MATERIA: TECNOLOGÍA INDUSTRIAL I.
BLOQUE III: MATERIALES.

TEMA 13. MATERIALES METÁLICOS: METALES NO FERROSOS.

ÍNDICE:

1. GENERALIDADES
2. COBRE
   2.1. Metalurgia del cobre.
   2.2. Aleaciones de cobre.
   2.3. Aplicaciones del cobre.
3. ESTAÑO
   3.1. Metalurgia del estaño.
   3.2. Aplicaciones del estaño.
4. PLOMO
   4.1. Metalurgia del plomo.
   4.2. Aplicaciones del plomo.
5. CINC
   5.1. Metalurgia del cinc.
   5.2. Aleaciones de cinc.
   5.3. Aplicaciones del cinc.
6. ALUMINIO
   6.1. Metalurgia del aluminio.
   6.2. Aleaciones de aluminio.
   6.3. Aplicaciones del aluminio.
7. OTROS METALES
   7.1. Níquel.
   7.2. Cobalto.
   7.3. Wolframio.
   7.4. Cromo.
   7.5. Titanio.
   7.6. Magnesio.
   7.7. Berilio.
8. ACTIVIDADES DE SÍNTESIS.
9. RECURSOS WEB.
10. BIBLIOGRAFÍA.

Algunos de los metales no ferrosos que consideraremos, tales como el cobre, el plomo y el estaño, son conocidos desde la más remota antigüedad; sus propiedades mecánicas (resistencia a la rotura y a la deformación, dureza y brillo característicos) hicieron posible que el ser humano primitivo aprendiera a obtenerlos y los empleara en la fabricación de utensilios y armas que hasta entonces habían sido de piedra, madera o barro. Otros metales también no ferrosos, como cinc, aluminio, cobalto, níquel, magnesio... fueron descubiertos más recientemente y utilizados con gran éxito.

Todos ellos poseen en la actualidad una gran importancia a nivel tecnológico. Se calcula que el 16% de la corteza terrestre está formada por combinaciones de cobre, cinc y plomo; el aluminio participa con un 8% en la composición de la misma, aunque la abundancia no vaya ligada necesariamente a la facilidad o posibilidad de obtención.

Sus aplicaciones son muy variadas, entre las que destacan: construcción, material de transporte, bienes eléctricos y electrodomésticos... Su gran incidencia en la tecnología actual justifica el contenido de este Tema.

1. GENERALIDADES.

Los metales no ferrosos se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- **Metales no ferrosos pesados**. Pertenecen a este grupo los metales como el cobre, estaño, plomo, níquel, cinc, cobalto, wolframio y cromo, cuyas densidades son mayores de 5 g/cm^3.

- **Metales no ferrosos ligeros**. Los más importantes son el aluminio y el titanio, con densidades comprendidas entre 2 y 5 g/cm^3.

- **Metales no ferrosos ultraligeros**. Son el magnesio y el berilio, con densidades por debajo de 2 g/cm^3.

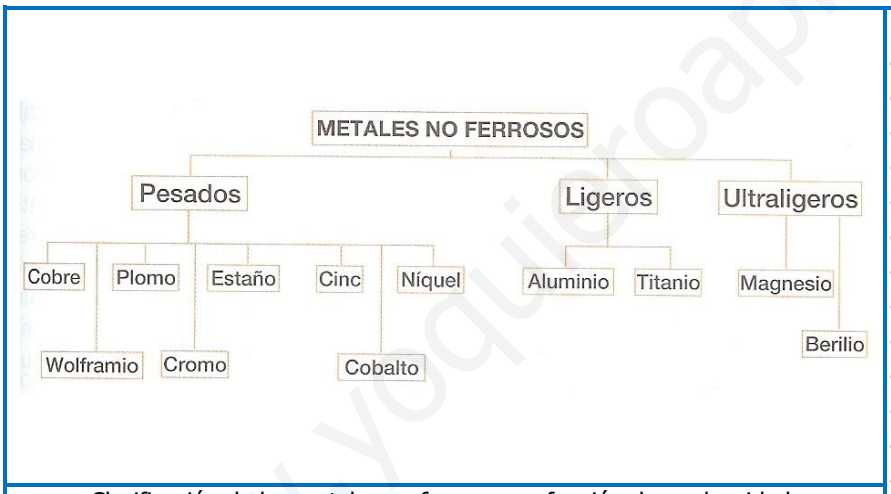
En general, todos ellos y sus aleaciones son resistentes a la corrosión y a la oxidación, aunque no es ésta su única cualidad, ya que:

→ Se pueden moldear y mecanizar fácilmente.

→ Poseen una resistencia mecánica elevada, en relación a su peso.

→ Algunos tienen una gran conductividad térmica y eléctrica.

→ Presentan un buen acabado superficial, que en ocasiones los hace útiles como elementos decorativos.



Clasificación de los metales no ferrosos en función de su densidad.

Densidades de los metales no ferrosos más usuales

Metal	Densidad (g/cm³)
Wolframio	19,3
Plomo	11,4
Cobre	8,96
Cobalto	8,90
Níquel	8,90
Estaño	7,30
Cromo	7,19
Cinc	7,14
Titanio	4,51
Aluminio	2,70
Berilio	1,85
Magnesio	1,74

2. COBRE.

El cobre es uno de los metales no ferrosos de mayor utilización; posee apariencia metálica y es de color pardo-rojizo. Su conductividad eléctrica es elevada (solamente superada por la plata, mucho más cara), así como también su conductividad térmica. Es un metal bastante pesado, con una densidad de 8,96 g/cm^3. Resiste la acción de los agentes atmosféricos y no comienza a oxidarse hasta una temperatura de 120 ºC. Es muy dúctil, pudiendo estirarse en hilos muy finos; también es maleable.

2.1. Metalurgia del cobre.

Por regla general, los minerales más utilizados para la obtención del cobre son los sulfurados. Contienen siempre hierro en gran cantidad, así como otras impurezas, algunas de las cuales (bismuto, oro, plata, níquel...), debido a su carácter valioso, interesa recuperar.

Existen dos métodos para obtener el cobre de forma industrial:

• **Por vía seca**. Se utiliza en minerales cuyo contenido en cobre (después de su enriquecimiento o concentración) sea del orden de un 15%. Es el más utilizado.

www.yoquieroaprobar.es

• **Por vía húmeda**. Trata minerales más pobres, de contenido en metal de un 3%.

Conductividades relativas eléctrica y térmica de algunos metales puros a 20 ºC		
Metal	**Conductividad eléctrica relativa *(Cobre = 1)***	**Conductividad térmica relativa *(Cobre = 1)***
Plata	1,06	1,08
Cobre	1,00	1,00
Oro	0,72	0,76
Aluminio	0,62	0,56
Magnesio	0,39	0,41
Cinc	0,29	0,29
Estaño	0,15	0,17
Plomo	0,08	0,09

El cobre en la Naturaleza.
El cobre es un elemento de moderada abundancia en la corteza terrestre. Frecuentemente se encuentra agregado a otros metales como oro, plata, bismuto y plomo, y también en ocasiones en estado nativo, apareciendo en pequeñas partículas en rocas, aunque se han encontrado masas compactas de hasta 420 toneladas.

También se presenta en forma de minerales, que pueden ser:

• **Sulfurados**: son importantes la **calcopirita** ($CuFeS_2$) y la **calcosina** (Cu_2S).

• **Oxidados**: destacan la **cuprita** (Cu_2O) **malaquita** ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$) y **azurita** ($2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$).

El procedimiento de vía seca consta de los siguientes pasos:

Proceso de obtención del cobre por vía seca.

1. *Trituración del mineral*. El material triturado se hace pasar luego por una criba, de manera que los trozos más grandes se someten de nuevo al proceso de trituración.

2. *Pulverización del mineral*. Se lleva a cabo por medio de un molino de bolas de acero que, al girar, pulverizan los trozos de material.

3. *Eliminación de la ganga*. El material pulverizado se introduce en un recipiente con agua y se agita para eliminar la ganga (rocas y tierra pulverizada).

4. *Tostación parcial*. El hierro tiene mayor afinidad por el oxígeno que el cobre. Por ello, efectuando una tostación con cantidad insuficiente de aire se oxida prácticamente solo el hierro y no el cobre. El producto resultante está constituido por óxido de hierro, sulfuros de cobre y hierro, algo de óxido de cobre y ganga.

5. *Formación de la mata*. Se funde la masa calentándola por encima de los 1.100 ºC, con lo que el hierro no oxidado anteriormente lo hace ahora y, junto con el óxido ya existente, se combina con la sílice y la cal presentes en la ganga (si el mineral no contiene bastante sílice, se agrega la necesaria) para formar una escoria constituida por silicatos complejos de hierro y calcio. Se obtienen así dos capas líquidas inmiscibles: la superior está formada por la escoria; la inferior, constituida principalmente por sulfuro de

cobre (I) y residuos de sulfuro de hierro (II), recibe el nombre de **mata**. Su contenido medio en cobre oscila entre un 25 y un 45%.

6. *Oxidación de la mata*. La mata fundida se vierte -junto con sílice- en un convertidor y se insufla una corriente de aire que oxida al azufre y al hierro. Se separan los óxidos volátiles y el óxido de hierro se une con la sílice para formar escoria, que se vierte inclinando el convertidor.

El proceso termina cuando comienza a oxidarse el cobre, momento en el que se extrae del convertidor y se deja solidificar (**cobre blíster**). Las reacciones químicas que tienen lugar en el interior del convertidor son:

$$2\ Cu_2S + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ Cu_2O + 2\ SO_2$$

$$2\ Cu_2O + Cu_2S \longrightarrow SO_2 + 6\ Cu$$

El cobre blíster (llamado así por las burbujas de SO_2 que lleva ocluidas) contiene alrededor de un 93% de cobre puro y una serie de impurezas, tales como hierro, azufre, plomo, cinc, níquel y metales preciosos.

7. *Refino del cobre bruto*. Tiene por objeto elevar la pureza del cobre hasta un 99,95%. Puede hacerse en horno de reverbero o electrolíticamente.

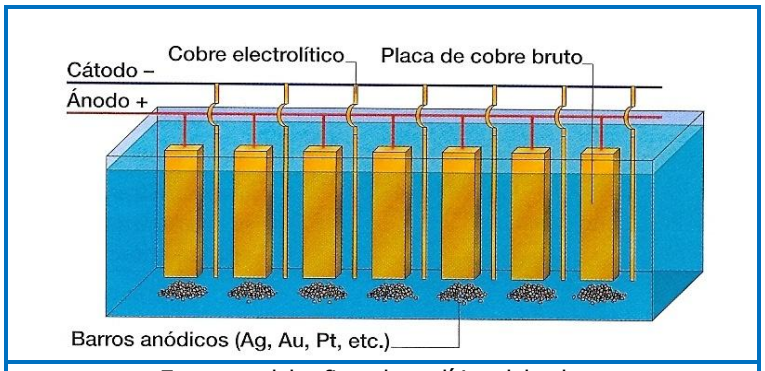
• **En horno de reverbero**. Los lingotes de cobre se funden a unos 1.150 ºC en atmósfera oxidante. De esta manera, las impurezas se oxidan y eliminan en forma de escoria (hierro, plomo, cinc) o de vapores (azufre). A continuación se introducen en el baño líquido troncos de madera verde. Los gases (hidrocarburos, hidrógeno...) que desprende la madera calentada, al burbujear a través del metal fundido, reducen todo el óxido de cobre que haya podido formarse en la operación anterior. El cobre así tratado se vierte en moldes para formar ánodos que se refinan luego por electrólisis.

El horno de reverbero.
Los hornos de reverbero son aquéllos en los que la llama producida al arder el combustible no incide directamente sobre la carga metálica, sino después de haberse reflejado (*reverberación*) en la bóveda del horno. Van provistos de una chimenea por la que se evacuan los productos de la combustión.

• **Refino electrolítico**. Los lingotes de cobre anteriormente obtenidos se colocan como ánodos de una cuba electrolítica que contiene una disolución de sulfato de cobre (II) acidulada con ácido sulfúrico. Los cátodos son láminas delgadas de cobre puro recubiertas de grafito e intercaladas entre los ánodos. Aplicando una tensión adecuada en los electrodos, el cobre de los ánodos se disuelve y se deposita en forma pura sobre los cátodos. En cuanto a las impurezas metálicas que acompañan al cobre, se pueden dar dos casos:

- Los metales menos nobles (cinc, hierro, etc.) se disuelven y quedan en la disolución en forma iónica.

- Los metales más nobles (plata, oro, platino) no se disuelven, depositándose -junto con otras impurezas no metálicas- en el fondo de la cuba formando los llamados **barros anódicos**, de los que se pueden recuperar dichos metales con posterioridad.



Esquema del refino electrolítico del cobre.

El procedimiento por **vía húmeda** consiste en disolver el mineral triturado con ácido sulfúrico diluido y sulfato de hierro (III); este último oxida el sulfuro de cobre (I), que pasa a la forma de sulfato. El hierro

existente en el mineral pasa a sulfato de hierro (II). Añadiendo hierro a la disolución anterior, precipita cobre:

$$CuSO_4 + Fe \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

con una pureza de solo el 80%. Por este motivo se prefiere llevar a cabo la precipitación del cobre de forma electrolítica, utilizando un ánodo de plomo insoluble y un cátodo de cobre. El metal así obtenido es muy puro y permite la recuperación del ácido.

¿Sabías que...?

La palabra cobre deriva del latín *cuprum*, por *cyprum*, del griego *Kyprós*, que es el nombre de la isla de Chipre, famosa en otro tiempo por sus yacimientos de mineral de cobre.

2.2. Aleaciones de cobre.

El cobre es un metal de gran aplicación industrial, tanto en sí mismo como formando parte de aleaciones. Entre ellas destacan las siguientes:

• **Bronces**. Son aleaciones de cobre y estaño; y, en ocasiones, de otros elementos. Poseen la resistencia a la corrosión de ambos, pero resultan mucho más duros y fuertes que cualquiera de los dos. Algunos de ellos, con sus aplicaciones correspondientes, se recogen en la tabla siguiente.

BRONCES COMERCIALES		
Bronce	**Composición**	**Aplicaciones**
Bronce ordinario	~90% Cu, ~10% Sn	Timbres y campanas, piezas mecánicas, engranajes y cojinetes
Bronce al fósforo	0,4–0,8% P	Válvulas, cojinetes, engranajes y correderas
Bronce al plomo	1-5% Pb	Cojinetes
Bronce al silicio	1-3% Si ~ 1% Mn	Fabricación de hilos eléctricos

• **Latones**. Son aleaciones de cobre y cinc, de color amarillo pálido y susceptibles de gran brillo y pulimento. Los latones comerciales empleados en la actualidad se resumen en el cuadro.

Denominación	Porcentaje de cinc	Aplicaciones
Metal de dorar (Tombak)	5% Zn	Imitación de oro. Joyería
Bronce comercial	10% Zn	Bisutería, forjados, ferretería
Latón rojo	15% Zn	Estampado, radiadores de automóvil, tubos resistentes a la corrosión
Latón bajo	20% Zn	Tubos flexibles; artículos estirados y estampados
Latón alto (amarillo)	34% Zn	Alfileres, roblones, instrumentos musicales, vainas para cartuchos...
Metal Muntz	40% Zn	Presenta las mejores propiedades a la tracción y para el trabajo en caliente

Latones comerciales.

• **Cuproaluminios**. Son aleaciones de cobre y aluminio. Ofrecen mayor resistencia a la corrosión que el cobre, debido a la presencia del aluminio. Son especialmente resistentes a la acción del agua del mar, empleándose en la fabricación de aletas, piezas de bombas, tubos de condensadores...

• **Cuproníqueles**. Son aleaciones de cobre con una proporción de níquel de hasta un 30%. Poseen una alta resistencia a la corrosión. Se emplean en aplicaciones como: monedas, contadores eléctricos...

www.yoquieroaprobar.es

• **Alpacas o platas alemanas**. Compuestas de cobre, níquel, cinc y estaño. El níquel les confiere color plateado y una buena resistencia a la corrosión. Se utilizan sobre todo en joyería, objetos de adorno, componentes de equipos quirúrgicos y dentales...

Los peligros del cobre.
Ingerido en forma de sulfato, el cobre resulta tóxico para el organismo. Existe una intoxicación aguda y otra crónica, caracterizada esta última por una coloración verde azulada de las encías y por trastornos nerviosos y digestivos.

¿Sabías que...?
A lo largo de la historia, el cobre se ha utilizado para:

- Acuñar monedas.
- Confeccionar útiles de cocina.
- Tinajas.
- Objetos ornamentales.

Incluso en otros tiempos era frecuente reforzar con cobre la quilla de los barcos de madera, pues esto protegía el casco en caso de posibles colisiones.

2.3. Aplicaciones del cobre.

La principal aplicación del cobre radica en su empleo como **conductor eléctrico**. Su ductilidad permite transformarlo en cables de cualquier diámetro, desde 0,025 mm en adelante. Puede usarse tanto en cables y líneas de alta tensión exteriores como en el cableado eléctrico de viviendas e interiores, para cables de lámparas y maquinaria eléctrica en general: generadores, motores, reguladores, equipos de señalización, aparatos electromagnéticos y sistemas de comunicaciones.

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

También, por su resistencia frente a las disoluciones empleadas en la industria (aunque los ácidos sulfúrico, nítrico y clorhídrico sí le afectan), es muy utilizado en las plantas químicas: serpentines, calderas y equipos de refrigeración.

3. ESTAÑO.

El estaño es un metal de color blanco plateado. Presenta menor dureza que el cinc y mayor que el plomo. A la temperatura de 100 °C es muy dúctil y maleable, pudiendo obtenerse hojas de papel de estaño de algunas décimas de milímetro de espesor. En caliente se vuelve muy quebradizo y puede pulverizarse. Es atacado por los ácidos fuertes.

El estaño existe en tres formas alotrópicas:

- Estaño blanco rómbico.
- Estaño blanco tetragonal.
- Estaño gris cúbico.

Las dos primeras formas del estaño son cristalinas; la última, estable por debajo de 18 ºC, se presenta en forma de polvo. Por debajo de esta temperatura el estaño blanco se convierte en polvo (estaño gris), con tanta mayor rapidez cuanto más baja sea la temperatura. Cuando se rompe una barra de estaño cristalino se oye un ruido crepitante, conocido con el nombre de **grito del estaño**.

El estaño es un elemento bastante escaso en la corteza terrestre, pues su abundancia es solo del 0,001 %, aunque se presenta concentrado en forma de minerales, el más importante de los cuales es la **casiterita** o piedra de estaño (SnO_2).

3.1. Metalurgia del estaño.

El estaño se puede obtener por medio de dos procedimientos distintos:

• Por **reducción pirometalúrgica de la casiterita**. La casiterita, previamente tratada para separarla de las impurezas que normalmente la acompañan, se conduce a un horno de reverbero donde, a una temperatura de alrededor de 1.200-1.300 ºC, se reduce mediante carbón de coque a estaño bruto:

$$SnO_2 + 2\ C \longrightarrow 2\ CO + Sn$$

Posteriormente se refina para separarlo de sus impurezas (principalmente, hierro y cobre), obteniéndose finalmente el metal con una pureza del 99,8%.

• Por **recuperación electrolítica de la hojalata**. La hojalata es acero recubierto de una capa de estaño. Debido a su gran consumo por parte de la industria conservera, se han ideado distintos métodos para recuperar a partir de ella el estaño que contiene. El más económico consiste en introducir la hojalata en una disolución de hidróxido de sodio, que disuelve el estaño, obteniéndose posteriormente el metal por electrólisis de dicha disolución.

3.2. Aplicaciones del estaño.

El estaño es un metal muy utilizado en centenares de procesos industriales en todo el mundo.

En estado puro se emplea para recubrir el acero formando hojalata, así como para la obtención de un gran número de aleaciones:

• **Bronce**. Aleación de cobre y estaño (estudiada en el apartado anterior).

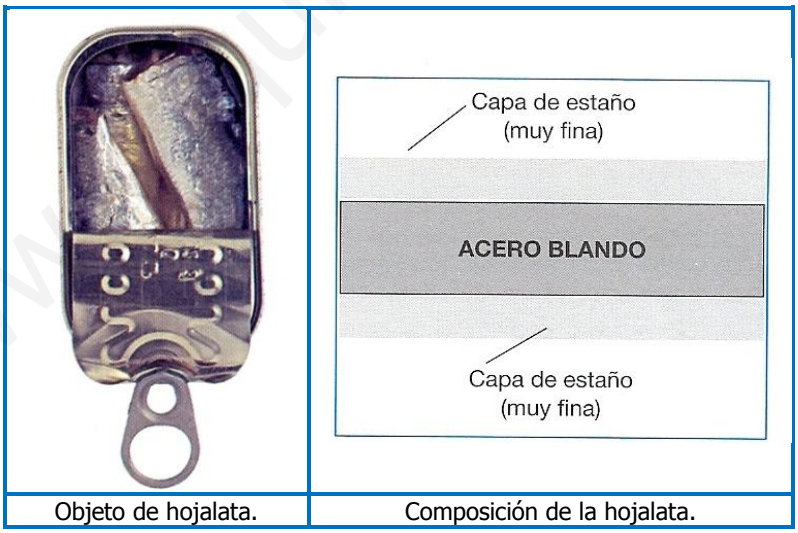
• **Metal de soldar** (para soldaduras blandas). Aleación de estaño y plomo.

• **Metal de imprenta**. Aleación de estaño, plomo y antimonio.

• **Aleaciones antifricción** (para cojinetes). Contienen cobre, antimonio y pequeñas cantidades de plomo añadidas al estaño.

• **Aleaciones de bajo punto de fusión**. Para su obtención se añaden bismuto, cadmio y plomo al estaño, el cual figura en cantidades muy variables. Se utilizan en la fabricación de fusibles eléctricos.

Además, se usa en la industria aeroespacial aleado con titanio, y como ingrediente de algunos insecticidas.



Objeto de hojalata.	Composición de la hojalata.

La peste del estaño.
El proceso de conversión del estaño en polvo gris por debajo de los 18 ºC se conoce como «enfermedad o peste del estaño». Así, en un invierno rigurosamente frío de 1851, el químico alemán Otto Linne Erdmann comprobó que los tubos de estaño del órgano de una iglesia se habían convertido en polvo. Pocos años más tarde se observó este mismo fenómeno en un cargamento de estaño que se encontraba almacenado en la ciudad rusa de San Petersburgo.

ACTIVIDAD:

1. ¿Cómo se recupera el estaño a partir de la hojalata? ¿Qué aleaciones importantes conoces del estaño? ¿De qué metales consta cada una? ¿Cuáles son sus aplicaciones?

www.quieroaprobar.es

4. PLOMO.

El plomo es un metal de color gris azulado, bastante pesado (su densidad es de 11,35 g/cm^3) y blando (puede rayarse con la uña). Recién cortado, presenta una superficie brillante, que se empaña en seguida al aire por la oxidación superficial que experimenta. Su punto de fusión es bajo (327,5 ºC).

Con la humedad se recubre de una capa de carbonato básico de plomo que lo hace muy resistente a los agentes atmosféricos.

4.1. Metalurgia del plomo.

Para la obtención del plomo suele emplearse como material de partida la galena, que se enriquece previamente mediante procesos de trituración y molienda, que separan la ganga y otros elementos presentes.

La galena enriquecida y finamente dividida, a la que se añaden fundentes silícicos y básicos, se somete a **tostación** a una temperatura superior a 800 °C, con lo que se convierte en monóxido de plomo:

$$2\ PbS + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ PbO + 2\ SO_2$$

La reducción posterior del PbO a plomo metálico se verifica, lo mismo que en el caso del hierro, en un alto horno, en el que se introduce carbón de coque que actúa como combustible y como reductor. El aire insuflado por las toberas convierte el coque en monóxido de carbono, que reduce el óxido de plomo (II) a metal:

$$2\ C + O_2 \longrightarrow 2\ CO$$

$$PbO + CO \longrightarrow CO_2 + Pb$$

El metal fundido y la escoria caen en el crisol, donde se separan por orden de densidad y se extraen a través de sendas piqueras. El plomo así obtenido se denomina **plomo de obra** y contiene impurezas de cobre, estaño, arsénico, antimonio, bismuto y plata, procediéndose a continuación a su **refino electrolítico** de forma análoga a la seguida en el caso del cobre.

4.2. Aplicaciones del plomo.

El plomo se emplea en grandes cantidades en la fabricación de baterías y en el revestimiento de cables eléctricos. Dado que con la humedad se recubre de una capa de carbonato básico de plomo que lo hace muy resistente a los agentes atmosféricos, se emplea en tuberías sanitarias, tanques y como revestimiento de cables subterráneos, si bien hoy día el plomo está siendo reemplazado por policloruro de vinilo, que resulta más barato y fácil de instalar.

Ciertos compuestos de plomo se añadían en otro tiempo a las gasolinas con objeto de aumentar su rendimiento.

Debido a su elevado poder absorbente de la radiación, el plomo se usa como blindaje protector del organismo frente a las radiaciones nucleares y los rayos X.

Entre las numerosas aleaciones de plomo se encuentran el metal de soldar, el metal de imprenta y el metal *babbit*, que es una aleación antifricción empleada en bielas, árboles de levas, ventiladores y cojinetes de todo tipo de motores.

Una gran parte del plomo se emplea para formar compuestos, muchos de los cuales presentan gran utilidad como pinturas y pigmentos. Los óxidos de plomo (como el minio, Pb_3O_4) se usan como pinturas protectoras para impedir la oxidación de las construcciones metálicas. Últimamente, a causa del peligro de envenenamiento, la pintura a base de plomo ha dejado de usarse en espacios interiores.

Minerales de plomo.
El plomo es muy escaso en la naturaleza, pues solo se encuentra en la proporción de 16 partes por millón en la corteza terrestre. Pese a ello, se conoce desde muy antiguo, por hallarse concentrado en yacimientos, principalmente de **galena** [sulfuro de plomo (II), PbS], y en menor cantidad de **cerusita** [carbonato de plomo (II), $PbCO_3$], **anglesita**

[sulfato de plomo (II), $PbSO_4$] y minio (Pb_3O_4).

El saturnismo.
El plomo es tóxico para el organismo, produciendo anemia, debilidad, estreñimiento y parálisis en muñecas y tobillos. Estos efectos corresponden al envenenamiento llamado saturnismo.

ACTIVIDADES:

1. Explica brevemente la metalurgia y el refino del plomo.

2. Investiga, entre las aplicaciones del plomo, qué se hace para equilibrar las ruedas del coche y qué se les acopla para ello.

5. CINC.

Es un metal de color blanquiazul, que posee muchas aplicaciones industriales. Es muy frágil a temperatura ordinaria, maleable entre los 120 y 150 ºC, y de nuevo quebradizo entre 200 y 300 ºC. Se oxida al aire húmedo, formando una capa de óxido o carbonato que lo protege de una oxidación posterior; ofrece, por lo tanto, una buena resistencia a la corrosión. Su resistencia mecánica es baja.

Funde a 420 ºC y hierve a 907 ºC. Su densidad es de 7,14 g/cm^3.

5.1. Metalurgia del cinc.

El cinc se obtiene principalmente a partir del sulfuro, del óxido y del carbonato. El primer paso en el proceso consiste en transformar los minerales en óxidos. El carbonato se calienta a elevada temperatura en ausencia de oxígeno (**calcinación**):

$$ZnCO_3 \longrightarrow CO_2 + ZnO$$

y el sulfuro se somete a **tostación**:

$$2\ ZnS + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ ZnO + 2\ SO_2$$

Posteriormente el óxido se reduce con carbono en un horno eléctrico. El cinc obtenido por este método contiene impurezas de hierro, arsénico, cadmio y plomo, y en metalurgia se le conoce con el nombre de **spelter**. Se puede purificar por medio de una cuidadosa redestilación.

Existe otro procedimiento para la obtención del cinc, consistente en tostar el mineral y disolver el óxido formado en ácido sulfúrico, con lo que se convierte en sulfato. La disolución resultante se trata con cal y polvo de cinc para eliminar las impurezas y, a continuación, se electroliza con cátodos de aluminio sobre los que se deposita el cinc con un 99,95% de pureza. El ácido sulfúrico se recupera y vuelve a utilizarse en el proceso.

5.2. Aleaciones de cinc.

Entre las aleaciones de cinc, aparte de los latones, el bronce de cinc y las alpacas, podemos citar las llamadas **zamak**, que en España se designan con el nombre de **calaminas**.

Estas aleaciones están constituidas por cinc, aluminio, magnesio y cobre, y se han empleado para la fabricación de infinidad de piezas por moldeo como, por ejemplo, manivelas de elevación de cristales, manillas de puertas de automóviles, etc.

5.3. Aplicaciones del cinc.

Aproximadamente el 50% del cinc obtenido se utiliza para fabricar chapas para tejados, canalones, tubos de bajada de aguas, cubos y depósitos de agua; y un 30%, como capa protectora o en procesos de **galvanizado** de hierros y aceros.

El resto de la producción se usa como componente de diversas aleaciones (en especial, latón). Se emplea

www.yoquieroaprobar.es

también en la fabricación de las pilas secas.

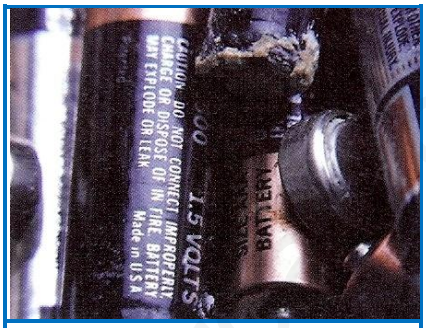
Breve historia del cinc.
• En la antigua Grecia se conocía una aleación de cobre y cinc muy parecida al latón, cuyo empleo para la fabricación de diversos utensilios fue descrito por Homero, Aristóteles y Plinio.

• Los alquimistas medievales conocían el cinc en forma de aleación. San Alberto Magno lo cita y Agrícola describe su obtención. También lo citan Basilio Valentín y Paracelso.

• En estado puro el cinc fue preparado por vez primera en la India en el siglo VIII, y con el nombre de estaño de Indias fue introducido en Europa por los navegantes portugueses.

• En 1695 W. Hombere obtuvo el elemento en estado puro, y en 1743 Champion construyó la primera fundición de este metal.

El cinc en la Naturaleza.
El cinc se encuentra entre los 25 elementos más abundantes en la corteza terrestre, aunque no existe en estado libre, sino formando parte de distintos minerales, entre los que destaca la **blenda**, que es sulfuro de cinc (ZnS). Otros minerales son la **cincita** (ZnO), la **hemimorfita** o **calamina** ($Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$), la **smithsonita** ($ZnCO_3$) y la **franklinita** [$(Zn, Mn^{2+}, Fe^{2+})(Fe^{3+}, Mn^{3+})_2 O_4$],



El recubrimiento exterior de las pilas secas es de cinc.

ACTIVIDAD:

1. ¿Qué aleaciones de cinc conoces? ¿Cuál es su composición? ¿Para qué se utiliza cada una de ellas?

6. ALUMINIO.

El aluminio es uno de los principales componentes de la corteza terrestre, en una proporción del 8% en peso. No obstante, en la Naturaleza no se encuentra libre, sino en forma de óxido (alúmina, Al_2O_3), integrando una serie de minerales, tales como cianita, silimanita, bauxita, diásporo y corindón.

A nivel metalúrgico el más importante de todos es la **bauxita**, pues de ella se obtiene el aluminio.

MINERALES DE ALUMINIO					
Componente	Cianita	Silimanita	Bauxita	Diásporo	Corindón
Al_2O_3 (%)	59	59	63	78	90
SiO_2 (%)	38	38	28	19	–
Fe_2O_3 (%)	1,25	1,25	5,5	1,5	3,5
TiO_2 (%)	1,25	1,25	3	1	–
Otros (%)	0,5	0,5	0,5	0,5	6,5

Es un metal de color blanco que, una vez pulimentado, se parece a la plata. Su densidad es de 2,7 g/cm^3; es decir, casi un tercio de la del hierro. El único metal de uso industrial más ligero que el aluminio es el magnesio.

Su punto de fusión es relativamente bajo (660 °C), y el de ebullición relativamente alto (aproximadamente 2.450 ºC). Por ello, es bastante fácil de conformar por fusión y moldeo.

Su conductividad eléctrica es aproximadamente un 60% de la del cobre, y su conductividad térmica [26 W/(m·°C)] es bastante elevada, solo superada por las de la plata, cobre y oro.

La propiedad química más destacada del aluminio es su afinidad por el oxígeno, con el que se combina para formar su óxido, Al_2O_3; por ello, se emplea para la obtención de otros metales por reducción de sus óxidos correspondientes (**aluminotermia**). Sin embargo, sometido a la acción de una atmósfera oxidante, se recubre de una fina capa de óxido que protege al resto del metal. Debido a esta película protectora, resiste también la acción del vapor de agua, la del ácido nítrico concentrado y la de muchos otros reactivos químicos, aunque sí es atacado por los ácidos nítrico diluido, sulfúrico, clorhídrico y por las soluciones salinas.

Las propiedades mecánicas más interesantes del aluminio son las elevadas ductilidad y maleabilidad que posee a temperaturas bajas, lo que le permite ser forjado, trefilado en hilos muy finos y laminado en chapas sumamente delgadas de hasta 0,4 micras de espesor. A temperaturas cercanas a su punto de fusión se vuelve frágil y quebradizo, y se puede pulverizar fácilmente.

Su resistencia mecánica es tanto más pequeña cuanto más puro sea, y aumenta cuando se alea con otros metales (endurecimiento por solución sólida); éstos presentan el inconveniente de disminuir la ductilidad, la resistencia a la corrosión y las conductividades térmica y eléctrica.

Cuando el aluminio se trabaja en frío adquiere una gran dureza; sin embargo, se agrieta superficialmente, aunque tras un proceso de recocido recupera sus propiedades iniciales.

El maquinado del aluminio se realiza a velocidades de corte elevadas; pero cuando es muy puro no se trabaja bien, pues se adhiere al filo de corte de las herramientas.

Breve historia del aluminio.
Los antiguos romanos designaban a toda sustancia de sabor astringente con el nombre de alumen.

En la Edad Media recibió el nombre de alumbre un sulfato doble de potasio y aluminio, aunque se desconocía la existencia de este último metal.

En 1825 el físico y químico danés Hans Christian Oersted aisló por primera vez el aluminio haciendo reaccionar una amalgama de potasio y cloruro de aluminio. Este procedimiento fue mejorado por el químico alemán Friedrich Wöhler en 1827 utilizando potasio metálico y cloruro de aluminio. Sin embargo, el primero que obtuvo aluminio en cantidades apreciables fue el químico francés Henri Sainte-Claire Deville, en 1854, reemplazando el cloruro de aluminio simple, utilizado por Wöhler, por cloruro doble de aluminio y de sodio.

La obtención industrial electrolítica del aluminio fue desarrollada casi simultáneamente por el francés Paul Héroult y el americano Charles M. Hall en 1866. El método consistía en la electrólisis de la alúmina (Al_2O_3), utilizando criolita (Na_3AlF_6) como fundente. Este es el procedimiento que se sigue, en líneas generales, en la actualidad.

6.1. Metalurgia del aluminio.

La obtención industrial del aluminio es un proceso bastante complejo, que consta de dos fases:

- Separación de la alúmina (Al_2O_3) a partir de la bauxita.
- Reducción de la alúmina.

6.1.1. Separación de la alúmina (método de Bayer).

La alúmina se extrae de la bauxita, tratándola a alta temperatura y presión con una disolución de hidróxido de sodio (sosa cáustica). Se forma así aluminato de sodio soluble, según la siguiente reacción:

$$Al(OH)_3 + NaOH \longrightarrow NaAlO_2 + 2\ H_2O$$

La formación de aluminato de sodio se ve favorecida por la alta temperatura, ya que es una reacción endotérmica (que absorbe calor), y por la alta concentración de sosa cáustica. Las impurezas existentes en la bauxita, que son insolubles, se pueden separar del aluminato de sodio por filtración.

Una vez libre de impurezas, se disminuyen la concentración de sosa cáustica y la temperatura; de esta

forma se consigue la precipitación del hidrato de alúmina.

Mediante calcinación posterior el hidrato de alúmina se convierte en alúmina anhidra, que será utilizada en la segunda fase del proceso.

6.1.2. Reducción de la alúmina.

El aluminio se obtiene por electrólisis de la alúmina disuelta en criolita fundida (hexafluoroaluminato de sodio, Na_3AlF_6), a la que se añade un 7 % de fluoruro de aluminio. La cuba electrolítica en la que se lleva a cabo el proceso es de acero y en su interior se encuentran dispuestos unos bloques de carbón (antracita, generalmente) que actúan como ánodos.

Se supone que la reacción global que tiene lugar en esta electrólisis es:

$$2\ Al_2O_3 + 3\ C \longrightarrow 4\ Al + 3\ CO_2$$

depositándose el aluminio obtenido, de un 99,5 % de pureza, en la parte inferior de la cuba electrolítica. El posterior refino electrolítico incrementa la pureza del aluminio hasta un 99,95 %.

6.2. Aleaciones de aluminio.

Puesto que el aluminio es mecánicamente débil, suele alearse con otros metales para mejorar sus características mecánicas; con ello también se consigue simultáneamente variar otras propiedades, tales como la resistencia a la corrosión y la ductilidad.

Los metales con los que se alea el aluminio con mayor frecuencia son los siguientes:

• **Cobre**. No suele sobrepasar el 15% del contenido total, ya que a partir de este límite la aleación se vuelve frágil. El cobre aumenta la dureza del aluminio, a la vez que conserva su maquinabilidad y ligereza (su densidad se mantiene alrededor de los 2,8 g/cm^3). Facilita además su colabilidad y la eliminación de gases del interior, y disminuye su resistencia a la corrosión. Se emplea tanto en aleaciones fundidas como de forja. Las aleaciones de aluminio-cobre se utilizan en la fabricación de piezas con altas características mecánicas y baja densidad, tales como estructuras de aviones, ruedas de vehículos, etc.

• **Cinc**. Aumenta la dureza en frío y, al igual que el cobre, facilita la colabilidad y la eliminación de gases; además, disminuye su resistencia a la corrosión. A igualdad de propiedades mecánicas, las aleaciones de cinc son más baratas que las de cobre; aunque, en contrapartida, son menos resistentes a la corrosión y más pesadas. Son las aleaciones de aluminio con mejores características mecánicas (pueden alcanzar, tras un tratamiento térmico adecuado, un límite elástico superior a los 500 MPa).

• **Magnesio**. Las aleaciones de aluminio y magnesio son menos densas que el propio aluminio (su densidad es de alrededor de 2,6 g/cm^3). Poseen buenas propiedades mecánicas, se mecanizan fácilmente y su característica fundamental es su elevada resistencia a la corrosión.

• **Manganeso**. Aumenta la dureza, la resistencia mecánica y la resistencia a la corrosión del aluminio. Solo se emplea en aleaciones de forja.

• **Silicio**. Las aleaciones con silicio siguen en importancia a las de aluminio-cobre. El silicio aumenta la dureza y la resistencia a la corrosión del aluminio y facilita su fluidez en la colada. Estas aleaciones son muy dúctiles y resistentes al choque, aunque resultan difíciles de mecanizar a causa de la naturaleza abrasiva del silicio. Se utilizan para la fabricación de piezas moldeadas de difícil ejecución: cárteres de vehículos, radiadores, pistones, culatas, llantas de ruedas, etc.

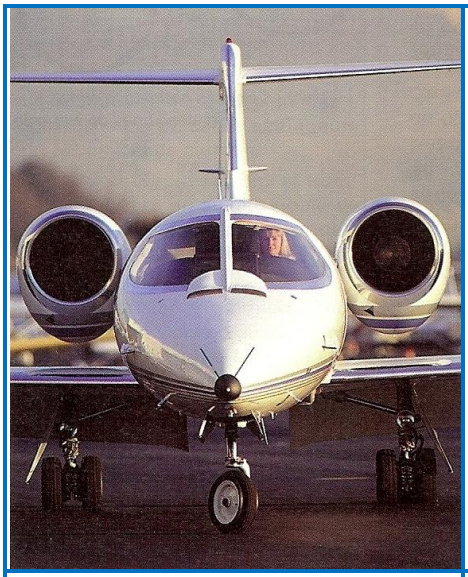
• **Otros elementos de aleación**. Además de los aleantes anteriores -que son los más frecuentes-, en ocasiones también se encuentran formando parte de aleaciones ternarias o cuaternarias (aleaciones de tres o cuatro elementos) el hierro, el níquel, el titanio, el cromo y el cobalto. El hierro, en las aleaciones de aluminio, se considera siempre una impureza. El titanio tiene como misión disminuir el tamaño de grano en las aleaciones, mejorando de esta forma sus características mecánicas. El cobalto aumenta la dureza. El níquel y el cromo, además de endurecer las aleaciones, aumentan su resistencia a la corrosión.

www.yoquieroaprobar.es

6.3. Aplicaciones del aluminio.

A causa de sus excelentes propiedades, el aluminio se utiliza cada vez más ampliamente en la industria:

• **Por su reducida densidad**, se emplean tanto el metal como sus aleaciones en las industrias aeronáutica, automovilística y ferroviaria; también, en general, en la elaboración de aquellos productos donde el peso constituya una limitación importante.



Algunas piezas de los aviones se construyen de aleaciones de aluminio.

Muchos objetos cotidianos se fabrican con aleaciones de aluminio.

• **Por su buena conductividad eléctrica**, combinada con su reducida densidad, se utiliza como conductor en líneas aéreas de alta tensión. Su conductividad eléctrica es 0,6 veces la del cobre pero, como su densidad es mucho menor (d_{Cu} = 8,96 g/cm^3; d_{Al} = 2,7 g/cm^3), un conductor de aluminio ofrecerá menor resistencia al paso de la corriente eléctrica que otro de cobre de la misma longitud y peso. Los cables aéreos, por lo general, están formados por un alma (interior) de acero, que les comunica resistencia mecánica, rodeada de una serie de conductores de aluminio.

• **Por su resistencia a la corrosión**, se utiliza en la fabricación de depósitos para ácido acético, cerveza, latas de fácil apertura, etc. Esta propiedad, unida a su elevada conductividad térmica, lo hace muy adecuado para la fabricación de utensilios y baterías de cocina. Por otra parte, su facilidad para ser sometido a procesos de laminación hace posible su uso en forma de hojas delgadas para envolver alimentos, en sustitución del papel de estaño.

• **Por su elevado poder reflector de la radiación calorífica**, se utiliza en forma de polvo para fabricar pinturas para depósitos destinados a contener líquidos inflamables.

• **Por su afinidad por el oxígeno**, se emplea como agente reductor para la obtención de otros metales a partir de sus óxidos.

¿Puede soldarse el aluminio?
Durante mucho tiempo se creyó que el aluminio no se podría soldar, a causa de la capa de óxido superficial que se forma. Sin embargo, en la actualidad, empleando fundentes adecuados, se consigue soldar sin problemas.
¿Sabías que…?
• El calor generado en la reacción del aluminio con el oxígeno es suficiente para fundir el hierro. Este fenómeno se utiliza en la soldadura aluminotérmica del hierro y del cobre, según el llamado **proceso termita**.
• El óxido de aluminio es anfótero, es decir, presenta a la vez propiedades ácidas y básicas.
• Muchas gemas, como el rubí o el zafiro, consisten principalmente en óxido de aluminio cristalino.

ACTIVIDAD:

1. Analiza con detalle el papel que desempeñan los distintos aleantes añadidos al aluminio, en lo que respecta a la modificación de las propiedades de este metal.

7. OTROS METALES NO FERROSOS O NO FÉRRICOS.

Además de los anteriores, también se utilizan en la industria otros metales no ferrosos, aunque en bastante menor proporción.

7.1. Níquel.

Es un metal de color blanco brillante que, una vez pulimentado, adquiere aspecto decorativo. Su densidad es 8,9 g/cm^3, siendo sus puntos de fusión y de ebullición 1.453 ºC y 1.730 ºC, respectivamente.

Es duro y tenaz, maleable y dúctil, por lo que puede forjarse, laminarse o estirarse en frío y en caliente. Posee una resistencia mecánica elevada y es, también, muy resistente al desgaste y a los reactivos químicos.

Su elevado punto de fusión, su gran resistencia a la corrosión y sus buenas propiedades mecánicas a temperatura elevada justifican su empleo en aleaciones para motores de aviación y turbinas de gas.

El níquel, por lo general, se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuros y arseniuros, a partir de los cuales, por tostación y posterior reducción con carbón del óxido formado, se obtiene el metal, acompañado de hierro, cobalto y cobre. Esta mezcla se somete luego a un proceso bastante complejo de separación y purificación.

El níquel puro se emplea en la fabricación de instrumentos utilizados en cirugía y en la industria química, como catalizador de muchos procesos industriales, como recubrimiento electrolítico (**niquelado**) para proteger otros metales, etc.

También se emplea en la fabricación de aceros inoxidables, de bronces al níquel, entre los que se encuentran las alpacas, etcétera.

El níquel participa como elemento principal en algunas aleaciones como las que aparecen en la tabla siguiente:

ALEACIONES DE NÍQUEL			
Aleación	**Composición**	**Propiedades**	**Aplicaciones**
Metal monel	Ni (65%), Cu (28%), Fe, Mn, Co	Resistente a la acción corrosiva de muchas sustancias químicas.	Industrias textil, papelera, etc.
Constantán	Ni (50%), Cu (50%)	Elevada resistividad eléctrica, poco variable con la temperatura.	Como resistencia eléctrica y en la fabricación de termopares.
Permalloy	Ni (78%), Fe (22%)	Buenas características magnéticas.	Bobinas de inducción en circuitos de comunicación eléctrica.
Invar	Ni (33%), Fe (66%), Cr (1%)	Gran resistividad eléctrica, reducida conductividad térmica y pequeño coeficiente de dilatación.	Instrumentos de precisión, termostatos, etc.
Platinita	Ni (46%), Fe (54%)	Coeficiente de dilatación semejante al vidrio.	Instrumentos mixtos de metal y vidrio (tubos electrónicos, etc.).
Cromel	Ni (80%), Cr (20%)	Alta resistencia mecánica a temperatura elevada.	Como resistencia eléctrica en los hornos.

Breve historia del niquel.

A finales del siglo XVII se designó con la expresión alemana *kupfernickel* a unas menas semejantes a las del cobre, pero de las que no se podía obtener ningún metal. El químico noruego Axel Frédrik Cronstedt demostró que estas menas contenían un metal al que denominó abreviadamente níquel, logrando aislar el metal en el año 1751. En 1775 el químico sueco Torbern Olof Bergman lo obtuvo en estado puro.

7.2. Cobalto.

Es un metal de color blanco plateado, duro y tenaz. Es muy parecido al níquel y es inalterable en agua y aire. Su punto de fusión es 1.495 ºC.

Se utiliza como recubrimiento electrolítico en sustitución del níquel y en la fabricación de instrumental quirúrgico, aunque su aplicación principal es la preparación de aleaciones, entre las que destacan:

- Aceros de corte rápido al cobalto.
- Aleaciones magnéticas.
- Aleaciones refractarias.
- Fabricación de metales duros para herramientas de corte.

Estado natural y obtención del cobalto.

El cobalto se encuentra asociado al níquel en los minerales **esmaltina** y **cobaltina**, de los que se obtienen sales de cobalto y no el metal libre. La metalurgia del cobalto es bastante compleja. El mineral se convierte en óxido, que posteriormente se reduce mediante hidrógeno o por aluminotermia. También se puede obtener el metal a partir del óxido de cobalto por electrólisis.

7.3. Wolframio.

Es un metal de color blanco plateado, muy denso (19,5 g/cm^3), el más resistente en estado puro y el de punto de fusión más elevado (3.410 ºC). Cuando se encuentra puro, es muy dúctil y maleable, mientras que en estado impuro es duro, frágil y presenta un color gris acero. Se emplea como filamento en las lámparas de incandescencia, aunque su aplicación más común consiste en la fabricación de aceros de corte rápido y en la obtención de metales duros (**widia**, **estelitas**) integrados por carburos de wolframio (dureza 9,7 en la escala de Mohs). También se usa en la fabricación de bujías, contactos eléctricos, herramientas de corte y placas de tubos de rayos X.

Los españoles y el wolframio

En 1783, los hermanos Juan José y Fausto Elhuyar (españoles) aislaron el wolframio a partir del mineral **wolframita**, si bien el metal, por haber sido reconocido dos años antes en el mineral «tungstene», recibe en algunos países el nombre de tungsteno. Sirva esta breve nota al margen para enaltecer la memoria de dos españoles ilustres injustamente desconocidos.

7.4. Cromo.

El cromo es un metal de color blanco plateado, con un tinte azulado. En atmósferas oxidantes se recubre de una capa de óxido que lo autoprotege. Es muy duro y frágil, aunque por encima de los 500 °C se vuelve maleable.

No existe libre en la naturaleza, aunque sí formando parte de dos minerales, principalmente: la **cromita** [$Fe(CrO_2)_2$] y la **crocoíta** ($PbCrO_4$).

El cromo se obtiene por reducción del sesquióxido de cromo con aluminio, mientras que si se reduce una mezcla de óxido de hierro y de cromo con carbón se logran aleaciones de cromo y hierro.

Su principal aplicación es para la fabricación de aceros al cromo, aceros inoxidables y metales duros (widia, estelitas, etc.). Por su resistencia a la corrosión y color agradable, se emplea como protector de otros metales (**cromado electrolítico**). En algunas ocasiones, el cromado se utiliza para recubrir superficies sujetas a desgaste por rozamiento.

Breve historia del cromo.

• En 1755 el geólogo alemán Pallas descubrió el primer mineral de cromo, la crocoíta o plomo rojo de Siberia ($PbCrO_4$).
• En 1797 Vauquelín logró aislar el cromo a partir de la crocoíta.
• Hasta 1893, en que Moissan lo obtuvo por reducción del sesquióxido con carbón, el cromo era una mera curiosidad de laboratorio.

7.5. Titanio.

El titanio es un metal de color blanco plateado, de densidad 4,5 g/cm^3. Sus puntos de fusión y ebullición son, respectivamente, 1.660 °C y 3.287 °C. Posee una alta resistencia mecánica y a la corrosión, propiedades éstas que justifican la mayor parte de sus aplicaciones.

El titanio se obtiene industrialmente a partir de la **ilmenita** y del **rutilo**, mediante el llamado proceso de Kroll. La mena se calienta al rojo, añadiendo carbón y haciendo pasar cloro, con lo que se forma tetracloruro de titanio, que una vez purificado se reduce con magnesia a 800°C en atmósfera inerte de argón o helio:

$$TiCl_4 + 2\ Mg \longrightarrow 2\ MgCl_2 + Ti$$

El titanio obtenido se recalienta a 1.000 °C para eliminar el exceso de magnesia y luego se somete a procesos de purificación.

Reduciendo la ilmenita con carbón en un horno eléctrico se obtiene ferrotitanio, una aleación que se emplea en soldadura y para fabricar aceros especiales. El titanio forma aleaciones con muchos metales, entre los que destacan el aluminio, el estaño, el vanadio y el molibdeno.

Debido a su **resistencia mecánica alta** y a su **densidad relativamente baja**, el titanio se emplea en muchas ocasiones como sustituto del aluminio.

Aleado con el aluminio y con el vanadio, se utiliza para fabricar un gran número de piezas empleadas en:

- Aviones (uno supersónico usa entre 15 y 45 toneladas de aleaciones de titanio).
- Cápsulas espaciales: la cápsula *Apolo* era casi totalmente de titanio.

Por su **resistencia a la corrosión** del agua de mar, se emplea para la construcción de depósitos de agua salada, plantas potabilizadoras y algunas piezas de barcos que exigen también resistencia a la tracción.

El titanio en la Naturaleza.

El titanio es el noveno elemento en orden de abundancia en la corteza terrestre (0,44 %), aunque nunca se encuentra en estado libre, sino formando parte de minerales como el **rutilo** (TiO_2), la **ilmenita** ($FeTiO_3$), o la **esfena** ($CaO \cdot TiO_2 \cdot SiO_2$).
A pesar de su abundancia en la Naturaleza, es un metal muy caro debido a las dificultades que ofrece su obtención.

Otras aplicaciones del titanio.

Por su relativa inercia a reaccionar con otros elementos, el titanio se utiliza actualmente como sustituto de huesos y cartílagos en cirugía, así como para construir tuberías y tanques empleados en la elaboración de alimentos.
Se usa también en metalurgia para eliminar el oxígeno y el nitrógeno en metales fundidos (desoxidante y desnitrogenante), aumentando de esta forma su tenacidad.

7.6. Magnesio.

El magnesio es un metal de color blanco plateado. Sus puntos de fusión y ebullición son, respectivamente, 650 °C y 1.110°C.

Su densidad es muy baja (1,74 g/cm^3), siendo el metal de uso industrial más ligero. Por eso, se dice que las aleaciones de magnesio son ultraligeras; aunque su resistencia mecánica es moderada, debido a su baja densidad poseen una resistencia mecánica específica (resistencia mecánica dividida entre la densidad) elevada, superior a la de los mejores aceros y semejante a la de las aleaciones de titanio y aluminio.

Su módulo elástico es bajo; por ello, se hace preciso alearlo, aunque su resistencia mecánica sea aceptable.

En la actualidad se obtiene principalmente por electrólisis de cloruro de magnesia anhidro fundido, al que se le añade cloruro de sodio o de potasio para reducir su punto de fusión e incrementar la conductividad.

www.yoquieroaprobar.es

La caldera -de hierro colado o de acero- sirve de cátodo, mientras que el ánodo está constituido por una barra de grafito. El magnesio que sube a la superficie, ya que tiene menos densidad que la mezcla de sales fundidas, se retira cada cierto tiempo con una cuchara.

Otros métodos, aunque menos utilizados, para la obtención del magnesio son los siguientes:

- Por reducción del óxido de magnesio con carbón a la temperatura del arco eléctrico (*método de Hansgirg*):

$$MgO + C \rightleftarrows Mg + CO$$

- Por reducción del óxido de magnesia con ferrosilicio (aleación de silicio e hierro) en el vacío (*método de Pidgeon*). El hierro no toma parte en la reacción y ésta transcurre de la manera siguiente:

$$2\ MgO + Si \rightleftarrows 2\ Mg + SiO_2$$

El magnesio se caracteriza por su afinidad por el oxígeno, con el que se combina en caliente de forma espontánea, produciendo óxido de magnesio (MgO) con desprendimiento de luz y calor. A pesar de ello, y al igual que sucedía en el aluminio, cuando se expone al aire se oxida solo superficialmente, formándose una capa protectora de hidróxido de magnesia, [$Mg(OH)_2$], que evita que el resto del material se oxide. Sin embargo, esta protección no es tan eficaz como la del aluminio, por lo que a veces se utilizan agentes antioxidantes que impiden que la capa que se forma adquiera, con el paso del tiempo, un color grisáceo poco agradable a la vista.

El magnesio forma aleaciones con aluminio y cinc. Ambos elementos endurecen el magnesia y aumentan su aptitud para el moldeo; además, el cinc mejora su resistencia a la corrosión.

Como elementos secundarios, en las aleaciones de magnesio figuran el manganeso y el circonio. El manganeso aumenta la resistencia a la corrosión del magnesia, sobre todo si tiene impurezas de hierro; el circonio afina el tamaño del grano y mejora, por lo tanto, las propiedades mecánicas de la aleación.

Aleación	Densidad (ρ, g/cm^3)	σ_e (MPa)	σ_e / ρ [MPa / (kg / dm^3)]
Magnesio	1,7	275	162
Aluminio	2,7	495	183
Titanio	4,5	760	169
Acero deformado en frío	7,9	965	122
Acero de bajo contenido en carbono	7,9	380	48

El magnesio y sus aleaciones se emplean en la industria debido a sus propiedades:

• Por su **afinidad con el oxígeno**, se utilizan como desoxidantes en la obtención del cobre, cinc y níquel. También se emplean como agentes desulfurantes.

• Por **la luz y el calor que desprenden al arder**, se empleaban en otro tiempo en fotografía, en la fabricación de bombas incendiarias imposibles de apagar con agua y, también, en pirotecnia y para realizar señales luminosas.

• Por su **ligereza**, se emplean aleaciones de magnesio y aluminio (**duraluminio y magnalio**) en las industrias aeronáutica y automovilística.

• Ya que **no producen chispas** al ser golpeadas, se utilizan para la fabricación de vagonetas destinadas al transporte de explosivos.

Breve historia del magnesio.

• En 1695, Grew, investigando los minerales del manantial de Epsom (Inglaterra), aisló la sustancia llamada «sales de Epsom», hoy conocida como sulfato de magnesio.
• En 1755, Black consideró al magnesio como un elemento, aunque sin llegar a obtenerlo.
• En 1808 fue obtenido electrolíticamente por primera vez por el químico británico Humphry Davy.

Minerales de magnesio.

El magnesio ocupa el octavo lugar en abundancia (2,09%) en la corteza terrestre. En la Naturaleza se presenta combinado con otros elementos, formando parte de los siguientes minerales:
• **Dolomita** o dolomía, carbonato de calcio-magnesio [$CaMg(CO_3)_2$]. Cuando se trata con ácido sulfúrico, se obtienen sulfato de calcio (yeso) y sulfato de magnesio (sales de Epsom). Calcinada, se emplea como material refractario en el revestimiento de convertidores para la producción de acero a partir del arrabio.
• **Magnesita**, carbonato de magnesio ($MgCO_3$). Igualmente se emplea en revestimientos y como material aislante.
• **Carnalita**, cloruro de magnesio-potasio hexahidratado ($KMgCl_3 \cdot 6H_2O$).
El magnesio también se encuentra presente en el agua de mar, en forma de sales disueltas como, por ejemplo, el cloruro de magnesio.

7.7. Berilio.

Es un metal frágil de color gris. Su nombre procede del de su principal mineral: el **berilo**. Sus puntos de fusión y ebullición son, respectivamente, 1.287 ºC y 2.770 ºC, y su densidad es de 1,85 g/cm^3. Al oxidarse en contacto con el aire, se forma una capa protectora, al igual que sucede en el caso del aluminio. Se atribuye a esta capa la capacidad que posee el berilio para rayar el vidrio.

Si está completamente puro, es maleable; pero si en él existen impurezas de hierro o de silicio, se vuelve quebradizo.

La principal aplicación del berilio es como aleante de otros metales, a los que proporciona generalmente mayor resistencia a la corrosión, mayor dureza y mejores propiedades aislantes. Sin embargo, por ser un metal raro y escaso, su utilización se encuentra muy limitada, a pesar de las excelentes características de sus aleaciones. Algunas de ellas, por su ligereza y pequeño coeficiente de dilatación, se emplean en la fabricación de piezas de aviones.

El berilio puro se utiliza, en pequeñas cantidades, para la fabricación de tubos de rayos X y junto con su óxido, la berilia, como moderador de neutrones en los reactores nucleares.

A pesar de que el manejo de los productos derivados del berilio carece de peligro, los humos y el polvo que se liberan durante su producción resultan altamente tóxicos. Por ello, en estos procesos se deben adoptar las medidas de seguridad oportunas.

Además de emplearse en aviones y tubos de rayos X, el berilio y su óxido se utilizan cada vez más en ordenadores y en equipos láser y de televisión.

Breve historia del berilio.

• En 1797 Vauquelin descubrió el óxido de berilio, al analizar una variedad de esmeralda del Perú.
• En 1828 Friedrich Wöhler y Antoine Alexandre Brutus Bussy lo aislaron por vez primera, trabajando independientemente el uno del otro.

www.yoquieroaprobar.es

8. ACTIVIDADES DE SÍNTESIS.

1. ¿Qué propiedades generales poseen los metales no ferrosos? ¿Qué aplicaciones se derivan de esas propiedades?
2. Describe las propiedades y aplicaciones del cobre. Cita algunas de sus aleaciones más importantes.
3. Describe el refino electrolítico del cobre. ¿Adónde van a parar las impurezas que lo acompañan?
4. Existen distintos tipos de bronces, si bien todos ellos contienen cobre y estaño. ¿En qué se diferencian estos bronces? ¿Cuáles son sus aplicaciones?
5. Explica brevemente la metalurgia y el refino del estaño.
6. ¿En qué consiste el galvanizado del hierro? ¿De qué maneras se puede llevar a cabo? ¿Qué ventajas reporta?
7. Las aleaciones de cobre y cinc se conocen con el nombre de latones. ¿Qué tipos de latones conoces? ¿En qué se diferencian? ¿Qué aplicaciones poseen?
8. ¿Qué son las aleaciones antifricción? ¿Qué metales las constituyen? ¿Para qué se utilizan?
9. Define correctamente los siguientes términos: a) corindón; b) tostación; c) mena; d) maleabilidad; e) electrólisis.
10. Explica con detalle los procesos metalúrgicos que permiten obtener aluminio a partir de la bauxita. ¿Cómo se separan las impurezas existentes en el mineral? ¿Cómo se purifica el aluminio obtenido?
11. ¿Cuáles son los motivos por los que se utiliza el cobre preferentemente al aluminio para fabricar cables de conducción eléctrica? Justifica tu respuesta basándote en las conductividades eléctricas, densidades y precios de ambos metales. ¿Y si la conducción es aérea de alta tensión?
12. ¿Qué metales se obtienen a partir de sus minerales por tostación y posterior reducción? ¿Qué semejanzas existen entre ellos? ¿Qué conclusiones se pueden obtener?
13. Justifica razonadamente la certeza o falsedad de las siguientes afirmaciones.
    a) Todas las aplicaciones prácticas del aluminio se basan en su reducida densidad.
    b) Las cápsulas espaciales y las prótesis quirúrgicas se construyen de titanio.
    c) De los barros anódicos se obtiene cobre de una gran pureza.
14. Haz una relación de objetos metálicos existentes en tu casa, indicando en cada caso el metal o la aleación que los constituye.
15. Indica qué metales se utilizan para construir:
- filamentos de bombillas de incandescencia;
- canalones;
- redes de distribución eléctrica;
- botes de refrescos;
- prótesis quirúrgicas;
- flash en fotografía;
- hojalata.

16. Asocia cada metal con sus minerales correspondientes.
• *Metales*: aluminio, berilio, cinc, cobalto, cobre, cromo, estaño, magnesio, plomo, titanio, wolframio.
• *Minerales*: anglesita, azurita, bauxita, berilo, blenda, calcopirita, calcosina, carnalita, casiterita, cerusita, cianita, cincita, cobaltina, corindón, crocoíta, cuprita, diásporo, dolomita, esfena, esmaltina, franklinita, galena, hemimorfita, ilmenita, magnesita, malaquita, minio, silimanita, smithsonita, rutilo, wolframita.
17. Asocia cada aleación con los metales que la constituyen.
• *Aleaciones*: bronce, duraluminio, invar, metal de imprenta, metal de soldar, metal monel, zamak.
• *Metales*: aluminio, antimonio, cinc, cobalto, cobre, cromo, estaño, hierro, magnesio, manganeso, níquel, plomo.