

LOS METALES FERROSOS

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. 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.

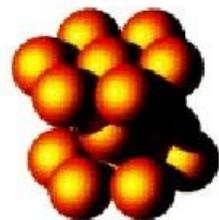
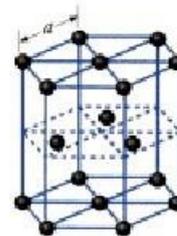
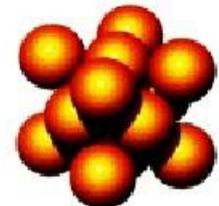
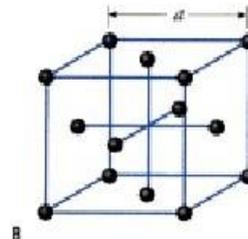
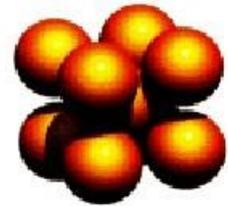
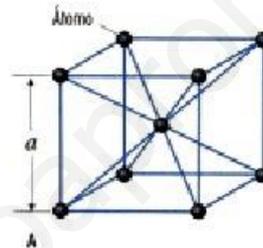
- **Amorfo.** Cuando solamente presentan una ordenación espacial a corta distancia. Es el caso de los vidrios y de los polímeros vítreos.

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 centrada) o de las caras (red cristalina de caras centradas).

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



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.

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%.
3. **Fundición**: El porcentaje de carbono está comprendido entre el 1'67 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 desechable, llamada **ganga**. Normalmente este proceso se hace empleando agua, pues la mena es más densa y la ganga flota.

Mineral de hierro



Ganga (parte

+

Mena (parte útil)

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**.

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*.



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%.

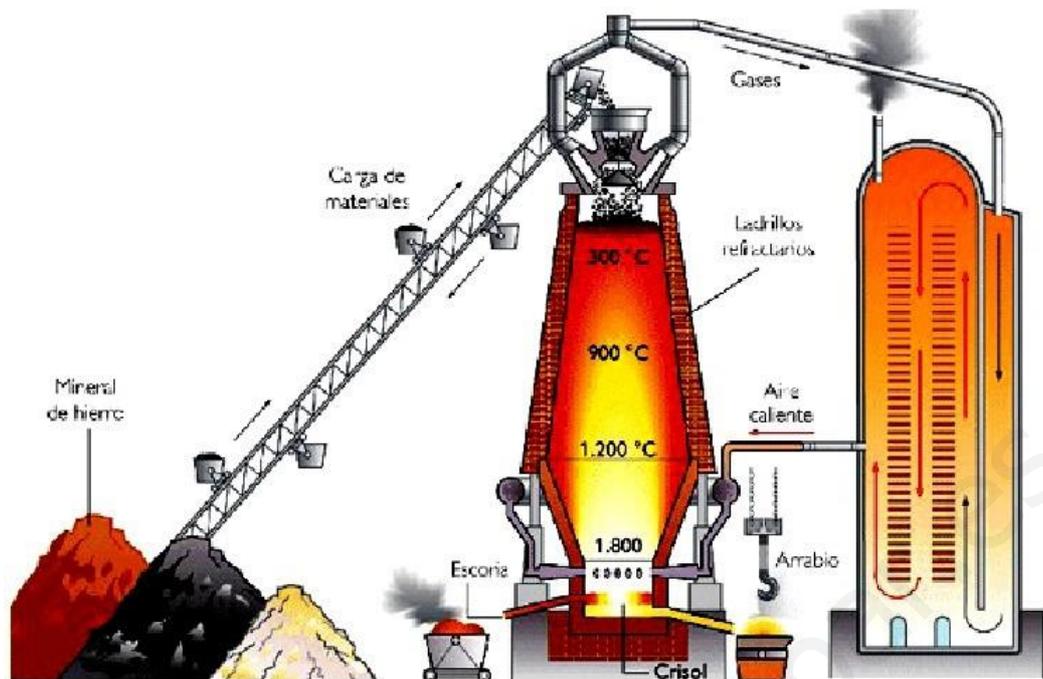
El cuerpo central de la instalación denominada alto horno está formado por dos *truncos de cono* colocados uno sobre otro y unidos por su base más ancha. Su *altura* oscila entre los **30** y los **80** m y su *diámetro máximo* está comprendido entre los 10 y los 14 m.

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. Carbon de coque1 Tonelada. 3.
- Fundente.....½Tonelada.

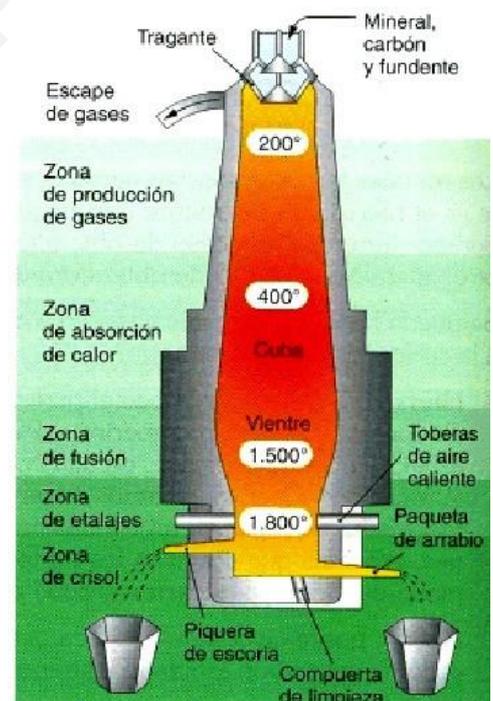
Bajo el vientre están las **toberas**, encargadas de insuflar el aire necesario para la combustión. Este aire procede de unas instalaciones denominadas **recuperadores de calor**, que aprovechan la energía térmica del gas que sale del alto horno para precalentar el aire.

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.



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*.



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.

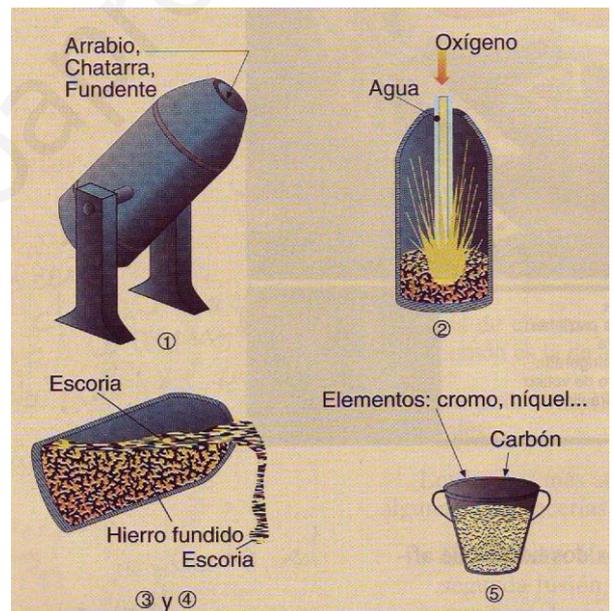
En el convertidor también se lleva a cabo la aleación del acero con otros metales (Ni, Cr, Mo, etc.) para obtener *aceros aleados* que mejoran las propiedades del metal original.

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.



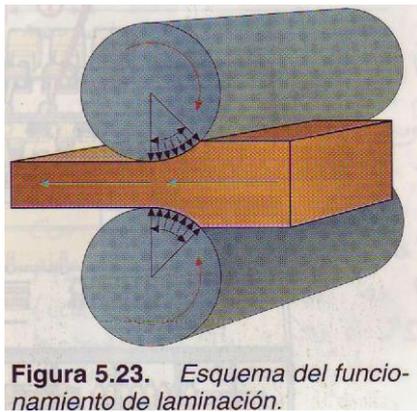


Figura 5.23. Esquema del funcionamiento de laminación.



Productos de colada continua.

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.

10. Aceros

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.

Además su soldabilidad también disminuye.

a) Clasificación de los aceros

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

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.

Ejemplos:

- Con **wolframio**, el acero es muy duro a cualquier temperatura y es apto para herramientas de corte. Son los aceros rápidos.

- Con **romo** y níquel, aumenta la dureza, la resistencia a la corrosión y la tenacidad del acero. Son los aceros inoxidable.
- Con **plomo**, se favorece el mecanizado (corte, limado, ...)
- Etc

10.1. Aplicaciones

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

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.

11. Fundiciones

Aunque se denomina fundición a la aleación de hierro y carbono con un porcentaje entre el 1'76% 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 con el acero:

- Como ya mencionamos, su punto de fusión es más bajo.
- Son ligeramente más ligeras.
- Son más duras, pero más frágiles.
- Tienen buena resistencia al desgaste.
- Mayor resistencia a la oxidación.
- Las piezas fabricadas con fundición son más baratas y, normalmente, de mayor volumen.

Las fundiciones pueden clasificarse en cinco grandes grupos: blanca, gris, maleable, esferoidal y aleada. Estas fundiciones muestran 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.

11.1. Aplicaciones

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,...