede observar el esquema de una pieza sometida a torsión.

Para la realización del ensayo se fija un extremo de la pieza a la bancada de la máquina y el otro se sujetó por medio de unas mordazas a un cabezal giratorio, donde se van a ir introduciendo los esfuerzos progresivamente crecientes.

d) Ensayos de dureza

La propiedad mecánica de la dureza no está definida claramente, de manera que no se puede medir de una forma absoluta, sino que es necesario mencionar el método utilizado para su determinación. Entre ellos, se pueden citar los siguientes:

Dureza mineralógica clásica. La dureza de los minerales, entendida como la **resistencia que oponen a ser rayados**, se puede medir mediante la llamada escala de Mohs (1822), que consta de 10 grados de dureza, cada uno de los cuales corresponde a un mineral determinado: *talco* (1), *yeso* (2), *calcita* (3), *fluorita* (4), *apatito* (5), *feldespato* (6), *cuarzo* (7), *topacio* (8), *corindón* (9) y *diamante* (10).



Los minerales de grados 1 y 2 pueden rayarse con la uña, mientras que los de grados 3,4,5 y 6 pueden serio con un cuchillo. Todo mineral raya a los que posean un grado de dureza inferior al suyo y es rayado por los de dureza superior. Así, por ejemplo, un mineral que sea rayado por el topacio y que a su vez raya al cuarzo posee una dureza comprendida entre 7 y 8. Este método resulta bastante impreciso por su carácter comparativo.

. **Métodos de retroceso.** Mediante estos métodos se mide la llamada dureza dinámica o elástica; para ello se calcula la energía que se consume en el choque de una pieza

. **Dureza a la penetración.** La dureza se mide como la resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado por otro. Esta es la base de los **ensayos Brinell, Vickers y Rockwell**, en los que se utilizan distintos tipos de penetradores que se aprietan con una fuerza determinada contra el material.

La dureza es una propiedad de gran importancia práctica, ya que está relacionada con el comportamiento del material frente a la **abrasión o al desgaste**, así como con la facilidad con que puede mecanizarse; por ejemplo, un material utilizado para moler mineral en una cantera debe ser muy duro para que apenas sufra desgaste en su trabajo.

• Método Brinell(HB)

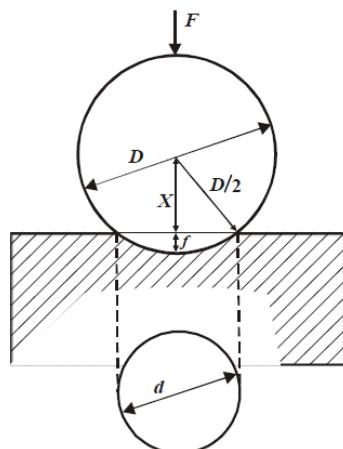
Emplea como penetrador una bola de acero muy duro de diámetro conocido. Al someter la bola a una carga determinada, se produce en el material una huella en forma de casquete esférico. La dureza Brinell queda determinada por:

$$HB = \frac{F}{A}$$

La determinación de superficie de la huella se realiza por

$$A = \pi \cdot D \cdot f$$

$$f = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$



$$f = \frac{D}{2} - X = \frac{1}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

$$X = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D}{2} \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)$$

$$HB = \frac{2F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

HB = Dureza Brinell en kg/mm^2

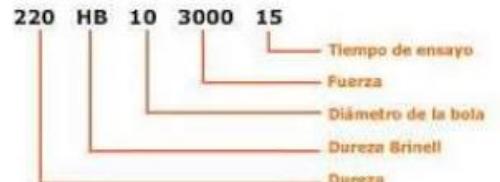
F = Carga en kg

A = Superficie de la huella en mm^2

D = Diámetro de la bola en mm

f = Flecha (profundidad de la huella) en mm

d = Diámetro de la huella en mm



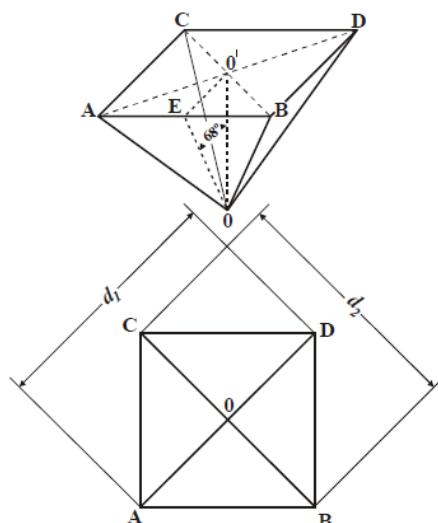
Cuando estas cargas actúan sobre piezas de poco espesor se producen deformaciones que pueden llevar a resultados erróneos. Para evitarlo, se emplean cargas y diámetros de bolas inferiores, cumpliendo la relación:

$$F = K \cdot D^2$$

K=constante según el material

• Método Vickers (HV)

Este método se emplea para durezas superiores a 400 HB. El método es igual al caso anterior, con la salvedad del penetrador que es una pirámide regular de base cuadrada cuyas caras forman un ángulo de 136° . El tiempo que dura este ensayo es de unos 20 s.



$$HV = \frac{F}{A} \quad A = 4 \cdot \text{area}(OAB)$$

donde A es el área de la huella que el penetrador produce en el material.

$$A = 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \overline{AB} \cdot \overline{OE} = 2 \cdot \overline{AB} \cdot \overline{OE}$$

$$\sin 68^\circ = \frac{\overline{O'E}}{\overline{OE}} \Rightarrow \overline{OE} = \frac{\overline{O'E}}{\sin 68^\circ}$$

$$\overline{O'E} = \frac{\overline{AB}}{2}$$

$$A = 2 \cdot \overline{AB} \cdot \frac{\overline{AB}}{\sin 68^\circ} = \frac{\overline{AB}^2}{\sin 68^\circ}$$

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \text{ como } \overline{AB} = \overline{AC}$$

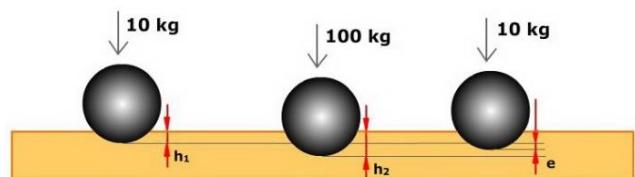
$$d^2 = 2 \cdot \overline{AB}^2 \Rightarrow A = \frac{d^2}{2 \cdot \sin 68^\circ} = \frac{d^2}{1,854}$$

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2}$$

HV = Dureza Vickers en kg/mm^2

d = Diagonal de la huella en mm

F = Carga en kilogramos kg



• Método Rockwell

Este método, a diferencia de los anteriores, permite determinar la dureza de un material, no a partir de la superficie de la huella sino de su profundidad. El penetrador empleado depende del material a ensayar; para los materiales blandos empleamos una bola de acero y para los duros un cono de diamante con 120° de ángulo, denominándose el ensayo según el penetrador HRB o HRC.

Forma de realizar el ensayo:

- 1º Se aplica al penetrador una carga de 10 kg durante un tiempo determinado. Esta carga provoca una huella de profundidad h_0 .
- 2º Despues, dependiendo de la dureza del material, se añade la carga adicional que puede ser de 60, 100 ó 150 kg. La profundidad de la huella alcanza entonces el valor h_1 .
- 3º Al retirar la carga adicional, el penetrador retrocede por la recuperación elástica del material. La huella adquiere entonces una profundidad

$$e = h_1 - h_0$$

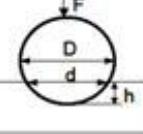
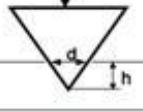
La dureza Rockwell queda determinada por:

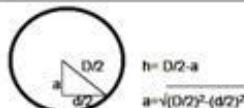
$$\text{HRC} = 100 - e \quad \text{HRB} = 130 - e$$

Se observa que cuando mayor es la profundidad e menor es la dureza del material.

El durómetro para Rockwell, a diferencia de los anteriores, está provisto de una escala graduada que permite realizar una medida instantánea de la profundidad de la huella. En los anteriores casos hay que utilizar una lupa graduada o un microscopio para medir el diámetro de la huella o diagonales de la pirámide.

Comparativa de los tres ensayos:

TIPO DE ENSAYO	BRINELL HB	VICKERS HV	ROCKWELL	
			HRB	HRC
Tipo de material	no muy duros	muy duros	blandos	duros
Penetrador	Bola de acero templado	pirámide regular de diamante	bola de acero	cono de acero con punta de diamante
Medida	superficie de la huella	superficie de la huella	profundidad de la huella	
Valor de dureza (resultado del ensayo)	$HB = F/S (\text{Kg/mm}^2)$  $S = \pi D h = \pi D \frac{1}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})$ Valor dureza igual sólo si $F=K*D^2$	$HV = F/S (\text{Kg/mm}^2)$  $S = 4 * \frac{d \cos 45^\circ h}{2} = \frac{d^2}{2 \sin 68}$	$HRB = 130 - e$	$HRC = 100 - e$
Ventajas e inconvenientes	Válido para la mayoría de los aceros. Si las deformaciones son pequeñas el margen de error es grande	Es más exacto que Brinell pero más caro	es el ensayo más rápido y sencillo pero también el menos preciso (no mide superficie de la huella, sólo su profundidad).	El aparato de medida suele dar ya el resultado (no hace falta medir profundidades)



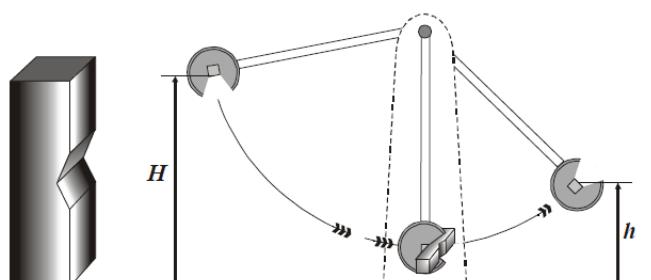
El ensayo Brinell tiene la limitación de que a partir de 400 HB es poco fiable, mientras que el ensayo Vickers es más fiable para materiales duros. Los métodos Brinell y Vickers presentan el inconveniente de que son lentos y difíciles de realizar, mientras que el método Rockwell es mucho más rápido y sirve tanto para materiales blandos (HRB) como para duros(HRC), aunque este método es menos preciso.

e) Ensayo de resiliencia

El ensayo de resiliencia **mide la tenacidad** de los materiales. La tenacidad (propiedad **inversa a la fragilidad**)

se define como la capacidad que tiene un material para almacenar energía, en forma de deformación plástica, antes de romperse. En ingeniería, la **resiliencia** es la cantidad de energía que puede absorber un material, antes de que comience la deformación irreversible, esto es, la deformación plástica. En muchos metales existe un intervalo de temperaturas, conocido como zona de transición, en el que se produce una disminución considerable de la resiliencia al disminuir la temperatura. Esto da origen, conforme se describe a continuación, a dos tipos diferentes de roturas para un mismo material: la rotura frágil y la dúctil. Se usa el **péndulo Charpy** para medir esta propiedad.

El más característico es el ensayo **Charpy**. En este ensayo se utiliza una probeta de sección cuadrada provista de una entalladura que es sometida a la acción de una carga de ruptura por medio de un martillo que se desplaza en una trayectoria circular.



La energía absorbida por la ruptura se llama resiliencia ρ y su unidad en el sistema internacional es el J/m^2

$$Ep = m \cdot g (H - h)$$

$$\rho = \frac{Ep}{A_o}$$

Ep = Energía potencia absorbida en la ruptura en Julios (J)

m = Masa del martillo en kg

g = Gravedad terrestre $9,8 \text{ m/s}^2$

H = Altura desde la que cae el martillo en metros (m)

h = Altura que alcanza el martillo después de romper la probeta en metros (m)

ρ = Resiliencia en Julios por metro cuadrado (J/m^2)

A_o = Sección de la probeta por la parte de entalladura en metros cuadrados (m^2)

f) Fractura

La fractura de un sólido se puede definir como su separación en dos o más partes como consecuencia de los efectos de una tensión. Existen dos tipos diferentes de fractura:

. **Fractura dúctil**, en la que se produce una importante deformación plástica en la zona de rotura. Debido a la irregularidad de esta deformación plástica, se originan superficies de fractura mates.

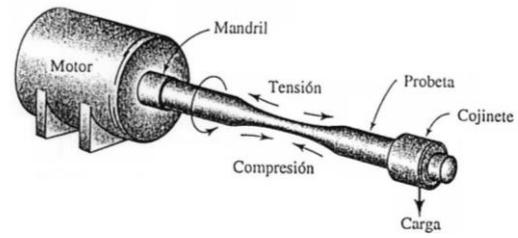
. **Fractura frágil**, en la que el material se separa según un plano y sin que apenas se produzca deformación plástica. Este tipo de fractura, que es típica de materiales cerámicos, vidrio y metales muy duros, origina superficies brillantes.

La aparición de la fractura frágil se debe a las fisuras de diminuto tamaño existentes en un elemento del material, que pueden estar presentes desde su fabricación. Así sucede, por ejemplo, en las uniones de puentes, barcos, etc., que no se pueden construir de una sola pieza; o también pueden generarse a lo largo de la vida del elemento, como consecuencia de un proceso de fatiga o de un desgaste.

Ensayo de Fatiga de Viga Rotatoria

g) Fatiga

Por fatiga se entiende la situación en la que se encuentran algunas piezas de motores, puentes, ejes, etc. sometidas a cargas cíclicas de valor inferior al crítico de rotura del material. Los ciclos de carga pueden ser muy diferentes, aunque los datos que más interesan son los de la amplitud del ciclo y la tensión media. Cuando una pieza se encuentra sometida a un proceso de fatiga, las grietas de tamaño diminuto existentes (por el proceso de fabricación o de trabajo) en el material van creciendo progresivamente hasta que en un momento dado el tamaño de la grieta mayor es lo suficientemente grande como para que se produzca la rotura del elemento.



h) Fluencia

Los elementos sometidos a altas temperaturas, como turbinas, calderas, reactores, etc., experimentan deformaciones plásticas importantes, a pesar de que a temperatura ambiente y sometidos a la misma carga, apenas se deformarían elásticamente.

Se define como fluencia, la lenta y continua deformación plástica que sufre un material a alta temperatura y sin aumento de carga. La deformación por fluencia que experimenta un material es tanto mayor cuanto mayor sea la temperatura, o la carga aplicada, o el tiempo que dicha carga ha estado actuando.

i) Ensayos no destructivos

Estos métodos se utilizan para detectar posibles irregularidades en la masa del material, como grietas microscópicas, impurezas de otros materiales, pequeños poros, etc., y se basan en la medición de determinadas propiedades de los materiales que pueden ser alteradas por defectos de las piezas.

. Ensayos magnéticos y eléctricos.

Los métodos magnéticos se basan en la propiedad de que si un material es imantado con un campo homogéneo, las líneas de flujo magnético son desviadas por las perturbaciones que pueda tener el material en su interior. Para detectar estas perturbaciones, se esparce en la superficie a ensayar una solución con polvo magnetizable en la que se puede apreciar las posibles desviaciones de las líneas de fuerza.

Evidentemente, este método sólo es aplicable a materiales susceptibles de imantación y además tiene la limitación de que no es posible detectar deficiencias muy profundas.

. Ensayos con líquidos penetrantes

Se basa en la propiedad penetrante de algunos líquidos que son capaces de introducirse en los posibles defectos superficiales de las piezas. Se utilizan soluciones de aceite caliente o petróleo en los que se sumerge la pieza a ensayar y, una vez seca, se la espolvorea con cal fina o talco (productos

muy higroscópicos) que succionan las pequeñas cantidades de líquido atrapadas en las microfisuras, de forma que se hacen visibles.

. Ensayos con rayos X y gamma

Se emplean los rayos X con un método similar al usado en medicina. La pieza a examinar se somete a la acción de los rayos, que la atraviesan, e impresionan una placa fotográfica situada al otro lado de ésta.

. Ensayos con ultrasonidos

Los ultrasonidos son ondas vibratorias, similares a las del sonido, de alta frecuencia.

■ Propiedades mecánicas

Están relacionadas con la forma en que reaccionan los materiales al actuar fuerzas sobre ellos

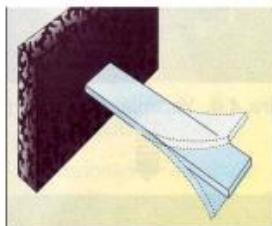


Figura 4.8(a). Elasticidad. Capacidad que tienen algunos materiales para recuperar su forma, una vez que ha desaparecido la fuerza que los deformaba.

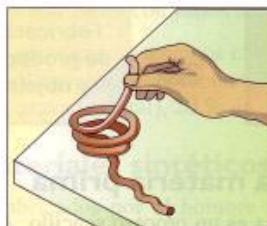


Figura 4.8(b). Plasticidad. Habilidad de un material para conservar su nueva forma una vez deformado. Es opuesta a la elasticidad.



Figura 4.8(c). Ductilidad. Es la capacidad que tiene un material para estirarse en hilos (por ejemplo, cobre, oro, aluminio, etc.).

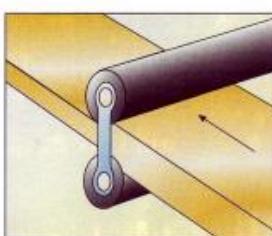


Figura 4.8(d). Maleabilidad. Aptitud de un material para extenderse en láminas sin romperse (por ejemplo, aluminio, oro, etc.).



Figura 4.8(e). Dureza. Oposición que ofrece un cuerpo a dejarse rayar o penetrar por otro o, lo que es igual, la resistencia al desgaste.

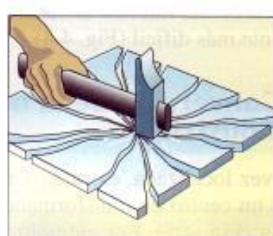


Figura 4.8(f). Fragilidad. Es opuesta a la resiliencia. El material se rompe en añicos cuando una fuerza impacta sobre él.



Figura 4.8(g). Tenacidad. Resistencia que opone un cuerpo a su rotura cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación.



Figura 4.8(h). Fatiga. Deformación (que puede llegar a la rotura) de un material sometido a cargas variables, inferiores a la de rotura, cuando actúan un cierto tiempo o un número de veces determinado.



Figura 4.8(i). Maquinabilidad. Facilidad que tiene un cuerpo a dejarse cortar por arranque de viruta.

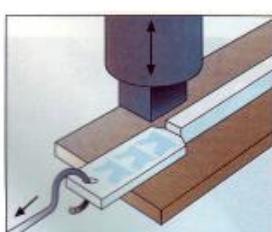


Figura 4.8(j). Acritud. Aumento de la dureza, fragilidad y resistencia en ciertos metales como consecuencia de la deformación en frío.

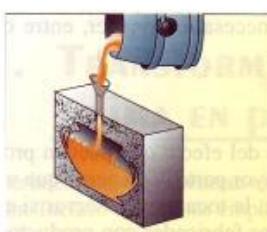


Figura 4.8(k). Colabilidad. Aptitud que tiene un material fundido para llenar un molde.

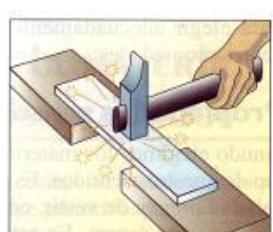


Figura 4.8(l). Resiliencia. Resistencia que opone un cuerpo a los choques o esfuerzos bruscos.

1.4. PROPIEDADES DE FABRICACIÓN O TECNOLÓGICAS

Las propiedades de fabricación informan acerca de la posibilidad de someter un material a una determinada operación industrial.

Entre estas propiedades, se pueden mencionar las siguientes:

- . **Maleabilidad:** indica si un material se puede estirar en láminas sin romperse.
- . **Ductilidad:** señala si se puede estirar en forma de hilos.
- . **Forjabilidad:** da idea de la capacidad que posee un material para ser forjado (Es la facilidad de un material para deformarse mediante golpes cuando se encuentra a temperatura elevada).
- . **Maquinabilidad:** indica si se pueden aplicar procesos de arranque de viruta al material.
- . **Fusibilidad:** Es la propiedad que permite a los materiales transformarse en piezas fundidas sanas mediante la fusión.
- . Otras propiedades, que se refieren a la capacidad para someter al material a procesos de extrusión, soldadura, colabilidad, etc.

2 - LOS METALES FÉRRICOS

2.1. Introducción

Se define a los metales como aquellos elementos químicos que se caracterizan por tener las siguientes **propiedades:**

- Poseen una estructura interna común.
- Son sólidos a temperaturas normales, excepto el mercurio.
- Tienen una alta densidad
- Tienen elevada conductividad térmica y eléctrica.
- Tienen considerable resistencia mecánica.
- Suelen ser maleables.
- Se pueden fundir, conformar y reciclar.

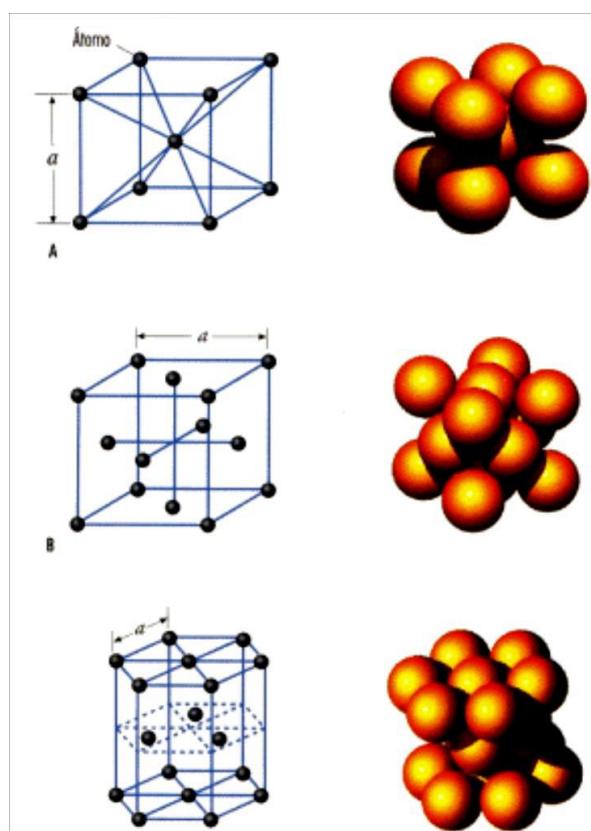
Por su especial utilidad en el campo industrial, distinguiremos dos tipos: los *materiales férricos*, o materiales derivados del hierro, y los *materiales no férricos*, derivados del resto de los metales.

2.2. Estructuras cristalinas

Los cuerpos sólidos se pueden presentar en dos estados fundamentales:

- **Cristalino.** Cuando están constituidos por átomos perfectamente ordenados en el espacio. En este grupo se encuentran englobados los metales, los materiales cerámicos y algunos polímeros que poseen regularidad suficiente.
- **Amorfo.** Cuando solamente presentan una ordenación espacial a corta distancia. Es el caso de los vidrios y de los polímeros vítreos.

La estructura espacial de un sólido cristalino se construye a partir de una unidad repetitiva celda unidad.



En los vértices de estas celdas unidad se sitúan los átomos. La repetición de las celdas en el espacio da lugar a las llamadas redes cristalinas simples.

También existe la posibilidad de situar átomos en los centros de las celdas (red cristalina **cúbica centrada en el cuerpo**) o de las caras (red cristalina de **cúbica centrada en las caras**). También es muy común la red cristalina **hexagonal compacta**.

Conviene destacar que la mayor parte de los metales de interés industrial únicamente cristalizan en tres tipos de redes.

2.3. Características del hierro puro

- Es un material magnético (ferromagnético).
- Color blanco azulado.
- Muy dúctil y maleable.
- Punto de fusión: 1535 °C
- Densidad alta (7,87 g/cm³.)
- Buen conductor del calor y la electricidad.
- Se corroe y oxida con mucha facilidad.
- Bajas propiedades mecánicas (al corte, limado, conformado, etc.).
- Es un metal más bien blando.

Es precisamente, por lo que tiene bajas propiedades mecánicas por lo que el hierro puro, prácticamente no se emplea en la industria (salvo para hacer imanes), por lo que se emplea aleado con carbono (que es un no metal) y otros metales.

2.4. Definiciones.

Aleación: Es la mezcla de dos o más materiales, donde al menos uno, de forma mayoritaria es un metal.

Los metales ferrosos son los más utilizados a nivel industrial. Representan aproximadamente el consumo del 80% de todos los metales.

Encontramos los siguientes tipos de metales ferrosos:

1. **Hierro industrial:** cuando el contenido en carbono es menor al 0,03%.
2. **Acero:** Cuando el contenido en carbono está comprendido entre el 0'03 y el 1'67% (algunos pueden llegar hasta el 2,11%).
3. **Fundición:** El porcentaje de carbono está comprendido entre el 1'67(2,11 %) y el 6'67%.

Las aleaciones con un contenido de carbono superior carecen de interés industrial porque son demasiado frágiles.

La inmensa mayoría de los metales no se encuentran en estado puro en la naturaleza, sino combinados con otros elementos químicos formando los **minerales**, los cuales se encuentran en **yacimientos** y se extraen en las **minas**.

El hierro no es una excepción y se encuentra en los siguientes minerales

1. Magnetita, hematites y limonitas (los cuales son óxidos de hierro).
2. Siderita (el cual es un carbonato de hierro).

Una vez extraído el mineral de hierro se procede a...

1. Triturar y moler el mineral.
2. Separar la parte útil, llamada **mena**, que es la que contiene el hierro, de la parte inútil y desecharable, llamada **ganga**. Normalmente este proceso se hace empleando agua, pues la mena es más densa y la ganga flota.

3. Posteriormente, la mena se somete a altas temperaturas sin la presencia de oxígeno. Con este se persigue eliminar el oxígeno de los minerales. A este proceso se le llama **reducir** el mineral.

4. El proceso de reducción del mineral de hierro se lleva a cabo en los **altos hornos**.

Mineral de hierro



Ganga (parte despreciable)

+

Mena (parte útil)

2.5. Minerales del hierro.

El elemento químico *hierro* forma parte de la corteza terrestre en un porcentaje del 5%. Nunca se presenta en estado puro, sino combinado en forma de óxidos, hidróxidos, carbonatos y sulfuros. Los principales minerales de los que forma parte son la *magnetita*, la *hematites roja*, la *siderita*, la *limonita* y la *pirita*.



Figura 1. Oligisto.

Figura 2. Limonita.

Figura 3. Magnetita.

Figura 4. Piritita.

2.6. Obtención del hierro: el alto horno

El dispositivo habitual para obtener hierro a partir de sus minerales es el denominado **alto horno**. Se trata de una instalación compleja cuyo principal objetivo es la obtención de **arrabio**, es decir, hierro con un *contenido en carbono* que oscila entre el 2,6% Y el 6,7% Y que contiene otras cantidades de *silicio, manganeso, azufre y fósforo* que oscilan en torno al 0,05%.

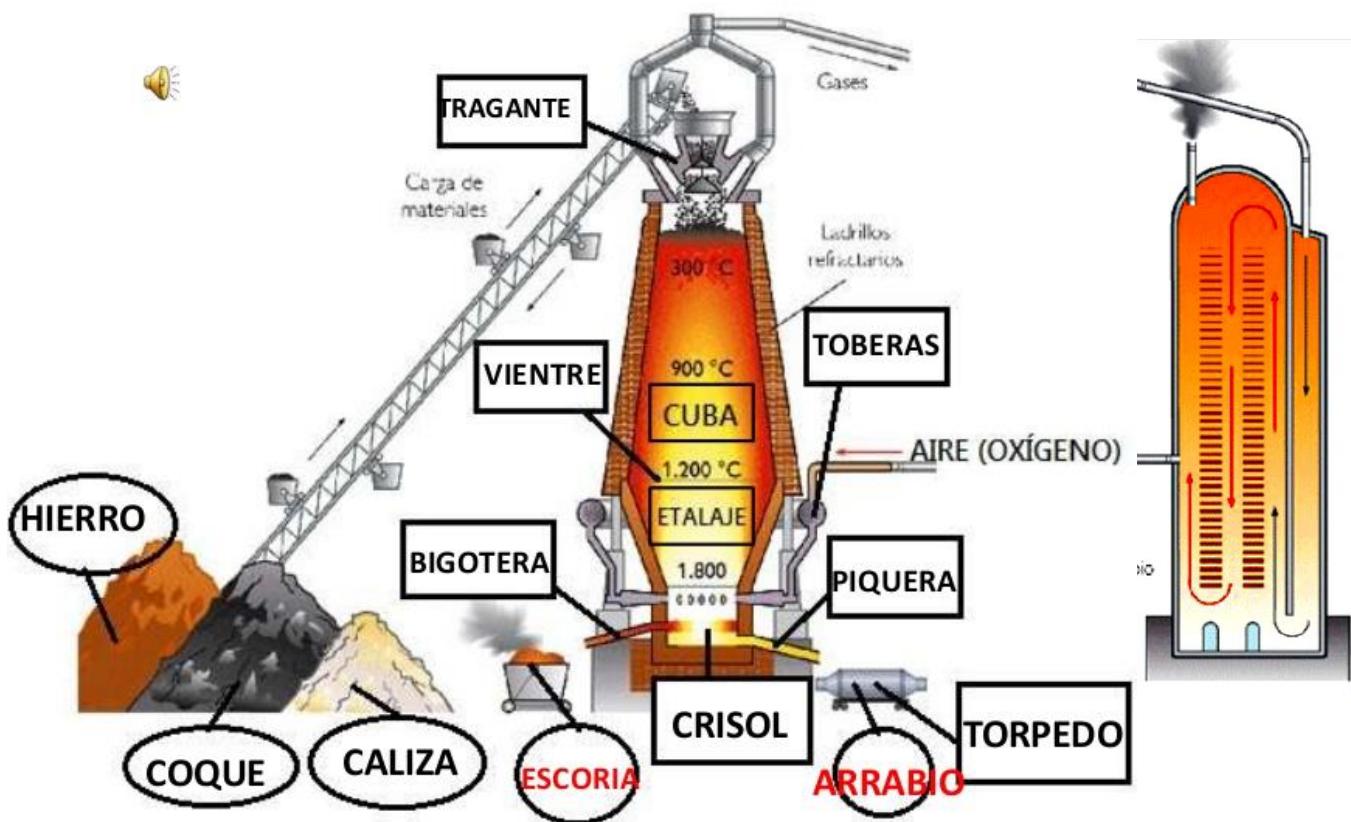
El cuerpo central de la instalación denominada alto horno está formado por dos *troncos de cono* colocados uno sobre otro y unidos por su base más ancha. Su *altura* oscila entre los 30 y los 80 m y su *diámetro máximo* está comprendido entre los 10 y los 14 m.

La pared interior está construida de *ladrillo refractario* y la exterior es de *acero*. Entre ambas pasan los **canales de refrigeración**.

La parte superior del horno alto se denomina **tragante**. Se compone de dos **tolvas** en forma de campana, provistas de un dispositivo de apertura y cierre que evita que se escapen los gases en el momento de la carga del *material*.

En el proceso siderúrgico, el carbón de coque actúa como combustible y reductor de los óxidos de hierro. El carbón de coque siderúrgico se obtiene industrialmente eliminando la materia volátil del carbón de hulla y aglutinándolo posteriormente. En estos hornos se somete la pasta de carbón a un proceso de coquizado, consistente en calentar el carbón por encima de 1000 °C, en ausencia de aire y durante 16 horas aproximadamente.

El coque siderúrgico es un material duro y poroso, con un contenido en carbono superior al 90%.



Los materiales se introducen en el interior del alto horno en capas alternadas. Una capa formada por una mezcla de **minerales de hierro**. Una capa de **carbón de coque**. Una capa de **material fundente**, formado básicamente por *caliza*, que se encarga de arrastrar la *ganga* del mineral y las cenizas. Con todo este material se forma la *escoria*.

El mineral de hierro, el carbón de coque y los materiales fundentes se mezclan y se tratan previamente, antes de introducirlos en el alto horno.

El resultado es un material poroso llamado sínter. Las proporciones del **sínter** son:

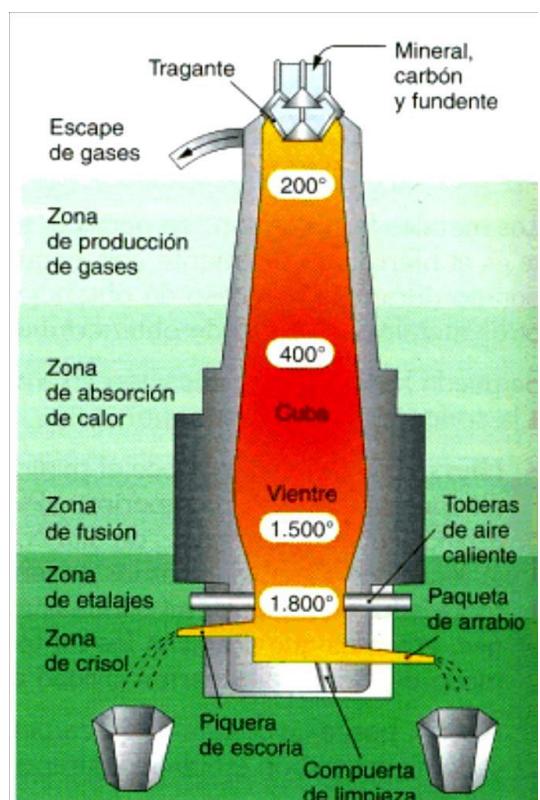
1. Mineral de hierro2 Toneladas.
2. Carbón de coque1 Tonelada.
3. Fundente.....½Tonelada.

Bajo el vientre están las **toberas**, encargadas de insuflar el aire necesario para la combustión. Este aire procede de unas instalaciones denominadas **recuperadores de calor**, que aprovechan la energía térmica del gas que sale del alto horno para precalentar el aire.

De este modo se consigue que la temperatura del horno alto sobrepase los 1.500 °C, con lo que se logra un importante ahorro del carbón de coque.

La parte inferior del horno se llama **etalaje** y su forma compensa la disminución de volumen del material, que se produce como consecuencia de su reducción y de la pérdida de materias volátiles.

En esta zona se depositan el hierro y la escoria fundidos. Como la escoria es de menor densidad que el hierro, queda flotando sobre él. De este modo se protege el hierro de la oxidación.



La extracción de la escoria y el hierro fundido se lleva a cabo a través de dos orificios situados en la parte inferior, denominados **bigotera** y **piquera**.

. Por la **bigotera** se extrae la escoria que sobrenada. Ésta suele emplearse como subproducto para la obtención de abonos y cementos especiales, llamados de *clinkerización*.

. Por la **piquera** sale el hierro fundido, que se denomina **arrabio, hierro colado o fundición de primera fusión**.

El arrabio fundido se vierte directamente en torpedos y se transporta a las **lingoteras**, para obtener lingotes de hierro a los **convertidores**, donde se transformará en **acero**.

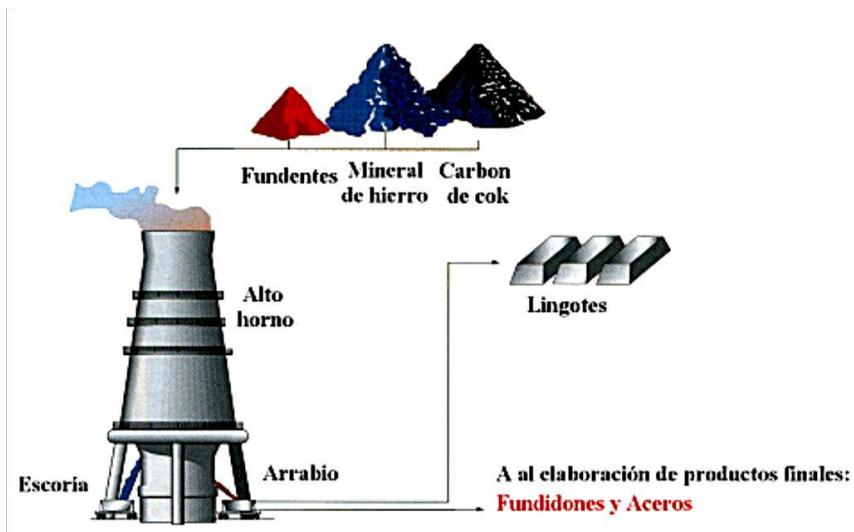
Una vez iniciado el proceso, los hornos altos funcionan de manera continua y sólo se apagarán cuando sea necesario efectuar reparaciones, como consecuencia del desgaste del material refractario del recubrimiento de sus paredes.

La materia prima que se va a introducir en el horno se divide en un determinado número de pequeñas cargas que se introducen a intervalos de entre 10 y 15 minutos. La escoria que flota sobre el metal fundido se retira una vez cada dos horas, y el arrabio se sangra cinco veces al día, aunque éste período de tiempo puede modificarse controlando la inyección de aire por las toberas.



2.7. Productos siderúrgicos

Los distintos productos que se obtienen a partir de los minerales de hierro se denominan, en general, productos **siderúrgicos** y pueden clasificarse en tres grandes grupos, dependiendo de su contenido en carbono: el *hierro dulce*, las *fundiciones* y los *aceros*.



2.8. Transformación del arrabio en acero

La proporción de carbono en el **arrabio** extraído del alto horno se encuentra en el intervalo correspondiente a las fundiciones. Así pues, se trata de un material duro y frágil, que no puede ser extendido en hilos ni en láminas; por este motivo apenas tiene aplicación industrial. Se hace necesario, pues, reducir el contenido en carbono del arrabio para convertirlo en **acero**; que es un material que sigue siendo duro, pero más elástico, dúctil, maleable y capaz de soportar impactos.

Esta transformación del arrabio en acero se lleva a cabo en un recipiente llamado **convertidor**, y se realiza suministrando oxígeno al arrabio líquido. Veamos como es este proceso llamado **afino**.

Los convertidores son hornos, siendo empleados hoy en día los eléctricos, donde se lleva a cabo un proceso de fusión.

1. El **arrabio** se transporta *líquido* desde el alto horno hasta la acería (donde está el convertidor). El arrabio se transporta en unos depósitos llamados **torpedos**.

2. Se introduce en el convertidor, además del arrabio, **chatarra**, **fundentes** (cal) y oxígeno. El convertidor, a diferencia del alto horno, no se le proporciona calor extra.

3. El oxígeno reacciona con las impurezas, especialmente el carbono que sobra (se oxidan) y facilita la eliminación de la escoria formada. El fundente también facilita la formación de la escoria, que flota sobre el metal fundido.

Los productos obtenidos del **convertidor** son:

- **Acero líquido**: que será transportado por medio de otra cuchara para ser sometido a procesos siderúrgicos. Este acero ya es de calidad.

- **Escoria**: que se recicla para otros fines, especialmente la construcción.

- **Gases**: Especialmente monóxido de carbono y dióxido de carbono, resultantes de la combustión de carbono.

En el convertidor también se lleva a cabo la aleación del acero con otros metales (Ni, Cr, Mo, etc.) para obtener **aceros aleados** que mejoran las propiedades del metal original.

Producción por hornada: Entre 100 y 300 toneladas, dependiendo del tipo de convertidor.

4. El proceso final consiste en extraer el acero líquido del convertidor para verterlo en moldes con la forma de la pieza que se quiere obtener, posteriormente se deja solidificar y luego se extrae la pieza. A este proceso se le llama **colada**.

El proceso de colada más empleado hoy en día es el de **colada continua**, cuyo objetivo es solidificar el acero en productos de sección constante.

Una vez obtenida la pieza de acero se somete a un proceso de laminación para darle la forma y características deseadas.

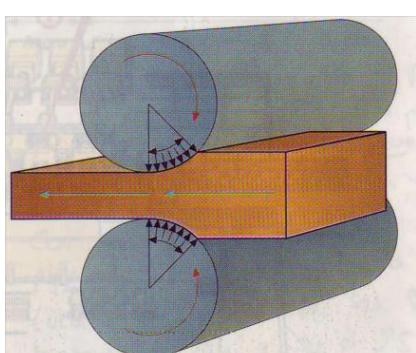
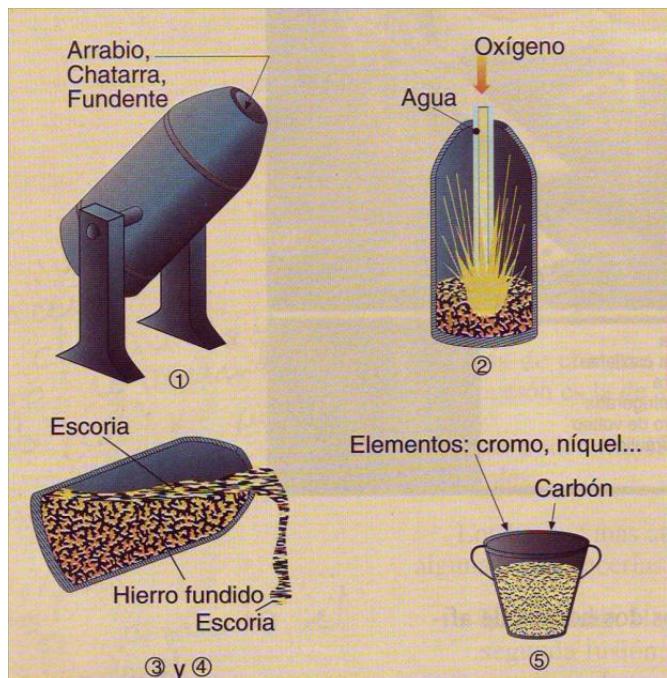


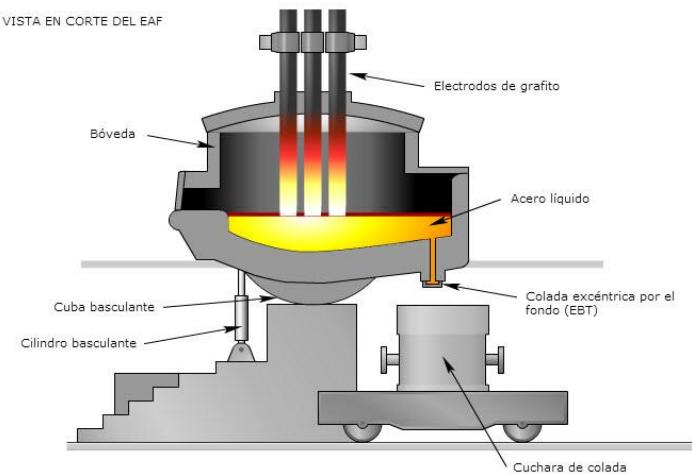
Figura 5.23. Esquema del funcionamiento de laminación.



Productos de colada continua.

2.9. Hornos de arco eléctrico

Los hornos eléctricos son sobre todo útiles para producir acero inoxidable y aceros aleados que deben ser fabricados según unas especificaciones muy exigentes. El refinado se produce en una cámara hermética, donde la temperatura y otras condiciones se controlan de forma rigurosa. En las primeras fases de este proceso de refinado se inyecta oxígeno de alta pureza a través de una lanza, lo que aumenta la temperatura del horno y disminuye el tiempo necesario para producir el acero. La cantidad de oxígeno que entra en el horno puede regularse con precisión en todo momento, lo que evita reacciones de oxidación no deseadas.



Son los más usados en los talleres de fundición. Constan de un crisol y dos aberturas laterales, una para adicionar los materiales de afino o la carga metálica (en los hornos pequeños) y la otra para la piquera.

Una vez cargado el horno se hacen descender unos electrodos hasta la superficie del metal. La corriente eléctrica fluye por uno de los electrodos, forma un arco eléctrico hasta la carga metálica, recorre el metal y vuelve a formar un arco hasta el siguiente electrodo. La resistencia del metal al flujo de corriente genera calor, que —junto con el producido por el arco eléctrico— funde el metal con rapidez.

Una vez que ha terminado el proceso, se retiran los electrodos y se procede a la colada en la cuchara, inclinando el horno.

Los hornos de este tipo que más se usan son los trifásicos con capacidad de 3 a 8 toneladas, aunque se construyen desde 1 a 100 toneladas. Se emplean para fundir el acero y la fundición gris de excelente calidad.

2.10. DIAGRAMA HIERRO-CARBONO

El hierro es un material alotrópico, es decir, presenta diversas estructuras cristalinas dependiendo de la temperatura a que se encuentre, además dependiendo de la cantidad de Carbono que tengan tendrán diferente constitución estructural.

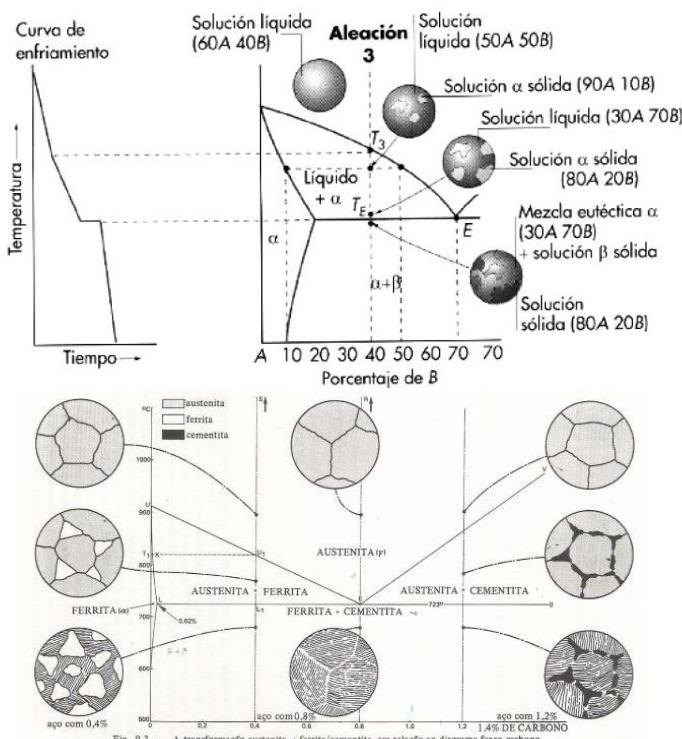
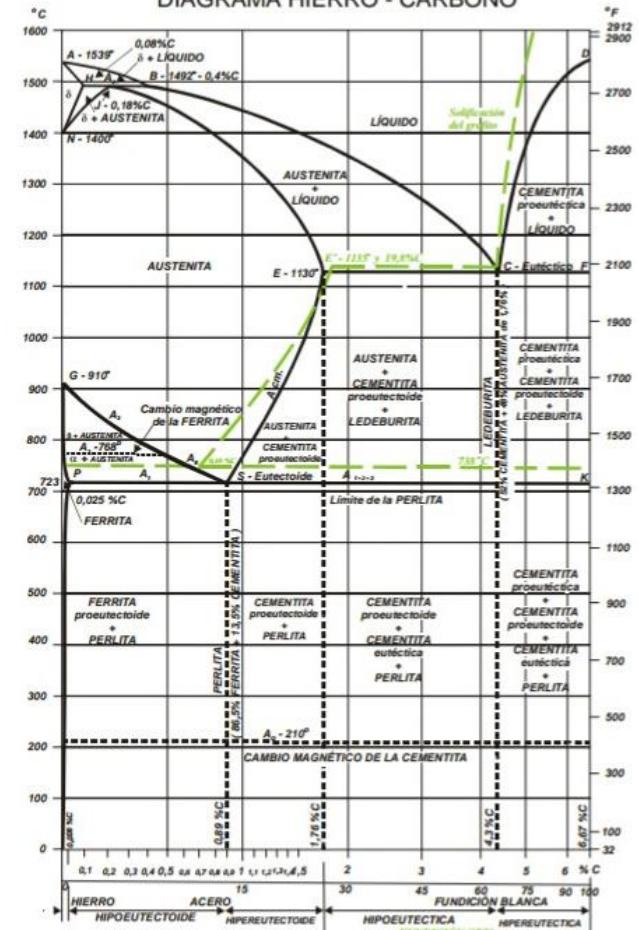
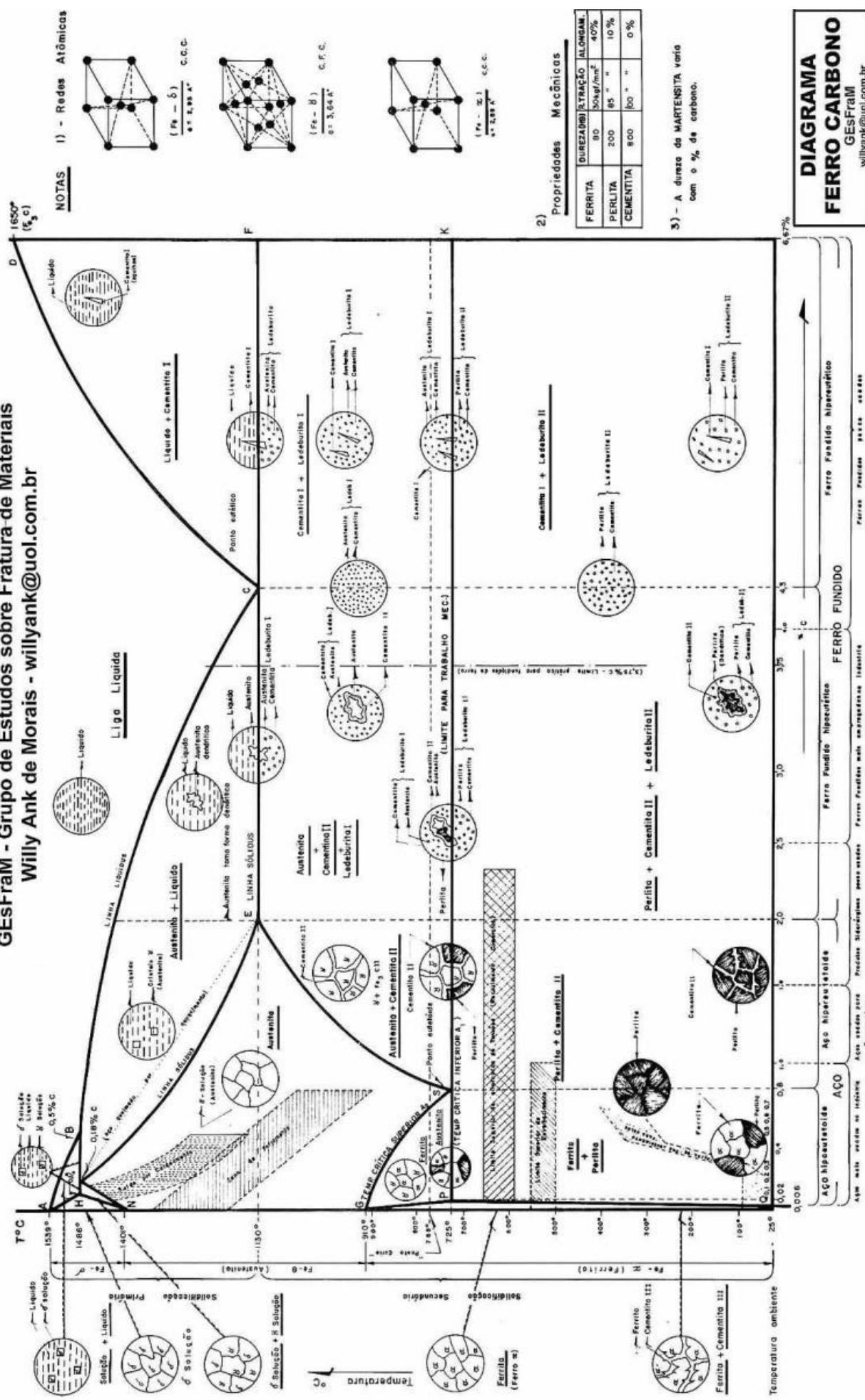


Fig. 9.3 — A transformação austenita → ferrita/cementita, em relação ao diagrama ferro-carbono.

DIAGRAMA HIERRO - CARBONO



GEsFraM - Grupo de Estudos sobre Fratura de Materiais
Willy Ank de Moraes - willyank@uol.com.br



Este diagrama muestra las fases existentes en las aleaciones hierro-carbono enfriadas muy lentamente, a varias temperaturas y composiciones de hierro con porcentajes de carbono (hasta el 6,67%).

A partir de este diagrama, puede predecirse el tipo de constituyente mayoritario que tendrá la aleación en función de la temperatura y del contenido (%) en carbono; conociendo los constituyentes será posible predecir las propiedades que tendrá la aleación.

Es una herramienta muy útil que indica cómo, cuándo y en qué condiciones debe realizarse un tratamiento térmico y los resultados que deben esperarse del mismo.

2.10.1. CONSTITUYENTES DE LOS ACEROS

Los aceros procedentes de un **enfriado lento** están constituidos por los siguientes componentes **a temperatura ambiente**:

- **Ferrita:** solución sólida de hierro alfa con C (es hierro alfa casi puro 0,03% C). Es el más **blando y dúctil** de los constituyentes de los aceros.
- **Cementita:** es un compuesto intermetálico de fórmula Fe_3C (equivalente a 6,67% C). Es el constituyente **más duro y frágil**.
- **Perlite:** solución eutectoide formada por cristales de **ferrita y cementita**. La estructura laminar confiere **elevada dureza y resistencia mecánica**.



Ferrita



Ferrita + Perlita



Perlite

Si se produce un **enfriamiento rápido** aparecen nuevos componentes:

- **Martensita** Es el constituyente típico de **aceros templados**. Está formado por una **solución sólida sobresaturada de carbono** o carburo de hierro en hierro α , y se obtiene por **enfriamiento rápido del acero** desde alta temperatura. Sus propiedades físicas varían con su composición, aumentando su dureza, resistencia y fragilidad con el contenido en carbono. Se produce porque un enfriamiento rápido de la austenita impide que salgan los átomos de carbono de su estructura creando una estructura distinta a ferrita+ perlita.
- La **bainita** es una mezcla de fases de ferrita y cementita y en su formación intervienen procesos de difusión. Forma agujas o placas, dependiendo de la temperatura de transformación. Se produce por un enfriamiento de la austenita a **velocidad intermedia** entre la velocidad de generación de la perlita y de la martensita.

2.11. CLASIFICACION DE ACEROS Y FUNDICIONES

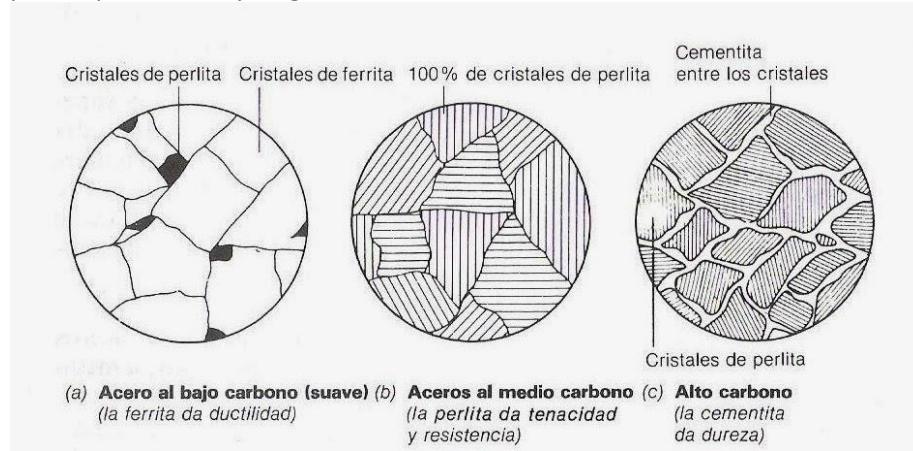
Al añadir carbono al hierro, las propiedades mecánicas se modifican extraordinariamente. Cuanto mayor sea el porcentaje de carbono, mayor es su dureza y resistencia a la tracción, pero tiene el inconveniente de que es más frágil y menos dúctil-maleable. Además su soldabilidad también disminuye.

a) Clasificación de los aceros

1. **Aceros al carbono o no aleados:** son aquellos que sólo incluyen hierro y carbono.

- **Hipoeutectoides (dulces)**, ($<0,77\%$ C) tienen matriz **de ferrita** y algo de **perlita**, por lo que son dúctiles y tenaces; son aceros de construcción
- **Eutectoides (medios)**, ($0,77\%$ C), estructura de **perlita**, más tenacidad y resistencia.

- **Hipereutectoides (duros)** ($>0,77\% \text{ C}$ y $<2,11\% \text{ C}$) tienen matriz de **perlita** y algo de **cementita**, por lo que es duro y frágil; son aceros de herramientas.



2. Aceros aleados o especiales: Además de hierro y carbono se añaden otros elementos, que normalmente son otros metales. El objetivo es mejorar alguna propiedad en concreto del acero. Estos aceros son los más empleados.

- **Inoxidables**, contienen **níquel y cromo**, aumenta la dureza, la resistencia a la corrosión y la tenacidad del acero.
- **Refractarios**, con **wolframio, titanio, molibdeno y cobalto** para resistir altas temperaturas
- **Eléctricos**, con **silicio** para reducir la resistencia eléctrica
- **Rápidos**, con **cromo y molibdeno** para herramientas de corte
- Con **plomo**, se favorece el mecanizado (corte, limado, ...)
- **Galvanizado**, con **Cinc** en la superficie

b) Clasificación de las fundiciones

Aunque se denomina fundición a la aleación de hierro y carbono con un porcentaje entre el 1'67% y el 6'67%, en la práctica, el contenido de carbono de las fundiciones oscila entre el 2'5% y el 4,5%, encontrándose presentes, normalmente, otros elementos. Las fundiciones, como su nombre indica, son fácilmente fusibles, es decir, su punto de fusión es bajo. Por lo que se emplean para la obtención de piezas de moldeo.

Diferencias de la fundición con el acero:

- Como ya mencionamos, su punto de fusión es más bajo 1.130 °C. Se moldean sus formas con más facilidad.
- Son ligeramente más ligeras.
- Son más duras, pero más frágiles.
- Peor resistencia a tracción, pero mejor resistencia a compresión, al desgaste y a vibraciones.
- Mayor resistencia a la oxidación.
- Las piezas fabricadas con fundición son más baratas y, normalmente, de mayor volumen.

Los diferentes tipos de fundiciones tienen composiciones químicas diferentes aunque muchos elementos tienen propiedades antagónicas de manera que se enmascaran sus efectos por lo que no es posible su diferenciación por análisis químico. Mas bien, las diferencias fundamentales se encuentran en la forma en que se presenta el carbono, combinado o libre.

Las fundiciones tienen una clasificación similar a esta última de los aceros, y tenemos. Las fundiciones se clasifican de forma básica como **hipoeutéticas e hipereutéticas**. En las fundiciones obtenidas por enfriamiento rápido, el carbono sobrante es expulsado de la red del hierro en forma de cementita. A este tipo de material se le llama **fundición blanca**. Pero si el enfriamiento es más lento, el carbono es expulsado como grafito, en cuyo caso se obtiene la llamada **fundiciones negras o las fundiciones grises**.

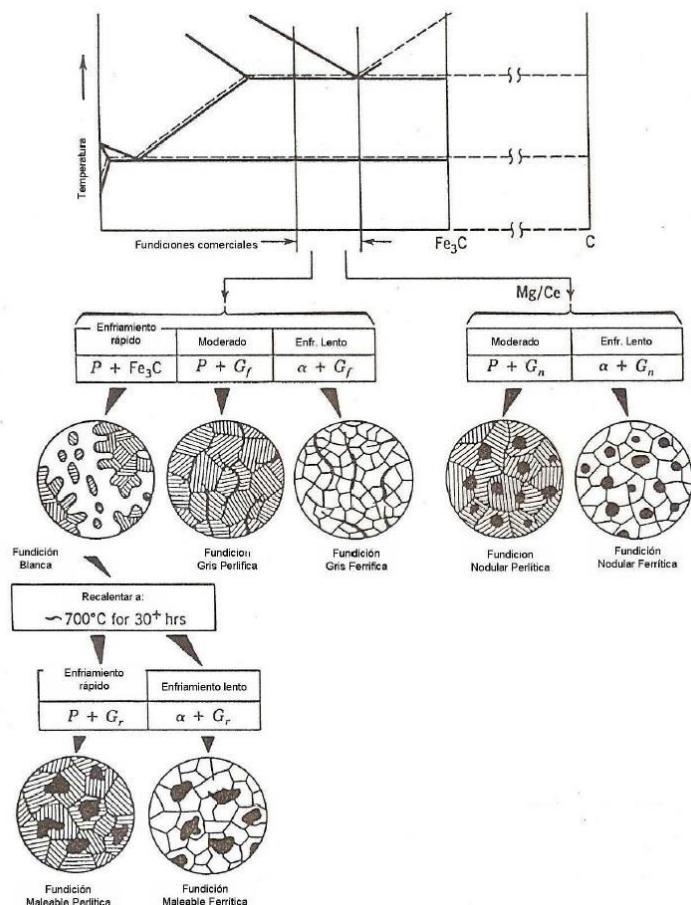
Tipos:

▪ Fundiciones ordinarias

- **Blancas**, Carbono entre 2,5% y 3%, todo el carbono está en forma de cementita. Duro, frágil y difícil de mecanizar.
- **Grisas**, Carbono entre 3% y 3,5%, el grafito está repartido uniformemente en forma de láminas. Frágil, no soldable, si es mecanizable y maleable(para formas complejas). Es barato, absorbe bien las vibraciones.
- **Negras**, en su fractura se ven nódulos de grafito.
- **Atruchadas**, su fractura tiene un aspecto entre gris y blanca

▪ Fundiciones aleadas, con elementos que aportan sus propiedades como resistencia a la corrosión o conductividad eléctrica

▪ Fundiciones especiales:



- **Maleables**, una fundición blanca a la que se calienta y se deja enfriar lentamente. Cierta ductilidad y maleabilidad, menos frágil que la f. blanca.

- **Nodulares**, una fundición gris con magnesio o níquel para formar nódulos de grafito, con propiedades parecidas a las f. maleables pero con mayor resistencia mecánica. Propiedades casi similares a los aceros pero un 60% más barato.

2.12. TRATAMIENTOS DE LOS METALES

El objeto de estos tratamientos es mejorar las propiedades mecánicas de los metales bien mejorando su dureza y resistencia mecánica o bien aumentando su plasticidad para facilitar su conformado.

Estos tratamientos no deben alterar de forma notable la composición química de un metal.

Se pueden distinguir cuatro clases diferentes de tratamientos:

- **TRATAMIENTOS TÉRMICOS:** con este tipo de tratamiento, los metales son sometidos a procesos térmicos en los que no se varía su composición química, aunque sí su estructura interna y, por tanto, sus propiedades.
 - **Temple** consiste en calentarlos hasta una temperatura elevada, superior a la de austenización, seguido de un enfriamiento lo suficientemente rápido para obtener una estructura martensítica. De esta manera se obtiene un material **muy duro y resistente mecánicamente**.
 - **Revenido:** es un tratamiento complementario al temple, con el que se pretende eliminar tensiones internas producidas durante el temple; **mejora la tenacidad, aunque se reduce la durabilidad**.

dureza. Consiste en un calentamiento de las piezas previamente templadas a una temperatura inferior a la de austenización, para lograr que la martensita se transforme en una estructura más estable. El proceso termina con un enfriamiento relativamente rápido. En un acero al carbono bien templado o revenido, el valor del límite elástico suele llegar a ser un 75% de la carga de rotura (se ablanda el acero).

- **Normalizado:** con este tratamiento los aceros obtienen sus propiedades normales. Se someten a este tratamiento piezas que han sufrido deformaciones en caliente, en frío o bien que han tenido enfriamientos irregulares o sobrecalentamientos. También nos sirve para eliminar un tratamiento térmico previo. Con el normalizado **se reducen tensiones internas** provocadas por las causas anteriores, así como una unificación del tamaño de grano. Consiste en un **calentamiento del acero, 50 grados por encima de la temperatura de austenización, seguido de un enfriamiento al aire.** La velocidad de enfriamiento no puede ser elevada evitando la formación de martensita y confiriendo al acero una estructura perlítica y ferrita o cementita de grano fino.
- **Recocido:** consiste en calentar el material hasta una temperatura determinada y mantenerlo a dicha temperatura durante un tiempo previsto y posteriormente **enfriarlo lentamente.** Los objetivos que se persiguen son: eliminar tensiones del temple, **aumentar la plasticidad, ductilidad y tenacidad**
- **TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS:** los metales son sometidos a enfriamientos y calentamientos, a la vez que se modifica la composición de su capa externa. Normalmente mejoran la resistencia al desgaste, a la fatiga y a la corrosión.
 - **Cementación:** Consiste en añadir carbono a la superficie del metal, con objeto de aumentar su dureza superficial.
 - **Nitruración:** Con este tratamiento se consiguen endurecimientos superficiales extraordinarios de los aceros.
 - **Cianuración:** Es un tratamiento intermedio de los dos anteriores en el que se produce el endurecimiento de la superficie de la pieza sometiéndola a una atmósfera mezcla de carbono y nitrógeno.
 - **Sulfurización:** Consiste en producir una pequeña capa superficial de azufre, nitrógeno y carbono; de esta manera se consigue favorecer la resistencia al desgaste, favorecer la lubricación y evitar el agarrotamiento. Las piezas sometidas a este tratamiento pueden aumentar su dureza cinco veces.
- **TRATAMIENTOS MECÁNICOS:** tienen por objeto mejorar las características de los metales por medio de deformación mecánica, pudiendo realizarse en caliente o en frío.
- **TRATAMIENTOS SUPERFICIALES:** Mediante estos tratamientos se modifica la superficie de los metales sin variar su composición química básica. En estos tratamientos no es necesario la aplicación de calor. Los tratamientos superficiales más conocidos son el cromado y la metalización. La metalización consiste en pulverizar metal fundido sobre otro, con lo cual, la pieza tratada adquiere las propiedades del primero en su superficie.

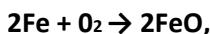
2.13. PROTECCION CONTRA LA CORROSION

La interacción entre un material y el ambiente provoca en muchos casos la pérdida o deterioro de las propiedades físicas del material. Estos procesos de deterioro son diferentes según se trate de materiales metálicos, polímeros o cerámicos. El proceso de deterioro que se produce en los metales recibe el nombre de **oxidación y corrosión.**

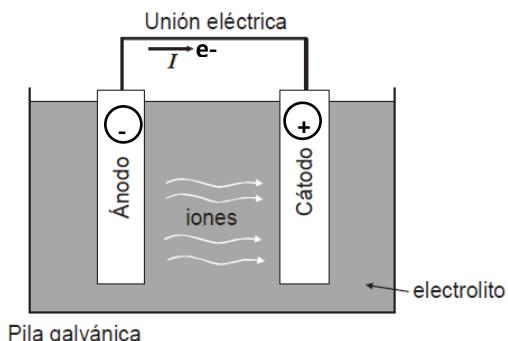
En los **procesos de oxidación**, los metales pasan de un estado electrostáticamente neutro a formar cationes (iones positivos) por pérdida de electrones.



En el proceso de degradación de los metales, la **oxidación directa** resulta de la combinación de los átomos metálicos con los de la sustancia agresiva, por ejemplo



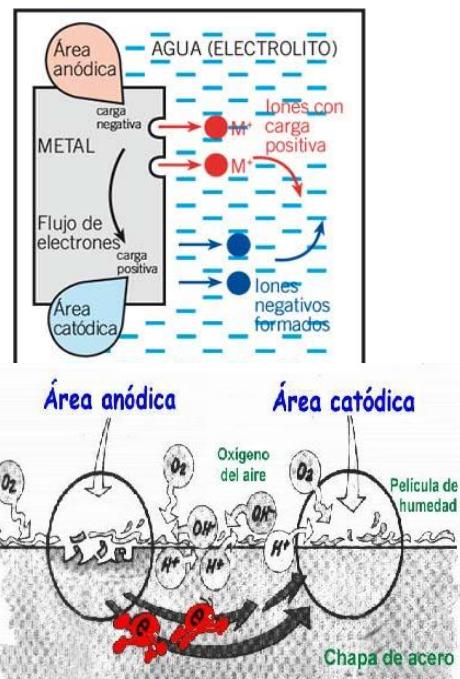
y la **corrosión electroquímica** se caracteriza por la formación de pilas galvánicas en las que el metal actúa como **ángodo (polo negativo: se oxida, pierde electrones)** y por lo tanto se disuelve. Este tipo de corrosión exige la presencia de medios electrolíticos, uniones eléctricas y la presencia de un **cátodo (reducción: ganancia de electrones)**.



Pilas galvánicas

Tenemos dos metales diferentes inmersos en un electrolito y unidos eléctricamente, haciendo que uno de ellos funcione como ángodo y el otro como cátodo.

El ángodo cede electrones al cátodo, por lo tanto algunos átomos del ángodo se ionizan con carga positiva disminuyendo de tamaño. Si este ion se encuentra en la superficie del ángodo podrá abandonarlo y dirigirse, a través del electrolito, hacia el cátodo que se encuentra cargado negativamente gracias a los electrones que le cedió el ángodo. De esta manera el ángodo reduce su tamaño mientras que el cátodo puede aumentar o quedarse igual, ya que el ion al juntarse con el electrón puede depositarse sobre el cátodo, unirse a otros átomos procedentes del ángodo y precipitar al fondo de la pila o combinarse con elementos del electrolito formando un gas que saldría de la pila.



Medidas de protección contra la corrosión

Los principales medios de protección son:

- Impedir la formación de pilas galvánicas, utilizando aislantes eléctricos.
- Tratar siempre que el área del ángodo sea mayor que la del cátodo.
- Diseñar recipientes para contener líquidos cerrados y procurar que no se acumule líquido estancado.
- Evitar hendiduras o grietas entre los materiales armados o unidos.

Medios de protección

Todos los medios de protección van destinados a evitar alguna de las causas que provocan la oxidación y corrosión. Entre las más utilizadas destacamos:

a) Recubrimientos

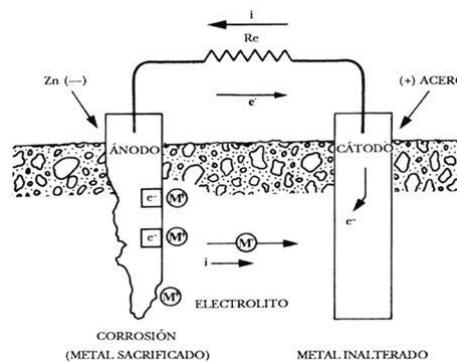
Se utilizan para aislar las regiones del cátodo y del ángodo. Estos aislantes pueden ser de diferente tipo con una acción más o menos prolongada en el tiempo. Los aislantes a corto plazo son las grasas o aceites que se eliminan con facilidad. Los de medio plazo son las pinturas o recubrimientos cerámicos. Los de largo plazo consisten en recubrir metales con un alto grado de corrosión con otros que tengan un grado de corrosión menor, por ejemplo el **acero galvanizado** que consiste en depositar Zn o Sn sobre la superficie del acero.

b) Protección catódica

Consiste en forzar al metal a comportarse como un cátodo suministrándole electrones. Para ello utilizamos un ángodo de sacrificio, el cual se corroerá, ya que aporta electrones al metal a proteger. Los materiales del **ángodo de sacrificio son el cinc o el magnesio**.

c) Inhibidores

Consiste en interrumpir o reducir el paso de iones desde el ángodo al cátodo; para ello, añadimos al electrolito productos químicos que se depositan en la superficie del ángodo o cátodo impidiendo o



reduciendo la salida o llegada de los iones, produciendo una polarización por concentración o resistencia. Por ejemplo, las **sales de cromo** realizan esta función en los radiadores de los coches

d) Protección por selección de materiales

Es conocido que no todos los metales tienen el mismo comportamiento frente a la corrosión y que hay ciertos metales como el **cromo, níquel, platino, oro, plata, wolfranio**, etc. que son **muy resistentes a la corrosión** atmosférica y a la acción de muchos ácidos. No obstante, el empleo de estos metales en estado puro está limitado por sus propias cualidades mecánicas y precio. Se pueden conseguir **aleaciones inoxidables si introducimos pequeñas cantidades de estos metales**.

e) Pasivadores (protección anódica)

Se dice que un metal tiene pasividad natural cuando al oxidarse se forma una fina capa de óxido que impide la corrosión del mismo, como ocurre con el aluminio, el cobre, etc. Este mismo efecto puede conseguirse de forma artificial en ciertos metales sumergiéndolos en algunos ácidos, por ejemplo si bañamos un acero en **ácido nítrico concentrado**, este quedara protegido frente al ataque de ácido nítrico de baja concentración. No obstante, la aplicación más común de los pasivadores se hace en forma de **impregnación** como ocurre con el **minio** (Pb_3O_4) o el **cromato de zinc** ($ZnCrO_4$).

2.14. Aplicaciones de los aceros

El acero en sus distintas clases está presente de forma abrumadora en nuestra vida cotidiana en forma de herramientas, utensilios, equipos mecánicos y formando parte de electrodomésticos y maquinaria en general, así como en las estructuras de las viviendas que habitamos y en la gran mayoría de los edificios modernos. En este contexto existe la versión moderna de perfiles de acero denominada Metalcón.

Los fabricantes de medios de transporte de mercancías (camiones) y los de maquinaria agrícola son grandes consumidores de acero.

También son grandes consumidores de acero las actividades constructoras de índole ferroviario desde la construcción de infraestructuras viarias, así como la fabricación de todo tipo de material rodante.

Otro tanto cabe decir de la industria fabricante de armamento, especialmente la dedicada a construir armamento pesado, vehículos blindados y acorazados.

También consumen mucho acero los grandes astilleros constructores de barcos especialmente petroleros, y gasistas u otros buques cisternas.

Como consumidores destacados de acero cabe citar a los fabricantes de automóviles porque muchos de sus componentes significativos son de acero.

A modo de ejemplo cabe citar los siguientes componentes del automóvil que son de acero:

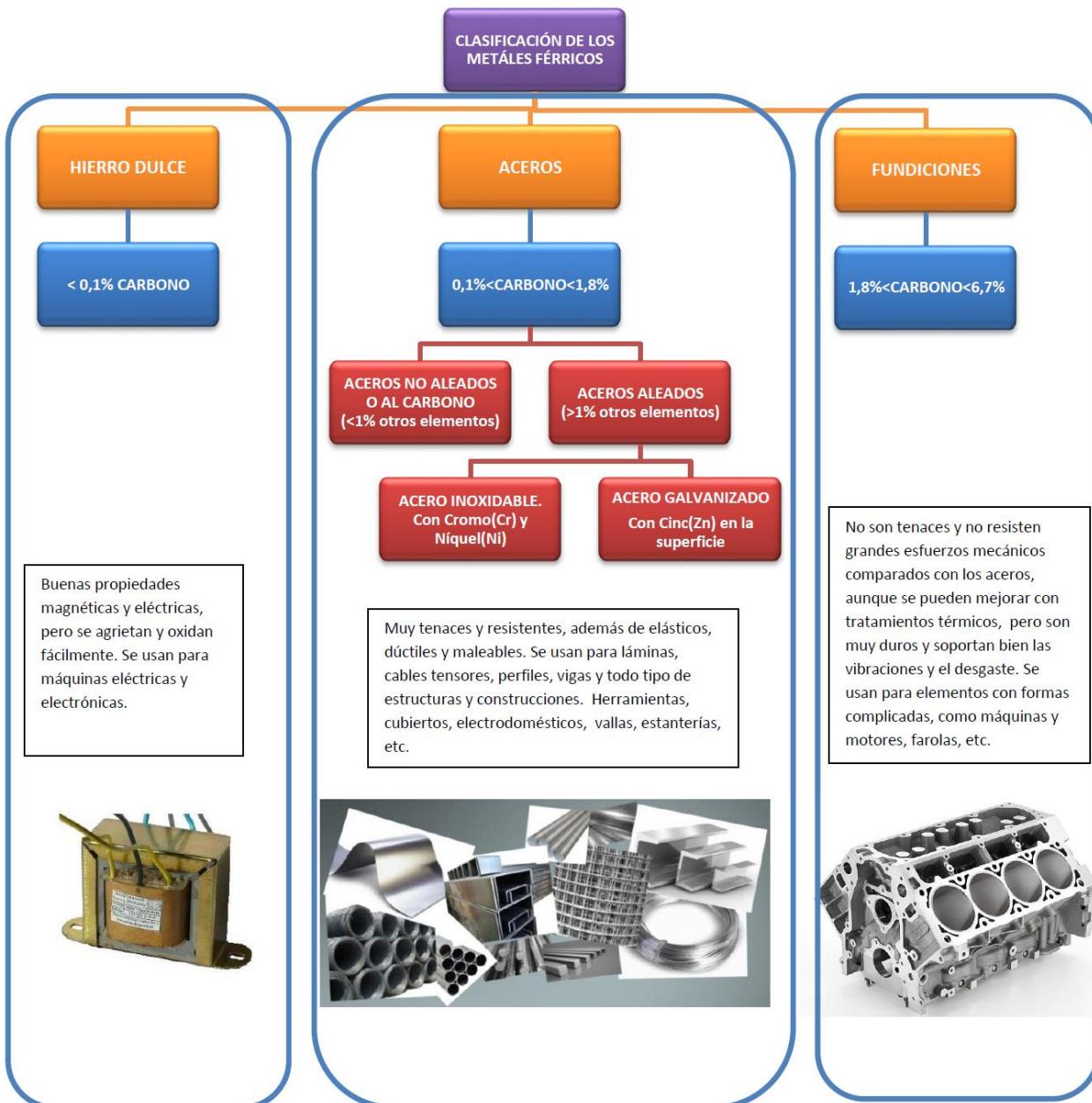
- Son de acero forjado entre otros componentes: cigüeñal, bielas, piñones, ejes de transmisión de caja de velocidades y brazos de articulación de la dirección.
- De chapa de estampación son las puertas y demás componentes de la carrocería.
- De acero laminado son los perfiles que conforman el bastidor.
- Son de acero todos los muelles que incorporan como, por ejemplo; muelles de válvulas, de asientos, de prensa embrague, de amortiguadores, etc.
- De acero de gran calidad son todos los rodamientos que montan los automóviles.
- De chapa troquelada son las llantas de las ruedas, excepto las de alta gama que son de aleaciones de aluminio.
- De acero son todos los tornillos y tuercas.

Cabe destacar que cuando el automóvil pasa a desguace por su antigüedad y deterioro se separan todas las piezas de acero, son convertidas en chatarra y son reciclados de nuevo en acero mediante hornos eléctricos y trenes de laminación o piezas de fundición de hierro.

2.15. Aplicaciones de las Fundiciones

Bloques de motores, tambores de freno, bancadas para máquinas y equipos. Válvulas, cuerpos de bombas, cigüeñales y otros componentes de automóvil y maquinaria. Cilindros de trenes de laminación, bolas de molinos, mandíbulas para trituradoras de mineral. Tubos de dirección, engranajes de transmisión, cajas de diferencial,...

2.16. Esquema simplificado de clasificación y propiedades de materiales férricos



3. METALES NO FÉRRICOS

3.1. Introducción

Aunque los metales ferrosos son los más utilizados, el resto de los metales (los no ferrosos) son cada día más imprescindibles.

•Clasificación

Se pueden clasificar en **cuatro** grupos

- a. Metales **pesados**: Son aquellos cuya densidad es igual o mayor a 5 gr/cm³. Se encuentran en este grupo el cobre, el estaño, el plomo, el cinc, el níquel, el cromo y el cobalto.
- b. Metales **ligeros**: Tienen una densidad comprendida entre 2 y 5 gr/cm³. Los más utilizados son el aluminio y el titanio.
- c. Metales **ultraligeros**: Su densidad es menor a 2 gr/cm³. Se encuentran en este grupo el berilio y el magnesio, aunque el primero de ellos raramente se encuentra en estado puro, sino como elemento de aleación.
- d. Metales **nobles**: densidad alta. Este grupo, por su densidad, debería pertenecer a los metales pesados pero por su relevancia histórica siempre se han estudiado por separado. Son el oro, la plata y el platino.

Todos estos metales no ferrosos, en estado puro, son blandos y poseen una resistencia mecánica bastante reducida. Para mejorar sus propiedades, los metales puros suelen alejarse con otros.

3.2. COBRE

Las propiedades de este metal son:

- Es uno de los metales no ferrosos de mayor utilización.
- Tiene un color rojo-pardo.
- Su conductividad eléctrica es elevada (solo superada por la plata).
- Su punto de fusión es de 1083°C.
- Su conductividad térmica también es elevada.
- Es un metal bastante pesado, su densidad es 8'9gr/cm³.
- Resiste muy bien la corrosión y la oxidación.
- Es muy dúctil y maleable.

•Obtención del cobre

Los minerales más utilizados para obtener cobre son sulfuros de cobre, especialmente la **calcopirita**. También existen minerales de óxido de cobre, destacando la **malaquita** y la **cuprita**.

Los minerales de cobre suelen ir acompañados también de hierro.

Existen dos métodos de obtención del cobre:

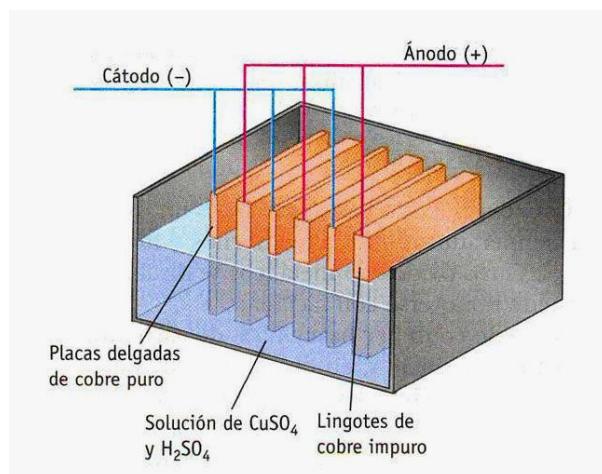
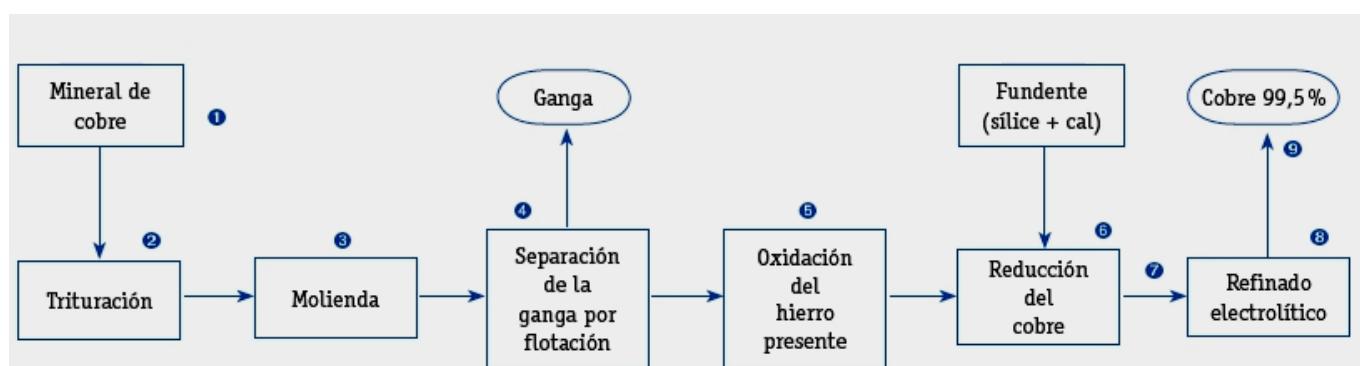
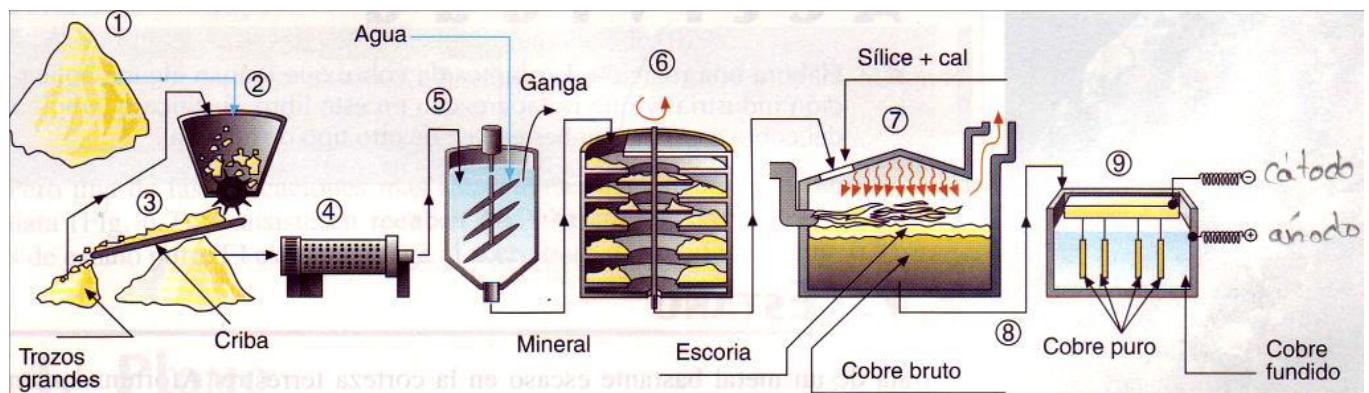
- La vía **húmeda**
- La vía **seca**

A. Vía **húmeda**: Se emplea solamente cuando el contenido de cobre en el mineral es muy reducido (menos de un 10%). Consiste en triturar todo el mineral y añadirle **ácido sulfúrico** y aplicar a la mezcla el proceso de **electrólisis** (es decir, aplicar una corriente continua introduciendo dos electrodos en la mezcla).

B. Vía **seca**: Se emplea solamente cuando el contenido de cobre supera el 10%. Consta de las siguientes fases.

1. Se **tritura** el mineral, se **criba** y se **muele** hasta reducirlo a **polvo**.
2. Se introduce en un recipiente con **agua** abundante, donde se agita para eliminar la ganga que flota.

3. La mena que quede se lleva a un **horno de pisos** donde se oxida para eliminar el hierro presente. De este modo se separa el cobre del hierro.
4. A continuación se introduce el mineral de cobre en un **horno donde se funde**. Luego se añade **sílice** y **cal** que reaccionan con el azufre y restos de hierro, formando la **escoria** que flota y se elimina. El cobre líquido que se encuentra debajo se denomina **cobre bruto**, cuya pureza es del 40%.
5. Por último, para obtener un cobre de alta pureza se somete el líquido a un proceso **electrólítico**. El cobre tendrá una pureza del 99,9%.



• Aleaciones del cobre

· Latones:

- Cu con Zn
- Menos resistente que el Cu
- Soporta mejor el agua y el vapor
- Uso en casquillos de ajuste de piezas mecánicas
- Se añade Cu (moldeabilidad), Sn y Al (resistencia a la corrosión marina) o Pb (capacidad de mecanizado) para mejorar las propiedades.

· Latones binarios cobre-cinc.

Los Latones Binarios tienen características muy específicas y sus aplicaciones están relacionadas con el porcentaje de zinc que contenga la aleación. Usos:

- Bisutería de fantasía.
- Discos para monedas e insignias.
- Quincallería.
- Fundas de balas.
- Aplicaciones industriales.
- Instrumentos musicales.
- Telas metálicas.
- Radiadores de automóviles.
- Accesorios de fontanería sanitaria.
- Arquitectura.

· Latones con plomo.

Desde el punto de vista de la maquinabilidad, los latones con plomo están a la cabeza de todas las demás aleaciones.

- Piezas roscadas para electrotecnia
- Engranajes
- Conexiones machos y hembras
- Piezas para circuitos eléctricos e instrumentos de precisión
- Relojería
- Válvulas para bicicletas
- Tornos automáticos de gran velocidad
- Accesorios para carpintería
- Piezas para automóviles
- Elementos mecánicos diversos
- Accesorios decorativos
- Marcos de puertas, ventanas y vitrinas
- Rieles para cortinas

· Latones especiales.

Los Latones Especiales se obtienen añadiendo uno o más elementos a los latones simples con el fin de mejorar las características de estos.

Los elementos utilizados industrialmente, además del plomo, son el estaño, aluminio, manganeso, hierro, níquel, silicio y, en pequeñas proporciones, arsénico. Estos elementos se agregan para mejorar las propiedades mecánicas y aumentar la resistencia a ciertas formas de corrosión. Entre los Latones Especiales existe una gran variedad, pero los más importantes son los siguientes:

Latón con Aluminio, Latón Almirantazgo, Latón Naval, Latones de Alta Resistencia.

La Hélice naval de latón de alta resistencia, es una aplicación de Latón Especial.

Por sus características, los Latones Especiales son utilizados en la fabricación de:

- Tubos de Condensadores
- Tubos de Evaporadores y de Cambiadores de Calor
- Quincallería naval
- Engranajes
- Tuberías para aire comprimido e hidráulica
- Perfiles arquitectónicos

• Bronces:

- Cu con Sn (o cualquier otro metal menos el Zn). La aleación básica de bronce contiene aproximadamente el 88 % de cobre y el 12 % de estaño.
- Alta resistencia mecánica
- Elevada resistencia a la corrosión
- La aleación alfa de bronce con un 4 a 5 % de estaño se utiliza para acuñar monedas y para fabricar resortes, turbinas, y herramientas de corte.

• Bronce de aluminio (cuproaluminio):

- 90% Cu – 10% Al.
- Mayor dureza y resistencia a la oxidación y corrosión.
- Uso en industria para equipos expuestos a líquidos corrosivos.

• Bronce para armas de fuego

- A partir del descubrimiento de la pólvora se utilizó un bronce para cañones compuesto por un 90 a 91 % de cobre y un 9 a 10 % de estaño, proporción que se denomina comúnmente "*bronze ordinario*". Estas armas eran conocidas en China en épocas tan tempranas como el siglo XI a. C., y en Europa se utilizaron a partir del siglo XIII tanto para cañones como en falconetes.

Para el siglo XV la artillería del Imperio otomano contaba con grandes bombardas de bronce.

• Bronce para campanas

- La fundición para campanas es generalmente frágil. La mayor proporción de cobre produce tonos más graves y profundos a igualdad de masa, mientras que el agregado de estaño, hierro o zinc produce tonos más agudos. Para obtener una estructura más cristalina y producir variantes en la sonoridad, los fundidores han utilizado también otros metales como antimonio o bismuto en pequeñas cantidades. La aleación con mayor sonoridad para fabricar campanas es el denominado metal de campana, que consta de 78 % de cobre y de 22 % de estaño. Es relativamente fácil para fundir.

• Alpaca:

La alpaca es una aleación de cobre, níquel, cinc y estaño.

Debido a que las alpacas presentan una maquinabilidad relativamente baja, es necesario mejorar esta propiedad agregando plomo.

Las alpacas con plomo pueden ser moldeadas. Sin embargo, se encuentran más frecuentemente, en forma de productos forjados, tales como chapas o barras que se prestan bien al maquinado, como asimismo llaves y bulones. Sus aplicaciones son variadas, pero se destacaron algunas áreas como las Telecomunicaciones, Arquitectura, Decoración, etc.

•Conformado de las aleaciones de cobre:

Fabricación: Se obtienen en el estado de recocido y pueden soportar gran cantidad de trabajo en frío y se les puede dar la forma deseada por embutido profundo, rebordeado, rechazado, doblado y operaciones similares. El latón endurecido por trabajo en frío se ablanda a aproximadamente 593°C. Soldadura, generalmente por el método oxiacetilénico, con un suministro suficiente de calor para vencer su alta conductividad térmica. Puede soldarse por arco eléctrico, con la aplicación de la soldadura por arco metálico protegido y por arco metálico o de tungsteno con protección gaseosa. Todas las aleaciones de cobre, excepto las que tienen aluminio, pueden soldarse con soldadura blanda o de plata.

Maquinado, se realiza con facilidad con los métodos usuales y las herramientas estándar destinadas para el acero, pero con velocidades más altas. Para fines de maquinado, las aleaciones de cobre pueden dividirse en tres grupos:

-Grupo A: de estructura homogénea que son tenaces y dúctiles y forman una viruta larga y continua.

-Grupo B: exentas de plomo de estructura duplex, forman una viruta larga pero frágil.

-Grupo C: con adición de 0.5 a 3.0% de plomo.

Las aleaciones de cobre son altamente resistentes al ataque atmosférico y al agrietamiento.

Resistencia a la corrosión

Todas las aleaciones de cobre son altamente resistentes al ataque atmosférico, pero para la exposición a la intemperie son preferibles las que contienen mas de 80% de cobre (o el cobre mismo) a causa de su resistencia al agrietamiento por esfuerzos introducidos en la elaboración.

Son aleaciones con alto contenido de cobre:

a) Cobre–Cadmio y Cobre–Cadmio–Estaño.

b) Cobre–Cromo.

c) Cobre–Berilio y Cobre–Berilio–Cobalto.

d) Cobre–Níquel–Silicio.

e) Cobre–Silicio– Manganoso

Cobre–cadmio–estaño

Líneas telefónicas

Conductores de líneas de ferrocarriles eléctricos.

La aleación cobre–cadmio proporciona la conducción eléctrica, resistencia a la abrasión necesarias para el transporte de alta velocidad.

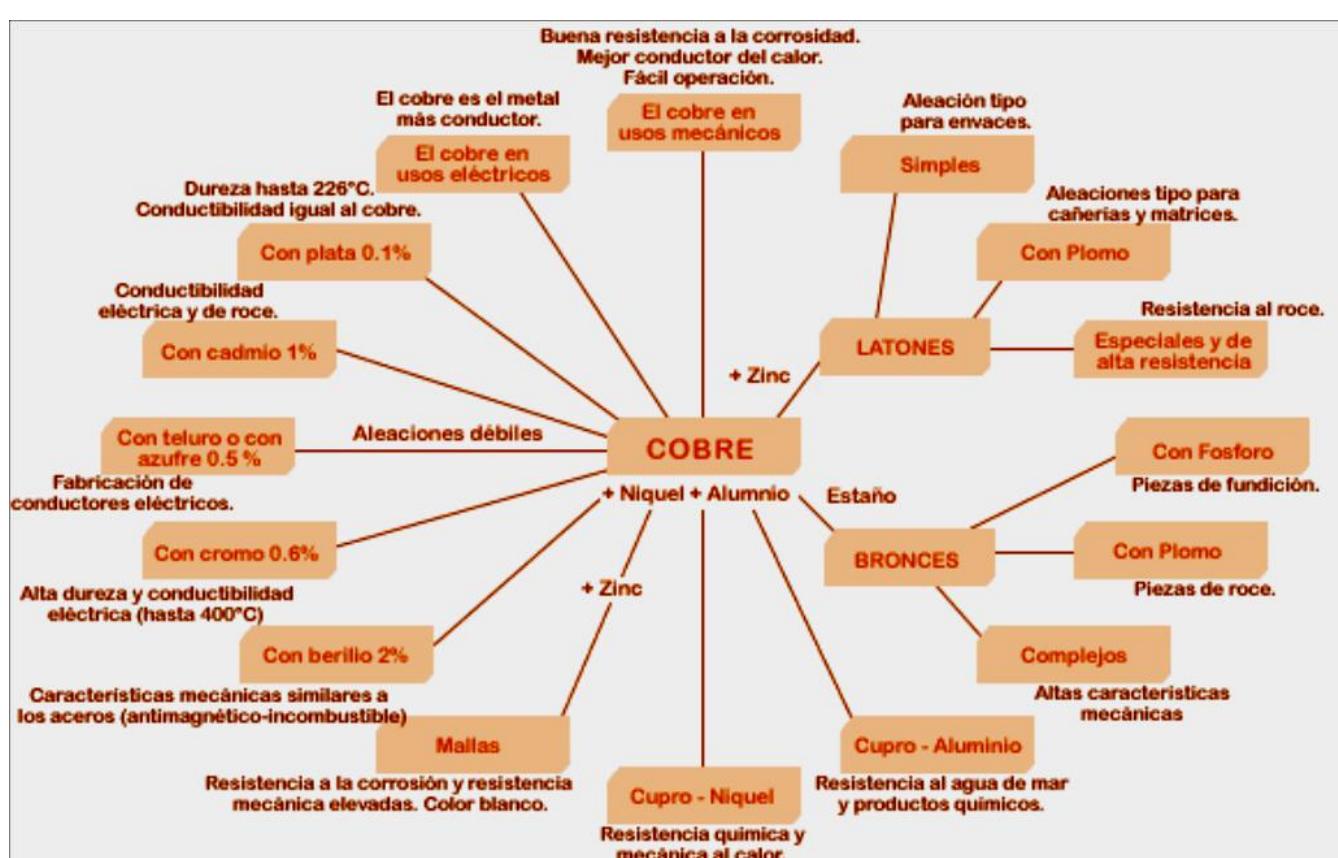
Cobre-bronce-alpaca;

Moneda.

Cobre–berilio–cobalto

Herramientas de cuproberilio para trabajos en presencia de materiales explosivos.

Matrices para plásticos



Aleación	Tipos/composición	Algunas aplicaciones
Bronce (aleación de cobre y estaño)	Ordinario. Sólo lleva cobre y estaño (del 5 al 30 %).	Campanas y engranajes.
	Especial. Lleva cobre, estaño y otros elementos químicos.	Esculturas y cables eléctricos.
Latón (aleación de cobre y cinc)	Ordinario. Sólo lleva cobre y cinc (del 30 al 55 %).	Tornillería.
	Especial. Lleva cobre, cinc y otros elementos químicos.	Grifos, tuercas y tornillos.
Cuproaluminio	Aleación de cobre y aluminio.	Hélices de barco, turbinas, etcétera.
Alpaca	Aleación de cobre, níquel y cinc. Tiene un color plateado.	Joyería barata, cubiertos, etcétera.
Cuproníquel	Aleación de cobre y níquel (del 40 al 50 %).	Monedas y contactos eléctricos.

•Aplicaciones del cobre

Su principal aplicación es como conductor eléctrico. Pues su ductilidad le permite transformarlo en cables de cualquier diámetro.

Por su alta resistencia a la oxidación se emplea en instalaciones de fontanería, tuberías y calderas.

3.3. ALUMINIO

Las propiedades de este metal son:

- Es un metal muy ligero (2,7 gr/cm³) y muy resistente a la oxidación.
- Es un buen conductor eléctrico y del calor.
- Es muy dúctil y maleable.
- Su punto de fusión es de 660°C.
- Es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre.
- Resistencia a la corrosión y la oxidación.

•Obtención del aluminio

No se encuentra en la naturaleza en estado puro. El proceso para la producción de aluminio se realiza extrayendo del mineral, la bauxita, mediante purificación, la *alúmina* y, en una segunda fase, mediante electrolisis se obtiene el metal.

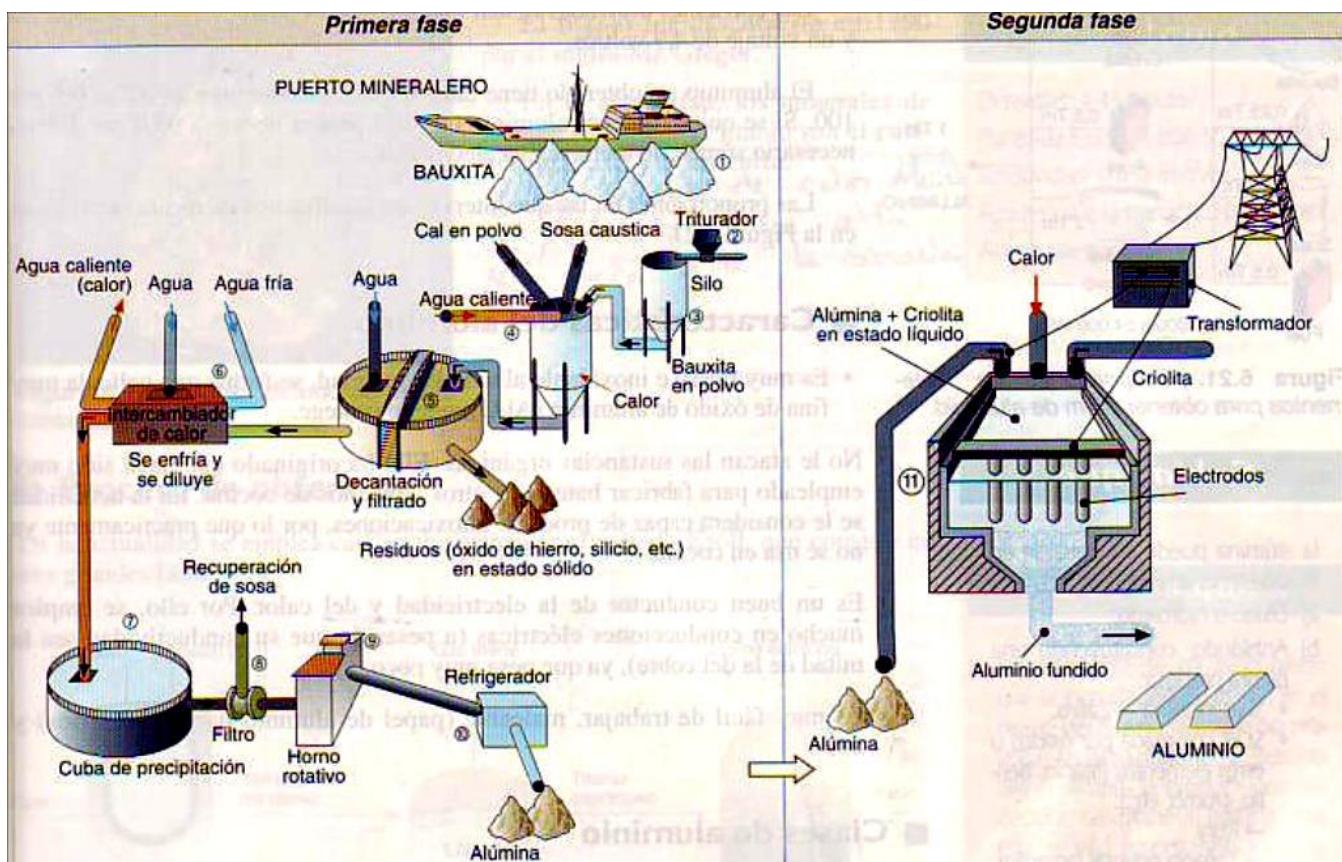
El mineral del que se extrae el aluminio es la bauxita. El método de extracción tiene dos fases:

Se emplea un método llamado de Bayer y después se combina con la electrólisis:

1. Se tritura y muele el mineral hasta reducirlo a polvo
2. Se mezcla el polvo con sosa caustica, cal y agua caliente.
3. La sosa disuelve la bauxita, separándose los residuos en el decantador.
4. El material útil se llama alúmina, al cual debe eliminarse toda el agua que posea y refrigerarse.

Hasta aquí el método Bayer.

5. Para obtener el aluminio, se disuelve la alúmina en una sustancia llamada criolita a una temperatura de 1000 °C y se somete a un proceso de electrólisis que descompone el material en aluminio.



• Aleaciones del aluminio

El aluminio suele alearse con otros metales para mejorar sus propiedades mecánicas.

- Con **cobre**: Es el **duraluminio**. Es un aluminio de alta dureza y buena maquinabilidad, además de ser ligero
- Con **Cinc**: Es un aluminio duro y **resistente a la corrosión**.
- *Estudio de la aleación intermetálica aluminio-níquel*; la aleación intermetálica de aluminio y níquel (Ni₃Al) ofrece también perspectivas de operación a altas temperaturas y con buen rendimiento termodinámico.
- *Aleaciones de aluminio para fundición*; las aleaciones de aluminio son fundidas principalmente por tres procesos: fundición de arena, molde permanente y fundición en coquilla.
- **Fundición de arena** Es el más sencillo y versátil de los procesos de fundición del aluminio. Es normalmente elegido para la producción de:
 - Cantidades pequeñas de piezas fundidas idénticas.
 - Piezas fundidas complejas con núcleos complicados.
 - Grandes piezas fundidas.
 - Piezas fundidas para la construcción.

La mayor parte de estas aleaciones están basadas en sistemas de aluminio-cobre o aluminio-silicio, con adiciones para mejorar las características de fundición o de servicio. Entre las aleaciones aluminio-cobre, la que contiene 8% de cobre ha sido usada por mucho tiempo como la aleación para fines generales, aunque las adiciones de silicio y hierro, mejoran las características de la fundición por que la hacen menos quebradiza en caliente; la adición de zinc, mejora su maquinabilidad.

Las aleaciones con 12% de cobre son ligeramente más resistentes que las de 8%, pero considerablemente menos tenaces.

Las aleaciones de aluminio-silicio son de gran aplicación por sus excelentes cualidades para la fundición y su resistencia a la corrosión; no son quebradizas en caliente y es fácil obtener con ellas fundiciones sólidas en secciones gruesas o delgadas, la más comúnmente utilizada es la que contiene 5% de silicio, se solidifica normalmente con una gruesa estructura hipereutéctica que se modifica antes de fundirse por la adición de

una pequeña cantidad de sodio para darle una estructura fina eutéctica de mayor resistencia mecánica y tenacidad, el contenido de hierro debe ser bajo para evitar la fragilidad.

Las aleaciones de aluminio-magnesio son superiores a casi todas las otras aleaciones de fundición de aluminio en cuanto a resistencia, corrosión y maquinabilidad; además de excelentes condiciones de resistencia mecánica y ductilidad.

- **Fundición con molde permanente.** Se vierte el metal fundido en un molde metálico permanente bajo gravedad y bajo presión centrífuga solamente. Las piezas fundidas así tienen una estructura de grano más fino, y son más resistentes que las piezas fundidas con moldes de arena, debido a que la velocidad de enfriamiento es más rápida. Además, las piezas fundidas en molde permanente poseen generalmente menores contracciones y porosidad que las piezas fundidas en arena. Sin embargo, los moldes permanentes tienen limitaciones de tamaño, y para piezas complejas puede resultar difícil o imposible.

	Aleación	Características/aplicaciones
En forma de piezas	<i>Latones (Cobre y cinc)</i>	Por ser más barato el cinc que el estaño, en muchas aplicaciones el latón está sustituyendo al bronce.
	<i>Plata alemana o alpaca (Cu + Ni + Zn)</i>	Utilizada antiguamente en cubertería. En la actualidad se utiliza en joyería barata y fabricación de estuches.
	<i>Zamak (Al + Cu + Zn)</i>	Se emplea para la obtención de piezas de gran precisión y de gran calidad superficial, con lo que no necesitan mecanizado.
En estado puro	En forma de chapas de diferentes espesores	Recubrimiento de tejados. Canalones y cornisas, así como tubos de bajada de agua y depósitos. Recubrimiento de pilas (Fig. 10.11).
Recubrimiento de piezas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Galvanizado electrolítico:</i> consiste en recubrir, mediante electrólisis, un metal con una capa muy fina de cinc (unas 15 milésimas de milímetro). • <i>Galvanizado en caliente:</i> la pieza se introduce en un baño de cinc fundido. Una vez enfriada, el cinc queda adherido y la pieza protegida. • <i>Metalizado:</i> se proyectan partículas diminutas de cinc, mezcladas con pintura, sobre la superficie a proteger. • <i>Sherardización:</i> consiste en recubrir con polvo de cinc una pieza de acero e introducirla en un horno. Por el calor, el cinc penetra en el acero. 	
Otras formas	<i>Óxidos de cinc</i>	Bronceadores, desodorantes, etcétera. Colorantes, pegamentos, conservantes, etcétera.

Puede alearse también: Aluminio – Manganeso, Aluminio – Magnesio, Aluminio – Magnesio y Silicio, Aluminio – Zinc, etc.

•Aplicaciones

El aluminio puro es blando y frágil, pero sus aleaciones con pequeñas cantidades de cobre, manganeso, silicio, magnesio y otros elementos presentan una gran variedad de características adecuadas a las más diversas aplicaciones. Estas aleaciones constituyen el componente principal de multitud de componentes de los aviones y cohetes, en los que el peso es un factor crítico.

Cuando se evapora aluminio en el vacío, forma un revestimiento que refleja tanto la luz visible como la infrarroja; además la capa de óxido que se forma impide el deterioro del revestimiento, por esta razón se ha empleado para revestir los espejos de telescopios, en sustitución de la plata.

Dada su gran reactividad química, finamente pulverizado se usa como combustible sólido de cohetes y para aumentar la potencia de explosión, como ánodo de sacrificio y en procesos de aluminotermia (termita) para la obtención de metales.

- Transporte, como material estructural en aviones, automóviles, tanques, superestructuras de buques, blindajes, etc.
- Estructuras portantes de aluminio en edificios
- Embalaje, papel de aluminio, latas, tetrabrik, etc.
- Construcción; ventanas, puertas, perfiles estructurales, carpintería del aluminio en general, etc.
- Bienes de uso; utensilios de cocina, herramientas, etc.

- Transmisión eléctrica. Aunque su conductividad eléctrica es tan sólo el 60% de la del cobre, su mayor ligereza disminuye el peso de los conductores y permite una mayor separación de las torres de alta tensión, disminuyendo los costes de la infraestructura.
- Recipientes criogénicos (hasta -200 °C, ya que no presenta temperatura de transición (dúctil a frágil) como el acero, así la tenacidad del material es mejor a bajas temperaturas, calderería).
- Las sales de aluminio de los ácidos grasos (p. ej. el estearato de aluminio) forman parte de la formulación del NAPALM.
- Los hidruros complejos de aluminio son reductores valiosos en síntesis orgánica.
- Los haluros de aluminio tienen características de ácido Lewis y son utilizados como tales como catalizadores o reactivos auxiliares.
- Los aluminosilicatos son una clase importante de minerales. Forman parte de las arcillas y son la base de muchas cerámicas.
- Aditivos de óxido de aluminio o aluminosilicatos a vidrios varían las características térmicas, mecánicas y ópticas de los vidrios.
- El corundo (Al_2O_3) es utilizado como abrasivo. Unas variantes (rubí, zafiro) se utilizan en la joyería como piedras preciosas.

3.4. NÍQUEL

El níquel es un metal de color blanco brillante, medianamente duro, tenaz, dúctil y maleable. Junto con el hierro y el cobalto, forma el grupo de materiales ferromagnéticos.

Es muy resistente a la corrosión y a la oxidación, tanto de los agentes atmosféricos, como de los ácidos y las sustancias alcalinas.

El níquel es un metal de transición de color blanco plateado, conductor de la electricidad y del calor, se puede laminar, pulir y forjar fácilmente, y presenta ferromagnetismo a temperatura ambiente. Se encuentra en distintos minerales, en meteoritos (aleado con hierro) y hay níquel en el interior de la Tierra.

Su punto de fusión es de 1455 °C, su densidad de 8'9 g/cm³.

•Proceso de obtención

Para obtener níquel metálico se sigue un proceso similar al del cobre: primero se tritura y muele el mineral y se separan los sulfuros por flotación; después, se tuesta la mezcla hasta obtener la mata de óxido de níquel; posteriormente, se reduce éste con carbono y , finalmente, se afina el metal por métodos electrolíticos, utilizando ánodos de níquel impuro y cátodos formados por láminas de níquel puro.(La ventaja de extraer o refinar metales por procesos electrolíticos es que el metal depositado es de gran pureza).

•Aleaciones

Entre las de alto porcentaje en níquel, en las que este llega a alcanzar hasta el 80 %, destacan la aleación con hierro, al que confiere gran resistencia a la corrosión y mejora sus propiedades magnéticas; el **nicrom** que es una aleación de **níquel y cromo**, utilizado para fabricar **resistencias eléctricas** por su resistividad; el invar., empleado en relojería por su coeficiente de dilatación prácticamente nulo.

Monel es el nombre que se asigna a las aleaciones comerciales con razones **níquel-cobre**. El monel es más duro que el cobre y **extremadamente resistente a la corrosión** y posee una elevada resistencia al impacto. Las aleaciones del monel resisten a la corrosión en un mayor rango de ambientes. Posee mayor resistencia que el níquel al ácido sulfúrico, salmuera y agua.

El **álnico** o alnico es una aleación formada principalmente de **cobalto, aluminio y níquel**, aunque también puede contener hierro-cobre y en ocasiones titanio. Su uso principal es en **aplicaciones magnéticas**.

En las de bajo contenido en níquel, su porcentaje de presencia no supera el 15%. Suele alejarse con hierro y acero para mejorar para mejorar las características mecánicas de éstos y facilitar los tratamientos de templado.

Los materiales que se obtienen resultan muy resistentes a la acción de los agentes atmosféricos y de los agresivos químicos, por lo que suelen emplearse para fabricar utensilios de cocina, material quirúrgico y de laboratorio, y acumuladores de energía eléctrica. Las monedas de níquel en uso son una aleación de 25% de níquel y 75% de cobre. El níquel es también un componente clave de las baterías de níquel-cadmio.

ALEACIONES IMPORTANTES CONTENIENDO NÍQUEL		
Nombre	Composición	Propiedades y aplicaciones
Alnico	20 % Ni, 63 % Fe, 12 % Al, 5 % Co	Alta permeabilidad magnética. Imanes.
Constantan	40 % Ni, 60 % Cu	Pares termoeléctricos.
Illium G	58 % Ni, 22 % Cr, 6-7 % Cu, 4 % Mo, 2 % W, 6-7 % Fe, 1 % Mn	Resistente a la corrosión.
Monel	72 % Ni, 26,5 % Cu, 1,5 % Fe	Inoxidable. Hélices, válvulas, alambre, chapas, etcétera.
Nicrom (cromel)	60 % Ni, 40 % Cr	Punto de fusión elevado y baja conductividad eléctrica. Hilo de resistencias.
Nicrom IV	80 % Ni, 20 % Cr	Punto de fusión elevado y baja conductividad eléctrica. Hilo de resistencias.
Plata alemana	22 % Ni, 26 % Zn, 52 % Cu	Aleación de color blanco argentino. Joyería barata (bisutería). Cuchillería.
Platinita	46 % Ni, 54 % Fe, trazas de C	Coeficiente de dilatación muy pequeño, como el del vidrio. Hilos de entrada para lámparas eléctricas.
Permalloy	78 % Ni, 22 % Fe	Alta permeabilidad magnética. Imanes.
Carboloy	13 % Co, 87 % CW	Muy dura. Herramientas cortantes.
Estelita	55 % Co, 20-23 % Cr, 15-20 % W, 3-5 % Fe, 1,5 % C	Muy resistente a la corrosión.

•Aplicaciones

Debido a su gran resistencia a la corrosión, se emplea en la industria alimentaria y en la química para el revestimiento electrolítico de chapas de acero dulce. Este método se denomina niquelado.

Rara vez se utiliza en estado puro. Es más frecuente encontrarlo formando aleaciones con el cobre, el hierro, el cromo, el volframio y el manganeso, a las que confiere un carácter inoxidable.

Las aleaciones que contienen níquel se caracterizan según el porcentaje de este metal: Entre las de alto porcentaje en níquel, en las que este llega a alcanzar hasta el 80%, destaca la aleación con hierro, al que confiere gran resistencia a la corrosión y mejora sus propiedades magnéticas; el nicrom, utilizado para fabricar resistencias eléctricas por su resistividad; el invar., empleado en relojería por su coeficiente de dilatación prácticamente nulo.

En las de bajo contenido en níquel, su porcentaje de presencia no supera el 15%. Suele alejarse con hierro y acero para mejorar para mejorar las características mecánicas de éstos y facilitar los tratamientos de templado.

Los materiales que se obtienen resultan muy resistentes a la acción de los agentes atmosféricos y de los agresivos químicos, por lo que suelen emplearse para fabricar utensilios de cocina, material quirúrgico y de laboratorio, y acumuladores de energía eléctrica. Las monedas de níquel en uso son una aleación de 25% de níquel y 75% de cobre. El níquel es también un componente clave de las baterías de níquel-cadmio.

Aproximadamente el 65% del níquel consumido se emplea en la fabricación de acero inoxidable austenítico y otro 12% en superaleaciones de níquel. El restante 23% se reparte entre otras aleaciones, baterías recargables, catálisis, acuñación de moneda, recubrimientos metálicos y fundición

3.5. ESTAÑO

El estaño es un metal de color blanco brillante, muy blando, de estructura cristalina, poco dúctil pero muy maleable.

Su estructura cristalina se pone de manifiesto al doblar una barra de estaño: se escucha un ruido característico, denominado grito del estaño, producido por el rozamiento de los cristales entre sí.

Puede ser laminado en finas planchas, que forman el papel de estaño. Es muy estable y resistente a los agentes atmosféricos a temperatura ambiente, aunque puede ser atacado con ácidos y productos alcalinos.

No se oxida fácilmente y es resistente a la corrosión.

Punto de fusión: 232° C

Densidad: 7,4 g/cm³

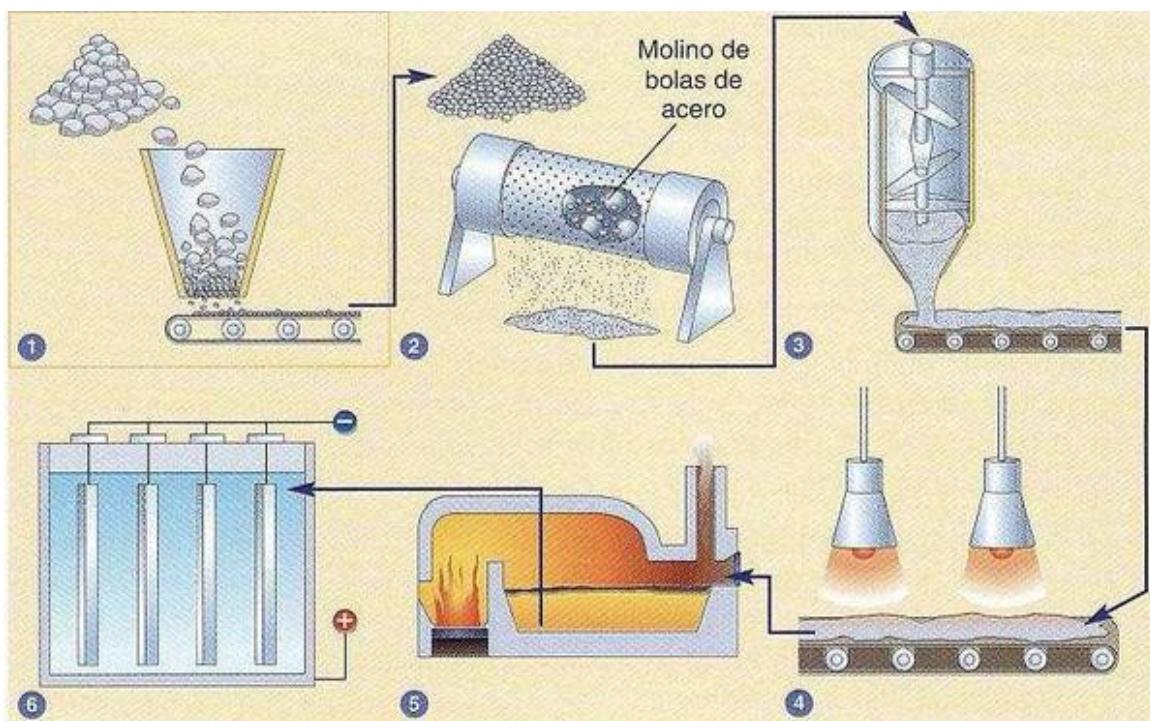
Por debajo de -18°C empieza a descomponerse y convertirse en un polvo gris, peste del estaño.

•Proceso de obtención

Se extrae principalmente de la casiterita, que es un mineral compuesto de dióxido de estaño.

Dada su baja riqueza en estaño, es necesario concentrar previamente el mineral. Para ello, se tritura y se lava con el fin de separar la ganga. Posteriormente, se somete a un proceso de tostación para eliminar los sulfuros que pueden contener. Finalmente, el óxido de estaño se reduce en un horno de reverbero, utilizando antracita.

El estaño fundido se recoge en el fondo del horno y se moldea en bloques. El proceso de afino se lleva a cabo en una cuba electrolítica. En este caso, al ánodo está formado por planchas de estaño bruto y cátodo, por láminas de estaño puro.



•Aleaciones

Los elementos de aleación como el cobre, el antimonio, el bismuto, el cadmio o la plata aumentan su dureza. Las aleaciones más utilizadas son las soldaduras blandas, que se emplean para cierres y juntas de metales.

La combinación de bismuto y cadmio con estaño y plomo produce aleaciones con bajo punto de fusión que se emplean como fusibles para extintores de fuego, tapones de calderas, etc. Las aleaciones de cobre y estaño reciben el nombre de bronces y pueden llevar o no elementos de modificación como zinc, plomo o manganeso.

Se emplea por su ductilidad, suavidad de superficie, resistencia a la corrosión y cualidades higiénicas principalmente en chapas, tubos, alambres y tubos plegables.

La banda de acero revestida de estaño denominada hojalata constituye uno de los materiales empleados con mayor profusión en la industria conservera.

Aplicaciones

Por su resistencia a la oxidación, casi la mitad de la producción mundial de estaño se emplea como recubrimiento electrolítico de otros metales, por ejemplo, el acero. De este modo se obtiene la **hojalata**.

Constituye un elemento imprescindible en multitud de aleaciones:

Los diversos tipos de bronces.

El denominado metal blanco (aleación de cobre, estaño y plomo), empleado en la fabricación de cojinetes.

Las aleaciones fusibles, utilizadas para construir componentes eléctricos de control, y la soldadura blanda, formada a base de estaño y plomo.

3.6. TITANIO

Metal de color blanco plateado, brillante, ligero, muy duro y de gran resistencia mecánica. Su punto de fusión es de 1668 °C y su densidad de 4'5 g/cm³

Se oxida y es atacado por los ácidos fuertes pero soporta los agentes atmosféricos. Tiene alta resistencia a la corrosión

•Obtención

Su mineral más común es el rutilo, dióxido de titanio cristalizado y de la ilmenita formada por titanio y hierro.

La cloruración es la transformación de óxido de tetracloruro de titanio a temperatura elevada.

Una vez condensado y purificado es reducido en un reactor y se obtiene la esponja de titanio.

Después se funde y se obtienen los lingotes de metal.

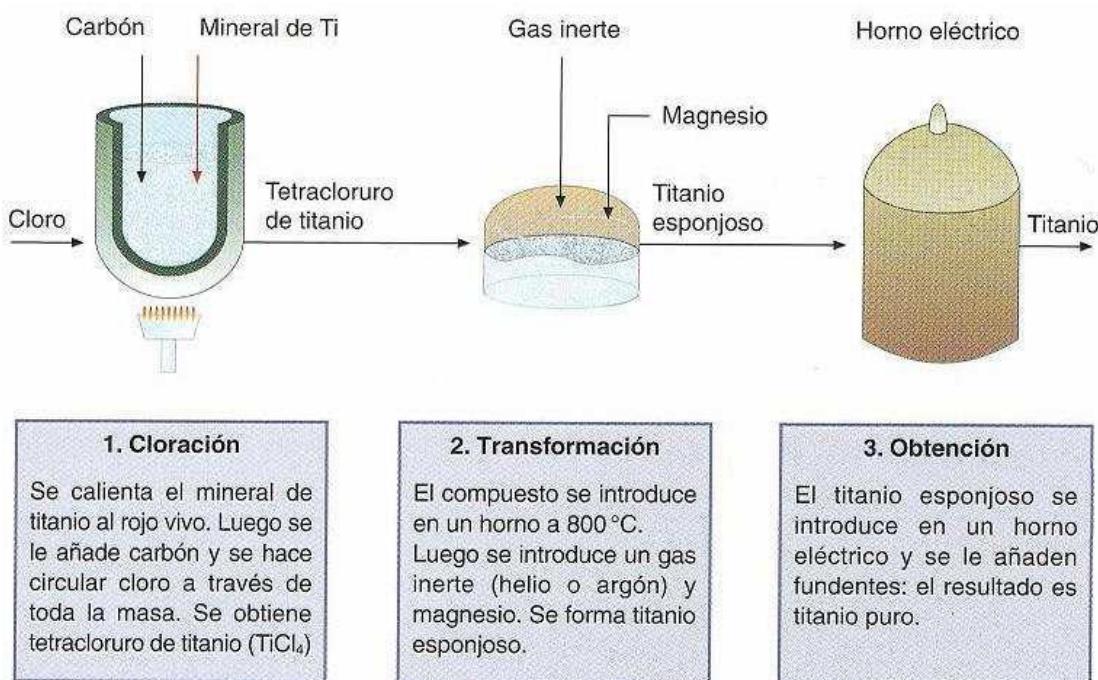
La extracción del titanio es un proceso complejo, lo que encarece extraordinariamente el producto final. En la actualidad, los minerales de los que se obtiene el titanio son el rutilo y la ilmenita.

El titanio posee las siguientes características: • Es un metal blanco plateado que resiste mejor la oxidación y la corrosión que el acero inoxidable. • Las propiedades mecánicas son análogas, e incluso superiores, a las del acero, pero tiene la ventaja de que las conserva hasta los 400 °C.

En cuanto al proceso de obtención del titanio, en la actualidad se emplea casi exclusivamente el *método Kroll*.



Fig. 10.3. Botes y latas de hojalata.



•Aleaciones

Inicialmente la producción mundial de este metal era casi exclusivamente para uso en aplicaciones aeronáuticas y espaciales. Desde entonces su producción ha crecido enormemente. Hoy en día, las aleaciones de titanio son comunes, metales de ingeniería fácilmente disponibles que compiten directamente con acero inoxidable y aceros especiales, aleaciones de cobre, de níquel, etc

Aleación α (Alfa): Las aleaciones α tienen dos atributos principales: la capacidad de soldado y la retención de resistencia a altas temperaturas. La primera resulta de la microestructura unifásica y la segunda es causada por la presencia del aluminio. La aleación α típica (Aleación titanio, 5% aluminio, 2,5% estaño) se utiliza para ensambles de tubos de escape de avión, componentes formados por láminas que operan a temperaturas hasta 480°C, tanque para combustibles de proyectiles y estructuras que operan por cortos períodos a temperaturas de hasta 600°C.

Aleación α + β (Alfa + Beta): Estas aleaciones contienen suficientes elementos estabilizadores β para provocar que la fase β persista hasta la temperatura ambiente, y son más duras que las aleaciones α. La aleación típica α + β (Aleación titanio, 6% aluminio, 4% vanadio): se utiliza para fabricar discos y aletas de hélice de compresor de turbina de gas para avión, accesorios forjados para estructuras de avión, y piezas de láminas metálicas para estructuras de avión.

Aleación β (Beta): La aleación típica β (Aleación titanio, 13% vanadio, 11% cromo, 3% aluminio) se utiliza para fabricar sujetadores de alta resistencia y para componentes aeroespaciales que requieren alta resistencia a temperaturas moderadas.

Cuando se combina titanio con niobio, se forma un compuesto intermetálico superconductor; cuando se le combina con aluminio, se produce una nueva clase de aleaciones intermetálicas.

•Aplicaciones

Sus aleaciones son duras y resistentes. El carburo de titanio se utiliza en la fabricación de aletas de turbinas en la industria aeroespacial y en herramientas de corte.

Dada su baja densidad y sus altas prestaciones mecánicas, se emplea mayoritariamente en la fabricación de estructuras y elementos de máquinas en aeronáutica (aviones, cohetes, misiles, satélites de comunicaciones, etc.). Normalmente se suele emplear aleado con el 8 % de aluminio. Para mejorar las propiedades físicas, se le suele alear también con cromo, vanadio y molibdeno. Se emplea también en la fabricación de herramientas de corte (nitrato de titanio), en la construcción de aletas para turbinas (carburo de titanio), así como, en

forma de óxido y pulverizado, para la fabricación de pinturas antioxidantes. También se emplea para recubrimiento de edificios

Dada su **baja densidad y sus altas prestaciones mecánicas**, se emplea en:

Estructuras y elementos de máquinas en **aeronáutica** (aviones, cohetes, misiles, transbordadores espaciales, satélites de comunicaciones, etc.).

Herramientas de corte (nitrato de titanio).

Aletas para turbinas (carburo de titanio)

Pinturas antioxidantes (en forma de óxido y pulverizado).

Se está utilizando en odontología como base de piezas dentales y en la unión de huesos, así como en articulaciones porque la incrustación de titanio en el hueso del cuerpo humano no provoca rechazo alguno y, pasado algún tiempo, se produce una soldadura de manera natural.

También se emplea para recubrimiento de edificios

El Titanio y sus aleaciones desarrollan óxidos superficiales sumamente estables, de alta integridad, tenacidad y adherencia. Si este óxido superficial es rayado o dañado, se regenera inmediatamente en presencia de aire o agua. La película protectora de óxido es favorecida a medida que aumenta el carácter oxidante del ambiente. Por ello el titanio resiste a la corrosión en ambientes levemente reductores, neutros y altamente oxidantes hasta temperaturas elevadas. Resiste la acción de ácidos agresivos -excepto en altas concentraciones de ácido clorhídrico y fluorhídrico- que destruyen rápidamente a otros metales como el acero inoxidable. Se utiliza ampliamente en la industria química y petroquímica, también en la construcción de partes expuestas al agua salina, tales como piezas de barcos y plantas industriales costeras.

El titanio es altamente resistente al cloro húmedo (acuoso), al bromo, yodo y productos basados en cloro debido a su carácter altamente oxidante. Además es totalmente resistente a soluciones de cloritos, hipocloritos, cloratos, percloratos y dióxido de cloro.

Su alta biocompatibilidad lo convierten en el metal preferido para la fabricación de todo tipo de implantes. Sus propiedades de osteointegración lo hacen especialmente apto para la obtención de implantes osteointegrados, tales como los dentales, clavos que se fijan para la reconstrucción de huesos fracturados, prótesis óseas, etc.

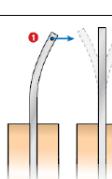
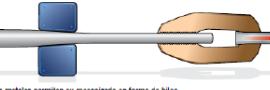
Su utilización se ha generalizado con el desarrollo de la tecnología aeroespacial, donde es capaz de soportar las condiciones extremas de frío y calor que se dan en el espacio.

Industria militar: El titanio se emplea en la industria militar como material de blindaje, en la carrocería de vehículos ligeros, en la construcción de submarinos nucleares y en la fabricación de misiles

3.7. Esquema simplificado de propiedades de metales no férricos.

	Al	Mg	Ti	Cu	Pb	Sn	Zn	Ni
Peso específico (kg/dm ³)	2,7	1,7	4,5	8,9	11,3	7,3	7,1	8,9
Resistencia a la tracción	++	++	+++	+++	-	-	+	++
Temperatura de fusión	660	650	1.820	1.083	327	231	419	1.455
Conductividad eléctrica y térmica	+++	+	-	+++	+	+	+	+
Resistencia a la corrosión	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++

3.8. Esquema simplificado comparativo de propiedades y aplicaciones de los metales.

PROPIEDADES		FÉRRICOS	NO FÉRRICOS
Mecánicas (fuerzas)	Tenacidad: Resistencia a deformarse o romperse bajo la acción de golpes bruscos. La propiedad opuesta es la fragilidad .	Disminuye la tenacidad conforme aumenta con el contenido de carbono. Es decir, cuanto más carbono, más aumenta la fragilidad (facilidad con que se pueden romper al sufrir fuertes impactos).	En general es menor que en los férricos, si bien los aleados como el duraluminio (Aluminio (Al)+Cobre(Cu)) destacan a pesar de su ligereza; mayores aún en el bronce(Cobre(Cu)+Estaño(Sn)) .
	Resistencia mecánica: capacidad para resistir esfuerzos de tracción, compresión, flexión, torsión y cizalla.	Aumenta con el contenido de carbono en los aceros. Las fundiciones soportan peor la tracción, pero muy bien la compresión. Acero: 70 Kg/mm ² Fundición: 18 Kg/mm ²	En general es menor que en los férricos Titanio: 70 Kg/mm ² (<i>para aeronaves, reactores e implantes médicos</i>) Cobre: 18 Kg/mm ² (<i>para fontanería</i>) Magnesio: 18 Kg/mm ² Aluminio: 10 Kg/mm ² Estaño: 5 Kg/mm ² Cinc: 3 Kg/mm ²
	Plasticidad: capacidad para deformarse permanentemente (sin romperse) bajo la acción de una fuerza; maleabilidad si es en láminas (chapas) y ductilidad si es en hilos (cables o alambres).	 Maleabilidad. Los metales permiten el laminado con facilidad.	Excepto el bronce, en general mayor que en los férricos
	 Elasticidad: capacidad de recuperar la forma y tamaño inicial tras una deformación.	Disminuye con el aumento en el contenido de carbono  Ductilidad. Los metales permiten su mecanizado en forma de hilos.	En general menor que en los férricos
Térmicas (calor)	Conductividad térmica: capacidad para transmitir el calor a su través	Aceptable	En general mucho mejor que en los férricos
	Coeficiente de dilatación térmica: variación del tamaño con la temperatura	Notable	Excepto el bronce, en general menor que en los férricos
	Punto de fusión: temperatura (en °C) a la que funde; influye en la soldadura y en el coste de fabricación de objetos, pues se gasta energía para fundir.	Aceros: En torno a los 1500 °C. Fundiciones: 1050 a 1300°C (<i>más baratas de fabricar</i>) La soldabilidad disminuye con el aumento de porcentaje de carbono	Titanio: 1800 °C Cobre: 1080 °C Níquel: 1000 °C Aluminio: 660 °C Cinc: 420 °C Estaño: 232 °C (<i>para soldadura</i>)
Eléctricas y magnéticas	Conductividad eléctrica: capacidad para transmitir corrientes eléctricas a su través	Aceptable	En general mucho mejor que en los férricos: platino (Pt) > oro (Au) > cobre (para cables y alambres) > estaño > aluminio (<i>para cables, latas y envases</i>).
	Magnetización: capacidad para ser magnetizado	Alta	No magnetizables
Otras	Resistencia a la corrosión: capacidad para resistir la degradación por oxidación, por ataque de sustancias ácidas o salinas, etc.	Baja en general; mejora con el contenido en carbono y es muy buena en el acero inoxidable .	En general mucho mejor que en los férricos
	Acústica: conducción/emisión de sonido (campanas).	Buenos	Destaca el bronce
	Densidad: masa/volumen (Kg/m ³)	Acero: 7800 Fundición: 7600	Bronce: 8900 Cobre: 8800 Titanio: 4500 Aluminio: 2700 (<i>para aviones</i>) Magnesio: 1700 (<i>para aplicaciones aeroespaciales, pirotecnia y explosivos</i>)
	Reciclabilidad	Los metales, una vez desechados, pueden volverse a procesar industrial e indefinidamente, fundiéndolos para nuevos usos.	
	Aspecto superficial	Por su brillo y color, incluso oxidados, son muy utilizados en ornamentación, especialmente los no férricos: latón, bronce, alpaca, etc., si bien ya se usa bastante el acero inoxidable.	

4. OTROS MATERIALES DE USO TÉCNICO

4.1. INTRODUCCIÓN

Los materiales son sustancias que, a causa de sus propiedades, resultan de utilidad para la fabricación de estructuras, maquinaria y otros productos.

Existen materiales de muy diversos tipos que, de forma muy general, siguiendo diferentes criterios:

Según su **origen**:

- **Materiales naturales**: aquellos que se encuentran en la naturaleza. Son susceptibles de agotarse, salvo que se reciclen. Madera, lana, arcilla,...

- **Materiales artificiales**: aquellos que se obtienen a partir de otros que se encuentran en la naturaleza. Por ejemplo: aglomerados de madera.

- **Materiales sintéticos**: Fabricados a partir de materiales artificiales. Por ejemplo: los plásticos.

Pero el criterio más empleado, **desde un punto de vista tecnológico**, es según sus características comunes en cuenta a su naturaleza física:

Tenemos pues:

1. Materiales metálicos y sus aleaciones.
2. Maderas y sus derivados.
3. Polímeros: llamados vulgarmente plásticos.
4. Materiales pétreos y cerámicos.
5. Fibras textiles.

Los primeros ya los hemos visto en los temas anteriores. Ahora vamos a ver el resto de los materiales.

4.2. LOS PLÁSTICOS

Los plásticos están constituidos por macromoléculas naturales o sintéticas de elevado peso molecular, cuyo principal componente es el carbono. Estas moléculas reciben el nombre de **polímeros**. Este es el otro nombre que reciben los plásticos.

Así pues, los polímeros pueden ser:

a) **Naturales**: como la **celulosa** o las proteínas, presentadas en la vida vegetal y animal. A partir de ellos se pueden fabricar otros polímeros de interés tecnológico. Encontramos, por ejemplo, almidón, celulosa, algodón,...

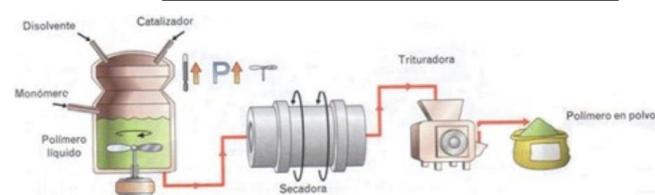
b) **Sintéticos**: Obtenidos de productos **derivados del petróleo**.

Las moléculas de alto peso molecular que constituyen los materiales plásticos se construyen por la repetición sucesiva de unidades químicas pequeñas y simples, llamadas **monómeros**, que se unen mediante una reacción llamada **polimerización**.

Método industrial : El monómero se introduce en una máquina (**reactor**), junto con un **disolvente** y un **catalizador** o activador de la reacción química a una presión y temperatura controladas. Se pueden añadir **pigmentos** y otras sustancias para mejorar el plástico.

Los polímeros poseen las siguientes propiedades en común:

- Bajo coste de producción
- Alta relación resistencia/densidad, es decir que aun siendo ligeros poseen una resistencia mecánica notable. Se usan junto a aleaciones metálicas para construir aviones.
- Elevada resistencia al ataque químico.
- Alta resistencia eléctrica, lo que los hace excelentes aislantes eléctricos.



- Pequeña conductividad térmica, por lo tanto son buenos aislante térmicos.
- Combustibilidad, la mayoría arden con facilidad. El color de la llama y el olor del humo suele ser característico de cada tipo de plástico.
- Plasticidad, muchos se reblandecen con el calor y, sin llegar a fundir, son fácilmente moldeables. Permite la fabricación de piezas complicadas - Facilidad de procesado y versatilidad, su elevada plasticidad hace que las técnicas de fabricación sean sencillas; permite fabricar piezas según necesidades.
- Facilidad para combinarse con otros materiales, permiten crear materiales compuestos con mejores propiedades, como el poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Su **mayor inconveniente** radica en su bajo punto de fusión y **reducida resistencia al calor**, por lo que la mayoría no soporta altas temperaturas sin perder sus propiedades.

•Reacciones de polimerización

Como hemos dicho, los polímeros están constituidos por la repetición de una unidad simple llamada **monómero**, los cuales se unen mediante una reacción química de **polimerización**. Se forma así una macromolécula en forma de cadena cuyos eslabones son los monómeros.

El número de unidades simples que se repiten en una misma molécula se conoce como **grado de polimerización (n)**.

Existen dos tipos fundamentales de polimerización, la polimerización por adición o **poliadición** y la polimerización por condensación o **policondensación**.

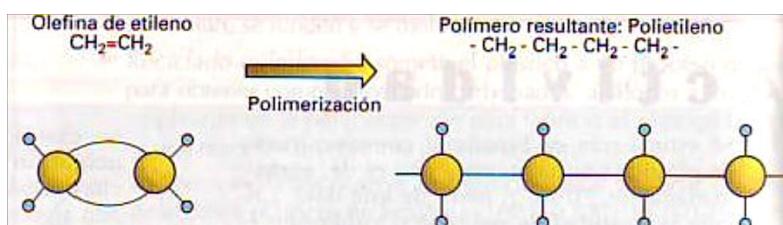
a) Poliadición: Consiste en la unión y repetición de un mismo monómero, de modo que la macromolécula final es múltiplo entero de la del monómero, no existiendo una liberación de subproductos.

Esquemáticamente podemos representarla así:



donde n es el grado de polimerización

Ejemplo: El monómero etileno es $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ el cual, bajo una reacción de poliadición, se convierte en polietileno (se produce la rotura de un doble enlace de la molécula):

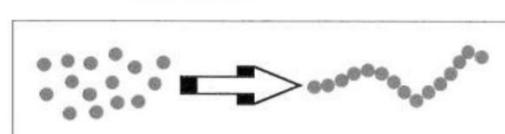


Entre los polímeros de adición, además del polietileno, se encuentran el PP, PVC,...

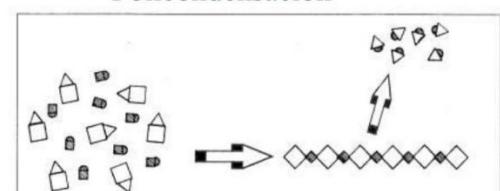
Poliadición

b) Policondensación: Los monómeros que van a formar el polímero son diferentes además, en la polimerización se produce el polímero y una pequeña molécula, generalmente H_2O , NH_3 ,... En este caso también existe una cadena con un grupo característico que se repite muchas veces, como es el caso de:

- i. Poliamidas: $-\text{CO} - \text{NH}$
- ii. Poliuretano: $-\text{O} - \text{CO} - \text{NH}$
- iii. Poliurea: $-\text{NH} - \text{CO} - \text{NH} -$
- iv. Poliésteres: $-\text{CO} - \text{O} -$



Policondensación



Propiamente hablando, esta reacción no es una polimerización, puesto que además de la macromolécula resultante, se forman productos secundarios, de tal forma que la masa molecular del polímero, aunque sea elevada, no es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero.

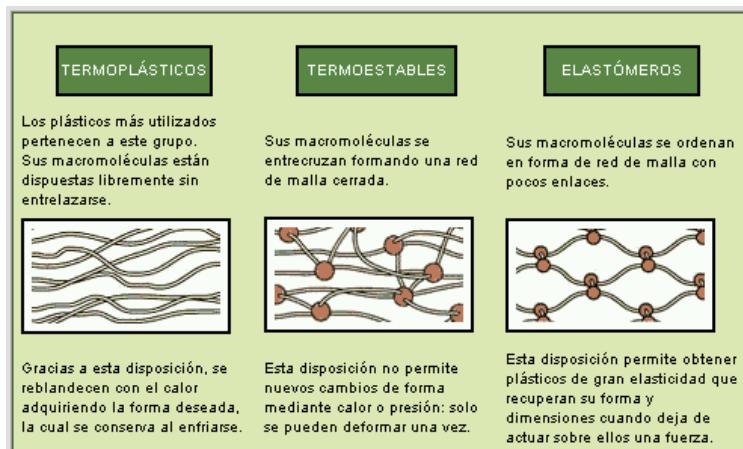
•Clasificar los plásticos atendiendo a su comportamiento frente al calor

Los polímeros se clasifican en tres grandes grupos:

- a) Termoplásticos**
- b) Termoestables**
- c) Elastómeros.**

A). Termoplásticos

Son polímeros cuyas cadenas moleculares son lineales, es decir, solo crecen en una dirección, aunque las cadenas pueden ser sencillas o ramificadas.



Cuando se calientan a temperaturas relativamente bajas, los débiles enlaces intermoleculares se rompen, con lo cual el plástico se reblandece y hasta se puede convertir en líquido. Esta característica le permite cambiarlo de forma infinitas veces (en teoría) y moldearlos, lo que permite recuperarlos para reciclarlos.

La mayor parte de los polímeros de adición son termoplásticos.

Ejemplos: Polietileno (bolígrafos, botellas de productos de limpieza, envoltorios, envases de alimentos...) PVC (Cortinas de baño, impermeables, platos, juguetes, tuberías, recubrimiento de cables,...), nylon, poliestireno, metacrilato,...

B) Termoestables

Estos polímeros se diferencian de los anteriores en que las cadenas moleculares se entrelazan entre sí formando una enorme estructura reticulada, es decir, una estructura tridimensional ordenada.

En este tipo de polímeros los enlaces intermoleculares son fuertes y al calentarse, el plástico no se reblandece, por lo que no puede volverse a moldearse otra vez por la acción del calor. En todo caso el plástico se descompone y se degrada, carbonizándose.

Los termoestables son duros, aunque frágiles.

Ejemplos: Resinas de poliéster, resinas fenólicas (material eléctrico, piezas de maquinaria, pomos y mangos de utensilios de cocina), resinas de urea o de melanina,...

C) Elastómero

Estos polímeros están formados por grandes moléculas unidas por enlaces fuertes y su característica común es que son plásticos muy elásticos (de ahí su nombre). Ello permite grandes deformaciones sin roturas, recobrando su forma inicial.

No soportan bien el calor y se degradan a temperaturas medias, lo que hace que el reciclado por calor no sea posible. Un *ejemplo* el caucho natural

•Aditivos

A nivel industrial, se considera propiamente plástico a aquel polímero al que se le ha añadido algún aditivo para mejorar alguna de las propiedades o características buscadas. Podemos encontrar

- *Colorantes:* Dan el color al polímero
- *Pigmentos:* Dan el color al polímero, pero lo vuelven opaco.
- *Plastificantes:* Aumentan la resistencia al impacto.
- *Estabilizantes:* Aumentan la estabilidad a la degradación de la luz.

•Identificación de los polímeros más utilizados

A) Termoplásticos

- **Polietileno (PE)**: Es uno de los plásticos más utilizados. Hay dos variedades:

El polietileno de **baja densidad** (LDPE), cuya cadenas moleculares son muy ramificadas. Se emplea en láminas, bolsas, tubos de tinta en bolígrafos,...

El polietileno de **alta densidad** (HDPE), cuyas cadenas moleculares son poco ramificadas. Se emplea en envases, juguetes, aislamientos eléctricos, envases para productos de limpieza...

El polietileno tiene textura sedosa, es flexible, tenaz y ligero.

- **Teflón (PETFE)**: Tiene la misma composición que el polietileno, pero con átomos de flúor, en lugar de hidrógeno. Tiene una gran estabilidad química, es muy resistente a los ataques químicos y resistentes a temperaturas relativamente altas. Es un buen aislante eléctrico y es antiadherente.

- **Polipropileno (PP)**: Es tenaz, ligero y barato. Se puede doblar muchas veces sin romperse. Se usa en cubos, carpetas, carcásas de electrodomésticos, botellas, cañitas para beber...

- **Cloruro de polivinilo (PVC)**: Hay dos variedades, la flexible y la rígida. En la forma flexible se usa mucho para recubrir conductores eléctricos y en la forma rígida, que tiene alta resistencia mecánica y dureza, su aplicación más conocida es en tuberías, canaletas, perfiles, marcos de puertas y ventanas, ...

- **Poliestireno (PS)**: Es un plástico bastante frágil y ligero, pero muy resistente a los ataques químicos y a la humedad. Se usa para bandejas de comida, envases de yogur, ... La variedad más conocida es el poliestireno expandido o porexpán (corcho blanco). El cual es muy ligero y excelente aislante térmico. Muy empleado para embalaje de objetos frágiles.

- **Poliamidas (PA)**: El más conocido es el **nylon**. Plástico muy resistente a la tracción y tenaz. Se emplea para correas, engranajes...

- **Polimetacrilato (PMMA)**: Conocido como metacrilato, es un plástico transparente que imita al vidrio, pero más tenaz.

- **Policarbonato (PC)**: Son plásticos de gran resistencia mecánica, térmica y química. Gran resistencia al impacto. Se emplea para cascos, viseras, armazones, ventanas de aviones, ...

- **Polietilentereftalato (PET)**: Es transparente e impermeable a componentes gaseosos como el CO₂ de las bebidas gaseosas, resistente a los ácidos y temperaturas extremas. Se usa para botellas de refrescos, envases para horno y congelador, cintas de video y audio, ropa de tergal, ...

B) Termoestables

- **Baquelita (fenoles PE)**: Excelente aislante eléctrico y térmico. Alta dureza y rigidez. Se encuentra en mangos de utensilios de cocina, placas de circuitos impresos electrónicos, mecanismos, ...

- **Melamina (aminas MF)**: Muy resistentes al calor, la humedad y la luz. Se emplea para forrar tableros de madera principalmente, recubrimientos para papel...

- **Resinas de poliéster**: Es un plástico con alta resistencia mecánica. Se emplea para cascos de barcos, tejados, depósitos, paneles de coches, cañas de pescar, esquies...

- **Resinas Epoxi (EP)**: Buena resistencia mecánica y química, buenos aislantes eléctricos. Se usa en revestimientos de latas de alimentos, adhesivos, ...

C) Elastómeros

- **Siliconas**: Tienen como base el silicio. Son resistentes a los agentes químicos, la humedad, el calor. Se utiliza para sellar juntas contra la humedad, prótesis, recubrimientos, ...

- **Caucho**: Se obtiene del árbol del caucho. Se mezcla con azufre para aumentar la dureza y su resistencia a la tracción y agentes químicos. Se emplea en neumáticos y juntas, suelas de zapatos...

- **Neopreno**: Es un caucho sintético incombustible. Se emplea para trajes de buceo, correas industriales...

- **Poliuretano:** Para prendas de lycra y elastán. Se emplea para colchones, asientos, (es la famosa gomaespuma).

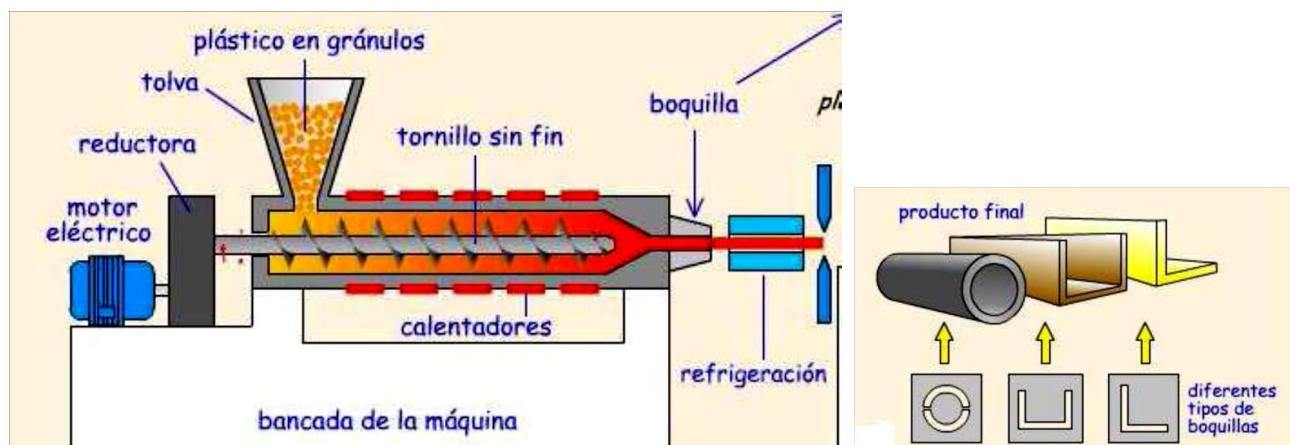
•Métodos de conformado

Existen varias técnicas para dar forma a los plásticos. Algunas de las más comunes son:

- Extrusión
- Inyección
- Compresión
- Soplado
- Moldeado al vacío
- Calandrado (Laminado/Hilado)

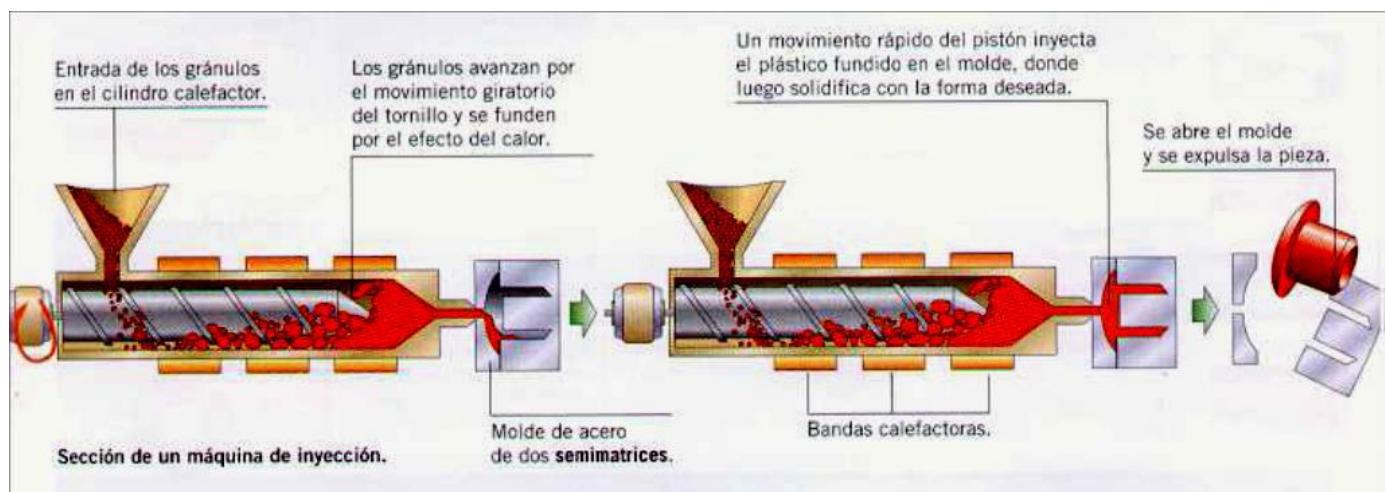
A) Extrusión: (*termoplásticos*): Se utiliza para hacer perfiles, tubos, mangueras, marcos de ventanas,... Tienen que ser objetos de sección constante de manera que ambos extremos estén a la vez abiertos o cerrados, pero nunca uno abierto y el otro cerrado.

Se introducen los gránulos de plástico, en la tolva y se funden dentro de la extrusora gracias a unos calentadores. A continuación, un tornillo sin fin presiona el plástico contra la boquilla, haciendo pasar la masa de plástico fundido a través de ella. La forma de la boquilla determina el aspecto final. Se obtiene una pieza continua de gran longitud y poca sección que es enfriada mediante un chorro de aire o agua fría.



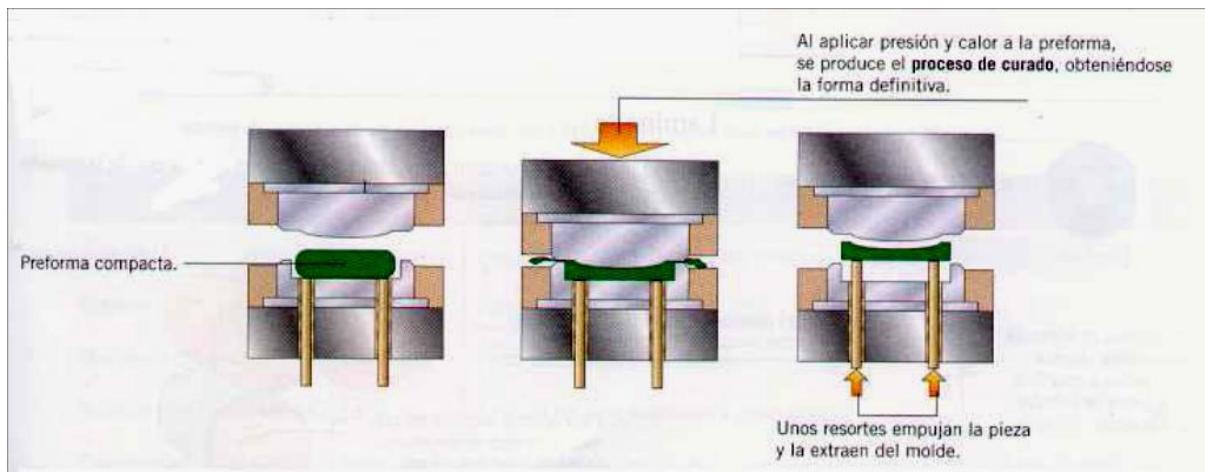
B) Inyección: (*termoestables*): Es una de las técnicas más utilizadas, ya que permite realizar formas complicadas con medidas muy diversas, como por ejemplo: vasos, platos, carcásas de móviles, cubos, engranajes de plásticos,...

El proceso es similar al de la extrusión. Se introducen los gránulos en la tolva de la extrusora, se funde gracias al calor suministrado por la resistencia situada en la parte externa del cilindro y el tornillo sin fin lo introduce a presión en el interior de un molde metálico donde fragua tomando la forma de éste. A continuación se enfria para que endurezca y luego se extrae el producto acabado del molde.



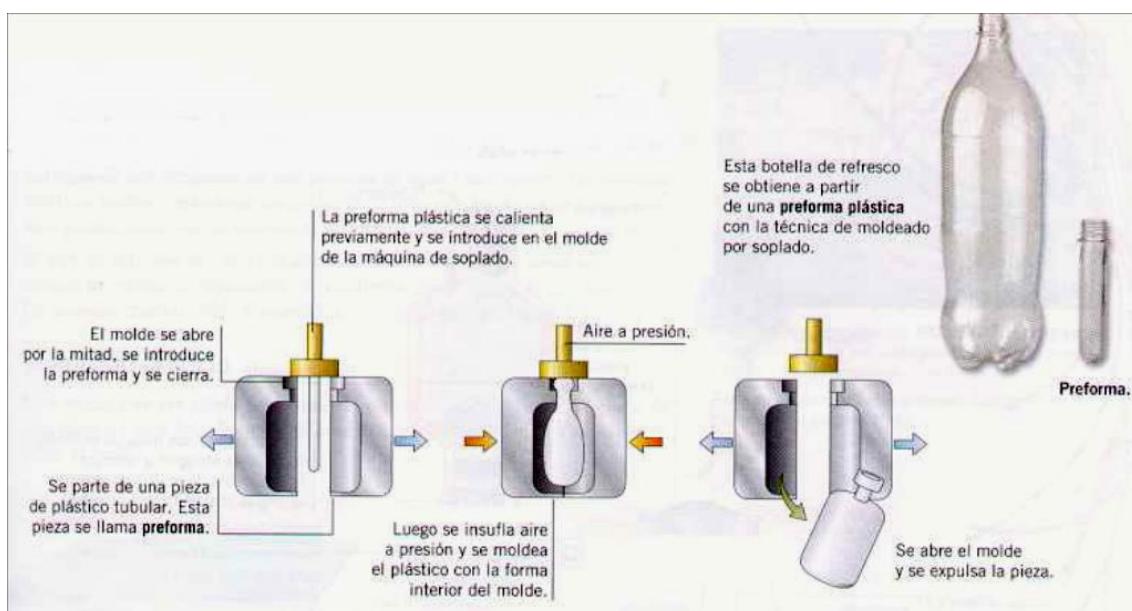
C) Compresión: (*termoestables*): Usado para piezas grandes pero no muy complicadas, como objetos huecos de gran tamaño y poco espesor, como salpicaderos de automóviles. También para piezas que deban soportar altas temperaturas, como mangos de sartenes, asas de calderos,... o piezas que deban ser aislantes eléctricos, como portalámparas, cajas de fusibles, o incluso pomos de puertas, pulseras,...

La pieza de plástico adquiere la forma cuando se aplica presión a una preforma de material plástico compactado. Para ello, colocamos el plástico en un molde de acero que se encuentra en una prensa hidráulica. Le aplicamos calor al plástico y a continuación le aplicamos presión con la prensa para que adquiera la forma del molde. El efecto de la presión y el calor une las partículas de plástico y produce un entrelazado de las cadenas del polímero. Esta es la *reacción de curado*, que permite formar un sólido uniforme, rígido y homogéneo. Despues, la pieza es expulsada mecánicamente del molde.



D) Soplado: (*termoplásticos*): Se utiliza para realizar todo tipo de envases y objetos huecos, como botellas de agua, detergente, ...

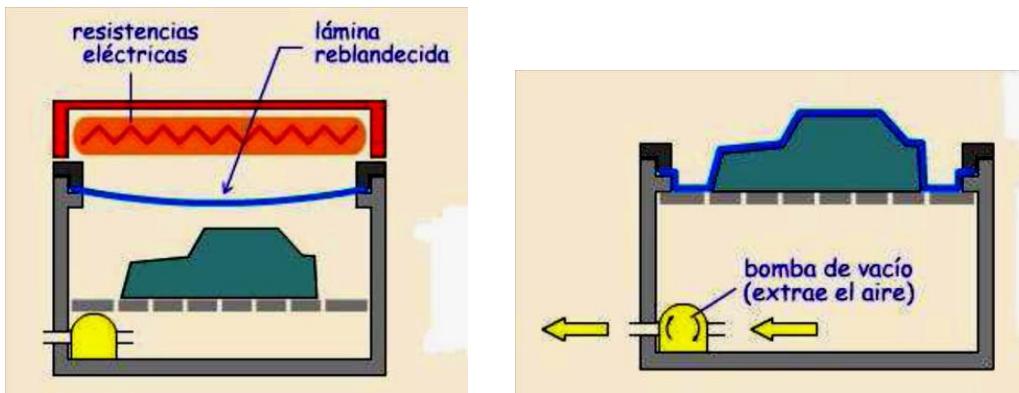
En primer lugar, se crea una preforma (objeto con forma de tubo) mediante extrusión. A continuación, se introduce la preforma en un molde abierto en dos partes. Al unir éstas partes, se insufla aire caliente en su interior hasta que se adapta a la forma de las paredes. El plástico se endurece al contacto con las paredes, se abre el molde y se extrae la pieza.



Vacío: Se usa para fabricar objetos con paredes muy finas como vasos, platos, envases para alimentos, máscaras, mapas en relieve, juguetes,...

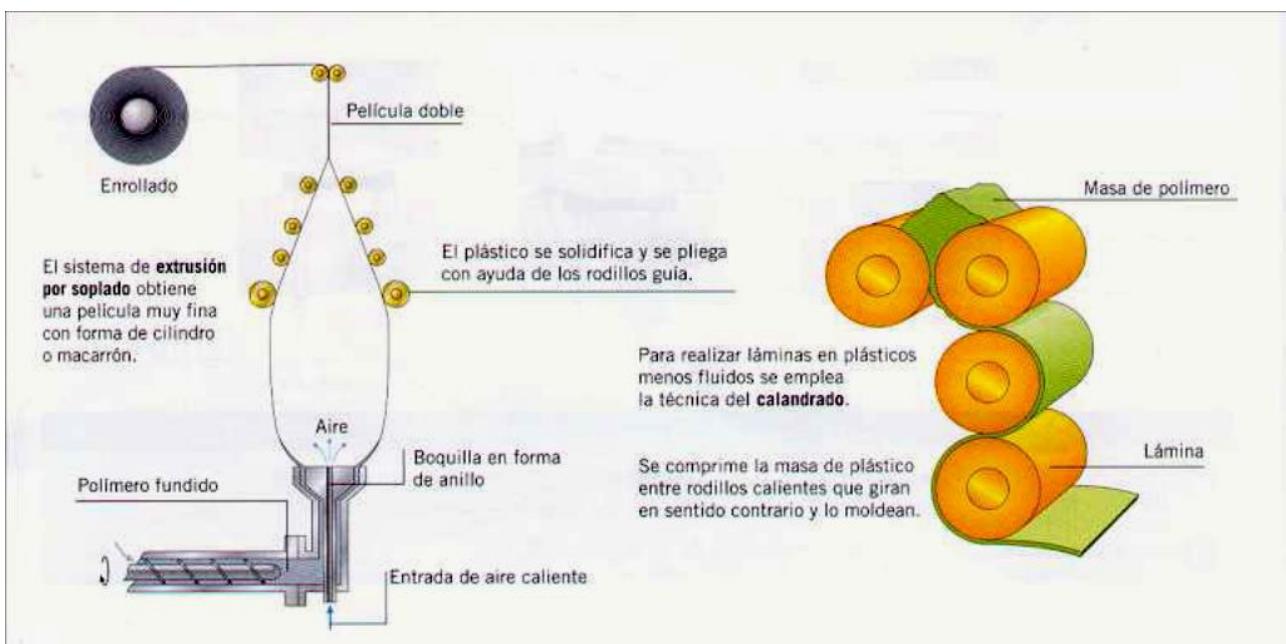
Se coloca una lámina de plástico sobre el molde del objeto que se quiere fabricar. A continuación, se calienta la lámina usando unas resistencias eléctricas hasta que ésta se reblandece.

Se ponen en contacto el molde y la lámina caliente y se extrae el aire que hay entre ellas para que el plástico se adapte a las paredes del molde.



E) Calandrado: Este método se utiliza para fabricar placas de PVC, láminas para invernaderos, carpetas, manteles, fibras textiles,...

Se introduce el plástico fundido procedente de una tolva en el interior de la calandra, y se hace pasar éste entre unos rodillos que, poco a poco, le dan forma de lámina disminuyendo el grosor en función del número de veces que pase entre los rodillos.



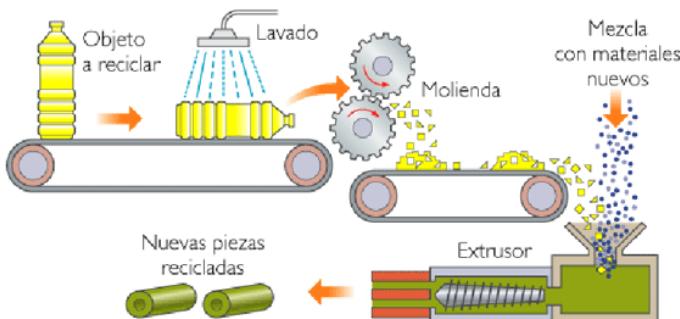
También existen otros métodos, algunos, variación de los mencionados hasta ahora, como **rotacional** (objetos de gran tamaño y huecos, como contenedores), **inmersión** (guantes, gorros de natación o recubrimientos de mangos de herramienta), **espumación** (se introduce aire en el plástico en forma de burbujas y luego se usan otros métodos como inyección,...)...

•Reciclaje de residuos plásticos y medio ambiente.

Debido a las múltiples aplicaciones de los plásticos y a su producción y utilización masiva, añadido a que estos no se disuelven en el agua ni se pudren, supone la ventaja de que no liberan productos nocivos, pero la desventaja de que se acumulan y no desaparecen. Por lo que se han de tomar medidas(3R):

- Reducción** en origen. Utilizar menos cantidad de plásticos.
- Reutilización.** Pueden lavarse, esterilizarse y volver a ser utilizados.
- Recuperación.** En contenedor amarillo, para luego:

- Reciclado mecánico
- Reciclado químico
- Combustible para producir energía.



Existen plásticos poco seguros para la salud, debidos a que pueden desprender ftalatos o bisfenol A. Si un envase tiene la etiqueta BPA FREE, es un envase que no desprende elementos tóxicos.



CÓDIGOS DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS			
Códigos	Uso común	Recomendaciones	
PET (Tereftalato de polietileno). Reciclado 23%	Botellas de plástico de agua y gaseosas, frascos de comida, envases de cosméticos	Diseñados para un solo uso. Su uso extendido aumenta el riesgo de filtraciones y bacterias.	
HDPE (Polietileno de alta densidad). Reciclado 27%	Bolsas para compras, botellas de detergentes, leche y jugos.	Considerado seguro.	
PVC (Policloruro de vinilo). Reciclado: 1%	Mangueras, vainas de cables, bolsas de sangre y envoltura para carne.	Evitar. Puede filtrar el ftalato en la comida o el líquido de envase.	
LDPE (Polietileno de baja densidad) Reciclado: 1%	Bolsas para congelar comida y para pan, botellas flexibles	Considerado seguro	
PP (Polipropileno) Reciclado: 3%	Envases reutilizables para microondas, envases desechables	Considerado seguro	
PS (Poliestireno) Reciclado: 1%	Envases para huevos, cubiertos de plástico, envases de espumas, de CD y de videos	Evitar. Puede filtrar el estireno, un posible causante del cáncer y alteraciones hormonales	
OTROS (A menudo policarbonatos) Reciclado: 1%	Biberones, botellas de bebidas deportivas, envases de productos electrónicos	Evitar. Puede filtrar el bisfenol A (BFA), posible causante de daño cromosómico	

4.3. LA MADERA

La madera ha sido utilizada por el hombre desde los albores de la humanidad. En la industria se aprovecha casi exclusivamente el tronco del árbol por tener mayores aplicaciones. Excepcionalmente se aprovechan las raíces y ramas gruesas para la obtención de maderas finas, con veteados espectaculares, en la construcción de muebles de diseño.

De todos los materiales usados por el ser humano a lo largo de la historia, la madera fue el primero de ellos, gracias a una serie de propiedades como facilidad de conformado, bajo peso específico, agradable apariencia exterior, propiedades térmicas y mecánicas,... Esto ha generado una industria muy importante.

La explotación de los árboles para la obtención de madera da lugar a graves problemas medioambientales, porque si no se realiza la tala con unos criterios medioambientales, puede producirse una sobreexplotación que genera deforestación, pérdida de bosques primarios y, desertificación.

Por madera se entiende la parte sólida de los árboles, que se encuentra debajo de la corteza, o para ser más precisos, la madera es el conjunto de tejidos que constituyen la mayor parte del tronco u de las ramas de un árbol.

•Características generales de la madera.

- Baja densidad: Suelen ser menos densas que el agua (de ahí que floten).
- Conductividad térmica y eléctrica baja. La madera es un excelente aislante térmico (casas de madera en países fríos, por ejemplo). Las maderas ricas en agua son mejores conductores que las secas.
- Es muy resistente al esfuerzo de tracción (estirarse) y bastante resistente a la compresión (aunque la mitad de resistente que a la tracción).
- Hendibilidad: Una madera es hensible cuando tiene tendencia a desgarrarse en el sentido de las vetas (dibujo de la madera natural) cuando sufre un esfuerzo.
- Humedad: Es un elemento que se debe reducir para obtener una madera útil, desde un punto de vista tecnológico.

•Clasificación.

Las **maderas naturales** se clasifican atendiendo a su dureza en dos grandes grupos

- a) Maderas blandas:** cuyos árboles tienen hoja perenne, son resinosos. Ej: pino, ciprés, abeto, cedro,... Son maderas ligeras, de color claro, fácil de trabajar y de bajo coste.
- b) Maderas duras:** cuyos árboles tienen hoja caduca. Ej: roble, castaño, nogal, olmo. Madera compacta, coloreada, de mayor densidad y en general de mayor calidad y precio. Son de crecimiento lento.

•Propiedades de la madera.

Densidad: En general la madera suele ser menos densa que el agua, de ahí que flote en ella.

Dureza: la dureza de la madera suele estar relacionada con la estructura orgánica y con la mayor o menor presencia de agua y aire entre sus células y tejidos. En general, los árboles de crecimiento lento dan maderas más duras y los de crecimiento rápido a maderas más blandas.

En general, las maderas blandas pertenecen a árboles resinosos de hoja perenne, suelen ser blanquecinas y son fáciles de trabajar.

Las maderas duras corresponden a árboles de hoja caduca y frecuentemente son de color oscuro y su trabajo ofrece mayor dificultad.

Brillo: Hay maderas que una vez pulidas, presentan una superficie lisa y brillante que las hace muy apreciadas. Por ejemplo la acacia.

Conductividad térmica y eléctrica: Todas las maderas poseen una escasa conductividad, tanto térmica como eléctrica; de ahí sus aplicaciones como aislante térmico (casas de madera en países fríos, ventanas y puertas de madera, etc.).

Propiedades mecánicas: En general guardan relación con la resistencia que ofrece la madera a los esfuerzos mecánicos de compresión, tracción, flexión, desgaste y cizallamiento.

Resistencia mecánica: A la tracción, compresión, flexión, cortadura, desgaste,... Es muy resistente al esfuerzo de tracción (estirarse) y bastante resistente a la compresión (aunque la mitad de resistente que a la tracción).

Hendibilidad: Es la facilidad con que se abren las fibras de la madera en sentido longitudinal.

Hienden peor las maderas duras, las secas, las resinosas y con nudos. La madera hendible es poco apta para el clavado y para realizar encajes. Si el secado es brusco la madera tiende a abrirse.

Retractabilidad o contracción: Pérdida de volumen al perder parte del agua.

Humedad: Cantidad de agua que tiene la madera en su estructura. Está relacionada con su peso y afecta a otras propiedades físicas y mecánicas. Elemento que se debe reducir para obtener una madera útil, desde un punto de vista tecnológico.

Flexibilidad: Característica de las maderas jóvenes, verdes y blandas, que admiten ser dobladas sin romperse.

Características estéticas: Color, veteado, olor,...

•Partes del tronco

Un árbol es un vegetal leñoso con un tallo simple, llamado tronco, en su parte inferior, y ramificado en su parte superior (copa).

Por madera se entiende la parte sólida de los árboles que se encuentra debajo de la corteza. Así, madera es el conjunto de tejidos, de cierta dureza, que constituyen la mayor parte del tronco y las ramas del árbol. La madera es un material fibroso formado por:

- Celulosa (50%)
- Lignina, que es el elemento que mantiene unidas a las fibras (30%). Es como el "cemento" de la madera.
- Otros elementos: resina, agua, almidón... (20%).

Si damos un corte transversal a un tronco de un árbol, distinguimos las siguientes partes, de dentro a fuera:

• **Médula o duramen:** Formada por células muertas que están muy lignificadas. Su aspecto es seco y duro.

• **Albura o leño:** De aspecto blanquecino, formada por células vivas en su parte exterior y

es el responsable del transporte de la savia bruta desde la raíz del árbol hasta las partes aéreas. Durante el crecimiento del árbol, las células interiores mueren y pasan a engrosar el duramen.

• **Cambium:** Capa de células vivas entre la albura y la corteza interna. Durante su crecimiento da lugar a la formación de la albura y a nuevas células de la corteza interna.

• **Corteza interna:** Es por donde circula la savia elaborada; está formada por células que poco a poco se desplazan al exterior formando la corteza externa. También se denomina **floema o líber**.

• **Corteza externa:** Formada por una capa de células muertas, que protege al árbol contra las inclemencias del tiempo y del ataque de insectos y parásitos.

En la industria se aprovecha casi exclusivamente el tronco del árbol por tener mayores aplicaciones. Excepcionalmente se aprovechan las raíces y ramas gruesas para la obtención de maderas finas, con veteados espectaculares, en la construcción de muebles de diseño.

La parte que interesa del tronco es el **duramen** (*leño viejo del árbol en torno al centro, que es más seco y rígido*), junto con la **albura** (*leño joven del árbol, en torno al duramen, que contiene todavía células vivas que transportan agua y nutrientes*).

• Transformación de la madera en productos comerciales.

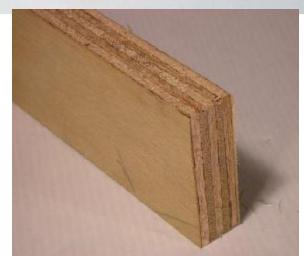
1. Tala: Corte del árbol por su base
2. Descortezado: Es decir se le quita la corteza que envuelve el tronco.
3. Tronzado: Consiste en cortar los troncos a una longitud determinada mediante sierras.
4. Aserrado: Consiste en la obtención de tablas y tablones.
5. Secado: Antes de poder usar las tablas y tablones para fabricar objetos, es necesario reducir el grado de humedad hasta un valor inferior al 3%. Hay dos métodos
 - Al aire libre: Apilando tablas y tablones en un lugar con buena ventilación.
 - Mediante hornos de secado: Elimina casi toda el agua.
6. Cepillado: Tiene como objetivo principal eliminar cualquier irregularidad y mejorar el aspecto final.

• Productos derivados de la madera.

A) Aglomerado: Está compuesto de pequeñas virutas, fibras de madera y serrín a lo que se ha añadido cola. Una vez mezclado se coloca sobre planchas de medidas normalizadas, presionándolo fuertemente hasta que se haya secado. Se emplea en revestir techos, fondos de cajones, puertas, división de interiores,... Los aglomerados son relativamente económicos y pesados y se presentan en grandes tableros, lo que facilita el corte en piezas adaptadas a la medida exigida.



B) Contrachapado: Consiste en colocar, encolándola, láminas finas de madera noble una sobre otra. Se suelen disponer de modo que su veteado es perpendicular entre sí. El número de láminas es un número impar.



C) Tableros de fibra: También llamados **tableros DM o táblex**: Son tableros de madera aglomerada, pero en este caso la viruta ha sido previamente molida. El serrín molido es mezclado con cola o resina sintética y prensado.



En los últimos años, se ha incrementado el uso de las **maderas laminadas**. El principio es el mismo que el de los tableros. Se parte de tablones macizos, y se curvan y encolan con formas propias de la construcción: vigas, arcos,... La diferencia fundamental está en el tipo de maderas elegidas, así como en las colas y los tratamientos protectores.

Este tipo de producto ha permitido una importante renovación en la construcción de estructuras, sobre todo en aquellos casos en los que la habitabilidad del producto supone una parte importante de su valor.

Finalmente, **otro derivado** de la madera de gran utilidad, es el **papel**. Es una **hoja delgada y lisa, preparado con fibras vegetales**. Químicamente está constituida por **celulosa** impura, sustancia que forma el armazón de las plantas y que se encuentra en las células de los tejidos vegetales. A partir de un conjunto de capas de papel comprimidas se obtiene el **cartón**, que es más resistente. Y otro derivado es el **corcho** (impermeable, ligero y aislante), que se obtiene de la corteza del alcornoque.

•Aplicaciones de la madera.

La madera se ha utilizado tradicionalmente en la construcción en columnas y vigas, aunque actualmente ha sido sustituida por el hormigón y el acero. Sigue utilizándose en:

- Puertas, ventanas, marcos, muebles,... Las de gran resistencia mecánica (pino, abeto, cedro).
- Muebles, carpintería interior. Las que presentan veteados vistosos y admiten un buen pulido (haya, fresno, nogal, roble).
- Muebles de lujo, esculturas, instrumentos musicales. Las exóticas (caoba, ébano). También se laminan en chapas delgadas, 0,4 – 0,6 mm, para revestir tableros de maderas más baratas.

•Tratamientos de la madera.

Generalmente, la madera una vez trabajada, debe sufrir algún tratamiento complementario que garantice su protección de agentes externos (humedad, sol, hongos, insectos...). Los recubrimientos protectores no influyen en la estructura de la madera, aumentan la duración del trabajo y facilitan su conservación y buen aspecto.

Estos tratamientos consisten en la aplicación de pinturas, ceras, barnices, tintes... que, además de proteger, dan una estética adecuada.

En el proceso de secado, se emplean algunas sustancias para proteger la madera, como: sulfato de cobre (elimina los hongos), cloruro de cinc, azufre derretido, creosota (líquido oleaginoso derivado del alquitrán que protege de la intemperie), resinas, aceite de linaza, etc.

4.4. MATERIALES PÉTREOS Y CERÁMICOS

Dentro de los materiales de construcción, además de los ya estudiados como madera y metales, existen otros como los **pétreos y cerámicos**. Se engloba al conjunto de rocas que emplea el ser humano.

4.4.1. Rocas naturales

Los *materiales pétreos* utilizados en la construcción son las *rocas*. Éstas son agregados de partículas minerales muy grandes y sin forma determinada que se encuentran en la naturaleza.

Actualmente se utilizan principalmente para ornamentación. Son ejemplos, los granitos, mármoles y pizarras. Estos son materiales muy apreciados en la construcción, por ser muy resistentes a las condiciones medioambientales, pero presentan el inconveniente de tener un coste alto.

Las rocas pueden ser:



- **Ígneas:** Proceden del enfriamiento de un magma. Formadas básicamente por silicatos, Al, Fe, Ca, Mg, Na y K. Según el enfriamiento sufrido, tienen estructura diferente: vítreas (brusco) y cristalinas. Se dividen en volcánicas y plutónicas.

Las *volcánicas* son las que salen al exterior de la corteza: basalto o piedra pómez. Son porosas y poco resistentes.

Las *plutónicas* no llegan a aflorar: granito, sienita o gabro. Son duras, resistentes a la intemperie y a los esfuerzos de compresión.

- **Sedimentarias:** Partículas de gravas, arenas,... que han sido arrastradas por los agentes atmosféricos y que se han asentado en determinadas zonas. Se presentan en forma de estratos y pueden cuartearse fácilmente. No son tan duras como las ígneas. Las más utilizadas son: silíceas (arenas, gravas), arcillas y calizas.

Las *silíceas* están formadas por **arenas y gravas**.

Las *arcillosas* proceden de las rocas ígneas y usadas para **cemento y ladrillos**.

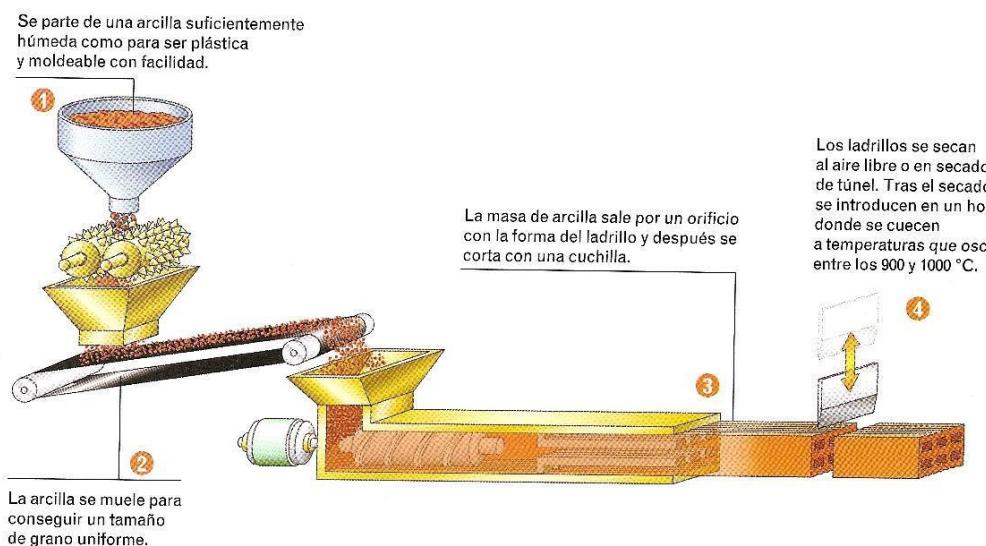
Las *calizas* se usan en construcción, **como revestimiento o como conglomerantes**. Tienen elevada resistencia a la compresión. Calcita: carbonato de calcio y yeso.

- **Metamórficas:** Si las rocas anteriores sufren grandes presiones y elevadas temperaturas, se producen transformaciones en la estructura cristalina de las rocas y dan lugar a las metamórficas. Las más importantes son los **mármoles, pizarras y gneis**.

4.4.2. Materiales cerámicos

Bajo esta denominación están los elementos fabricados a partir de **materiales terrosos cocidos**.

Las materias primas son **arcilla** (le da consistencia) o caolín (que es un tipo de arcilla muy pura y le aporta color blanco y textura fina) que, una vez moldeada, se somete a un proceso de secado y cocción posterior que le hace perder agua y convierte a estos materiales en **duros pero frágiles**. Son silicatos de aluminio hidratados. Se emplean también aditivos como cuarzo, colorantes y fundentes.



Se caracterizan por ser:

- _ Químicamente inertes
- _ Plásticos cuando se introducen en agua
- _ Duros y frágiles en ausencia de agua
- _ Resisten altas temperaturas
- _ Baja porosidad

• Se clasifican como

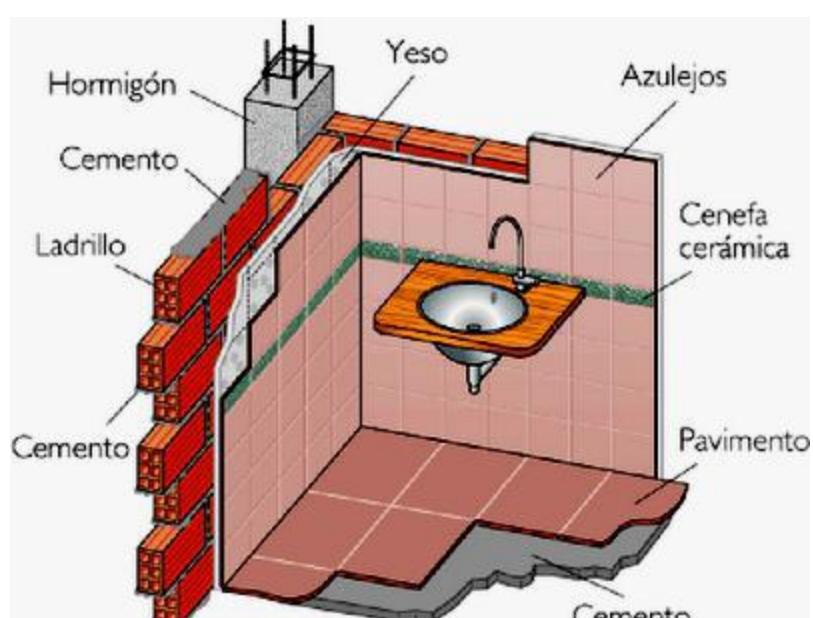
- **Cerámicos porosos:** No han sufrido vitrificación (que adoptan un aspecto similar al vidrio), pues no llega a fundirse el cuarzo con la arena. Destaca la **arcilla cocida y la loza** (cuya materia prima es la arcilla).
- **Cerámicos impermeables:** Ha sufrido vitrificación, pues la mezcla ha sido sometida a altas temperaturas y el cuarzo llega a fundirse con la arena. Destacan el **gres y la porcelana** (cuya materia prima es el caolín).

Veamos algunos de los más usados:

· **Ladrillos, tejas y bovedillas:** fabricados con arcilla de muy diversa calidad, según la zona geográfica de procedencia. Una vez moldeados se secan y cuecen a 900 – 1200°C, lo que aumenta su resistencia mecánica. Existen muchas calidades y formas según la aplicación deseada.



· **Azulejos y pavimentos cerámicos:** hechos con arcillas especiales que, durante su moldeo, se prensan a altas presiones y se revisten de un material (barniz coloreado) que, tras el proceso de cocido presenta una dureza alta.



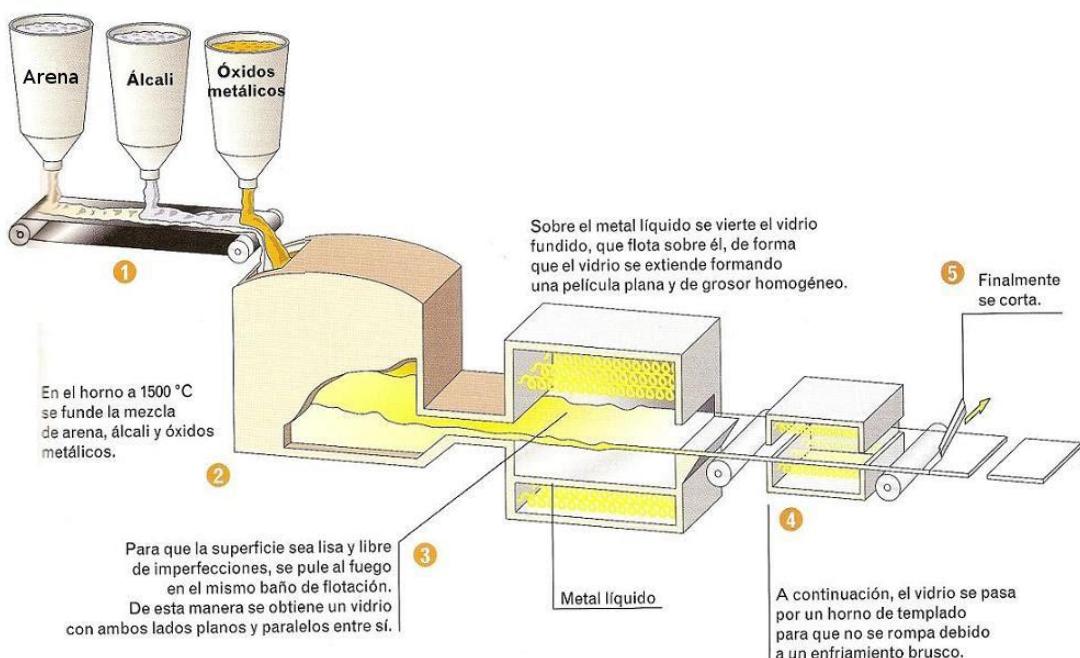
· **Porcelana y loza:** a base de caolín, arcillas blancas, sílice y feldespato finamente pulverizados. La porcelana está totalmente vitrificada tras ser sometida a dos procesos de cocción; sin embargo, la loza sólo presenta su cara externa vitrificada. Poseen una especial resistencia al calor y a agentes químicos por lo que, más que en construcción, se emplean para material de cocina y sanitarios (loza), laboratorio, aislantes eléctricos (porcelana)...

· **Materiales refractarios:** Formados por arcillas refractarias, de alto contenido en sílice. Se usan para revestimiento de hornos industriales (altos hornos y convertidores) y otras aplicaciones, donde deben resistir altas temperaturas sin fracturarse. Soportan entre 1400 – 1600°C. Para temperaturas superiores se añade un aglomerante orgánico.

· **Vidrio:** material cerámico formado por la fusión a altas temperaturas (>1000°C) de:

- Arena o sílice (SiO_2), un 75%, es el elemento principal, le confiere resistencia mecánica.
- sosa (NaCO_3), un 15%, actúa como fundente, bajando el punto de fusión.
- caliza (CaCO_3) en un 10%, es un estabilizante. Le suministra dureza y brillo.
- otros componente que dependerán del tipo de vidrio a obtener (colorantes...).

Es un material duro, transparente, con estructura amorfía (no cristalina) y con elevada resistencia a la tracción.



· **Fibra de vidrio:** Se obtiene mediante extrusión de la masa de vidrio a través de unas boquillas con diámetro inferior a 0,1 mm. Los hilos obtenidos se deshilachan con vapor recalentado y posteriormente se secan. A continuación unos rodillos los estiran para aumentar su resistencia. Se les somete a una ligera torsión y se enrollan en una bobina.

Con la fibra de vidrio se producen filamentos a partir de los que se obtienen **tejidos y fieltros que se emplean como aislantes térmicos y acústicos**. También se usan para reforzar planchas de escayola y distintos tipos de plásticos.

Existen algunas enfermedades generadas por la manipulación de materiales cerámicos y que pertenecen a grupo de las **neumoconiosis** (polvo de minerales: acero,...). De ellas, la **silicosis** es producida como consecuencia de la inhalación prolongada de polvo de sílice (expectoración, fatiga, descompensación cardiaca y muerte).

4.4.3. Materiales aglomerantes

Son materiales con **propiedades adhesivas** que, **amasados con agua, fraguan** (reacción química del aglomerante al contacto con el aire o con el agua, que provoca su endurecimiento) primero y endurecen después. Los más importantes son **la cal, el yeso y el cemento**.

· **Cal:** es el producto resultante de la descomposición de las rocas calizas (CaCO_3), según la reacción:



Se produce en hornos de cal denominados *caleras* a temperaturas cercanas a los 900°C.

El producto obtenido es la **cal viva** u óxido de calcio. Este óxido reacciona de manera exotérmica con el agua, alcanzando los 160°C y originándose hidróxido de calcio, también llamado **cal apagada**.



La cal apagada se endurece lentamente al aire por un proceso de carbonatación (absorción de CO_2) produciéndose de nuevo carbonato cálcico y actuando como aglomerante.

Este proceso sólo se produce en aire seco y acaba a los seis meses. Esta **cal** se denomina **aérea** y experimenta una contracción durante el fraguado que puede dar lugar a la formación de grietas.

En Canarias aún existen antiguos hornos de cal que fueron explotados hasta los años sesenta, cuando la cal fue sustituida por el cemento como aglomerante. Las piedras calizas se extraían de las islas orientales. De hecho, la industria de la cal fue muy importante en Fuerteventura, donde, en el año 1964, se exportaron más de 74.000 toneladas de este producto.

· **Yeso:** Es una sustancia natural que se obtiene a partir de las piedras de yeso (sulfato cálcico dihidratado; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Se extrae en canteras de superficie, se tritura y se cuece a altas temperaturas (450°C) para provocar su deshidratación. Es un material barato ya que, ni el proceso de extracción ni el de obtención requieren grandes aportes energéticos.

Material conocido desde el tiempo de los egipcios y muy empleado por los árabes. Fragua en contacto con el agua. Se adhiere muy bien a infinidad de elementos salvo la madera. Tampoco debe usarse en la sujeción de materiales ferrosos, pues provoca su oxidación inmediata. Su principal inconveniente es que es higroscópico (absorbe mucho la humedad), por lo que no debe emplearse para exteriores.

Se clasifica en:

- **Yeso negro:** Obtenido de modo tradicional. Se usa para enlucidos de obras no vistas.
- **Yeso blanco:** Mayor pureza que el anterior, mejor molido. Se usa en enlucidos y estucados (yeso blanco + agua de cola) de paredes vistas.
- **Escayola:** Yeso de mayor calidad, molido hasta obtener polvo impalpable. Se usa en acabados, molduras y decoración de interiores.

· **Cemento y hormigón:** El cemento se considera un **aglomerante** (especie de pegamento) en forma de polvo que tiene la propiedad de endurecer (fraguar) una vez que se le ha añadido agua y se ha dejado secar, incluso en ausencia de oxígeno. Cuando fragua adquiere una **buenas resistencia a la compresión**.

Existen muchas variedades de cemento, aunque la más conocida y empleada es el **cemento Portland**. Es una mezcla de **cal** (CaO , 60 – 67%), **sílice** (SiO_2 , 17 – 25%) y **alúmina** (Al_2O_3 , 3,6 – 8%), también algo de **óxido de hierro y de magnesio** (Fe_2O_3 , 0,5 – 6% y MgO , 0,1 – 5%) que fragua cuando se mezcla con agua.

Su **proceso de fabricación** consta de las siguientes fases:

- **Preparación del crudo.** Las materias primas se extraen de las canteras, se Trituran y se muelen, mezclándose a continuación, bien sea en seco o en húmedo.
- **Calcinación.** La mezcla se calcina en un horno rotatorio que gira sobre un eje inclinado, a una temperatura entre 1300 – 1400°C.

- Se forma una masa de granos duros, de 3 – 20mm de diámetro, que recibe el nombre de **clínquer**.
- En el extremo inferior el **clínquer** pasa a unos enfriadores y se almacena.
- **Molienda**. Se muele el **clínquer** en unos molinos enfriados exteriormente con agua para favorecer la disipación del calor liberado. Durante esta operación se le añade yeso (2-3%), para regular el fraguado posterior del cemento.
- Una vez molido se almacena en silos (lugar subterráneo seco y oscuro) y se envasa en sacos o bien se transporta en cisternas.

La reacción de fraguado de este cemento tiene lugar en dos fases: la primera es *rápida*, en unas 24 horas; la segunda consiste en un endurecimiento *lento*, lo que requiere tiempos cercanos al mes.

Las características del cemento son:

- Baja resistencia a la tracción
- Alta resistencia a la compresión
- Es atacado lentamente por el agua, ácidos diluidos y algunas soluciones salinas
- Baja relación coste/peso

En aplicaciones se usa mezclado con **áridos (arena, gravilla, o grava)** como aglomerante en construcción en forma de **mortero** (sin grava), como material de construcción en el **hormigón**, como cemento prensado en losetas para **pavimentos** y piezas prefabricadas en funciones de **ladrillería**,...

El **hormigón** es la mezcla de **cemento, arena y agua al que se le suele añadir grava**. Las proporciones de los componentes dependen del tipo de hormigón que se desee (dureza, tiempo de fraguado, resistencia a agentes ambientales,...). La cantidad de cemento/m³ de hormigón influye en su *impermeabilidad* y en su *resistencia mecánica*, pero a la vez aumenta su contracción durante el fraguado provocando grietas, por lo que no debe sobrepasarse el límite de 460kg/m³.

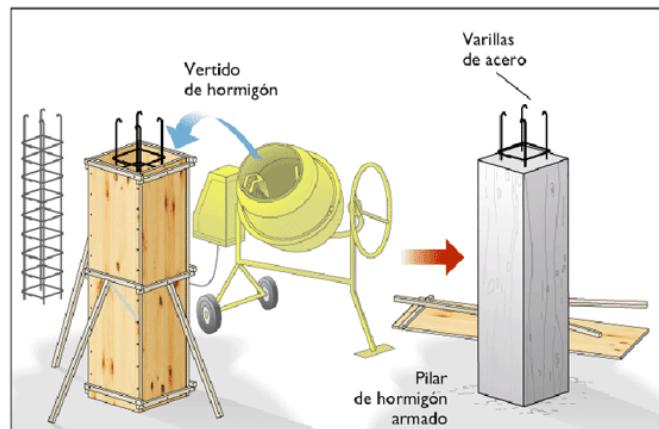
Es un material muy resistente a la compresión, pero no a la tracción, por lo que no es adecuado para vigas. Para mejorar esta propiedad, es necesario recurrir al **hormigón armado** y al **hormigón pretensado**.

El **hormigón armado** se obtiene añadiendo al hormigón fresco una **armadura de varillas o barras de acero** debidamente dimensionadas. Se consigue así un material **resistente tanto a la tracción como a la compresión**.

La **obtención de estructuras de hormigón armado** se realiza de la siguiente manera: se dispone de un **encofrado o molde** con la forma del elemento de construcción que se desea conseguir, se introduce en él la **armadura de acero** y se vierte el **hormigón fresco** en el interior del encofrado de modo que recubra y envuelva la armadura. Cuando el hormigón ha fraguado **se retira el encofrado** y se obtiene el elemento.

En el caso de una viga, la armadura se sitúa en la zona inferior del elemento, sometida a esfuerzos de tracción, mientras que la masa de hormigón se acumula en la zona superior sometida a esfuerzos de compresión. Así, las vigas soportan bien los esfuerzos de flexión.

El recubrimiento de hormigón, una vez fraguado, garantiza la impermeabilidad de la estructura y por tanto la inoxidabilidad de la armadura de acero.



Como la unión entre el hormigón y el acero es puramente mecánica, es conveniente que las barras de refuerzo estén retorcidas o posean salientes superficiales, incrementando así la adherencia y evitando el deslizamiento.

El **hormigón pretensado** es necesario cuando los **esfuerzos de tracción** a los que se somete el hormigón armado son **muy grandes**. En este caso, las barras de las armaduras pueden experimentar dilatación elástica, con lo que el hormigón que las recubre se rompe.

Para mejorar esta resistencia a la tracción, hay que **tensar las barras de acero** para compensar la dilatación. Así se obtiene el hormigón pretensado, que es una variedad del hormigón armado cuyas barras han sido tensadas.

La principal ventaja del hormigón pretensado deriva del menor coeficiente económico resistente de los alambres de acero especial que se emplean, debido a la posibilidad de alcanzar enorme resistencias gracias a los procesos de trefilado (reducción de la sección) a que son sometidos y que permiten obtener alambres de pequeños diámetros.

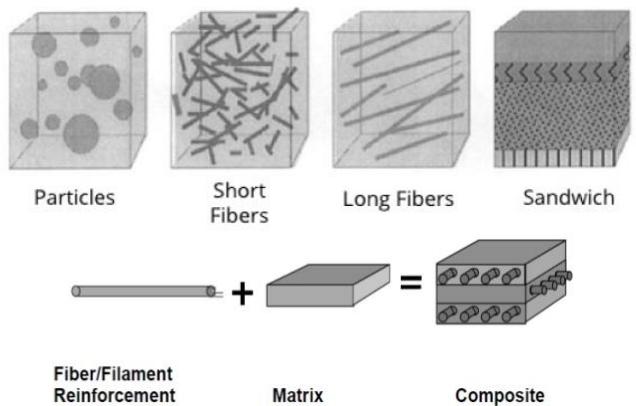


4.4.4. Composites.

Estos materiales combinan la **materia plástica y el refuerzo con fibras**. Aunque su coste es más elevado que el de los materiales tradicionales, aportan a sus usuarios importantes ventajas gracias a sus propiedades, en particular la ligereza y la resistencia, lo que ha dado lugar a un importante mercado en el campo de la construcción de automóviles, la aeronáutica y la construcción.

Los materiales compuestos están integrados por una matriz orgánica, **polímero** (termoplástico o termoestable), y una estructura de refuerzo que puede presentarse en forma de partículas, fibras cortas, largas o continuas. Los refuerzos que más se usan son las **fibras, normalmente de vidrio, de carbono o de aramida** (fibras e hilos sintéticos obtenidos a partir de poliamidas; conservan buenas propiedades mecánicas a temperaturas elevadas. Sustituyen a fibras de vidrio y metal. Se usan en **neumáticos, chalecos antibalas, ingeniería aeroespacial, aviación**).

Type of Composites



Según las características de la matriz y de los refuerzos, se distinguen generalmente dos grandes familias:

- *De gran difusión*, no excesivamente caros, ocupan una cuota importante del mercado.
- *De altas prestaciones*, normalmente reforzados con fibras continuas de carbono o dearamida y reservados para sectores de alto valor añadido: aeronáutica, medicina, deportes y recreo.

Estos materiales compuestos, presentan una serie de propiedades que los distingue de los tradicionales:

- Resistencia mecánica y química (corrosión)
- Aumenta la vida útil gracias a su resistencia a la fatiga
- Mantenimiento reducido

- Resistencia a los impactos y al fuego
- Aislamiento térmico, sonoro y a veces eléctrico.
- Simplicidad de diseño por facilidad de conformado
- Ligereza

El coste de fabricación de los composites es bastante superior al de los materiales tradicionales, como el acero, la madera o el aluminio, pero ahorrando piezas de encaje y mecanización, reduciendo de manera importante los gastos de mantenimiento y aumentando la vida útil y la seguridad, las ventajas de los materiales compuestos pueden valorizarse en términos de beneficios con el uso.

4.5. FIBRAS TEXTILES

Las fibras textiles son unidades de materia cuya longitud es muy superior a su diámetro y se emplean para fabricar tejidos. Varias fibras textiles constituyen el **hilo**, los cuales forman el **tejido**.

•Clasificación

· Segundo su longitud:

- Discontinuas: Su longitud es limitada. Las fibras naturales (salvo la seda) pertenecen a este grupo.
- Filamentosas: Su longitud es prácticamente ilimitada, depende de las condiciones de fabricación. Las fibras no naturales pertenecen a este grupo.

· Segundo su naturaleza:

NATURALES		Minerales	Amianto
		De semillas: Algodón, capoc.	
		Del tallo: lino, yute, cáñamo, ramio.	
		De la hoja: esparto, pita, sisal	
		Del fruto: coco	
		Del pelo: lana, mohair, cachemira, alpaca	
	Animales	Del filamento: seda, tussur	
		De la piel: cuero	
		Minerales	Metálicas (oro, plata, cobre)
		Celulósicas	Rayones
QUÍMICAS	Artificiales	Proteínicas	De la caseína de la leche: fibrolane, lanital
			De maíz: vícara, salón
		Algínicas	Rayón alginato
		Minerales	Fibra de vidrio
		De poliadición	Polivinílicas
	Sintéticas		Polietilénicas
			Polipropilénicas
			Poliuretano
		De Policondensación	Poliamidas (nylon)
			Poliésteres

•Características que deben analizarse en las fibras textiles

- *Textura*: Es decir, aspecto y sensación al tacto. Esta propiedad está determinada por la estructura microscópica de las fibras, especialmente la forma.
- *Resistencia mecánica*: Especialmente la resistencia a la tracción y por ende a la rotura.

- **Propiedades eléctricas:** Las fibras textiles son buenas aislantes.
- **Resistencia a la humedad:** Llamada reprise. El agua tiende a hinchar las fibras, especialmente aquellas de origen vegetal.
- **Resistencia química:** Especialmente a los álcalis y ácidos.
- **Resistencia a la luz:** El sol tiende a degradar la mayoría de las fibras.
- **Resistencia al calor:** En algunos casos tiende a carbonizar la fibra (origen natural).

•Fibras naturales

- **Algodón:** Los tejidos de algodón son confortables, inertes, absorben fácilmente el sudor y en general el agua. Tienden a encoger y desteñir. Su precio es relativamente elevado.
- **Lino:** Tiene una alta resistencia mecánica y son muy elásticas. Es un buen conductor térmico, por lo que sus tejidos son frescos. Resiste mejor que el algodón las lejías (álcalis) y tienen tendencia a arrugarse.
- **Lana:** Tiende a desteñirse con la luz, tiene una resistencia mecánica relativamente baja que compensa con su elasticidad. Si está húmeda es poco resistente. Absorben mucho la humedad. Textura suave.
- **Seda:** Es un filamento proteínico producido por el gusano de la seda. Es una fibra ligera, muy resistente a la tracción tanto en húmedo como en seco, absorbe rápido la humedad aunque es resistente a ella, se descompone rápido con el calor y la luz también la descompone.

•Fibras artificiales

Son aquellas fibras obtenidas a partir de productos naturales. La primera fibra artificial obtenida fue la seda artificial a finales del siglo XIX, también llamados rayones.

- **Rayones:** Tiene propiedades similares a la seda, pero es más barata, mejor resistencia química, aunque tienden a ser inflamables. La variedad más extendida es la viscosa.

•Fibras sintéticas

Son fibras obtenidas artificialmente a partir de productos que se elaboran por síntesis química en los laboratorios o industrias. La primera fibra sintética fue el nylon en 1938, que provocó una revolución industrial. Las fibras sintéticas introdujeron las siguientes **ventajas**.

- Gran duración y mayor resistencia mecánica.
- Fácil mantenimiento (se arruga menos)
- Mejor precio

Aunque presentan **desventajas**

- Absorben poco la humedad, es decir, transpiran menos
- Pueden producir alergias dérmicas.

A pesar de ello, **son las fibras más extendidas**.

Destacan:

- **Fibras poliamídicas:** siendo la más importante el **nylon**. Es muy elástica, tiene elevada resistencia mecánica y elevada resistencia al desgaste. Se degrada bajo la acción de la luz, pero inmune al moho y la humedad. Es inerte y no absorbe agua.
- **Fibras de poliéster:** Son muy resistentes al ataque químico y prácticamente inarrugable, aunque atraen el polvo fácilmente. Posee larga duración y fácil mantenimiento.
- **Fibras de poliuretano:** Destaca la **licra**. Son fibras muy elásticas.

4.6. NUEVOS MATERIALES.

Los nuevos materiales están permitiendo fabricar de otra manera productos que ya tenemos y también están abriendo las puertas a procesos de producción y a objetos novedosos, con propiedades impensables hasta ahora.

4.6.1. Semiconductores.

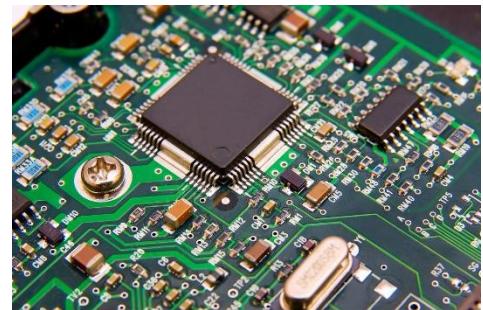
Materiales que se comportan como **conductores** solo en determinadas condiciones, en otras condiciones se comportan como **aislantes**. Por eso se dice que están en un punto intermedio entre los conductores y los aislantes.

Por ejemplo, hay materiales que a partir de una cierta temperatura son conductores, pero por debajo de esa temperatura, son aislantes. Otros factores que pueden influir en la conductividad de los semiconductores son la presión, presencia de un campo magnético o eléctrico o una radiación incidiendo sobre el semiconductor.

El **Silicio** y el **Germanio** son los semiconductores más usados.

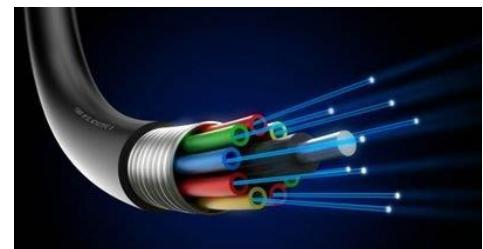
Se aplican en diodos, transistores, circuitos integrados, sensores...

Descubierto a mediados del siglo XX, ha supuesto la **revolución electrónica e informática** que vivimos hoy en día.



4.6.2. Fibra óptica.

Filamento de material dieléctrico, como el **vidrio o los polímeros acrílicos**, capaz de conducir y transmitir **impulsos luminosos** de uno a otro de sus extremos; permite la transmisión de comunicaciones telefónicas, de televisión, datos, etc., a gran velocidad y distancia, sin necesidad de utilizar señales eléctricas, por lo que es inmune a interferencias eléctricas o electromagnéticas. Permite una mayor velocidad, ancho de banda y seguridad en las transmisiones.



4.6.3. Materiales híbridos.

Están formados por la unión de **materiales de diferente naturaleza, generalmente orgánicos e inorgánicos, mezclados químicamente**. Presentan propiedades superiores a las que sus componentes tienen por separado. La fase dispersa en una matriz, tiene un tamaño promedio inferior a algunas decenas de micrómetros. (si la fase dispersa es macromolecular se considera híbrido-**Composite**).

Un ejemplo de material híbrido es la **fibra de carbono**, formada por una serie de filamentos de carbono de entre 5 y 10 µm, unidas mediante polímero termoestable. Tiene una gran resistencia mecánica y es muy ligero, es muy flexible y resistente a temperatura y corrosión. Se usa para industria aeroespacial y naval, carrocerías de coches, motos, en la construcción y en equipamiento deportivo.

Actualmente podemos encontrar:

- **Materiales superconductores**, capaces de obtener una resistencia nula al paso de la corriente. Se utilizan principalmente en instalaciones científicas y en aparatos de medicina nuclear.
- **Materiales cerámicos avanzados**, con una mayor resistencia mecánica. Se aplican en motores de última generación.
- **Biomateriales**. Diseñados para funcionar en contacto con tejido vivo. Puede insertarse en tejidos y órganos del cuerpo humano.
- **Materiales inteligentes**. Son capaces de responder ante estímulos externos, cambiando de forma, de color, o de propiedades electrónicas como respuesta a cambios de luz, temperatura, tensión, etc.

4.6.4. Nanomateriales

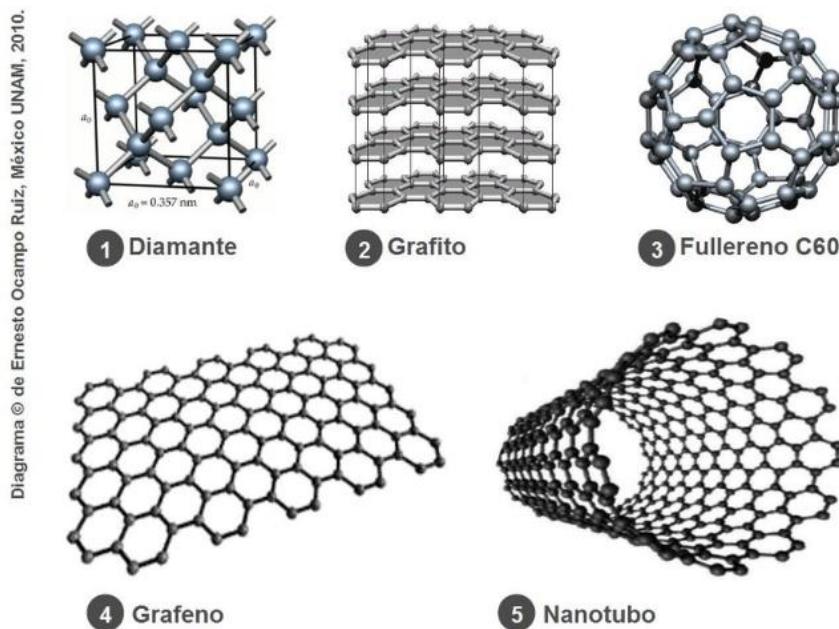
La **nanotecnología** permite diseñar y manipular la materia a **escala atómica** (dimensiones de menos de 100 nanómetros). En esta escala, el comportamiento de la materia se rige por las leyes de la **física cuántica** y las propiedades no dependen del número de átomos de dicho material, sino del propio átomo.

Así, a escalas nanométricas, sustancias opacas se vuelven transparentes (cobre), materiales estables se convierten en combustibles (aluminio), sólidos a temperatura ambiente se vuelven líquidos (oro) o aislantes se vuelven conductores (silicona).

Las posibilidades son casi infinitas, se están descubriendo materiales de construcción que absorben CO₂, tejidos que no se manchan, materiales que se autorreparan o incluso órganos capaces de crecer de forma autónoma.

Los **nanocomuestos de carbono** han evolucionado mucho en los últimos años. Se basan en que según su forma cristalina, es decir, según están enlazados sus átomos, tienen propiedades muy diferentes, a pesar de estar exclusivamente constituidos por átomos de carbono.

- **Grafeno.** Capa finísima de átomos de carbono. Buen conductor, ligero, transparente y muy duro. Se aplica en circuitos integrados y papel electrónico flexible.
- **Fulereno.** Puede actuar como conductor, es magnético, resistente y tiene propiedades biológicas. Se usa en medicina, pues al contacto con determinadas sustancias o células, se rompe liberan el medicamento contenido en su interior.
- **Nanotubos.** De 10 a 100 veces más resistentes que su equivalente en acero. Ligeros. Conducen electrones sin pérdida de energía. Se usan para pantallas multitáctiles.



Bibliografía usada:

Apuntes Tecnología Industrial 1º Bachillerato I.E.S. Dr. Antonio González González – Tejina
Tecnología Industrial 1º Bachillerato. Ed. Everest
Tecnología Industrial 1º Bachillerato. Ed. Santillana
<http://agrega.juntadeandalucia.es>
<https://tecjoseluis.wordpress.com>